

فهرست

نمودارهای درختی درسنامه

- درسنامه‌های درختی فیزیک ۱ ۱
- درسنامه‌های درختی فیزیک ۲ ۲۵
- درسنامه‌های درختی فیزیک ۳ ۴۳

پاسخ تشریحی بازی با سؤال

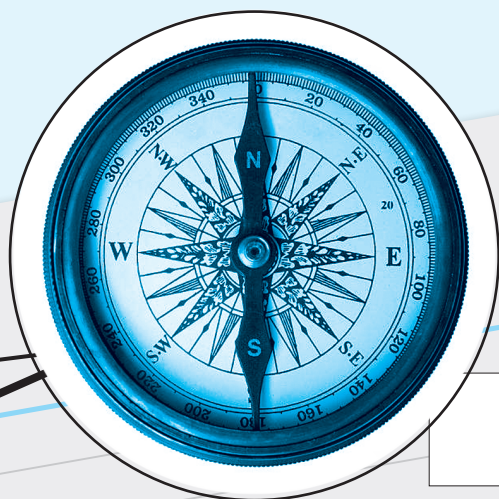
- پاسخ تشریحی بازی با سؤال فصل اول ۸۲
- پاسخ تشریحی بازی با سؤال فصل دوم ۸۳
- پاسخ تشریحی بازی با سؤال فصل سوم ۸۴
- پاسخ تشریحی بازی با سؤال فصل چهارم ۸۵
- پاسخ تشریحی بازی با سؤال فصل پنجم ۸۹
- پاسخ تشریحی بازی با سؤال فصل ششم ۹۱
- پاسخ تشریحی بازی با سؤال فصل هفتم ۹۷

- ۱۰۱ پاسخ تشریحی بازی با سؤال فصل هشتم
- ۱۰۶ پاسخ تشریحی بازی با سؤال فصل نهم
- ۱۰۸ پاسخ تشریحی بازی با سؤال فصل دهم
- ۱۱۰ پاسخ تشریحی بازی با سؤال فصل یازدهم
- ۱۱۲ پاسخ تشریحی بازی با سؤال فصل دوازدهم
- ۱۱۴ پاسخ تشریحی بازی با سؤال فصل سیزدهم
- ۱۱۵ پاسخ تشریحی بازی با سؤال فصل چهاردهم
- ۱۱۶ پاسخ تشریحی بازی با سؤال فصل شانزدهم

○ پاسخ تشریحی تست‌های در پاسخ ○

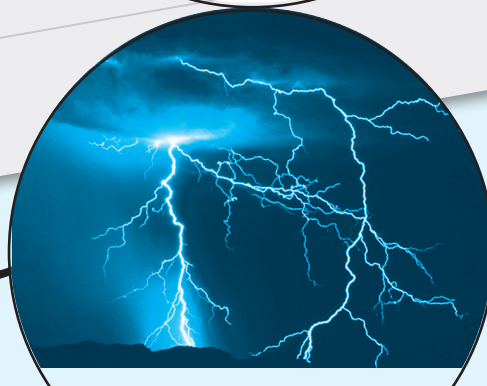
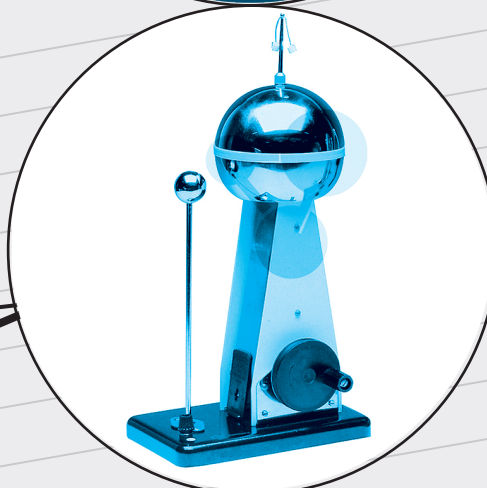
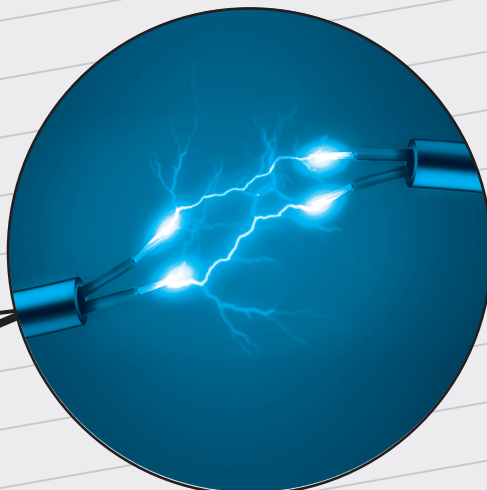
- ۱۲۰ پاسخ تشریحی تست در پاسخ فصل اول
- ۱۲۲ پاسخ تشریحی تست در پاسخ فصل دوم
- ۱۲۶ پاسخ تشریحی تست در پاسخ فصل سوم
- ۱۳۰ پاسخ تشریحی تست در پاسخ فصل چهارم
- ۱۳۷ پاسخ تشریحی تست در پاسخ فصل پنجم
- ۱۴۰ پاسخ تشریحی تست در پاسخ فصل ششم
- ۱۵۱ پاسخ تشریحی تست در پاسخ فصل هفتم
- ۱۶۴ پاسخ تشریحی تست در پاسخ فصل هشتم
- ۱۶۷ پاسخ تشریحی تست در پاسخ فصل نهم
- ۱۷۳ پاسخ تشریحی تست در پاسخ فصل دهم

۱۸۰		پاسخ تشریحی تست در پاسخ فصل یازدهم
۱۸۴		پاسخ تشریحی تست در پاسخ فصل دوازدهم
۱۸۹		پاسخ تشریحی تست در پاسخ فصل سیزدهم
۱۹۱		پاسخ تشریحی تست در پاسخ فصل چهاردهم
۱۹۳		پاسخ تشریحی تست در پاسخ فصل پانزدهم
۱۹۴		پاسخ تشریحی تست در پاسخ فصل شانزدهم



درسنامه‌های درختی

۱ فیزیک



الگو یادآوری

۱

فرمول‌های جانبی

فیزیک یعنی شناخت طبیعت

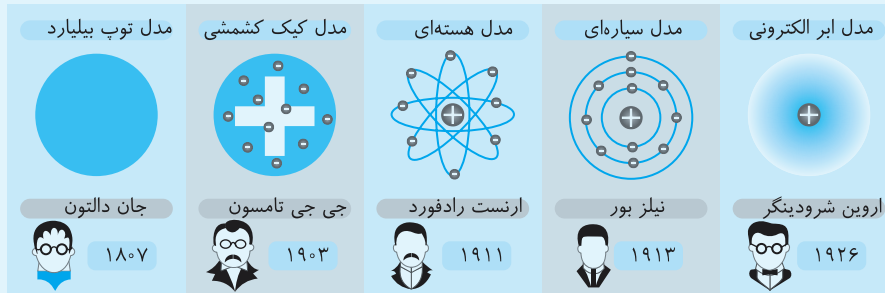
فیزیکدان در جستجوی الگوها و نظم خاص بین پدیده‌هاست.

توصیف جهان در قالب قانون، مدل و نظریه فیزیکی صورت می‌گیرد.

فیزیک علمی تجربی است و مدل، قانون یا نظریه‌های فیزیکی توسط آزمایش مورد آزمون قرار می‌گیرند.

مدل‌ها و نظریه‌های فیزیکی در طول زمان همواره معتبر نیستند و ممکن است دستخوش تغییر شوند.

ویژگی آزمون‌پذیری و اصلاح نظریه‌های فیزیکی، نقطه قوت دانش فیزیک است، مثالی از این فرآیند اصلاح و تکامل را در زیر در مورد نظریه‌های اتمی می‌بینید.



مدل توپ بلیارد دالتون ← مدل کیک کشمش تامسون ← مدل هسته‌ای رادفورد ← مدل سیاره‌ای بور

← مدل ابر الکترونی شرودینگر

آزمایش و مشاهده در فیزیک، اهمیت زیادی دارد؛ اما آنچه بیش از همه در پیشبرد و تکامل علم فیزیک نقش ایفا کرده و می‌کند، تفکر نقادانه و اندیشه‌ورزی فعال فیزیکدان‌ها نسبت به پدیده‌هایی است که با آن‌ها مواجه می‌شوند.

مدل‌سازی

مدل‌سازی فرآیندی است که طی آن یک پدیده فیزیکی آن‌قدر ساده و آرمانی می‌شود تا امکان بررسی و تحلیل آن فراهم شود.

در سقوط جسم، صرف نظر کردن از مقاومت هوا یک نوع مدل‌سازی است.

در حرکت سیارات به گرد خورشید، ذره‌ای فرض کردن سیارات یک نوع مدل‌سازی است.

در مدل‌سازی اثرهای جزئی نادیده گرفته می‌شود، نه اثرهای مهم و تعیین‌کننده.

مثال

پرتاب کردن توپ بسکتبال

توپ بسکتبال به صورت یک جسم نقطه‌ای (ذره) در نظر گرفته می‌شود.

توپ بسکتبال می‌چرخد.

جهت حرکت توپ

مقاومت هوا و باد نیروهایی به توپ وارد می‌کنند.

نیروی گرانشی وارد بر توپ به ارتفاع بستگی دارد. نیروی گرانشی وارد بر توپ ثابت است.

از مقاومت هوا، چرخیدن توپ و تغییر نیروی وزن صرف‌نظر شده است.

کشیدن جسمی روی سطح زمین

نیروی دست، که جسم را رو به جلو، به حرکت در می‌آورد.

جسم را به صورت یک ذره در نظر می‌گیریم.

نیروی اصطکاکی

نیروی اصطکاکی، که برخلاف جهت حرکت جسم وارد می‌شود.

از ابعاد جسم و مقاومت هوا صرف‌نظر شده است.

فیزیک دانش‌بنیادی - مدل‌سازی - کمیت‌های فیزیکی

کمیت‌های فیزیکی

کمیت نرده‌ای: برای بیان این کمیت‌ها تنها از یک عدد و یکای مناسب استفاده می‌شود و جمع آن‌ها مانند جمع دو عدد (جمع جبری) است.

مانند جرم، زمان، مسافت، تندی، دما، جریان الکتریکی، ...

کمیت برداری: کمیتی است که علاوه بر عدد و یکای مناسب، دارای جهت بوده و از قاعده جمع برداری پیروی می‌کند. مانند:

سرعت، شتاب، جابه‌جایی، نیرو، میدان الکتریکی و ...

جمع برداری

دو بردار هم جهت

$$\begin{aligned} &\rightarrow R_1 \\ &\rightarrow R_2 \\ &\rightarrow R_T = R_1 + R_2 \end{aligned}$$

دو بردار خلاف جهت هم

$$R_T = |R_2 - R_1|$$

دو بردار عمود برهم

$$R_T = \sqrt{R_1^2 + R_2^2}$$

در دوره دبیرستان جمع برداری سه حالت را باید یاد بگیریم.

یکاهای اندازه‌گیری باید غیرقابل تغییر و دارای قابلیت بازتولید در مکان‌های مختلف باشد. در SI هفت کمیت به عنوان کمیت اصلی انتخاب شده‌اند و مابقی کمیت‌ها که به کمک کمیت‌های اصلی ساخته می‌شوند را کمیت‌های فرعی گویند.

چند مثال از یکاهای فرعی

یکای فرعی	یکای SI	کمیت
m/s	m/s	تندی و سرعت
m/s ^۲	m/s ^۲	شتاب
kg m/s ^۲	(N)	نیرو
kg/ms ^۲	(Pa)	فشار
kg m ^۲ /s ^۲	(J)	انرژی

کمیت‌های اصلی و یکای آن‌ها

کمیت	نام یکا	نماد یکا
طول	متر	m
جرم	کیلوگرم	kg
زمان	ثانیه	s
دما	کلوین	K
مقدار ماده	مول	mol
جریان الکتریکی	آمپر	A
شدت روشنایی	کندلا (شمع)	cd

روش زنجیره‌ای ← برای تغییر یکا، اندازه کمیت را در یک ضریب تبدیل (نسبتی از یکاها که برابر عدد یک است) ضرب می‌کنیم.

$$\text{نمونه: تبدیل یکای } \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \text{ به } \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \left(\frac{1 \text{ g}}{\text{cm}^3} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ cm}^3}{10^{-6} \text{ m}^3} = 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

در کاربرد رابطه‌های فیزیکی باید یکاها در دو طرف رابطه با هم سازگار باشد.

$$\text{سازگاری در رابطه فشار: } P = \frac{F \rightarrow \text{نیوتون}}{A \rightarrow \text{متر مربع}} \leftarrow \text{پاسکال}$$

در فیزیک تنها کمیت‌های یکسان با یکای برابر قابلیت جمع یا کم شدن از هم را دارند و حاصل این جمع و تفریق همان یکا و کمیت تک‌تک پارامترها خواهد شد، به‌طور مثال:

$$x = vt + x_0 \rightarrow \begin{matrix} \text{زمان} \\ \text{مکان اولیه (m)} \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{سرعت} \\ \text{مکان (m)} \end{matrix}$$

پیشوندهای یکاها

ضریب	پیشوند	نماد	ضریب	پیشوند	نماد	ضریب	پیشوند	نماد	ضریب	پیشوند	نماد
۱۰ ^{۲۴}	یوتا	Y	۱۰ ^۹	گیگا (جیگا)	G	۱۰ ^{-۲۴}	یوکتو	y	۱۰ ^{-۹}	نانو	n
۱۰ ^{۲۱}	زتا	Z	۱۰ ^۶	مگا	M	۱۰ ^{-۲۱}	زپتو	z	۱۰ ^{-۶}	میکرو	μ
۱۰ ^{۱۸}	اِکِزا	E	۱۰ ^۳	کیلو	k	۱۰ ^{-۱۸}	آتو	a	۱۰ ^{-۳}	میلی	m
۱۰ ^{۱۵}	پِتا	P	۱۰ ^۲	هکتو	h	۱۰ ^{-۱۵}	فِمتو	f	۱۰ ^{-۲}	سانتی	c
۱۰ ^{۱۲}	ترا	T	۱۰ ^۱	دکا	da	۱۰ ^{-۱۲}	پیکو	p	۱۰ ^{-۱}	دسی	d

پیشوندهایی که کاربرد بیشتری دارند و بهتر است آن‌ها را به خاطر بسپارید با رنگ متفاوت نشان داده شده‌اند.

پیشوند	ضریب تبدیل	نماد	پیشوند	ضریب تبدیل	نماد	پیشوند	ضریب تبدیل	نماد	پیشوند	ضریب تبدیل	نماد
دسی	$\frac{1}{10} = 10^{-1}$	d	نانو	$\frac{1}{10^9} = 10^{-9}$	n	کیلو	10^3	k	پیشوند	ضریب تبدیل	نماد
سانتی	$\frac{1}{100} = 10^{-2}$	c	پیکو	$\frac{1}{10^{12}} = 10^{-12}$	p	مگا	10^6	M	پیشوند	ضریب تبدیل	نماد
میلی	$\frac{1}{1000} = 10^{-3}$	m	دکا	10^1	da	گیگا	10^9	G	پیشوند	ضریب تبدیل	نماد
میکرو	$\frac{1}{10^6} = 10^{-6}$	μ	هکتو	10^2	h	ترا	10^{12}	T	پیشوند	ضریب تبدیل	نماد

اندازه هر کمیت فیزیکی شامل سه قسمت است. قسمت اول یک عدد بین ۱ تا ۱۰، قسمت دوم یک توان صحیح از عدد ۱۰ و قسمت سوم یکای کمیت

$$(یکای) = عدد \times 10^b, a \in \mathbb{Z}, 1 < a < 10, b \in \mathbb{Z}$$

$$نمونه: حجم یک بشکه نفت $159L = 1/59 \times 10^2 L$$$

در فیزیک تغییر هر کمیت را نسبت به زمان، معمولاً آهنگ آن کمیت می‌نامیم.

به طور مثال آهنگ خروج آب از شیری $125 \frac{cm^3}{s}$ اعلام شده، یعنی در هر ثانیه از این شیر $125 cm^3$ آب خارج می‌شود.

یکای نجومی: میانگین فاصله زمین تا خورشید است و با نماد AU نشان داده می‌شود: $1AU = 1/5 \times 10^{11} m$

سال نوری: مسافتی که نور با تندی $3 \times 10^8 m/s$ در خلأ در مدت یک سال طی می‌کند و آن را با نماد Ly نشان می‌دهند: $1Ly = 9 \times 10^{15} m$

فوت (پا) و اینچ: یکاهای طول در دستگاه بریتانیایی است.

گره دریایی: برای بیان تندی کشتی استفاده می‌شود.

$$1 گره = 0/5144 m/s \quad 1 مایل دریایی = 1852 m$$

۱- دقت وسیله اندازه‌گیری

ابزار اندازه‌گیری رقمی (دیجیتال):

ابزار اندازه‌گیری مدرج:

مانند دماسنج‌ها و یا ساعت‌های دیجیتال:

مانند خط‌کش:

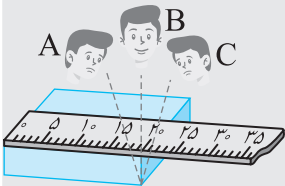
یک واحد از آخرین رقمی که ابزار نشان می‌دهد. دقت دستگاه

کمینه درجه‌بندی آن = دقت دستگاه

دقت این دماسنج $1^\circ C$ است.

کمینه درجه‌بندی این خط‌کش، $1 mm$ است.

$32^\circ C$



دقت این خط‌کش $1 mm$ و خطای اندازه‌گیری توسط آن $\pm 0/5 mm$ است.

۲- مهارت شخص آزمایشگر: به طور مثال در شکل روبه‌رو عددی که شخص A

می‌خواند کمتر و عددی که شخص C می‌خواند بیشتر از مقدار واقعی است:

۳- تعداد دفعات اندازه‌گیری: برای کاهش خطا، هر اندازه‌گیری را چندین بار تکرار کرده میانگین عددها را به دست می‌آورند.

در میانگین‌گیری، اعدادی که خیلی متفاوت با بقیه هستند به حساب نمی‌آیند.

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow \frac{kg}{m^3} \leftarrow \frac{kg}{m^3} \text{ یکاهای مورد نیاز دیگر چگالی}$$

$$\frac{g}{cm^3} \xrightarrow{\times 1000} \frac{kg}{m^3}, \frac{g}{L} = \frac{kg}{m^3}, \frac{kg}{L} = \frac{g}{cm^3}$$

چگالی ویژگی ذاتی یک جسم است. به طور مثال چگالی آهن $7/8 g/cm^3$ است و به جسم و جرم آهن بستگی ندارد.



هر گاه چند مایع در یک ظرف گذاشته شود، مایع با چگالی بیشتر ته‌نشین می‌شود.

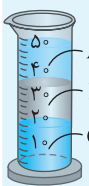
به طور مثال: اگر پرتقال با پوست را در ظرف آب قرار دهیم، روی سطح آب می‌ماند.

اگر پرتقال بدون پوست را در ظرف آب قرار دهیم، ته‌نشین می‌شود و به دلیل کاهش حجم

چگالی افزایشی می‌یابد.

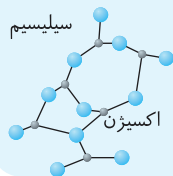
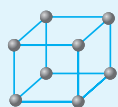
اگر جسمی از فلزی با چگالی ρ ساخته شده باشد و دارای حفره باشد:

$$\rho = \frac{m_1 + m_2 + \dots}{V_1 + V_2 + \dots} \text{ چگالی آلیاژ در صورت عدم کاهش حجم}$$



جرم قسمت تو پر $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow$ چگالی فلز
جرم قسمت تو پر $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow$ چگالی فلز

مولکول‌ها در جای خود دارای حرکت‌های نوسانی بسیار کوچکی هستند. می‌توان فرض کرد ذرات جامد با فنر به هم وصل هستند.



فاصله مولکول‌ها از هم حدود یک آنگستروم ($1\text{\AA}$) یعنی 10^{-10}m است.

جامد بلورین ← جامدی که از تکرار یک طرح منظم تشکیل می‌شود مانند نمک طعام و الماس.

← با آرام سرد شدن مایع زمان کافی برای تشکیل بلور ایجاد می‌شود.

جامد بی‌شکل (آمورف) ← طرح منظمی ندارند.

← سریع سرد شدن مایع سبب می‌گردد که مولکول‌ها، زمان کافی برای تشکیل بلور نداشته باشند.

۱

۲



دارای حجم معین است و به شکل ظرف خود در می‌آید.

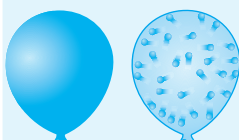
فاصله مولکول‌ها از هم در مایع تقریباً مانند فاصله مولکول‌ها از هم در جامد است.

مولکول‌های مایع می‌توانند آزادانه بر هم بلغزند که این سبب جاری شدن مایع می‌شود.

مایع‌ها تقریباً تراکم ناپذیرند.

پخش ← علت آن حرکت کاتوره‌ای و نامنظم مولکول‌های مایع است. ← پخش جوهر در آب

۳



فاصله بین مولکول‌ها در گاز چند ده برابر فاصله بین مولکول‌های جامد و مایع است.

فاصله میانگین مولکول‌های هوا در شرایط معمولی $35\text{\AA}$ است.

گازها حجم و شکل مشخصی ندارند و تراکم پذیرند.

پخش: مولکول‌های گاز دارای حرکت کاتوره‌ای هستند که سبب پدیده پخش می‌شود.

سرعت پدیده پخش در گازها بیشتر از سرعت پدیده پخش در مایع‌هاست.

۴

حالت چهارم ماده، پلاسما نامیده می‌شود.

پلاسما اغلب در دماهای خیلی بالا به وجود می‌آید.

ماده درون ستارگان، بیشتر فضای بین ستاره‌ای، آذرخش، شفق‌های قطبی، آتش و ماده درون لوله تابان لامپ مهتابی نمونه‌هایی از پلاسما است.

هم‌چسبی

نیروی بین مولکول‌های همسان که سبب پیوستگی جامد یا مایع می‌شود را نیروی **هم‌چسبی** گویند. با کاهش فاصله بین مولکولی، نیروی رانشی بزرگی ایجاد می‌شود که سبب تراکم‌ناپذیری مایع می‌شود. با افزایش فاصله بین مولکولی نیروی جاذبه (ربایش) بین مولکول‌ها ظاهر می‌شود. این نیرو سبب می‌گردد آب به صورت قطره درآید. این نیرو کوتاه‌برد است.

برای اتصال قطعه‌های یک شیشه شکسته آن‌ها را گرم می‌کنیم تا نرم شده و مولکول‌ها به هم نزدیک شوند و نیروی بین مولکولی که کوتاه‌برد است سبب چسبیدن قطعات شیشه شود.



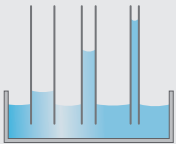
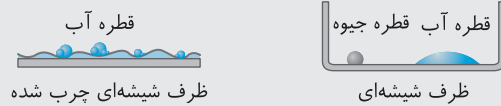
گرما سبب کاهش نیروی هم‌چسبی می‌شود.

کشش سطحی

کشش سطحی ناشی از هم‌چسبی مولکول‌های سطح مایع است. نیروی ربایشی بین مولکولی سبب می‌گردد سطح مایع شبیه پوسته تحت کشش رفتار کند. علت فرو نرفتن سوزن فولادی در آب و حرکت حشرات روی سطح آب کشش سطحی است. هنگام سقوط آب، کشش سطحی و تمایل به کمینه شدن، سطح آب را به صورت قطره در می‌آورد.

دگرچسبی

نیروی جاذبه بین مولکول‌های نامشابه (مانند آب و شیشه) ترشوندگی $\rightarrow$ نیروی دگرچسبی بین مایع و جامد از نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های مایع بیشتر است. آب خاصیت ترشوندگی دارد، جیوه خاصیت ترشوندگی ندارد.



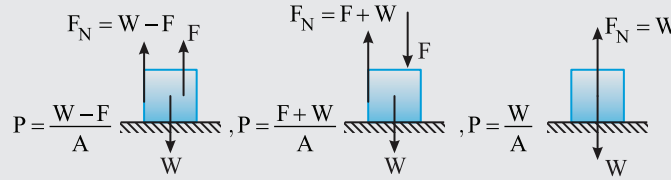
مویینگی

عامل ایجاد مویینگی تفاوت در نیروی هم‌چسبی مایع و دگرچسبی بین مایع و لوله مویین است. عوامل مؤثر در مویینگی، قطر لوله، نوع مایع و جنس لوله است. بالا و پایین رفتن لوله مویین در درون مایع تأثیری در ارتفاع مایع درون لوله ندارد. اگر قطر لوله افزایش یابد سطح مایع درون لوله به سطح مایع درون ظرف نزدیک می‌شود. در شکل‌های زیر نحوه قرار گرفتن مایع در لوله مویین نشان داده شده



تعریف: بزرگی نیروی عمودی وارد بر یکای سطح « $P = \frac{F}{A}$ » کمیت نرده‌ای « یکای آن $\text{Pa} = \text{N/m}^2$ پاسکال

نیروی عمودی همان نیروی عمودی تکیه‌گاه « نمونه



چگالی ρ

ارتفاع h

در جامدهای همگن و توپر مانند استوانه قائم، مکعب و مکعب مستطیل $P = \rho gh$

فشار جامدات

$$P_{\text{کل}} = \rho gh + P_0$$

$$P = \rho gh$$

$$P = \frac{\rho Ahg}{A}$$

$$P = \frac{\rho Vg}{A}$$

$$P = \frac{mg}{A}$$

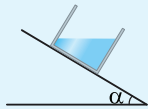
$$P = \frac{W}{A}$$

$$P = \frac{W}{A}$$

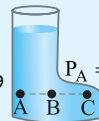
$$P = \frac{W}{A}$$

فشار حاصل از مایع در عمیق h فشار یا فشار کل در عمیق h

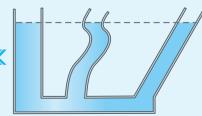
فشار مایع به عمق و چگالی مایع بستگی دارد.



در مایع ساکن فشار در نقاط هم‌عمق برابر است. $P_A = P_B = P_C$ و سطح آزاد مایع همواره افقی است.



ظروف مرتبط « یکسان بودن سطح آزاد مایع در همه طرف‌ها



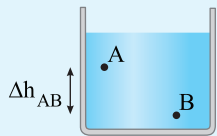
در هر نقطه درون مایع ساکن فشار در تمام راستاها یکسان وارد می‌شود « در غیر این صورت حرکت از فشار بیشتر به فشار کمتر رخ می‌دهد.

نیروی وارد بر یک سطح از طرف شاره: « $F = PA$, $P = \frac{F}{A}$

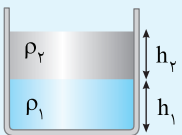
نیروی ناشی از مایع $F = \rho gh_A$

نیروی وارد بر سطح $F = (P_0 + \rho gh)$

اختلاف فشار بین دو نقطه از مایع:



$$\Delta P_{AB} = \rho g \Delta h_{AB}$$

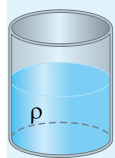


$$P_{\text{مایع}} = \rho_1 gh_1 + \rho_2 gh_2$$

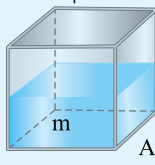
$$P_{\text{کل}} = P_0 + \rho_1 gh_1 + \rho_2 gh_2$$

فشار حاصل از چند مایع:

در ظرف‌هایی که سطح مقطع آن‌ها تغییر نمی‌کند، فشار حاصل از مایع را به صورت زیر حساب می‌کنیم:



$$P = \rho gh$$



$$P = \frac{mg}{A}$$

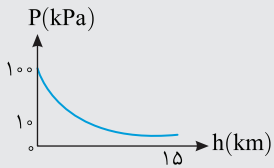
فشار

فشار شاره‌ها

فشار هوا

هوا دارای فشار است. مقدار این فشار در سطح دریای آزاد برابر: $P_0 = 1 \text{ atm}$

با دور شدن از سطح زمین چگالی و فشار هوا مطابق نمودار شکل روبه‌رو کاهش می‌یابد.



اختلاف فشار هوا در دو نقطه در نزدیکی سطح زمین $\Delta P = \rho_{\text{هوای}} g \Delta h$ چگالی هوا $\Delta P = P_{\text{نقطه بالایی}} - P_{\text{نقطه پایینی}}$

فشار هوا تقریباً معادل فشار ستون ۱۰ متری آب است.

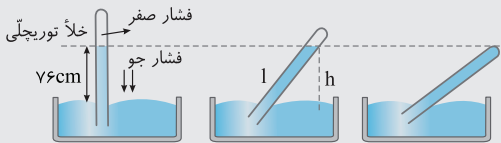
یکای دیگر فشار بار (bar) است. یکای اتمسفر کمی از یکای بار بزرگ‌تر است.

تبدیل یکاهای فشار $\text{atm} \xrightarrow{\times 10^5} \text{Pa}$ و $\text{bar} \xrightarrow{\times 10^5} \text{Pa}$

تا ارتفاع ۲۰۰۰ متری سطح زمین به ازای هر ۱۰ m بالا رفتن فشار هوا ۱ mmHg کاهش می‌یابد.

فشار ستون هوا (بارومتر)

آزمایش تورینگ



$$1 \text{ atm} = 1 \text{ جو} = 76 \text{ cmHg} = 760 \text{ mmHg} = 1/0.1 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ mmHg} = 1 \text{ torr}$$

ارتفاع قائم ستون جیوه بستگی به شکل و سطح لوله ندارد.

خلأ تورینگ: یک خلأ نسبی است. زیرا در اثر تبخیر سطحی جیوه، فشار بسیار اندکی از بخار جیوه ایجاد می‌شود.

$$P_A = P_B = P_C = P_0$$



فشار گاز درون یک محفظه با پیستون متحرک بدون اصطکاک

$$P_{\text{گاز}} = P_0 + \frac{W}{A}$$

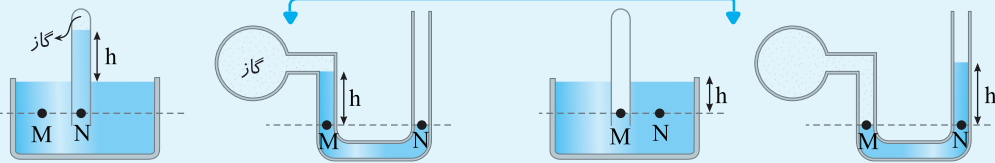
تبدیل فشار بر حسب Pa به فشار بر حسب cmHg $\leftarrow \text{cmHg} \xrightarrow{\times 1360} \text{Pa}$ $\leftarrow \text{cmHg} \xrightarrow{1360 \div} \text{Pa}$ به فشار بر حسب Pa $\leftarrow \text{cmHg} \xrightarrow{\times 1360} \text{Pa}$ $\leftarrow \text{cmHg} \xrightarrow{1360 \div} \text{Pa}$

چگالی جیوه $= 13.6 \text{ g/cm}^3$ $\leftarrow \text{cmHg} \xrightarrow{\times 1360} \text{Pa}$ $\leftarrow \text{cmHg} \xrightarrow{1360 \div} \text{Pa}$ چگالی جیوه $= 13.6 \text{ g/cm}^3$ $\leftarrow \text{cmHg} \xrightarrow{\times 1360} \text{Pa}$ $\leftarrow \text{cmHg} \xrightarrow{1360 \div} \text{Pa}$

۱ mmHg را یک تور (Torr) می‌نامند.

فشار پیمانه‌ای (سنجه‌ای): اختلاف فشار گاز با فشار هوا $\leftarrow P_g = P - P_0$ $\leftarrow P_g = P - P_0$ فشار پیمانه‌ای مثبت $P > P_0$ $\leftarrow P_g = P - P_0$ $\leftarrow P_g = P - P_0$ فشار پیمانه‌ای منفی $P < P_0$ $\leftarrow P_g = P - P_0$ $\leftarrow P_g = P - P_0$

فشار گازهای محبوس



$$P_M = P_N \Rightarrow P_{\text{گاز}} = P_0 - \rho gh, P_{\text{گاز}} - P_0 = P_{\text{پیمانه‌ای}} = -\rho gh \quad P_M = P_N \Rightarrow P_{\text{گاز}} = P_0 + \rho gh, P_{\text{گاز}} - P_0 = P_{\text{پیمانه‌ای}} = \rho gh$$

$$\text{فشار وارد بر انتهای داخلی لوله} = P_0 - \rho gh \quad \text{فشار وارد بر انتهای لوله} = P_0 - \rho g(L \sin \alpha)$$

فشار سنج شاروها (مانومتر)

فشار

فشار سنج بوردون

لوله فلزی خمیده که با افزایش فشار درونی سعی به باز شدن می‌کند.



شاره ورودی که می‌خواهیم فشار آنرا اندازه بگیریم.

دارای یک لوله خمیده یک سر بسته و قابل انعطاف است.

تغییر فشار پیمانه‌ای شاره درون لوله سبب تغییر شکل لوله و حرکت عقربه می‌شود.

برای اندازه‌گیری فشار در مخزن گازها و اندازه‌گیری فشار باد لاستیک خودروها به کار می‌رود.

ابتدا با رسم یک خط افقی از محل مرز مشترک دو مایع سطح هم‌تراز را مشخص می‌کنیم.

در سطح هم‌تراز فشار دو مایع برابر است.

$$\rho_1 > \rho_2 \leftarrow h_1 < h_2 \leftarrow \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2 \leftarrow \rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2 \leftarrow P_1 = P_2$$

فشار در نقاط پایین‌تر از خط تراز یکسان است: $P_M = P_N$

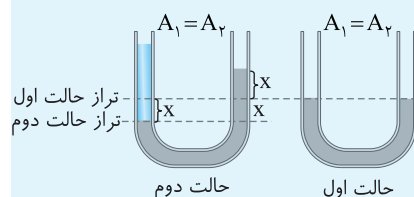
فشار در نقاط بالاتر سطح هم‌تراز باهم برابر نیست.

هنگامی دو مایع در لوله باشد، برای نقطاتی مانند A و B که در یک خط افقی اما در دو مایع اند، می‌توان ثابت کرد فشار در نقطه‌ای بیشتر است که مایع بالای آن بیشتر است: $P_A < P_B$

$$P_C - P_A > P_D - P_B$$

$$P_C - P_A > P_D - P_B$$

اضافه کردن مایع با چگالی متفاوت به لوله U شکل در حال تعادل

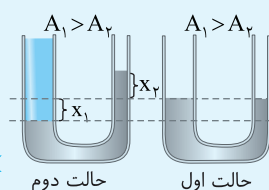


تراز اول
تراز دوم

حالت دوم

حالت اول

$$\frac{x_2}{x_1} = \frac{A_1}{A_2} \leftarrow x_1 A_1 = x_2 A_2 \leftarrow \Delta V_1 = \Delta V_2$$



سطح تراز اول
سطح تراز دوم

حالت دوم

حالت اول

لوله‌های U شکل

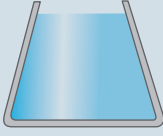
سطح هم‌تراز

الگوی یادآوری

فشار

۶

مقایسه نیروی وزن مایع (W) با نیرویی که مایع بر کف ظرف (F) وارد می‌کند و همچنین نیرویی که ظرف به تکیه‌گاه (F_N) وارد می‌کند. (جرم ظرف ناچیز)

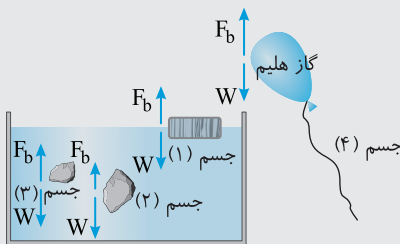
نوع ظرف			
فشار وارد بر کف	$P = \rho gh = \frac{mg}{A}$	$P = \rho gh$	$P = \rho gh$
نیروی وارد بر کف	$F = mg$	$F < mg$	$F > mg$
نیروی وارد بر سطح (تکیه‌گاه)	$F_N = mg$	$F_N = mg$	$F_N = mg$
فشار وارد بر تکیه‌گاه	$P' = \frac{mg}{A}$	$P' = \frac{mg}{A}$	$P' = \frac{mg}{A}$



وقتی تمام یا قسمتی از یک جسم در شاره‌ای فرو رود، شاره نیرویی بالاسو بر آن وارد می‌کند به این نیرو، **نیروی شناوری** گویند.

علت وجود نیروی شناوری تفاوت نیروی وارد بر سطح بالایی و سطح پایینی جسم در اثر اختلاف فشار است.

بررسی نحوه قرارگیری جسمی درون شاره (چگالی جسم ρ ، چگالی شاره ρ_L):



جسم (۱) $\rho < \rho_L$ و $F_b = W$ شناوری

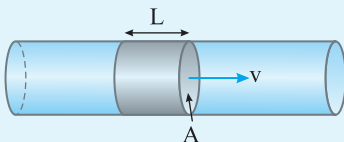
جسم (۲) $\rho > \rho_L$ و $W > F_b$ جسم در حال فرو رفتن

جسم (۳) $\rho_L = \rho$ و $W = F_b$ جسم غوطه‌ور

جسم (۴) $\rho < \rho_{\text{هوای}}$ و $W < F_b$ جسم در حال بالا رفتن

در بررسی حرکت شاره از مدل آرمانی و ساده شده شاره بدون تلاطم، تراکم‌ناپذیر و بدون اصطکاک داخلی (گران‌روی) استفاده می‌کنیم.

با کاهش سطح مقطع، جریان آب تندتر می‌شود.



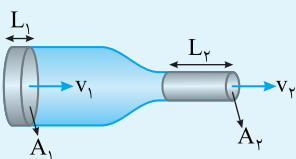
در مسیر حرکت شاره، با افزایش تندی شاره، فشار کاهش می‌یابد.

اصل برنولی

حجم شاره جابه‌جا شده $\Delta V = A \Delta x$
 آهنگ شارش شاره $\frac{\Delta V}{\Delta t} = A v$
 بازه زمانی Δt
 تندی شاره v
 سطح مقطع A

نسبت حجم شارش شده به زمان شارش

آهنگ شارش



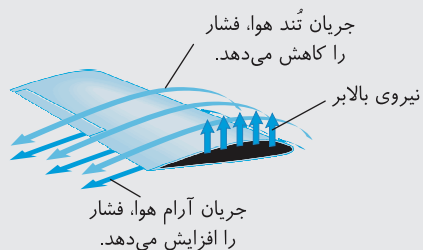
$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

معادله پیوستگی

شناوری و برنولی

برنولی

باریک شدن آب خروجی از شیر آب وقتی به آرامی پایین می‌آید به دلیل افزایش تندی، سطح مقطع کاهش می‌یابد.



پوشش برزنتی صاف و تخت است.

کامیون در حال توقف



پوشش برزنتی پُف کرده است.

کامیون در حال حرکت



تأمین بخشی از نیروی بالابر هواپیما

با به حرکت در آمدن کامیون، فشار هوای بالای سقف برزنتی کامیون کاهش یافته و باعث می‌شود این پوشش پف کند.

الگو یادآوری

۱

کار

کار کمیت نرده‌ای و یکای آن ژول است.

کار نیروی ثابت $W = Fd \cos \theta$ زاویه بین نیرو و راستای حرکت

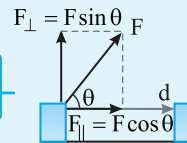
$$0 \leq \theta < \frac{\pi}{2} \Leftrightarrow W > 0$$

$$\theta = \frac{\pi}{2} \Leftrightarrow W = 0$$

$$\frac{\pi}{2} < \theta \leq \pi \Leftrightarrow W < 0$$

$$W_{F_{\perp}} = 0$$

$$W_F = W_{F_{\parallel}} = F_{\parallel} d$$



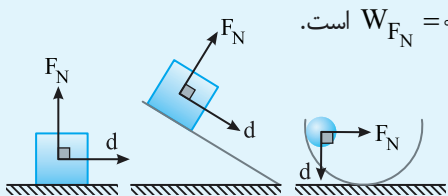
$$W = F_x d_x + F_y d_y \leftarrow \vec{d} = d_x \vec{i} + d_y \vec{j} \quad \leftarrow \vec{F} = F_x \vec{i} + F_y \vec{j}$$

کار نیروی برابر مجموع جبری کار تک تک نیروهای وارد بر جسم است. $W_t = W_{F_1} + W_{F_2} + \dots$

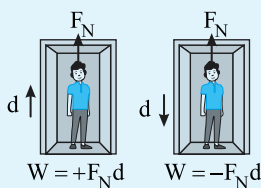
معرفی کار برخی از نیروهای خاص

کار نیروی عمودی سطح

کار این نیرو در یک مسیر به مسیر بستگی ندارد و تنها تابع نیروی عمودی سطح همواره بر مسیر حرکت ذره عمود شکسته به صورت زیر است: اختلاف ارتفاع نقطه انتهایی و است، پس برای جسمی که روی سطحی در حال حرکت است، این نیرو و جابه‌جایی بر هم عمود بوده و $W_{F_N} = 0$ است.



در بالا بر و آسانسور کار نیروی عمودی سطح صفر نیست.



نکته: در یک جابه‌جایی افقی کار نیروی عمودی سطح و کار نیروی وزن صفر است.

کار نیروی وزن

نقطه ابتدایی است.

پایین آمدن جسم

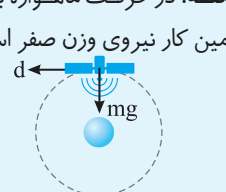
$$W_g = +mg\Delta h$$

بالا رفتن جسم

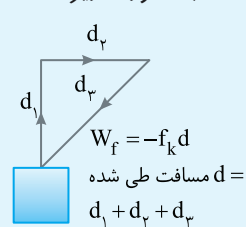
در تمام مسیرهای بالا کار نیروی وزن از ابتدا تا انتهای مسیر یکسان است.

نکته: اگر ابتدا و انتهای مسیر حرکت جسمی یکسان باشد، کار نیروی وزن در آن مسیر صفر است.

نکته: در حرکت ماهواره به دور زمین کار نیروی وزن صفر است.



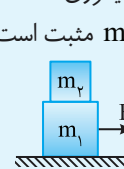
کار نیروی اصطکاک



نکته: دقت کنید کار نیروی اصطکاک ممکن است مثبت نیز باشد.

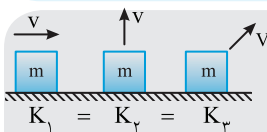
عامل حرکت m_2 اصطکاک

بوده و کار نیروی اصطکاک وارد

بر جسم m_2 مثبت است.

انرژی جنبشی

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \quad \leftarrow \text{کمیت نرده‌ای است} \quad \leftarrow v \text{ اندازه سرعت (تندی)}$$



است و جهت آن مهم نیست.

انرژی پتانسیل کمیتی نسبی و مقایسه‌ای است و برای آن باید یک مبدأ اختیار کرد.

انرژی پتانسیل به مکان اجسام یک سامانه نسبت به یکدیگر بستگی دارد.

$$W_{mg} = -\Delta U_g \quad \leftarrow U_g = mgh \quad \leftarrow \text{گرانژی}$$

$$W_e = -\Delta U_e \quad \leftarrow \text{کشسانی}$$

$$W_E = -\Delta U_E \quad \leftarrow \text{الکتریکی}$$

انرژی پتانسیل

قضیه کار و انرژی جنبشی: تغییر انرژی جنبشی برابر کار نیروی برابند (کار کل)

$$\Delta K = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2) = W_{F_T} = W_t$$

نکته: با توجه به قضیه کار و انرژی جنبشی:

حرکت کندشونده $\Rightarrow v_2 < v_1 \Rightarrow W_t < 0$, حرکت تندشونده $\Rightarrow v_2 > v_1 \Rightarrow W_t > 0 \Rightarrow \Delta K = W_t$

قضیه کار و انرژی

انرژی

کار و انرژی

مجموع انرژی جنبشی و پتانسیل $E = U + K$

انرژی مکانیکی

پایستگی انرژی مکانیکی « $E_p = E_k$ (اصطکاک و نیروی اتلافی نداریم).

قانون پایستگی انرژی

$$E_p - E_k = W_f$$

نکته: W_f کار نیروی اتلافی بوده و همواره منفی است. W_f باعث افزایش انرژی درونی جسم و محیط می‌شود.

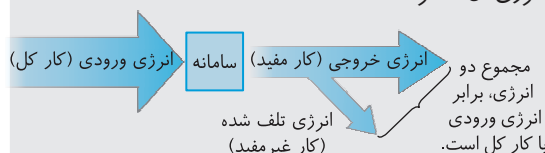
بازده

توان

بازده: بیانگر نسبت کار مفید به کل کار است:

$$Ra = \frac{W_{\text{مفید}}}{W_{\text{کل}}} \times 100 \quad \text{یا} \quad \frac{E_{\text{خروجی}}}{E_{\text{ورودی}}} \times 100 \quad \text{یا} \quad \frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{کل}}} \times 100$$

در واقع هر وسیله‌ای که بازده بیشتری داشته باشد، اتلاف انرژی آن کمتر است.



وات W

$$P = \frac{W}{t} \rightarrow \frac{J}{s}$$

$$\text{یا} \quad \frac{E}{t}$$

$$P_{\text{کل}} = \frac{W_t}{t} = \frac{\Delta K}{t}$$

اگر توان کل خواسته شود:

توان بیانگر سرعت انجام کار یا سرعت مصرف انرژی است. یکای دیگر توان اسب بخار است.

$$hp = 746 W \approx 750 W$$

چند نمونه از دستگاه‌های دارای بازده

	انرژی خروجی	انرژی ورودی
آسانسور	$mgh + \frac{1}{2}mv^2$	انرژی الکتریکی
پمپ (تلمبه)	$mgh + \frac{1}{2}mv^2$	انرژی الکتریکی
توربین	انرژی الکتریکی	mgh

اگر در سؤال سرعت متوسط داده شود یا گفته شود سرعت

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fd}{t} = F \cdot v_{av}$$

ثابت است:

دما کمیتی است که میزان سردی و گرمی اجسام را مشخص می‌کند. اگر دو جسم در تعادل گرمایی با جسم سومی باشند آن دو نیز در تعادل گرمایی هستند. (پایه دماسنجی) عامل جابه‌جا شدن گرما اختلاف دماست نه اختلاف انرژی درونی.

۳

تغییر خواص فیزیکی در اثر گرما اساس دماسنجی (مانند حجم یک مایع، فشار گاز در حجم ثابت، مقاومت الکتریکی یک سیم و غیره که به آن‌ها کمیت دماسنجی گویند).

درجه‌بندی سلسیوس θ_C دمای ذوب یخ 0°C

دمای جوش آب 100°C

درجه‌بندی فارنهایت θ_F دمای انجماد آب 32°F

دمای جوش آب 212°F درجه

رابطه بین درجه‌بندی سلسیوس و فارنهایت

$$\frac{\theta_C}{100} = \frac{\theta_F - 32}{180} \quad \leftarrow \quad \theta_F = \frac{9}{5} \theta_C + 32$$

رابطه بین تغییر دما در دماسنج فارنهایت و سلسیوس $1^\circ\text{C} = \frac{9}{5}^\circ\text{F}$

$$\frac{x-a}{b-a} = \frac{x'-a'}{b'-a'}$$

رابطه کلی دماسنجی بین دو درجه‌بندی a و a' دمای محیط اول در دو درجه‌بندی، b و b' دمای محیط دوم در دو درجه‌بندی x و x' دمای محیطی که در دو درجه‌بندی اندازه‌گیری می‌شود.

درجه‌بندی کلون $\leftarrow$ صفر کلون برابر $-273/15^\circ\text{C}$ که کمترین دمای ممکن است.

عدد تغییر دما در درجه‌بندی کلون و سلسیوس یکسان است. $\Delta T = \Delta \theta$

رابطه دماسنجی کلون با درجه‌بندی سلسیوس (سانتی‌گراد) $T = 273 + \theta^\circ\text{C}$

دماسنجی

دما و دماسنجی

دماسنج‌ها

دماسنج‌های جیوه‌ای و الکلی ساده‌ترین و متداول‌ترین دماسنج‌ها هستند. کمیت دماسنجی در این دماسنج‌ها ارتفاع مایع درون دماسنج است.

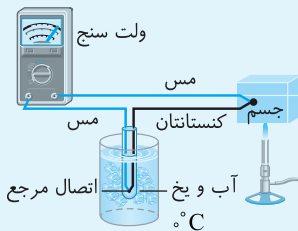
دماسنج‌های معیار

۲ دماسنج مقاومت پلاتینی

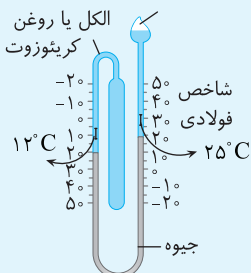
۱ دماسنج گازی

۳ تف‌سنج (پیرومتر)

اساس کار آن مبتنی بر تابش گرمایی است.



فضای خالی برای انبساط



دماسنج ترموکوپل

کمیت دماسنجی آن، ولتاژ است.

دقت آن از دماسنج‌های معیار کمتر است.

گستره دماسنجی آن می‌تواند از -270°C تا 1372°C باشد.

از دو سیم غیرهم‌جنس مانند مس و کنستانتان ساخته می‌شود.

مزیت آن کوچک بودن محل اتصال و سریع بودن در رسیدن به تعادل گرمایی با جسم است.

دماسنج کمینه و بیشینه: تعیین کمینه و بیشینه دمای یک محل

قسمت پایین شاخص فولادی نشان‌گر دما است.

شاخه سمت راست دمای بیشینه و شاخه سمت چپ دمای کمینه را

نشان می‌دهد.

انبساط طولی

$$\Delta L = L_1 \alpha \Delta T \leftarrow \Delta L = L_1 \alpha \Delta T$$

ضریب انبساط طولی: مقدار تغییر طول جسم به طول یک متر به ازای ۱K تغییر دما

$$\frac{\Delta L}{L_1} \times 100 = \frac{L_1 \alpha \Delta T}{L_1} \times 100 = \alpha \Delta T \times 100$$

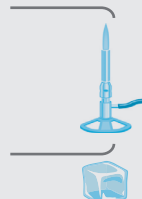
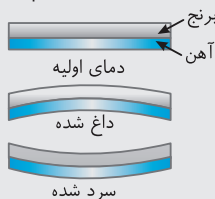
از اختلاف ضریب انبساط طولی در موارد زیر استفاده می‌شود.

ترموستات (دماپا)

دماستج نواری دوفلزه

دو فلز با ضریب انبساط مختلف با طول یکسان به هم پرچ شده‌اند. از ترموستات در یخچال‌ها، موتورخانه‌ها و آب گرم کن‌ها استفاده می‌شود.

از یک نوار دوفلزه پیچیده‌ای استفاده شده است.



جامدها

انبساط سطحی

$$\Delta A = A_1 2\alpha \Delta T \leftarrow$$

درصد تغییرات $2\alpha \Delta T \times 100$

انبساط حجمی

$$\Delta V = V_1 \beta \Delta T \leftarrow \beta \approx 3\alpha$$

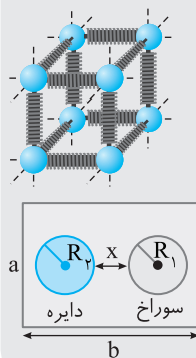
درصد تغییرات $3\alpha \Delta T \times 100$

تغییر چگالی

$$\rho_2 = \rho_1 (1 - \beta \Delta T) \text{ و } \rho_2 = \frac{\rho_1}{1 + \beta \Delta T}$$

دیدگاه مولکولی

نیروهای بین اتمی در جامدها شبیه فنر هستند و هر اتم به این فنرها متصل است. با افزایش دما دامنه نوسان‌ها افزایش می‌یابد و جسم منبسط می‌شود.



نکاتی در مورد انبساط

در انبساط تمام نقاط جسم از هم دور می‌شوند. اگر روی یک صفحه، سوراخی باشد با انبساط صفحه، دهانه سوراخ نیز بازتر می‌شود. در شکل روبه‌رو با دادن گرما، R_1 ، R_2 ، x و a و b ... افزایش می‌یابد.

انبساط گرمایی

افزایش حرکت کاتوره‌ای اتم‌ها و مولکول‌ها در اثر افزایش دما سبب دور شدن مولکول‌ها از هم و افزایش حجم مایع می‌شود.

$$\Delta V = V_1 \beta \Delta T \leftarrow$$

ضریب انبساط حجمی در مایع‌ها از ضریب انبساط حجمی جامدها بیشتر است.

در صورت گرم شدن ظرف لبریز از مایع، مایع از آن سرریز می‌شود. مقدار مایع سرریز شده = انبساط ظرف - انبساط واقعی مایع

تغییر چگالی

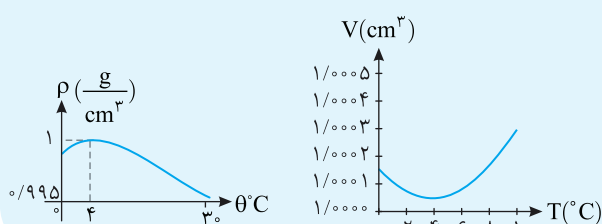
$$\rho_2 = \rho_1 (1 - \beta \Delta T) \text{ , } \rho_2 = \frac{\rho_1}{1 + \beta \Delta T} \leftarrow$$

از 0°C تا 4°C حجم آب به جای افزایش، کاهش می‌یابد.

کمترین حجم و بیشترین چگالی آب در 4°C است. این امر سبب یخ بستن آب دریاچه‌ها از سطح آن‌ها می‌شود.

انبساط غیرعادی آب

نمودارها



نتیجه

گرما « مقدار انرژی که به دلیل اختلاف دما بین دو جسم مبادله می‌شود.

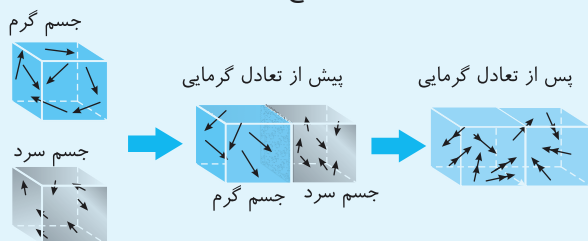
یکای گرما در SI ژول و یکای فرعی آن کالری است. $1 \text{ cal} \approx 4/2 \text{ J}$

انرژی درونی « مجموع انرژی پتانسیل و انرژی جنبشی تمام مولکول‌های ماده

تعادل گرمایی « هرگاه دمای دو جسم که با هم در تبادل گرمایی هستند برابر شود، مبادله گرما متوقف می‌شود. به این حالت **تعادل گرمایی** و به این دمای مشترک **دمای تعادل** گویند.

از دیدگاه میکروسکوپی در تماس دو جسم سرد و گرم، انرژی‌های پتانسیل و جنبشی حرکت کاتوره‌ای اتم‌ها، مولکول‌ها و سایر اجزای میکروسکوپی درون جسم گرم کاهش و به همین اندازه برای جسم سرد افزایش می‌یابد تا دو جسم به تعادل گرمایی برسند.

دماسنج با جسمی که دمای آن را اندازه‌گیری می‌کند به تعادل گرمایی می‌رسد بنابراین دماسنج دمای خود را نشان می‌دهد.



مقدار گرمایی که باید به یک کیلوگرم جسم داده شود تا دمای آن 1°C (یا 1 K) افزایش یابد.

به جنس جسم بستگی دارد.

یکای آن در SI « J/kg.K

گرمای ویژه آب از اغلب اجسام بیشتر است.

این امر سبب استفاده از آب در رادیاتورهای اتومبیل و گرم کردن فضای خانه‌ها به وسیله شوفاژ می‌شود.

گرمای ویژه c

جرم جسم m

تغییر دما ΔT

$$Q = mc\Delta T$$

رابطه گرماسنجی

اگر جسم گرما بگیرد $Q > 0$ و اگر جسم گرما از دست بدهد $Q < 0$

بدون اتلاف گرما « $Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots = 0 \Rightarrow Q_T = 0$

با اتلاف گرما « $Q_1 + Q_2 = Q$ اتلاف Q منفی

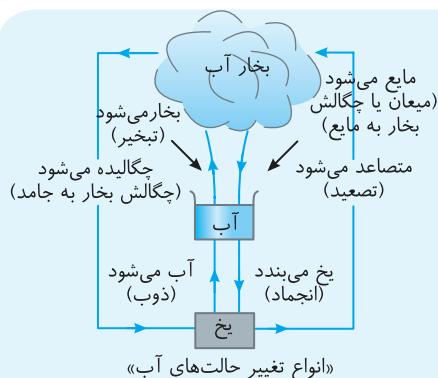
دمای تعادل

$$\theta_e = \frac{m_1 c_1 \theta_1 + m_2 c_2 \theta_2 + \dots}{m_1 c_1 + m_2 c_2 + \dots} \leftarrow m_1 c_1 (\theta_e - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta_e - \theta_2) + \dots = 0$$

کالری‌متر یا گرماسنج: ظرفی فلزی و درپوش‌دار با عایق‌بندی گرمایی خوب که در آزمایش‌های گرماسنجی مانند تعیین گرمای ویژه اجسام کاربرد دارد.

گرماسنج

ظرفیت گرمایی: حاصل ضرب جرم جسم در گرمای ویژه جسم $C = mc$ « یکای آن J/K یا $\text{J}^\circ \text{C}$



تبدیل جامد به مایع «فرایند ذوب گرماگیر است.

نقطه ذوب: دمایی که در آن جسم جامد شروع به ذوب شدن می‌کند.

در مدت عمل ذوب دما ثابت می‌ماند.

معمولاً در جامدهای بلوری به استثناء یخ هنگام ذوب حجم افزایش می‌یابد.

جامدهای بی‌شکل مانند شیشه و قیر نقطه ذوب کاملاً مشخصی ندارند.

افزایش فشار سبب افزایش نقطه ذوب می‌شود در حالی که در مورد یخ سبب کاهش نقطه ذوب می‌شود.

در قله کوه‌ها به دلیل کاهش فشار هوا نقطه ذوب بالا رفته و برف می‌تواند در دمایی بالاتر از 0°C نیز به صورت جامد باقی بماند.

گرمای نهان ذوب

نسبت گرمای لازم برای تغییر حالت جسم از جامد به مایع در دمای ذوب به جرم جسم را گرمای ذوب (یا گرمای نهان ذوب گویند)

$L_F = Q/m \leftarrow Q = mL_F$ به جنس جسم بستگی دارد.

انجماد

تبدیل مایع به جامد «فرایند انجماد گرماده است.» نقطه انجماد و ذوب یک جسم یکسان است.

ناخالصی مانند نمک می‌تواند سبب کاهش دمای انجماد آب شود و انجماد کامل را تا دمای -18°C پایین ببرد.

$Q = -mL_F$

حالت‌های ماده

تفاوت یخ و برف

یخ از انجماد آب و برف از چگالش بخار حاصل می‌شود. در انجماد زمان کافی برای تشکیل بلور وجود دارد اما چگالش برف سریع رخ می‌دهد.

تبخیر و جوشیدن

تبخیر سطحی

تبدیل مایع به بخار را تبخیر گویند. تبخیر گرماگیر است.

مایع در هر دمایی تبخیر می‌شود این فرایند را تبخیر سطحی گویند.

آهنگ تبخیر سطحی به عوامل مختلفی مانند دمای مایع و مساحت سطح آن بستگی دارد.

تبخیر سطحی عرق بدن سبب خنک شدن می‌شود.

جوشیدن

با دادن گرما به مایع و بالا رفتن دما، در دمای خاصی حباب‌های گاز درون مایع شکل می‌گیرند و از مایع خارج می‌شوند. به این پدیده جوشیدن مایع و به این دما، نقطه جوش گویند.

دما در حین جوشیدن تغییر نمی‌کند.

در جوشیدن کل مایع در فرایند تبخیر شرکت می‌کند.

نقطه جوش با افزایش فشار، بالا می‌رود، ناخالصی سبب افزایش نقطه جوش می‌شود.

گرمای تبخیر

نسبت گرمای لازم برای تبخیر مایع، به جرم مایع را گرمای تبخیر مایع (یا گرمای نهان تبخیر مایع) گویند و با (L_V) نمایش می‌دهند. $L_V = Q/m \leftarrow Q = mL_V$ (J/kg)

با کاهش دما به دلیل محکم‌تر شدن پیوند مولکول‌های مایع، L_V افزایش می‌یابد. به جنس و دما بستگی دارد.

میعان

میعان «وارون فرایند تبخیر» گرماده است $Q_V = -mL_V$

نقطه جوش و نقطه میعان یک جسم یکسان است.

رسانش

ارتعاش اتم‌ها و الکترون‌های آزاد در ناحیه گرم شده جسم موجب انتقال بخشی از انرژی آن‌ها به اتم‌ها و الکترون‌های مجاور می‌شود و به این روش انتقال گرما رسانش گویند.

در رساناهای فلزی، الکترون‌های آزاد نقش اساسی دارند.

در نارساها مانند شیشه رسانش گرمایی به دلیل ارتعاش اتم‌ها و گسترش این ارتعاش در طول آن‌هاست و به جهت نبود الکترون آزاد، این اجسام رسانای گرمایی خوبی نیستند.

همرفت

طبیعی

هوای سرد در کنار بخاری گرم شده بالا می‌رود و هوای سرد چگال‌تر جای آن را می‌گیرد.

آب درون کتری به همین روش روی شعله اجاق گرم می‌شود.

روز: زمین ساحل گرم‌تر از آب دریا، نسیم همرفتی از سوی دریا به سوی ساحل

شب: زمین ساحل سردتر از آب دریا، نسیم همرفتی از سوی ساحل به سمت دریا

واداشته

شاره به کمک یک تلمبه طبیعی (قلب جانوران خونگرم) یا تلمبه مصنوعی (واترپمپ اتومبیل) به چرخش واداشته می‌شود تا با این چرخش انتقال گرما صورت پذیرد.

تابش گرمایی



هر جسم می‌تواند از خود تابش الکترومغناطیسی گسیل کند که شدت و بسامد این تابش به دمای جسم بستگی دارد و آن را تابش گرمایی گویند.

این انتقال گرما به محیط مادی نیاز ندارد و در خلأ منتشر می‌شود.

سریع‌ترین روش انتقال گرما بوده و سرعت آن در خلأ برابر $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ است.

تابش گرمایی در دماهای زیر حدود 500°C عمدتاً به صورت تابش فروسرخ است.

برای آشکارسازی تابش‌های فروسرخ از دستگاه دمانگار استفاده می‌شود «تصویر حاصل از دمانگار را دمانگاشت گویند.

تابش گرمایی علاوه بر دما به مساحت، میزان صیقلی بودن و رنگ سطح جسم بستگی دارد.

تابش سطح‌های صیقلی با رنگ‌های روشن کم و از سطح تیره، ناصاف و مات بیشتر است.

برای آزمایش تأثیر سطح و رنگ از مکعب لسلی استفاده می‌شود.

یکی از کاربردهای تابش گرمایی دماسنج تف‌سنج است و به روش اندازه‌گیری دما مبتنی بر تابش گرمایی، تف‌سنجی گویند.

دو نوع تف‌سنج تابشی و نوری داریم که تف‌سنج تابشی جزء دماسنج‌های معیار است.

نمونه پدیده‌های زیستی

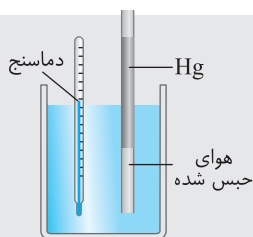
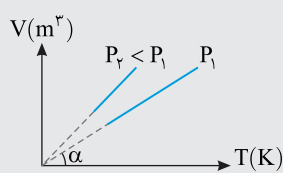
شکار تابش فروسرخ: اندام حفرة‌ای روی پوزه برخی مارهای زنگی که نسبت به تابش فروسرخ حساس است سبب می‌گردد که مار طعمه‌های خونگرم مانند موش را در تاریکی تشخیص دهد.

کلم اسکانک: می‌تواند دمایش را با دمای محیط بالاتر ببرد و انرژی خود را با تابش فروسرخ از دست داده و برف پیرامونش را در زمستان آب کند.



پرتوسنج (رادیومتر): وسیله‌ای است که از یک حباب شیشه‌ای تشکیل شده است که درون آن چهار پره فلزی قائم قرار دارد که می‌توانند حول یک محور (سوزن عمودی) بچرخند. دو وجه هر چهار پره، یک در میان سفید و سیاه است. وقتی این وسیله کنار یک چشمه نور قرار گیرد، پره‌ها حول محور شروع به چرخیدن می‌کنند.

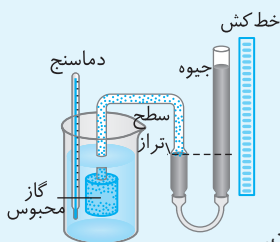
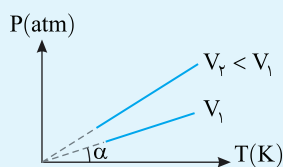
قانون شارل



بررسی گاز در فشار ثابت
در فشار ثابت، حجم یک گاز متناسب با دمای مطلق آن
است. $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$
نمونه‌ای از آزمایش شارل

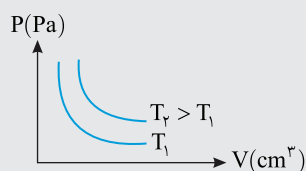
شیب نمودار $V-T$ هر چه بیشتر باشد فشار گاز کمتر است. $\propto \frac{1}{P}$ شیب نمودار

قانون گیلوساک



بررسی گاز در حجم ثابت
در حجم ثابت، فشار گاز متناسب با دمای مطلق آن
است. $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$ ثابت
نمونه‌ای از آزمایش گیلوساک
شیب نمودار $P-T$ هر چه بیشتر باشد حجم گاز کمتر است.
 $\propto \frac{1}{V}$ شیب نمودار

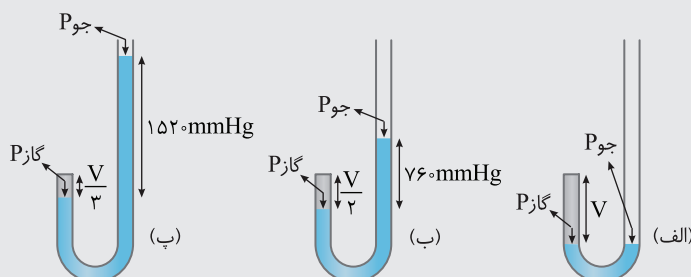
قانون بویل ماریوت



بررسی گاز در حجم ثابت
حجم یک گاز در دمای ثابت با فشار گاز نسبت وارون دارد $\leftarrow$ ثابت $P_1 V_1 = P_2 V_2$

نوعی از آزمایش بویل

هر چه دمای گاز بیشتر باشد نمودار $P-V$ بالاتر می‌رود.



قانون گازهای کامل (آرمانی)

قانون آووگادرو

در دما و فشار یکسان، نسبت حجم گاز V به تعداد مولکول‌های آن ثابت است. $\leftarrow$ ثابت $\frac{V_1}{N_1} = \frac{V_2}{N_2}$
تعداد مولکول‌ها، n مول، $N = nN_A$ ، $N_A = 6.02 \times 10^{23}$ عدد آووگادرو $\leftarrow$ ثابت $\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$

گاز آرمانی (کامل) گازی است به اندازه کافی رقیق با چگالی به حد کافی کم که به دلیل دوری مولکول‌ها، ذرات آن بر هم تأثیر چندانی ندارند.

$PV = nRT$ ← فشار برحسب Pa، حجم برحسب m^3 ، دما برحسب کلوین.

n تعداد مول‌ها به نوع گاز بستگی ندارد. ← $n = \frac{m}{M}$ جرم مولی گاز M و جرم گاز m

R ثابت جهانی گازها ← برابر 8.314 J/mol.K

مقایسه حالت دو گاز آرمانی ← $\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2}$

مقایسه دو حالت یک گاز آرمانی ← $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$ و $n_1 = n_2$

رابطه چگالی با فشار و دما ← $\rho_1 = \frac{m}{V_1}$ و $\rho_2 = \frac{m}{V_2}$ ← $\rho_1 V_1 = \rho_2 V_2 = m$ ← $\frac{P_1 T_2}{\rho_1} = \frac{P_2 T_1}{\rho_2}$

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{P_2}{P_1} \times \frac{T_1}{T_2}$$

هوا نمونه‌ای از مخلوط گازهای ترکیب نشده‌ی

هرگاه چند گاز با تعداد مول‌های n_1 ، n_2 و ... را در یک محفظه قرار دهیم تعداد کل

مول‌های در محفظه برابر خواهد شد با:

$$n = n_1 + n_2 + n_3 + \dots \Rightarrow \frac{PV}{T} = \frac{P_1 V_1}{T_1} + \frac{P_2 V_2}{T_2} + \frac{P_3 V_3}{T_3} + \dots$$

برای دو گاز در دمای ثابت ← $PV = P_1 V_1 + P_2 V_2$

مخلوط گازهای
ترکیب نشده‌ی

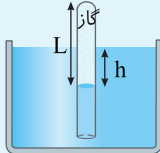
نمونه‌هایی از مسائل ترکیبی قانون گازها و فصل فشار

در قانون گازها منظور از فشار، مجموع تمام فشارهای وارد بر گاز است

مقداری گاز زیر پیستون متحرکی بدون اصطکاک است. فشار گاز محبوس در لوله وارون در مایع:

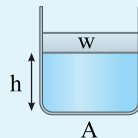
$$P_{\text{گاز}} = P_0 + \rho gh$$

حجم گاز: $V = AL$



فشار گاز برابر است با: $P = P_0 + \frac{W}{A}$

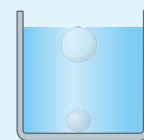
حجم گاز: $V = Ah$



حبابی از ته ظرف مایعی به سطح می‌آید

فشار در ته ظرف: $P_1 = P_0 + \rho gh$

فشار در سطح مایع: $P_2 = P_0$



مفاهیم اولیه

معادله حالت

رابطه بین متغیرهای ترمودینامیکی را معادله حالت گویند.

معادله حالت گاز آرمانی همان قانون گازهاست. $PV = nRT$

فرایند

رفتن دستگاه از یک حالت تعادل به حالت تعادل دیگر را **فرایند ترمودینامیکی** گویند.

فرایندی که طی آن دستگاه همواره بسیار نزدیک به حالت تعادل است را **فرایند ایستاوار** گویند.

تبادل انرژی

تبادل انرژی بین محیط و دستگاه از دو طریق **گرما** و **کار** صورت می گیرد.

گرما: هرگاه بین دستگاه و محیط اختلاف دما وجود داشته باشد، بین محیط و دستگاه تبادل گرما صورت می گیرد.

منبع گرما جسمی که دمایش با دریافت و یا از دست دادن مقدار زیادی گرما تغییر محسوسی نکند.

ترمودینامیک

قانون اول ترمودینامیک

انرژی درونی

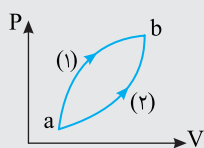
مجموع انرژی تمام ذرات دستگاه را انرژی مکانیکی گویند. (U)

انرژی درونی مقدار معینی گاز آرمانی (کامل) تنها تابعی از دمای گاز است. ثابت $\frac{U_1}{T_1} = \frac{U_2}{T_2}$

تغییر انرژی درونی $\frac{\Delta U}{U_1} = \frac{\Delta T}{T_1}$

اگر دستگاه در فرایندی ایستاوار، گرمای Q را بگیرد و کار W بر روی آن انجام شود، آنگاه $\Delta U = Q + W$ قانون اول ترمودینامیک بیانگر قانون پایستگی انرژی است.

کار و گرما به مسیر فرایند ترمودینامیکی بستگی دارد اما تغییر انرژی درونی به مسیر فرایند بستگی ندارد و تابعی از حالت ابتدایی (T_1 و V_1 و P_1) و انتهایی (T_2 و V_2 و P_2) دستگاه است.



در دو مسیر نمودار روبه‌رو:

$$\Delta U_1 = \Delta U_2$$

$$|W_1| \neq |W_2|, |Q_1| \neq |Q_2|$$

در فرایند انبساطی کار محیط روی دستگاه منفی ($W < 0$) و در فرایند تراکمی کار محیط روی دستگاه مثبت است. ($W > 0$)

در فرایند انبساطی کار دستگاه روی محیط مثبت ($W' > 0$) و در فرایند تراکمی کار دستگاه روی محیط منفی است. ($W' < 0$)

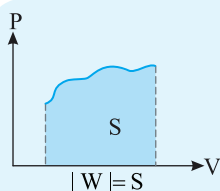
اگر دستگاه گرما بگیرد ($Q > 0$) و اگر گرما از دست بدهد ($Q < 0$) است.

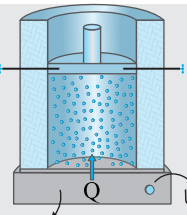
نمودار P-V

سطح زیر نمودار P-V برابر کار انجام شده است.

در انبساط دستگاه $W = -S$

در تراکم دستگاه $W = S$





منبع گرما

دمای گاز را در فرایند هم حجم
با استفاده از منبع گرمایی با دمای قابل
تنظیم، به تدریج تغییر می‌دهیم

در فرایند هم حجم کار صفر است. ($W=0$)بنابراین قانون اول ترمودینامیک در فرایند هم حجم $\Delta U = Q$ است.

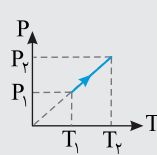
نمودارهای فرایند هم حجم آرمانی

نمودار P-T

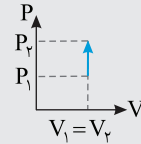
$$P = \frac{nR}{V} T$$

نمودار خط راست گذرنده از مبدأ

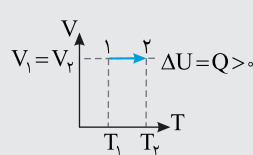
$$\propto \frac{1}{V} \text{ شیب نمودار}$$



نمودار P-V



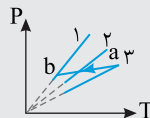
نمودار V-T

در نمودارهای بالا گاز گرما گرفته و دمایش افزایش یافته است. ($\Delta U = Q > 0$)اگر گاز گرما از دست بدهد و دمایش کاهش یابد جهت فلش تغییر می‌کند. ($\Delta U = Q < 0$)

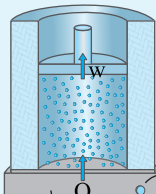
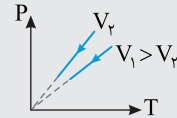
مثال خاص

$$V_1 < V_2 < V_3$$

در فرایند ab حجم گاز در حال کاهش است.



مثال



منبع گرما

گرم کردن گاز در فشار ثابت
با استفاده از منبع گرمایی با
دمای قابل تنظیم

کار $W = -nR\Delta T$, $W = -P\Delta V$

گرما

در فرایند هم فشار گاز آرمانی، گاز با دریافت گرما، منبسط شده و دمای آن
بالا می‌رود و بنابراین بخشی از گرما به انرژی درونی تبدیل می‌شود و بخشی

باعث انجام کار می‌شود. $|Q| > |\Delta U|$, $|Q| > |W|$ همواره Q و ΔU هم علامت و W و Q مختلف‌العلامه هستند.می‌توان نشان داد در فرایند هم فشار $|Q| > |\Delta U| > |W|$ است.

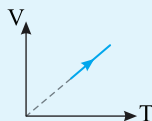
نمودارهای فرایند هم فشار

نمودار V-T

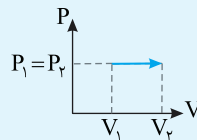
$$V = \frac{nR}{P} T$$

نمودار خط راست گذرنده از مبدأ

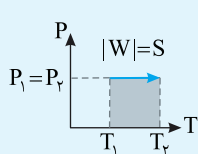
$$\propto \frac{1}{P} \text{ شیب نمودار}$$



نمودار P-V



نمودار P-T

در این نمودارها گاز گرما گرفته و منبسط شده است. ($W < 0$, $\Delta U > 0$, $Q > 0$)اگر گاز گرما از دست بدهد و متراکم شود جهت فلش‌ها در نمودار عوض می‌شود. ($W > 0$, $\Delta U < 0$, $Q < 0$)

فرایند هم حجم گاز آرمانی

برخی از فرایندهای ترمودینامیکی

فرایند هم فشار گاز آرمانی

فرایند همدمای گاز آرمانی

نکته

محیطی که با تبادل گرما، دمایش ثابت است.

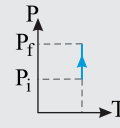
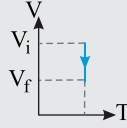
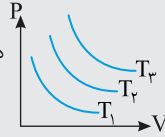
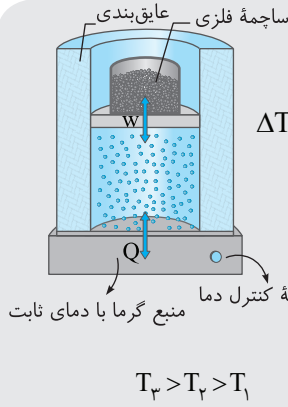
در فرایند همدما، دستگاه در مجاورت یک منبع گرمایی قرار دارد.

در فرایند همدمای گاز کامل تغییر انرژی درونی صفر است. $\Delta T = 0 \Rightarrow \Delta U = 0 \Rightarrow W = -Q$

یادمان باشد که فرایندهای تبخیر، ذوب، ... گرماگیر و همدمای هستند.

اما انرژی درونی آنها تغییر می‌کند.

نمودارها



در این نمودارها گاز متراکم شده و فشار آن افزایش یافته در این صورت $W > 0$ و $Q < 0$

اگر گاز منبسط شود $(V_f > V_i)$ در این صورت گاز گرما می‌گیرد و کار انجام می‌دهد. $W < 0$ $Q > 0$

فرایند بی‌درروی گاز کامل

دستگاه به خوبی عایق بندی شده و تبادل گرمایی با محیط ناچیز است. $Q = 0$

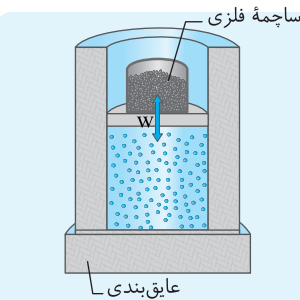
سرعت انجام فرایند زیاد است و فرصت تبادل گرمایی وجود ندارد. $Q = 0$

در فرایند بی‌دررو دما، حجم و فشار گاز هر سه تغییر می‌کند.

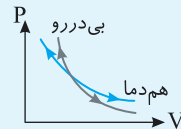
در انبساط بی‌دررو، دما و فشار کاهش و حجم افزایش می‌یابد. اگر حجم دو برابر شود فشار به کمتر از نصف می‌رسد.

در تراکم بی‌دررو، دما و فشار افزایش و حجم کاهش می‌یابد و اگر حجم نصف شود فشار به بیش از دو برابر می‌رسد.

شیب نمودار $P-V$ بی‌دررو از شیب نمودار $P-V$ هم‌دما بیشتر است.



با کاستن یا افزودن تدریجی ساجمه‌ها روی پیستون، گاز درون استوانه عایق پوش شده، انبساط یا تراکم بی‌دررو پیدا می‌کند.

 مقایسه نمودارهای $P-V$ هم‌دما و بی‌دررو

 نمودار $P-V$ بی‌دررو


چرخه ترمودینامیکی

نمودار

به مجموعه‌ای از فرایندها گویند که طی آن دستگاه به حالت اولیه بازمی‌گردد.

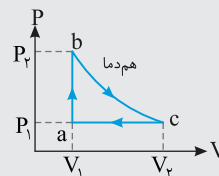
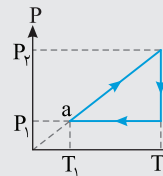
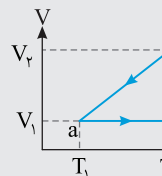
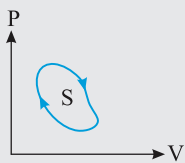
در چرخه تغییر انرژی درونی دستگاه صفر است. $W = -Q \leftarrow \Delta U = 0$

مساحت سطح محصور در چرخه برابر قدر مطلق کار است. $|W| = S$

در چرخه ساعتگرد کار محیط روی دستگاه منفی است. $W = -(S)$

در چرخه پادساعتگرد کار محیط روی دستگاه مثبت است. $W = S$

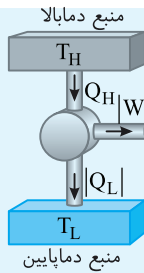
اگر چرخه $P-V$ ساعتگرد باشد چرخه $P-T$ ساعتگرد و چرخه $V-T$ پادساعتگرد است.



مثال

چرخه آرمانی

چرخه‌ای که فرایندهای آن ایستوار، بدون اصطکاک و بدون اتلاف باشد.



ماشین گرمایی وسیله‌ای است که گرما را به کار تبدیل می‌کند. ممکن نیست دستگاه چرخه‌ای را ببینیم که در طی آن مقداری گرما از منبع دمابالا جذب کند و تمام آن را به کار تبدیل کند (بیان ماشین گرمایی قانون دوم ترمودینامیک). قانون دوم ترمودینامیک در مورد چرخه صادق است و گرنه در فرایند انبساطی هم‌دمای گاز کامل تمام گرما به کار تبدیل شده و قانون دوم نقض نمی‌شود.

هرگز در ماشین گرمایی صفر نمی‌شود. $Q_H = |W| + |Q_L|$

ساده‌ترین ماشین برونسوز ماشین نیوکامن و نوع روزآمد آن ماشین استرلینگ و ماشین بخار است. در ماشین بخار، دستگاهی که چرخه را طی می‌کند آب است.

بخار شدن آب در دیگ بخار

باز شدن شیر A و رانده شدن پیستون به بالا

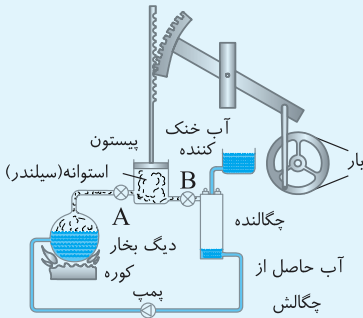
بسته شدن شیر A و باز شدن هم‌زمان شیر B

ورود بخار به چگالنده و تبدیل شدن به آب

پمپ شدن آب از چگالنده به دیگ

بسته شدن شیر B و باز شدن هم‌زمان شیر A و تکرار چرخه

تحلیل ماشین بخار به کمک چرخه‌ای به نام چرخه رانکین صورت می‌گیرد.



طرحی از بخش‌های اصلی یک ماشین بخار وات شامل دیگ بخار، سیلندر، پیستون، چگالنده و پمپ

برونسوز

دو نوع متداول ماشین گرمایی برونسوز، ماشین بنزینی و ماشین دیزلی است.

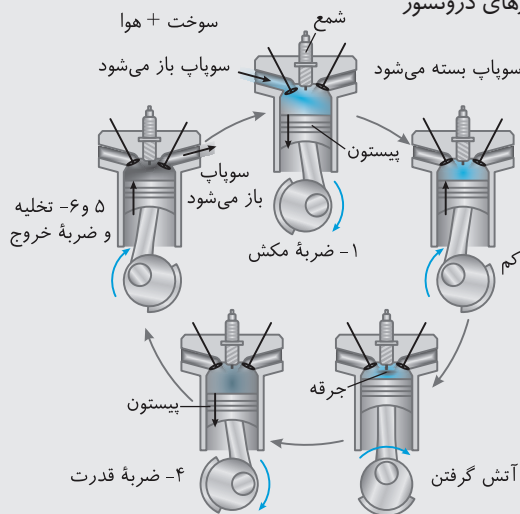
چرخه این ماشین دارای شش فرایند است.

به چرخه آرمانی این ماشین چرخه اتو گویند.

چهار فرایند به همراه حرکت پیستون را ضربه گویند.

نسبت بیشترین حجم به کمترین حجم را r نمایش داده و به آن نسبت تراکم یا انبساط گویند.

مراحل مختلف در چرخه موتورهای برونسوز



بنزینی

درونسوز

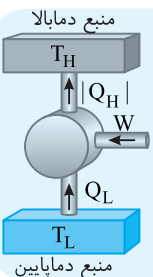
بازده

$$\eta = 1 - \frac{|Q_L|}{Q_H} \text{ و } \eta = \frac{|W|}{Q_H}$$

بازده ماشین درون‌سوز بنزینی حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد، ماشین دیزلی حدود ۳۰، ۳۵ درصد و ماشین‌های بخار ۳۰ تا ۴۰ درصد است.

ماشین گرمایی

قانون دوم ترمودینامیک



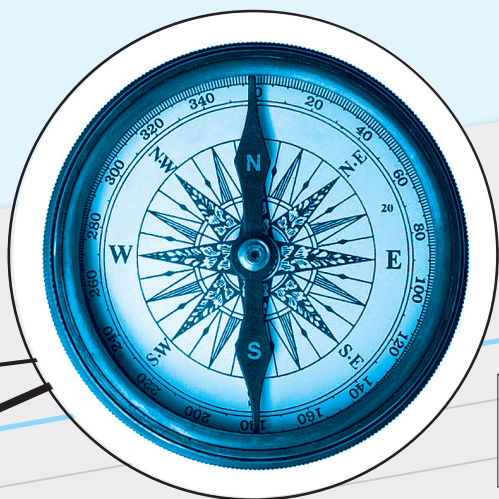
گرما به‌طور خودبه‌خود از جسم سرد به جسم گرم شارش نمی‌کند (بیان یخچالی قانون دوم ترمودینامیک). یخچال وسیله‌ای است که با دریافت کار، گرما را از منبع دماب پایین (T_L) به منبع دمابالا (T_H) منتقل می‌کند.

$$W > 0, Q_H < 0, Q_L > 0 \text{ و } |Q_H| = W + |Q_L|$$

در یخچال‌های خانگی، کولرهای گازی و تلمبه‌های گرمایی نمونه‌هایی از یخچال هستند.

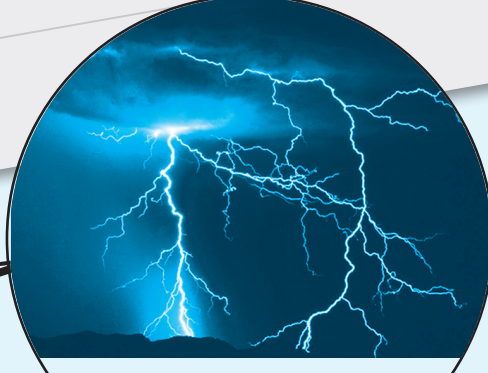
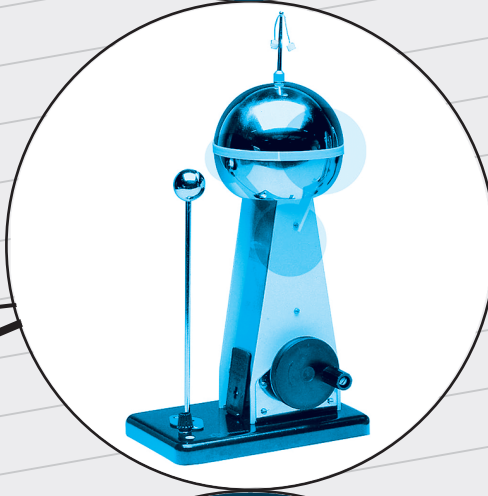
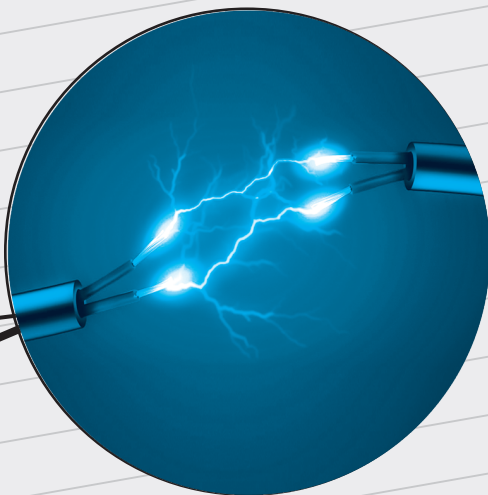
در یخچال W هرگز صفر نمی‌شود.

یخچال

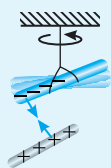


درسنامه‌های درختی

۲ فیزیک



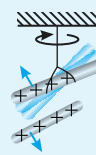
با مالش یک شانه پلاستیکی در آن خاصیتی به وجود می‌آید که می‌تواند ذرات ریز کاغذ (کاه) را جذب کند. به این خاصیت الکتریسیته (کهربا) گویند. در واقع جسم باردار می‌شود.



الف) وقتی میله پلاستیکی مالش داده شده با پارچه پشمی را به میله شیشه‌ای مالش داده شده با پارچه ابریشمی نزدیک می‌کنیم، همدیگر را جذب می‌کنند.



ب) وقتی دو میله پلاستیکی را با پارچه پشمی مالش دهیم، همدیگر را دفع می‌کنند.



ب) وقتی دو میله شیشه‌ای را با پارچه ابریشمی مالش دهیم، همدیگر را دفع می‌کنند.

۱- اصل پایستگی بار: مجموع جبری همه بارهای الکتریکی یک دستگاه منزوی ثابت است.

هرگز امکان تولید یا نابودی یک بار خالص وجود ندارد و بار تنها از یک جسم به جسم دیگر منتقل می‌شود.

۲- اصل کوانتیده بودن بار: همواره بار الکتریکی مشاهده شده جسم مضرب درستی از بار بنیادی e است.

$$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}, \quad q = \pm ne$$

۱ **روش مالش:** در این روش که برای باردار کردن اجسام نارسانا به کار می‌رود، دو جسم به هم مالیده می‌شوند که سبب می‌گردد الکترون از یک جسم به جسم دیگر مطابق جدول سری الکتریسیته مالشی (تریو الکتریک) منتقل شود و دو جسم باردار شوند.

جدول: سری الکتریسیته مالشی (تریو الکتریک)	انتهای منفی سری	پلاستیک، پلی اتیلن	برنج، فقره	کهربا	پارچه کتان	چوب	کاغذ	پوست انسان	آلومینیوم	ابریشم	ترترب	موی گربه	پشم	نایلون	شیشه	موی انسان	انتهای مثبت سری
---	-----------------	--------------------	------------	-------	------------	-----	------	------------	-----------	--------	-------	----------	-----	--------	------	-----------	-----------------

۲ **روش تماس:** در این روش یک جسم باردار را به یک جسم بدون بار (معمولاً رسانا) تماس می‌دهند. مقداری بار از جسم باردار به جسم بدون بار منتقل شده و هر دو جسم دارای بار همنام می‌شوند.

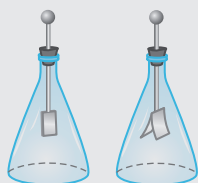
۳ **روش القا:** روشی برای باردار کردن اجسام رسانا



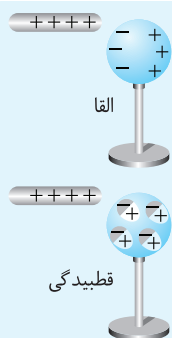
وسایله‌ای برای مشخص کردن باردار بودن و نوع بار یک جسم است.

باردار کردن الکتروسکوپ با روش القا انجام می‌شود.

اگر جسمی باردار به آرامی به یک الکتروسکوپ باردار نزدیک شود، چنانچه انحراف ورقه‌ها بیشتر شود جسم دارای بار همنام با بار الکتروسکوپ و اگر انحراف ورقه‌ها کمتر شود، جسم دارای بار ناهمنام با بار الکتروسکوپ است.



ربایش



اگر یک جسم باردار به یک جسم رسانای خنثی نزدیک شود در اثر القا، بار الکتریکی در رسانا ایجاد شده و سبب ربایش جسم رسانا توسط جسم باردار می‌شود.

اگر جسم باردار به جسم نارسانا (ذرات کاغذ) نزدیک شود قطبیدگی سبب ربایش خرده‌های کاغذ می‌شود.

جسم باردار و جسم بدون بار بر هم نیروی ربایش الکتریکی وارد می‌کنند.

قانون کولن

نیروی که دو بار بر هم وارد می‌کنند با حاصل ضرب دو بار نسبت مستقیم و با مجذور فاصله دو بار نسبت وارون دارد.

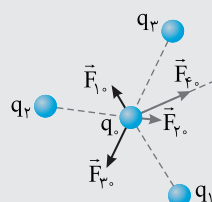
$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \leftarrow k = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2} \leftarrow \text{ثابت کولن} \quad k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \quad \epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{C}^2 / \text{N.m}^2$$

نیروی که بار q_1 بر بار q_2 وارد می‌کند برابر نیروی است که بار q_2 بر بار q_1 وارد می‌کند. (قانون سوم نیوتون)

در بررسی نیروی کولنی بار را نقطه‌ای در نظر می‌گیرند.

اگر جسم گسترده باشد، شکل، ابعاد و چگونگی توزیع بار در اندازه نیروی کولنی مؤثر است.

اصل برهم‌نهی

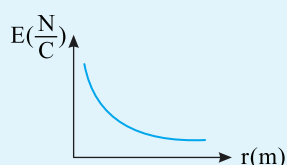


نیروی الکتریکی وارد بر هر ذره بر آیند نیروهایی است که هریک از ذره‌های دیگر در غیاب سایر ذره‌ها بر آن ذره وارد می‌کند.

$$\vec{F}_T = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4$$

الکتریسیته ساکن

در اطراف هر بار خاصیتی وجود دارد که بر اجسام دیگر نیرو وارد می‌کند، این خاصیت فضای اطراف بار را میدان الکتریکی گویند. میدان الکتریکی کمیتی برداری است.

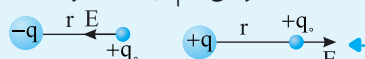


$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad (\text{N/C})$$

میدان الکتریکی برابر نیروی وارد بر یکای بار مثبت است.

میدان بار نقطه‌ای q در فاصله r از بار $E = k \frac{q}{r^2}$ نمودار $E-r$

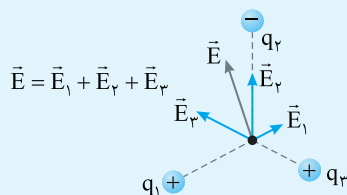
جهت میدان الکتریکی هم‌جهت با نیروی وارد بر بار مثبت است.



میدان الکتریکی

برایند میدان‌های الکتریکی

چند بار در یک نقطه برایند میدان هر بار در همان نقطه است.



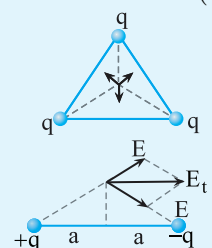
$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3$$

$$E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{kq_1}{x^2} = \frac{kq_2}{(r-x)^2}$$

میدان روی خط واصل دو بار همنام: میدان در نزدیک بار کوچک‌تر صفر می‌شود.

$$E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{kq_1}{x^2} = \frac{kq_2}{(r+x)^2}$$

میدان روی خط واصل دوبار ناهمنام: میدان در خارج دو بار و نزدیک بار کوچک‌تر صفر می‌شود.



میدان در مرکز یک مثلث متساوی‌الاضلاع ناشی از سه بار یکسان صفر می‌شود.

مثال‌های ساده

دو قطبی: دوبار ناهمنام با اندازه‌های یکسان

میدان روی عمود منصف دو قطبی موازی محور دو قطبی است.

برای تجسم میدان الکتریکی در فضای اطراف اجسام باردار، از خط‌های جهت‌داری به نام خط‌های میدان استفاده می‌شود.

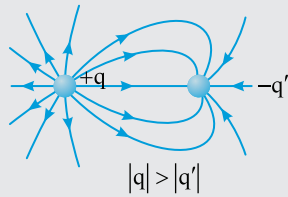
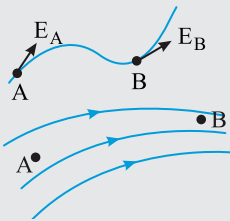
خط‌های میدان در هر نقطه در جهت نیروی وارد بر بار مثبت است.
خط‌های میدان از بار مثبت خارج و به بار منفی وارد می‌شوند.

بردار میدان در هر نقطه بر خط‌های میدان مماس است.

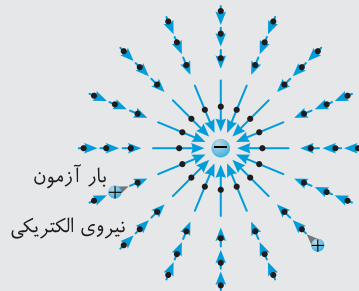
هرچه تراکم خطوط بیشتر باشد میدان قوی‌تر است. ($E_B > E_A$)

خط‌های میدان یکدیگر را قطع نمی‌کنند.

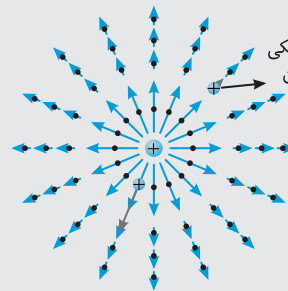
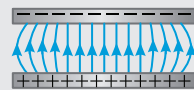
ویژگی‌های خطوط میدان



خطوط میدان بارهای ناهم نام و نامساوی



خطوط میدان بار نقطه‌ای منفی ساکن



خطوط میدان بار نقطه‌ای مثبت ساکن

خطوط میدان الکتریکی یکنواخت

خط‌های میدان الکتریکی

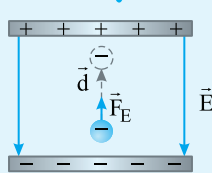
هرگاه دو بار مثبت را به هم نزدیک و سپس رها کنیم از هم دور می‌شوند، علت آن ذخیره شدن انرژی در مجموعه دو بار است. این نوع انرژی را که در اجسام باردار نزدیک به هم وجود دارد انرژی پتانسیل الکتریکی گویند.

تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی یک ذره باردار برابر منفی کار میدان الکتریکی است. $\Delta U_E = -W_E$

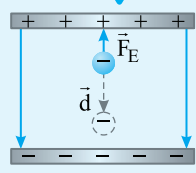
$$W_E = F_E d \cos \theta$$

$$F_E = qE$$

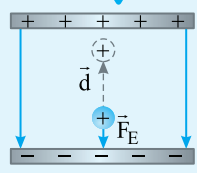
هرگاه بار مثبت در جهت خط‌های میدان جابه‌جا شود انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد و اگر در خلاف جهت خط‌های میدان جابه‌جا شود انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد.



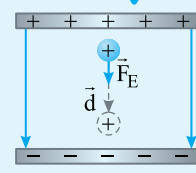
$$\Delta U_E < 0, W_E > 0$$



$$\Delta U_E > 0, W_E < 0$$



$$\Delta U_E > 0, W_E < 0$$



$$\Delta U_E < 0, W_E > 0$$

انرژی پتانسیل الکتریکی

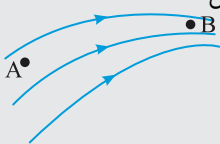
الکتریسیته ساکن

عامل شارش بار

نسبت تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه به بار ذره، مستقل از نوع و اندازه بار است و آن را اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه گویند.

$$V_B - V_A = \frac{U_B - U_A}{q} = -\frac{W_{A \rightarrow B}}{q}$$

انرژی یکای بار مثبت در یک نقطه از فضا را پتانسیل آن نقطه گویند. $V = \frac{U_E}{q}$, $\frac{\text{ژول}}{\text{کولن}}$ ولت



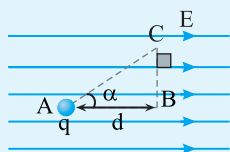
با حرکت در جهت میدان، به سمت نقاط با پتانسیل الکتریکی کمتر و با حرکت در خلاف جهت میدان به سمت نقاط با پتانسیل الکتریکی بیشتر می‌رویم.
مهم: در روابط پتانسیل باید علامت بار در نظر گرفته شود.

پتانسیل الکتریکی

اختلاف پتانسیل الکتریکی

میدان الکتریکی یکنواخت

در میدان الکتریکی یکنواخت خطوط میدان با هم موازی و فاصله بین خطوط یکسان است. برای ایجاد میدان الکتریکی یکنواخت از دو صفحه رسانای بارداری که فاصله‌ی آن‌ها از هم نسبت به ابعادشان، کوچک است استفاده می‌شود و این صفحات رسانا دارای بار الکتریکی یکسان $+q$ و $-q$ هستند.

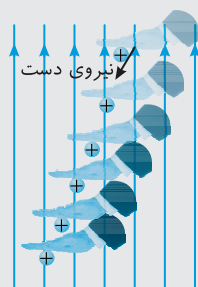


$$E = \frac{|\Delta V|}{d} \leftarrow \frac{\text{ولت}}{\text{متر}} = \frac{\text{نیوتون}}{\text{کولن}}$$

تمام نقاط واقع بر خط عمود بر خطوط میدان، نقاط هم پتانسیل هستند: $V_B = V_C$

$$V_C = V_B \leftarrow \Delta V_{AC} = \Delta V_{AB}$$

کار نیروی خارجی



کار نیروی خارجی وارد بر بار در میدان الکتریکی برابر است با:

$$\Delta K = W_{\text{خارجی}} + W_E = W_{\text{خارجی}} - q\Delta V$$

کار نیروی خارجی هنگام حرکت بار با سرعت ثابت:

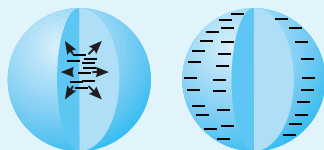
$$W_{\text{خارجی}} = -W_E = q\Delta V$$

کار نیروی خارجی می‌تواند مثبت، منفی یا صفر باشد.

در شکل روبه‌رو: $W_E < 0$ ، $W_{\text{خارجی}} > 0$ ، $\Delta U > 0$.

الکتریسیته ساکن

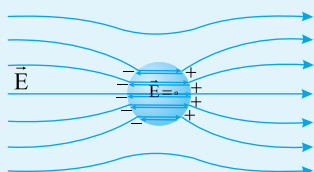
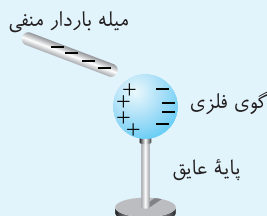
بار اضافه داده شده به یک رسانا در سطح خارجی آن توزیع می‌شود. (آزمایش فاراده)



میدان الکتریکی درون رسانا در پدیده‌های الکتروستاتیک صفر است.

اگر میله‌ی بارداری را به یک رسانا نزدیک کنیم، بار الکتریکی در آن به گونه‌ای القا می‌شود که میدان درون رسانا صفر شود.

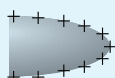
با قرار دادن یک جسم رسانا در میدان مطابق شکل القا به گونه‌ای رخ می‌دهد که میدان درون رسانا صفر می‌شود.



صفر بودن میدان درون رسانا و توزیع بار در سطح خارجی آن سبب می‌گردد شخص درون قفس فاراده یا شخص درون اتومبیل هنگام صاعقه آسیب نبیند.

$$\sigma = \frac{Q}{A} \leftarrow \text{چگالی سطحی بار}$$

تراکم بار در نقاط تیز سطح جسم رسانای باردار از بقیه نقاط بیشتر است.



توزیع بار در اجسام رسانا

الگوی یادآوری

اسبابی برای ذخیره سازی الکتریسیته

۵

ظرفیت خازن

خارج قسمت بار الکتریکی خازن به اختلاف پتانسیل دو سر آن « $C = \frac{Q}{V}$ » بار صفحات یک خازن همواره با هم برابر است.

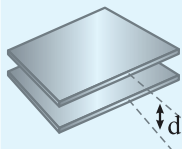
واحد ظرفیت الکتریکی خازن فاراد است « $\frac{\text{کولن}}{\text{ولت}}$ »

$1\mu F = 10^{-6} F$ میکروفاراد، $1nF = 10^{-9} F$ نانوفاراد، $1pF = 10^{-12} F$ پیکوفاراد

ظرفیت خازن « از خصوصیات ساختمانی خازن است و به Q و V بستگی ندارد.

خازن تخت $C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$ ، A مساحت صفحات، d فاصله صفحات

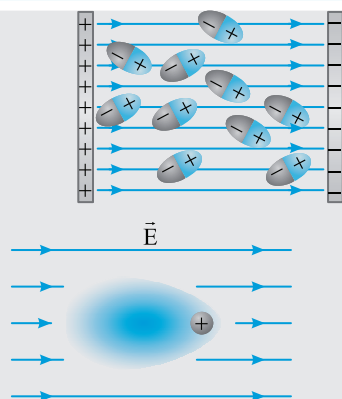
ضریب گذردهی الکتریکی خلأ



دی الکتریک

قطبی

در میدان الکتریکی خازن، دو قطبی ها می کوشند خود را در جهت میدان الکتریکی ردیف کنند.



غیرقطبی

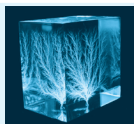
ابره کترونی در خلاف جهت میدان جابه جا می شود. جدایی مرکز بارهای مثبت و منفی مولکول ها را قطبیده شدن می گویند.

با وجود دی الکتریک ظرفیت خازن زیاد می شود. $C = \kappa C_0$ $C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d}$ ثابت دی الکتریک

خازن

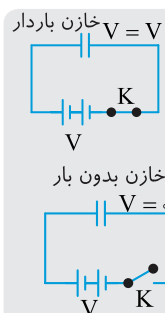
فرو ریزش الکتریکی

با حضور دی الکتریک بیشینه ولتاژ قابل تحمل خازن بالا می رود.



اگر ولتاژ دو سر خازن زیاد شود برخی از الکترون های اتم دی الکتریک توسط میدان الکتریکی کنده شده و از مسیرهای رسانای درون دی الکتریک می گذرند و خازن تخلیه می شود. (فرو ریزش الکتریکی) فرو ریزش معمولاً با ایجاد جرقه همراه است و اغلب باعث سوختن خازن می شود. رابطه بین ولتاژ بیشینه و میدان بین صفحات خازن $E_m = V_m / d$

انرژی خازن



$$(U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} \leftarrow U = \frac{1}{2} CV^2) \leftarrow Q = CV \rightarrow U = \frac{1}{2} QV \leftarrow U = \frac{+V}{2} Q \leftarrow U = \bar{V} \cdot Q$$

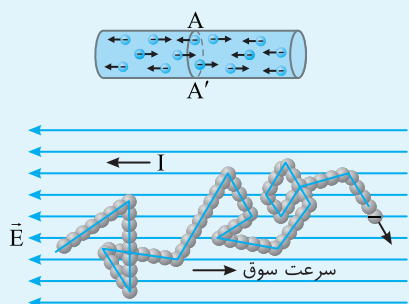
انرژی خازن همواره نصف انرژی ای است که مولد به مدار می دهد. $U_C = \frac{1}{2} U_E$

دو نکته ساده و مهم

هرگاه خازن به باتری متصل و پس از شارژ از باتری جدا شود بار روی صفحات آن ثابت می ماند. (ثابت Q)

هرگاه خازن به باتری متصل و شارژ باشد، اختلاف پتانسیل دو سر آن ثابت می ماند. (ثابت V)

جریان الکتریکی



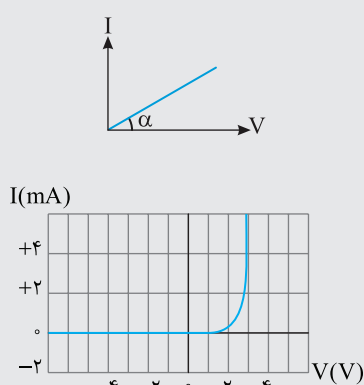
الکترون‌ها در یک رسانا دارای حرکت کاتوره‌ای هستند.

با اتصال سیم رسانا به باتری و برقراری اختلاف پتانسیل به دو سر سیم در آن بار شارش می‌کند و جریان برقرار می‌شود.

با حضور باتری و اعمال میدان الکتریکی در رسانا، الکترون در خلاف جهت میدان با سرعتی متوسط موسوم به سرعت سوق که حدود 1 mm/s است، حرکت می‌کند.

به نسبت $\frac{\Delta q}{\Delta t}$ جریان الکتریکی متوسط می‌گویند $(\bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t})$ و یکای جریان آمپر است.

قانون اهم



نسبت اختلاف پتانسیل دو سر رسانا به جریان گذرنده از آن در دمای ثابت مقدار ثابتی است که آن را مقاومت الکتریکی می‌گویند.

نمودار $I-V$ خط راست است، شیب این نمودار وارون مقاومت است:

$$\tan \alpha = \frac{1}{R}$$

این قانون برای اغلب فلزات و بسیاری از رساناهای غیرفلزی در دمای ثابت برقرار است.

وسایلهایی مانند دیود نورگسیل (LED) از قانون اهم پیروی نمی‌کنند و نمودار جریان بر حسب ولتاژ آن‌ها خطی نیست.

الکتریسیته جاری

عوامل مؤثر بر مقاومت

مقاومت الکتریکی به طول و سطح مقطع رسانا و نیز ترکیب و ساختار آن بستگی دارد.

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad \left\{ \begin{array}{l} l \text{ طول سیم، } A \text{ سطح مقطع سیم } A = \pi \frac{D^2}{4} \text{ و } D \text{ قطر سیم} \\ \rho \text{ مقاومت ویژه و یکای آن } \Omega \cdot \text{m} \end{array} \right.$$

هرگاه یک رسانای فلزی را از یک حدیده بگذرانیم تا با افزایش طول، سطح مقطع آن کاهش یابد به دلیل ثابت ماندن

$$\text{حجم } A_1 l_1 = A_2 l_2 \text{ است و } \frac{A_2}{A_1} = \frac{l_1}{l_2} \text{ خواهد بود.}$$

نیم رسانا ← مقاومت ویژه دسته‌ای از مواد بین مقاومت ویژه رساناها و نارساناهاست این مواد را نیم رسانا گویند.

$$\alpha \text{ ضریب دمایی مقاومت ویژه، یکای آن در } \left(\frac{1}{K}\right) \text{ SI}$$

رسانا در یک رسانای فلزی با افزایش دما حامل‌های بار ثابت می‌ماند اما افزایش دما سبب افزایش

جنبش مولکول‌ها و افزایش مقاومت ویژه می‌شود. $\alpha > 0$

$$\rho = \rho_0 (1 + \alpha \Delta T) \quad \leftarrow \Delta R = R_0 \alpha \Delta T \quad \leftarrow R = R_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

تعداد حامل‌های بار ناچیز است.

در دمای پایین نارساناست.

نیم رسانا

با افزایش دما تعداد حامل‌های بار افزایش می‌یابد و مقاومت ویژه نیم رسانا کاهش می‌یابد. $\alpha < 0$

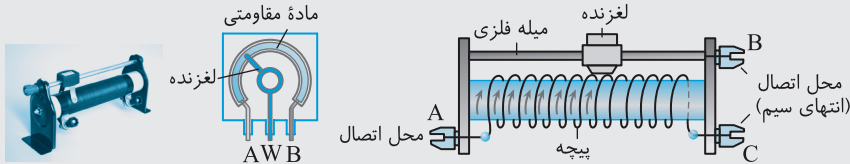
تغییر مقاومت ویژه با دما

مقاومت‌های پیچ‌های

شامل پیچ‌های از یک سیم نازک که معمولاً جنس آن‌ها از آلیاژهای نیکروم یا منگنین که به دور ماده‌ای از جنس عایق پیچیده شده‌اند.

رئوستا یک مقاومت متغیر است که از سیم با مقاومت ویژه زیاد که بر روی استوانه‌ای نارسانا پیچیده شده ساخته می‌شود.

در مدارهای الکترونیکی وسیله‌ای به نام پتانسیومتر نقش رئوستا دارد.



نماد یک رئوستا یا پتانسیومتر

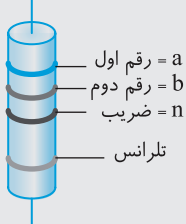


مقاومت‌های ترکیبی

از جنس کربن و برخی نیم‌رساناها یا فیلم‌های نازک در داخل یک پوشش پلاستیکی ساخته شده‌اند.

مقدار مقاومت: $R = ab \times 10^n$

حلقه چهارم تolerانس است که اگر طلایی باشد، تolerانس ۵٪، اگر نقره‌ای باشد ۱۰٪ و اگر حلقه چهارم نباشد تolerانس ۲۰٪ است



۱- ترمیستور

نوعی از مقاومت که بستگی آن با دما با مقاومت‌های معمولی متفاوت است.

کاربرد: در مدارهای حساس به دما مانند زنگ خطر آتش، دماپاها، دماسنج‌ها

NTC * از نیم‌رسانای خالص (Ge, Si) ساخته می‌شود.

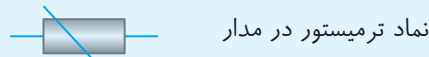
با افزایش دما مقاومت آن کاهش می‌یابد.

سیلیستور: از سیلیسیم غیرخالص (آلاییده) ساخته شده است.

شبیه فلز با افزایش دما مقاومت آن افزایش می‌یابد.

PTC *

تعویضی: ضریب دمایی تا پیش از دمای نقطه خاصی به نام نقطه کوری اندکی منفی و پس از آن به شدت مثبت می‌شود.



نماد ترمیستور در مدار

۲- مقاومت‌های نور LDR

مقاومت آن به نور تابیده بر آن بستگی دارد و با افزایش شدت نور مقاومت آن کاهش می‌یابد.

نوعی از آن از سیلیسیم خالص ساخته می‌شود که مقاومت الکتریکی این نوع برحسب شدت روشنایی (LUX) سنجیده می‌شود.

کاربرد: چشم‌های الکترونیکی، دزدگیرها، کنترل‌کننده‌های خودکار، چراغ روشنایی خیابان‌ها



نماد در مدار

۳- دیودها

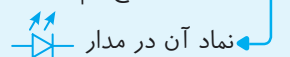
دیود جریان را از یک سو گذر می‌دهد و از سوی دیگر جریان گذرنده از آن ناچیز است.

نماد دیود در مدار

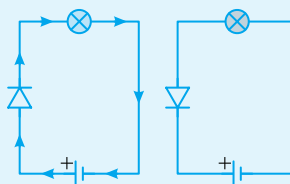
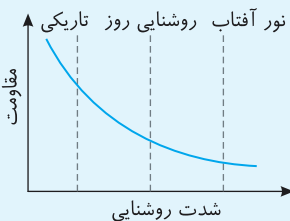
دیود یکسوکننده جریان متناوب و تبدیل‌کننده آن به جریان مستقیم است.

LED دیودی است که نور گسیل می‌کند.

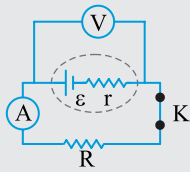
با توجه به نوع نیم‌رسانای به کار رفته رنگ آن از فروسرخ تا فرابنفش است.



نماد آن در مدار



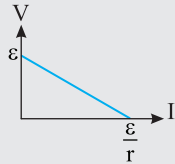
نیروی محرکه الکتریکی در مدارها



در مدار روبه‌رو با باز بودن کلید ولت‌سنج نیروی محرکه باتری (ε) را نشان می‌دهد. با بستن کلید و برقراری جریان افت پتانسیل (Ir) در باتری رخ می‌دهد و ولتاژ دو سر باتری کاهش می‌یابد و ولت‌سنج V را نمایش می‌دهد.

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r}, V = \varepsilon - Ir$$

نمودار $V-I$ دو سر باتری



شیب این نمودار ($-r$) و عرض از مبدأ آن ε است.

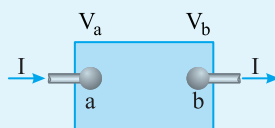
اگر با باز کردن و بستن کلید عدد ولت‌سنج تغییر نکند و $V = \varepsilon$ باشد، آن‌گاه $\leftarrow$ مقاومت درونی ناچیز است. $\leftarrow$ مقاومت خارجی R بسیار بزرگ است.

ظرفیت باتری

مقدار باری که باتری می‌تواند به مدار دهد و یکای آن Ah است. اگر ظرفیت باتری $120Ah$ باشد به معنای آن است که با جریان $1A$ ، باتری می‌تواند $120h$ کار کند ($Q=It$).

الکتریسیته جاری

توان در مدارهای الکتریکی



توان الکتریکی، آهنگ تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q هنگام گذر از این بخش مدار است.

$$P = \frac{\Delta U}{t} = \frac{q\Delta V}{t} \Rightarrow P = I\Delta V$$

$$P = VI = \frac{V^2}{R} = RI^2$$

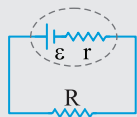
$$U = Pt \Rightarrow U = RI^2 t = \frac{V^2}{R} t = VIt$$

انرژی مصرفی (گرما) در مقاومت:

$$1kWh = 3.6 \times 10^6 J$$

انرژی الکتریکی مصرفی بر حسب کیلووات ساعت:

توان خروجی باتری



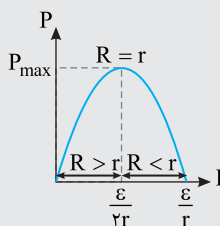
در مدار روبه‌رو توان خروجی باتری (با توان مصرفی در مقاومت خارجی مدار) $P = VI$ است.

$$P = VI = (\varepsilon - Ir)I \Rightarrow P = \varepsilon I - rI^2$$

$$\leftarrow \varepsilon I: \text{توان تولیدی باتری}$$

$$\leftarrow rI^2: \text{اتلاف توان در مقاومت درونی باتری}$$

$$\leftarrow P: \text{تابع درجه ۲ از } I \text{ است و نمودار آن سهمی است.}$$



$$I_{\max} = \frac{-b}{2a} \Rightarrow I_{\max} = \frac{\varepsilon}{2r} \Rightarrow P_{\max} = \frac{\varepsilon^2}{4r}$$

بیشینه توان خروجی:

$$R = r \Leftarrow I = \frac{\varepsilon}{R+r}, I_{\max} = \frac{\varepsilon}{2r}$$

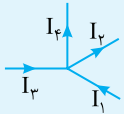
با تغییر مقاومت خارجی مدار نمی‌توان در مورد چگونگی توان مصرفی در مدار خارجی اظهار نظر کرد.

قاعده حلقه

در هر دور کامل حلقه‌ای از مدار، جمع جبری اختلاف پتانسیل‌های اجزای مدار صفر است. (قانون ولتاژهای کیرشهوف)

قاعده انشعاب

مجموع جریان‌هایی که به هر نقطه انشعاب وارد می‌شود برابر مجموع جریان‌هایی است که از آن نقطه انشعاب خارج می‌شود (قانون جریان‌ها کیرشهوف)

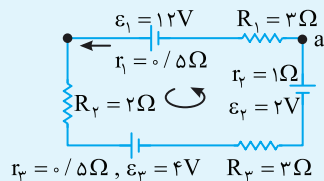


مثال: $I_1 + I_3 = I_2 + I_4$

مدار تک حلقه

یک جهت جریان اختیاری در نظر می‌گیریم.
یک سوی چرخش در نظر می‌گیریم.
با گذر از مقاومت در سوی جریان، IR مثبت است.
خروج از قطب مثبت باتری (از پایانه منفی به مثبت رفتن) $\mathcal{E}$ مثبت و در خروج از قطب منفی باتری $\mathcal{E}$ منفی است.
نوشتن قاعده انشعاب برای گره‌ها

عنصر مدار	جهت حرکت	تغییر پتانسیل	جهت حرکت
مقاومت	در جهت جریان	$-IR$	جهت حرکت $I \downarrow$ $\Delta V = -IR$
مقاومت	در خلاف جهت جریان	$+IR$	جهت حرکت $I \uparrow$ $\Delta V = +IR$
منبع نیروی محرکه	از پایانه منفی به پایانه مثبت	$+\mathcal{E}$	جهت حرکت $\downarrow$ $\Delta V = +\mathcal{E}$
منبع نیروی محرکه	از پایانه مثبت به پایانه منفی	$-\mathcal{E}$	جهت حرکت $\uparrow$ $\Delta V = -\mathcal{E}$



$$I = \frac{12 + 2 - 4}{8 + 2} = 1A$$

$$V = \mathcal{E} - Ir$$



$$V_a - IR_1 + \mathcal{E}_1 - Ir_1 - IR_2 - \mathcal{E}_2 - Ir_2 - IR_3 + \mathcal{E}_3 - Ir_3 = V_a$$

در مدار تک حلقه جریان از رابطه $I = \frac{\mathcal{E}_T}{R_{eq} + r}$ به دست می‌آید.

نیروی محرکه باتری‌هایی که جریان‌های آن‌ها هم‌سو است با هم جمع می‌شوند و اگر جریان‌ها ناهم‌سو باشد نیروی محرکه‌ها از هم کم می‌شود.

باتری که در مدار جریان برقرار می‌کند مولد است و ولتاژ دو سر آن $V = \mathcal{E} - Ir$ است، مانند $\mathcal{E}_1$ و $\mathcal{E}_2$ در مدار بالا

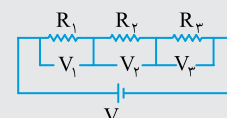
باتری که جریان مدار از قطب مثبت آن وارد شود مصرف کننده است و ولتاژ دو سر آن $V = \mathcal{E} + Ir$ است مانند $\mathcal{E}_3$.

مثال

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 \leftarrow IR = IR_1 + IR_2 + IR_3 \leftarrow V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

متوالی

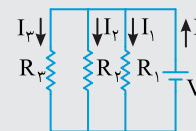


به هم بستن مقاومت‌ها

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \leftarrow \frac{V}{R} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} \leftarrow V = V_1 = V_2 = V_3$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

موازی



$$R_{eq} = \frac{R_1}{n} \text{ n مقاومت یکسان}$$

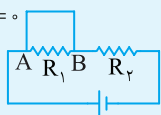
$$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \text{ دو مقاومت}$$

مقاومت معادل مقاومت‌های موازی از کوچک‌ترین مقاومت موازی کوچک‌تر است.

مقاومت کمتر «جریان عبوری بیشتر» جریان به نسبت وارون مقاومت‌ها تقسیم می‌شود.

اتصال کوتاه

هرگاه دو نقطه از مدار را با یک سیم بدون مقاومت به هم وصل کنیم اختلاف پتانسیل بین دو نقطه صفر می‌شود.



$V_{AB} = 0$ (اتصال کوتاه)

در مقاومت‌های سری که جریان‌ها برابر است توان با مقاومت نسبت مستقیم دارد.

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{R_2}{R_1}$$

در مقاومت‌های موازی که ولتاژها برابر است توان با مقاومت نسبت وارون دارد.

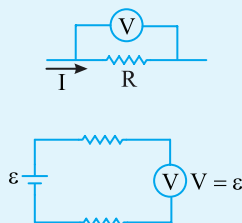
$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{R_1}{R_2}$$

اتصال به برق شهر

تمام وسایل برق شهر به‌جز فیوز و کنتور به صورت موازی به برق متصل می‌شوند. یک اتو با مشخصات $(220V, 1000W)$ دارای مقاومت الکتریکی کمتری نسبت به یک لامپ با مشخصات $(220V, 100W)$ است.

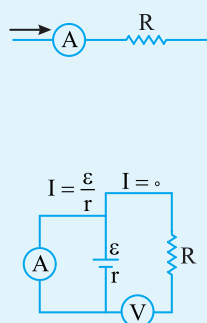
ولت‌سنج

وسيله‌ای برای اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل بین دو نقطه مقاومت ولت‌سنج ایده‌آل بسیار زیاد است و از شاخه شامل ولت‌سنج جریان نمی‌گذرد. ولت‌سنج به طور موازی در مدار قرار می‌گیرد. اگر ولت‌سنج در مداری مطابق شکل، متوالی بسته شود نیروی محرکه باتری را نمایش می‌دهد.



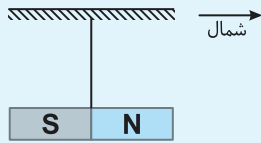
آمپرسنج

وسيله‌ای برای اندازه‌گیری جریان مقاومت آمپرسنج ایده‌آل ناچیز است. آمپرسنج به طور متوالی در مدار قرار می‌گیرد. اگر آمپرسنج به طور موازی در مدار قرار گیرد شبیه اتصال کوتاه عمل می‌کند و جریان زیادی از آن می‌گذرد و ممکن است آسیب ببیند. در مدار روبه‌رو ولت‌سنج و آمپرسنج اشتباه بسته شده و اگر آمپرسنج آسیب نبیند عدد ولت‌سنج عدد صفر را نمایش می‌دهد.



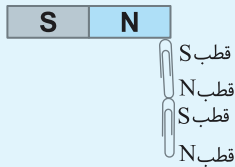
وسایل اندازه‌گیری

آهنربا به هر شکلی که باشد دو ناحیه دارد که خاصیت مغناطیسی در آن‌ها بیشتر است، به این دو ناحیه قطب‌های مغناطیسی (آهنربا) گفته می‌شود.

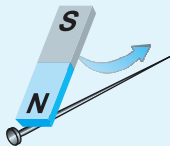


اگر آهنربای میله‌ای را با ریسمانی از مرکز آویزان کنیم، یک سر آن به سوی شمال قرار می‌گیرد که آن را قطب N و سر دیگر به سمت جنوب قرار می‌گیرد که آن را قطب S می‌نامیم.

تمام آهنرباها دارای قطب S و N هستند حتی اگر یک آهنربا را به تکه‌های کوچک تبدیل کنیم، در واقع تاکنون تک‌قطبی مغناطیسی نداشته‌ایم.



هنگامی که یک گیره آهنی جذب آهنربا می‌شود خود دارای خاصیت آهنربایی شده و گیره دیگر را جذب می‌کند به این خاصیت، القای مغناطیسی گویند. آهن، نیکل، کبالت و آلیاژهای از آن‌ها دارای این ویژگی هستند.



وقتی یکی از قطب‌های آهنربای دائمی را چندین بار و در یک جهت به یک سوزن ته‌گرد بکشید سوزن برای مدتی آهنربا می‌شود. در شکل روبه‌رو نوک سوزن قطب S می‌شود.

میدان مغناطیسی ← به خواص فضای اطراف یک جسم مغناطیسی که در این فضا به اجسام مغناطیسی نیرو وارد می‌کند میدان مغناطیسی گویند.

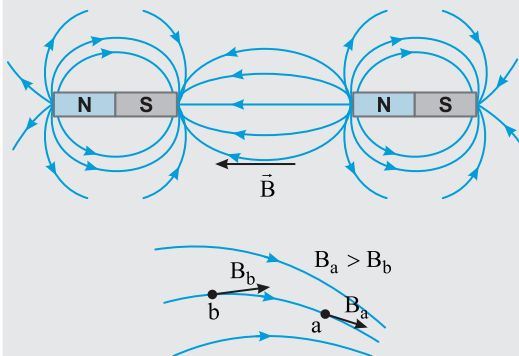
← کمیت برداری است، یکای SI آن تسلا (T) است.

← یکای قدیمی آن گاوس است. $1\text{ G} = 10^{-4}\text{ T}$

مفاهیم اولیه

مغناطیس

خطوط میدان مغناطیسی



خطوطی فرضی که برای تجسم و رسم میدان مغناطیسی از آن‌ها استفاده می‌شود.

خطوط میدان در خارج از آهنربا از N خارج و به S وارد می‌شود.

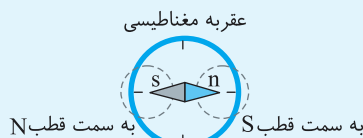
خطوط میدان درون آهنربا از S به N است.

بردار $\vec{B}$ (میدان مغناطیسی) در هر نقطه بر خطوط میدان مماس است.

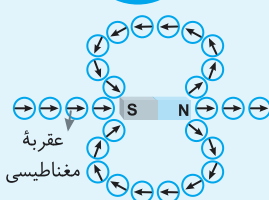
تراکم خطوط میدان نشان‌دهنده قوی‌تر بودن میدان است.

خطوط میدان بسته هستند زیرا تک‌قطبی مغناطیسی نداریم.

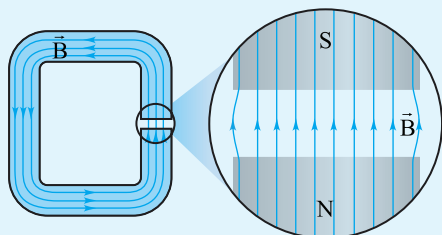
خطوط میدان هیچ‌گاه هم را قطع نمی‌کنند.



به سمت قطب S به سمت قطب N



عقربه مغناطیسی



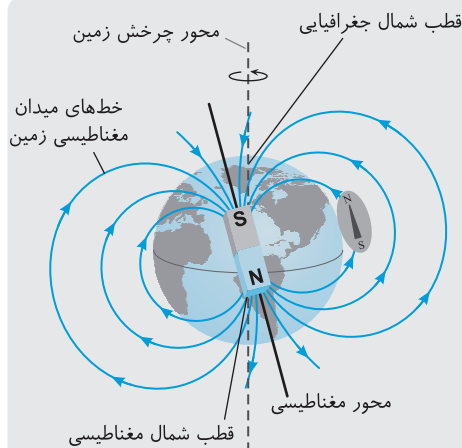
میدان مغناطیسی یکنواخت ← هرگاه در نقاط مختلف

ناحیه‌ای از فضا جهت و اندازه میدان یکسان باشد.

عقربه مغناطیسی

← وسیله‌ای برای تشخیص جهت میدان مغناطیسی

← تعیین جهت میدان مغناطیسی به کمک عقربه مغناطیسی



زمین یک آهنربای بزرگ است که قطب S آن در شمال و قطب N آن در جنوب قرار دارد.

جهت میدان مغناطیسی زمین از جنوب به شمال است.

قطب‌های مغناطیسی و جغرافیایی زمین برهم منطبق نیست.

عقربه مغناطیسی قطب‌نما در نمایش قطب شمال جغرافیایی دارای انحراف است.

قطب جنوب مغناطیسی در فاصله تقریبی ۱۸۰۰ کیلومتری قطب شمال جغرافیایی قرار دارد.

میدان مغناطیسی زمین

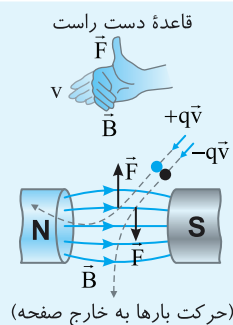
شیب مغناطیسی

زاویه‌ای که یک سوزن مغناطیسی آویزان با سطح افقی می‌سازد.

برای رسم جهت میدان مغناطیسی زمین می‌توان به دو روش زیر عمل کرد:

شمال	روش اول:	شرق $\otimes$ غرب	پایین	جهت درونسو رو به پایین
بالا	روش دوم:	شرق $\otimes$ غرب	پایین	جهت درونسو جهت شمال

مغناطیس



اندازه نیرو $|F| = qvB \sin \theta$

نیرو، $F(N)$ ، سرعت، $v(\frac{m}{s})$ ، بار الکتریکی $q(C)$

$B(T)$ میدان مغناطیسی، θ زاویه بین $\vec{B}$ و $\vec{v}$

بزرگی سرعت ذره باردار در میدان مغناطیسی همواره ثابت است و کار میدان روی بار متحرک صفر است و انرژی جنبشی بار ثابت است.

ذره باردار متحرک

جهت نیرو (قاعده دست راست)

چهار انگشت باز در جهت سرعت v

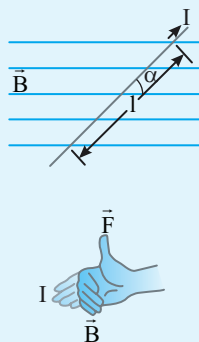
خم کردن در جهت طبیعی جهت میدان B

انگشت شست در جهت نیرو

اگر بار منفی باشد جهت نیرو را وارون می‌کنیم البته می‌توان از دست چپ استفاده کرد.

اگر بار در امتداد میدان حرکت کند نیرویی بر بار وارد نمی‌شود.

نیروی مغناطیسی



اندازه نیرو $|F| = I l B \sin \alpha$

نیرو، $F(N)$ ، جریان، $I(A)$ ، میدان مغناطیسی $B(T)$

$l(m)$ طول سیم، α زاویه بین سیم و میدان مغناطیسی

هرگاه سیم در راستای خط‌های میدان باشد نیرویی بر آن وارد نمی‌شود.

سیم حامل جریان

جهت نیرو (قاعده دست راست)

چهار انگشت: سوی جریان، کف دست و خم کردن انگشتان: جهت میدان، انگشت شست: جهت نیرو

خطوط میدان به صورت دایره‌های هم‌مرکزی به مرکز سیم هستند.

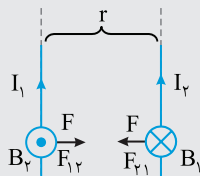
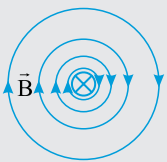
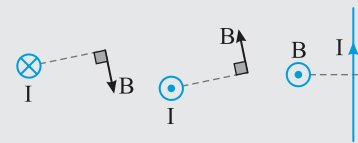
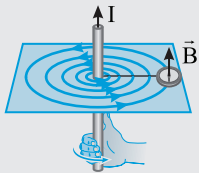
قاعده دست راست

شست در سوی جریان، خم کردن چهار انگشت سوی خطوط میدان

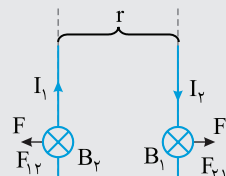
نکته: همواره میدان مغناطیسی در یک نقطه بر خط واصل آن نقطه و سیم حامل جریان عمود است.

با افزایش جریان میدان مغناطیسی در اطراف سیم میدان قوی‌تر می‌شود. با نزدیک شدن به سیم میدان مغناطیسی افزایش یافته خطوط میدان به هم نزدیک‌تر می‌شود. به شکل روبه‌رو نگاه کنید.

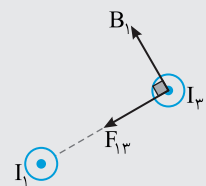
کاربرد: مغناطیس‌سنج‌های بسیار حساس برای اندازه‌گیری میدان مغناطیسی حاصل از مغز را اسکوپید گویند.



الف) اگر جریان‌ها همسو باشند، نیروی بین دو سیم راباشی مغناطیسی است.



ب) اگر جریان‌ها ناهمسو باشند، نیروی بین دو سیم رانشی مغناطیسی است.



نیروی بین دو سیم موازی حامل جریان

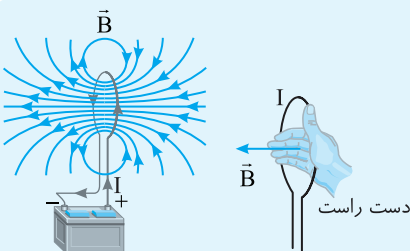
علت نیروی بین دو سیم همان‌گونه که در شکل‌ها مشخص است ایجاد میدان مغناطیسی هر سیم در محل سیم دیگر است که این میدان بر سیم حامل جریان نیرو وارد می‌کند.

اندازه میدان $B(T) = \frac{\mu_0 N I}{2R}$ شعاع حلقه‌ها، N تعداد حلقه‌ها، I جریان

تراوایی مغناطیسی خلأ $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$

خط‌های میدان درون حلقه به یکدیگر نزدیک‌تر و میدان قوی‌تر است. میدان روی محور حلقه موازی محور حلقه (قاعده دست راست)

انگشت شست: سوی جریان، چهار انگشت به درون حلقه: جهت میدان



سیملوله آرمانی: قطر حلقه‌های سیملوله نسبت به طول آن بسیار کوچک و حلقه‌ها خیلی به هم نزدیک هستند.

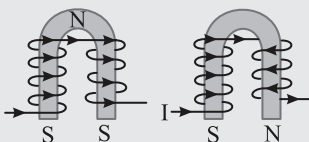
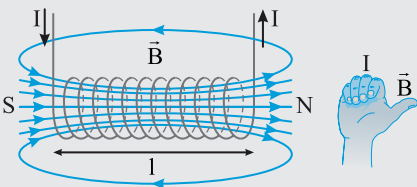
اندازه میدان $B = \mu_0 \frac{N}{l} I$

جهت میدان (قاعده دست راست)

چهار انگشت: در سوی چرخش جریان، انگشت شست: جهت میدان و قطب N سیملوله با قرار دادن هسته آهنی میدان مغناطیسی درون سیملوله افزایش می‌یابد.

میدان درون سیملوله یکنواخت و خط‌های میدان با فاصله‌های یکسان از هم و موازی هم هستند.

مثال:

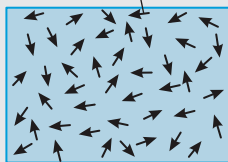


مواد مغناطیسی

موادی که اتم‌ها و مولکول‌های سازنده آن‌ها خاصیت مغناطیسی دارند.

کوچک‌ترین ذره‌های تشکیل‌دهنده این مواد نیز آهنربا بوده و مانند دوقطبی مغناطیسی رفتار می‌کند.

هر ذره سازنده مواد پارامغناطیسی یک آهنربای میکروسکوپی است.



پارامغناطیسی

اتم‌های مواد مغناطیسی، خاصیت مغناطیسی دارند. آرایش دوقطبی‌های این مواد کاتوره‌ای است و میدان مغناطیسی خالص ایجاد نمی‌کنند. در میدان مغناطیسی قوی بعضی از دوقطبی‌های آن در جهت میدان قرار می‌گیرند و هرچه میدان قوی‌تر باشد دو قطبی‌های بیشتری هم‌جهت میدان می‌شوند.

با حذف میدان ماده پارامغناطیسی به حالت اول برمی‌گردد. اورانیوم، پلاتین، آلومینیوم، سدیم، اکسیژن و اکسید نیتروژن

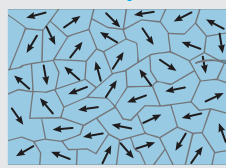
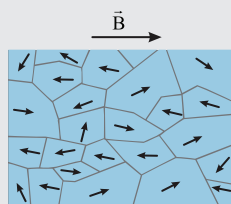
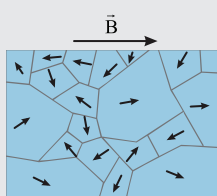
دیامغناطیسی

این مواد به طور ذاتی فاقد خاصیت مغناطیسی‌اند. هیچ‌یک از اتم‌های این مواد، دارای دوقطبی مغناطیسی خالص نیستند. در این مواد در حضور میدان مغناطیسی خارجی در اثر القا دوقطبی‌های مغناطیسی در خلاف جهت میدان خارجی ایجاد می‌شود. مس، نقره، سرب، بیسموت

فرومغناطیسی

طرز قرار گرفتن حوزه‌ها در میدان

اتم‌های آن‌ها به طور ذاتی دارای دوقطبی هستند. در اثر برهم‌کنش‌های قوی بین دوقطبی مغناطیسی در این مواد دوقطبی‌ها در ناحیه‌ای به نام حوزه‌های مغناطیسی همسو می‌شوند. این مواد در میدان مغناطیسی آهنربا می‌شوند.



دسته‌بندی مواد فرومغناطیسی

نرم

حوزه‌ها به راحتی جابه‌جا شده و به راحتی مغناطیسی می‌شود. با حذف میدان نیز به سرعت خاصیت خود را از دست می‌دهند. آهن، نیکل و کبالت خالص

سخت

مرز حوزه‌ها به سختی جابه‌جا می‌شود و جسم سخت‌تر از فرومغناطیسی نرم خاصیت مغناطیسی پیدا می‌کند. با حذف میدان مغناطیسی به سختی خاصیت خود را از دست می‌دهد. آلیاژهای آهن، نیکل و کبالت

شار مغناطیسی

شار مغناطیسی یک کمیت نرده‌ای است.

شار مغناطیسی که از سطح یک حلقه در میدان مغناطیسی یکنواخت می‌گذرد: $\Phi = BA \cos \theta$

Φ : شار مغناطیسی یکای آن وبر

B : میدان مغناطیسی (T)

A : مساحت سطح حلقه (m^2)

θ : زاویه بین خطوط میدان و نیم‌خط عمود بر سطح

θ : متمم زاویه‌ای است که سطح با خط‌های میدان می‌سازد. ($\theta = 90^\circ - \alpha$)

برای هر سطح دو جهت برای رسم نیم‌خط عمود وجود دارد که با اختیار یکی از جهت‌ها، نباید تا پایان مسأله آن را تغییر دهیم.

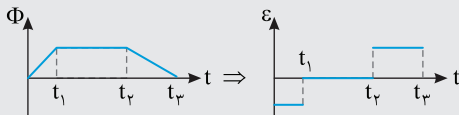
هرگاه شار مغناطیسی‌ای که از مدار بسته‌ای می‌گذرد تغییر کند، نیروی محرکه‌ای در آن القا می‌شود که بزرگی آن با آهنگ تغییر شار مغناطیسی متناسب است.

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad \text{رابطه قانون القا}$$

جریان متوسط القایی گذرنده در مقاومت R : $\bar{I} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} \Rightarrow \bar{I} = -\frac{N}{R} \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$

بار گذرنده از هر مقطع مدار در اثر تغییر شار: $|\Delta q| = \frac{N}{R} \Delta \Phi$

شیب نمودار شار - زمان برابر منفی نیروی محرکه القایی در یک حلقه ($N=1$) است.



مثال:

القای الکترومغناطیسی فاراده

قانون القای الکترومغناطیسی فاراده

روش‌های تغییر شار

۱ تغییر میدان مغناطیسی: با حرکت یک آهنربا به سوی یک پیچه، میدان در محل پیچه تغییر کرده و جریان القایی به وجود می‌آید.

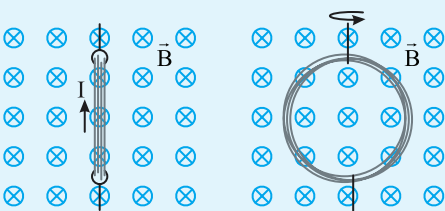
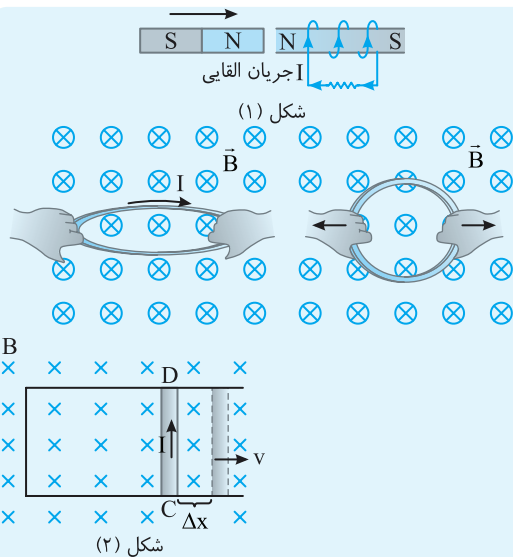
۲ تغییر سطح (ΔA): با کشیدن دو طرف حلقه سطح آن کاهش می‌یابد که سبب تغییر شار و باعث ایجاد نیروی محرکه القایی می‌شود.

بررسی یک حالت خاص: در شکل روبه‌رو با حرکت سیم CD بر سیم رسانای U شکل در یک میدان مغناطیسی به دلیل تغییر سطح مدار، نیروی محرکه القایی به وجود می‌آید.

$$\bar{\varepsilon} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Rightarrow \bar{\varepsilon} = -\frac{B \Delta A}{\Delta t} \Rightarrow \bar{\varepsilon} = -\frac{Bl(\Delta x)}{\Delta t} \Rightarrow |\bar{\varepsilon}| = Blv \quad \text{رابطه نیروی محرکه:}$$

قاعده دست راست برای جریان القایی: چهار انگشت: v ، کف دست: B ، انگشت شست: I

۳ تغییر θ : زاویه بین سطح مدار و خطوط میدان



قانون لنز

جریان حاصل از نیروی محرکه القایی در یک مدار یا پیچه در جهتی است که آثار مغناطیسی ناشی از آن با عامل به وجود آورنده‌اش یعنی تغییر شار مغناطیسی، مخالفت می‌کند.

مثال‌هایی از کاربرد قانون لنز

جریان القایی

حرکت لغزنده به سمت چپ، افزایش مقاومت ←
کاهش جریان ← کاهش میدان ← میدان سیملوله
سمت راست مطابق شکل

در حال افزایش I'

میدان درون سوی B

القایی ناهمسو با B'

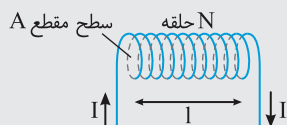
$B \uparrow \Rightarrow B'$

جریان القایی پادساعتگرد

حرکت آهنربا ← افزایش B ← ایجاد جریان ←
مخالفت جریان با حرکت آهنربا ← قطب N در سمت
چپ سیملوله ← جریان القایی مطابق شکل

هرگاه از یک سیملوله جریان متغیری بگذرد، در آن نیروی محرکه‌ای القا می‌شود که با تغییر جریان مخالفت می‌کند. این نیروی محرکه را نیروی محرکه القایی، سیملوله را القاگر و این پدیده را اثر خود - القاوری گویند.

نماد مداری القاگر، است.

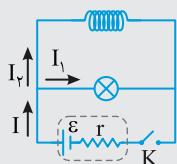


$$L = \mu_0 \frac{AN^2}{l}$$

عوامل مؤثر بر L ، تعداد دور N ، طول l و سطح القاگر A و جنس هسته درون آن

یکای SI ضریب القاوری، هانری (H) است. $(1 \text{ H} = \Omega \cdot \text{s})$

انرژی ذخیره شده در میدان القاگر با ضریب القاوری L : $U = \frac{1}{2} LI^2$



مثالی از اثر خود - القاوری

لحظه وصل کلید ← لامپ روشن ← $I = I_1$ و $I_p = 0$

اگر $I_1 = 0 \leftarrow I = I_p \leftarrow R_L = 0$ و لامپ خاموش می‌شود.

پس از ثبات جریان اگر $I = I_1 + I_p \leftarrow R_L \neq 0$ لامپ با نور کمتر روشن می‌ماند.

لحظه قطع کلید ← لامپ پرنور و به آرامی خاموش می‌شود.

خود - القاوری

القای الکترومغناطیسی

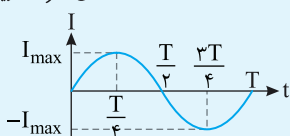
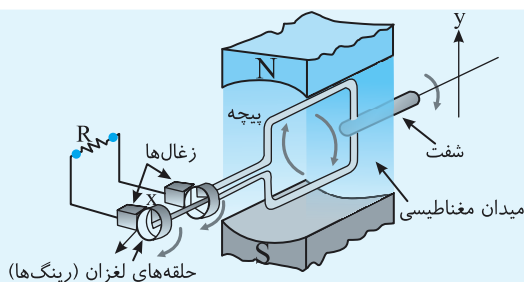
تغییر زاویه θ

با چرخش قاب، θ تغییر کرده و تغییر شار سبب ایجاد

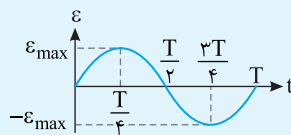
نیروی محرکه القایی می‌شود که جریان حاصل از آن

سینوسی بوده و به آن جریان متناوب می‌گویند.

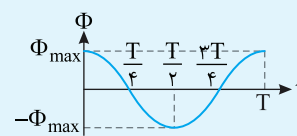
نماد مولد جریان متناوب



$$I = I_m \sin \frac{2\pi}{T} t$$



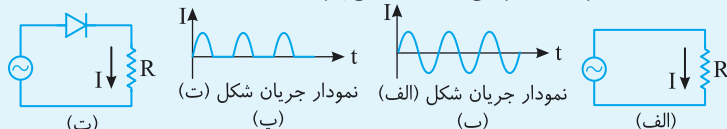
$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin \frac{2\pi}{T} t$$



$$\Phi = BA \cos \frac{2\pi}{T} t$$

در مولدهای صنعتی جریان متناوب، پیچه‌ها ساکن و آهنربای الکتریکی در آن‌ها می‌چرخد.

یکسو کردن جریان متناوب توسط دیود:



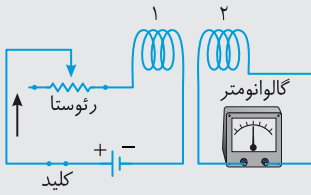
جریان متناوب (ac)

القای متقابل

القای الکترومغناطیسی

مبدل‌ها

هرگاه دو پیچ‌ه مجاور هم بوده و از یکی از آن‌ها جریان متغیر بگذرد در پیچه دیگر جریان القایی به وجود می‌آید.



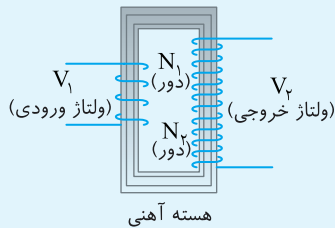
تذکر مهم اگر جریان در L_1 پیوسته باشد، در L_2 جریان القایی ایجاد نمی‌شود.

اگر جریان در L_1 متغیر و تابع خطی از زمان باشد، جریان القایی در L_2 ثابت است.

اگر جریان در L_1 متغیر و تابع درجه ۲ از زمان باشد، جریان القایی در L_2 متغیر و خطی است.

اگر جریان در L_1 سینوسی باشد، جریان القایی در L_2 کسینوسی است.

کاربرد مهندسی القای متقابل در مبدل‌ها (ترانسفورماتورها) است.



$$\text{رابطه مبدل‌ها} \quad \frac{N_2}{N_1} = \frac{V_2}{V_1}$$

$V_2 > V_1 \Leftrightarrow N_2 > N_1$ مبدل افزایشده

$V_2 < V_1 \Leftrightarrow N_2 < N_1$ مبدل کاهشده

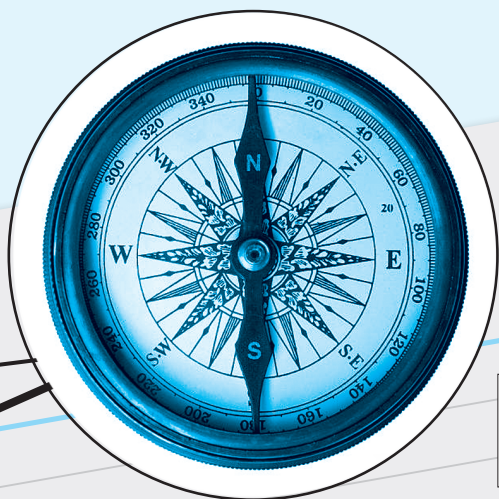
مبدل‌ها در جریان متناوب (ac) کار می‌کنند.

یکی از مزیت‌های جریان متناوب ac بر جریان dc کاهش و افزایش ولتاژ به کمک مبدل‌ها است. در توزیع برق از نیروگاه به خانه‌ها ابتدا با مبدل در نیروگاه ولتاژ را افزایش می‌دهند و در ورودی شهرها ولتاژ را با مبدل کاهش می‌دهند و قبل از توزیع در خانه‌ها مجدداً با یک مبدل ولتاژ را کاهش می‌دهند.

تغییر ولتاژ توسط مبدل‌ها باعث اتلاف توان در خطوط انتقال برق است.

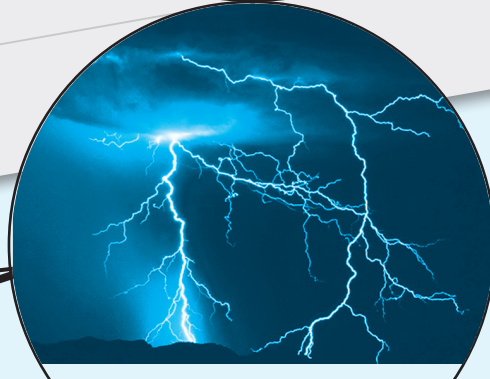
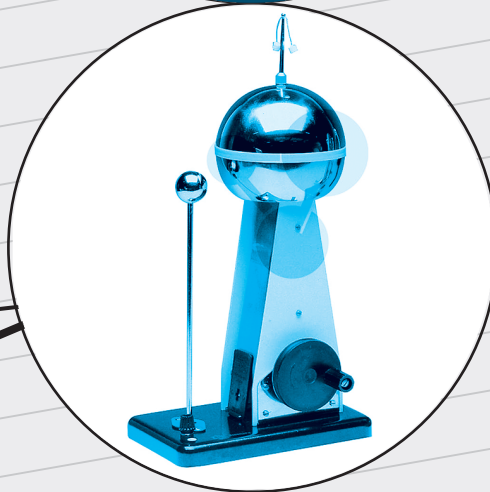
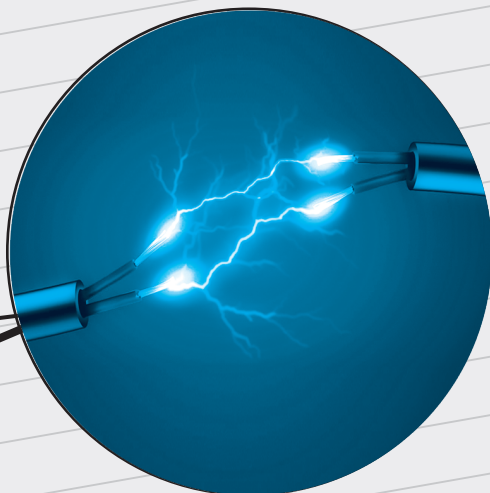
خطوط انتقال ولتاژ بالا





درسنامه‌های درختی

۳ فیزیک

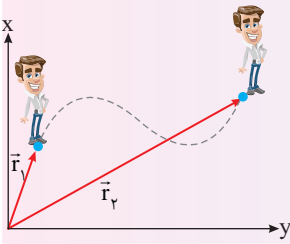


مکان

بردار مکان ($\vec{r}$)

برداری که مبدأ مکان را به مکان متحرک وصل می‌کند.

کمیتی برداری است. $(\vec{r}_1, \vec{r}_2)$

بردار جابه‌جایی ($\vec{d}$)

برداری است که مکان اولیه متحرک را به مکان نهایی آن وصل می‌کند.

کمیتی برداری است.

به مسیر حرکت بستگی ندارد.

مسافت طی‌شده (l)

طول مسیر حرکت را مسافت طی‌شده گویند.

به مسیر حرکت بستگی دارد.

کمیتی نرده‌ای است.

نکته ۱ مسافت طی‌شده متحرک مساوی و یا بزرگ‌تر از اندازه جابه‌جایی است: $l \geq |\vec{d}|$

نکته ۲ اگر متحرک روی خط راست و بدون تغییر جهت حرکت کند: $l = |\vec{d}|$

معادله حرکت

معادله مکان - زمان حرکت است: $x = f(t)$

مثلاً $x = t^2 - 4t + 5$

مبدأ مکان $x = 0$

مکان اولیه (مبدأ حرکت) $x = f(t=0)$

به ازای $x > 0$ بردار مکان مثبت (بردار مکان در جهت مثبت محور x است).

به ازای $x < 0$ بردار مکان منفی (بردار مکان خلاف جهت محور x است).

تغییر جهت بردار مکان در لحظه‌ای است که مکان متحرک صفر شود ($x = 0$) و علامت و جهت بردار مکان تغییر کند.

بازه زمان

n ثانیه nm : $t_p = nm$ تا $t_1 = nm - n$

مثلاً دو ثانیه سوم: $t_p = 2 \times 3 = 6s$ تا $t_1 = 2 \times 3 - 2 = 4s$

n ثانیه nm : $t_p = n$ تا $t_1 = n - 1$

مثلاً ثانیه پنجم: $t_p = 5s$ تا $t_1 = 4s$

تندی متوسط: مسافت طی شده تقسیم بر بازه زمانی

$$m/s \leftarrow s_{av} = \frac{\Delta l}{\Delta t} \rightarrow m/s$$

کمیتی نرده‌ای است.
کمیتی همواره مثبت است.

سرعت متوسط: جابه‌جایی تقسیم بر بازه زمانی:

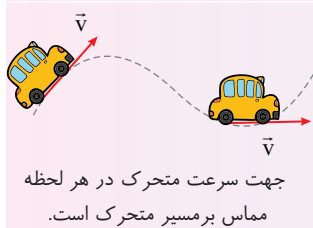
$$m/s \leftarrow \vec{v}_{av} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} \rightarrow m/s$$

کمیتی برداری و هم‌جهت با بردار جابه‌جایی است.

اگر متحرک به مکان اولیه خود باز گردد: $\Delta x = 0 \Rightarrow v_{av} = 0$

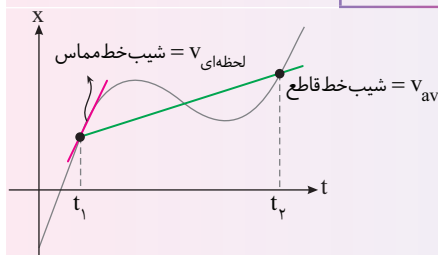
نکته ۱: تندی متوسط همواره بزرگ‌تر یا مساوی اندازه سرعت متوسط است: $s_{av} \geq |v_{av}|$

نکته ۲: در یک حرکت روی خط راست اگر متحرک تغییر جهت ندهد: $s_{av} = v_{av}$



تندی لحظه‌ای: تندی متحرک در هر لحظه بوده و برابر اندازه سرعت است.

سرعت لحظه‌ای: سرعت متحرک در هر لحظه بوده و کمیتی برداری است.



سرعت متوسط در نمودار $x-t$ ← شیب خط قاطع بین دو لحظه t_1 تا t_2 در نمودار $x-t$ است.

سرعت لحظه‌ای در نمودار $x-t$ ← شیب خط مماس بر نمودار $x-t$ در هر لحظه است.

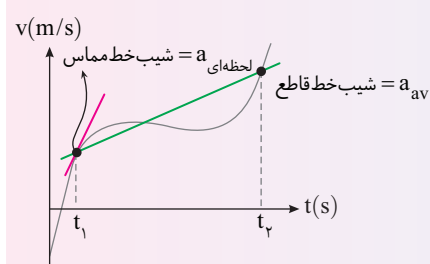
معادله سرعت - زمان: تابعی است که در هر لحظه سرعت متحرک را مشخص می‌کند: $v = f(t)$

$$v = t^2 - 4t + 5 \quad \text{مثلاً:}$$

$v > 0$: متحرک در جهت محور x در حال حرکت است.

$v < 0$: متحرک در خلاف جهت محور x در حال حرکت است.

تغییر جهت حرکت: لحظه‌ای است که سرعت متحرک صفر شده و علامت آن تغییر می‌کند.



شتاب لحظه‌ای: شتاب متحرک در هر لحظه است. کمیتی برداری است و اندازه آن برابر شیب خط مماس بر نمودار $v-t$ است.

شتاب متوسط: آهنگ تغییر سرعت است:

$$\vec{a}_{av} (m/s^2) = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \rightarrow m/s^2$$

کمیتی برداری است و اندازه آن برابر شیب خط قاطع نمودار $v-t$ است.

نوع حرکت: $a > 0$ و $v > 0$ حرکت تندشونده: a و v هم‌جهت باشند $a < 0$ و $v < 0$ حرکت کندشونده: a و v خلاف جهت هم باشند

نکته ۱: جهت شتاب متوسط هم‌جهت با بردار تغییر سرعت است.

نکته ۲: در محاسبه شتاب متوسط باید به جهت سرعت دقت کنیم، به طور مثال در شکل روبه‌رو اگر گوی با سرعت $5 m/s$ به زمین برخورد کرده و با سرعت $4 m/s$ به سمت بالا برگردد، تغییر سرعت برابر است با:

$$\Delta \vec{v} = +4\vec{j} - (-5\vec{j}) = +9\vec{j}$$



سرعت - تندی

حرکت بر خط راست (مشخصه‌های حرکت)

شتاب (a)

حرکتی که در آن، اندازه و جهت سرعت ثابت است.

شتاب لحظه‌ای و شتاب متوسط صفر است.

جهت حرکت ثابت و بدون تغییر است.

$$v_{av} = v$$

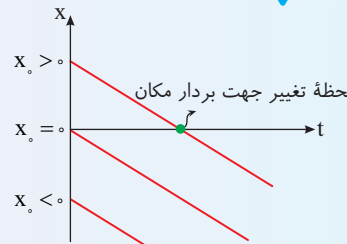
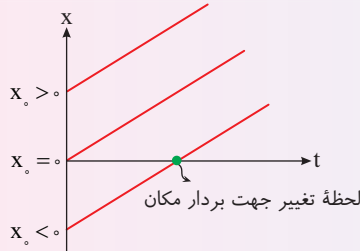
مکان اولیه

$$x = vt + x_0 \Rightarrow \Delta x = vt$$

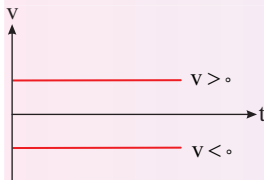
مکان متحرک در هر لحظه

سرعت متحرک

نمودار مکان - زمان: شیب خط ثابت و برابر سرعت متحرک است.



نمودار سرعت - زمان:

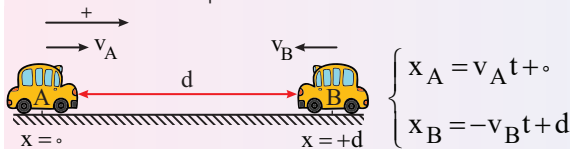


حرکت چند مرحله‌ای: اگر متحرک در چند بازه زمانی $\Delta t_1, \Delta t_2, \dots$ و جابجایی‌های $\Delta x_1, \Delta x_2, \dots$ را با سرعت‌های $v_1, v_2, \dots$

$$v_{av} = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \dots}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots} \Rightarrow v_{av} = \frac{v_1 \Delta t_1 + v_2 \Delta t_2 + \dots}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots}, \quad v_{av} = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \dots}{\frac{\Delta x_1}{v_1} + \frac{\Delta x_2}{v_2} + \dots}$$

و ... طی کند:

حرکت دو متحرک با سرعت ثابت: در بررسی حرکت دو متحرک نوشتن معادله حرکت مهم است. برای این کار جهت مثبت اختیاری (معمولاً به سمت راست) و مبدأ مکان اختیاری (معمولاً مکان اولیه یکی از متحرک‌ها) را باید مشخص کنیم.



حرکتی که در آن آهنگ تغییر سرعت (شتاب) ثابت است و شتاب متوسط و شتاب لحظه‌ای متحرک با هم برابر است.

$$v_2^2 - v_1^2 = 2a\Delta x$$

معادله مستقل از زمان

$$\Delta x = \frac{v_1 + v_2}{2} \Delta t$$

معادله مستقل از شتاب

$$v = at + v_0$$

معادله سرعت - زمان

$$x = \frac{1}{2} at^2 + v_0 t + x_0$$

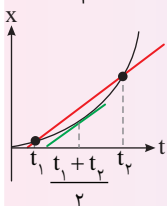
معادله حرکت

$$v_{av} = \frac{1}{2} at + v_0, \quad v_{av} = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

سرعت متوسط در بازه صفر تا t:

در حرکت با شتاب ثابت سرعت متوسط در بازه t_1 تا

$$t_2 \text{ با سرعت در لحظه } \frac{t_1 + t_2}{2} \text{ برابر است.}$$



شتاب ثابت

فرمول‌های جانی

حرکت بر خط راست (دو حرکت خاص)

فرمول‌های جانبی

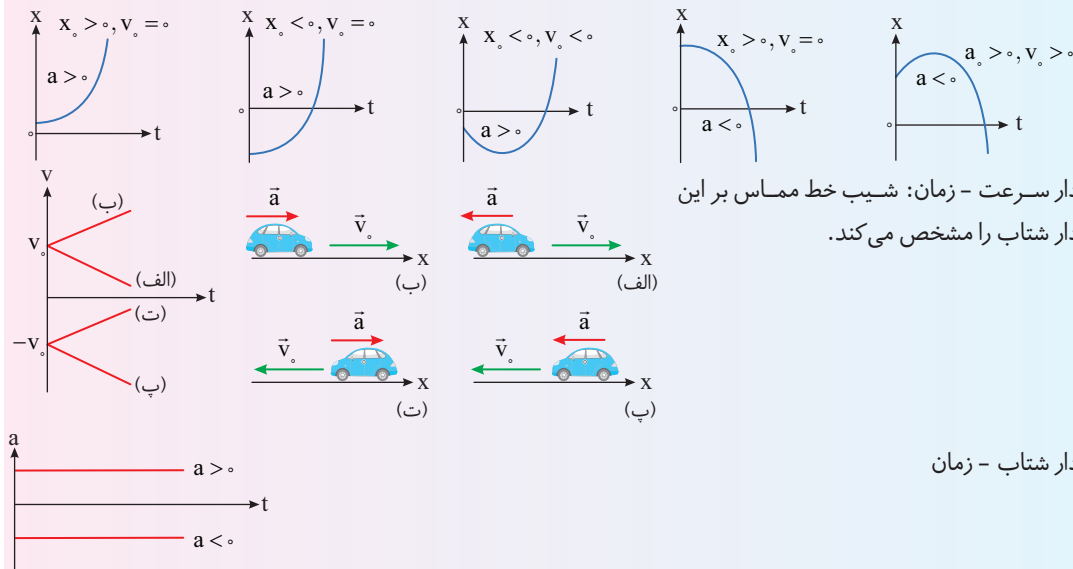
مدت زمان و جابه‌جایی توقف متحرک

$$\Delta t_{\text{توقف}} = \frac{v_0}{|a_{\text{ترمز}}|} \quad \Delta x_{\text{توقف}} = \frac{v_0^2}{2a_{\text{ترمز}}}$$

$$\Delta x(\text{م}t) = \frac{1}{2} a (2t-1) + v_0: \text{جابه‌جایی در ثانیه } t \text{ ام}$$

جابه‌جایی‌ها در ثانیه‌های متوالی تصاعد حسابی با قدر نسبت a تشکیل می‌دهند.

نمودار مکان - زمان: جهت دهانه نمودار علامتی شتاب را مشخص می‌کند.

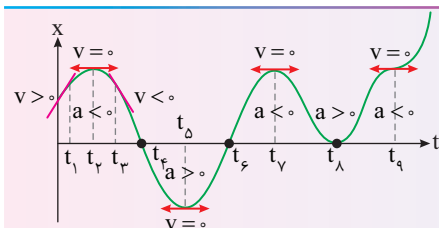


شتاب ثابت

نمودار سرعت - زمان: شیب خط مماس بر این نمودار شتاب را مشخص می‌کند.

نمودار شتاب - زمان

نمودار مکان - زمان



شیب خط مماس بر
نمودار برابر سرعت
لحظه‌ای است.

در بازه‌ای که نمودار صعودی بوده یا زاویه خط مماس بر نمودار با جهت محور زمان حاده است: $v > 0$
در بازه‌ای که نمودار نزولی بوده یا زاویه خط مماس بر نمودار با جهت محور زمان منفرجه است: $v < 0$
در قله و دره نمودار: $v_{t_1} = v_{t_2} = v_{t_3} = v_{t_4} = v_{t_5} = v_{t_6} = v_{t_7} = v_{t_8} = v_{t_9} = 0$

شیب خط قاطع بین دو لحظه برابر سرعت متوسط است.

محل تلاقی نمودار با محور زمان «لحظه گذر از مبدأ» t_2 و «لحظه تغییر جهت بردار مکان» t_4 در لحظه t_8 به مبدأ می‌رسد و از آن نمی‌گذرد «جهت بردار مکان تغییر نمی‌کند»

رو به بالا شتاب مثبت



رو به پایین شتاب منفی

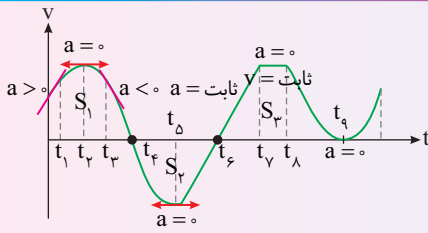
جهت دهانه نمودار

با تشخیص علامت سرعت و شتاب از روی نمودار می‌توان
نوع حرکت را مشخص کرد.

در لحظه t_1 ، $av < 0$ کندشونده
در لحظه t_3 ، $av > 0$ تندشونده

به تعداد نقاط قله و دره نمودار، علامت سرعت و جهت حرکت تغییر می‌کند.

در t_1 ، t_2 ، t_4 ، t_8 متحرک تغییر جهت می‌دهد، در t_3 جسم به طور لحظه‌ای متوقف شده اما علامت سرعت تغییر نمی‌کند و متحرک تغییر جهت نمی‌دهد.

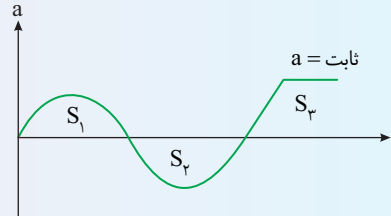


- در بازه‌ای که نمودار صعودی است یا زاویه خط مماس بر نمودار با جهت مثبت محور زمان حاده است: $a > 0$
- در بازه‌ای که نمودار نزولی است یا زاویه خط مماس بر نمودار با جهت مثبت محور زمان منفرجه است: $a < 0$
- در نقاط قله و دره نمودار: $a_{t_0} = a_{t_p} = 0$
- شیب خط مماس بر نمودار برابر شتاب لحظه‌ای
- شیب خط قاطع بین دو لحظه برابر شتاب متوسط است.
- تغییر جهت سرعت (حرکت) مانند لحظه‌های t_p و t_q
- در محل تلاقی نمودار $v-t$ با محور زمان عدم تغییر جهت سرعت (حرکت) مانند لحظه t_q
- سطح محصور بین نمودار و محور زمان $S_p < 0$, $S_1, S_3 > 0$ جابه‌جایی $= S_1 + S_p + S_3 + \dots$
- مسافت $= |S_1| + |S_p| + |S_3| + \dots$
- نمودار به محور زمان نزدیک می‌شود حرکت متحرک کندشونده است.
- در بازه‌ای که نمودار از محور زمان دور می‌شود حرکت متحرک تندشونده است.

نمودار سرعت - زمان

حرکت شناسی در یک بعد (ویژگی‌های نمودارها)

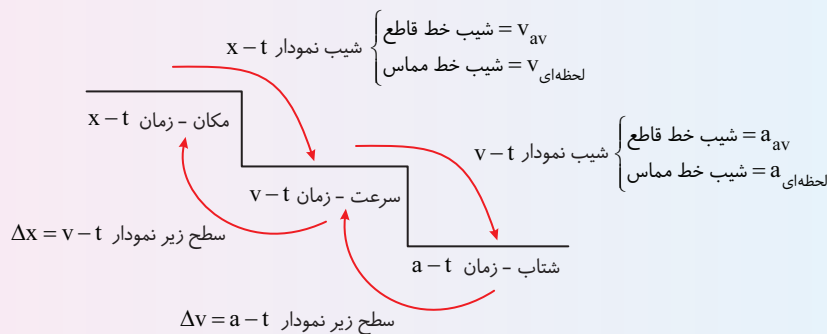
از روی نمودار شتاب - زمان نمی‌توان نوع حرکت را مشخص کرد مگر آن که سرعت اولیه مشخص باشد.



سطح محصور بین نمودار شتاب - زمان و محور زمان برابر تغییرات سرعت است. $\Delta v = S_1 + S_p + S_3$, $S_p < 0$, $S_1, S_3 > 0$

نمودار شتاب - زمان

جمع‌بندی



الگو یادآوری

سقوط آزاد

۶

در مسیر سقوط آزاد، جسم تنها تحت تأثیر نیروی وزن است.

این حرکت نمونه خوبی از حرکت با شتاب ثابت است.

شتاب سقوط تمام اجسام در شرایط خلأ یکسان است و به جرم جسم بستگی ندارد.

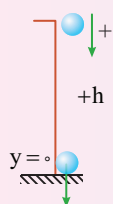
یک پر و یک گلوله در شرایط خلأ با یک شتاب سقوط می‌کنند.

اگر ارتفاع رها شدن دو جسم از سطح زمین یکسان باشد، در شرایط خلأ دو جسم با هم به زمین می‌رسند و تندی برخورد آنها به زمین یکسان است.

رابطه‌های سقوط آزاد همان رابطه‌های حرکت با شتاب ثابت بدون سرعت اولیه است.

رابطه‌های اصلی

جهت مثبت رو به پایین



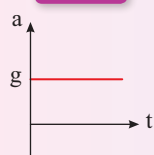
$$y = \frac{1}{2}gt^2$$

$$v = gt$$

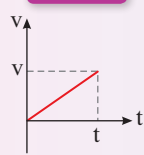
$$v_y^2 = 2gy$$

نمودارها

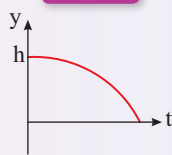
a-t



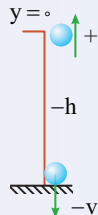
v-t



y-t



جهت مثبت رو به بالا



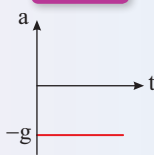
$$y = -\frac{1}{2}gt^2$$

$$v = -gt$$

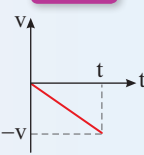
$$v_y^2 = -2gy$$

نمودارها

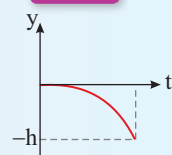
a-t



v-t



y-t



الگو یادآوری

۱

دینامیک

قوانین حرکت نیوتون

قانون دوم نیوتون

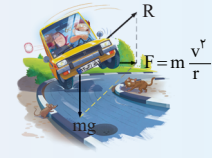
قانون سوم نیوتون

علم بررسی علل سکون و حرکت اجسام به کمک نیروهای وارد بر آن‌ها را دینامیک گویند.
نیرو: برهم کنش دو جسم را نیرو گویند. $\leftarrow$ نیرو کمیتی است برداری و دارای اندازه و جهت است.
اثر نیرو: تغییر تندی جسم، تغییر جهت سرعت و تغییر شکل جسم

قانون اول نیوتون

یک جسم حالت سکون یا حرکت با سرعت ثابت خود را حفظ می‌کند مگر آنکه نیروی خالص غیر صفری به آن وارد شود.
جسم ساکن، ساکن می‌ماند (تعادل ایستایی)
اگر نیروهای وارد بر جسم متوازن باشند ($F_{\text{net}} = 0$) جسم متحرک به حرکت با سرعت ثابت ادامه می‌دهد (تعادل جنبشی)
لختی تمایل اجسام به حفظ وضع موجود را لختی (اینرسی) گویند.

مثال

حرکت سریع دست و پاره شدن نخ پایینی در اثر لختی وزنه 	کشیدن سریع مقوا از زیر سکه و سقوط سکه در لیوان در اثر لختی 	انحراف سرنشین در پیچ جاده به دلیل لختی و تمایل به حرکت روی خط راست 
--	---	--

هرگاه بر جسم نیروی خالصی وارد شود، جسم در جهت نیرو شتابی می‌گیرد که با نیرو نسبت مستقیم و با جرم جسم نسبت وارون دارد.

$$\vec{F}_{\text{net}} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{a} = \vec{F}_{\text{net}} / m$$

در کاربرد قانون دوم نیوتون، ابتدا تمام نیروهای وارد بر جسم را رسم می‌کنیم و برآیند آن‌ها را مساوی $m\vec{a}$ قرار می‌دهیم.
تذکره! $m\vec{a}$ نیرو نیست بلکه نیروی خالص وارد بر جسم برابر جرم جسم در شتاب آن است.

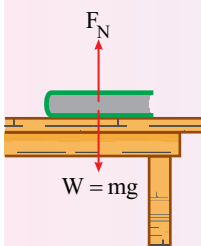
هرگاه جسم A بر جسم B نیروی F را وارد کند، جسم B نیز بر جسم A نیرویی هم اندازه F و در خلاف جهت وارد می‌کند.
($F_{AB} = -F_{BA}$)

نیروهای کنش و واکنش بر دو جسم مختلف وارد می‌شوند و بررسی برآیند آن‌ها غیرفیزیکی است.

نمونه‌هایی از قانون سوم نیوتون

شلیک گلوله از تفنگ سبب می‌گردد که گلوله به جلو برود و تفنگ به عقب لگد بزند.	عامل رانش موشک به جلو: موشک به گازهای خروجی نیرو وارد می‌کند و گازها نیروی رو به جلو به موشک وارد می‌کنند.	راه رفتن: زمین را به عقب هل می‌دهیم زمین به ما رو به جلو نیرو وارد می‌کند و ما جلو می‌رویم.
--	---	--

مثالی از تحلیل واکنش نیروهای وارد بر جسم



نیروهای وارد بر کتاب $\leftarrow$ نیروی وزن و نیروی عمودی سطح
W از طرف کره زمین بر جسم وارد می‌شود و واکنش W نیرویی است که از طرف جسم به
کره زمین وارد می‌شود.
 F_N نیرویی که سطح میز بر کتاب رو به بالا وارد می‌کند، واکنش F_N توسط کتاب بر سطح
میز رو به پایین وارد می‌شود.

وزن یک جسم روی زمین، نیروی گرانشی است که از طرف زمین به جسم وارد می‌شود ($\vec{W} = m\vec{g}$) جهت نیروی وزن همواره در امتداد قائم و به طرف مرکز زمین است.

وزن

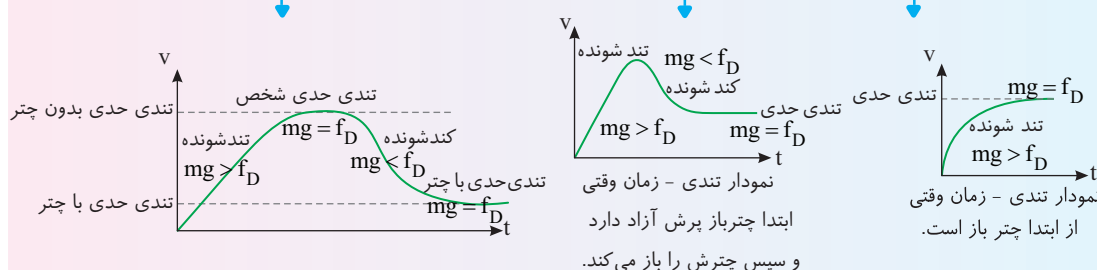
نیرویی که در اثر حرکت جسم در شاره، از سوی شاره و در خلاف جهت حرکت جسم به جسم وارد می‌شود ($\vec{f}_D$). بعضی از عوامل مؤثر در مقاومت شاره ← بزرگی و شکل جسم

مقاومت شاره

تندی جسم ← هرچه تندی بیشتر شود، مقاومت هوا (شاره) بیشتر می‌شود.

تندی حدی ← با افزایش تندی، لحظه‌ای فرا می‌رسد که نیروی وزن و نیروی مقاومت هوا برابر می‌شود ($f_D = W$) و حرکت جسم با تندی ثابتی به نام تندی حدی ادامه می‌یابد. تندی حدی چتر باز $5m/s$ و قطره باران $7m/s$ است.

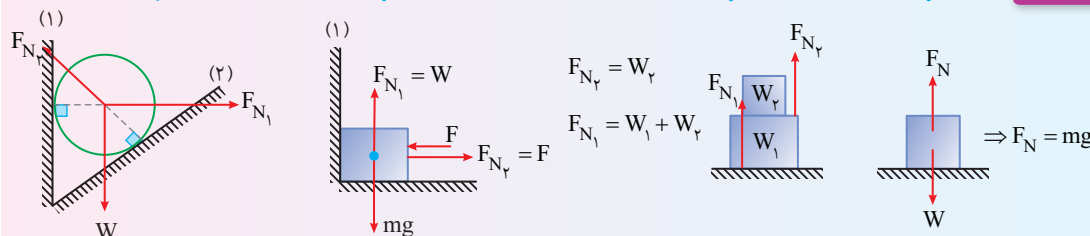
حرکت چتر باز



نیروهای خاص

نیرویی که از طرف سطح، عمود بر سطح در جهت جسم بر جسم وارد می‌شود (F_N).

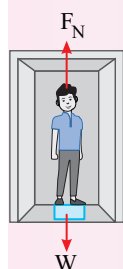
مثال



نکته نیروسنج همواره نیروی عمودی سطح را نشان می‌دهد.

نیروی عمودی سطح

آسانسور سرعت ثابت $F_N = W$



تند شونده $a > 0$: $mg - F_N = ma$
کند شونده $a < 0$

تند شونده $a > 0$: $F_N - mg = ma$
کند شونده $a < 0$

پاره شدن کابل آسانسور ← سقوط آزاد ← شتاب g ← $F_N = 0$
ترازو عدد صفر را نشان می‌دهد.

هر گاه دو جسم که با یکدیگر در تماس اند بخواهند نسبت به هم حرکت کنند، بین آنها یک نیروی تماسی ایجاد می‌شود که با حرکت آنها نسبت به هم مخالفت می‌کند. این نیرو را اصطکاک گویند.

نیروی اصطکاک به جنس سطح دو جسم و زبری و نرمی آنها و ... بستگی دارد.

نیروی اصطکاک برای دویدن، راه رفتن، ترمز کردن و ... مفید است.

اصطکاک ایستایی ← بر جسم نیرو وارد می‌شود و جسم حرکت نمی‌کند. در این حالت اصطکاک

بین جسم و سطح، اصطکاک ایستایی است (f_s).

این اصطکاک مقدار ثابتی ندارد.

بیشینه اصطکاک ایستایی: اصطکاک در آستانه حرکت $f_{s_{\max}} = \mu_s F_N$ ، $f_s < f_{s_{\max}}$

این اصطکاک، وقتی جسم در حال حرکت روی سطح است، ظاهر می‌شود (f_k).

اصطکاک جنبشی

$$f_k = \mu_k F_N$$

μ_s ضریب اصطکاک ایستایی، μ_k ضریب اصطکاک جنبشی $\mu_k < \mu_s$

بررسی اصطکاک

اگر $F < f_{s_{\max}}$ ← جسم ساکن می‌ماند ← اصطکاک ایستایی

$$(f_s = F)$$

اگر $F = f_{s_{\max}}$ ← جسم ساکن می‌ماند ← اصطکاک آستانه حرکت

$$F = f_{s_{\max}} = \mu_s F_N$$

اگر $F > f_{s_{\max}}$ ← جسم به حرکت در می‌آید ← اصطکاک جنبشی: $f_k = \mu_k F_N$

پرتاب جسم با سرعت اولیه

جسم نیروی جلوبری ندارد

$$F_{\text{net}} = ma \Rightarrow -\mu_k mg = ma \Rightarrow a = -\mu_k g$$

این شتاب به جرم جسم بستگی ندارد.

$$\Delta t = \frac{v_0}{\mu_k g}$$

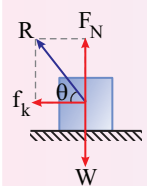
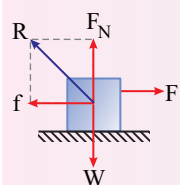
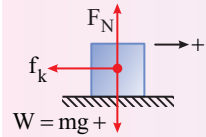
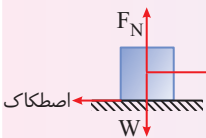
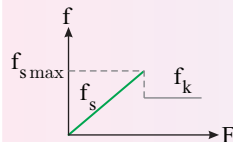
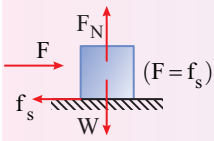
زمان توقف

به جرم جسم بستگی ندارد.

$$\Delta x = \frac{v_0^2}{2\mu_k g}$$

مسافت توقف

به جرم جسم بستگی ندارد.



نیرویی که سطح بر جسم وارد می‌کند (R).

این نیرو دارای دو مؤلفه نیروی عمودی سطح (F_N) و نیروی اصطکاک (f) است.

اگر جسم در اثر نیروی F همچنان ساکن بماند $R = \sqrt{f_s^2 + F_N^2}$

اگر جسم به حرکت در آید $R = \sqrt{f_k^2 + F_N^2}$

زاویه بین نیروی سطح و امتداد افقی: $\tan \theta = \frac{F_N}{f_k} = \frac{F_N}{\mu_k F_N} \Rightarrow \tan \theta = \frac{1}{\mu_k}$ (جسم در حال حرکت)

این زاویه به اندازه نیروی عمودی سطح بستگی ندارد.

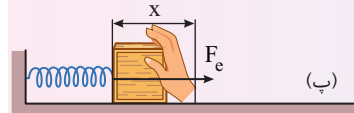
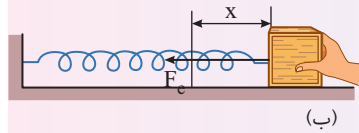
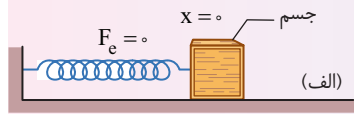
اگر سطح بدون اصطکاک باشد، نیروی سطح وارد بر جسم همان نیروی عمودی سطح است. $f_{\text{اصطکاک}} = 0 \Rightarrow R = F_N$

نیروی سطح

نیروهای خاص

هر گاه بخواهیم طول یک فنر را تغییر دهیم (فنر را بکشیم یا فشرده کنیم)، فنر با اعمال نیرویی با تغییر طولش مخالفت می کند، این نیرو را نیروی کشسانی فنر گویند.

یادمان باشد برای کشیدگی و فشرده گی فنر باید از دو طرف فنر به آن نیرو وارد شود. همواره نیروی کشسانی فنر به سمت حالت طبیعی آن است.



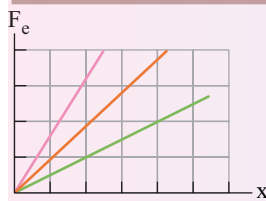
$$|F_e| = k|x| \Leftrightarrow F_e = -kx$$

ثابت فنر (N/m)

تغییر طول فنر از طول طبیعی اش

به اندازه، شکل و ساختار ماده ای که فنر از آن ساخته شده بستگی دارد.

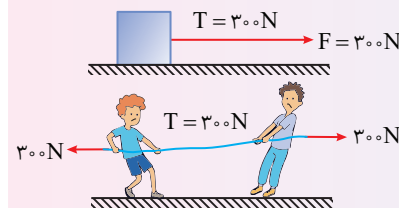
شیب نمودار $F_e - x$



برابر نیرویی است که در صورت پاره شدن در محل پارگی باید وارد شود تا نخ در وضعیت اولیه کشیدگی باقی بماند.

کشش یک طناب که جرم ناچیز دارد در تمام نقاط آن یکسان است.

نیروی کشش طناب در دو شکل روبه رو 300 N است.



حاصل ضرب جرم در سرعت جسم را تکانه گویند. $\vec{P} = m\vec{v}$ ، کمیت برداری است.

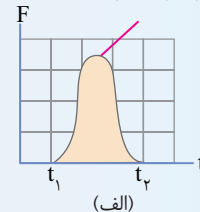
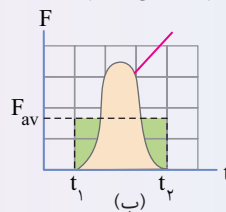
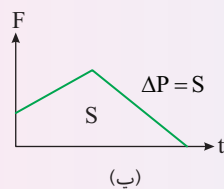
$$\vec{F}_{\text{net}} = m\vec{a} = m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \Rightarrow \vec{F}_{\text{net}} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t}$$

رابطه نیرو و تغییر تکانه: $\vec{F}_{\text{net}} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t}$ آهنگ تغییر تکانه برابر نیروی وارد بر جسم است (بیان دیگر قانون دوم نیوتون).

سطح محصور بین نمودار نیرو - زمان و محور زمان برابر تغییر تکانه است.

تغییر تکانه ناشی از نیروی متوسط برابر با تغییر تکانه نیروی واقعی متغیر با زمان است.

تغییر تکانه برابر با مساحت سطح زیر نمودار نیرو - زمان است.



$$(K = \frac{1}{2}mv^2, P = mv) \rightarrow K = \frac{P^2}{2m}$$

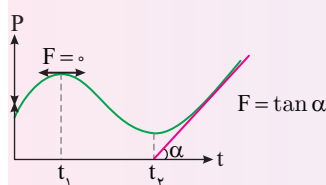
رابطه تکانه و انرژی جنبشی

ویژگی های نمودار (P-t)

شیب خط مماس بر نمودار برابر بزرگی نیرو است.

در نقاط max و min نیرو صفر است.

از صفر تا t_1 حرکت تندشونده، از t_1 تا t_2 کندشونده، از t_2 به بعد تندشونده

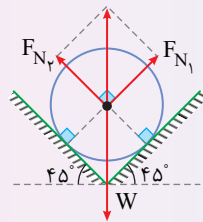


الگو یادآوری

تعداد

۵

هر گاه نیروهای وارد بر جسم متوازن باشند، جسم در حال تعادل است.



$$F_{N1}^x + F_{N2}^x = W^x$$

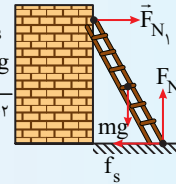
$$F_{N1} = F_{N2}$$

دیوار بدون اصطکاک

$$F_{N1} = f_s$$

$$F_{N2} = mg$$

$$R = \sqrt{f_s^2 + W^2}$$



اگر نردبان در آستانه حرکت باشد

$$F_{N1} = f_{s_{max}}$$

حرکت دایره‌ای، حرکتی است روی یک مسیر خمیده (دایره) بنابراین این حرکت، شتابدار است. مدت زمان لازم برای پیمودن یک دور محیط دایره را دوره می‌نامیم (T).

دوره

مثال

دوره عقربه ساعت شمار

$$T_h = 12h = 720 \text{ min} = 43200 \text{ s}$$

دوره عقربه دقیقه شمار

$$T_m = 1h = 60 \text{ min} = 3600 \text{ s}$$

دوره عقربه ثانیه شمار

$$T_s = 60 \text{ s} = 1 \text{ min} = \frac{1}{60} h$$

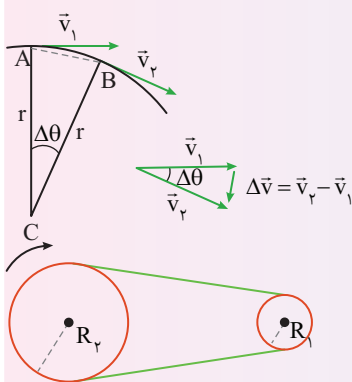
بسامد

تعداد دورها در مدت ۱s (f).

تعداد دور بر دقیقه (rpm) یعنی ۵۰ rpm یعنی ۵۰ دور در مدت یک دقیقه

مفاهیم اولیه

حرکت دایره‌ای



در هر نقطه بر مسیر حرکت مماس است.

اندازه سرعت (تندی): ذره در مدت یک دوره (T) محیط دایره ($2\pi r$) را طی می‌کند:

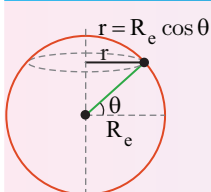
$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

سرعت

یک مثال مهندسی از انتقال حرکت در حرکت دایره‌ای:

$$v_1 = v_2 \Rightarrow \frac{2\pi R_2}{T_2} = \frac{2\pi R_1}{T_1}$$

سینماتیک حرکت دایره‌ای

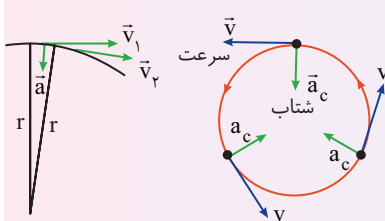


دوره چرخش تمام نقاط کره زمین به حول محور زمین ۲۴h است.

در دوران زمین حول محورش، تندی نقاط در نزدیک استوا از تندی نقاط نزدیک قطب بیشتر است.

به زاویه θ ، مدار یا عرض جغرافیایی گویند.

نقاط کره زمین



شتاب مرکزگرا در امتداد شعاع و رو به مرکز است.

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

$$a_c = r \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2$$

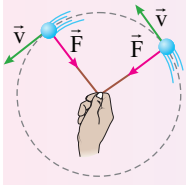
شتاب

نیروی

در حرکت دایره‌ای یکنواخت، نیروی خالص وارد بر جسم در امتداد شعاع و رو به مرکز است که آن را نیروی مرکزگرا گویند.

جهت نیروی مرکزگرا دائماً در حال تغییر است، بنابراین نیروی مرکزگرا یک نیروی متغیر است حتی اگر اندازه آن ثابت باشد.

$$\text{اندازه نیروی مرکزگرا: } F = m \frac{v^2}{r} \text{ و } F = mr \frac{4\pi^2}{T^2}$$



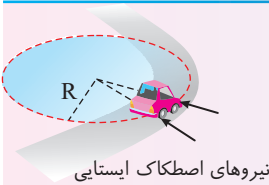
مثال‌هایی از نیروی مرکزگرا

عبور از پیچ افقی

$$f_s = m \frac{v^2}{R} \leftarrow \text{نیروی مرکزگرا نیروی اصطکاک ایستایی است}$$

پیشینه تند برای گذر از پیچ

$$f_{s_{\max}} = m \frac{v^2}{R} \Rightarrow \mu_s mg = m \frac{v^2}{R} \Rightarrow v = \sqrt{\mu_s R g}$$



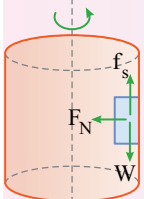
نیروهای اصطکاک ایستایی

استوانه دوار

جسم روی دیواره یک استوانه دوار قرار دارد.

$$F_N = mr \left(\frac{4\pi^2}{T^2} \right) \leftarrow \text{نیروی عمودی سطح نیروی مرکزگرا}$$

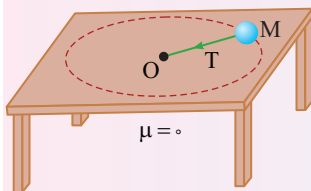
$$f_s = W \leftarrow \text{نیروی اصطکاک ایستایی برابر نیروی وزن}$$



جسم متصل به ریسمان

نیروی کشش نخ نیروی مرکزگرا است.

$$T = m \frac{v^2}{r}$$

 $\mu = 0$

تمام اجرام بر هم نیروی ربایشی وارد می‌کنند که به آن نیروی گرانشی گویند.

نیروی گرانشی میان دو ذره با حاصل ضرب جرم دو ذره نسبت مستقیم و با مربع فاصله آن‌ها از یکدیگر نسبت وارون دارد.

قانون گرانش عمومی

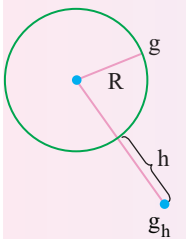
$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \leftarrow G \text{ ثابت گرانش عمومی } G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2$$

خاصیتی در فضای اطراف هر جرم که بر اجرام دیگر نیرو وارد می‌کند.

برابر نیروی وارد بر یکای جرم جسم $(\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m})$ است که به آن شتاب گرانشی نیز می‌گویند.

در سطح سیاره M ، جرم سیاره، شعاع سیاره R ، $g = G \frac{M}{R^2}$

در ارتفاع h از سطح سیاره $g = G \frac{M}{(R+h)^2}$



گرانش

میدان گرانشی

نیروی گرانش

ماهواره

نیرویی که ماهواره را در مدار خود نگه می‌دارد نیروی گرانش زمین (وزن ماهواره) است که همان نیروی مرکزگرا است. $m \frac{v^2}{r} = G \frac{M_e m}{r^2}$

$$v = R_e \sqrt{\frac{g}{R_e + h}} \ll r = R_e + h \ll$$

$$v = R_e \sqrt{\frac{g}{r}} \ll v^2 = \frac{R_e g}{r} \ll \frac{GM_e = R_e g}{r} \ll v^2 = \frac{GM_e}{r}$$

$$T^2 \propto r^3 \ll T^2 = \frac{4\pi^2}{R_e g} \ll T = \frac{2\pi}{R_e} \sqrt{\frac{r^3}{g}} \ll T = \frac{2\pi}{R_e} \sqrt{\frac{r^3}{g}} \ll T = \frac{2\pi r}{v} \ll T = \frac{2\pi r}{v} \ll v = r\omega$$

سرعت ماهواره

فاصله از مرکز زمین

دوره

نوسان دوره‌ای

نوسان‌ها می‌توانند دوره‌ای یا غیردوره‌ای باشند.

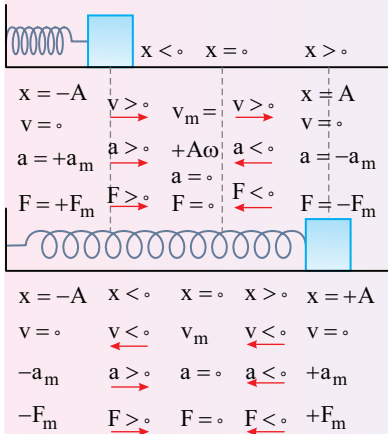
در نوسان‌های دوره‌ای، نوسان‌ها در هر دوره تکرار می‌شوند.

به نوسان‌های سینوسی، حرکت هماهنگ ساده (SHM) گویند.

حرکت هماهنگ ساده

حرکت روی یک پاره‌خط در دو طرف نقطه‌ای در وسط مسیر (حالت تعادل، مرکز نوسان، مبدأ).

در این حرکت یک نیروی برگرداننده وجود دارد که همواره رو به مرکز نوسان است.



$$f(\text{Hz}) = \frac{1}{T(\text{s})}$$

زمان یک نوسان کامل

تعداد نوسان در یکای زمان

بُعد یا مکان (x)

فاصله از مبدأ (مرکز نوسان، حالت تعادل)

دامنه

بیشینه بُعد $x_m = \pm A$ ، به نقاط $\pm A$ و نقاط بازگشت گویند.

طول پاره‌خط مسیر نوسان $2A$ است.

در یک دوره مسافت طی شده $4A$ و جابه‌جایی صفر است.

با گذر از مرکز نوسان جهت بردار شتاب و نیرو تغییر می‌کند.

همواره شتاب (نیرو) با مکان مختلف‌العلامه هستند.

$$F = -kx$$

قانون هوک

در یک دوره شتاب، نیرو و سرعت دوبار صفر و دوبار بیشینه می‌شوند.

معادله حرکت هماهنگ ساده را می‌توان به صورت سینوسی یا کسینوسی نوشت.

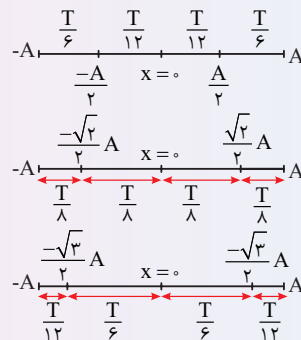
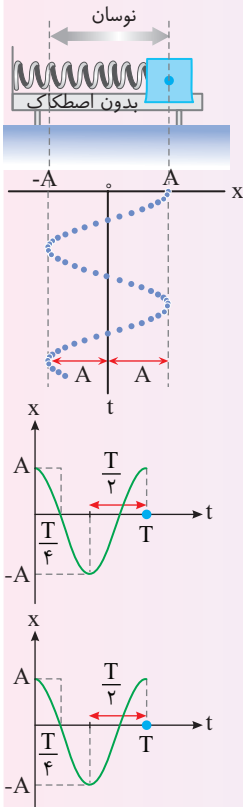
$$x = A \cos \omega t$$

معادله مکان - زمان

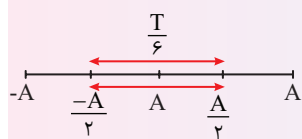
x مکان (فاصله از مبدأ) و A دامنه

ωt شناسه تابع کسینوسی (فاز) بر حسب رادیان

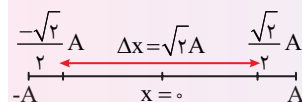
$$\omega = 2\pi f \text{ و } \omega = \frac{2\pi}{T} (\text{rad/s}) \text{ بسامد زاویه‌ای}$$



بازه‌های زمانی شناخته شده



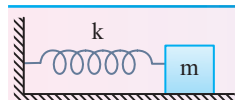
حداقل مدت زمان طی جابه‌جایی به اندازه یک دامنه، برابر $\frac{T}{6}$ است.



بیشینه سرعت متوسط در بازه‌های قرینه در دو طرف حالت تعادل اتفاق می‌افتد. مثلاً در $\frac{T}{4}$ بیشترین جابه‌جایی و سرعت

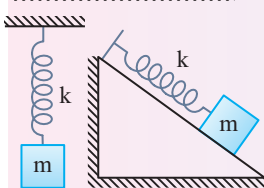
$$v_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\sqrt{2}A}{\frac{T}{4}} = \frac{4\sqrt{2}A}{T}$$

متوسط در بازه $\frac{T}{8}$ در دو طرف مبدأ رخ می‌دهد.



$$T' = \sqrt{\frac{m'}{m}} \times \sqrt{\frac{k}{k'}} \quad \text{و} \quad \omega = \sqrt{k/m} \quad \text{،} \quad T = 2\pi\sqrt{m/k}$$

دوره به دامنه بستگی ندارد.



دوره یک سامانه جرم - فنر در همه محیط‌ها و نقاط کره زمین ثابت است و تنها به جرم نوسانگر و ثابت فنر بستگی دارد.

مکان یا بُعد

مشخصه‌های حرکت نوسانی

سامانه جرم - فنر

دوره

معادله شتاب - مکان

$$|a| = +\omega^2 x \Leftarrow a = -\frac{k}{m} x \Leftarrow ma = -kx$$

بیشینه شتاب

$$a_m = A\omega^2$$

معادله نیرو - مکان

$$F = ma \Rightarrow |F| = m\omega^2 |x|$$

$$F_m = mA\omega^2$$

نیروی بیشینه

شتاب - نیرو

حرکت نوسانی

انرژی پتانسیل

در نقاط بازگشت بیشینه و در مرکز نوسان صفر است.

انرژی جنبشی

در نقاط بازگشت صفر و در مرکز نوسان بیشینه است.

$$K_m = \frac{1}{2}mv_m^2 \Leftarrow K = \frac{1}{2}mv^2$$

در تمام نقاط مسیر، مقدار ثابتی است.

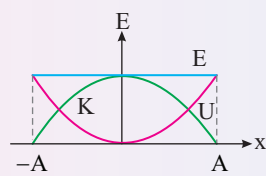
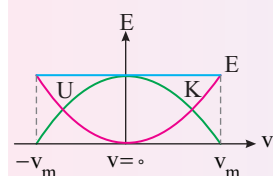
انرژی مکانیکی

انرژی مکانیکی برابر بیشینه انرژی جنبشی و بیشینه انرژی پتانسیل است.

$$E = U_m = K_m \quad \text{روابط انرژی مکانیکی} \quad E = \frac{1}{2}mv_m^2, E = \frac{1}{2}mA^2\omega^2, E = \frac{1}{2}kA^2$$

$$E = K + U \Rightarrow U = E - K$$

$$\Rightarrow U = \frac{1}{2}mv_m^2 - \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m(v_m^2 - v^2)$$



انرژی پتانسیل بر حسب سرعت

نمودارهای انرژی بر حسب مکان و سرعت

بیشینه تندی

$$v = A\omega$$

$$v_m = A\omega, \quad a_m = A\omega^2 \Rightarrow a_m = v_m\omega$$

رابطه بیشینه تندی و بیشینه شتاب

انرژی حرکت هماهنگ ساده

الگو یادآوری

۳

حرکت نوسانی

تشدید

موج مکانیکی (مفاهیم اولیه)

آونگ ساده آونگی با وزنه کوچکی متصل به یک نخ با طول ثابت و جنس کش نیامدنی و زاویه انحراف کوچک از حالت تعادل

$$T = 2\pi\sqrt{l/g}, \quad \omega = \sqrt{g/l}, \quad \frac{T}{T'} = \sqrt{\frac{l}{l'}} \times \sqrt{\frac{g'}{g}}$$

دوره آونگ به جرم آونگ و دامنه بستگی ندارد.

دوره آونگ با دور شدن از سطح زمین و کاهش g افزایش می‌یابد.

دوره آونگ در قطب‌های زمین از استوا کمتر است.

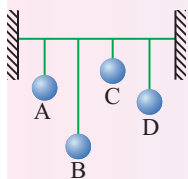
اگر دوره آونگ یک ساعت آونگ‌دار کاهش یابد، ساعت تندتر کار می‌کند و ساعت جلو می‌افتد.

هر نوسانگر می‌تواند با بسامدی ویژه خود که به ساختار آن بستگی دارد نوسان کند که به آن بسامد طبیعی (f_0) گویند. برای جلوگیری از میرایی نوسان یک نوسانگر مانند یک آونگ، باید به آن انرژی داده شود تا نوسان‌ها میرا نباشد، این نوع نوسان‌ها را نوسان واداشته گویند.

هر گاه بر جسمی که می‌تواند با دوره یا بسامد خاصی (بسامد طبیعی) نوسان کند نیرویی دوره‌ای با همان بسامد وارد شود، جسم شروع به نوسان می‌کند و دامنه نوسان افزایش می‌یابد ($f_d = f_0$) و در این حالت تشدید رخ داده است.

از پدیده تشدید برای نامیرا کردن نوسان‌های میرا استفاده می‌شود.

در شکل روبه‌رو با نوسان آونگ A به آونگ‌های B و C انرژی منتقل می‌شود و آن‌ها می‌جنبند و به نوسان در می‌آیند، این آونگ‌ها با بسامدهای دیگر به نوسان در می‌آیند اما هر گاه بسامد نوسان واداشته با بسامد آونگی برابر شود ($f_0 = f_d$) در مورد آن آونگ تشدید رخ می‌دهد.



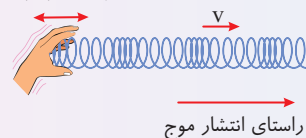
آشفتگی منتشر شده در محیط را تپ گویند و انتقال تپ را در محیط انتشار تپ گویند.

به تپ‌های متوالی ایجاد شده در یک محیط کشسان موج گویند.

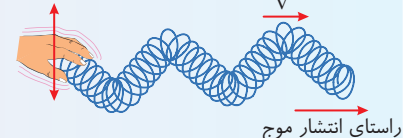
موج‌های الکترومغناطیسی این موج‌ها برای انتشار به محیط مادی نیاز ندارند.

موج‌های مکانیکی این موج‌ها برای انتشار به محیط مادی نیاز دارند.

موجی طولی: موجی است که راستای نوسان ذره‌های محیط هم‌راستای پیشروی موج است. راستای نوسان هر جزء فنر



موج عرضی: موجی است که راستای نوسان ذره‌های محیط بر راستای پیشروی موج عمود است. راستای نوسان هر جزء فنر



مشخصه‌های موج برای مطالعه مشخصات موج از وسیله‌ای موسوم به تشت موج استفاده می‌شود.

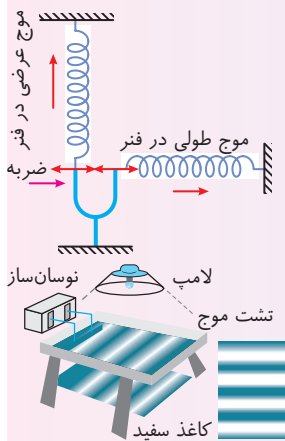
به برآمدگی‌های موج ایجاد شده قله (ستیف) و به فرورفتگی‌ها دره (پاستیف) گفته می‌شود.

طول موج به فاصله بین دو برآمدگی یا دو فرورفتگی مجاور، طول موج (λ) گویند.

مساافتی که موج در مدت یک دوره طی می‌کند.

برای رسم موج می‌توان تنها مکان قله‌ها یا دره‌های موج را در شکل نشان داد که به آن‌ها جبهه موج گویند.

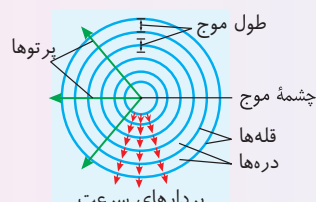
به طور مثال:



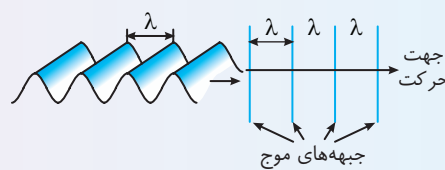
(ب)



(الف)



(ب)



(الف)

الگو یادآوری

۴

موج مکانیکی (مفاهیم اولیه)

مشخصه‌های موج

ویژگی‌های وابسته به چشمه

دامنه (A): بیشینه فاصله یک ذره از مکان تعادل، دامنه موج نامیده می‌شود که همان فاصله قله یا دره نسبت به سطح آرام یا ساکن است.

دوره تناوب (T): مدت زمانی که هر ذره محیط یک نوسان کامل انجام می‌دهد، دوره تناوب موج نامیده می‌شود که برابر دوره چشمه نوسان است.

بسامد (f): تعداد نوسان‌های انجام شده توسط هر ذره محیط در یک ثانیه بسامد موج نامیده می‌شود که برابر بسامد چشمه موج است. $(f = \frac{1}{T})$

ویژگی‌های وابسته به محیط

تندی انتشار موج (v): اگر جبهه‌های موج در مدت Δt مسافت l را طی کنند، تندی انتشار موج از رابطه $v = \frac{l}{\Delta t} = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$ ($\lambda \propto T$) روبه‌رو به دست می‌آید: تندی انتشار موج به جنس و ویژگی‌های محیط انتشار بستگی دارد.

به طور مثال: در آب‌های عمیق تندی انتشار موج به عمق آب بستگی ندارد، اما در عمق‌های کم عمق هر چه عمق آب کمتر شود، تندی انتشار موج کاهش می‌یابد.

بررسی طول موج در دو حالت مختلف ($\lambda = \frac{v}{f}$)

دو موج توسط دو چشمه در یک محیط منتشر شوند: چون موج‌ها در یک محیط منتشر شده‌اند، تندی انتشار آن‌ها یکسان است.

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{f_1}{f_2} \Rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{f_1}{f_2}$$

دو موج توسط یک چشمه در دو محیط منتشر شوند: چون چشمه موج‌ها یکسان است پس بسامد دو نیز یکسان است.

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{v_2}{v_1} \Rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{v_2}{v_1}$$

موج سینوسی

هر گاه چشمه موج دارای حرکت هماهنگ ساده باشد، موج سینوسی است.

هر نقطه از محیط دارای حرکت هماهنگ ساده است.

بسامد دوره نوسان تمام نقاط محیط با بسامد و دوره چشمه برابر است.

هر ذره از محیط حرکت ذره قبل از خود را تکرار می‌کند.

ذره A در حال حرکت رو به بالا، کندشونده (شبیه نوسانگر در

حال حرکت به سوی دامنه)

$$a < 0, v > 0, y > 0$$

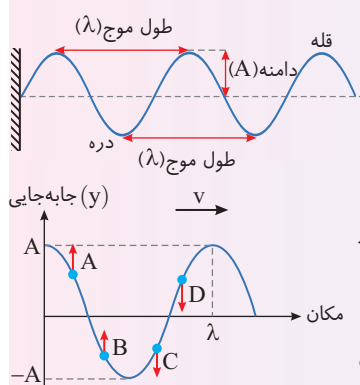
ذره B رو به بالا، تندشونده (نوسانگر در حال نزدیک شدن

به حالت تعادل)

$$a > 0, v > 0, y < 0$$

ذره C رو به پایین، کندشونده،

ذره D رو به پایین، تندشونده،



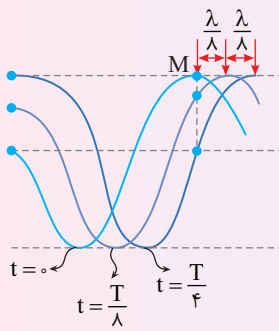
موج‌های عرضی و مشخصه‌های آن

رفتار ذرات محیط

الگو یادآوری

۵

موج سینوسی



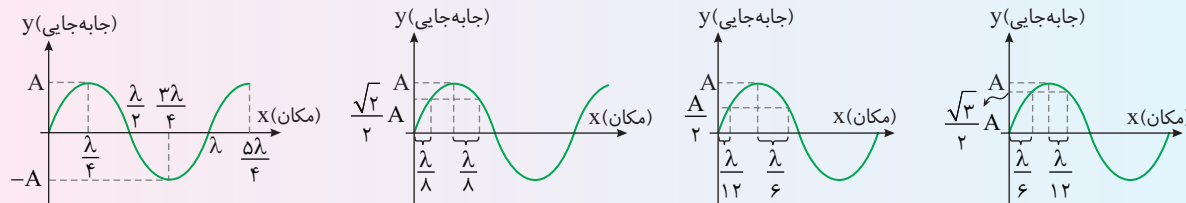
در شکل روبه‌رو از یک موج در بازه‌های زمانی $\frac{T}{\lambda}$ عکس گرفته شده است. با

توجه به شکل و همانطور که در بالا نیز گفته شده ذره M حرکت ذره قبل از خود را تکرار کرده و به سمت پایین در حال نوسان است و قله موج در حال پیشروی به سمت راست است.

همانطور که در شکل نیز مشخص است با توجه به ثابت بودن تندی انتشار موج،

$$T \propto \lambda \Rightarrow \frac{T}{\lambda} \propto \frac{\lambda}{\lambda} \text{ اند.}$$

بررسی طول موج در شکل موج سینوسی:



سرعت انتشار موج در تار یا فنر: $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ (نیوتون) $\rightarrow N$ ، F : نیروی کشش طناب، $\mu = \frac{m}{L} \rightarrow \frac{kg}{m}$: چگالی خطی جرمی

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{F}{\rho A}} = \frac{1}{D} \sqrt{\frac{F}{\pi \rho}}$$

چگالی سیم سطح مقطع سیم قطر سیم

اگر طول تار یا فنر n برابر شود، جرم آن نیز n برابر شده و μ ثابت می‌ماند.

اگر تار را بکشیم تا با ثابت ماندن جرم، طول تار n برابر شود، در این صورت μ تار $\frac{1}{n}$ می‌شود.

تندی انتشار موج عرضی در تار یا فنر

انتقال انرژی در موج مکانیکی عرضی

هر موجی حامل انرژی است.

با انتشار موج مکانیکی این انرژی به صورت انرژی جنبشی و پتانسیل در موج منتقل می‌شود.

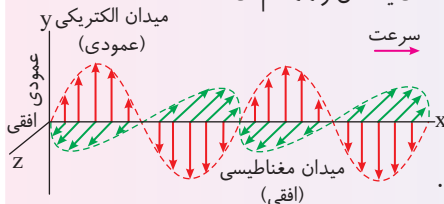
در یک موج سینوسی (برای همه انواع امواج مکانیکی) مقدار متوسط آهنگ انتقال انرژی (توان متوسط) با مربع دامنه و بسامد (f^2, A^2) موج متناسب است.

امواج الکترومغناطیسی از رابطه متقابل میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی به وجود می‌آیند، یعنی تغییر در هر کدام از آن‌ها میدان متغیر دیگری را به وجود می‌آورد.

منشأ تولید امواج الکترومغناطیسی، حرکت شتابدار ذره باردار است.

موج الکترومغناطیسی

۱ میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی دارای بسامد یکسان و همگام‌اند.



۲ میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی بر هم عمودند.

۳ میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی بر مسیر انتشار موج (راستای انتقال انرژی) عمودند و موج عرضی است.

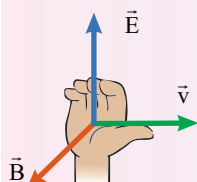
امواج الکترومغناطیسی

موج‌های عرضی و مشخصه‌های آن

موج الکترومغناطیسی

این موج‌ها حامل بار الکتریکی نیستند و در میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی منحرف نمی‌شوند.

سرعت تمام موج‌های الکترومغناطیسی در خلأ یکسان و برابر $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ است.

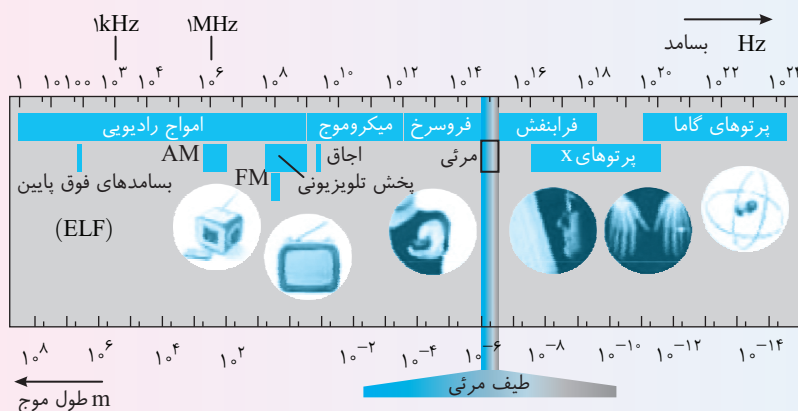


طول موج الکترومغناطیسی در خلأ برابر است با: $\lambda = \frac{c}{f}$

جهت انتشار امواج الکترومغناطیسی را می‌توان مطابق شکل از قاعده دست راست به دست آورد.

طیف امواج الکترومغناطیسی

امروزه طیف وسیعی از امواج الکترومغناطیسی را می‌شناسیم. این طیف شامل امواج رادیویی، میکروموج، فرسرخ، طیف نور مرئی، فرابنفش، پرتوهای X و پرتوهای گاما است که از کمترین بسامد تا بیشترین بسامد گسترده شده‌اند. تمام این امواج به رغم تفاوت فراوان در روش‌های تولید و کاربردهای آن‌ها، امواجی الکترومغناطیسی هستند و همگی با تندی نور در خلأ حرکت می‌کنند و هیچ گسستگی‌ای در این طیف وجود ندارد.



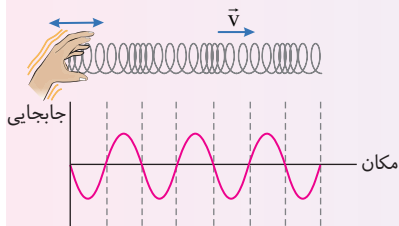
هر چه از پرتوهای گاما به سمت امواج رادیویی حرکت کنیم، طول موج امواج افزایش یافته و انرژی و بسامد آن‌ها کاهش می‌یابد.

امواج الکترومغناطیسی

موج‌های عرضی و مشخصه‌های آن

در انتشار موج طولی در یک فنر بلند کشیده شده ناحیه‌های جمع‌شدگی و بازشدگی به طور متناوب در طول فنر ظاهر می‌شود.

در یک لحظه از زمان در مکان‌هایی که بیشترین جمع‌شدگی یا بیشترین بازشدگی حلقه‌ها رخ می‌دهد، جابه‌جایی هر جزء فنر از وضعیت تعادل بیشینه است.



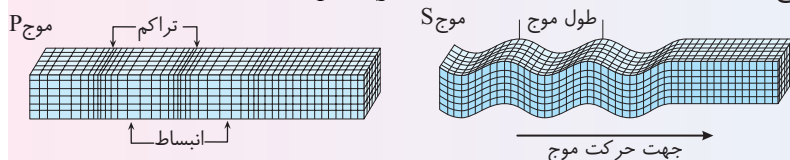
در یک لحظه از زمان در مکان‌هایی که بیشترین جمع‌شدگی یا بیشترین بازشدگی حلقه‌ها رخ می‌دهد، جابه‌جایی هر جزء فنر از وضعیت تعادل برابر صفر است.

برای فنر زیر نمودار جابه‌جایی - مکان رسم شده است:

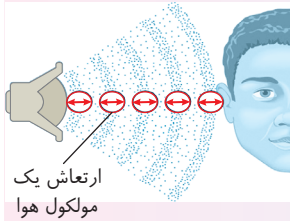
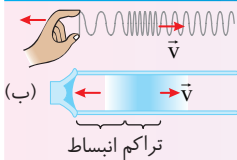
طول موج برابر با فاصله بین دو تراکم (برای فنر، جمع‌شدگی) یا دو انبساط متوالی (برای فنر، بازشدگی) است. همچنین دامنه موج طولی برابر با بیشینه جابه‌جایی از مکان تعادل است.

برای امواج مکانیکی، تندی انتشار امواج طولی در یک محیط جامد بیشتر از تندی انتشار امواج عرضی در همان محیط است.

به طور مثال: امواج زمین لرزه از دو موج P (طولی) و S (عرضی) تشکیل شده است: $v_P > v_S$



موج طولی و مشخصه‌های آن



امواج صوتی موج‌های مکانیکی است که راستای نوسان ذرات محیط هم راستا با انتشار صوت است.

صوت به صورت ناحیه‌های بازشدگی (لایه‌های انبساطی) و ناحیه‌های جمع‌شدگی (لایه‌های تراکمی) در محیط منتشر می‌شود.

هر مولکول هوا با موج حرکت نمی‌کند، بلکه در مکان ثابتی به جلو و عقب نوسان می‌کند.

جبهه‌های موج صوتی به صورت کروی اند ($A = 4\pi r^2$)

مشابه بقیه امواج از ویژگی‌های محیط بوده و از رابطه $\lambda = \frac{v}{f}$ به دست می‌آید.
در هر سه محیط جامد، مایع و گاز منتشر می‌شود.

عموماً: تندى صوت در جامدها < تندى صوت در مایع‌ها < تندى صوت در گازها

آزمایش نشان می‌دهد که تندى صوت افزون بر جنس محیط به دما نیز بستگی دارد و در یک محیط با افزایش دما، تندى نیز افزایش می‌یابد.

مشخصه‌های امواج صوتی

تندی انتشار موج

شدت و تراز شدت صوت

تراز شدت صوت: به صورت زیر تعریف می‌شود:
شدت صوت $\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$
شدت مرجع بوده و نزدیک به حد پایین گستره شنوایی است:
 $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$
یادآوری ریاضی:

$$1) \log ab = \log a + \log b \quad 2) \log \frac{a}{b} = \log a - \log b$$

$$3) \log a^n = n \log a \quad 4) \log a = \log b \Rightarrow a = b$$

$$5) \log 1 = 0 \quad 6) \log 10 = 1$$

اختلاف تراز شدت صوت:

$$\beta_2 - \beta_1 = 10 (\log \frac{I_2}{I_0} - \log \frac{I_1}{I_0}) \Rightarrow \Delta \beta = 10 \log \frac{I_2}{I_1}$$

شدت صوت: به مقدار انرژی صوتی که در واحد زمان در یکای سطح عمود بر راستای انتشار صوت می‌گذرد. انرژی صوت

$$I = \frac{E}{t.A} = \frac{\bar{P}}{A}$$

برای یک چشمه نقطه‌ای صوت با جبهه‌های موج کروی:

$$A = 4\pi r^2 \rightarrow \text{فاصله از چشمه}$$

عوامل مؤثر بر شدت صوت:

$$\frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2 \times \left(\frac{f_2}{f_1}\right)^2 \times \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$$

فاصله از چشمه بسامد دامنه

شدت صوت به محیط انتشار نیز بستگی داشته و با آشکارساز قابل اندازه‌گیری است.

صوت

به صوت حاصل از چشمه موجی کم‌میرا که دارای حرکت هماهنگ ساده است (مثل دیپازون) تَن موسیقی یا به اختصار تن گویند. شنیدن هر تن موسیقی دارای دو ویژگی متمایز ارتفاع و بلندی است که هر دو به ادراک شنوایی ما مربوط می‌شود:

بلندی شدتی است که گوش انسان از صوت درک می‌کند.

به طور مثال اگر یک دیپازون با بسامد مشخص را با ضربه‌هایی متفاوت به ارتعاش واداریم، بسامد صوت (ارتفاع صوت) ثابت اما بلندی‌های مختلفی به گوش می‌رسد.

ارتفاع بسامدی است که گوش انسان درک می‌کند.

به طور مثال اگر چند دیپازون با بسامدهای مختلف به طور یکسان نواخته شوند بسامدهای آن را می‌توان از کمترین (بم‌ترین) تا بیشترین (زیرترین) مقدار تشخیص داد.

نکته بلندی متفاوت با شدت است. شدت را می‌توان با آشکارساز اندازه گرفت اما بلندی چیزی است که ما حس می‌کنیم.

دستگاه شنوایی انسان به بسامدهای متفاوت حساسیت‌های متفاوتی نشان می‌دهد.

بیشترین حساسیت گوش انسان به بسامدهایی در گستره ۲۰۰۰ Hz تا ۵۰۰۰ Hz است.

گوش انسان قادر به شنیدن تن‌های صدای ۲۰ Hz تا ۲۰۰۰۰ Hz است.

نکته ۱ اگر به مدت ۱۰ دقیقه در معرض صوتی با تراز شدت ۱۲۰ dB باشیم، آستانه شنوایی به طور موقت از ۰ dB به ۲۸ dB افزایش می‌یابد.

نکته ۲ مطالعه نشان می‌دهد که به طور متوسط اگر به مدت ۱۰ سال در معرض صدایی با تراز شدت ۹۲ dB قرار گیریم، آستانه شنوایی به طور دائم ۲۸ dB افزایش می‌یابد.

ادراک شنوایی

تغییر بسامد صوت در اثر حرکت منبع یا شنونده یا هر دو را اثر دوپلر گویند.

اگر چشمه صوت و ناظر شنونده ثابت باشند، طول موج و بسامد رسیده به شنونده با طول موج و بسامد چشمه یکسان است.



چشمه ساکن و ناظر (شنونده) متحرک باشد:

ناظر در حال نزدیک شدن به چشمه → طول موج ثابت
بسامد موج افزایش می‌یابد.

ناظر در حال دور شدن از چشمه → طول موج ثابت
بسامد موج کاهش می‌یابد.



چشمه متحرک و ناظر (شنونده) ساکن:

طول موج: طول موج نسبت به حالت سکون چشمه در جلوی چشمه کاهش و در عقب آن افزایش می‌یابد.

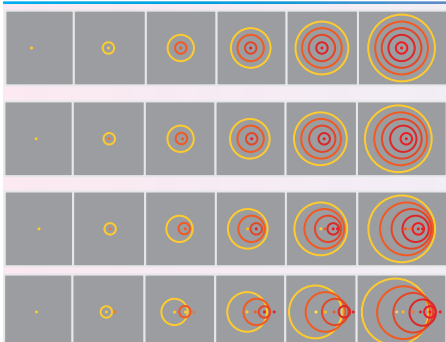
بسامد موج: بسامد موج نسبت به حالت سکون چشمه در جلوی چشمه (↑λ = ↓f) افزایش و در پشت چشمه (↓λ = ↑f) کاهش می‌یابد.



نکته ۱! اگر در اثر حرکت چشمه یا شنونده یا هر دو، بسامد افزایش یابد → ارتفاع صوت افزایش می‌یابد.

نکته ۲! اگر در اثر حرکت چشمه یا شنونده یا هر دو، بسامد کاهش یابد → ارتفاع صوت کاهش می‌یابد.

چشمه و ناظر ساکن



چشمه با تندی کمتر از تندی صوت در حال حرکت به سمت راست است.

چشمه با تندی برابر با تندی صوت در حال حرکت به سمت راست است.

چشمه با تندی بیشتر از تندی صوت به سمت راست در حرکت است.

مقایسه جبهه‌های موج در اثر دوپلر

اثر دوپلر

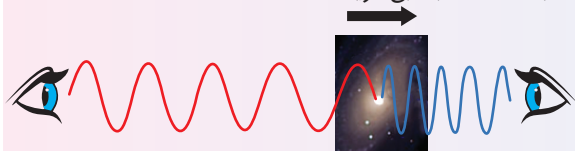
برای امواج الکترومغناطیسی مانند هر موج دیگری اثر دوپلر برقرار است.

با حرکت چشمه موج نسبت به ناظر (آشکارساز)، بسامد و طول موج دریافتی تغییر می‌کند.

در پدیده‌های نجومی از جابه‌جایی دوپلری استفاده می‌شود.

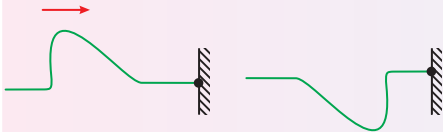
با دور شدن چشمه از آشکارساز طول موج افزایش می‌یابد که به آن انتقال به سرخ گویند.

با نزدیک شدن چشمه به آشکارساز طول موج کوتاه‌تر می‌شود که به آن انتقال به آبی گویند.



دوپلر برای امواج الکترومغناطیسی

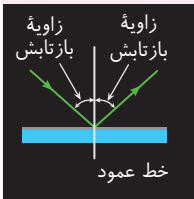
اگر تپی را در یک فنر کشیده بلند که یک سر آن به تکیه گاهی ثابت شده است، روانه کنیم وقتی تپ به تکیه گاه (مرز) می رسد نیرویی به آن وارد می کند و طبق قانون سوم نیوتون تکیه گاه نیز نیرویی با اندازه برابر و خلاف جهت بر فنر وارد می کند. تپ بازتاب نسبت به تپ فرودی قرینه و معکوس است. به طور مثال:



تپ فرودی و تپ بازتاب (در یک محیط منتشر شده اند) دارای تندی یکسان اند ← بسامد آن ها نیز یکی است.

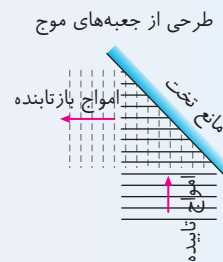
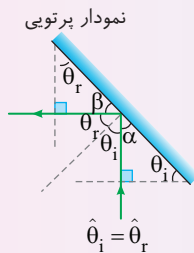
بازتاب موج در یک بند

قانون بازتاب عمومی زاویه پرتو تابش با نیم خط عمود (زاویه تابش) با زاویه پرتو بازتاب با نیم خط عمود (زاویه بازتاب) با هم برابرند.



پرتوی تابش، پرتوی بازتابش و خط عمود بر سطح بازتابنده در هر بازتابشی در یک صفحه قرار دارند.

فاصله دو جبهه موج متوالی برابر طول موج است. پرتو موج بر جبهه های موج عمود بوده و راستای انتشار موج را نشان می دهد. به طور مثال:

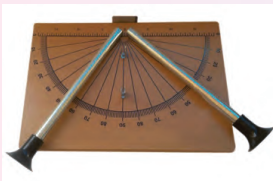


زاویه بین جبهه های موج و سطح برابر زاویه بین پرتو و خط عمود است.

$\theta_r = \theta_i$ زاویه بین جبهه های بازتاب و سطح، $\theta_i = \theta_r$ زاویه بین جبهه های تابش و سطح، $\theta_r = \theta_i$ زاویه تابش

نکته اگر پرتویی عمود بر سطح به آن برخورد کند پرتو روی خودش بازتاب می شود.

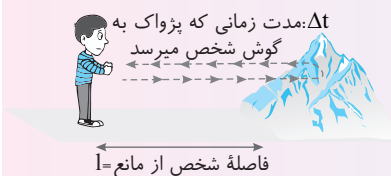
در اسباب نشان داده شده در شکل روبه رو، با توجه به قانون بازتاب عمومی هنگامی صوت ایجاد شده در یکی از دهانه ها در دهانه دیگر با بلندی بیشینه شنیده می شود که زاویه ای که هر دو لوله با نیم خط عمود ($\theta_i = \theta_r$) می سازند یکسان باشد.



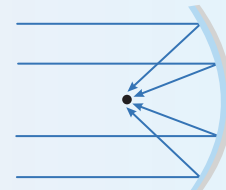
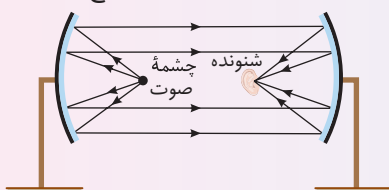
نمایشی از اسباب آزمایش بازتاب صوت

پژواک: به بازتاب صوت از یک سطح پژواک گویند.

برای تشخیص دو صوت از هم باید اختلاف زمانی رسیدن دو صوت به گوش از $0.1s$ بیشتر باشد.



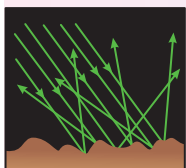
بازتاب از سطح کاو: اگر پرتوهای موج موازی با محور سطح به آن برخورد کند، پرتوهای بازتاب از کانون سطح عبور می کنند:



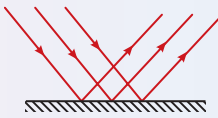
بازتاب موج در دو یا سه بعد

بازتاب امواج

در بازتاب دو نوع سطح وجود دارد، اما در هر دو حالت قانون بازتاب عمومی برقرار است.



بازتاب نامنظم یا پخشنده: اگر یک دسته پرتو موازی به سطح غیر صیقلی تابیده شود، پرتوهای بازتاب در جهت‌های مختلف پخش می‌شوند که این پدیده را پخش نور گویند.



بازتاب منظم یا آینه‌ای: اگر یک دسته پرتو موازی به سطح صیقلی تابیده شود، پرتوهای بازتاب از سطح نیز با یکدیگر موازی‌اند.

نکته یک سطح برای پرتوهای نوری غیر صیقلی است که ناهمواری‌های سطح بزرگ‌تر از طول موج نور باشد.

۱ کاربرد بازتاب: میکروفون سهموی که با استفاده از بازتاب صوت از سطح کاو صدای رسیده به آن را تقویت می‌کند.

۲ لیتوتریپسی که از آن برای شکستن سنگ‌های کلیه به کمک بازتابنده‌های بیضوی استفاده می‌شود.

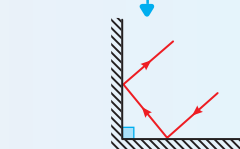
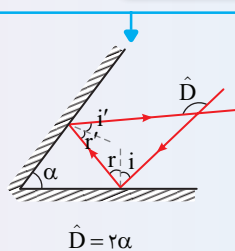
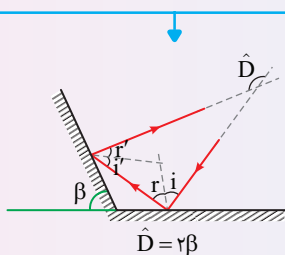
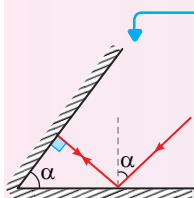
۳ در دستگاه سونار که در کشتی‌ها برای مکان‌یابی اجسام زیر آب به کار می‌رود از مکان‌یابی پژواکی استفاده می‌شود.

۴ در دستگاه سونوگرافی از مکان‌یابی پژواکی استفاده می‌شود.

۵ برای اندازه‌گیری تندی شارش خون از مکان‌یابی پژواکی به همراه اثر دوپلر می‌توان استفاده کرد.

۶ در دوربین‌های کنترل سرعت (رادار دوپلری) از امواج الکترومغناطیسی برای مکان‌یابی پژواکی استفاده شده است.

بررسی چند نمونه بازتاب از روی آینه‌های متقاطع

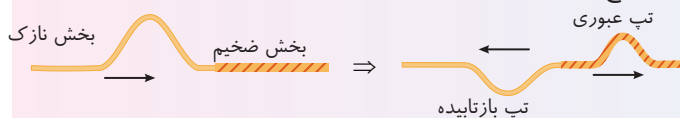


اگر دو آینه بر هم عمود باشند پرتوی تابش و بازتاب از سطح دوم با هم موازی‌اند

تغییر تندی پیشروی موج در ورود به محیط جدید را گویند.

هنگام گذر موج از یک محیط به محیط دیگر بسامد ثابت می‌ماند اما تندی انتشار موج و طول موج تغییر می‌کند. $f_1 = f_2 \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$

هنگام رسیدن موج به مرز جدایی دو محیط بخشی از موج بازتاب و بخشی دیگر عبور می‌کند.



اگر یک تپ را در سمت نازک ریسمان تولید کنیم.

اگر موج سینوسی از قسمت ضخیم طناب به قسمت نازک آن وارد شود، قطر سیم کاهش یافته و با توجه به رابطه تندی موج در

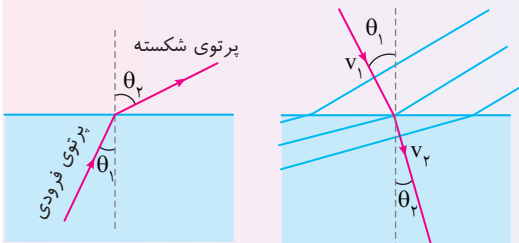
$$\left\{ \begin{array}{l} v_2 > v_1 \\ f_2 = f_1 \end{array} \right. \xrightarrow{\lambda = \frac{v}{f}} \lambda_2 > \lambda_1$$

ریسمان $v = \frac{2}{D} \sqrt{\frac{F}{\rho \pi}}$ تندی موج افزایش می‌یابد: $f_2 = f_1$ چشمه موج تغییر نکرده است.

اگر یک موج به طور مایل از یک محیط به محیط دیگر وارد شود، جهت پیشروی موج در مرز بین دو محیط تغییر می کند. نسبت سینوس زاویه تابش و زاویه شکست با نسبت تندی در دو محیط برابر است.

قانون شکست عمومی

$$\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$



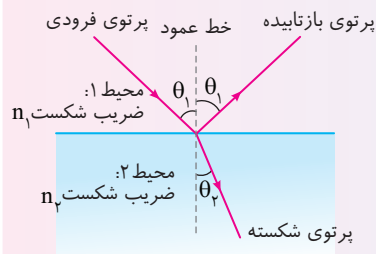
در هر محیطی که تندی موج در آن بیشتر است، زاویه پرتو موج با نیم خط عمود بر مرز بین دو محیط بزرگتر است.

نکته اگر پرتو موجی عمود بر مرز بین دو محیط بتابد، در ورود به محیط دوم منحرف نمی شود اما تندی و طول موج آن تغییر می کند.

شکست موج در دو یا سه بعد

ضریب شکست هر محیط برابر نسبت تندی نور در خلأ به تندی نور در آن محیط است. $n = \frac{c}{v}$ تندی نور در خلأ

هر چه ضریب شکست یک محیط بیشتر باشد، تندی نور در آن محیط کمتر است، می توان گفت آن محیط غلیظ تر است. در یک محیط با ضریب شکست بیشتر، طول موج کوتاه تر است.



$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

قانون شکست اسنل

$$\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

جمع بندی

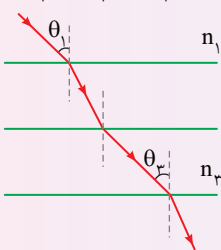
در گذر نور از چند محیط به سه نکته زیر دقت کنید:

شکست امواج الکترومغناطیسی

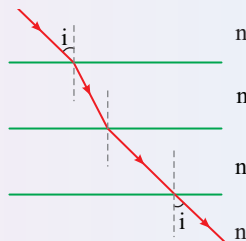
شکست موج

برای هر دو محیط دلخواهی می توانیم روابط شکست را بنویسیم به طور مثال:

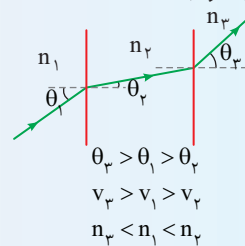
$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_3} = \frac{v_1}{v_3} = \frac{\lambda_1}{\lambda_3} = \frac{n_3}{n_1}$$



اگر محیط ابتدا اول و آخر یکسان باشند، پرتو نور ورودی و خروجی با هم موازی می شوند.



هر محیطی که در آن زاویه پرتو با خط عمود بزرگترین باشد، تندی نور در آن محیط بیشترین است و آن محیط کمترین ضریب شکست را دارد.



$$\theta_3 > \theta_1 > \theta_2$$

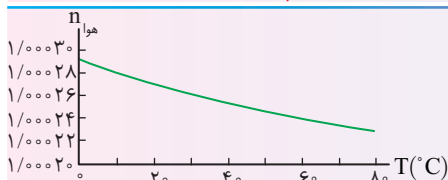
$$v_3 > v_1 > v_2$$

$$n_3 < n_1 < n_2$$

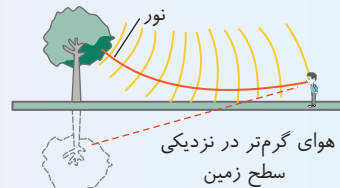
سراب

۱ در روزهای گرم اتفاق می افتد.

۲ ضریب شکست یک محیط مثل هوا به دمای آن نیز بستگی دارد و با افزایش دما ضریب شکست محیط کاهش می یابد.

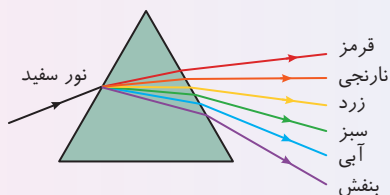
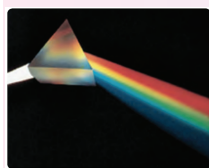


۳ در بررسی دقیق تر پدیده سراب متوجه می شویم که در روزهای گرم لایه های هوایی نزدیک به زمین گرم تر است و مطابق شکل زیر بخش های پایینی جبهه موج کمی تندتر از بخش بالایی جبهه موج حرکت می کنند (زیرا با افزایش دما محیط رقیق تر و تندی موج در آن محیط بیشتر می شود) و این باعث می شود پرتوهای موج رو به بالا خم شوند:



پاشندگی نور

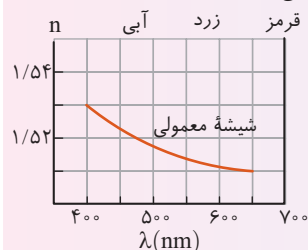
تجزیه نور سفید به رنگ‌های متفاوت به وسیله منشور نمونه‌ای از پاشندگی نور است:



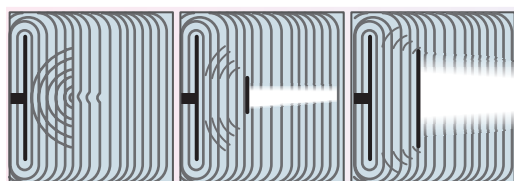
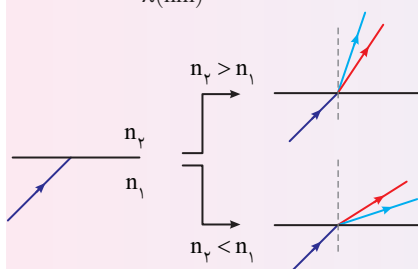
علت پاشندگی نور متفاوت بودن ضریب شکست یک محیط معین غیر خلاً برای طول موج‌های مختلف است.

عموماً ضریب شکست یک محیط معین برای طول موج‌های کوتاه‌تر بیشتر است.

ضریب شکست یک محیط معین، برای نور قرمز کمترین و برای نور بنفش بیشترین مقدار است.



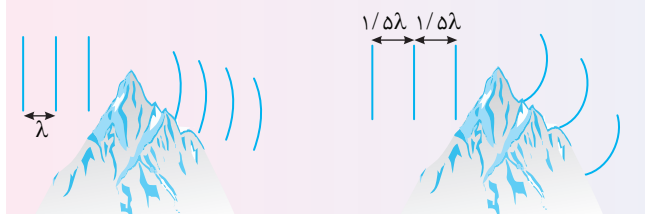
مثال: پرتو نور اولیه ترکیبی از نور آبی و قرمز است.



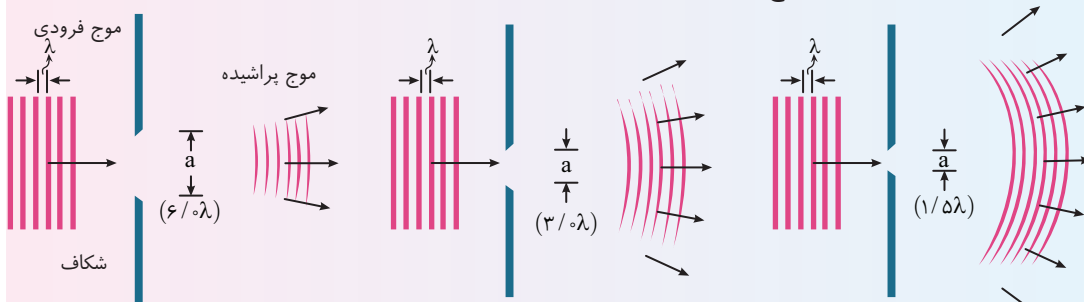
اگر در مسیر پیشروی موج مانعی قرار دهیم، بخشی از موج از لبه‌های مانع یا شکاف‌های آن می‌گذرد. در صورتی که ابعاد مانع یا شکاف در حدود طول موج باشد، بخشی از موج که از لبه‌ها یا شکاف‌ها عبور می‌کند به وضوح به اطراف مانع یا شکاف گسترده می‌شود که به این رفتار موج، پراش می‌گویند.

هر چه ابعاد شکاف یا لبه یک مانع بیشتر در حدود طول موج باشد، پراش بارزتری رخ می‌دهد و موج به ناحیه سایه بیشتری دسترسی پیدا می‌کند:

با افزایش طول موج پراش بارزتری رخ می‌دهد.



با کاهش پهنای شکاف پراش بارزتری رخ می‌دهد.



در عبور از یک شکاف طول موج، بسامد و تندی موج ثابت می‌ماند.

اگر پراش نور تک‌فام از یک شکاف باریک یا لبه‌ای تیز را روی یک پرده ملاحظه کنیم، همواره نوارهای تاریک و روشنی موسوم به نقش پراش موازی با لبه‌های شکاف مشاهده می‌کنیم. البته تحلیل نقش پراش مبتنی بر بحث تداخل امواج است.

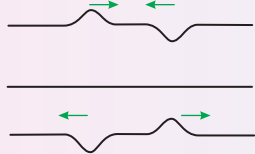
اصل برهم نهی

وقتی چندین موج به طور همزمان بر ناحیه‌ای از فضا تأثیر بگذارند، اثر خالص آن‌ها برابر مجموع اثرهای مجزای هریک از آن‌ها است.

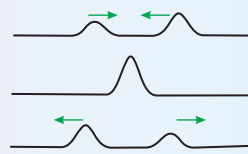
به طور مثال اگر دو قله موج در یک نقطه به هم برسند، آن نقطه از محیط به اندازه مجموع دامنه دو موج از حالت تعادل خود بالا می‌رود.
 $(A_t = A_1 + A_2)$

به ترکیب موج‌ها با یکدیگر تداخل گویند، به بیان دیگر، تداخل ترکیب دو یا چند موج است که همزمان از یک نقطه عبور می‌کنند.

در شکل زیر تپ‌ها هنگام هم پوشانی اثر یکدیگر را حذف کرده‌اند که به آن تداخل ویرانگر گویند.



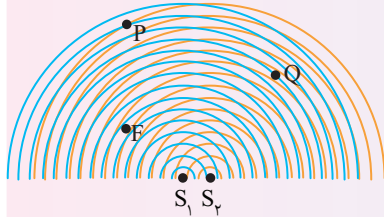
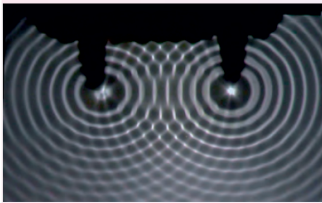
در شکل زیر تپ‌ها هنگام هم پوشانی تپ بزرگ‌تری را ایجاد کرده‌اند که به آن تداخل سازنده می‌گویند.



دقت کنید که تداخل تپ‌ها مسیر حرکت آن‌ها را تغییر نمی‌دهد و پس از تداخل شکل تپ‌ها و مسیر حرکت آن‌ها مشابه قبل از هم پوشانی باقی می‌ماند. تداخل موج‌ها نیز مانند تداخل تپ‌هایی که در بالا توضیح دادیم خواهد بود.

تداخل امواج سطحی آب

هر گاه دو نوسان ساز هم‌دوره (با بسامد یکسان) روی سطح آب مطابق شکل موج ایجاد کنند. پس از انتشار دو موج با هم تداخل می‌کنند.



به طور مثال در نقطه P: قله‌های دو موج به هم رسیده و تداخل سازنده است و دامنه موج آب بیشینه می‌شود. $(A_T = A_1 + A_2)$

در نقطه Q: قله موج S_1 به دره موج S_2 رسیده و تداخل ویرانگر است و دامنه موج آب کمینه می‌شود. $(A_T = A_1 - A_2)$

در نقطه F: دره‌های دو موج به هم رسیده و تداخل سازنده است و سطح آب به شدت پایین می‌رود.

به چنین نقش متناوب یک در میان از بیشینه و کمینه موج تداخلی، نقش تداخل گفته می‌شود.



در آزمایش شکل زیر، توسط دو بلندگوی هم‌بسامد در فاصله مناسب از بلندگوها روی خط افقی نقش تداخلی ایجاد می‌شود.

مولد سیگنال سینوسی



$L =$ صدای بالا

$S =$ صدای ضعیف



میکروفون

در نقاط L تداخل صوتی سازنده بوده و صدای بلندی شنیده می‌شود.

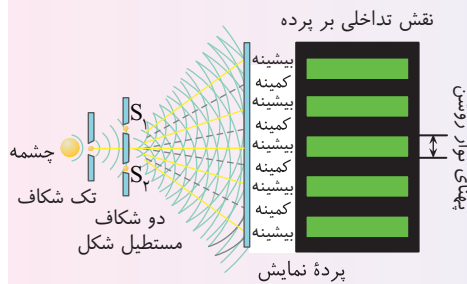
در نقاط S تداخل صوتی ویرانگر بوده و صدای ضعیف شنیده می‌شود.

فاصله نقاط S و L متناسب با طول موج صوت است و با افزایش طول موج فاصله این نقاط از هم بیشتر می‌شود.

با حرکت دادن میکروفون صدای دریافتی به طور متناوب کم و زیاد می‌شود.

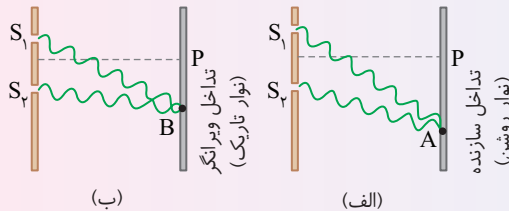
آزمایش یانگ نشان دهنده رفتار موجی نور است.

در این آزمایش نورهای پراش یافته از دو شکاف S_1 و S_2 با یکدیگر تداخل کرده و روی پرده نمایش نوارهای (فریزهای) تاریک و روشن ایجاد می کنند.



در محل نوارهای (فریزهای) روشن تداخل دو موج سازنده است و دو موج یکدیگر را تقویت می کنند.

در محل نوارهای (فریزهای) تاریک تداخل دو موج ویرانگر است و دو موج یکدیگر را تضعیف می کنند.

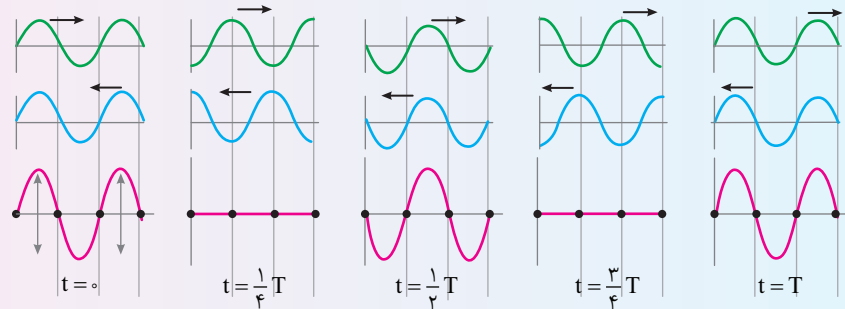


نوارهای روشن و تاریک روی پرده که ناشی از تداخل های سازنده و ویرانگرند، نقش های تداخلی خوانده می شوند. پهنای نوارهای تاریک و روشن (که مساوی فرض می شوند) متناسب با طول موج نور به کار رفته در آزمایش است.

به طور مثال اگر آزمایش یانگ را یک بار با نور قرمز و بار دیگر با نور سبز انجام دهیم (سبز $\lambda < \lambda_{\text{قرمز}}$)، پهنای نوارهای تاریک و روشن نور قرمز بزرگ تر از پهنای نوارهای تاریک و روشن نور سبز است.

اگر آزمایش یانگ در محیط شفاف با ضریب شکست n انجام شود، به دلیل کاهش طول موج، پهنای نوارها نسبت به آزمایش یانگ در هوا، $\frac{1}{n}$ می شود.

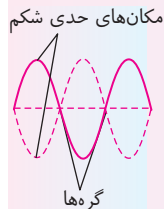
هر گاه دو موج رفت و برگشت هم دوره و هم دامنه در یک ریسمان منتشر شوند در اثر تداخل آنها امواج ایستاده تشکیل می شود. برای تولید امواج ایستاده کافی است موجی را در یک ریسمان متصل به انتهای ثابت بفرستیم، موج پس از بازتاب از مانع، تشکیل امواج ایستاده می دهد.



نکته بازه زمانی بین دو بار متوالی تخت شدن ریسمان، $\frac{T}{2}$ است. به شکل $t = \frac{T}{4}$ و $t = \frac{3T}{4}$ دقت کنید.

به نقاطی از ریسمان که هنگام تشکیل امواج ایستاده هرگز حرکت نمی کند، گره گفته می شود. وسط دو گره مجاور را شکم گویند.

جمع بندی امواج ایستاده:



امواج عرضی، می توانند امواج ایستاده تولید کنند.

امواج طولی، می توانند امواج ایستاده تولید کنند.

بسامد ارتعاش تمام نقاط محیط یکسان و برابر بسامد چشمه موج است.

پس از تشکیل امواج ایستاده، جای گره ها و شکم ها ثابت است.

تمام نقاط بین دو گره متوالی با هم بالا و پایین می روند اما دامنه آنها یکسان نیست.

دو شکم مجاور هم حرکتشان قرینه هم است وقتی یکی رو به بالا می رود دیگری رو به پایین می رود.

جمع بندی امواج ایستاده:

فاصله دو گره متوالی یا دو شکم متوالی $\frac{\lambda}{2}$ و فاصله یک گره از شکم مجاورش $\frac{\lambda}{4}$ است.

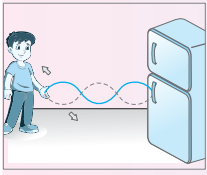
پس از تشکیل امواج ایستاده، این موج به سمت راست و چپ حرکت نمی کند و هر ذره دارای حرکت هماهنگ ساده است و انرژی از نقطه ای به نقطه دیگر منتقل نمی شود.

با توجه به شکل روبه رو پس از تشکیل امواج ایستاده در محل چشمه (نوسان ساز)، گره وجود دارد.

در نقاط گره دو موج به هم رسیده کاملاً ناهم فاز (در فاز مخالف) اند و تداخل ویرانگر است.

در نقاط شکم دو موج به هم رسیده کاملاً هم فاز اند و تداخل سازنده است.

فاصله گره n ام از انتهای ثابت برابر $\Delta x = 2n \frac{\lambda}{4}$ و فاصله شکم n ام از انتهای ثابت برابر $\Delta x = (2n-1) \frac{\lambda}{4}$ است.



اگر دو سر یک تار را به یک نوسان ساز وصل کنیم، در این تار به ازای بسامدهای معینی امواج ایستاده بارز رخ می دهد و گره و شکم به خوبی روی تار قابل مشاهده است. به این بسامدهای معین، بسامدهای تشدید می گویند.

با توجه به شکل سه بسامد تشدید اول یک تار، می توان طول موج تار را بر حسب عدد هماهنگ به دست آورد:

عدد هماهنگ یک تار برابر تعداد شکم های ایجاد شده در تار یا یک واحد کمتر از تعداد گره های ایجاد شده در تار است.

طول تار $\lambda_n = \frac{2L}{n}$ → شماره هماهنگ

برای یک موج رابطه $\lambda = \frac{v}{f}$ برقرار است بنابراین بسامدهای تشدید تار با استفاده از

رابطه روبه رو به دست می آیند.

تندی تار $f_n = \frac{v}{\lambda_n} \Rightarrow f_n = \frac{nv}{2L}$ → بسامد تشدید

طول تار $L = \frac{\lambda_n}{2}$ → عدد هماهنگ

رابطه روبه رو به دست می آیند.

تندی تار برابر $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{F}{\rho A}} = \frac{2}{D} \sqrt{\frac{F}{\rho \pi}}$ است که در این رابطه F نیروی کشش ریسمان و μ چگالی

خطی جرمی تار یعنی $\frac{m}{L}$ است.

مد های نوسان را با بسامد تشدید مشخص می کنند.

کمینه بسامد یک تار مربوط به $n=1$ است که به آن بسامد اصلی گفته می شود و مد مربوط به آن رامد اصلی یا هماهنگ اول گویند. $f_1 = \frac{v}{2L}$

در هماهنگ اول، طول موج تار بیشینه است. $\lambda_1 = \frac{2L}{1} = 2L$

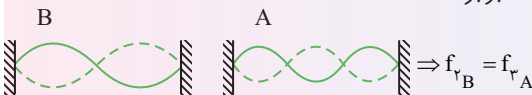
بسامد هماهنگ n ام، n برابر بسامد هماهنگ اول است. $f_n = nf_1$

نسبت بسامد دو هماهنگ m ام و n ام برابر است با: $\frac{f_m}{f_n} = \frac{mf_1}{nf_1} = \frac{m}{n}$

تفاضل دو بسامد متوالی همواره برابر بسامد اصلی خواهد شد: $f_n - f_{n-1} = nf_1 - (n-1)f_1 = f_1$

هنگامی بین دو تار یا یک تار و یک وسیله تشدید رخ می دهد که بسامد آن ها با هم برابر باشد. به طور مثال اگر دو تار زیر با یکدیگر تشدید کنند، بسامد هماهنگ سوم تار A با بسامد هماهنگ دوم تار B برابر است:

$f_{3A} = f_{2B}$



اگر در یک لوله بدمیم به شرطی که طول لوله مضرب‌های معینی از طول موج صوت باشد، در لوله تشدید رخ می‌دهد و موج‌های صوتی تشکیل امواج ایستاده با شکم و گره مشخص می‌دهند.

در یک لوله در حال تشدید، فاصله دو گره یا دو شکم مجاور $\frac{\lambda}{2}$ و فاصله یک شکم از یک گره $\frac{\lambda}{4}$ است.

دقت کنید که صوت یک موج طولی است و در شکل‌های زیر برای اینکه آن را راحت‌تر نمایش دهیم به صورت موج عرضی مدلسازی کرده‌ایم. در انتهای بسته لوله گره و در انتهای باز آن شکم ایجاد می‌شود.

الف) لوله صوتی با دو انتهای باز (لوله صوتی باز)		ب) لوله صوتی با یک انتهای باز و یک انتهای بسته (لوله صوتی بسته)	
	مد اصلی (بم‌ترین صوت) $L = \frac{\lambda_1}{2}$		مد اصلی (بم‌ترین صوت) $L = \frac{\lambda_1}{4}$
	مد دوم (هماهنگ دوم) $L = 2 \frac{\lambda_2}{2}$		مد دوم (هماهنگ سوم) $L = 3 \frac{\lambda_3}{4}$
	مد سوم (هماهنگ سوم) $L = 3 \frac{\lambda_3}{2}$		مد سوم (هماهنگ پنجم) $L = 5 \frac{\lambda_5}{4}$
مد n ام (هماهنگ n ام) $L = n \frac{\lambda_n}{2}$		مد n ام (هماهنگ n ام) $L = (2n-1) \frac{\lambda_n}{4}$	
در لوله صوتی با دو انتهای باز، تعداد شکم از تعداد گره‌ها یک واحد بیشتر است. / در لوله صوتی با دو انتهای باز، طول لوله مضرب زوج $\frac{\lambda}{2}$ یا مضرب زوج $\frac{\lambda}{4}$ است.		در لوله صوتی با یک انتهای باز و یک انتهای بسته، تعداد شکم‌ها و تعداد گره‌ها یکسان است. / در لوله صوتی با یکی انتهای باز، طول لوله مضرب فرد $\frac{\lambda}{4}$ است.	

نکته مهم

- در تار مرتعش، موج ایستاده در تار عرضی $\leftarrow$ اما موج صوتی ایجاد شده در محیط، طولی است.
- در لوله صوتی، موج ایستاده در لوله طولی $\leftarrow$ همچنین موج صوتی ایجاد شده در محیط، طولی است.
- هنگام پر کردن یک ظرف استوانه‌ای تو پر مطابق شکل فضای خالی لیوان در حال کاهش بوده و طول موج صوت ایجاد شده کاهش می‌یابد بنابراین:

$\lambda = \frac{v}{f}$

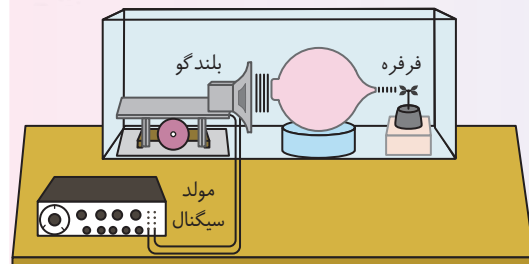
ارتفاع صوت زیاد می‌شود $\rightarrow$ بسامد افزایش می‌یابد $\rightarrow$ صدا زیرتر می‌شود
 ارتفاع صوت زیاد می‌شود $\rightarrow$ بسامد افزایش می‌یابد $\rightarrow$ صدا زیرتر می‌شود

هنگام خالی کردن یک پارچ یا لیوان بر عکس حالت بالا اتفاق می‌افتد و طول موج افزایش می‌یابد در نتیجه بسامد صوت حاصل کاهش یافته و ارتفاع صوت کم می‌شود و صدا بم‌تر خواهد شد.

وقتی در دهانه یک بطری می‌دمیم، گستره وسیعی از بسامدها ایجاد می‌شود که اگر یکی از این بسامدها با یکی از بسامدهای تشدیدی بطری منطبق باشد، یک موج صوتی قوی ایجاد می‌شود.

تشدیدگر هلمهولتز: به ظرفی مانند بطری که دارای یک گردن است، تشدیدگر هلمهولتز گفته می‌شود و ساده‌ترین آن به صورت کره‌ای تو خالی با دهانه‌ای باز به شکل گردن بوده و به صورت روبه‌رو است:

تشدیدگر هلمهولتز مانند لوله‌های صوتی، بسامدهای تشدیدی معینی دارند و هرگاه بسامد یک صوت برابر با یکی از بسامدهای تشدید آن باشد، تشدیدگر پاسخ قوی‌تری به آن می‌دهد.



به طور مثال: در شکل روبه‌رو تنها به ازای بسامدهای معینی صوت عبوری از تشدیدگر باعث چرخیدن فرقه خواهد شد که این بسامدهای معین همان بسامدهای تشدید تشدیدگر هلمهولتز است.

اجاق های میکروووج (مایکروفر) بر اساس تداخل امواج الکترومغناطیسی و تشکیل امواج ایستاده کار می کند. بسامد امواج ایستاده ایجاد شده $2/450\text{GHz}$ و طول موج آن حدود 12cm است.

در محل گره ها، دامنه نوسان میدان الکتریکی صفر است و هیچ نوسان میدان الکتریکی ای نداریم و در گره ها اصطلاحاً نقاط سرد داریم.

در محل شکم ها دامنه نوسان میدان الکتریکی بیشینه است و مولکول های آب موجود در مواد غذایی به شدت به ارتعاش درآمده و بیشترین افزایش دما ایجاد می شود.

به همین دلیل اجاق های میکروووج صفحه های گردانی دارند تا با گرداندن غذا در اجاق هیچ بخشی از غذا در گره باقی نماند.

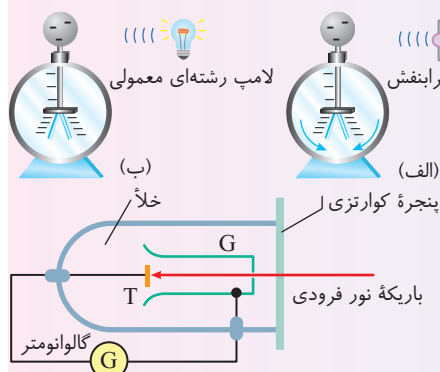
فیزیک کلاسیک

به مکانیک نیوتونی، نظریه الکترومغناطیس ماکسول و ترمودینامیک، فیزیک کلاسیک گویند.

فیزیک جدید

شالوده فیزیک جدید نظریه‌های نسبیت خاص و عام و نظریه کوانتومی است. نظریه نسبیت خاص، پدیده‌های فیزیکی در سرعت‌های بسیار زیاد و قابل مقایسه با سرعت نور را توجیه می‌کند. نظریه نسبیت عام، پدیده‌های مربوط به مطالعه هندسه فضا - زمان و گرانش را بررسی می‌کند. نظریه کوانتومی به مطالعه پدیده‌ها در مقیاس بسیار کوچک، مانند مولکول‌ها، اتم‌ها و ذره‌های ریزی که اتم‌ها را می‌سازند (ذره‌های زیراتمی) می‌پردازد. فیزیک جدید در واقع به پدیده‌هایی می‌پردازد که توسط فیزیک کلاسیک قابل توجیه نیست از جمله این پدیده‌ها می‌توان به اثر فوتوالکتریک، ساختار اتم، طیف اتمی و ساختار هسته اشاره کرد.

جدا شدن الکترون از سطح فلز توسط تاباندن نور (تابش الکترومغناطیسی) بر آن را اثر فوتوالکتریک گویند و الکترون‌های جدا شده را فوتوالکترئون می‌نامند.



با تاباندن نور مرئی بر کلاهی الکتروسکوپ باردار با بار منفی، انحراف ورقه‌ها تغییر نمی‌کند اما با تاباندن نور فرابنفش، انحراف ورقه‌ها کاهش لامپ فرابنفش می‌یابد که علت آن اثر فوتوالکتریک است.

برای بررسی اثر فوتوالکتریک از مدار روبه‌رو استفاده می‌شود.

آشنایی با فیزیک اتمی

اثر فوتوالکتریک

دیدگاه فیزیک کلاسیک

رخ دادن پدیده فوتوالکتریک به بسامد نور فرودی بر فلز بستگی ندارد و با هر بسامدی رخ می‌دهد. در نظریه ماکسول، شدت نور با مربع دامنه میدان الکتریکی موج متناسب است ($I \propto E^2$) و با افزایش شدت نور باید انرژی جنبشی فوتوالکترئون‌ها افزایش یابد. عامل جدا شدن الکترون نیرویی است که توسط میدان الکتریکی نور بر الکترون وارد می‌شود. ($\vec{F} = -e\vec{E}$)

تجربه آزمایشگاهی

رخ دادن اثر فوتوالکتریک به شدت نور فرودی بر فلز بستگی ندارد. رخ دادن اثر فوتوالکتریک به بسامد نور بستگی دارد. کمترین بسامد را (و بلندترین طول موج) که اثر فوتوالکتریک با آن رخ می‌دهد، بسامد آستانه (طول موج آستانه) گویند. با افزایش شدت نور، انرژی جنبشی فوتوالکترئون‌ها تغییر نمی‌کند و تنها تعداد فوتوالکترئون‌ها افزایش می‌یابد.

نظریه اینشتین

فوتون

نور از بسته‌های حاوی انرژی به نام فوتون تشکیل شده است. انرژی هر فوتون $E = hf$ و انرژی کل پرتو نور $E = nhf$ است. بسامد نور $\downarrow$ ثابت پلانک $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ $\downarrow$ تعداد فوتوالکترئون‌ها

با تاباندن نور مناسب و جدا شدن الکترون، بخشی از انرژی فوتون سبب جدا شدن الکترون (W) می‌شود و بخشی از انرژی فوتون به انرژی جنبشی الکترون تبدیل می‌شود ($K = hf - W_0$). مقدار انرژی لازم برای جدا شدن الکترون است.

تابع کار

برای هر فلز، یک حداقل انرژی (کار) لازم است تا الکترون از فلز جدا شود، این حداقل انرژی را تابع کار گویند (W_0).

تابع کار به جنس فلز بستگی دارد.

بین تابع کار و بسامد آستانه و طول موج آستانه رابطه $W_0 = hf_0$ و $W_0 = hc/\lambda_0$ برقرار است.

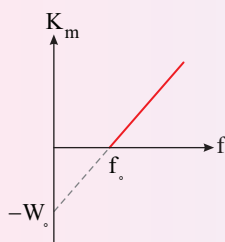
تابع کار مربوط به سست‌ترین الکترون است، بنابراین با جدا شدن الکترون انرژی جنبشی آن بیشینه است. $K_m = hf - W_0$

الگو یادآوری

آشنایی با فیزیک اتمی

۲

اثر فوتوالکتریک

نمودار $K_m - f$ 

- نمودار خط راست است.
- عرض از مبدأ آن $-W_0$ است.
- شیب خط آن ثابت پلانک است.
- طول از مبدأ آن بسامد آستانه است.
- در تمام آزمایش‌های فوتوالکتریک برای هر فلزی شیب خط نمودار $(K_m - f)$ برابر h است، یعنی نمودارها با هم موازی‌اند.

الکترون ولت

مقدار انرژی مورد نیاز برای گذر یک الکترون در اختلاف پتانسیل $1V$ در خلأ را الکترون ولت (eV) گویند.

هر الکترون ولت معادل $1/6 \times 10^{-19} J$ است. ($1 eV = 1/6 \times 10^{-19} J$)

ثابت پلانک: $h = 4/14 \times 10^{-15} eV.s$ ← تقریب مهم $hc = 1240 eV.nm$

نمودار $K_m - f$ خطی است و شیب آن برای هر فلزی h است.

اگر بسامد نور دو برابر شود، انرژی جنبشی بیشینه، بیش از دو برابر افزایش می‌یابد.

آشنایی با فیزیک اتمی (طیف اتمی، الگوهای اتمی)

طیف خورشید

طیف نور سفیدی را که بعضی از خط‌ها یا طول موج‌های آن جذب شده باشد طیف جذبی گویند.

- در طیف نور خورشید خط‌های تاریک جذبی (به نام خطوط فرانوفر) دیده می‌شود.
- خط‌های جذبی طیف خورشید معرف عنصرهای موجود در جو خورشید و جو زمین است.
- با بررسی طیف جذبی نور ستارگان می‌توان به عنصرهای تشکیل‌دهنده آن‌ها پی برد.

طیف اتمی

به طیف گسیلی خطی و طیف جذبی خطی عنصری طیف اتمی می‌گویند.

ویژگی‌های طیف اتمی

- طیف اتمی هیچ دو عنصری شبیه به هم نیست و طول موج‌های گسیلی و جذبی هر عنصر منحصر به فرد است.
- اتم هر عنصر دقیقاً همان طول موج‌هایی را از نور سفید جذب می‌کند که اگر دمای آن به اندازه کافی بالا رود و یا به هر صورت دیگر برانگیخته شود، آن‌ها را تابش می‌کند.



جذب و گسیل نور توسط اتم هیدروژن

تصویر بالایی: طیف جذبی، خط‌های تاریک در زمینه روشن معرف طول موج‌های جذب شده هستند.

تصویر پایینی: طیف گسیلی، خط‌های روشن معرف طول موج‌های گسیلی هستند.

نام رشته	مقدار n'	رابطه ریدبرگ مربوط	مقادیر n	گستره طول موج
لیمان	$n'=1$	$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	$n=2, 3, 4, \dots$	فرابنفش
بالمر	$n'=2$	$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	$n=3, 4, 5, \dots$	فرابنفش و مرئی
پاشن	$n'=3$	$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	$n=4, 5, 6, \dots$	فروسرخ
براکت	$n'=4$	$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	$n=5, 6, 7, \dots$	فروسرخ
پفوند	$n'=5$	$\frac{1}{\lambda} = \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	$n=6, 7, 8, \dots$	فروسرخ

$$n' < n$$

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

$$R_H = 0.0109 \text{ (nm}^{-1}\text{)}$$

در هر رشته خطوط شماره گذاری دارند. اولین خط طیفی بلندترین طول موج گسلی آن رشته و گذار الکترون از اولین تراز بالاتر به آن تراز است. این رابطه تنها برای اتم هیدروژن است.

رابطه ریدبرگ - بالمر

آشنایی با فیزیک اتمی (طیف اتمی، الگوهای اتمی)

الگوهای اتمی

الگوی اتمی تامسون ← اتم به صورت توزیع کروی یکنواختی از جرم و بار مثبت است که الکترون‌ها درون آن قرار دارند. ← این الگو توانایی توجیه کردن طیف اتمی را ندارد. ← این الگو با آزمایش رادرفورد و کشف هسته اتم در تضاد است.	الگوی اتمی رادرفورد ← آزمایش ورقه طلا: انحراف غیر عادی ذرات آلفای تابیده شده به ورقه نازک طلا و پراکندگی غیرعادی آنها سبب ارائه الگوی اتمی رادرفورد شد. ← همه بار مثبت اتمی در فضای کوچکی به نام هسته قرار دارد و الکترون‌ها در فاصله زیادی از هسته قرار دارند. این مدل را مدل اتم هسته‌ای یا مدل هسته‌ای اتم می‌نامند.
--	--

این الگو در مورد چگونگی حرکت الکترون‌ها اظهار نظری ندارد. این الگو پایداری اتم را توجیه نمی‌کند.	نیروی ربایش الکتریکی که از طرف هسته به الکترون وارد می‌شود.	موج الکترومغناطیسی با طول موج بلندتر موج الکترومغناطیسی با طول موج کوتاه‌تر
تارسایی‌های الگوی رادرفورد ← الکترون ساکن باشد جذب هسته می‌شود. (شکل الف) ← الکترون متحرک باشد به دلیل تابش الکترومغناطیسی سرانجام بر هسته سقوط می‌کند. (شکل ب) این الگو ساختار هسته را توجیه نمی‌کند. این الگو گسسته بودن طیف اتمی را توضیح نمی‌دهد.	شکل (الف) شکل (ب)	

الگو یادآوری

۴

آشنایی با فیزیک اتمی (طیف اتمی، الگوهای اتمی)

الگوی اتمی بور

الگوهای اتمی

آشنایی با فیزیک اتمی (الگوی اتمی بور برای اتم هیدروژن)

انرژی یونش الکترون

توانایی‌های الگوی بور

نارسایی‌های الگوی بور

۱ مدارها و انرژی الکترون‌ها در هر اتم کوانتیده‌اند، یعنی فقط مدارها و انرژی‌های گسسته معینی مجاز هستند.

۲ الکترون در حین حرکت روی یک مدار مانا، برخلاف نظریه الکترومغناطیسی کلاسیک، تابشی گسیل نمی‌کند. این حالت الکترون را مدار مانا یا حالت مانا گویند. شعاع مدارهای مانا دارای مقادیر مشخص گسسته‌ای است.

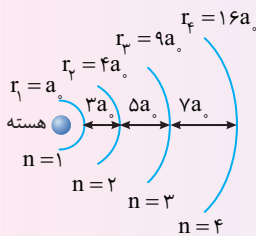
$$r_n \leftarrow r_n = n^2 a_0$$

a_0 کوچک‌ترین شعاع مدار الکترون که به آن شعاع اتمی بور می‌گویند. $a_0 = 0.529 \text{ \AA}$.
انرژی الکترون در این مدارها مقادیر مشخص گسسته‌ای است.

$$E_R \leftarrow E_n = -\frac{E_R}{n^2}$$

را یک ریدبرگ گویند. $E_R = 13.6 \text{ eV} = 2.17 \times 10^{-18} \text{ J}$.
 $n=1$ را حالت پایه گویند و مدارهای بالاتر را حالت‌های برانگیخته می‌نامند.

با افزایش n ، فاصله مدارها از هم در اتم هیدروژن افزایش می‌یابد، اما اختلاف انرژی ترازهای انرژی کاهش می‌یابد.



$E_4 = -\frac{E_R}{16}$	$n = 4$
$E_3 = -\frac{E_R}{9}$	$n = 3$
$E_2 = -\frac{E_R}{4}$	$n = 2$
$E_1 = -E_R$	$n = 1$

دقت کنید با پرش الکترون از $n=1$ به $n=2$ ، نسبت انرژی‌ها به صورت $\frac{E_2}{E_1} = \frac{1}{4}$ است، اما به دلیل دریافت انرژی توسط الکترون انرژی آن افزایش می‌یابد.

۳ الکترون تنها هنگامی که از حالت مانای $(E_U = -\frac{E_R}{n_U^2})$ به حالت مانای $(E_L = -\frac{E_R}{n_L^2})$ با انرژی کمتر می‌رود، تابش الکترومغناطیسی به صورت فوتون گسیل می‌کند. انرژی فوتون برابر اختلاف انرژی دو تراز است.

$$R_H = \frac{E_R}{hc} \leftarrow \left[\frac{1}{\lambda} = \frac{E_R}{hc} \left(\frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2} \right) \right] \leftarrow h \frac{c}{\lambda} = \frac{-E_R}{n_U^2} - \frac{-E_R}{n_L^2} \leftarrow hf = E_U - E_L$$

انرژی لازم برای جدا شدن الکترون از اتم و قید هسته را انرژی یونش الکترون گویند.

توجیه جذب و گسیل تابش توسط اتم

توجیه خطی بودن طیف اتمی

توجیه منحصر به فرد بودن طیف اتمی

قابل کاربرد در هر اتم تک‌الکترونی که به آن اتم هیدروژن گونه گویند، هر چند بار هسته آن بیشتر از $+e$ باشد.

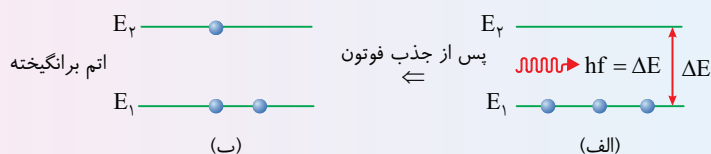
رفتار اتم‌های چند الکترونی را توجیه نمی‌کند.

این الگو متفاوت بودن شدت خط‌های طیف گسیلی را نمی‌تواند توضیح دهد.

برانگیختگی اتم

جذب انرژی توسط الکترون و رفتن از حالت n_1 به حالت n_2 ($n_2 > n_1$)

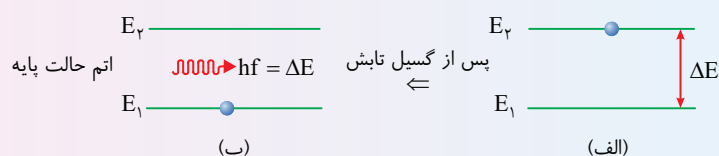
اتم* $\rightarrow$ فوتون + اتم



گسیل خودبه خودی

الکترون با گسیل تابش و از دست دادن انرژی از حالت برانگیخته به حالت پایه می‌رود.

فوتون + اتم $\rightarrow$ اتم*



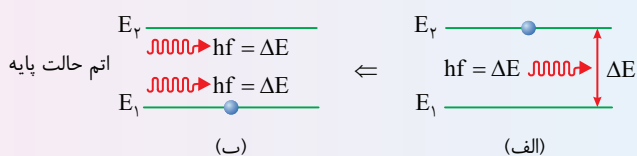
گسیل القایی

تابش یک فوتون به یک اتم برانگیخته

انرژی فوتون تابیده به اتم برابر اختلاف انرژی دو تراز حالت برانگیخته و حالت پایه

پرش الکترون از حالت برانگیخته به حالت پایه و گسیل یک فوتون هم‌انرژی و هم‌جهت فوتون تابیده شده به اتم برانگیخته

۲ فوتون + اتم* $\rightarrow$ اتم + فوتون



در گسیل القایی، فوتون گسیل شده با فوتون فرودی هم‌جهت، هم‌فاز و هم‌انرژی است.

آشنایی با فیزیک اتمی (آشنایی با لیزر)

لیزر

اساس کار لیزر گسیل القایی است.

به باریکه‌ای از فوتون‌های هم‌جهت، هم‌فاز و هم‌انرژی، باریکه لیزری گویند.

لیزر نور مرئی است.

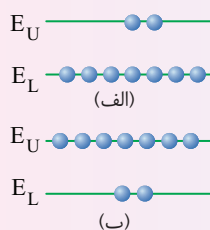
در تولید لیزر، ابتدا یک چشمه خارجی سبب برانگیختن الکترون‌ها می‌شود تا لحظه‌ای که وارونی جمعیت رخ دهد.

وارونی جمعیت

تعداد الکترون‌ها در یک محیط لیزری در ترازهایی موسوم به ترازهای شبه پایدار نسبت به ترازهای پایین‌تر بیشتر است.

در ترازهای شبه پایدار الکترون در مدت زمان بسیار طولانی (10^{-3} s) از حالت معمولی (10^{-8} s) باقی می‌مانند.

الف) به طور معمول و در دمای اتاق، بیشتر الکترون‌ها در تراز انرژی پایین‌تر قرار دارند.
ب) در وضعیتی که وارونی جمعیت به وجود آید بیشتر الکترون‌ها در تراز بالاتری (در مقایسه با تراز پایین‌تر) قرار دارند.



با آزمایش رادرفورد مشخص شد که اتم تقریباً از فضای تهی تشکیل شده است و بیشتر جرم آن در یک هسته چگال با بار مثبت قرار دارد.

ابعاد هسته حدود 10^{-15} m (۱ فمتومتر یا ۱ فرمی) و حدود صد هزار مرتبه کوچک‌تر از ابعاد اتم ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$) است.

عدد اتمی Z تعداد پروتون‌های هسته «محدوده عدد اتمی عناصر طبیعی $1 \leq Z \leq 92$

عنصری که عدد اتمی آن‌ها بیشتر از ۸۳ باشد، ناپایداراند. هسته پایدار با بیشترین تعداد پروتون $Z = 83$ متعلق به بیسموت (${}^{209}_{83}\text{Bi}$) است.

عدد نوترونی N تعداد نوترون‌های هسته «محدوده عدد نوترونی عناصر طبیعی $0 \leq N \leq 146$

نوکلئون به پروتون و نوترون، نوکلئون می‌گویند.

عدد جرمی A مجموع عدد اتمی و عدد نوترونی (تعداد نوکلئون‌های هسته) $A = Z + N$

نماد هسته ${}_Z^AX$ هسته اتم X

اتم‌های با مقدار پروتون معین و تعداد نوترون‌های مختلف را ایزوتوپ (هم‌مکان) گویند. رفتار شیمیایی ایزوتوپ‌های یک عنصر یکسان است. به همین دلیل با روش‌های شیمیایی ایزوتوپ‌های یک عنصر را نمی‌توان جدا کرد. برای جداسازی ایزوتوپ‌های یک عنصر از اختلاف جرم آن‌ها استفاده می‌شود و جداسازی با روش‌های فیزیکی صورت می‌گیرد.

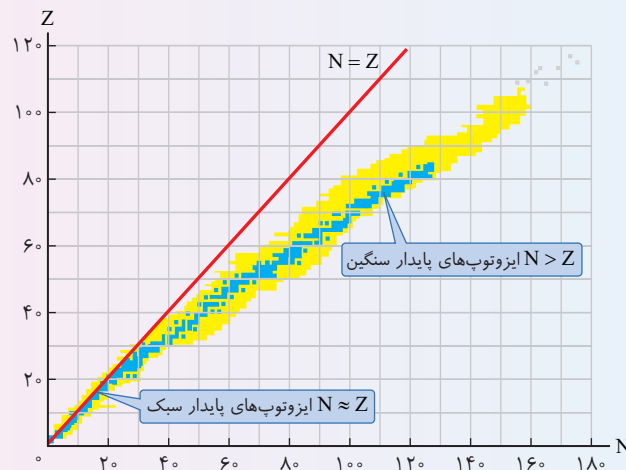
ایزوتوپ

نیروی ربایشی بین نوکلئون‌های هسته را نیروی هسته‌ای گویند.

۱ این نیرو کوتاه‌برد است و در ابعاد هسته عمل می‌کند و در ابعاد اتمی اثری از آن مشاهده نمی‌شود.

۲ از نیروی رانش کولنی بین پروتون‌های هسته قوی‌تر است به همین علت به نیروی هسته‌ای قوی مشهور است.

۳ با بزرگ شدن هسته در عناصر سنگین نیروی رانش کولنی بارزتر شده و هسته ناپایدار می‌شود.



از منظر نیروی هسته‌ای تفاوتی بین پروتون و نوترون وجود ندارد به همین علت آن‌ها را نوکلئون گویند.

ترازهای انرژی هسته انرژی نوکلئون‌ها کوانتیده است.

اختلاف انرژی ترازهای نوکلئون‌ها در هسته بسیار بیشتر از اختلاف ترازهای انرژی اتم است.

در هسته‌های سبک اختلاف انرژی ترازهای نوکلئون حدود MeV (مگا الکترون ولت) است.

در هسته‌های سنگین اختلاف انرژی ترازهای نوکلئون حدود keV (کیلو الکترون ولت) است.

بزرگ بودن اختلاف ترازهای انرژی هسته نسبت به ترازهای انرژی الکترون سبب می‌گردد که هسته در واکنش‌های شیمیایی تغییر نکند.

تعاریف

آشنایی با ساختار هسته

نیروی هسته‌ای

ترازهای انرژی هسته

جرم هسته از مجموع جرم نوکلئون‌های هسته کمتر است. این اختلاف جرم را کاستی جرم هسته گویند.

نظریهٔ اینشتین هرگاه کاستی جرم هسته را در رابطهٔ معروف اینشتین ($E=mc^2$) در مربع تندی نور (c^2) ضرب کنیم، انرژی بستگی هسته‌ای به دست می‌آید.



قانون پایستگی جرم و انرژی مجموع جرم و انرژی در برهم کنش پایسته می‌ماند.

یکای جرم اتمی $\frac{1}{12}$ جرم اتم کربن ۱۲ که طبق تعریف $12/000000u$ است را یکای جرم اتمی گویند.

یکای جرم اتمی برابر $1/66 \times 10^{-27} \text{ kg}$ است.

جرم پروتون $1/007276u$ ، جرم الکترون $0/000549u$ و جرم نوترون $1/008665u$ است.

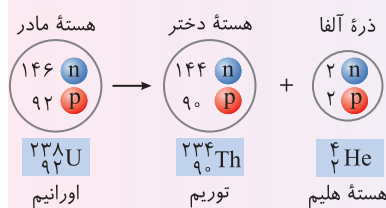
انرژی معادل جرم ۱u برابر $931/5 \text{ MeV}$ است. برای به دست آوردن انرژی آزاد شده در فرایندهای هسته‌ای کافی است اختلاف جرم در دو طرف واکنش بر حسب u، در $931/5$ ضرب شود تا انرژی بر حسب MeV به دست آید.

واپاشی هسته‌های ناپایدار را پرتوزایی (رادیواکتیویته) گویند.

هسته‌های پرتوزا با گسیل یکی از پرتوهای آلفا، بتا (الکترون)، بتای مثبت (پوزیترون) و گاما واپاشیده می‌شوند.

آلفا ذره است «آلفا از دو پروتون و دو نوترون تشکیل شده است. ($\alpha = {}^4_2\text{He}$)»

در واپاشی آلفا، از عدد اتمی و عدد نوترونی دو واحد و از عدد جرمی چهار واحد کاسته می‌شود.

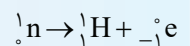


واپاشی آلفا: ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z-2}^{A-4}Y + {}^4_2\text{He}$ ، هسته X را «هسته مادر» و هسته Y را «هسته دختر» می‌گویند.

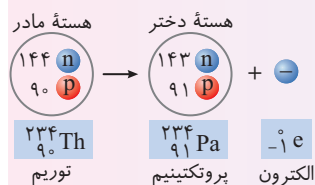
در اثر ورود ذرات آلفا از راه تنفس و گوارش به بدن، بافت‌های بدن به شدت آسیب می‌بینند. بُرد ذرات آلفا کم است و به سرعت جذب می‌شوند.

بتا ذره است.

در اثر واپاشی یک نوترون در هسته، بتا (الکترون) و یک پروتون ایجاد می‌شود.



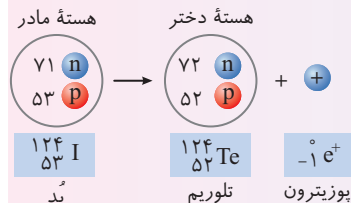
واپاشی بتای منفی: ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z+1}^AY + {}^0_{-1}e$



در واپاشی بتای منفی (الکترون)، عدد جرمی تغییر نمی‌کند و عدد اتمی یک واحد افزایش می‌یابد و عنصر به عنصر خانه بعدی جدول تناوبی تبدیل می‌شود.

بتای مثبت (پوزیترون): در اثر واپاشی یک پروتون ایجاد می‌شود: ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z-1}^{A-1}Y + {}^0_{+1}e$

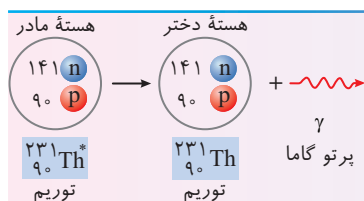
واپاشی بتای مثبت: ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z-1}^{A-1}Y + {}^0_{+1}e$



در این واپاشی عدد جرمی ثابت و عدد اتمی یک واحد کاهش می‌یابد.

گاما موج الکترومغناطیسی است و همان ویژگی‌های پرتو X را دارد اما از آن پرنرژی‌تر است.

در واپاشی گاما از عدد جرمی و عدد اتمی تغییر نمی‌کند. ${}_Z^AX^* \rightarrow {}_Z^AX + \gamma$



گسیل گاما اغلب با گسیل آلفا و بتا همراه است.

الگو یادآوری

قانون‌های پایستگی

- ۱ مجموع بار الکتریکی در دو طرف واکنش‌های هسته‌ای یکسان است.
- ۲ مجموع عدد جرمی در دو طرف واکنش‌های هسته‌ای یکسان است.

نیمه‌عمر
($T_{1/2}$)

نیمه‌عمر زمانی است که طول می‌کشد تا تعداد هسته‌های پرتوزای موجود در یک نمونه به نصف برسد.

$$N = \frac{N_0}{2^n} \quad \text{و} \quad n \leftarrow n = \frac{t}{T_{1/2}}$$

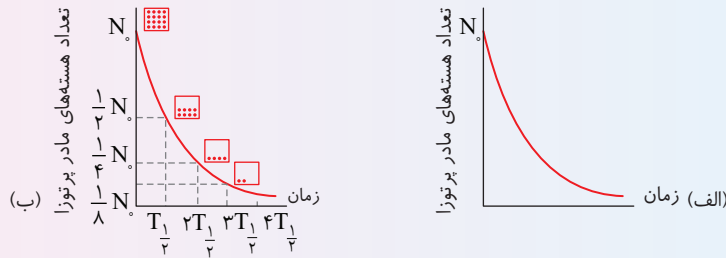
تعداد نیمه‌عمرها و t زمان واپاشی

N_0 تعداد هسته‌های اولیه، N تعداد هسته‌های فعال باقیمانده

آشنایی با ساختار هسته (پرتوزایی)

۳

نمودارها



راکتور شکافت هسته‌ای

در واکنش شکافت نیاز به نوترون کند داریم.

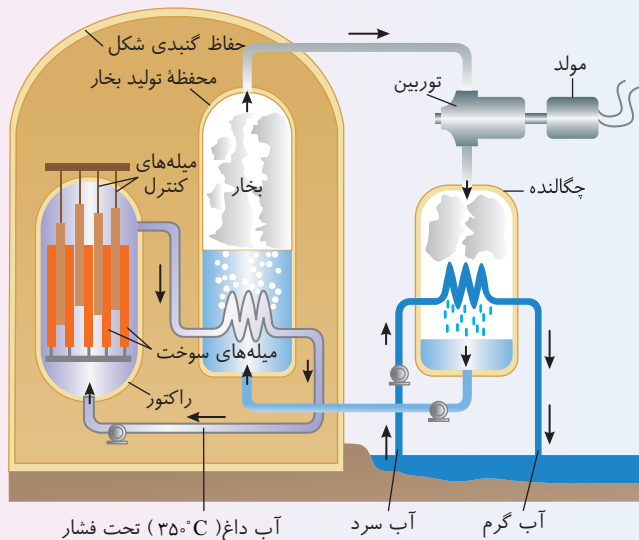
از آب معمولی (H_2O)، آب سنگین (D_2O) و گرافیت (اتم‌های کربن) به عنوان کندساز نوترون‌ها استفاده می‌شود.

اجزای راکتور

کندکننده، میله‌های کنترل، شاره‌ای مانند آب برای خارج کردن گرما و سوخت هسته‌ای

میله‌های کنترل از جنس کادمیم یا بور هستند.

با وارد کردن میله‌های کنترل به داخل راکتور، آهنگ واکنش شکافت، یعنی تعداد نوترون‌های موجود برای به‌وجود آوردن شکافت، تنظیم می‌شود.

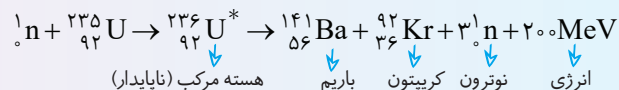


طرح‌واره‌ای از یک راکتور PWR و قسمت‌های اصلی یک نیروگاه شکافت هسته‌ای

آشنایی با فیزیک هسته‌ای

وایشی یک هسته سنگین به دو هسته سبک را واکنش شکافت گویند.

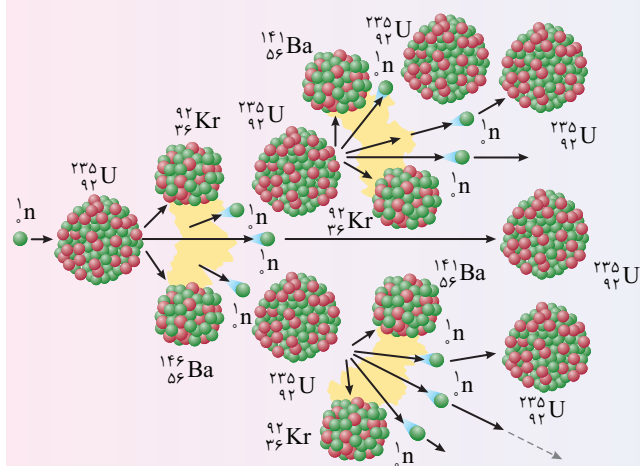
در واکنش شکافت، جرم محصولات واکنش از جرم هسته‌های اولیه کمتر است و اختلاف جرم طبق رابطه $(E = mc^2)$ به انرژی تبدیل می‌شود. در واکنش شکافت، ابتدا یک نوترون کند توسط ایزوتوپ $^{235}_{92}\text{U}$ جذب شده و به $^{236}_{92}\text{U}^*$ تبدیل می‌شود، سپس واکنش شکافت رخ می‌دهد. هسته‌های سبک متفاوتی در واکنش شکافت ایجاد می‌شود که یک نمونه آن به شکل زیر است.



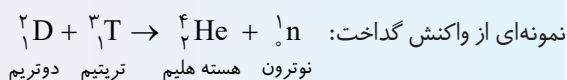
با جذب نوترون، هسته اورانیم شروع به ارتعاش کرده و تا جایی تغییر شکل می‌دهد که نیروی جاذبه هسته‌ای دیگر نمی‌تواند با نیروی دافعه الکتروستاتیکی بین پروتون‌های هسته متوازن باشد و هسته به پاره‌های سبک که حامل انرژی (عمداً انرژی جنبشی) هستند، واپاشیده می‌شود.

واکنش زنجیری

اگر نوترون‌های آزاد شده در شکافت بتوانند به هسته‌های دیگر برخورد کنند و سبب واکنش‌های دیگر شوند، یک رشته از واکنش شکافت ایجاد می‌شود که به آن واکنش زنجیری گویند.



در فرایند گداخت هسته‌ای، دو هسته سبک با یکدیگر ترکیب می‌شوند و هسته سنگین‌تری به وجود می‌آورند.



جرم محصولات گداخت هسته‌ای از جرم هسته‌های اولیه کمتر است و این اختلاف جرم با توجه به رابطه $E = mc^2$ به انرژی تبدیل می‌شود.

در واکنش گداخت، دو هسته‌ای که به هم نزدیک می‌شوند دارای بار مثبت‌اند و به شدت یکدیگر را دفع می‌کنند و مانع گداخت هسته‌ای می‌شوند و برای ایجاد گداخت باید دما بسیار بالا باشد تا هسته‌ها انرژی جنبشی لازم برای برخورد به هم را داشته باشند. برای شروع واکنش دوتریم - تریتم، به دمایی حدود ده‌ها میلیون درجه سلسیوس نیاز داریم.

در سنگ همدان اورانیم دو ایزوتوپ $^{235}_{92}\text{U}$ و $^{238}_{92}\text{U}$ وجود دارد.

۰/۷۲ درصد سنگ اورانیم، ایزوتوپ $^{235}_{92}\text{U}$ است.

برای اورانیم $^{238}_{92}\text{U}$ احتمال واکنش شکافت بسیار کم است و واکنش زنجیره‌ای برای آن ناممکن است.

برای کاربرد اورانیم در واکنش شکافت به اورانیم $^{235}_{92}\text{U}$ نیاز است. به فرایند افزایش درصد یا غلظت ایزوتوپ $^{235}_{92}\text{U}$ در یک نمونه غنی‌سازی می‌گویند.

پاسخ تشریحی فیزیک دهم

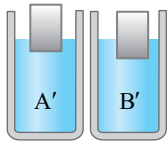
پاسخ فصل اول

از کتاب درسی

۳۶ ۴ B

بازی با سؤال در گزاره (پ) اگر تندی جسم در حال کاهش باشد، مدل سازی به صورت زیر است.

نیروی کشش $\rightarrow$ $\leftarrow$ نیروی اصطکاک



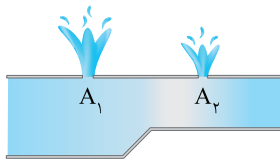
شکل (ب)

گزینه ۱

۲. یک جسم در هر مایعی که کمتر فرو رود چگالی آن مایع بیشتر است. در شکل (ب)، جسم یکبار در مایع A' و بار دیگر در مایع B' قرار گرفته است و فرو رفتگی جسم در مایع A' از فرو رفتگی آن در مایع B' کمتر است از این رو چگالی مایع A' از چگالی مایع B' بیشتر است. ($\rho_{A'} > \rho_{B'}$)

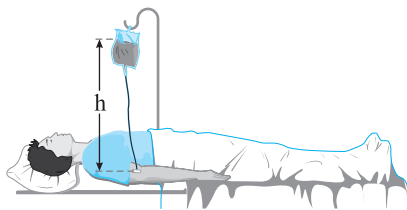
B ۱۳۹

۱. **پاسخ** اگر بالای لوله شکل زیر دو سوراخ A_1 و A_2 ایجاد کنیم، (با توجه به شکل اول سؤال بالا) آب خروجی از سوراخ A_1 ارتفاع بیشتری نسبت به ارتفاع آب خروجی از سوراخ A_2 خواهد داشت.



B ۱۴۰

۱. **پاسخ** شکل زیر یک کیسه پلاستیکی حاوی محلول به چگالی $1/10 \text{ g/cm}^3$ را نشان می‌دهد. سوزن سرنگ را به قسمت خالی از مایع بالای این کیسه وارد می‌کنند طوری که فشار هوا در آن با فشار هوا یکسان شود. اگر فشار پیمانه‌ای در سیاهرگ 1320 پاسکال باشد، کمینه مقدار h چند سانتی‌متر باشد تا محلول در سیاهرگ نفوذ کند؟



۱/۲۴ (۱) ۲۴ (۲) ۰/۱۲ (۳) ۱۲ (۴)

۲. **پاسخ** فشار پیمانه‌ای برابر تفاضل فشار مخزن و فشار هوای محیط است.

$$P_g = P - P_0$$

فشار پیمانه‌ای سیاهرگ 1320 Pa است که کمینه مقدار h باید فشاری برابر 1320 Pa داشته باشد. یعنی

$$P_g = P - P_0 = \rho gh \rightarrow 1320 = 1100 \times 10 \times h$$

$$\Rightarrow h = 0.12 \text{ m} \Rightarrow h = 12 \text{ cm}$$

گزینه ۴

پاسخ فصل دوم

B ۹۶

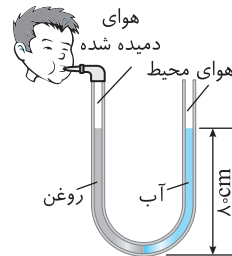
۱. **پاسخ** در لوله U شکل زیر حجم‌های مساوی آب و روغن قرار دارد. اختلاف فشار هوای درون ریه شخص و فشار هوای وارد بر قفسه سینه او چند سانتی‌متر جیوه است؟ ($\rho_{\text{روغن}} = 0.8 \text{ g/cm}^3$, $\rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3$ و $g = 10 \text{ N/kg}$)

۱۶۰۰ (۱)

۸۰۰۰ (۲)

۶۴۰۰ (۳)

۱۰۰۰۰ (۴)

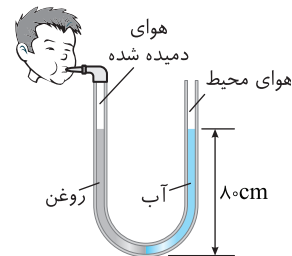


۲. **پاسخ** فشار پیمانه‌ای برابر اختلاف فشار مخزن با فشار هوای محیط است ($P = P_0 - P_{\text{ای}}$). بنابراین اختلاف فشار هوای درون ریه شخص و فشار هوای

وارد بر قفسه سینه او ($P = P_0 - P_{\text{ای}}$) همان فشار پیمانه‌ای ریه‌های شخص است که این فشار برابر اختلاف فشار دو مایع آب و روغن در دو شاخه لوله است.

$$\Delta P = \rho_{\text{آب}} gh - \rho_{\text{روغن}} gh$$

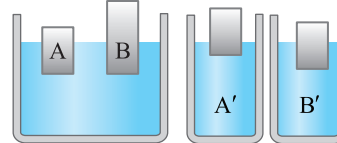
$$= 1000 \times 10 \times 8 - 800 \times 10 \times 8 \Rightarrow \Delta P = 6400 \text{ Pa}$$



گزینه ۳

B ۱۰۶

۱. **پاسخ** در شکل (الف) دو جسم A و B را در یک مایع قرار



شکل (الف)

شکل (ب)

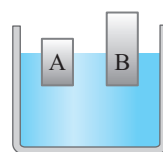
داده‌ایم و در شکل (ب) یک جسم را یک بار در مایع A' و بار دیگر در مایع B' قرار داده‌ایم. کدام گزینه درست است؟

$$\rho_{A'} < \rho_{B'}, \rho_A > \rho_B \quad (۲)$$

$$\rho_{A'} > \rho_{B'}, \rho_A > \rho_B \quad (۱)$$

$$\rho_{A'} < \rho_{B'}, \rho_A < \rho_B \quad (۴)$$

$$\rho_{A'} > \rho_{B'}, \rho_A < \rho_B \quad (۳)$$



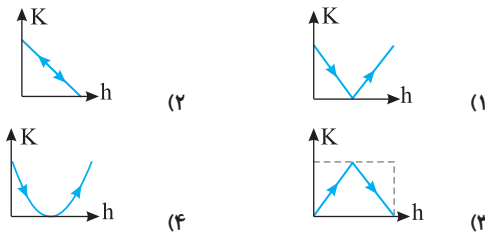
شکل (الف)

۲. **پاسخ** هر چه چگالی جسم نسبت به مایع

بیشتر باشد، حجم قسمتی از جسم که در مایع فرو می‌رود نسبت به حجم کل جسم بیشتر است. در شکل (الف)، حجم قسمتی از جسم را که در آب فرو رفته با حجم کل جسم مقایسه کنید. متوجه می‌شوید که جسم A نسبت به حجمش در مقایسه با جسم B

بیشتر در مایع فرو رفته است، بنابراین چگالی‌اش بیشتر از چگالی B است.

$$\rho_A > \rho_B$$



پاسخ چون مقاومت هوا ناچیز است، انرژی جنبشی جسم در مسیر، از سطح زمین تا ارتفاع h کاهش می‌یابد تا در اوج صفر می‌شود. پس از آن دوباره همان مسیر را برمی‌گردد و در $h=0$ مجدداً انرژی جنبشی آن به مقدار اولیه می‌رسد.

گزینه ۲

B ۲۰۵ ۱

بازی با سؤال از آبشاری به ارتفاع 20 m در هر ثانیه 2 متر مکعب آب روی پره‌های توربین می‌ریزد. اگر تندی خروج آب از توربین 5 m/s باشد، توان این توربین تقریباً چند کیلو وات است؟

۴۲۵۰ (۴) ۴۲۵ (۳) ۳۷۵ (۲) ۳۷۵۰ (۱)

پاسخ یادآوری جرم هر لیتر آب 1 kg است، پس 2 مترمکعب آب یا 2000 لیتر آب دارای جرم 2000 kg است. انرژی اولیه 2 متر مکعب آب برابر mgh بوده و انرژی نهایی آن برابر $\frac{1}{2}mv^2$ است. اختلاف این دو انرژی را آب به توربین داده است:

$$E_{\text{توربین}} = E_1 - E_2 \Rightarrow E_{\text{توربین}} = mgh - \frac{1}{2}mv^2$$

$$\Rightarrow E_{\text{توربین}} = 2000 \times 10 \times 20 - \frac{1}{2} \times 2000 \times 5^2$$

$$\Rightarrow E_{\text{توربین}} = 4 \times 10^5 - 0.5 \times 25 \times 10^5 = 3.75 \times 10^5 \text{ J}$$

حال توان توربین را به دست می‌آوریم:

$$P = \frac{E_{\text{توربین}}}{t} \Rightarrow P = \frac{3.75 \times 10^5}{1} = 3.75 \times 10^5 \text{ W} = 3.75 \times 10^2 \text{ kW} = 375 \text{ kW}$$

گزینه ۲

B ۲۱۱ ۳

بازی با سؤال اگر راستای افقی محور مختصات را منطبق بر سطح زمین و جهت مثبت راستای قائم را به سمت بالا در نظر بگیریم، کار نیروی وزن جسمی به جرم 6 kg در جابه‌جایی از نقطه $A(3\text{ m}, -4\text{ m})$ به نقطه $B(12\text{ m}, 5\text{ m})$ چند ژول است؟ ($g=10\text{ m/s}^2$)

-۵۴ (۱) ۴۸ (۲) ۵۴ (۳) -۴۸ (۴)

پاسخ جسم در جابه‌جایی از نقطه A تا نقطه B از ارتفاع -4 m به ارتفاع $+5\text{ m}$ رسیده پس جسم به اندازه 9 m بالا رفته و کار نیروی وزن آن منفی است:

$$W_g = -mg\Delta h \xrightarrow[m=6\text{ kg}]{\Delta h=9\text{ m}} W_g = -6 \times 10 \times 9 = -54\text{ J}$$

گزینه ۱

B ۲۰۱ ۳

پاسخ فصل سوم

از کتاب درسی

بازی با سؤال مطابق شکل دو شخص طی مسافتی یکسان کار

از کتاب درسی

مشابهی روی جسم‌ها انجام می‌دهند. در این صورت:



شخص (۱) نیروی کمتری به جسم وارد کرده است.

شخص (۲) نیروی کمتری به جسم وارد کرده است.

هر دو شخص کار یکسانی بر جسم وارد کرده‌اند.

اظهار نظر قطعی نمی‌توان کرد.

پاسخ با توجه به رابطه کار $W = Fd \cos \theta$ و اینکه زاویه بین نیرو و

راستای حرکت شخص (۱) کمتر است پس:

$$W_{(2)} = W_{(1)} \Rightarrow F_{(2)} d \cos \theta_{(2)} = F_{(1)} d \cos \theta_{(1)}$$

$$\frac{\theta_{(1)} < \theta_{(2)}}{\cos \theta_{(1)} > \cos \theta_{(2)}} \rightarrow F_{(1)} < F_{(2)}$$

گزینه ۱

B ۱۷۸ ۴

بازی با سؤال جسمی با تندی اولیه 20 m/s از پایین یک سطح شیبداربه بالا فرستاده شده و با تندی 10 m/s به محل پرتاب باز می‌گردد. چنانچه کار

نیروی اصطکاک در مسیرهای رفت و برگشت برابر باشد، جسم حداکثر تا چه

ارتفاع قائمی از محل پرتاب بر حسب متر بالا رفته است؟ ($g=10\text{ m/s}^2$)

۲۰۰۰ (۱)

۱۲/۵ (۲)

۲۵ (۳)

(۴) اطلاعات مسئله کافی نیست.

پاسخ طبق قانون پایستگی انرژی

در مسیر رفت داریم:

$$E_2 - E_1 = W_f \Rightarrow mgh - \frac{1}{2}mv_1^2 = W_f$$

$$\Rightarrow 10mh - 200m = W_f$$

در مسیر بازگشت نیز خواهیم داشت:

$$E_2 - E_2 = W_f \Rightarrow \frac{1}{2}mv_2^2 - mgh = W_f$$

$$\Rightarrow 50m - 10mh = W_f$$

با توجه به سؤال کار نیروی اصطکاک در مسیر رفت و بازگشت یکسان است.

$$W_f = W_f \Rightarrow \frac{W_f = 10mh - 200m}{W_f = 50m - 10mh} \rightarrow 10mh - 200m = 50m - 10mh$$

$$\xrightarrow[\text{از دو طرف}]{\text{را ساده می‌کنیم}} 10h - 200 = 50 - 10h \Rightarrow 20h = 250 \Rightarrow h = 12.5\text{ m}$$

گزینه ۲

بازی با سؤال جسمی را با سرعت اولیه v_0 در شرایط خلأ از سطح

زمین و در راستای قائم، رو به بالا پرتاب می‌کنیم. نمودار انرژی جنبشی آن بر

حسب ارتفاع از سطح زمین در زمان رفت و برگشت کدام است؟

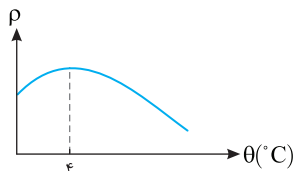
خارج تجربی - ۸۷

۲۴۵ A

بازی با سؤال اگر به ۴۰۰g آب با دمای ۲۰°C به اندازه Q گرما بدهیم، چگالی آن ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد. کدام گزینه درست است؟

(۱) $Q = 3360J$ (۲) $Q \geq 3360J$ (۳) $Q > 3360J$ (۴) $Q < 3360J$

پاسخ با توجه به انبساط غیرعادی آب، چگالی آب از ۰°C تا ۴°C افزایش می‌یابد (چون در این بازه حجم کاهش می‌یابد و با استفاده از رابطه چگالی $\rho = \frac{m}{V}$ می‌فهمیم که چگالی افزایش می‌یابد) و از ۴°C به بعد چگالی کاهش می‌یابد.



پس برای آنکه چگالی ابتدا افزایش و سپس کاهش یابد باید گرمای داده شده به جسم دمای آن را از ۲°C به دمای بیشتر از ۴°C برساند:

$$\Delta\theta \geq (4-2) \Rightarrow \Delta\theta > 2^\circ C$$

$$Q = mc\Delta\theta \xrightarrow{\Delta\theta > 2^\circ C} Q > 0.4 \times 4200 \times 2 \Rightarrow Q > 3360J$$

بنابراین گزینه (۳) درست است.

گزینه ۳

ریاضی - ۹۹

۲۴۷ B

بازی با سؤال به دو کره همجنس و همگن A و B به شعاع‌های R_A و $R_B = 4R_A$ گرما می‌دهیم. اگر افزایش دمای کره A نصف افزایش دمای کره B باشد، درصد تغییر سطح کره B بزرگ‌تر چند برابر درصد تغییر سطح کره کوچک‌تر است؟

(۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۴ (۴) ۱۶

پاسخ دو کره همجنس هستند، بنابراین ضریب انبساط طولی آن‌ها یکی است.

پاسخ درصد تغییر سطح در اثر افزایش دمای جسم برابر است با:

$$\Delta A = A_1(\alpha_A)\Delta\theta \xrightarrow{\Delta A = A_1(\alpha_A)\Delta\theta} \text{درصد تغییر سطح} = \frac{\Delta A}{A_1} \times 100 = 2\alpha_A\Delta\theta \times 100$$

بنابراین درصد تغییر سطح به اندازه سطح بستگی ندارد و تابعی از جنس جسم و تغییر دمای آن است.

پاسخ حال نسبت درصد تغییرات خواسته شده را حساب می‌کنیم:

$$\frac{\text{درصد تغییر سطح B}}{\text{درصد تغییر سطح A}} = \frac{2\alpha_B\Delta\theta_B}{2\alpha_A\Delta\theta_A} \xrightarrow{\alpha_A = \alpha_B} \frac{\Delta\theta_A = \frac{1}{2}\Delta\theta_B}{\alpha_A = \alpha_B}$$

$$\frac{\text{درصد تغییر سطح B}}{\text{درصد تغییر سطح A}} = 2$$

گزینه ۲

خارج ریاضی - ۹۳

۲۵۲ B

بازی با سؤال یک کتری با توان ۲kW دمای ۱/۵kg آب ۲۰°C را پس از ۵ دقیقه به ۱۰۰°C می‌رساند. بازده کتری چند درصد است؟

$$(c_{\text{پ}} = 4/2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C})$$

(۱) ۴۲ (۲) ۵۰ (۳) ۶۳ (۴) ۲۱

پاسخ فصل چهارم

۲۳۲ A

بازی با سؤال در این تغییر دما، تغییر محیط حلقه کدام گزینه می‌شود؟

(۱) $\frac{L_0}{2} \pi \alpha \theta$ (۲) $L_0 \pi \alpha \theta$ (۳) $L_0 \alpha \theta$ (۴) $\frac{L_0}{2} \alpha \theta$

پاسخ محیط یک جسم انبساط طولی دارد و با توجه به سؤال محیط اولیه حلقه L_0 (طول سیم) است: $L_0 \alpha \Delta\theta = L_0 \alpha (\theta - 0) = L_0 \alpha \theta$ تغییرات محیط

گزینه ۳

۲۳۹ B

بازی با سؤال در بازه دمایی ...°F تا ...°F چگالی آب ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

(۱) ۸۰، ۳۰ (۲) ۳۴، ۳۰ (۳) ۳۹، ۳۴ (۴) ۴۲، ۳۷

پاسخ چگالی آب در دمای ۴°C بیشینه مقدار خود را دارد و از دمای ۴°C تا ۴°C افزایش می‌یابد و بعد از دمای ۴°C چگالی کاهش می‌یابد، بنابراین برای اینکه چگالی در یک بازه ابتدا افزایش و سپس کاهش یابد باید دمای ۴°C در آن بازه قرار بگیرد. دمای ۴°C برابر $\frac{9}{5} \times 4 + 32 = 39/2^\circ F$ است

و دمای ۰°C برابر $\frac{9}{5} \times 0 + 32 = 32^\circ F$ است، بنابراین در بازه ۳۲°F تا ۳۹/۲°F چگالی آب افزایش می‌یابد و بعد از ۳۹/۲°F چگالی آب کاهش می‌یابد در نتیجه گزینه (۴) درست است.

۲۴۳ A

بازی با سؤال دمای m گرم از ماده A با گرفتن گرمای Q به اندازه x کلوین و دمای $\frac{m}{2}$ گرم از ماده B با گرفتن گرمای ۲Q به اندازه x درجه

فارنهایت بالا می‌رود. گرمای ویژه A چند برابر گرمای ویژه B است؟

(۱) $\frac{36}{5}$ (۲) $\frac{5}{36}$ (۳) $\frac{18}{5}$ (۴) $\frac{5}{18}$

پاسخ یادآوری! تغییر دما بر حسب فارنهایت $\frac{9}{5}$ تغییر دما بر حسب سلسیوس (و کلوین) است.

$$\begin{cases} \Delta\theta = \Delta T \\ \Delta F = \frac{9}{5} \Delta\theta \Rightarrow \Delta F = \frac{9}{5} \Delta T \end{cases}$$

پاسخ دمای جسم B، x درجه فارنهایت افزایش یافته است. بنابراین افزایش دمای جسم B بر حسب کلوین برابر است با:

$$\Delta T = \frac{5}{9} \Delta F \xrightarrow{\Delta F_B = x} \Delta T_B = \frac{5}{9} x \Rightarrow \Delta\theta_B = \frac{5}{9} x$$

پاسخ با توجه به رابطه گرماسنجی $Q = mc\Delta\theta$ خواهیم داشت:

$$A: Q = m_A c_A \Delta\theta_A \xrightarrow{\Delta\theta_A = \Delta T_A = x} Q = m c_A x \quad (I)$$

$$B: Q_B = 2Q = m_B c_B \Delta\theta_B \xrightarrow{\Delta\theta_B = \frac{5}{9} x} 2Q = \frac{m}{2} c_B \left(\frac{5}{9} x\right) \quad (II)$$

پاسخ رابطه (II) بر رابطه (I) تقسیم می‌کنیم.

$$\frac{2Q}{Q} = \frac{\frac{m}{2} c_B \left(\frac{5}{9} x\right)}{m c_A x} \Rightarrow 2 = \frac{1}{2} \left(\frac{c_B}{c_A}\right) \times \frac{5}{9} \Rightarrow \frac{c_A}{c_B} = \frac{5}{36}$$

پاسخ

نیم‌نگاه

دادن گرما همواره باعث تغییر دما نمی‌شود

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{تغییر دما} \\ \text{تغییر حالت} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \text{با گرمای ویژه: } Q = mc\Delta\theta \\ \text{با ظرفیت گرمایی: } Q = C\Delta\theta \\ \text{ذوب-انجماد: } Q = \pm mL_F \\ \text{تبخیر-میعان: } Q = \pm mL_V \end{array} \right.$$

ابتدا جرم یخ را با توجه به چگالی به دست می‌آوریم:

$$\rho_{\text{یخ}} = \frac{m}{V} \quad \rho_{\text{یخ}} = 0.9 \text{ g/cm}^3 = 900 \text{ kg/m}^3$$

$$m = \rho_{\text{یخ}} V \Rightarrow m = 900 \times 2 \times 10^{-3} = 1.8 \text{ kg}$$

نکته برای تبدیل یکای گرمای نهان از J/g به J/kg، باید آن را در ۱۰۰۰ ضرب کرد.

دقت کنید در این سؤال یخ 0°C به آب 0°C تبدیل شده و طی این فرایند تنها تغییر حالت داریم: $Q = mL_F \Rightarrow Q = 1.8 \times 335 \times 10^3 = 603 \times 10^3 \text{ J} = 603 \text{ kJ}$

گزینه ۲

از کتاب درسی

۲۶۵

A

بازی با سؤال دمای یک قطعه فلز به جرم 0.6 kg و گرمای ویژه c را توسط یک گرمکن 54 وات در مدت 11 s از 18°C به 42°C رسانده‌ایم. کدام گزینه درست است؟

$$c \leq 412 \text{ J/kgK} \quad (2)$$

$$c = 412 \text{ J/kgK} \quad (1)$$

(۴) اظهار نظر قطعی نمی‌توان کرد.

$$c \geq 412 \text{ J/kgK} \quad (3)$$

پاسخ توان گرمایی گرمکن 54 وات است، یعنی بیشینه گرمایی که در 11 s به فلز می‌دهد 544 J است به شرط آنکه اتلاف گرما وجود نداشته باشد و بازده 100% باشد، بنابراین بیشینه گرمایی که فلز دریافت می‌کند برابر است با:

$$P = \frac{Q}{t} \Rightarrow Q = Pt \Rightarrow Q_{\text{max}} = 54 \times 11 \text{ J}$$

اما در واقعیت توان گرمایی وسیله کمتر یا حداکثر $54 \times 11 \text{ J}$ است پس گرمای داده شده به فلز $Q \leq Q_{\text{max}}$ است که باعث افزایش دما خواهد شد.

$$Q \leq Q_{\text{max}} \xrightarrow{Q = mc\Delta\theta} mc\Delta\theta \leq 54 \times 11 \text{ J}$$

$$\Rightarrow 0.6 \times c \times 24 \leq 54 \times 11 \Rightarrow c \leq 412 \text{ J/kgK}$$

در نتیجه c باید کوچک‌تر یا برابر 412 J/kgK باشد. آزمون ۲۸ و ۲۹

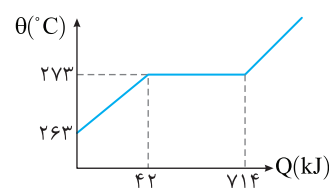
گزینه ۲

از کتاب درسی

۲۷۲

B

بازی با سؤال نمودار تغییرات دمای جسم جامدی با گرمای ویژه 210 J/kg.K بر حسب گرمای داده شده به آن مطابق شکل مقابل است. اگر به این جسم 420 kJ گرما داده شود، چند گرم از آن به صورت جامد باقی می‌ماند؟



$$427/5 \quad (1)$$

$$732 \quad (2)$$

$$1750 \quad (3)$$

$$875 \quad (4)$$

پاسخ به کمک نمودار جرم این جسم جامد را حساب می‌کنیم:

$$Q = mc\Delta\theta \xrightarrow{Q = 42 \times 10^3 \text{ J}, \Delta\theta = 273 - 263 = 10^\circ\text{C}} c = 210 \text{ J/kg.K}$$

$$42 \times 10^3 = m \times 210 \times 10 \Rightarrow m = 2 \text{ kg}$$

پاسخ ۱ انرژی ورودی به کتری در مدت 5 دقیقه برابر خواهد شد با:

$$P_{\text{ورودی}} = \frac{E_{\text{ورودی}}}{t} \Rightarrow E_{\text{ورودی}} = Pt \xrightarrow{P = 2000 \text{ W}, t = 5 \text{ min} = 300 \text{ s}}$$

$$E_{\text{ورودی}} = 2000 \times 300 = 6 \times 10^5 \text{ J}$$

۲ انرژی خروجی (انرژی مفید) همان انرژی است که صرف گرم کردن آب شده است از این‌رو:

$$Q = mc\Delta\theta \xrightarrow{m = 1/5 \text{ kg}, c = 4200 \text{ J/kg}^\circ\text{C}, \Delta\theta = 2^\circ\text{C}} Q = 1/5 \times 4200 \times 2$$

$$\Rightarrow Q = 4200 \times 3 \text{ J}$$

۳ بازده کتری برابر است با:

$$Ra = \frac{\text{انرژی خروجی}}{\text{انرژی ورودی}} \times 100 = \frac{4200 \times 3}{6 \times 10^5} \times 100 \Rightarrow Ra = 21\%$$

گزینه ۴

آزمون مدارس برتر

۲۵۸

C

بازی با سؤال داخل ظرف عایقی با ظرفیت گرمایی 56 J/kg که

محتوی 200 g آب 5°C است، فلزی به جرم m را درون ظرف می‌اندازیم و دمای تعادل 77°C می‌شود. پس از تعادل گرمایی چند درصد گرمایی که فلز از دست داده است، باعث بالا رفتن دمای آب شده است؟

$$c_{\text{آب}} = 4200 \text{ J/kg.K}, c_{\text{فلز}} = 810 \text{ J/kg.K}$$

$$56 \quad (2)$$

$$60 \quad (1)$$

(۴) به جرم m بستگی دارد.

$$48 \quad (3)$$

پاسخ ۱ دمای ظرف و آب درون آن یکی است، یعنی در این مسئله دمای ظرف و آب 5°C است.

۲ گرمایی که ظرف از فلز دریافت می‌کند تا دمایش از 5°C به 77°C برسد را حساب می‌کنیم.

$$Q_{\text{ظرف}} = C_{\text{ظرف}} \Delta\theta \Rightarrow Q_{\text{ظرف}} = 56 \times (77 - 5) \Rightarrow Q_{\text{ظرف}} = 56 \times 72 \text{ J}$$

۳ گرمایی که آب دریافت می‌کند تا دمایش از 5°C به 77°C برسد را به دست می‌آوریم.

$$Q_{\text{آب}} = m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \Delta\theta \Rightarrow Q_{\text{آب}} = 0.2 \times 4200 \times 72 = 840 \times 72 \text{ J}$$

۴ جمع $Q_{\text{آب}}$ و $Q_{\text{ظرف}}$ ، گرمایی است که فلز از دست داده است.

$$|Q_{\text{فلز}}| = Q_{\text{آب}} + Q_{\text{ظرف}} \Rightarrow |Q_{\text{فلز}}| = 840 \times 72 + 56 \times 72$$

$$|Q_{\text{فلز}}| = 1400 \times 72 \text{ J}$$

۵ اکنون درصد گرمایی که صرف بالا رفتن دمای آب شده است قابل محاسبه است.

$$\frac{Q_{\text{آب}}}{Q_{\text{فلز}}} = \frac{840 \times 72}{1400 \times 72} = 0.6$$

بنابراین 60% گرمای فلز به آب رسیده است.

گزینه ۱

از کتاب درسی

۲۶۲

A

بازی با سؤال حداقل چند کیلوژول گرما به دو لیتر یخ 0°C بدهیم تا

به‌طور کامل ذوب شود؟ ($\rho_{\text{یخ}} = 0.9 \text{ g/cm}^3$ ، $\rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3$)

$$(L_F = 335 \text{ J/g}, c_{\text{آب}} = 42 \text{ J/g}^\circ\text{C})$$

$$670 \quad (2)$$

$$600 \quad (1)$$

$$602/5 \quad (4)$$

$$603 \quad (3)$$

10°C نیز 10°C شود و نیازی نیست که یخ 0°C ذوب شود و یا آب منجمد شود. گرمایی که آب 10°C از دست می‌دهد تا دمایش 0°C شود را با گرمایی که یخ 4°C می‌گیرد تا دمایش 0°C شود برابر قرار می‌دهیم.

$$Q_{\text{ب}} = Q_{\text{ی}} \Rightarrow m_{\text{ب}} c_{\text{ب}} \Delta\theta = m_{\text{ی}} c_{\text{ی}} \Delta\theta$$

$$m \times 4 / 2 \times (10 - 0) = 0 / 1 \times 2 / 1 \times (4 - 0) \Rightarrow m = 0 / 2 \text{ kg} = 200 \text{ g}$$

گزینه ۱

خارج ریاضی - ۹۰

۳۱۵ B

بازی با سؤال ضریب انبساط طولی یک ورقه مربع شکل فلزی $K^{-1} \times 10^{-5} / 2$ و طول ضلع آن 40 cm است. روی ورقه در دمای 20°C یک حفره دایره‌ای شکل به شعاع 5 cm ایجاد می‌کنیم. اگر دمای ورقه را به 80°C برسانیم، نسبت درصد افزایش مساحت ورقه به درصد افزایش مساحت حفره کدام است؟

۸ (۱) ۱ (۲) ۱۶ (۳) ۴ (۴)

پاسخ

نیم‌نگاه به این جمله دقت کنید:

«با انبساط جامد، شکل آن عوض نمی‌شود و همه ابعاد آن به تناسب افزایش می‌یابد.» بنابراین در انبساط جسم جامد همه ابعاد آن به یک نسبت افزایش می‌یابد بنابراین نسبت درصد افزایش مساحت ورقه فلزی به درصد افزایش مساحت حفره برابر یک است یعنی اگر سطح ورقه 2% افزایش یابد، سطح حفره نیز 2% افزایش می‌یابد و گزینه (۲) درست است.

گزینه ۲

ریاضی - ۹۶

۳۱۹ B

بازی با سؤال در این سؤال اگر تغییر حجم کره B برابر ΔV_B و تغییر حجم حفره درون کره B برابر $\Delta V'_B$ باشد، حاصل $\frac{\Delta V_B}{\Delta V'_B}$ کدام است؟

۸ (۱) $\frac{1}{8}$ (۲) $\frac{1}{4}$ (۳) $\frac{1}{2}$ (۴) $\frac{1}{8}$

پاسخ به دست آوردن تغییر دما مانند سؤال قبل است، اما:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta V_B = V_B \beta_B \Delta\theta_B \\ V_A = \frac{4}{3} \pi r^3 \text{ حجم کره } A \rightarrow \Delta V_B = \left(\frac{32}{3} \pi r^3 \right) (\beta_B \Delta\theta_B) \\ \Delta V_B = V'_B \beta_B \Delta\theta_B \\ V_B = \frac{4}{3} \pi r^3 \text{ حجم حفره } B \rightarrow \Delta V'_B = \frac{4}{3} \pi r^3 (\beta_B \Delta\theta_B) \end{array} \right.$$

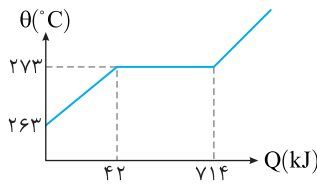
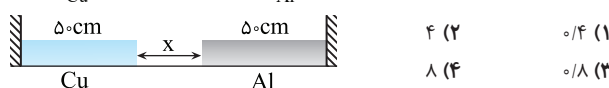
$$\div \rightarrow \frac{\Delta V_B}{\Delta V'_B} = \frac{\frac{32}{3} \pi r^3}{\frac{4}{3} \pi r^3} = 8$$

گزینه ۱

خارج تجربی - ۹۸

۳۲۰ B

بازی با سؤال دو میله مسی و آلومینیومی بین دو دیواره ثابت قرار دارند. وقتی دمای دو میله را 200 K بالا می‌بریم دو میله به هم می‌رسند. x چند میلی‌متر بوده است؟ $\alpha_{\text{Al}} = 2 / 3 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ و $\alpha_{\text{Cu}} = 1 / 7 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$



۲ با توجه به نمودار با دادن $714 - 42 = 672 \text{ kJ}$ گرما، تمام جسم جامد در نقطه

ذوب 273°C به مایع تبدیل می‌شود. $Q = mL_F \Rightarrow 672 = 2L_F \Rightarrow L_F = 336 \text{ kJ}$

۳ به جسم جامد 420 kJ گرما داده‌ایم و 42 kJ آن صرف افزایش دمای جسم شده است و باقی آن صرف ذوب بخشی از جسم جامد شده است و جرم جامد ذوب شده خواهد شد: $Q = mL_F \Rightarrow 420 - 42 = m \times 336$, $m = \frac{378}{336} \Rightarrow m = \frac{9}{8} \text{ kg}$

۴ جرم جامد باقی مانده برابر است با: $2 - \frac{9}{8} = \frac{7}{8} \text{ kg} = 875 \text{ g}$

گزینه ۴

خارج ریاضی - ۸۹

۲۷۸ B

بازی با سؤال به m کیلوگرم یخ با دمای 10°C ، مقدار $176 / 4 \text{ kJ}$ گرما می‌دهیم. در نهایت مخلوط آب و یخ در حال تعادل خواهیم داشت. اگر نسبت جرم آب به جرم یخ 4 باشد، m چند کیلوگرم است؟ $(L_F = 336000 \text{ J/kg}$, $c_{\text{یخ}} = 2100 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$)

۳ (۱) $5 / 0$ (۲) 3 (۳) $1 / 5$ (۴)

پاسخ ۱ آنچه مسلم است با دادن $176 / 4 \text{ kJ}$ گرما به m کیلوگرم یخ، تمام یخ ذوب نشده است و در نهایت مخلوط آب و یخ در حال تعادل داریم یعنی دمای تعادل 0°C است.

۲ از طرفی بنا به فرض مسئله در نهایت $\frac{m_{\text{آب}}}{m_{\text{یخ}}} = 4$ بوده و مجموع جرم آب و یخ برابر $m = m_{\text{آب}} + m_{\text{یخ}}$ است. بنابراین خواهیم داشت:

$$m_{\text{آب}} = 4m_{\text{یخ}} \text{ یخ ذوب شده}, m = m_{\text{آب}} + m_{\text{یخ}} \text{ یخ ذوب نشده}$$

$$\Rightarrow m = 4m_{\text{یخ}} + m_{\text{یخ}} \Rightarrow m = 5m_{\text{یخ}} \quad (I)$$

۳ بخشی از گرما صرف تبدیل یخ 10°C به یخ 0°C و بخش دیگر آن صرف تبدیل قسمتی از m کیلوگرم یخ 0°C به آب 0°C شده است.

$$Q = Q_{\text{یخ}} + Q_{\text{آب}} = m_{\text{یخ}} c_{\text{یخ}} \Delta\theta + m_{\text{آب}} L_F \quad (II)$$

$$176400 = m \times 2100 \times (10 - 0) + \left(\frac{m}{5} \right) \times 336000 \Rightarrow$$

$$176400 = m \times 2100 + 67200m \Rightarrow 176400 = 88200m \Rightarrow m = 2 \text{ kg}$$

گزینه ۳

ریاضی - ۹۲

۳۰۹ B

بازی با سؤال حداقل چند گرم آب 10°C را روی 100 g یخ 40°C بریزیم تا دمای تعادل صفر درجه سلسیوس شود؟ (تبادل گرمایی بین آب و یخ صورت می‌گیرد و اتلاف وجود ندارد. $c_{\text{یخ}} = 2 / 1 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$ و $L_F = 336 \text{ kJ/kg}$)

$$L_F = 336 \text{ kJ/kg} \text{ و } c_{\text{آب}} = 4 / 2 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C}$$

۲۰۰ (۱) 400 (۲) 100 (۳) 50 (۴)

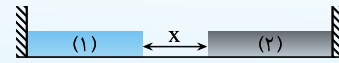
پاسخ یادآوری تبادل گرمایی بین دو جسم تا جایی ادامه پیدا می‌کند که دمای دو جسم یکسان شود. مثلاً آب 0°C و یخ 0°C دارای دمای یکسانی‌اند و دیگر گرمایی بین آن‌ها مبادله نمی‌شود.

به کلمه حداقل در صورت مسئله دقت کنید. قرار است دمای تعادل 0°C شود، برای این منظور کافی است یخ 40°C به یخ 0°C تبدیل شود و دمای آب

پاسخ

نیم‌نگاه

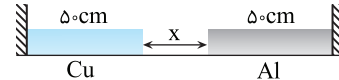
هرگاه یک میله را به دیواره‌ای از یک سر ثابت نگه داریم، با افزایش دمای میله انبساط طول آن تنها از سر آزاد آن رخ می‌دهد و برای آن که دو میله به هم برسند قطعاً $x = \Delta L_1 + \Delta L_2$ خواهد بود.



یادآوری یادمان باشد که تغییر دما بر حسب کلوین و درجه سلسیوس یکسان است. تغییرات دما 200°K داده شده است. پس:

$$\Delta\theta = \Delta T \Rightarrow \Delta\theta = 200^\circ\text{C}$$

کافی است افزایش طول هر میله را به دست آورده با هم جمع کنیم.



$$x = \Delta L_{\text{Cu}} + \Delta L_{\text{Al}} = \alpha_{\text{Cu}} L_{\text{Cu}} \Delta\theta + \alpha_{\text{Al}} L_{\text{Al}} \Delta\theta$$

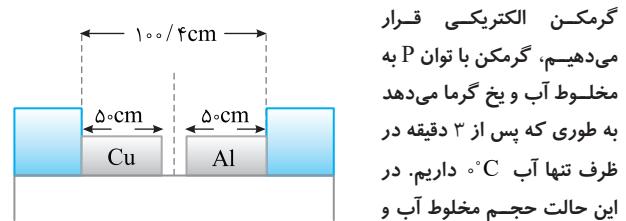
$$\Rightarrow x = 1/7 \times 10^{-5} \times 50 \times 200 + 2/3 \times 10^{-5} \times 50 \times 200$$

$$\Rightarrow x = (1/7 + 2/3) \times 10^{-5} \times 50 \times 200 = 4 \times 10^{-1} \text{ cm} \Rightarrow x = 4 \text{ mm}$$

پاسخ

بازی با سؤال

ظرفی حاوی آب و یخ در حال تعادل را روی یک



گره‌کن الکتریکی قرار می‌دهیم. گره‌کن با توان P به مخلوط آب و یخ گرما می‌دهد به طوری که پس از ۳ دقیقه در ظرف تنها آب 0°C داریم. در این حالت حجم مخلوط آب و یخ 200 cm^3 کاهش می‌یابد. P چند وات است؟

$$(L_F = 336 \text{ kJ/kg}, \rho_{\text{یخ}} = 0.9 \text{ g/cm}^3, \rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3)$$

$$252 \quad (4) \quad 168 \quad (3) \quad 672 \quad (2) \quad 336 \quad (1)$$

پاسخ با یک تست چند مرحله‌ای سروکار داریم. باید از آخر مسئله را حل کنیم، یعنی از کاهش حجم به جرم یخ پی ببریم. سپس گرمای لازم برای ذوب این مقدار را حساب می‌کنیم و در نهایت ρ را به دست می‌آوریم.

یادآوری دمای مخلوط آب و یخ در حال تعادل 0°C است، از طرفی با ذوب یخ حجم آن کاهش می‌یابد.

۱) کاهش حجم مخلوط آب و یخ ناشی از کاهش حجم یخ است. البته جرم یخ و جرم آب حاصل از ذوب یخ برابر است.

$$m_{\text{یخ}} = m_{\text{آب}} \Rightarrow \rho_{\text{یخ}} V_{\text{یخ}} = \rho_{\text{آب}} V_{\text{آب}} \Rightarrow V_{\text{یخ}} = \frac{\rho_{\text{آب}}}{\rho_{\text{یخ}}} V_{\text{آب}} = \frac{1}{0.9} V_{\text{آب}}$$

$$V_{\text{یخ}} - V_{\text{آب}} = 200 \text{ cm}^3 \Rightarrow \frac{1}{0.9} V_{\text{آب}} - V_{\text{آب}} = 200 \Rightarrow V_{\text{آب}} = 200 \text{ cm}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow 0.9 = \frac{m}{200} \Rightarrow m = 180 \text{ g}$$

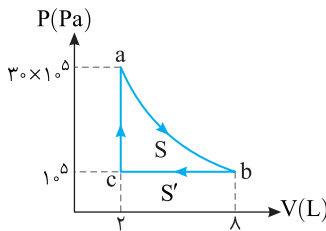
۲) جرم یخ برابر است با:

$$Q = mL_F \Rightarrow Q = \frac{180}{1000} \times 336000 = 180 \times 336 \text{ J}$$

۳) اکنون مقدار گرمای لازم برای ذوب 180 g یخ 0°C را حساب می‌کنیم.

$$P = \frac{Q}{t} \Rightarrow P = \frac{180 \times 336}{3 \times 60} \Rightarrow P = 336 \text{ W}$$

بنابراین توان P خواهد شد:



کار در فرایند ab برابر سطح زیر نمودار ab یعنی مجموع سطوح S و S' است. البته در فرایند ab گاز منبسط شده و کار محیط روی دستگاه منفی است. از این رو می‌توان نوشت:

$$|W_{ab}| = S + S' \Rightarrow |W_{ab}| = 500 + 10^5 \times (8 - 2) \times 10^{-3}$$

$$\Rightarrow |W_{ab}| = 500 + 600 \Rightarrow W_{ab} = -1100$$

گزینه ۴

۳۶۱ A

بازی با سؤال یک ماشین گرمایی در یک دقیقه جسمی به جرم ۲۰ kg را تا ارتفاع ۳۰ متری با تندی ثابت بالا می‌برد و در این مدت ۲۴ kJ گرما به منبع دمایی می‌دهد. بازده این ماشین گرمایی چند درصد است؟ ($g = 10 \text{ N/kg}$)

۲۵ (۱) ۲۰ (۲) ۱۵ (۳) ۱۸ (۴)

پاسخ با توجه به قضیه کار و انرژی جنبشی می‌توان نوشت:

$$W_{\text{وزن}} + W_{\text{ماشین}} = \Delta K \xrightarrow{\Delta K=0} W_{\text{ماشین}} = -W_{\text{وزن}} \Rightarrow W_{\text{ماشین}} = -(-mgh)$$

$$W_{\text{ماشین}} = mgh \Rightarrow W_{\text{ماشین}} = 20 \times 10 \times 30 \Rightarrow |W| = 6000 \text{ J} = 6 \text{ kJ}$$

بنا به قانون پایستگی انرژی خواهیم داشت:

$$Q_H = |W| + |Q_L| \Rightarrow Q_H = 6 + 24 = 30 \text{ kJ}$$

بازده را حساب می‌کنیم.

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} \times 100 \Rightarrow \eta = \frac{6}{30} \times 100 \Rightarrow \eta = 20\%$$

گزینه ۲

۳۷۶ B

بازی با سؤال دمای یک قطعه فلزی به جرم ۱۲۰۰ g از ۶۰°F به ۱۰۵°C می‌رسد. انرژی درونی آن چند کیلوژول افزایش می‌یابد؟ ($c = 900 \text{ J/kg}^\circ\text{K}$)

۱۷/۵ (۱) ۱۷/۱ (۲) ۱۶/۱ (۳) ۱۶/۵ (۴)

پاسخ در فرایند هم‌فشار که برای جامد انجام می‌شود، گرمای مبادله شده خیلی بیشتر از مقدار کاری است که روی قطعه انجام می‌شود پس در به‌دست آوردن انرژی درونی تنها گرمای مبادله شده را در نظر می‌گیریم.

$$\Delta U = Q + W \xrightarrow{W=0} \Delta U = mc\Delta\theta$$

دمای ابتدایی را بر حسب درجه سلسیوس به‌دست می‌آوریم.

$$F = \frac{9}{5}\theta + 32 \Rightarrow 60 = \frac{9}{5}\theta + 32 \Rightarrow 18 = \frac{9}{5}\theta \Rightarrow \theta = 10^\circ\text{C}$$

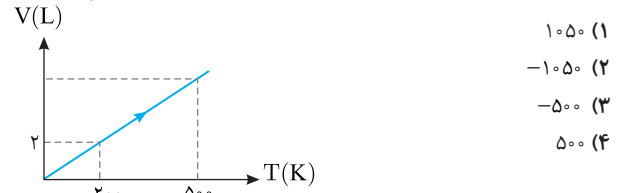
$$\Delta U = mc\Delta\theta \Rightarrow \Delta U = 1200 \times 900 \times (105 - 10) \Rightarrow \Delta U = 171000 \text{ J} = 171 \text{ kJ}$$

گزینه ۲

پاسخ فصل پنجم

۳۴۴ A

بازی با سؤال نمودار V-T فرایند ۲ مول گاز آرمانی مطابق شکل روبه‌روست. کار محیط روی دستگاه چند ژول است؟ ($R = \frac{25}{3} \text{ J/mol.K}$)



پاسخ نمودار V-T از مبدأ می‌گذرد. بنابراین فرایند هم‌فشار است و کار محیط روی دستگاه خواهد شد:

$$W = -P\Delta V = -nRT \Rightarrow W = -2 \times \frac{25}{3} \times (500 - 200) \Rightarrow W = -500 \text{ J}$$

گزینه ۳

۳۵۳ B

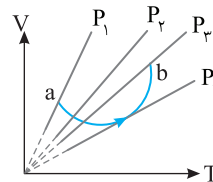
بازی با سؤال در شکل روبه‌رو نمودار V-T یک گاز آرمانی رسم شده، فشار گاز در فرایند ab چگونه تغییر می‌کند؟

(۱) همواره افزایش

(۲) همواره کاهش

(۳) ابتدا افزایش و سپس کاهش

(۴) ابتدا افزایش و سپس کاهش



پاسخ نمودارهایی که از مبدأ V-T می‌گذرند مربوط به فرایند هم‌فشارند. از طرفی هر چه شیب این نمودار کمتر باشد فشار گاز بیشتر است.

برای حل مسئله تعدادی فرایند هم‌فشار رسم می‌کنیم، با توجه به شیب آن‌ها خواهیم داشت:

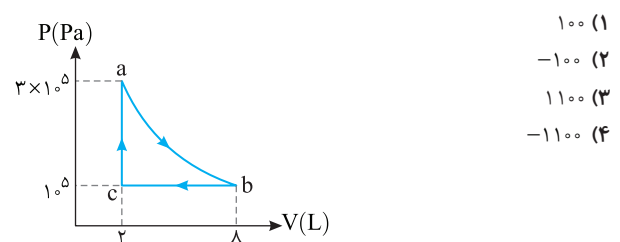
$$P_1 < P_2 < P_3 < P_4$$

از این رو در فرایند ab ابتدا فشار از P_1 تا P_4 در حال افزایش و سپس از P_4 به P_3 در حال کاهش است.

گزینه ۳

۳۵۸ A

بازی با سؤال در چرخه زیر، دستگاه ۵۰۰ J گرما دریافت می‌کند، کار محیط روی دستگاه در فرایند ab چند ژول است؟



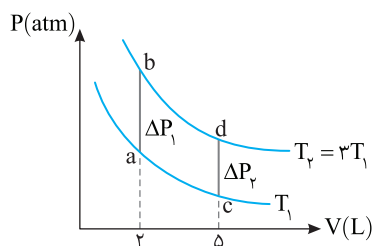
پاسخ سطح محصور درون چرخه برابر مقدار گرمای مبادله شده بین جسم و دستگاه و همچنین مقدار کار انجام‌شده روی دستگاه است.

$$S = |Q| = |W| \xrightarrow{Q=500 \text{ J}} S = |W| = 500 \text{ J}$$

۳۹۰ ۲ A

بازی با سؤال

در شکل روبه‌رو دو نمودار هم‌دمای یک گاز آرمانی

رسم شده است. نسبت $\frac{\Delta P_r}{\Delta P_l}$ کدام است؟

- (۱) $\frac{5}{2}$
 (۲) $\frac{3}{2}$
 (۳) $\frac{2}{5}$
 (۴) $\frac{2}{3}$

پاسخی کافی است قانون گازها را برای حالت‌های a، b، c و d بنویسیم.

$$\begin{cases} a: P_a V_a = nRT_a \Rightarrow P_a \times 2 = nRT_1 \\ b: P_b V_b = nRT_b \Rightarrow P_b \times 2 = nR(3T_1) \end{cases} \xrightarrow[\text{کم می‌کنیم}]{\text{دو رابطه را از هم}} \rightarrow$$

$$2(P_b - P_a) = nR(3T_1 - T_1) \Rightarrow \Delta P_l = nRT_1$$

$$\begin{cases} c: P_c V_c = nRT_c \Rightarrow P_c \times 5 = nRT_1 \\ d: P_d V_d = nRT_d \Rightarrow P_d \times 5 = nR(3T_1) \end{cases}$$

$$\Rightarrow 5(P_d - P_c) = nR(3T_1 - T_1) \Rightarrow \Delta P_r = \frac{nR(2T_1)}{5}$$

$$\frac{\Delta P_r}{\Delta P_l} = \frac{\frac{2}{5} nRT_1}{nRT_1} \Rightarrow \frac{\Delta P_r}{\Delta P_l} = \frac{2}{5}$$

بنابراین خواهیم داشت:

گزینه ۳

پاسخ تشریحی فیزیک یازدهم

هم هستند و اندازه برابند آنها از تفاضل دو بردار به دست می آید.

$$F_x = F_p - F_y = 1/8 - 1/35 = 0/45 \text{ N}$$

نیروی F_1 روی محور y ها و در خلاف محور y هاست $F_y = 0/9 \text{ N}$ بنابراین نیروی

خالص وارد بر q' برابر است با:

$$\vec{F}_T = -0/45\vec{i} - 0/9\vec{j}$$

گزینه ۱

تجربی - ۹۳

۴۱۴ B

در شکل زیر نیروی الکتریکی خالص وارد بر هر یک از

بارهای نقطه‌ای صفر است. نسبت $\frac{q_2}{q_1}$ کدام است؟

$$\begin{array}{cccc} q_1 = 4q_3 & q_2 & q_3 & \\ \frac{1}{4} \text{ (۴)} & -\frac{1}{9} \text{ (۳)} & \frac{1}{4} \text{ (۲)} & \frac{1}{9} \text{ (۱)} \end{array}$$

پاسخ: در حل این نوع مسائل ابتدا باید رابطه‌ای که بین فاصله بارها برقرار

است را به دست آوریم. وقتی مسئله نسبت $\frac{q_2}{q_1}$ را می‌خواهد ابتدا باید رابطه بین

فاصله q_1 با q_2 و q_2 با q_3 را به دست بیاوریم. از این رو به بررسی نیروهای

وارد بر q_2 می‌پردازیم. نیروی خالص وارد بر q_2 صفر است.

$$\begin{array}{c} \text{r} \quad \text{x} \\ q_1 = 4q_3 \quad F_{12} \quad q_2 \quad F_{23} \quad q_3 \\ F_{12} = F_{23} \Rightarrow k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = k \frac{|q_3||q_2|}{x^2} \quad q_1 = 4q_3 \Rightarrow \frac{4}{r^2} = \frac{1}{x^2} \Rightarrow r = 2x \end{array}$$

اکنون نیروهای وارد بر q_3 را بررسی می‌کنیم. بنا بر فرض مسئله نیروهای F_{13} و F_{23} باید با هم برابر و در خلاف جهت هم باشند. بارهای q_1 و q_2 همنامند و بار q_1 ، بار q_3 را می‌راند، بنابراین بار q_2 با بار q_3 باید ناهمنام باشد و آن را برابری تا دو نیروی F_{13} و F_{23} در خلاف جهت هم باشند. در نتیجه q_2 با q_1 نیز ناهمنام است.

$$F_{23} = F_{13} \Rightarrow k \frac{|q_2||q_3|}{x^2} = k \frac{|q_1||q_3|}{(r+x)^2} \quad r+x=3x \Rightarrow \frac{|q_2|}{x^2} = \frac{|q_1|}{9x^2} \Rightarrow \frac{|q_2|}{|q_1|} = \frac{1}{9}$$

در نتیجه $\frac{q_2}{q_1} = -\frac{1}{9}$ است.

میانبر: نیروهای وارد بر q_2 را بررسی می‌کنیم. نیروی کولنی با مجذور فاصله

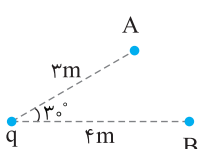
بین دو بار نسبت وارون دارد از این رو چون بار $q_1 = 4q_3$ است بنابراین فاصله q_1 تا q_2 باید دو برابر فاصله q_3 تا q_2 باشد تا نیروهای F_{12} و F_{23} برابر شوند. چون فاصله بار q_2 تا q_3 ، x و فاصله بار q_1 تا q_2 برابر $3x$ است، برای آنکه نیروهای

وارد بر q_2 برابر باشند قطعاً بار q_2 ، $\frac{1}{9}$ بار q_1 خواهد بود.

گزینه ۳

تجربی - ۹۳

۴۲۲ B



پاسخ: اختلاف بزرگی میدان

الکتریکی بار q در نقاط A و B برابر 14 N/C

است. بار q چند نانوکولن است؟

$$(k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2)$$

$$\begin{array}{cccc} 36 \text{ (۴)} & 32 \text{ (۳)} & 18 \text{ (۲)} & 16 \text{ (۱)} \end{array}$$

پاسخ فصل ششم

۴۰۱ A

پاسخ: بار الکتریکی یک جسم بردار، کدام یک از مقادیرهای زیر

نمی‌تواند باشد؟

$$\begin{array}{ll} 8 \times 10^{-17} \text{ C} \text{ (۲)} & 6/4 \times 10^{-19} \text{ C} \text{ (۱)} \\ 3/2 \times 10^{-20} \text{ C} \text{ (۴)} & 7/2 \times 10^{-18} \text{ C} \text{ (۳)} \end{array}$$

پاسخ: بار الکتریکی همواره مضرب صحیحی از بار پایه الکترون است

($q = \pm ne$) و تنها گزینه (۴) مضرب صحیحی از بار یک الکترون نیست.

$$\text{گزینه (۱): } \frac{6/4 \times 10^{-19}}{1/6 \times 10^{-19}} = 4, \text{ گزینه (۲): } \frac{8 \times 10^{-17}}{1/6 \times 10^{-19}} = 500$$

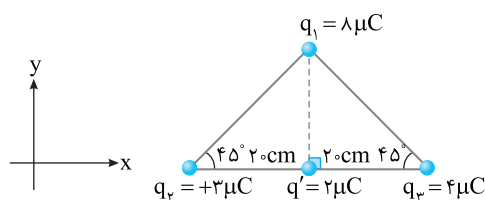
$$\text{گزینه (۳): } \frac{7/2 \times 10^{-18}}{1/6 \times 10^{-19}} = 45, \text{ گزینه (۴): } \frac{3/2 \times 10^{-20}}{1/6 \times 10^{-19}} = 0/2$$

گزینه ۴

۴۰۹ B

پاسخ: در شکل زیر بردار نیروی وارد بر بار $q' = 2 \mu\text{C}$

بر حسب $\vec{i}$ و $\vec{j}$ برابر با کدام گزینه است؟ ($k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$)



$$\vec{F}_T = -0/9\vec{i} + 0/45\vec{j} \text{ (۲)} \quad \vec{F}_T = -0/45\vec{i} - 0/9\vec{j} \text{ (۱)}$$

$$\vec{F}_T = +0/9\vec{i} - 1/8\vec{j} \text{ (۴)} \quad \vec{F}_T = -0/9\vec{i} + 1/8\vec{j} \text{ (۳)}$$

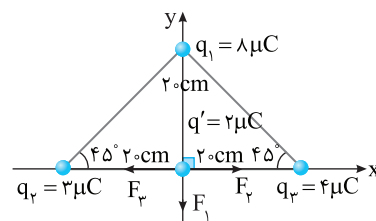
پاسخ: گزینه‌های تست برحسب بردارهای یک $\vec{i}$ و $\vec{j}$

است، بنابراین کافی است نیروهای وارد بر q' را در امتداد محورها به دست

آورید، سپس برابری نیروها را روی هر محور جداگانه به دست آورید، تا نیروی

خالص را برحسب $\vec{i}$ و $\vec{j}$ بنویسید. بنا بر قانون کولن نیرویی را که هر بار بر بار

q' وارد می‌کند به دست می‌آوریم.



$$F = k \frac{qq'}{r^2} \Rightarrow \begin{cases} \text{نیروی } q_1 \text{ بر } q': \text{دافعه } q' = \frac{9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{4 \times 10^{-2}} = 0/9 \text{ N}} \\ \text{نیروی } q_2 \text{ بر } q': \text{دافعه } q' = \frac{9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{4 \times 10^{-2}} = 1/35 \text{ N}} \\ \text{نیروی } q_3 \text{ بر } q': \text{دافعه } q' = \frac{9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{4 \times 10^{-2}} = 1/8 \text{ N}} \end{cases}$$

در این صورت بر طبق شکل نیروهای F_2 و F_3 روی محور x ها بوده و در خلاف جهت

بار را حساب کنید و سپس برابری بگیرید. دقت کنید در این روش ما با انتخاب میدان E_1 برای بار $1\mu C$ ، تمام میدان‌ها را بر حسب E_1 به‌دست آوریم که همه این مراحل را شما باید ذهنی انجام دهید و در نهایت به $E_T = \sqrt{2}E_1$ برسید و با محاسبات E_1 به حل تست خاتمه دهید که باعث صرفه‌جویی زیادی در زمان حل مسئله می‌شود.

از کتاب درسی

۴۲۹ B

بازی با سؤال از ذره‌ای به جرم m ، 10 الکترون جدا کرده‌ایم و ذره در یک میدان الکتریکی یکنواخت $10^5 N/C$ ، معلق و ساکن است. به ترتیب از راست به چپ در کدام گزینه جهت میدان الکتریکی و وزن ذره برحسب پیکوگرم صحیح است؟ ($e=1.6 \times 10^{-19} C$ و $g=10 N/kg$)

- (۱) به سمت بالا - 16 (۲) به سمت بالا - $1/6 \times 10^{-2}$
(۳) به سمت پایین - 16 (۴) به سمت پایین - $1/6 \times 10^{-2}$

پاسخ ابتدا بار ذره را به‌دست می‌آوریم: الکترون از بار گرفته شده است
 $q = +ne \Rightarrow q = 10 \times 1.6 \times 10^{-19} = 1.6 \times 10^{-18} C$

برای آنکه جسم معلق باشد باید نیروهای وارد بر آن (نیروی الکتریکی و نیروی وزن) با هم برابر و خلاف جهت هم باشند:

$$F_E = mg \Rightarrow qE = mg \Rightarrow m = \frac{qE}{g} = \frac{1.6 \times 10^{-18} \times 10^5}{10}$$

$$\Rightarrow m = 1.6 \times 10^{-14} kg$$

حال این جرم را بر حسب پیکوگرم به‌دست می‌آوریم:

$$1.6 \times 10^{-14} kg \times \frac{10^{12} g}{1 kg} = 16 pg$$

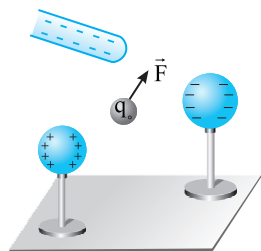
بر بار مثبت در جهت میدان الکتریکی نیرو وارد می‌شود و چون نیروی الکتریکی رو به بالاست باید میدان الکتریکی نیز روبه بالا باشد.

گزینه ۱

از کتاب درسی

۴۳۲ B

بازی با سؤال بار آزمون نشان داده شده در شکل $q_0 = +3 \times 10^{-8} C$ است و از سوی دو گوی و یک میله



باردار نیرویی برابر با $6 \times 10^{-5} N$ جهت نشان داده شده به آن وارد می‌شود. بار آزمون q_0 را اگر با بار $q'_0 = 12 \times 10^{-8} C$ جایگزین کنیم به آن چه نیرویی وارد می‌شود؟

- (۱) $1/2 \times 10^{-4}$ (۲) $1/2 \times 10^{-5}$ (۳) $2/4 \times 10^{-4}$ (۴) $2/4 \times 10^{-5}$

پاسخ میدان الکتریکی در محل بار آزمون را به کمک نیروی وارد بر بار آزمون حساب می‌کنیم.

$$E = \frac{F}{q_0} \Rightarrow E = \frac{6 \times 10^{-5}}{3 \times 10^{-8}} \Rightarrow E = 2 \times 10^3 N/C$$

با تغییر بار آزمون میدان حاصل از میله باردار و دو گوی در نقطه‌ای که بار آزمون قرار می‌گیرد تغییر نمی‌کند از این رو خواهیم داشت:

$$F = Eq'_0 \Rightarrow F = 2 \times 10^3 \times 12 \times 10^{-8} = 24 \times 10^{-5} N = 2/4 \times 10^{-4} N$$

گزینه ۳

پاسخ با توجه به رابطه $E = k \frac{q}{r^2}$ ، میدان در نقاط A و B برابر است با:

$$E_A = 9 \times 10^9 \frac{q}{9} \Rightarrow E_A = 10^9 q, E_B = 9 \times 10^9 \times \frac{q}{16} \Rightarrow E_B = \frac{9}{16} \times 10^9 q$$

با توجه به فرض مسئله اختلاف بزرگی این دو میدان $14 N/C$ است بنابراین خواهیم داشت:

$$\Delta E = E_A - E_B \Rightarrow 14 = 10^9 q \left(1 - \frac{9}{16}\right) \Rightarrow 14 = 10^9 q \left(\frac{7}{16}\right) \Rightarrow q = 32 \times 10^{-9} C = 32 nC$$

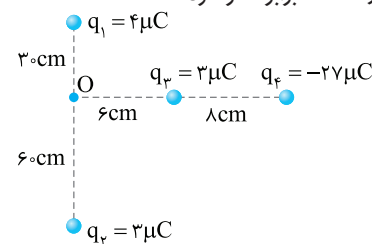
گزینه ۳

۴۲۷ B

بازی با سؤال بارهای الکتریکی q_1, q_2, q_3, q_4 مطابق شکل

زیر قرار گرفته‌اند. بار الکتریکی q_4 را چند سانتی‌متر و در کدام جهت جابه‌جا

کنیم تا میدان حاصل از بارها در نقطه O برابر صفر شود؟
 (۱) $4 cm$ به راست
 (۲) $4 cm$ به چپ
 (۳) $10 cm$ به راست
 (۴) هیچکدام



پاسخ میدان الکتریکی خالص در نقطه O با حرکت q_4 هرگز صفر

نمی‌شود زیرا میدان الکتریکی بارهای q_1 و q_2 در نقطه O با هم برابر نیستند و یکدیگر را خنثی نمی‌کنند و این مسئله سبب می‌گردد که میدان الکتریکی در نقطه O صفر نشود.

گزینه ۴

۴۲۸ C

بازی با سؤال چهار ذره باردار

در چهار رأس مربعی به ضلع $3 cm$ قرار گرفته‌اند. میدان الکتریکی خالص حاصل از این چهار ذره در مرکز مربع چند نیوتون بر کولن است؟

پاسخ ضلع مربع $3 cm$ است بنابراین قطر مربع $3\sqrt{2} cm$ و نصف آن $\frac{3\sqrt{2}}{2} cm$ است.

فاصله بارها از مرکز مربع برابر است. بنابراین اگر میدان بار الکتریکی $q_1 = +1 \mu C$ باشد اندازه میدان الکتریکی بار $-1 \mu C$ نیز برابر E_1 و اندازه میدان الکتریکی بارهای $2 \mu C$ و $-2 \mu C$ در مرکز مربع $2E_1$ است.

با توجه به شکل برابری میدان‌های E_2 و E_4 خواهد شد: $E_2 - E_4 = 2E_1 - E_1 = E_1$

با توجه به شکل برابری میدان‌های E_1 و E_3 خواهد شد: $E_3 - E_1 = 2E_1 - E_1 = E_1$

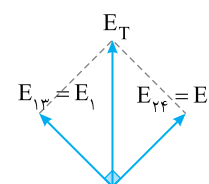
بنابراین میدان الکتریکی برابری خواهد شد:

$$E_T = \sqrt{E_1^2 + E_1^2} = \sqrt{2}E_1 = \sqrt{2}k \frac{|q_1|}{r^2}$$

$$E_T = \sqrt{2} \times 9 \times 10^9 \times \frac{10^{-6}}{(1.5 \times 10^{-2})^2}$$

$$\Rightarrow E_T = 2\sqrt{2} \times 10^7 N/C$$

ممکن است این روش برای شما عجیب باشد و ترجیح دهید. میدان الکتریکی هر



آزمون مدارس برتر

B ۴۵۸

بازی با سوال

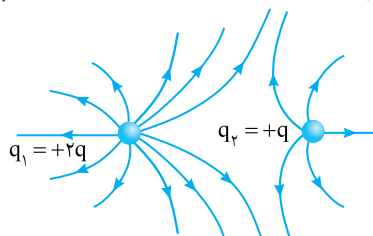
در شکل زیر اگر از نزدیکی بار q_1 تا نزدیکی بار q_2 برویم، اندازه میدان الکتریکی و پتانسیل الکتریکی به ترتیب از راست به چپ چگونه تغییر می‌کند؟

$$q_1 = +2q \quad q_2 = +q$$

- (۱) هر دو افزایش می‌یابند. (۲) هر دو کاهش می‌یابند.
(۳) افزایش می‌یابد، کاهش می‌یابد. (۴) هر دو ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.

پاسخ

q_2 را رسم کنیم تا بتوانیم مسئله را بررسی کنیم.
با حرکت از نزدیکی q_1 ابتدا تراکم خطوط میدان کاهش می‌یابد، یعنی ابتدا میدان کم می‌شود و سپس با نزدیک شدن به q_2 دوباره تراکم زیاد شده یعنی میدان افزایش می‌یابد. پس میدان ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد. همچنین هر گاه در جهت خطوط میدان حرکت کنیم پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد و اگر در خلاف جهت خطوط میدان حرکت کنیم پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد از این‌رو با حرکت از نزدیکی q_1 ابتدا در جهت خطوط میدان حرکت می‌کنیم



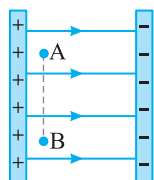
یعنی پتانسیل ابتدا کاهش می‌یابد و سپس در خلاف جهت خطوط میدان حاصل از q_2 به آن نزدیک می‌شویم، یعنی پتانسیل افزایش می‌یابد. پس پتانسیل ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.

گزینه ۴

B ۴۶۱

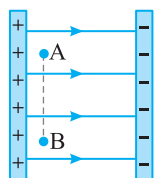
بازی با سوال

در شکل روبه‌رو دو ذره باردار با جرم $m_A = m$ و $m_B = 2m$ و بار الکتریکی یکسان $+q$ از مجاورت صفحه مثبت رها می‌شوند. کدام گزینه در مورد شتاب حرکت آن‌ها و کار میدان الکتریکی وارد بر آن‌ها تا رسیدن به صفحه منفی درست است؟



$$W_{EA} = W_{EB}, a_A = 2a_B \quad (2) \quad W_{EA} > W_{EB}, a_A = a_B \quad (1)$$

$$W_{EA} = W_{EB}, a_A = a_B \quad (4) \quad W_{EA} < W_{EB}, a_A = 2a_B \quad (3)$$



پاسخ: بار هر دو ذره برابر است بنابراین نیرویی که از سوی میدان الکتریکی یکنواخت بر آن‌ها وارد می‌شود برابر است.

$$F = qE \xrightarrow{q_A = q_B = q} F_A = F_B$$

بنا بر قانون دوم نیوتون ($F = ma$) خواهیم داشت:

$$F_A = F_B \Rightarrow m_A a_A = m_B a_B \xrightarrow{\frac{m_B = 2m}{m_A = m}} m a_A = 2m a_B \Rightarrow a_A = 2a_B$$

می‌انبر: شتاب داده شده به یک ذره با بار q و جرم m که درون میدان الکتریکی E قرار گرفته از رابطه $a = \frac{Eq}{m}$ به دست می‌آید.

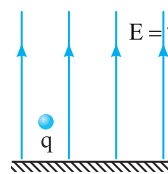
کار میدان الکتریکی ($W_E = qEd$) برای هر دو ذره برابر است زیرا q ، E و d برای هر دو بار یکی است.

گزینه ۲

B ۴۴۰

بازی با سوال

مطابق شکل ذره‌ای با بار q و جرم $20g$ ، درون میدان الکتریکی به بزرگی $2 \times 10^4 N/C$ با سرعت ثابت $10 m/s$ رو به بالا در حال حرکت است. q چند میکروکولن است؟



$$10^{-5} \quad (1)$$

$$10 \quad (2)$$

$$2 \times 10^{-5} \quad (3)$$

$$20 \quad (4)$$

پاسخ: ذره با سرعت ثابت در حال حرکت در میدان الکتریکی است. بنابراین شتاب آن صفر است و دو نیروی وزن (W) و نیروی الکتریکی (F_E) وارد بر ذره یکدیگر را خنثی کرده‌اند.

$$F_E = W \Rightarrow qE = mg \Rightarrow q \times 2 \times 10^4 = 20 \times 10^{-3} \times 10$$

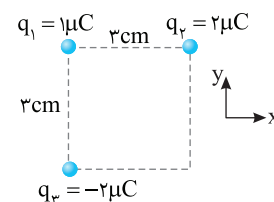
$$\Rightarrow q = 10^{-5} C = 10 \mu C$$

گزینه ۲

A ۴۴۳

بازی با سوال

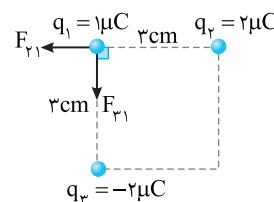
بردار نیروی خالص وارد بر بار q_1 بر حسب بردارهای یک‌ه در SI کدام است؟



$$\vec{F} = -4\vec{i} + 4\vec{j} \quad (1) \quad \vec{F} = -4\vec{i} - 4\vec{j} \quad (2)$$

$$\vec{F} = -2\vec{i} + 2\vec{j} \quad (3) \quad \vec{F} = -2\vec{i} - 2\vec{j} \quad (4)$$

پاسخ: نیرویی که بارهای q_2 و q_3 بر بار q_1 وارد می‌کنند هم‌اندازه هستند زیرا بارها یکسان و فاصله آن‌ها از q_1 نیز یکسان است از این‌رو:



$$|\vec{F}_{21}| = |\vec{F}_{31}| = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{1 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-4}} = 20 N$$

با توجه به جهت نیروها خواهیم داشت:

$$\vec{F}_{21} = -20 N \vec{i}, \quad \vec{F}_{31} = -20 N \vec{j}$$

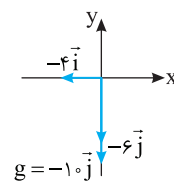
$$\vec{F}_{net} = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} = -20 \vec{i} - 20 \vec{j}$$

گزینه ۴

B ۴۵۰

بازی با سوال

اگر محور x در امتداد افق و محور y در امتداد قائم فرض شود، چنانچه نیروی گرانشی نیز بر ذره وارد شود، شتاب حرکت چند m/s^2 می‌شود؟



پاسخ: شتاب گرانش $10 m/s^2$ و به سمت پایین است بنابراین شتاب کل خواهد شد:

$$\vec{a}_T = \vec{a} + \vec{g} = -4\vec{i} - 6\vec{j} - 10\vec{j}$$

$$a = -4\vec{i} - 16\vec{j} \Rightarrow a = \sqrt{4^2 + 16^2} = 4\sqrt{1^2 + 4^2} = 4\sqrt{17} m/s^2$$

۴۶۹ C

بازی با سؤال ذره‌ای به جرم 5mg با بار الکتریکی $q = 2\mu\text{C}$ در یک

میدان الکتریکی رها می‌شود و پس از 10cm جابه‌جایی، تندی‌اش به 40m/s می‌رسد. انرژی پتانسیل الکتریکی این ذره در این جابه‌جایی چند میلی‌ژول و چگونه تغییر می‌کند؟ (از نیروی گرانشی وارد بر ذره صرف نظر کنید.) **مشابه خارج ریاضی - ۹۴**

- (۱) 2mJ افزایش می‌یابد. (۲) 2mJ کاهش می‌یابد.
(۳) 4mJ افزایش می‌یابد. (۴) 4mJ کاهش می‌یابد.

پاسخ با توجه به قضیه کار و انرژی جنبشی داریم:

تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی برابر منفی کار نیروی الکتریکی است:

$$\Delta U = -W_E$$

بنابراین:

$$\Delta U = -\Delta K \Rightarrow \Delta U = -\left(\frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2)\right)$$

کاهش

تبدیل mg به kg

$$\Rightarrow \Delta U = -\left(\frac{1}{2} \times 5 \times 10^{-6} \times (40^2 - 0)\right) \Rightarrow \Delta U = -(4 \times 10^{-3})\text{J} = -4\text{mJ}$$

گزینه ۴

۴۷۰ B

بازی با سؤال ذره‌ای به جرم 20mg و بار $2\mu\text{C}$ را درون میدان

الکتریکی یکنواخت شکل زیر از سطح زمین رها می‌کنیم. پس از 5cm تندی ذره به چند متر بر ثانیه می‌رسد؟ (به دلیل کوچک بودن ذره از نیروهای مقاومت هوا صرف نظر شود، $g = 10\text{N/kg}$)

$$E = 2 \times 10^5 \text{ N/C}$$

۱۰ (۱) ۲۰ (۲) ۵ (۴) ۸ (۳)

پاسخ نیروهای وارد بر ذره را رسم می‌کنیم. برابری نیروها را بنا بر قانون دوم نیوتون برابر ma قرار می‌دهیم.

$$F_E = qE \quad F_E - W = ma \Rightarrow qE - mg = ma$$

$$\Rightarrow 0.2 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^5 - 20 \times 10^{-6} \times 10 = 20 \times 10^{-6} \times a$$

تبدیل میلی‌گرم به کیلوگرم

$$\Rightarrow 4 \times 10^{-4} - 2 \times 10^{-4} = 2 \times 10^{-5} a \Rightarrow 2 \times 10^{-4} = 2 \times 10^{-5} a \Rightarrow a = 10\text{m/s}^2$$

با توجه به تعریف شتاب خواهیم داشت: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow 10 = \frac{v - 0}{0.05} \Rightarrow v = 0.5\text{m/s}$

گزینه ۴

۴۷۳ A

بازی با سؤال دو کره رسانای A و B به شعاع‌های r_A و $r_B = nr_A$ و

چگالی سطحی بار σ_A و $\sigma_B = n\sigma_A$ دارای بار الکتریکی مثبت‌اند. اگر 10% درصد از بار کره بزرگ‌تر را به کره کوچک‌تر منتقل کنیم چگالی سطحی کره B با کره A برابر خواهد شد. n کدام است؟

- ۲ (۱) ۳ (۲) ۴ (۳) ۵ (۴)

پاسخ با توجه به سؤال در ابتدا چگالی سطحی کره B، n برابر کره A است:

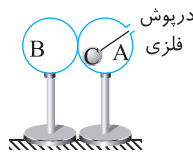
$$\sigma_B = n\sigma_A \Rightarrow \frac{Q_B}{A_B} = n \frac{Q_A}{A_A} \xrightarrow{A=4\pi r^2} \frac{Q_B}{4\pi r_B^2} = n \frac{Q_A}{4\pi r_A^2}$$

$$\xrightarrow{r_B = nr_A} \frac{Q_B}{n^2 r_A^2} = n \frac{Q_A}{r_A^2} \Rightarrow Q_B = n^3 Q_A$$

۱۰ درصد از بار کره بزرگ‌تر یعنی Q_B به کره A منتقل شده است:

$$Q'_B = Q_B - \frac{10}{100} Q_B = \frac{90}{100} Q_B, \quad Q'_A = Q_A + \frac{10}{100} Q_B$$

۴۶۳ A



آزمون مدارس برتر

بازی با سؤال مطابق شکل دو کره

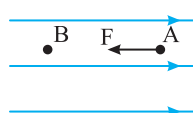
رسانای مشابه A و B توخالی و بدون بار در کنار هم قرار دارند. اگر گوی C با بار q را درون کره A برده و با آن تماس دهیم و سپس از کره خارج کنیم، کدام گزینه در مورد بار هر کره درست می‌باشد؟

- (۱) $q_A = q_B = q_C = \frac{q}{3}$ (۲) $q_B = 0, q_A = q_C = \frac{q}{2}$
(۳) $q_C = 0, q_A = q_B = \frac{q}{2}$ (۴) $q_A = 0, q_B = q_C = \frac{q}{2}$

پاسخ با تماس گوی C با کره A بار رسانا روی سطح خارجی پخش می‌شود و بار گوی C صفر می‌شود. چون دو کره A و B در تماس با هم هستند، بار روی سطح آن‌ها پخش شده و به دلیل تشابه کره‌ها بار روی کره‌های A و B با هم مساوی است.

گزینه ۳

۴۶۶ A



بازی با سؤال ذره‌ای به جرم 5mg با

بار الکتریکی $q = +5\mu\text{C}$ تحت تأثیر نیروی خارجی F در یک میدان الکتریکی یکنواخت در

خلاف جهت میدان از نقطه A از حال سکون شروع به حرکت می‌کند و وقتی از نقطه B می‌گذرد تندی‌اش به 20m/s می‌رسد. اگر $V_B - V_A = 400\text{V}$ باشد،

کار نیروی F در این جابه‌جایی چند میلی‌ژول است؟

- ۳ (۱) ۱/۵ (۲) ۱ (۳) ۲ (۴)

پاسخ با توجه به قضیه کار و انرژی خواهیم داشت:

$$\Delta K = W_{\text{خارجی}} + W_E = W_{\text{خارجی}} - q\Delta V \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 - 0 = W_{\text{خارجی}} - q\Delta V$$

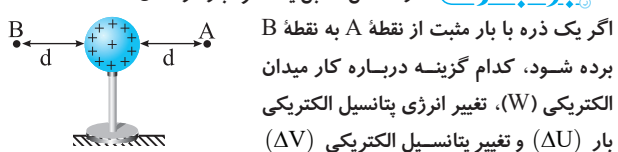
$$W_{\text{خارجی}} = \frac{1}{2}mv^2 + q\Delta V = \frac{1}{2} \times 5 \times 10^{-6} \times 20^2 + 5 \times 10^{-6} \times 400$$

$$W_{\text{خارجی}} = 3000 \times 10^{-6} \text{J} = 3\text{mJ}$$

گزینه ۱

۴۶۷ B

بازی با سؤال در شکل مقابل یک کره باردار نشان داده شده است.



اگر یک ذره با بار مثبت از نقطه A به نقطه B برده شود، کدام گزینه درباره کار میدان الکتریکی (W)، تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی (ΔU) و تغییر پتانسیل الکتریکی (ΔV) درست است؟

- (۱) $\Delta V > 0$ و $\Delta U > 0$ و $W < 0$ (۲) $\Delta V < 0$ و $\Delta U < 0$ و $W > 0$
(۳) $\Delta V = 0$ و $\Delta U = 0$ و $W > 0$ (۴) $W = \Delta U = \Delta V = 0$

پاسخ اگر در فواصل یکسان از یک ذره باردار و یا یک کره باردار پتانسیل الکتریکی یکسان است.

۱) فاصله نقطه‌های A و B از کره باردار یکسان است، بنابراین پتانسیل الکتریکی در نقاط A و B یکسان بوده و اختلاف پتانسیل الکتریکی بین A و B صفر است ($\Delta V_{AB} = 0$).

۲) تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی ($\Delta U = U_B - U_A$) بنا به تعریف اختلاف پتانسیل الکتریکی ($\Delta V = \Delta U / q$) نیز صفر می‌شود.

$$\Delta V_{AB} = 0 \xrightarrow{\Delta U = q\Delta V} \Delta U = 0$$

۳) کار نیروی میدان الکتریکی برابر قرینه تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی است بنابراین: $W_E = -\Delta U_E \xrightarrow{\Delta U = 0} W = 0$

گزینه ۴

$$E' = E - \frac{25}{100}E \Rightarrow E' = \frac{3}{4}E \Rightarrow \frac{Q'}{\kappa\epsilon_0 A} = \frac{3}{4} \frac{Q}{\kappa\epsilon_0 A} \Rightarrow Q' = \frac{3}{4}Q \quad (\text{II})$$

$$\frac{3}{4}Q = Q - 2 \Rightarrow 2 = \frac{1}{4}Q \Rightarrow Q = 8\mu\text{C} \quad (\text{I}) \text{ و } (\text{II}) \text{ نتیجه می‌شود:}$$

$$\text{نکته} \quad \text{در رابطه انرژی ذخیره شده در خازن } U = \frac{Q^2}{2C} \text{ اگر:}$$

$$\text{الف) } [Q] = \mu\text{C} \text{ و } [C] = \mu\text{F} \Rightarrow [U] = \mu\text{J}$$

$$\text{ب) } [Q] = \text{mC} \text{ و } [C] = \mu\text{F} \Rightarrow [U] = \text{J}$$

۳) انرژی اولیه ذخیره شده در خازن برابر است با:

$$U = \frac{Q^2}{2C} \Rightarrow U = \frac{(8)^2}{2 \times 2} \Rightarrow U = 16\mu\text{J}$$

گزینه ۱



۴۸۵ B بازی با سوال مطابق شکل مقابل خازن

تختی با دی الکتریک هوا به یک باتری متصل است و

انرژی ذخیره شده در آن در این حالت برابر با U_1

است. ابتدا فاصله بین صفحه‌های خازن را نصف می‌کنیم، سپس کلید را قطع کرده و فضای بین صفحات را از یک عایق با ثابت دی الکتریک ۳ پر می‌کنیم.

اگر در این حالت انرژی ذخیره شده در خازن U_2 باشد، $\frac{U_2}{U_1}$ کدام است؟

$$\frac{1}{6} \quad (1) \quad \frac{1}{9} \quad (2) \quad \frac{1}{3} \quad (3) \quad \frac{2}{3} \quad (4)$$

پاسخ: یادآوری! هر گاه خازن به باتری متصل باشد ولتاژ دو سر آن ثابت

است و اگر خازن از باتری جدا شود بار روی صفحات آن ثابت می‌ماند.

۱) در ابتدا خازن به باتری متصل است پس ولتاژ (V) ثابت است و فاصله صفحات نصف شده است از این رو:

$$C_1 = \epsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow C_1' = 2\epsilon_0 \frac{A}{d} \xrightarrow{C_1 = \epsilon_0 \frac{A}{d}} C_1' = 2C_1$$

۲) با توجه به رابطه $U_1 = \frac{1}{2} C_1 V^2$ با دو برابر شدن ظرفیت خازن، انرژی

$$\text{خازن دو برابر خواهد شد: } U_1' = \frac{1}{2} (2C_1) V^2, U_1 = \frac{1}{2} C_1 V^2 \Rightarrow U_1' = 2U_1$$

۳) با جدا شدن خازن، بار روی صفحات ثابت می‌ماند و با قرار دادن دی الکتریک با ثابت $\kappa = 3$ ظرفیت خازن ۳ برابر می‌شود.

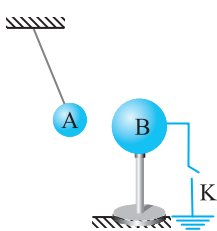
$$C = \kappa\epsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{\kappa_2}{\kappa_1} \xrightarrow{\kappa_2=3, \kappa_1=1} C_2 = 3C_1$$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{C_1'}{C_2} \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{3} \quad \text{با توجه به رابطه } U = \frac{Q^2}{2C} \text{ خواهیم داشت:}$$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{\frac{1}{3}U_1'}{U_1} \xrightarrow{U_1'=2U_1} \frac{U_2}{U_1} = \frac{\frac{1}{3} \times 2U_1}{U_1} = \frac{2}{3}$$

در نتیجه:

گزینه ۴



۴۹۲ A بازی با سوال در شکل روبه‌رو

آونگ توسط گوی B جذب شده است. اگر

کلید K را باز و بسته کنیم مجدد مشاهده

می‌شود که آونگ A و B همچنان یکدیگر

را می‌ربایند، در این صورت چه تعداد از

گزاره‌های زیر درست است؟

الف) هر دو باردارند.

۳) در این حالت چگالی سطحی این دو کره با هم برابر شده است:

$$\sigma'_A = \sigma'_B \Rightarrow \frac{Q'_A}{A_A} = \frac{Q'_B}{A_B} \Rightarrow \frac{Q_A + \frac{1}{100}Q_B}{4\pi r_A^2} = \frac{\frac{9}{100}Q_B}{4\pi (n^2 r_A^2)} \Rightarrow Q_B = n^2 Q_A$$

$$Q_A + \frac{1}{100}n^2 Q_A = \frac{1}{100}n^2 Q_A \Rightarrow Q_A (1 + \frac{1}{100}n^2) = \frac{9}{100}(nQ_A)$$

$$\xrightarrow{\text{از دو طرف ساده می‌کنیم.}} 1 + \frac{1}{100}n^2 = \frac{9}{100}n$$

دو طرف معادله بالا را در ۱۰ ضرب می‌کنیم:

$$10 + n^2 = 9n \Rightarrow n^2 - 9n + 10 = 0$$

برای حل معادله بالا گزینه‌ها را بررسی می‌کنیم:

$$n^2 - 9n + 10 = 0 \xrightarrow{n=2} 4 - 18 + 10 = 0 \quad \checkmark$$

$$n^2 - 9n + 10 = 0 \xrightarrow{n=3} 9 - 27 + 10 \neq 0 \quad \times$$

$$n^2 - 9n + 10 = 0 \xrightarrow{n=4} 16 - 36 + 10 \neq 0 \quad \times$$

$$n^2 - 9n + 10 = 0 \xrightarrow{n=5} 25 - 45 + 10 \neq 0 \quad \times$$

گزینه ۱

بنابراین $n=2$ است.

۴۷۶ A

بازی با سوال در کدام گزینه با جابه‌جایی صفحات یک خازن تخت با

دی الکتریک هوا، میدان بین صفحات خازن دو برابر می‌شود؟

۱) صفحات خازن به مولد وصل بوده و فاصله بین دو صفحه دو برابر می‌شود.

۲) صفحات خازن به مولد وصل بوده و فاصله بین دو صفحه نصف می‌شود.

۳) صفحات خازن پس از پر شدن از مولد جدا شده و فاصله بین دو صفحه نصف می‌شود.

۴) صفحات خازن پس از پر شدن از مولد جدا شده و فاصله بین دو صفحه دو برابر می‌شود.

پاسخ: اگر خازن به مولد وصل باشد اختلاف پتانسیل دو سر خازن ثابت می‌ماند. (ثابت V) با کاهش فاصله بین صفحات خازن داریم:

$$d_1 = \frac{d}{n}, E = \frac{V}{d} \xrightarrow{\frac{V_{\text{ثابت}}}{d_1 = \frac{d}{n}}} E_2 = nE_1$$

و چون $E_2 = 2E_1$ است پس $n=2$ بوده و پاسخ گزینه (۲) می‌باشد. گزینه ۲

۴۸۰ A ریاضی - ۹۹

بازی با سوال خازنی با دی الکتریک هوا به ظرفیت $2\mu\text{F}$ توسط یک

باتری شارژ شده است. اگر خازن را از باتری جدا کنیم و $2\mu\text{F}$ بار از صفحه منفی

جدا کرده و به صفحه مثبت منتقل کنیم، بزرگی میدان بین دو صفحه خازن ۲۵ درصد

تغییر می‌کند. انرژی اولیه ذخیره شده در خازن چند میکروژول است؟

$$16 \quad (1) \quad 32 \quad (2) \quad 8 \quad (3) \quad 64 \quad (4)$$

پاسخ

نیم‌نگاه

میدان الکتریکی بین صفحات خازن برابر $E = \frac{V}{d}$ و ظرفیت آن

$$C = \kappa\epsilon_0 \frac{A}{d} \text{ است. از طرفی } V = \frac{Q}{C} \text{ می‌باشد، بنابراین:}$$

$$E = \frac{V}{d} \Rightarrow E = \frac{Q}{C \cdot d} \Rightarrow E = \frac{Q}{\kappa\epsilon_0 \frac{A}{d} \times d} \Rightarrow E = \frac{Q}{\kappa\epsilon_0 A}$$

۱) ابتدا باید به این پرسش جواب بدهیم که با انتقال $2\mu\text{C}$ بار از صفحه

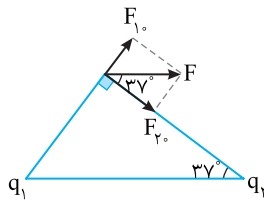
منفی به صفحه مثبت بار صفحات افزایش می‌یابد یا کاهش؟

پاسخ مشخص است بار صفحات کاهش می‌یابد و با کاهش بار با توجه به نیم‌نگاه میدان

الکتریکی بین صفحات کاهش می‌یابد. (I)

(Q' = Q - 2)

گزینه ۴



C ۵۱۳ ۱

بازی با سؤال بردار مکان بار نقطه‌ای $4\mu\text{C}$ در SI به صورت

$\vec{r} = 2\vec{i} - 3\vec{j}$ است. میدان الکتریکی حاصل از این بار در نقطه‌ای با مختصات

$\vec{r} = 8\vec{i} - 5\vec{j}$ چند نیوتون بر کولن است؟

(۱) 9×10^3 (۲) 9×10^5

(۳) 10^3 (۴) 10^5

پاسخ بار در نقطه $(2, -3)$ قرار دارد و میدان آن در نقطه $(8, -5)$ خواسته

شده است بنابراین ابتدا فاصله بار را تا مکان مورد نظر باید به دست آوریم:

پیداوی فاصله دو نقطه از هم (r) را از رابطه $r = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$

به دست می آوریم:

$$r = \sqrt{(8-2)^2 + (-5+3)^2} = \sqrt{36+4} = \sqrt{40} \text{ m}$$

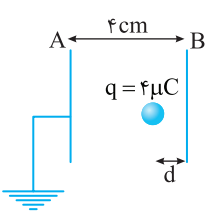
حال میدان حاصل از بار $4\mu\text{C}$ را در فاصله $\sqrt{40} \text{ m}$ از آن به دست می آوریم:

$$E = k \frac{q}{r^2}$$

$$\Rightarrow E = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6}}{40} = 9 \times 10^3 \text{ N/C}$$

گزینه ۱

B ۵۱۶ ۱



بازی با سؤال در شکل روبه‌رو به

ذره باردار با بار $q = +4\mu\text{C}$ از طرف میدان

الکتریکی یکنواخت نیروی 2 N به سمت

راست وارد می‌شود. پتانسیل الکتریکی صفحه

B چند ولت است؟

(۱) -2000 (۲) 2000

(۳) -1000 (۴) باید d مشخص باشد.

پاسخ ابتدا میدان الکتریکی یکنواخت بین دو صفحه را به کمک

تعریف میدان الکتریکی به دست می آوریم:

$$E = \frac{F}{q} \Rightarrow E = \frac{2}{4 \times 10^{-6}}$$

$$\Rightarrow E = \frac{2 \times 10^6}{4} = \frac{2 \times 10^6}{4} \Rightarrow E = 5 \times 10^5 \text{ N/C}$$

۲ اختلاف پتانسیل بین دو صفحه A و B برابر است با:

$$E = \frac{V}{d} \Rightarrow V = Ed \Rightarrow V = 5 \times 10^5 \times 4 \times 10^{-2} \Rightarrow V = 2000 \text{ V}$$

۳ پتانسیل الکتریکی صفحه B یعنی اختلاف پتانسیل بین صفحه B و اتصال به زمین

($V_A = 0$)، صفحه A به زمین متصل و پتانسیل الکتریکی آن صفر است. از طرفی جهت

میدان الکتریکی باید از چپ به راست باشد زیرا نیروی وارد بر بار مثبت $q = 4\mu\text{C}$ به

سمت راست است از طرفی وقتی در جهت خطوط میدان حرکت کنیم، پتانسیل الکتریکی

نقاط کاهش می‌یابد بنابراین $V_B = -2000 \text{ V}$ خواهد بود.

گزینه ۱

(ب) گوی B خنثی و آونگ A باردار است.

(پ) گوی B باردار و آونگ A خنثی است.

(۱) صفر (۲) ۱ (۳) ۲ (۴) ۳

پاسخ گوی B و آونگ A یکدیگر را

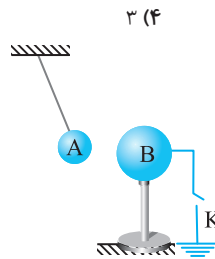
جذب کرده‌اند بنابراین سه حالت ممکن است.

حالت (۱) هر دو بار دارند و بار آنها ناهمنام باشد.

حالت (۲) گوی B بدون بار و آونگ باردار باشد.

حالت (۳) گوی B باردار و آونگ بدون بار باشد.

اگر کلید K بسته شود:



در حالت (۱) کره B خنثی می‌شود، اما چون آونگ باردار است با نیروی کمتری یکدیگر را می‌ریانند بنابراین گزاره (الف) درست است.

در حالت (۲) گوی B بدون بار بوده و با اتصال آن به زمین تفاوت چندانی رخ نمی‌دهد و همچنان گوی و آونگ یکدیگر را می‌ریانند و گزاره (ب) نیز درست است.

در حالت (۳) گوی B باردار بوده و آونگ A خنثی است، با اتصال گوی B به زمین گوی B بدون بار شده و دیگر آونگ A را جذب نمی‌کند بنابراین گزاره

(پ) نادرست است.

۳ ۴۹۷ B

بازی با سؤال در شکل روبه‌رو

بردار نیروی خالص وارد بر بار $q_2 = -2\mu\text{C}$

از طرف دو بار q_1 و q_2 ، موازی خط

واصل بین دو بار است. کدام گزینه در

مورد بارهای q_1 و q_2 درست است؟

(۱) هر دو منفی هستند و $|q_1| > |q_2|$

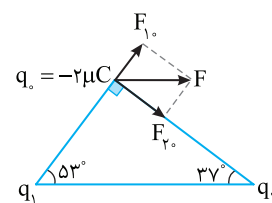
(۲) هر دو مثبت هستند و $|q_1| > |q_2|$

(۳) q_1 مثبت و q_2 منفی است و $|q_1| > |q_2|$

(۴) q_1 مثبت و q_2 منفی است و $|q_1| < |q_2|$

پاسخ با توجه به جهت نیروی خالص وارد بر بار q_2 نیرویی که بارهای q_1

و q_2 به آن وارد کرده‌اند مطابق شکل زیر است:



نیروی بین دو بار q_1 و q_2 دافعه (رانشی) است بنابراین بار q_1 با بار q_2 همنام

بوده یعنی q_1 منفی است اما نیروی بین بار q_2 و q_3 جاذبه (ربایشی) است

بنابراین q_2 و q_3 ناهمنام هستند یعنی q_2 مثبت است.

با توجه به موازی بودن نیروی F با خط واصل بین q_1 و q_2 و با توجه به قضیه موازی و

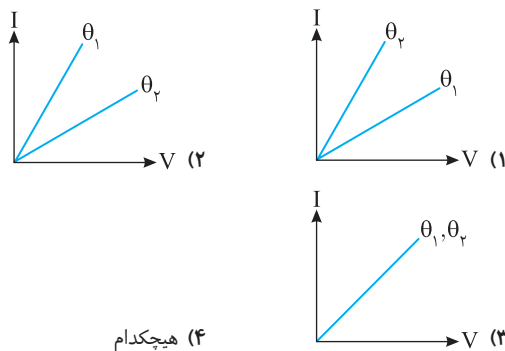
مورب که در ریاضی خوانده‌اید بردار بر ایند به نیروی $F_2 > F_1$ و $F_2 > F_1$

است و چون فاصله بار q_2 از بار q_3 بیشتر از فاصله بار q_1 از بار q_2 است برای اینکه

$$F_2 > F_1 \text{ باشد باید } |q_2| > |q_1| \text{ بزرگ‌تر از } |q_1| \text{ باشد. } (F = k \frac{qq'}{r^2})$$

B ۵۲۷ ۳

بازی با سؤال کدام گزینه نمودار I-V برای یک قطعه جسم نیم رسانا در دو دمای θ_1 و θ_2 ($\theta_2 > \theta_1$) می تواند باشد؟

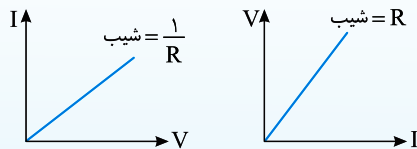


پاسخ

نیم نگاه در اجسام رسانا با افزایش دما، مقاومت افزایش می یابد.

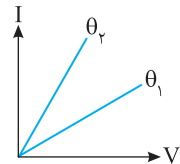
در اجسام نیم رسانا با افزایش دما، مقاومت کاهش می یابد.

برای رساناهای اهمی که از قانون اهم پیروی می کنند نمودارهای I-V و V-I به صورت زیر است:



هر چه شیب این نمودار بیشتر باشد، مقاومت کمتر است.

جسم نیم رساناست و $\theta_2 > \theta_1$ است بنابراین مقاومت در دمای θ_2 از مقاومت در دمای θ_1 کمتر است.



گزینه (۱)

از طرفی در نمودار I-V شیب بیشتر معادل مقاومت کمتر است، پس شیب نمودار برای دمای θ_2 بیشتر است و گزینه (۱) درست است.

A ۵۳۰ ۲

بازی با سؤال دو سیم هم جرم و هم جنس، یکی توپُر به شعاع R و دیگری توخالی به شعاع خارجی R و شعاع داخلی r موجود است. اگر مقاومت

سیم تو خالی $\frac{9}{4}$ برابر سیم توپُر باشد، نسبت R به r کدام است؟

$$\frac{1}{3} \quad (۱) \quad 3 \quad (۲) \quad \sqrt{3} \quad (۳) \quad \frac{\sqrt{3}}{3} \quad (۴)$$

پاسخ

$$\frac{R_{\text{تو خالی}}}{R_{\text{توپر}}} = \frac{(\rho \frac{L}{A})_{\text{تو خالی}}}{(\rho \frac{L}{A})_{\text{توپر}}} = \frac{\rho_{\text{تو خالی}}}{\rho_{\text{توپر}}} \times \frac{L_{\text{تو خالی}}}{L_{\text{توپر}}} \times \frac{A_{\text{توپر}}}{A_{\text{تو خالی}}} = \frac{9}{4}$$

$$\Rightarrow \frac{L_{\text{تو خالی}}}{L_{\text{توپر}}} \times \frac{A_{\text{توپر}}}{A_{\text{تو خالی}}} = \frac{9}{4} \quad (۱)$$

با توجه به هم جرم بودن سیم ها و تعریف چگالی ($\rho = \frac{m}{V}$) خواهیم داشت:

$$m_{\text{تو خالی}} = m_{\text{توپر}} \Rightarrow (\rho V)_{\text{توپر}} = (\rho V)_{\text{تو خالی}} \Rightarrow A_{\text{توپر}} L_{\text{توپر}} = A_{\text{تو خالی}} L_{\text{تو خالی}}$$

$$\Rightarrow \frac{A_{\text{توپر}}}{A_{\text{تو خالی}}} = \frac{L_{\text{تو خالی}}}{L_{\text{توپر}}} \quad (۲)$$

پاسخ فصل هفتم

A ۵۲۳ ۳

بازی با سؤال باتری استاندارد خودرویی ۵۰Ah است. اگر این باتری

جریان متوسط ۵A را فراهم سازد، پس از چند ساعت ۲۰ درصد از باتری تخلیه

می شود؟

$$۱۰ \quad (۱) \quad ۵ \quad (۲) \quad ۲ \quad (۳) \quad ۱ \quad (۴)$$

پاسخ در صورت مسئله بیان شده که ۲۰٪ از بار باتری تخلیه شود بنابراین بار تخلیه شده برابر است با:

$$\Delta q = \frac{20}{100} q_1 \xrightarrow{q_1 = 50 \text{ Ah}} \Delta q = \frac{20}{100} \times 50 = 10 \text{ Ah}$$

جریان متوسط فراهم شده توسط باتری ۵A بوده است، از این رو:

$$\Delta q = I \Delta t \Rightarrow 10 \text{ Ah} = 5 \times \Delta t \Rightarrow \Delta t = 2 \text{ h}$$

گزینه (۲)

A ۵۲۵ ۳

بازی با سؤال یک لامپ چراغ قوه کوچک از یک باتری ۱/۵V،

جریانی برابر ۳A می کشد، اگر باتری ضعیف شود و ولتاژ ۱/۲V افت کند،

جریان چند درصد و چگونه تغییر می کند؟

(۱) ۲۰ درصد، کاهش (۲) ۲۰ درصد، افزایش (۳) ۳۰ درصد، کاهش (۴) ۳۰ درصد، افزایش

پاسخ در هر دو حالت مقاومت لامپ یکسان است:

$$R_1 = R_2 \Rightarrow \frac{V_1}{I_1} = \frac{V_2}{I_2} \Rightarrow \frac{1/5}{I_1} = \frac{1/2}{I_2} \Rightarrow I_2 = 0/24 \text{ A}$$

حال درصد تغییرات جریان را حساب می کنیم:

$$\frac{\Delta I}{I_1} \times 100 \Rightarrow \frac{0/24 - 0/3}{0/3} \times 100 = \frac{-0/06}{0/3} \times 100 = -20\%$$

میانبر در دمای ثابت درصد تغییرات ولتاژ و جریان یکسان است.

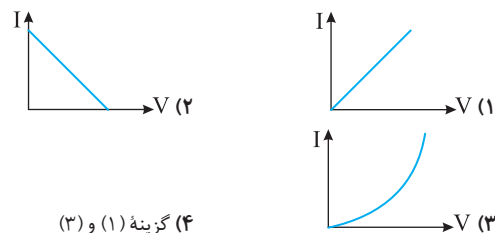
$$\frac{\Delta I}{I} = \frac{\Delta V}{V} \Rightarrow \frac{\Delta I}{I} = \frac{1/5 - 1/2}{1/5} = \frac{-0/3}{1/5} = -20\%$$

گزینه (۲)

A ۵۲۶ ۲

بازی با سؤال نمودار جریان بر حسب ولتاژ یک رسانا، مطابق کدام

گزینه می تواند باشد؟



گزینه (۱) و (۳)

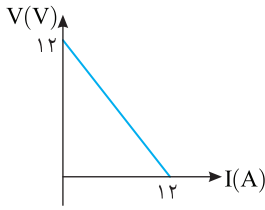
پاسخ اگر رسانا اهمی باشد نمودار ولتاژ بر حسب جریان آن خط موربی

است که از مبدأ می گذرد مانند گزینه (۱) و اگر رسانا غیر اهمی باشد مانند دیود

نورگسیل، نمودار آن خطی نیست و مشابه نمودار گزینه (۳) است، بنابراین گزینه

(۴) درست است.

گزینه (۴)

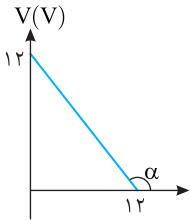


(۱) ۳

(۲) ۹

(۳) ۱۲

(۴) قابل محاسبه نیست.

**پاسخ** در نمودار اختلاف پتانسیل

دو سر باتری بر حسب جریان مدار،
عرض از مبدأ برابر نیروی محرکه
باتری و شیب آن برابر $-r$ است.
بنابراین با توجه به نمودار، نیروی
محرکه باتری $\varepsilon = 12V$ و مقاومت

$$\tan \alpha = -r \Rightarrow \frac{-12}{12} = -r \Rightarrow r = 1\Omega$$

درونی باتری برابر است با:

اکنون جریان مدار را هنگامی که مقاومت متغیر روی 3Ω تنظیم شده است

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow I = \frac{12}{3+1} = 3A$$

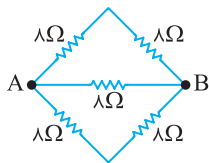
به دست می آوریم:

توان تلف شده در مقاومت درونی باتری خواهد شد: $P_{\text{تلفی}} = rI^2 = 1 \times 3^2 = 9W$

گزینه ۲

۵۶۱ A

در مدار شکل مقابل مقاومت معادل بین دو نقطه A و

پاسخ چند اهم است؟

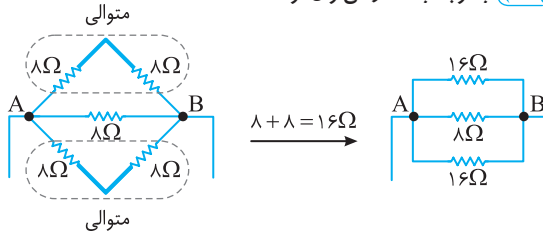
B چند اهم است؟

(۱) ۵

(۲) ۴

(۳) ۸

(۴) ۱۶

پاسخ با توجه به مدار می توان نوشت:

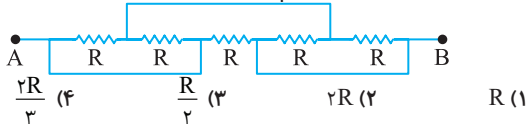
گزینه ۲

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{16} + \frac{1}{16} = \frac{1}{8} \Rightarrow R_{eq} = 8\Omega$$

۵۶۶ A

در شکل زیر تمامی مقاومت ها مشابه اند. مقاومت

معادل بین دو نقطه A و B کدام است؟



(۱) R

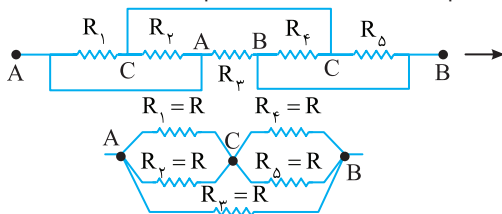
(۲) ۲R

(۳) R/۲

(۴) ۲R/۳

پاسخ با نام گذاری نقاط هم پتانسیل مدار (نقاطی که با یک سیم بدون

مقاومت به هم وصل شده اند) را ساده می کنیم.

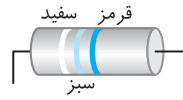


از رابطه (۲) در رابطه (۱) جای گذاری می کنیم:

$$\left(\frac{A_{\text{تویر}}}{A_{\text{توخالی}}}\right)^2 = \frac{9}{4} \Rightarrow \frac{A_{\text{تویر}}}{A_{\text{توخالی}}} = \frac{3}{2} \Rightarrow \frac{\pi R^2}{\pi(R^2 - r^2)} = \frac{3}{2} \Rightarrow 2R^2 = 3R^2 - 3r^2 \Rightarrow R^2 = 3r^2 \Rightarrow R = \sqrt{3}r \Rightarrow \frac{R}{r} = \sqrt{3}$$

گزینه ۳

۵۳۵ B

**بازی با سؤال** مقدار مقاومت نشان

داده شده. کدام گزینه است؟

(۲=قرمز، ۹=سفید، ۵=سبز)

$$4720\Omega \leq R \leq 7080\Omega \quad (1)$$

$$7600\Omega \leq R \leq 11400\Omega \quad (4)$$

پاسخ مقاومت نوار چهارم ندارد، بنابراین تolerانس آن ۲۰٪ است. مقدار

مقاومت را حساب می کنیم.

$$R = ab \times 10^n \Rightarrow R = 95 \times 10^2 = 9500\Omega$$

$$\Delta R = \frac{20}{100} \times 9500 \Rightarrow \Delta R = \pm 1900\Omega$$

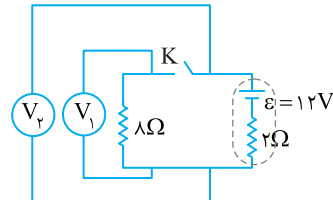
پیشینه و کمینه مقدار مقاومت برابر است با:

$$R_{\max} = 9500 + 1900 = 11400\Omega$$

$$R_{\min} = 9500 - 1900 = 7600\Omega \Rightarrow 7600\Omega \leq R \leq 11400\Omega$$

گزینه ۴

۵۳۷ B

بازی با سؤال در مدار شکل زیر وقتی کلید K باز است، عددی کهولت سنسج های آرمانی V_1 و V_2 نشان می دهند به ترتیب از راست به چپ چند

قلم چی

ولت است؟

(۱) ۱۲، ۱۲

(۲) صفر، صفر

(۳) صفر، ۱۲

(۴) ۱۲، صفر

پاسخ وقتی کلید بازاست، مقاومت 8Ω به باتری

متصل نبوده و از آن جریانی

نمی گذرد و ولتاژ دو سر آن

صفر است. ولت سنسج V_1 بهدو سر مقاومت 8Ω متصلاست، بنابراین ولت سنسج V_1 عدد صفر را نشان می دهد.در این حالت دو سر ولت سنسج V_2 به دو سر باتری متصل است و ولتاژ دو سر

باتری را نشان می دهد. از باتری جریانی گرفته نشده و ولتاژ دو سر باتری برابر

نیروی محرکه آن یعنی ۱۲V است، بنابراین ولت سنسج V_2 نیز ۱۲V را نشان

می دهد.

گزینه ۳

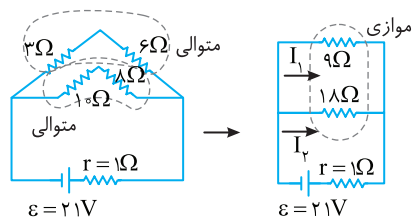
۵۴۷ A

بازی با سؤال مدار ساده ای از اتصال یک باتری و یک مقاومت متغیر

تشکیل شده است. اگر نمودار اختلاف پتانسیل دو سر باتری بر حسب جریان

مدار به صورت شکل زیر باشد، چنانچه مقاومت مدار 3Ω باشد، توان تلف شده

در مقاومت درونی باتری چند وات است؟



$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{9} + \frac{1}{18} + \frac{1}{6} \Rightarrow R_{eq} = 6\Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{21}{6+1} = 3A$$

جریان مدار را حساب می‌کنیم:

جریان بین دو شاخه موازی ۹Ω و ۱۸Ω به نسبت وارون مقدار مقاومت‌ها تقسیم می‌شود یعنی به مقاومت ۹Ω جریان I_1 و به مقاومت ۱۸Ω جریان $\frac{I_1}{2}$ می‌رسد

و چون جریان مدار ۳A است از این رو $I_1 + \frac{I_1}{2} = 3A$ ، بنابراین جریان عبوری از مقاومت ۱۸Ω که مقاومت معادل مقاومت‌های ۸Ω و ۱۰Ω بوده، ۱A است که $P_{18\Omega} = RI^2 \times 1 = 8W$ همین جریان از مقاومت ۸Ω عبور می‌کند.

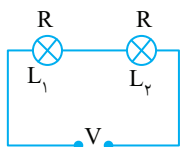
۶۰۱ B بازی با سوال

دو لامپ L_1 و L_2 مشابه‌اند. یک‌بار این دو لامپ را به طور متوالی بسته و به ولتاژ ثابت V وصل می‌کنیم و بار دیگر این دو لامپ را موازی بسته و به ولتاژ ثابت V وصل می‌کنیم. توان مصرفی لامپ L_1 در حالت اول چند برابر توان مصرفی این لامپ در حالت دوم است؟

$$\frac{1}{4} \quad (4) \quad 4 \quad (3) \quad \frac{1}{2} \quad (2) \quad 2 \quad (1)$$

پاسخ: دو لامپ مشابه‌اند دارای مقاومت یکسانی هستند.

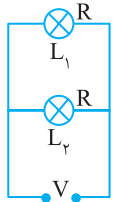
۱. دو لامپ مشابه هستند و وقتی به طور متوالی بسته می‌شوند، اختلاف پتانسیل دو سر هر لامپ برابر $\frac{V}{2}$ می‌شود. در این صورت توان مصرفی در لامپ



$$\left\{ \begin{aligned} V_1 &= \frac{V}{2} \Rightarrow P_1 = \frac{V_1^2}{R_1} = \frac{V^2}{4R} \\ R_1 &= R \end{aligned} \right. \quad \text{با: } \frac{V_1^2}{R_1} = \frac{V^2}{4R}$$

۲. اگر دو لامپ موازی بسته شوند، اختلاف

پتانسیل دو سر آن‌ها یکسان و برابر اختلاف پتانسیل باتری است و توان مصرفی در لامپ L_1 خواهد شد:



$$\left\{ \begin{aligned} V'_1 &= V \Rightarrow P'_1 = \frac{V'^2}{R_1} = \frac{V^2}{R} \\ R_1 &= R \end{aligned} \right.$$

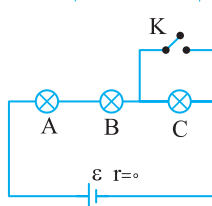
$$\frac{P_1}{P'_1} = \frac{\frac{V^2}{4R}}{\frac{V^2}{R}} = \frac{1}{4}$$

بنابراین:

گزینه ۴

۶۱۹ C بازی با سوال

در مدار شکل روبه‌رو مقاومت لامپ‌های A و B برابر R و مقاومت لامپ C برابر R' است. اگر با بسته شدن کلید K، اختلاف پتانسیل دو سر لامپ A، ۲۰ درصد تغییر کند، $\frac{R}{R'}$ کدام است؟



$$\frac{3}{2} \quad (4) \quad \frac{5}{2} \quad (3) \quad \frac{2}{5} \quad (2) \quad \frac{2}{3} \quad (1)$$

مقاومت R_1 و R_2 بین نقاط A و C و مقاومت‌های R_3 و R_4 بین نقاط B و C و مقاومت R_5 بین A و B بسته شده و مدار به شکل زیر خواهد شد:

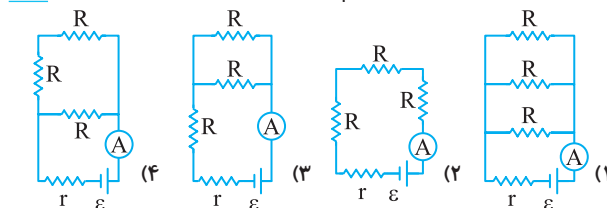
با توجه به شکل ساده شده:

$$R_{12} = \frac{R}{2}, \quad R_{45} = \frac{R}{2} \Rightarrow R_{1245} = \frac{R}{2} + \frac{R}{2} = R, \quad R_{eq} = \frac{R}{2}$$

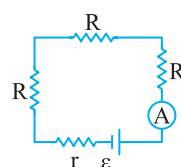
گزینه ۳

۵۷۰ A بازی با سوال

در کدام مدار، آمپرسنج ایده‌آل جریانی کمتری را نسبت به سایر گزینه‌ها نمایش می‌دهد؟ (در تمام مدارها باتری و مقاومت‌ها مشابه است.)

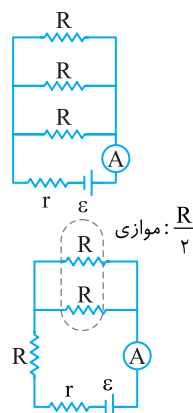


پاسخ: مسئله از ما می‌خواهد مداری را پیدا کنیم که در آن جریان کل مدار یعنی جریانی که آمپرسنج نشان می‌دهد کمینه باشد. بنابراین ما از چهار مدار باید مداری که در آن مقاومت بیشینه است را پیدا کنیم.



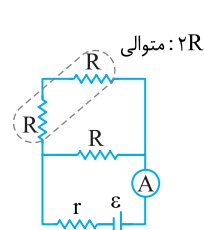
در مداری که هر سه مقاومت متوالی هستند، مقاومت از مدارهای دیگر بیشینه است. زیرا هر سه مقاومت با هم جمع می‌شوند. بنابراین گزینه (۲) با مقاومت $R_{eq} = R + R + R = 3R$ پاسخ مسئله است.

مقاومت مدار گزینه (۱) مقاومت معادل سه مقاومت موازی بوده و $R_{eq} = \frac{R}{3}$ است.



مقاومت معادل مدار گزینه (۳):

$$R_{eq} = R + \frac{R}{2} = \frac{3R}{2}$$



مقاومت معادل مدار گزینه (۴) نیز برابر است با:

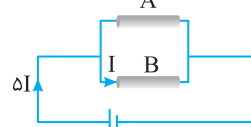
$$R_{eq} = \frac{2R \times R}{2R + R} = \frac{2}{3}R$$

بنابراین گزینه (۲) پاسخ است و نیازی به محاسبه سه گزینه دیگر نبود.

گزینه ۲

۵۹۵ A بازی با سوال

با باز بودن کلید آهنگ مصرف انرژی در مقاومت ۱۸ اهمی چند وات می‌شود؟

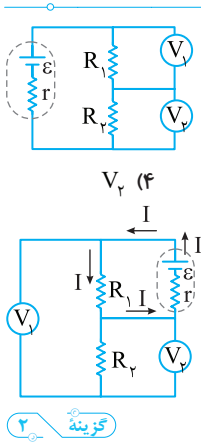


پاسخ: اگر کلید باز باشد،

مقاومت‌های ۸Ω و ۱۰Ω متوالی و دو مقاومت ۳Ω و ۶Ω نیز متوالی هستند،

در نتیجه:

۶۵۴ B



پاسخ: وقتی کلید باز است، هر سه مقاومت مطابق شکل در مدار قرار دارند و مقاومت معادل مدار برابر است با:

$$R_{eq} = R + R + R' \Rightarrow R_{eq} = 2R + R'$$

جریان مدار خواهد شد:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{2R + R'}$$

ولتاژ دو سر لامپ A را حساب می‌کنیم: (I)

$$V_R = IR \Rightarrow V_R = \frac{\varepsilon}{2R + R'} R$$

وقتی کلید را می‌بندیم تنها دو مقاومت یکسان R در مدار باقی می‌ماند و مقاومت معادل مدار خواهد شد:

$$R'_{eq} = 2R$$

جریان مدار را به دست می‌آوریم.

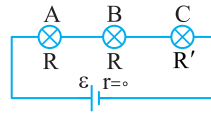
اختلاف پتانسیل دو سر لامپ A برابر است با:

$$V'_R = I'R \Rightarrow V'_R = \frac{\varepsilon}{2R} \times R \Rightarrow V'_R = \frac{\varepsilon}{2} \quad (II)$$

با بستن کلید K، مقاومت R' اتصال کوتاه شده و حذف می‌گردد و با حذف R' مقاومت معادل مدار کاهش می‌یابد و جریان مدار افزایش می‌یابد، در نتیجه ولتاژ دو سر لامپ A افزایش می‌یابد.

با توجه به فرض مسئله خواهیم داشت: $V'_R = V_R + \frac{1}{2}V_R \Rightarrow V'_R = \frac{3}{2}V_R$

از رابطه‌های (I) و (II) در رابطه بالا جای گذاری می‌کنیم.

$$\frac{\varepsilon}{2} = \frac{1}{2} \times \frac{\varepsilon}{2R + R'} R \Rightarrow 2R + R' = \frac{2}{4}R \Rightarrow R' = \frac{1}{4}R \Rightarrow \frac{R}{R'} = \frac{1}{\frac{1}{4}} = \frac{4}{1}$$


پاسخ: وقتی کلید باز است، هر سه مقاومت مطابق شکل در مدار قرار دارند و مقاومت معادل مدار برابر است با:

$$R_{eq} = R + R + R' \Rightarrow R_{eq} = 2R + R'$$

جریان مدار خواهد شد:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{2R + R'}$$

ولتاژ دو سر لامپ A را حساب می‌کنیم: (I)

$$V_R = IR \Rightarrow V_R = \frac{\varepsilon}{2R + R'} R$$

وقتی کلید را می‌بندیم تنها دو مقاومت یکسان R در مدار باقی می‌ماند و مقاومت معادل مدار خواهد شد:

$$R'_{eq} = 2R$$

جریان مدار را به دست می‌آوریم.

اختلاف پتانسیل دو سر لامپ A برابر است با:

$$V'_R = I'R \Rightarrow V'_R = \frac{\varepsilon}{2R} \times R \Rightarrow V'_R = \frac{\varepsilon}{2} \quad (II)$$

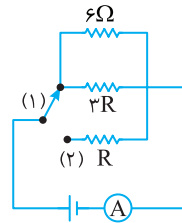
با بستن کلید K، مقاومت R' اتصال کوتاه شده و حذف می‌گردد و با حذف R' مقاومت معادل مدار کاهش می‌یابد و جریان مدار افزایش می‌یابد، در نتیجه ولتاژ دو سر لامپ A افزایش می‌یابد.

با توجه به فرض مسئله خواهیم داشت: $V'_R = V_R + \frac{1}{2}V_R \Rightarrow V'_R = \frac{3}{2}V_R$

$$\frac{\varepsilon}{2} = \frac{1}{2} \times \frac{\varepsilon}{2R + R'} R \Rightarrow 2R + R' = \frac{2}{4}R \Rightarrow R' = \frac{1}{4}R \Rightarrow \frac{R}{R'} = \frac{1}{\frac{1}{4}} = \frac{4}{1}$$

گزینه ۲

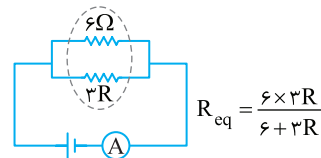
۶۲۶ B



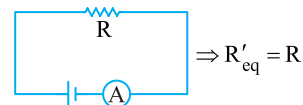
پاسخ: در شکل روبه‌رو، کلید روی هر کدام از حالت‌های (۱) و (۲) قرار گیرد، جریان آمپرسنج تغییر نمی‌کند. مقاومت R چند اهم است؟

(۱) ۹
(۲) ۴
(۳) ۸
(۴) ۶

پاسخ: در حالت (۱): مدار به صورت روبه‌روست.



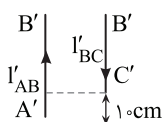
در حالت (۲): مدار به صورت شکل زیر و مقاومت مدار برابر است با:



در مسئله بیان شده که جریان آمپرسنج در دو وضعیت (۱) و (۲) یکسان است یعنی مقاومت مدار در دو حالت یکسان است.

$$R_{eq} = R'_{eq} \Rightarrow \frac{6 \times 3R}{6 + 3R} = R \Rightarrow 18 = 6 + 3R \Rightarrow R = 4\Omega$$

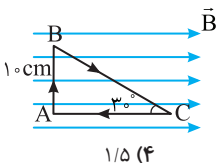
گزینه ۲



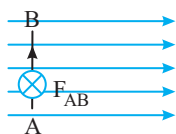
پاسخ مؤلفه قائم سیم‌های AB و BC به صورت مقابل است و چون جریان‌های دو سیم خلاف جهت هم‌اند پس نیروی وارد بر آن‌ها خلاف جهت هم است:

$$F = I'_{AB}B - I'_{BC}B = IB(I'_{AB} - I'_{BC}) \Rightarrow F = 10 \times 2 \times \frac{1}{100} = 2N$$

گزینه ۱



۱/۵ (۴)

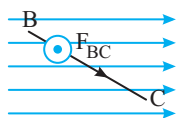


پاسخ حلقه رسانای مثلی شکلی که حاوی جریان A است درون میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی ۵ T قرار دارد. نیروی خالص وارد بر حلقه چند نیوتون است؟

۱ (۳) ۰/۵ (۲) صفر (۱)
پاسخ ضلع CA در راستای خطوط میدان مغناطیسی است و بر آن نیرویی وارد نمی‌شود. ضلع AB عمود بر خطوط میدان مغناطیسی است:

$$F_{AB} = I_{AB}B \frac{I_{AB} = 10 \text{ cm}}{I = 10 \text{ A}} \rightarrow F_{AB} = (10) \left(\frac{1}{100} \right) \times (0/5) = 0/5 N$$

ضلع روبه‌رو به زاویه ۳۰° یعنی سیم AB نصف وتر است پس وتر مثلث (ضلع BC) دارای طول ۲۰ cm است. ضلع BC با خطوط میدان زاویه ۳۰° می‌سازد:



$$F_{BC} = I_{BC}B \sin 30^\circ \frac{I_{BC} = 20 \text{ cm}}{B = 5 T} \rightarrow$$

$$F_{BC} = 10 \times \left(\frac{2}{100} \right) \times 0/5 \times \frac{1}{2} = 0/5 N$$

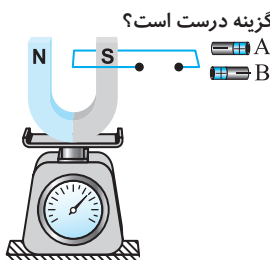
با توجه به قاعده دست راست جهت نیروی وارد بر سیم AB درون و نیروی وارد بر سیم BC درون است و دو نیرو خلاف جهت هم هستند بنابراین نیروی خالص وارد بر سیم صفر می‌شود.

پاسخ نیروی خالص وارد بر هر حلقه بسته حامل جریان در میدان مغناطیسی یکنواخت صفر است.

گزینه ۱

پاسخ ۶۸۰

در شکل زیر آهنربایی به وزن W روی نیروسنج قرار دارد. اگر باتری را در وضعیت A قرار دهیم، نیروسنج W_A و اگر در وضعیت B قرار



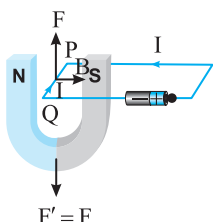
دهیم نیروسنج W_B را نشان می‌دهد. کدام گزینه درست است؟

$$W_A + W_B > 2W \quad (1)$$

$$W_A + W_B < 2W \quad (2)$$

$$W_A + W_B = 2W \quad (3)$$

(۴) هر سه گزینه می‌تواند درست باشد.



عددی که نیروسنج نشان می‌دهد قطعاً از وزن سیم بیشتر است. (I) W_A = W + F'

پاسخ اگر باتری در وضعیت A قرار گیرد. جهت جریان، در سوی نشان داده شده از P به Q است. بنابراین با توجه به جهت جریان، جهت میدان مغناطیسی و قاعده دست راست جهت نیروی وارد بر سیم توسط میدان مغناطیسی آهنربا رو به بالا است و بنا به قانون سوم نیوتون سیم نیز بر آهنربا نیرویی رو به پایین وارد می‌کند. در این حالت

پاسخ فصل هشتم

از کتاب درسی

پاسخ بیشینه نیرویی که به ذره باردار با تندی ۲۰۰ m/s درون میدان مغناطیسی ۰/۲ T وارد می‌شود F است. اگر نیرویی که به این ذره درون میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی E وارد می‌شود، نیز برابر با F باشد، E چند N/C است؟

۲۰ (۱) ۴۰ (۲) ۶۰ (۳) ۸۰ (۴)

پاسخ نیروی مغناطیسی وارد بر ذره برابر $F = qvB \sin \theta$ است و بیشینه نیروی مغناطیسی زمانی به ذره وارد می‌شود که ذره عمود بر خطوط میدان مغناطیسی حرکت کند ($\theta = 90^\circ$) و نیروی مغناطیسی برابر $F_{\max} = qvB$ است. با توجه به صورت سؤال نیروی مغناطیسی و نیروی الکتریکی وارد بر این ذره با هم برابرند از این رو خواهیم داشت:

$$F_{B_{\max}} = F_E \frac{F_{B_{\max}} = qvB}{F_E = qE} \rightarrow qvB = qE$$

$$\Rightarrow E = vB \Rightarrow E = 200 \times 0/2 = 40 \text{ N/C}$$

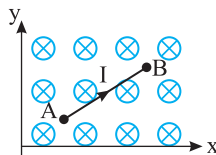
پاسخ هر گاه نیروی مغناطیسی و نیروی الکتریکی وارد بر ذره‌ای برابر باشند بین اندازه v، B و E رابطه روبه‌رو برقرار است.

گزینه ۲

پاسخ ۶۶۹

مطابق شکل سیمی به طول l و حامل جریان ۲ A درون

میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی ۷۵ mT قرار دارد. نیروی وارد بر سیم چند نیوتون است؟



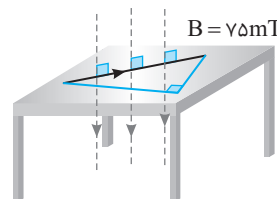
$$2/5 \times 10^{-2} \quad (1)$$

$$7/5 \times 10^{-2} \quad (2)$$

$$5 \times 10^{-2} \quad (3)$$

$$1/25 \times 10^{-2} \quad (4)$$

پاسخ دقت کنید که سیم بر خطوط میدان عمود است، برای فهم بهتر به شکل زیر نگاه کنید:



$$F = I l B \sin \theta \frac{\theta = 90^\circ}{\sin \theta = 1} \rightarrow F = I l B$$

طول سیم را از رابطه فیثاغورس به دست می‌آوریم:

$$l = \sqrt{3^2 + 4^2} \Rightarrow l = 5 \text{ cm} \Rightarrow l = 0/5 \text{ m}$$

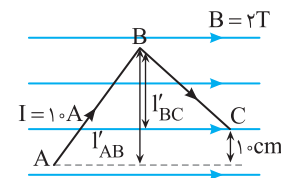
$$F = 75 \times 10^{-3} \times 2 \times 0/5 \Rightarrow F = 7/5 \times 10^{-2} \text{ N}$$

نیروی وارد بر سیم خواهد شد:

گزینه ۲

پاسخ ۶۷۰

در شکل زیر نیروی خالص وارد بر سیم ABC چند نیوتون است؟

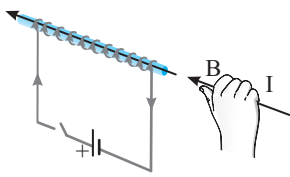


$$2 \quad (1)$$

$$\text{صفر} \quad (2)$$

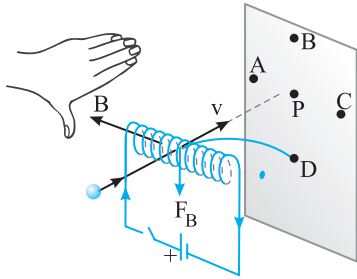
$$4 \quad (3)$$

$$1 \quad (4)$$



۱. با توجه به قاعده دست راست، جهت میدان مغناطیسی را مشخص می‌کنیم.

۲. حال با توجه به جهت حرکت الکترون و جهت میدان و استفاده از دست چپ (چون ذره دارای بار منفی است) نیروی وارد بر ذره به سمت پایین بوده و باعث انحراف ذره می‌شود و ذره در ادامه حرکت خود به نقطه‌ای پایین‌تر از نقطه P یعنی نقطه D می‌رسد.

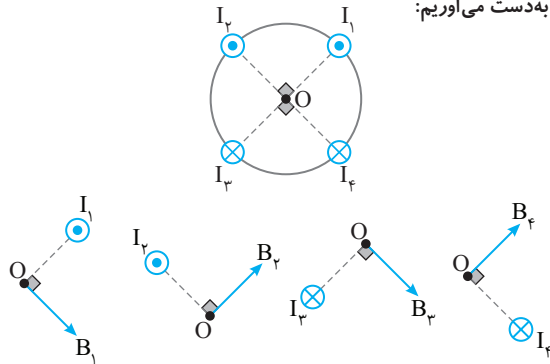


گزینه ۴

۶۸۸ A

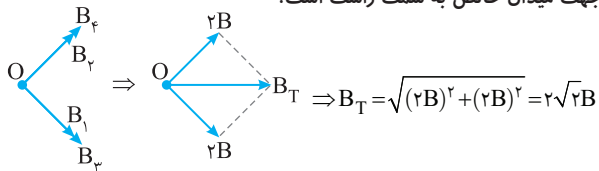
بازی با سؤال: اگر سیمی که در مرکز دایره است را برداریم و میدان حاصل از هر سیم در فاصله R شعاع دایره برابر B باشد، جهت و مقدار میدان مغناطیسی خالص در این نقطه را به دست آورید؟

پاسخ: با توجه به قاعده دست راست، جهت میدان حاصل از سیم‌ها در نقطه O را به دست می‌آوریم:



چون فاصله و جریان‌ها یکسان است پس $B_1 = B_2 = B_3 = B_4 = B$

جهت میدان خالص به سمت راست است.



۶۸۹ A

بازی با سؤال: با سیم روکش داری به طول ۱۰۰ متر، سیم‌لوله‌ای به طول ۵ متر و شعاع R سانتی‌متر می‌سازیم، به طوری که اگر جریان $I = 2A$ از سیم‌لوله عبور دهیم، میدان مغناطیسی در سیم‌لوله ۲G باشد، R چند سانتی‌متر است؟ $(\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} T.m/A)$

۳/۱۴ (۳)

۶/۲۸ (۳)

۴ (۲)

۲ (۱)

اگر باتری را در وضعیت B قرار دهیم، تمام داستان وارونه می‌شود یعنی آهنربا بر سیم حامل جریان نیرویی رو به پایین وارد می‌کند و بنا به قانون سوم نیوتون، سیم نیز بر آهنربا نیرویی رو به بالا وارد می‌کند در این حالت آهنربا سبک‌تر شده و نیروی سنج عدد کمتری را نشان می‌دهد.

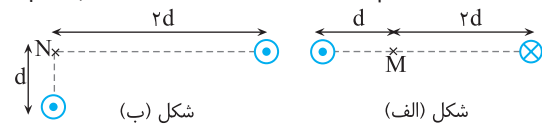
به گزینه‌ها نگاه کنید در آن‌ها مجموع $W_A + W_B$ نوشته شده بنابراین ما هم دو طرف روابط (I) و (II) را با هم جمع می‌کنیم.

$$W_A + W_B = W + F' + W - F' \Rightarrow W_A + W_B = 2W$$

گزینه ۳

۶۸۳ A

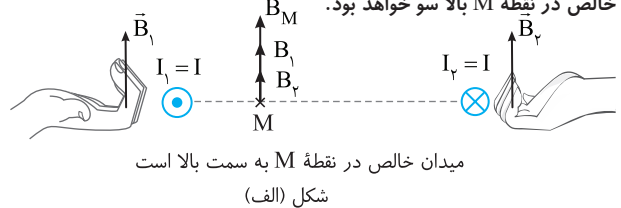
بازی با سؤال: دو سیم مستقیم و حامل جریان‌های الکتریکی یکسان، مطابق شکل‌های (الف) و (ب)، عمود بر صفحه کاغذ، قرار دارند. جهت میدان خالص حاصل از این دو سیم در نقاط M و N به ترتیب از راست به چپ کدام است؟



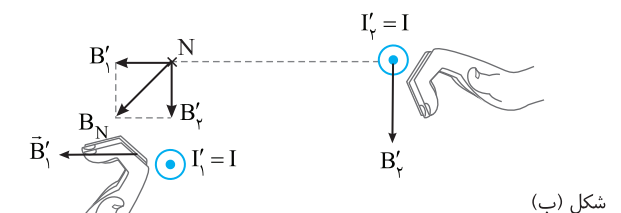
(۱) ↓، (۲) ↑، (۳) ↓، (۴) ↑

پاسخ: با توجه به قاعده دست راست جهت میدان مغناطیسی در نقطه M را به دست می‌آوریم: شست دست راست در جهت جریان، چهار انگشت در جهت خط واصل بین سیم حامل جریان و نقطه M، با خم کردن ۹۰ درجه‌ای چهار انگشت جهت میدان مغناطیسی مشخص می‌شود.

در شکل (الف) میدان سیم I_1 و I_2 در نقطه M هر دو رو به بالاست و میدان خالص در نقطه M بالا سو خواهد بود.



در نقطه N نیز میدان سیم I'_1 به سمت چپ و میدان سیم I_2 رو به پایین است و میدان خالص در نقطه N مطابق شکل (ب) خواهد بود.

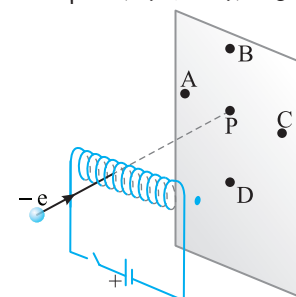


شکل (ب)

گزینه ۴

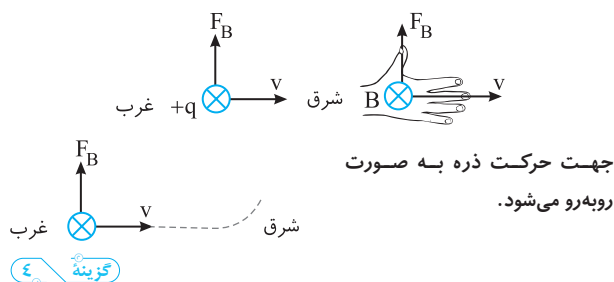
۶۸۶ B

بازی با سؤال: در شکل روبه‌رو الکترونی با تندی v از بین سیم‌لوله عبور می‌کند. اگر کلید بسته باشد، الکترون پس از عبور از سیم‌لوله به کدام نقطه از صفحه روبه‌روی خود می‌رسد؟



- A (۱)
- B (۲)
- C (۳)
- D (۴)

میدان (B) باشد. قطعاً انگشت شست باز دست راست شما به سمت بالا خواهد بود.



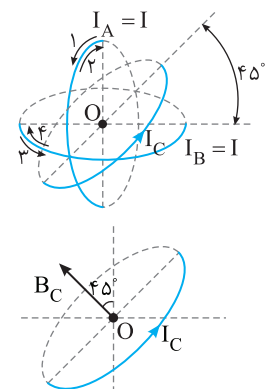
در شکل **یازی‌باسؤال**

روبه‌رو سه حلقه هم‌مرکز با شعاع‌های یکسان نشان داده شده است که از آن‌ها جریان‌های I_A و I_B می‌گذرد. I_C سوی جریان‌های I_A و I_B به ترتیب از

راست به چپ کدام باشد تا میدان مغناطیسی خالص در مرکز حلقه‌ها صفر شود؟
 $(I_A = I_B < I_C)$

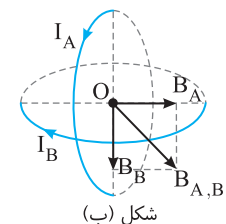
- (۱) در سوی ۱، در سوی ۳
(۲) در سوی ۱، در سوی ۴
(۳) در سوی ۲، در سوی ۳
(۴) در سوی ۲، در سوی ۴

تفرسند، حلقه C را جدا کنید و جهت میدان مغناطیسی آن را مشخص کرده رسم کنید.



با توجه به قاعده دست راست جهت میدان مغناطیسی حلقه حامل جریان در مرکز حلقه (الف) به صورت شکل روبه‌روست.

(شکل الف)



برای آنکه میدان در مرکز حلقه‌ها صفر شود، باید برابری میدان‌های مغناطیسی حاصل از جریان‌های I_A و I_B در خلاف جهت میدان مغناطیسی B_C باشد تا بتواند این میدان را خنثی کند. از این‌رو باید جهت میدان مغناطیسی

B_A به سمت راست و جهت میدان مغناطیسی B_B رو به پایین باشد. تا باینده آن‌ها در خلاف جهت B_C باشد. در این صورت بنا به قاعده دست راست سوی جریان مطابق شکل (ب) خواهد بود یعنی جریان I_A در سوی (۱) و جریان I_B در سوی (۴) باید باشند.

بازی با سؤال با سیمی به طول 5 m و قطر مقطع 5 mm ، سیملوله‌ای به قطر 2 cm می‌سازیم و از آن جریان 20 A را عبور می‌دهیم. اگر حلقه‌های سیملوله در یک ردیف به هم چسبیده باشند، بزرگی میدان مغناطیسی حاصل روی محور اصلی سیملوله و به دور از لبه‌های آن چند گاوس می‌شود؟ ($\mu = 12 \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$)

۳۶ (۴) ۱۲ (۳) ۲۴ (۲) ۴۸ (۱)

ياسخ

نیم‌نگاه اگر با استفاده از سیمی به طول d یک سیملوله به شعاع r بسازیم، طول سیمی که برای هر حلقهٔ سیملوله به کار رفته برابر محیط حلقه یعنی $2\pi r$ است بنابراین:

تعداد حلقه‌ها $\rightarrow d = N(2\pi r) \Rightarrow N = \frac{d}{2\pi r}$
طول کل سیم $\rightarrow$ طول سیم به کار رفته برای هر حلقه

با توجه به رابطه میدان مغناطیسی داریم:

$$B = \mu_0 \frac{N}{l} I \xrightarrow[l = \Delta m]{B = rG = r \times 10^{-7} T} r \times 10^{-7} = r \pi \times 10^{-9} \times \frac{N}{\Delta} \times r \Rightarrow N = \frac{\Delta}{r \pi} \times 10^9$$

برای تعداد حلقه‌های سیملوله با توجه به نیم‌نگاه داریم:

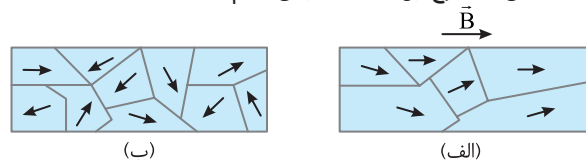
$$\frac{d}{r\pi R} = \frac{\Delta}{f\pi} \times 10^3 \Rightarrow \frac{100}{r\pi \times R} = \frac{\Delta}{f\pi} \times 10^3 \Rightarrow R = \frac{r}{\Delta} m = 1 \text{ cm}$$

④ 692

مازی باسئال

بازی با سؤالات

شکل (الف) حوزه‌های مغناطیسی یک ماده را درون یک میدان خارجی $\vec{B}$ نشان می‌دهد. شکل (ب) همان ماده را پس از حذف میدان $\vec{B}$ نشان می‌دهد. نوع این ماده مغناطیسی کدام است؟



- ۱) فرومغناطیسی سخت
۲) پارامغناطیسی
۳) دیامغناطیسی
۴) فرومغناطیسی نرم
- پایانه** شکل‌ها شامل حوزه‌های مغناطیسی است بنابراین این ماده حتماً فرومغناطیسی است و با حذف میدان، جهت دوقطبی‌های حوزه‌های مغناطیسی به هم ریخته است و خاصیت مغناطیسی از بین رفته است. بنابراین ماده فرومغناطیسی نرم است.
- گزینه ۴**

3 693

بازی با سؤال

بازی با سؤال چه تعداد از ذرات مواد زیر به طور ذاتی دارای خاصیت مغناطیس است؟

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| (الف) مواد پارامغناطیسی | (ب) مواد دیامغناطیسی |
| (پ) مواد فرومغناطیسی نرم | (ت) مواد فرومغناطیسی سخت |
| ۱ (۱) | ۳ (۳) |
| ۲ (۲) | ۴ (۴) |

تاسخ

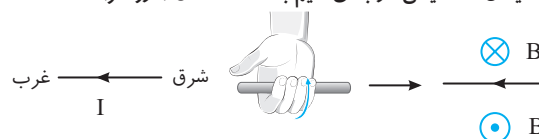
پاسخ: تنها مواد دیامغناطیسی به طور ذاتی خاصیت مغناطیسی ندارند و مواد پارامغناطیسی و فرومغناطیسی به طور ذاتی دارای خاصیت مغناطیسی هستند.

④ 694

مازی با سؤاا

بازی با سوال در شکل روبه‌رو سوی جریان سیم راست از شرق به غرب است و ذره‌ای با بار مثبت از غرب به شرق در حرکت است. مسیر انحراف ذره پس از لحظه نشان داده شده در شکل چگونه است؟

پایه ابتدا میدان اطراف سیم را مشخص می‌کنیم. با توجه به قاعده دست راست میدان مغناطیس در بالای سیم به سمت شمال (درون) است.



چهار انگشت باز دست راست خود را در جهت حرکت ذره قرار دهید به گونه‌ای که کف دست شما (خم کردن چهار انگشت) به سمت درون کاغذ (سمت شمال و در جهت

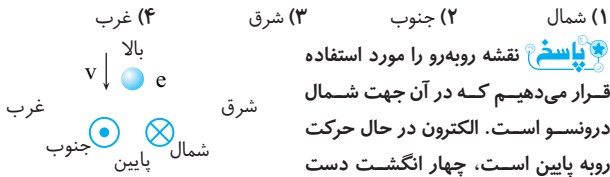
کنکور دهه‌های گذشته

۷۱۷ B

بازی با سؤال

الکترونی از بالا به سمت پایین در حال سقوط است، جهت نیروی وارد بر این الکترون توسط میدان مغناطیسی زمین کدام است؟

مشابه کنکور دهه‌های گذشته

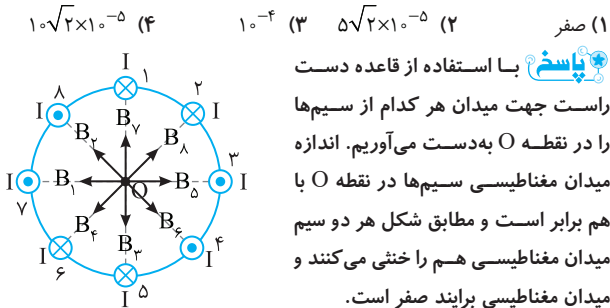


پاسخ: نقشه روبه‌رو را مورد استفاده قرار می‌دهیم که در آن جهت شمال درون‌سو است. الکترون در حال حرکت روبه پایین است، چهار انگشت دست راست خود را در جهت حرکت الکترون به گونه‌ای قرار دهید که کف دست شما رو به شمال باشد، زیرا میدان مغناطیسی زمین از جنوب به سوی شمال جغرافیایی است. در این حالت قطعاً انگشت باز شست به سمت شرق است که شما باید جهت آن را وارون کنید زیرا الکترون دارای بار منفی است بنابراین نیرو به سمت غرب است. البته می‌توانستید مستقیماً از دست چپ استفاده کنید. (گزینه ۴)

۷۲۲ B

بازی با سؤال

در شکل روبه‌رو ۸ سیم راست، طویل و موازی با جریان‌های یکسان در فاصله‌های مساوی از یکدیگر روی محیط دایره‌ای قرار دارند. اگر میدان هر کدام از سیم‌ها در مرکز دایره $5 \times 10^{-5} \text{ T}$ باشد، بزرگی میدان مغناطیسی برآیند در مرکز دایره چقدر است؟



گزینه ۱

۷۲۴ B

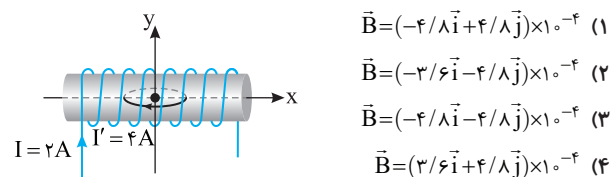
بازی با سؤال

در کدام شکل سؤال، میدان مغناطیسی در مرکز حلقه‌ها از دیگر شکل‌ها قوی‌تر است؟
پاسخ: در شکل (ب)، میدان خالص بیشترین مقدار است زیرا دو حلقه A و B دارای میدان‌های هم جهت هستند.

۷۳۰ A

بازی با سؤال

در شکل زیر محور یک سیمولوله به طول 50 cm با 100 دور سیم و جریان $I = 2 \text{ A}$ بر محور xها منطبق است. درون آن یک پیچ مسطح با 10 دور با جریان $I' = 4 \text{ A}$ قرار دارد که مرکز حلقه منطبق بر مبدأ مختصات است و شعاع حلقه 5 cm است. میدان مغناطیسی برآیند (خالص) در مرکز حلقه را بر حسب بردارهای یک $\vec{i}$ و $\vec{j}$ بنویسید. ($\mu_0 = 12 \times 10^{-7} \text{ T.m/A}$)



پاسخ: سیم‌ها در کنار هم و به هم چسبیده‌اند، میدان روی محور سیمولوله را حساب می‌کنیم:

$$B = \frac{\mu_0 N I}{l} = \mu_0 I \left(\frac{N}{l} \right) \xrightarrow{d = \frac{l}{N}} B = \frac{\mu_0 I}{d}$$

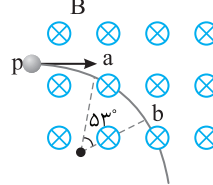
$$= \frac{12 \times 10^{-7} \times 2}{5 \times 10^{-3}} \Rightarrow B = 48 \times 10^{-5} \text{ T} = 48 \text{ G}$$

گزینه ۱

۷۰۸ B

بازی با سؤال

در شکل روبه‌رو مسیر حرکت یک ذره با بار q در یک میدان مغناطیسی یکنواخت B نمایش داده شده است. نیروی وارد بر ذره توسط میدان در نقطه a چند برابر نقطه b است؟ ($\cos 3^\circ = 0.6$)

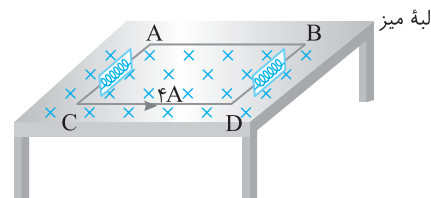


پاسخ: در نقطه‌های a و b زاویه بین بردار سرعت و بردار میدان $\theta = 90^\circ$ است. از طرفی چون نیروی مغناطیسی F_B همواره بر مسیر عمود است، انرژی جنبشی جسم و در نتیجه تندی آن ثابت بوده و نیروی $F = qvB$ در نقاط a و b با هم، هم‌اندازه هستند.

۷۱۵ B

بازی با سؤال

سیم رسانای CD حامل جریان 4 A و به طول 2 m روی یک میز افقی و بدون اصطکاک به دو نیروسنج مشابه که در نقاط A و B بسته شده‌اند متصل است و تحت تأثیر میدان مغناطیسی عمود بر سطح میز (درون‌سو) با اندازه 50 mT قرار گرفته است. نیرویی که هر کدام از نیروسنج‌ها نشان می‌دهند، چند نیوتون است؟ (نیروسنج‌ها مشابه هستند)

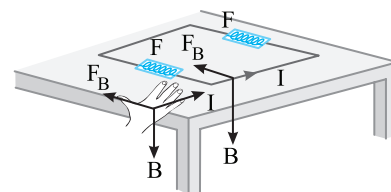


پاسخ: سیم روی سطح افقی قرار دارد و نیروی گرانش (۱N) توسط نیروی عمودی سطح (F_N) خنثی می‌شود. نیروی مغناطیسی وارد بر سیم را حساب می‌کنیم.

اطلاعات سؤال کافی نیست.

$$F_B = I l B \sin \theta \xrightarrow{\theta = 90^\circ} F_B = 4 \times 2 \times 0.05 \Rightarrow F_B = 4 \text{ N}$$

با توجه به قاعده دست راست این نیرو در جهت نشان داده شده است و سبب فشردگی نیروسنج‌ها می‌شود. نیروی مغناطیسی توسط نیروسنج خنثی می‌شود، بنابراین نیروی نیروسنج‌ها باید با نیروی مغناطیسی برابر باشد.

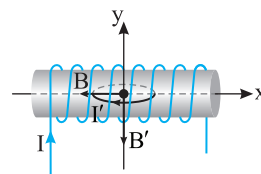


$$F + F = F_B \Rightarrow F = \frac{F_B}{2} \Rightarrow F = 2 \text{ N}$$

گزینه ۲

پاسخ جهت میدان مغناطیسی سیملوله را به کمک قاعده دست راست به دست می‌آوریم. میدان روی محور xها و در خلاف جهت محور است.

$$B_{\text{سیملوله}} = \mu_0 \frac{N}{L} I = 12 \times 10^{-7} \times \frac{100}{0.5} \times 2 \Rightarrow B = 4/8 \times 10^{-4} \text{ T}$$



جهت میدان مغناطیسی پیچه با توجه به قاعده دست راست روی محور yها در خلاف جهت محور است.

$$B_{\text{پیچه}} = \frac{\mu_0 N I}{2R} = \frac{12 \times 10^{-7} \times 100 \times 4}{2 \times 0.5} \Rightarrow B' = 4/8 \times 10^{-4} \text{ T}$$

$$\vec{B}_T = -(4/8 \vec{i} + 4/8 \vec{j}) \times 10^{-4}$$

گزینۀ ۳

پاسخ فصل نهم

۷۳۵ B

ریاضی - ۹۲

بازی با سؤال اگر بردار میدان مغناطیسی یکنواختی در SI به صورت $\vec{B} = 0.5\hat{i} + 0.12\hat{j}$ باشد و حلقه‌ای به مساحت 200cm^2 که سطح آن موازی محور y و عمود بر x است در این میدان قرار داشته باشد، شار مغناطیسی عبوری از حلقه چند ویر است؟

پاسخ با توجه به صورت مسئله، حلقه بر محور x عمود و نیم‌خط آن در امتداد محور x هاست بنابراین از میدان مغناطیسی $\vec{B} = 0.5\hat{i} + 0.12\hat{j}$ تنها مؤلفه x میدان باعث گذر شار از سطح حلقه می‌شود از این رو:

$$\Phi = B_x A = 0.5 \times 200 \times 10^{-4} \Rightarrow \Phi = 10^{-2} \text{ Wb}$$

گزینه ۳

۷۳۹ B

کنکور دهه‌های گذشته

بازی با سؤال پیچه‌ای با 500 دور سیم و مقاومت 3Ω عمود بر یک میدان مغناطیسی قرار دارد و میدان با آهنگ 2T/s تغییر می‌کند. اگر جریان 4mA در پیچه القا شود، مساحت سطح مقطع پیچه چند سانتی‌متر مربع است؟

مشابه کنکور دهه‌های گذشته

پاسخ ابتدا نیروی محرکه القایی را به کمک قانون اهم به دست می‌آوریم:

$$\varepsilon = RI \Rightarrow \varepsilon = 3 \times 4 \times 10^{-3} \Rightarrow \varepsilon = 12 \times 10^{-3} \text{ V}$$

با توجه به قانون القای فاراده و تعریف شار خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} \Phi &= BA \cos \theta \\ \left\{ \begin{array}{l} \varepsilon = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \\ \cos \theta = 1 \\ \theta = 0 \text{ پیچه عمود بر خطوط میدان} \end{array} \right. &\rightarrow |\varepsilon| = N \frac{\Delta B}{\Delta t} A \\ \frac{\Delta B}{\Delta t} = 2\text{T/s} &\rightarrow 12 \times 10^{-3} = 500 \times 2 \times A \\ \Rightarrow A &= 12 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \xrightarrow{1\text{m}^2 = 10^4 \text{ cm}^2} A = 0.12 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

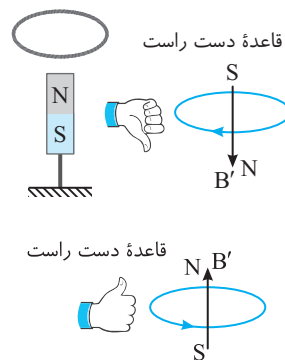
گزینه ۳

۷۴۶ A

بازی با سؤال جهت جریان القا شده در حلقه سیم مسی هنگام نزدیک شدن به آهنربا و هنگام دور شدن از آن از دید ناظر به چه صورتی است؟

پاسخ در ابتدا و با نزدیک شدن به آهنربا شار مغناطیسی گذرنده از حلقه افزایش می‌یابد و بنا به قانون لنز جهت میدان القایی در حلقه به گونه‌ای است که قسمت پایین آن قطب N می‌شود تا آهنربا با نزدیک شدن به حلقه مخالفت کند و بنا به قاعده دست راست جهت جریان القایی ساعتگرد می‌شود.

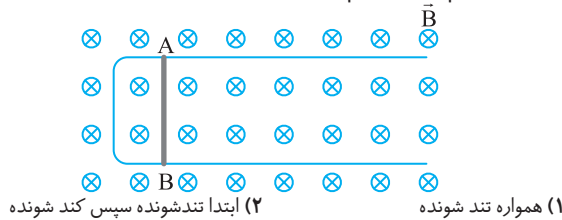
در حالتی که حلقه از آهنربا دور می‌شود شار مغناطیسی کاهش می‌یابد و بنا به قانون لنز جهت میدان القایی B' باید رو به بالا باشد یعنی قسمت بالای حلقه قطب N شود تا قطب S آهنربا آن را جذب کند و با دور شدن حلقه مخالفت کند. در این صورت با توجه به قاعده دست راست جهت جریان القایی پادساعتگرد است.



۷۵۰ B

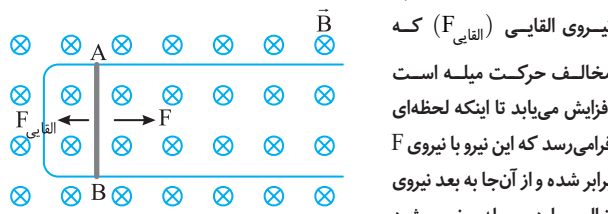
بازی با سؤال

در شکل زیر طول رسانای بدون مقاومت U شکل به اندازه کافی بلند است. سیم رسانای AB را با نیروی ثابت F به سمت راست حرکت می‌دهیم. حرکت سیم چگونه است؟



(۱) همواره تند شونده (۲) ابتدا تندشونده سپس کند شونده (۳) تند شونده سپس تندی ثابت (۴) همواره با تندی ثابت

پاسخ وقتی با نیروی ثابت F میله رسانای AB را به سمت راست حرکت می‌دهیم، شار گذرنده از سطح مدار به دلیل افزایش مساحت سطح مدار افزایش می‌یابد و سبب ایجاد جریان القایی می‌شود که بنا به قانون لنز با عامل به وجود آورنده اش مخالفت می‌کند یعنی نیرویی بر سیم AB به سمت چپ وارد می‌شود. در ابتدا که نیروی القایی $F > F$ است حرکت کندشونده است هر چه سرعت میله بیشتر می‌شود جریان القایی بیشتر شده و نیروی القایی $(F_{\text{القایی}})$ که مخالف حرکت میله است افزایش می‌یابد تا اینکه لحظه‌ای فرامی‌رسد که این نیرو با نیروی F برابر شده و از آن‌جا به بعد نیروی خالص وارد بر میله صفر می‌شود و میله با تندی ثابت حرکت می‌کند.

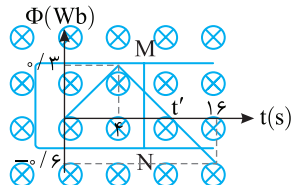


گزینه ۳

۷۵۵ A

بازی با سؤال

تغییرات شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه نسبت به زمان مطابق شکل روبه‌روست. بزرگی نیروی محرکه القایی متوسط در حلقه در بازه زمانی $t = 4\text{s}$ تا $t = 16\text{s}$ چند میلی‌ولت است؟



(۱) 0.25 (۲) 25 (۳) 0.75 (۴) 75

پاسخ در بازه زمانی $t = 4\text{s}$ تا $t = 16\text{s}$ نمودار شار-زمان خط راست مایل با شیب ثابت است. بنابراین آهنگ تغییر شار در این بازه ثابت است. (ثابت $= \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$) در نتیجه نیروی محرکه القایی در تمام بازه 4s تا 16s مقدار ثابتی است و نیازی به دانستن لحظه t' نیست. از این رو:

$$\begin{aligned} |\varepsilon| &= N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Rightarrow |\varepsilon| = 1 \times \left| \frac{3 - 0}{16 - 4} \right| \Rightarrow |\varepsilon| = \frac{0.9}{12} \Rightarrow |\varepsilon| = \frac{3}{40} \text{ V} \\ |\varepsilon| &= \frac{300}{40} \text{ mV} = 7.5 \text{ mV} \end{aligned}$$

گزینه ۴

۷۶۳ B

بازی با سؤال

معادله جریان بر حسب زمان یک القاگر در SI به صورت $I = 2t - 1$ است. در بازه زمانی $t = 0$ تا $t = 2\text{s}$ کدام گزینه درست است؟

(۱) در تمام بازه القاگر از مدار انرژی دریافت می‌کند. (۲) در تمام بازه القاگر به مدار انرژی می‌دهد. (۳) در این بازه به مدت $1/5\text{s}$ از مدار انرژی دریافت می‌کند.

$$\Phi = at^2 + bt + c \xrightarrow{t=0, \Phi=3} c=3$$

رأس سهمی از معادله $-\frac{b}{2a}$ به دست می‌آید: $-\frac{b}{2a} = 2 \Rightarrow b = -4a$
با توجه به نمودار $t=1s$ شار صفر است:

$$\Phi = at^2 + bt + c \xrightarrow{\Phi=0, t=1s} 0 = a + b + c \xrightarrow{c=3, b=-4a} -3a = -3 \Rightarrow a=1, b=-4$$

بنابراین معادله شار به صورت $\Phi = t^2 - 4t + 3$ است و در لحظه $t=5s$ شار برابر $\Phi = 25 - 20 + 3 = 8 \text{ Wb}$ است:

$$|\mathcal{E}| = \left| -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| \Rightarrow |\mathcal{E}| = 1 \times \left(\frac{1 - (-1)}{5 - 2} \right) = 2V$$

روش دیگر: ریشه‌های معادله $t=1s$ و $t=3s$ هستند، بنابراین معادله شار - زمان خواهد شد:

$$\Phi = A(t-1)(t-3) \quad \text{در لحظه } t=0 \text{ شار } 3 \text{ Wb است بنابراین}$$

$$3 = A(0-1)(0-3) \Rightarrow A=1$$

$$\Phi = t^2 - 4t + 3$$

و معادله خواهد شد.

از کتاب درسی

مدتی پس از وصل کلید جریان‌های I_1 و I_2 به ترتیب

چند آمپر هستند؟
پس از مدتی، جریان مدار و جریان عبوری از سیم‌لوله ثابت شده پس اثر خودالقائری از بین می‌رود و چون مقاومت سیم‌لوله صفر است لامپ اتصال کوتاه شده و جریان $I_1 = 0$ می‌شود و تمام جریان از سیم‌لوله عبور می‌کند:

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R+r} \xrightarrow{R=0, r=1\Omega} I_1 = \frac{6}{1} = 6A$$

معادله شار - زمان مولد جریان متناوبی در SI به

صورت $\Phi = 0.04 \cos 20\pi t$ است. در لحظه t_1 شار مغناطیسی 0.03 وبر و در

حال افزایش است. در مدت t_1 تا $t_1 + 0.05s$ نیروی محرکه القایی متوسط چند

ولت خواهد بود؟ (پیچه مولد دارای 1000 دور است.)

پاسخ: ۳ با توجه به معادله شار - زمان $\Phi = 4 \cos 20\pi t$ دوره را حساب می‌کنیم.

$$\frac{\Delta t}{T} = \frac{0.05}{10} \Rightarrow \Delta t = \frac{T}{2}$$

نکته: در مدت $\frac{T}{2}$ در یک تابع سینوسی یا کسینوسی، مقدار تابع قرینه می‌شود.

در مدت $0.05s$ که برابر $\frac{T}{2}$ است شار مغناطیسی از 0.03 Wb به مقدار

-0.03 Wb می‌رسد بنابراین تغییر شار خواهد شد:

$$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 \Rightarrow \Delta\Phi = -0.03 - 0.03 = -0.06 \text{ Wb}$$

نیروی محرکه القایی متوسط را به کمک قانون القای الکترومغناطیسی فاراده

$$E = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow \mathcal{E} = -1000 \times \frac{-0.06}{0.05} \Rightarrow \mathcal{E} = 1200V$$

به دست می‌آوریم:

گزینۀ ۱

۴ در این بازه به مدت $0.5s$ از مدار انرژی دریافت می‌کند.

پاسخ: نکته هرگاه در یک مدار جریان عبوری از القاگر در حال

افزایش باشد، القاگر از مدار انرژی دریافت می‌کند و هرگاه جریان در حال کاهش باشد، القاگر به مدار انرژی می‌دهد.

معادله جریان مدار $I = 2t - 1$ است. نمودار $I-t$ را رسم می‌کنیم. در بازه صفر تا $0.5s$ بزرگی جریان در حال کاهش است بنابراین انرژی القاگر $(U_L = \frac{1}{2} LI^2)$ در حال کاهش است و

القاگر به مدار انرژی می‌دهد. در بازه $0.5s$ تا $2s$ ، بزرگی جریان در حال

افزایش است و انرژی القاگر $(U_L = \frac{1}{2} LI^2)$ در حال افزایش است و القاگر از مدار انرژی دریافت می‌کند.

بنابراین در بازه صفر تا $2s$ ، به مدت $0.5s$ القاگر از مدار انرژی دریافت می‌کند. و گزینۀ (۳) درست است.

گزینۀ ۳

پاسخ: ابتدا جریان را به دست می‌آوریم:

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow I = \frac{\mathcal{E}}{R} \Rightarrow I = \frac{-15}{10} = -1.5A$$

حال با توجه به معادله جریان متناوب داریم:

$$I = 3 \sin 100\pi t \xrightarrow{I=-1.5A} -1.5 = 3 \sin 100\pi t \Rightarrow \sin 100\pi t = -\frac{1}{2}$$

با توجه به دایره مثلثاتی، در ربع سوم و چهارم مقدار سینوس منفی است:

$$\text{بار اول} \leftarrow 100\pi t = \pi + \frac{\pi}{6} \Rightarrow 100\pi t = \frac{7\pi}{6} \Rightarrow t = \frac{7}{600} s$$

$$\text{بار دوم} \leftarrow 100\pi t = 2\pi - \frac{\pi}{6} \Rightarrow 100\pi t = \frac{11\pi}{6} \Rightarrow t = \frac{11}{600} s$$

پس در این بازه دو بار دایره کامل می‌گردد.

پس در این بازه دو بار دایره کامل می‌گردد.

پس در این بازه دو بار دایره کامل می‌گردد.

پس در این بازه دو بار دایره کامل می‌گردد.

پس در این بازه دو بار دایره کامل می‌گردد.

پس در این بازه دو بار دایره کامل می‌گردد.

پس در این بازه دو بار دایره کامل می‌گردد.

پس در این بازه دو بار دایره کامل می‌گردد.

پس در این بازه دو بار دایره کامل می‌گردد.

پس در این بازه دو بار دایره کامل می‌گردد.

پس در این بازه دو بار دایره کامل می‌گردد.

پس در این بازه دو بار دایره کامل می‌گردد.

پس در این بازه دو بار دایره کامل می‌گردد.

پس در این بازه دو بار دایره کامل می‌گردد.

پس در این بازه دو بار دایره کامل می‌گردد.

پس در این بازه دو بار دایره کامل می‌گردد.

پس در این بازه دو بار دایره کامل می‌گردد.

پس در این بازه دو بار دایره کامل می‌گردد.

پس در این بازه دو بار دایره کامل می‌گردد.

پس در این بازه دو بار دایره کامل می‌گردد.

پس در این بازه دو بار دایره کامل می‌گردد.

پس در این بازه دو بار دایره کامل می‌گردد.

پس در این بازه دو بار دایره کامل می‌گردد.

پس در این بازه دو بار دایره کامل می‌گردد.

پس در این بازه دو بار دایره کامل می‌گردد.

پس در این بازه دو بار دایره کامل می‌گردد.

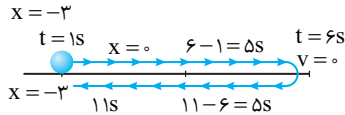
پس در این بازه دو بار دایره کامل می‌گردد.

پس در این بازه دو بار دایره کامل می‌گردد.

پس در این بازه دو بار دایره کامل می‌گردد.

پس در این بازه دو بار دایره کامل می‌گردد.

پس در این بازه دو بار دایره کامل می‌گردد.



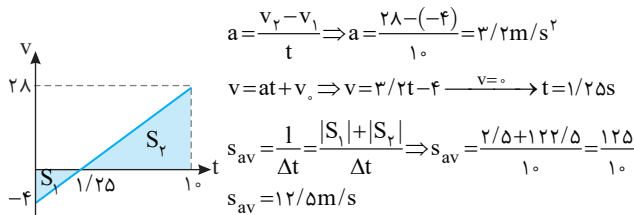
۸۶۱ A

بازی با سؤال اگر در همین مدت سرعت بعد از ۱۲۰m جابه‌جایی به جای ۱۶m/s، به ۲۸m/s می‌رسید مسئله چگونه بود؟

$$\Delta x = \frac{v_2 + v_1}{2} \Delta t \Rightarrow 120 = \frac{28 + v_1}{2} \times 10 \Rightarrow v_1 = -4 \text{ m/s}$$

پاسخ

سرعت متحرک در اول مسیر منفی و در انتهای مسیر مثبت شده است، بنابراین متحرک تغییر جهت داده است و تندی متوسط با سرعت متوسط یکی نیست از این رو ابتدا شتاب را به‌دست می‌آوریم. سپس نمودار سرعت - زمان را رسم می‌کنیم.



۸۶۶ B

بازی با سؤال معادله سرعت - مکان متحرکی که با شتاب ثابت در مبدأ زمان از مکان $x_0 = +4 \text{ m}$ می‌گذرد و همواره در جهت مثبت محور xها در حرکت

است در SI به صورت $\frac{v^2}{2} - \frac{x}{5} = 1$ است. سرعت اولیه‌اش چند متر بر ثانیه است؟

پاسخ

دقت کنید در مبدأ زمان متحرک در مبدأ مکان قرار ندارد، بلکه در مکان $x_0 = +4 \text{ m}$ است، از این رو، سرعت اولیه این متحرک در $t=0$ برابر است با:

$$\frac{v_0^2}{2} - \frac{4}{5} = 1 \Rightarrow \frac{v_0^2}{2} = \frac{9}{5} \Rightarrow v_0^2 = \frac{18}{5} \Rightarrow v_0 = \pm \frac{6}{5} \text{ m/s}$$

البته با توجه به صورت مسئله که متحرک همواره در جهت مثبت محور در حرکت است $v_0 = 6 \text{ m/s}$ قابل قبول است.

۸۶۹ B

بازی با سؤال متحرک A با سرعت اولیه 20 m/s و شتاب ثابت از نقطه A روی خط راست می‌گذرد، هم‌زمان با آن متحرک B با سرعت ثابت 35 m/s در نقطه A در همان جهت می‌گذرد. سرعت متحرک A هنگام رسیدن به متحرک B چند متر بر ثانیه است؟

$$v - v_0 = v' - v \Rightarrow 35 - 20 = v' - 20 \Rightarrow v' = 50 \text{ m/s}$$

پاسخ

۸۸۷ A

بازی با سؤال اگر نمودار داده شده نمودار مکان - زمان بود و شتاب متوسط در بازه $t=2 \text{ s}$ تا $t=6 \text{ s}$ خواسته شده بود چه تغییری در پاسخ به وجود می‌آمد؟

پاسخ در نمودار $x-t$ و در بازه صفر تا ۳s سرعت متحرک ثابت و برابر شیب خط است:

$$v_1 = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{6}{3} = 2 \text{ m/s}$$

در بازه ۵s تا ۷s نیز سرعت متحرک ثابت و برابر شیب خط است:

$$v_2 = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{6}{2} = 3 \text{ m/s}$$

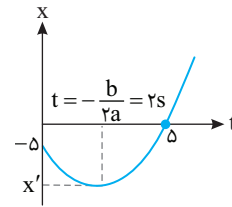
$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{3 - 2}{6 - 2} = \frac{1}{4} \text{ m/s}^2$$

شتاب متوسط در بازه خواسته شده برابر است با:

پاسخ فصل دهم

۸۱۴ A

بازی با سؤال در این مدت تندی متوسط را حساب کنید؟



پاسخ نکته برای به‌دست آوردن مسافت از روی معادله حرکت بهتر است نمودار $x-t$ را رسم کنیم.

$$x' = (2)^2 - 4(2) - 5 \Rightarrow x' = -9 \text{ m}$$

اگر $x = t^2 - 4t - 5$ باشد.

مسیر حرکت از $t=0$ تا $t=5 \text{ s}$ به صورت روبه‌رو است:

$$l = 5 + 9 = 14 \text{ m}$$

$$s_{av} = \frac{l}{\Delta t} \Rightarrow s_{av} = \frac{14}{5} = 2.8 \text{ m/s}$$

۸۳۳ C

بازی با سؤال در سؤال قبل و در همان بازه زمانی سرعت متوسط دو متحرک را مقایسه کنید.

پاسخ مکان اولیه هر دو متحرک یکسان و هنگام گذر از مبدأ مکان، مکان هر دو متحرک $x=0$ است، پس جابه‌جایی هر دو متحرک برابر $(x_2 - x_1 = x_0)$ است اما چون متحرک B مدت زمان بیشتری در حال حرکت بوده، سرعت متوسط کمتری دارد:

$$\begin{cases} v_{avA} = \frac{0 - x_0}{t_A} \\ v_{avB} = \frac{0 - x_0}{t_B} \end{cases} \xrightarrow{t_B > t_A} v_{avA} > v_{avB}$$

فکر کنیم متوجه شدید که مفاهیم سرعت متوسط و تندی متوسط چقدر باهم متفاوت است.

۸۴۰ B

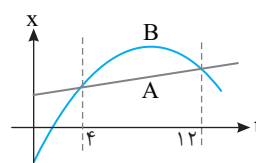
بازی با سؤال اگر نمودار به جای $v-t$ ، نمودار مکان - زمان $(x-t)$ بود، متحرک در نقطه A ساکن است و سرعت متحرک در نقطه B،

صفر می‌شود. در نقطه C شیب خط مماس منفی است بنابراین سرعت در نقطه C منفی است اما نمی‌توانیم درباره نوع حرکت اظهار نظر قطعی کنیم. در نقطه D سرعت منفی و در حال کاهش است زیرا شیب خط مماس از D تا min نمودار در حال کاهش است. در نقطه E و F، سرعت مثبت و در حال کاهش است.

۸۵۵ B

بازی با سؤال اگر مکان متحرک در لحظه $t=1 \text{ s}$ از شما خواسته شده بود باید چگونه عمل می‌کردیم؟

پاسخ حرکت متحرکی که شتابش ثابت است در دو طرف لحظه‌ای که سرعتش صفر می‌شود دارای تقارن است یعنی همان جابه‌جایی را که در بازه ۱s تا ۶s طی کرده است، در بازه ۶s تا ۱۱s نیز همان را طی می‌کند. یعنی متحرک در $t=1 \text{ s}$ در مکان -3 m است.



بازی با سؤال در شکل زیر

نمودار مکان - زمان دو متحرک A و B که به ترتیب خط راست و بخشی از یک سهمی هستند، رسم شده است. در

چه لحظه‌ای بر حسب ثانیه سرعت متحرک A برابر سرعت متحرک B است؟

پاسخ نمودار متحرک A را خط قاطع نمودار B در بازه ۴s تا ۱۲s در نظر

بگیرید. شیب این خط (یعنی سرعت متحرک A) در این بازه برابر سرعت

لحظه‌ای متحرک B در وسط این بازه ۴s تا ۱۲s است. بنابراین در $t = \frac{12+4}{2} = 8s$

سرعت متحرک B با سرعت متحرک A برابر است.

بازی با سؤال در این ۲s، بزرگی سرعت متوسط گلوله چند m/s است؟

پاسخ سرعت در برخورد به زمین ۶۲m/s و ۲s قبل از آن ۴۲m/s

است. بزرگی سرعت متوسط خواهد شد: $v_{av} = \frac{62+42}{2} = 52 \text{ m/s}$

بازی با سؤال اختلاف ارتفاع h_A و h_B چند متر است؟

پاسخ به کمک معادله حرکت h_A و h_B را به دست می‌آوریم و آن‌ها را

از هم کم می‌کنیم.

$$h = \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow \begin{cases} h_A = \frac{1}{2} \times 10 \left(\frac{4}{6}\right)^2 \\ h_B = \frac{1}{2} \times 10 \left(\frac{6}{6}\right)^2 \end{cases} \Rightarrow h_B - h_A = \frac{1}{2} \times 10 \left(\left(\frac{6}{6}\right)^2 - \left(\frac{4}{6}\right)^2\right)$$

$$\Rightarrow h_B - h_A = \frac{1}{2} \times 10 \left(\frac{6}{6} - \frac{4}{6}\right) \left(\frac{6}{6} + \frac{4}{6}\right)$$

$$\Rightarrow h_B - h_A = \frac{1}{2} \times 10 \times (2) \left(\frac{11}{6}\right) = 11.2 \text{ m}$$

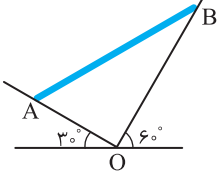
رفت: $v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x_1 \Rightarrow 0 - 36 = 2(-6)\Delta x_1 \Rightarrow \Delta x_1 = 3m$
 برگشت: $36 - 0 = 2(-2)\Delta x_2 \Rightarrow \Delta x_2 = -9m$
 $\Rightarrow L_{\text{مسافت طی شده}} = 9 + 3 = 12m$

پاسخ

۱۰۱۹ A

بازی با سؤال میله یکنواخت AB مطابق شکل روی دو سطح شیب دار

بدون اصطکاک OA و OB به حال تعادل قرار دارد. نیروهایی که دو سطح بر جسم وارد می کند



(۱) در A و B برابر است.

(۲) در A بزرگ تر از B است.

(۳) در A کوچک تر از B است.

(۴) در A برابر وزن میله و در B صفر است.

پاسخ

نیروی عمودی سطح A (F_{NA}) بر سطح

A عمود و موازی سطح B است. سطح B

با افق زاویه 60° می سازد بنابراین F_{NA}

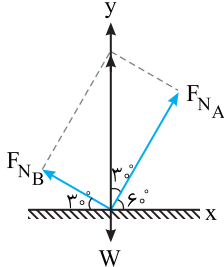
نیز با افق (محور x ها) زاویه $\alpha = 60^\circ$

می سازد. نیروی عمودی سطح B (F_{NB})

بر سطح B عمود و موازی سطح A است. سطح B با افق زاویه 30° می سازد

بنابراین F_{NB} نیز با سطح افق (محور x ها) زاویه $\beta = 30^\circ$ می سازد اکنون هر دو

بردار را در دستگاه xoy از مبدأ مختصات رسم کرده و با هم مقایسه می کنیم.



$$\tan 30^\circ = \frac{F_{NB}}{F_{NA}}$$

$$\Rightarrow \frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{F_{NB}}{F_{NA}} \Rightarrow F_{NB} > F_{NA}$$

میانبر همواره زاویه ای که نیروی عمودی سطح در این مسائل با افق می سازد

متمم زاویه ای است که سطح با افق می سازد.

۱۰۲۶ A

بازی با سؤال جسمی به جرم $5kg$ تحت تأثیر سه نیروی $\vec{F}_1 = 5\vec{i} + 4\vec{j}$

و $\vec{F}_2 = 2\vec{i} - \vec{j}$ از حال سکون به حرکت در می آید و پس از $5s$ تکانه آن

به $\vec{P} = 6\vec{i} + 2\vec{j}$ می رسد. کدام است؟ (یکها در SI)

$$\vec{F}_3 = 1/2\vec{i} + 4\vec{j} \quad (2) \quad \vec{F}_3 = -5/8\vec{i} + \vec{j} \quad (1)$$

$$\vec{F}_3 = 3\vec{i} - 5\vec{j} \quad (4) \quad \vec{F}_3 = -7\vec{i} + 2\vec{j} \quad (3)$$

پاسخ بنا بر قانون دوم نیوتون و تعریف تکانه خواهیم داشت:

$$\vec{F}_{net} = m\vec{a} \xrightarrow{\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t}} \vec{F}_{net} = \frac{m\vec{v} - m\vec{v}_0}{\Delta t} \xrightarrow{P = m\vec{v}} \vec{F}_{net} = \frac{\vec{P} - \vec{P}_0}{\Delta t}$$

جسم از حال سکون شروع به حرکت کرده و تکانه اولیه آن صفر است. از این روی می توان نوشت:

$$\vec{F}_{net} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \frac{\vec{P} - \vec{P}_0}{\Delta t} \xrightarrow{\vec{P}_0 = 0, \Delta t = 5s} 5\vec{i} + 4\vec{j} + 2\vec{i} - \vec{j} + \vec{F}_3 = \frac{6\vec{i} + 2\vec{j}}{5}$$

$$\Rightarrow 7\vec{i} + 3\vec{j} + \vec{F}_3 = 1/2\vec{i} + 4\vec{j} \Rightarrow \vec{F}_3 = -5/8\vec{i} + \vec{j}$$

گزینۀ ۱

پاسخ فصل یازدهم

۹۷۴ B

بازی با سؤال در این سؤال جسم پس از چند ثانیه به زمین می رسد؟

پاسخ جابه جایی جسم $\Delta x = 80m$ ، شتاب حرکت $a = 7\Delta m/s^2$ و سرعت اولیه صفر است، بنابراین به کمک معادله جابه جایی - زمان، می توان زمان را به دست آورد.

$$\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t \Rightarrow 80 = \frac{1}{2} \times 7 \times \Delta t^2$$

$$\Rightarrow t^2 = \frac{160}{7} = \frac{320}{14} = \frac{64}{3} \Rightarrow t = \frac{8}{\sqrt{3}} = \frac{8\sqrt{3}}{3}s$$

از کتاب درسی

۹۷۶ A

بازی با سؤال اگر شخص با چتر باز پیرد نوع حرکت او چگونه است؟

پاسخ وقتی چتر باز بلافاصله پس از پرش چتر خود را باز کند. ابتدا حرکتش تندشونده است تا تندی آن از صفر به تندی حدی برسد و پس از رسیدن به تندی حدی حرکت آن یکنواخت است.

۹۸۱ B

بازی با سؤال یک فنر بدون جرم به طول اولیه $50cm$ و ثابت

$2000N/m$ را با دو نیروی F_1 و F_2 از دو طرف در خلاف جهت می کشیم در

این حالت طول فنر $54cm$ می شود. کدام گزینه درست است؟

$$F_1 = F_2 = 40N \quad (2) \quad F_1 = F_2 = 80N \quad (1)$$

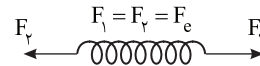
$$F_1 \neq F_2 \text{ و } F_1 + F_2 = 160N \quad (4) \quad F_1 \neq F_2 \text{ و } F_1 + F_2 = 80N \quad (3)$$

پاسخ فنر سبک شبیه به فنر سبک است و نیروهایی که از طرفین بر آن

وارد می شود با نیروی کشسانی فنر برابر است بنابراین:

$$F_1 = F_2 = F_e = k\Delta x \Rightarrow F_1 = F_2 = 2000 \times \left(\frac{54 - 50}{100}\right) = 80N$$

گزینۀ ۱



۹۸۵ B

بازی با سؤال در حالت اول نیرویی که کف سطل به مصالح وارد

می کند چند نیوتون است؟

پاسخ

$$F_N - mg = ma$$

$$F_N - 12 \times 10 = 12 \times 1/2 \Rightarrow F_N = 134/4N$$

۹۹۳ B

بازی با سؤال اگر در سؤال جابه جایی جسم پس از $5s$ خواسته شده

بود، پاسخ چند متر به دست می آمد؟

پاسخ ابتدا با توجه به حل بالا شتاب را به دست می آوریم. متحرک از حال

سکون شروع به حرکت با شتاب ثابت کرده، با توجه به رابطه های حرکت با

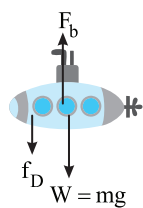
شتاب ثابت داریم:

$$\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t \xrightarrow{v_0=0} \Delta x = \frac{1}{2}at^2$$

$$\xrightarrow{a=6m/s^2, t=5s} \Delta x = \frac{1}{2} \times 6 \times (5)^2 \Rightarrow \Delta x = 75\Delta m$$

۱۰۱۰ B

بازی با سؤال مسافت طی شده در این مدت چند متر است؟



پاسخ در این حالت نیروی شناوری رو به بالا اما

نیروی وزن و نیروی مقاومت هوا رو به پایین است.

$$F_{\text{net}} = ma \Rightarrow F_b - mg - f_D = ma$$

$$\Rightarrow 1/6 \times 10^4 - 1/5 \times 10^4 - 10^2 = 1500a$$

$$1000 - 1000 = 1500a \Rightarrow 900 = 1500a \Rightarrow a = 0.6 \text{ m/s}^2$$

۱۰۳۴ A

بازی با سؤال نیروی خالص وارد شده به متحرک‌های A و B را در

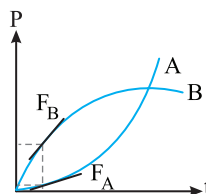
لحظه t_1 با هم مقایسه کنید؟

پاسخ در نمودار $P-t$ شیب

خط مماس بر نمودار اندازه نیروی

خالص وارد بر متحرک در آن لحظه را

نشان می‌دهد. $F_B > F_A$



۱۰۳۷ B

بازی با سؤال دوره حرکت ذره چند ثانیه است:

پاسخ با توجه به رابطه $v = r \frac{2\pi}{T}$ دوره حرکت را به دست می‌آوریم:

$$6/5 = 3/25 \times \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \pi \text{ s}$$

۱۰۴۵ A

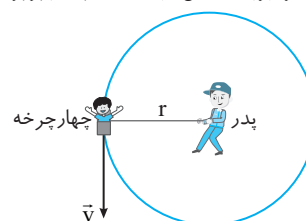
بازی با سؤال پدری فرزند ۲۵ کیلوگرمی خود را روی چهار چرخه ۵

کیلوگرمی قرار داده و روی مسیر دایره‌ای بدون اصطکاکی به شعاع ۲m توسط

ریسمانی با تندی یکسان می‌چرخاند. اگر نیروی کشش ریسمان ثابت و برابر

۵۰N باشد، دوره حرکت چند

ثانیه است؟ ($\pi \approx 3$)



۳ (۱)

۴/۵ (۲)

۶ (۳)

۷/۵ (۴)

پاسخ کشش ریسمان نیروی مرکزگرا است:

$$F = mr \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 \Rightarrow 50 = 25 \times 2 \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 \Rightarrow 1 = \left(\frac{6}{T} \right)^2 \Rightarrow \frac{6}{T} = 1 \Rightarrow T = 6 \text{ s}$$

۱۰۵۴ A

بازی با سؤال اگر فضاورد درون سفینه روی ترازو فنی قرار گیرد،

ترازو چند نیوتون را نشان می‌دهد؟

پاسخ در سفینه‌های فضایی مانند ایستگاه بین‌المللی، حالت بی‌وزنی وجود

دارد و ترازوی فنی، عدد صفر را نشان می‌دهد.

۱۰۸۰ B

بازی با سؤال اگر جرم اتاقک آسانسور ۹۷kg باشد، کشش کابل

متصل به اتاقک در این مدت چند نیوتون است؟

پاسخ کابل متصل به اتاقک مجموعه را به سمت بالا می‌کشد در این

صورت جرم اتاقک و جرم جسم را باید باهم جمع کرد.

$$T_{\text{کابل}} - (m+M)g = (m+M)a$$

$$T_{\text{کابل}} - (3+97) \times 10 = (3+97) \times (-4) \Rightarrow T_{\text{کابل}} = 600 \text{ N}$$

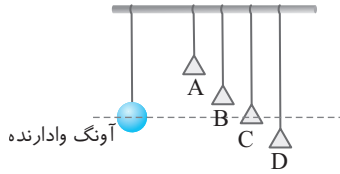
۱۰۸۳ B

بازی با سؤال یک زیردریایی به جرم ۱۵۰۰kg از زیر آب در راستای

قائم به سمت بالا حرکت می‌کند و در یک لحظه نیروی شناوری وارد بر آن

$1/6 \times 10^4 \text{ N}$ و نیروی مقاومت آب وارد بر آن ۱۰۰N است. شتاب زیردریایی در

این لحظه چند متر بر مجذور ثانیه است؟



پاسخ: با توجه به بسامد زاویه‌ای طبیعی $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$ تنها بسامد زاویه‌ای آونگ C با آونگ وادارنده یکسان است و با نوسان آن، آونگ C تشدید می‌کند و با انرژی بیشتری نسبت به بقیه دچار تشدید می‌شود.

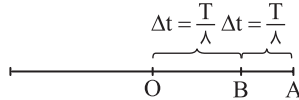
A ۱۲۱۱

بازی با سؤال: نوسانگر (۱) با دوره نوسان T در دو بازه زمانی یکسان Δt مسیرهای AB و BO را طی می‌کند. نوسانگر (۲) با دوره T' روی مسیر نشان داده شده مسیر $A'B'$ را در همان مدت Δt طی می‌کند. $\frac{T}{T'}$ کدام است؟ $(A'B' = B'O')$

(۱) $\frac{3}{4}$ (۲) $\frac{4}{3}$ (۳) $\frac{3}{2}$ (۴) $\frac{2}{3}$

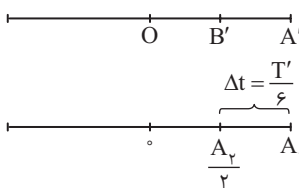
پاسخ: مدت زمانی که نوسانگر از بیشینه دامنه مثبت به نقطه تعادل می‌رسد برابر $\frac{T}{4}$ است و چون مدت زمان حرکت از A تا B با مدت زمان حرکت

از B تا O باهم یکسان بوده بنابراین نوسانگر هر کدام از این مسیرها را در مدت $\Delta t = \frac{T}{8}$ طی می‌کند و Δt برابر است با:



در مسیر دوم B' وسط پاره‌خط $O'A'$ بوده و در واقع مکان نقطه B' برابر نصف دامنه حرکت $(\frac{A'}{2})$ است. با توجه به بازه‌های زمانی شناخته شده که

باید حفظ باشید، در این حرکت Δt برابر است با:



با توجه به فرض مسئله باید بنویسیم

$$\begin{cases} \Delta t = \frac{T}{8} \Rightarrow \frac{T'}{6} = \frac{T}{8} \Rightarrow \frac{T}{T'} = \frac{4}{3} \\ \Delta t = \frac{T'}{6} \end{cases}$$

گزینه ۲

C ۱۲۳۱

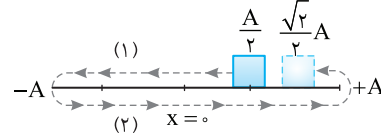
بازی با سؤال: در شکل زیر یک سامانه جرم - فنر روی سطح افقی با دامنه A و بسامد f دارای حرکت هماهنگ ساده است. اگر بتوان هنگام گذر نوسانگر از وضع تعادل وزنه m_2 را بدون ایجاد خلل در مسیر m_1 از روی آن جدا کرده و m_1 به حرکت هماهنگ ساده ادامه دهد، دامنه و بسامد حرکت آن

به ترتیب چند برابر A و چند برابر f می‌شود؟ $(m_2 = 3m_1)$

پاسخ فصل دوازدهم

A ۱۱۰۰

بازی با سؤال: در این بازه زمانی بردار شتاب چند بار تغییر جهت داده است؟ **پاسخ:** با هر بار گذر نوسانگر از حالت تعادلش ($x=0$) شتاب تغییر جهت می‌دهد که همان‌طور که روی نمودار کاملاً مشخص است نوسانگر دو بار در $\frac{T}{4}$ و $\frac{3T}{4}$ تغییر جهت می‌دهد.

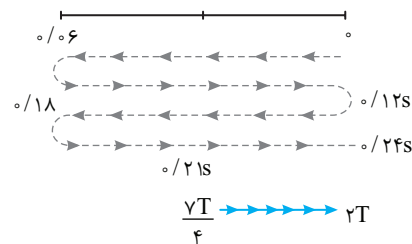


A ۱۱۰۲

بازی با سؤال: در بازه زمانی $0/21s < t < 0/24s$ علامت سرعت و شتاب و نوع حرکت چگونه است؟

پاسخ: بازه $t = 0/21s$ تا $t = 0/24s$ بازه بین $\frac{7T}{4}$ تا $2T$ است و در این بازه نیز شتاب منفی، سرعت مثبت و نوع حرکت کندشونده است.

$$\frac{t_1 = 0/21}{T = 0/12} \Rightarrow t_1 = \frac{7T}{4}, \quad \frac{t_2 = 0/24}{T = 0/12} \Rightarrow t_2 = 2T$$



در حل این نوع مسائل شما باید دقیقاً رفتار ذره با حرکت هماهنگ ساده را بدانید و بازه‌های زمانی مسئله را با بازه زمانی که می‌شناسید مقایسه کنید.

A ۱۱۲۸ از کتاب درسی

بازی با سؤال: جرم خودرویی همواره با سرنشینان آن 1600 kg است. این خودرو روی چهار فنر با ثابت $2 \times 10^4 \text{ N/m}$ سوار شده است. بسامد نوسان خودرو هنگام عبور از یک چاله چند هرتز است؟

پاسخ: جرمی که روی هر فنر قرار می‌گیرد 400 kg است پس بسامد نوسان هر فنر به صورت زیر است:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2 \times 10^4}{400}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{10^2}{2}} = \frac{1}{2\sqrt{2}\pi} = \frac{5}{\sqrt{2}\pi} \text{ Hz}$$

عبارت به‌دست آمده را گویا می‌کنیم:

$$f = \frac{5}{\sqrt{2}\pi} \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = \frac{5\sqrt{2}}{2\pi} \text{ Hz}$$

B ۱۱۵۰

بازی با سؤال: یک آونگ با وزنه سنگین و تعدادی آونگ سبک به یک میله افقی آویزان شده‌اند. با به نوسان درآمدن آونگ سنگین کدام آونگ‌ها دچار تشدید می‌شوند؟



پاسخ: در وسط مسیر با برداشتن m_2 ، قطعاً جرم وزنه‌ها $\frac{1}{4}$ حالت اولیه شده

و بسامد نیز ۲ برابر می‌شود ($f' = 2f$). اما تندی بیشینه وزنه m_1 همان $v_m = A\omega$

باقی می‌ماند. بنابراین:

$$v'_m = v_m \Rightarrow A'\omega' = A\omega \Rightarrow A'(2\pi f') = A(2\pi f)$$

$$\Rightarrow A'(2f) = Af \Rightarrow A' = \frac{1}{2}A$$

۱۲۲۲ B

بازی با سؤال: معادله مکان - زمان سامانه جرم - فنری در SI به

صورت $x = \frac{1}{2} \cos \omega t$ است. اگر ثابت فنری که جسم به آن متصل بوده

100 N/m و دوره نوسان آن T باشد، در لحظه $t = \frac{T}{4}$ انرژی جنبشی نوسانگر

چند ژول است؟

پاسخ: در لحظه $t = \frac{T}{4}$ نوسانگر از مکان $x = A$ به $x = 0$ رسیده و انرژی

پتانسیل نوسانگر صفر است:

$$E = U + K \xrightarrow{U=0} E = K \xrightarrow{E=\frac{1}{2}kA^2} K = \frac{1}{2}kA^2$$

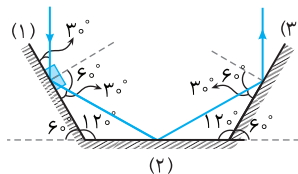
$$\Rightarrow K = \frac{1}{2} \times 100 \times 0.04 = 2 \text{ J}$$

پاسخ فصل سیزدهم

۱۲۶۴ B

بازی با سؤال اگر پرتو نور منبع S عمود بر سطح افقی بر سطح (۱) بتابد، سطح (۳) را چند درجه بچرخانیم تا پرتو بازتاب از سطح (۳) با پرتو تابش موازی باشد؟

پاسخ مطابق شکل زیر برای آنکه پرتو بازتاب از آینه (۳) نیز موازی با پرتو تابش اولیه شود باید پرتو مسیر یکسانی را در دو طرف طی کند و شکل متقارن باشد بنابراین زاویه‌ای که در این حالت آینه (۳) با افق می‌سازد 60° است، بنابراین آینه (۳) را باید 30° ساعتگرد بچرخانیم.



پاسخ فصل چهاردهم

۱۳۷۳

B

بازی با سؤال کمینه طول موج مربوط به کدام رشته و چند نانومتر است؟ ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

پاسخ کمینه طول موج مربوط به بیشینه بسامد ($\lambda = \frac{v}{f}$) و بیشینه انرژی

$$E_U - E_L = hf \xrightarrow{f = \frac{c}{\lambda}} -\frac{E_R}{n_U^2} + \frac{E_R}{n_L^2} = \frac{hc}{\lambda} \quad \text{رشته ها است:}$$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{E_R}{hc} \left(\frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{13/6}{4 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8} \left(\frac{1}{1} - \dots \right)$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{3}{3/4} \times 10^{-7} \text{ m} = \frac{300}{3/4} \text{ nm}$$

گزینه ۳

$$x = -t^2 + 8t + 2$$

مکان نیز صفر است.

$$\text{ریشه های معادله: } \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{-8 \pm \sqrt{64 + 8}}{-2}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \frac{-8 - \sqrt{72}}{-2} = \frac{8 + 6\sqrt{2}}{2} = 4 + 3\sqrt{2} \text{ s قابل قبول} \\ \frac{-8 + 6\sqrt{2}}{-2} = 4 - 3\sqrt{2} \text{ زمان منفی قابل قبول نیست.} \end{cases}$$

در لحظه $t = 4 + 3\sqrt{2} \text{ s}$ مکان متحرک صفر است.

۱۵۹۳ B

بازی با سؤال اگر دو آونگ این سؤال با دامنه یکسان نوسان کنند و در مبدأ زمان از بیشینه مکان مثبت شروع به نوسان کنند، پس از چند ثانیه برای اولین بار از کنار هم عبور می کنند؟

$$x_A = A \cos \frac{2\pi}{T_A} t \Rightarrow x_A = A \cos \frac{\Delta\pi}{6} t$$

$$x_B = A \cos \frac{2\pi}{T_B} t \Rightarrow x_B = A \cos \frac{\Delta\pi}{9} t$$

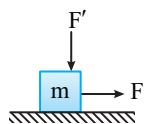
هنگامی که دو متحرک از کنار هم عبور می کنند $x_A = x_B$ است:

$$x_A = x_B \Rightarrow A \cos \frac{\Delta\pi}{6} t = A \cos \frac{\Delta\pi}{9} t \Rightarrow \frac{\Delta\pi}{6} t = 2\pi - \frac{\Delta\pi}{9} t$$

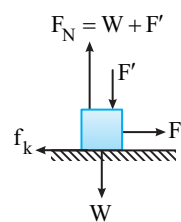
$$\frac{\Delta\pi}{6} t + \frac{\Delta\pi}{9} t = 2\pi \Rightarrow \frac{15\pi}{18} t + \frac{10\pi}{18} t = 2\pi \Rightarrow \frac{25\pi}{18} t = 2\pi \Rightarrow t = \frac{36}{25} = 1.44 \text{ s}$$

۱۶۰۷ C

بازی با سؤال اگر جسم تحت تأثیر نیروی افقی F و نیروی قائم رو به پایین F' در حال حرکت بر روی سطح افقی باشد، چنانچه نیروی F' کاهش یابد تا به صفر برسد، زاویه بین نیروی سطح وارد بر جسم با سطح افق چگونه تغییر می کند؟



- (۱) ابتدا کاهش، سپس افزایش می یابد.
- (۲) همواره کاهش می یابد.
- (۳) همواره افزایش می یابد.
- (۴) ثابت می ماند.



پاسخ جسم تحت تأثیر نیروی F در حال حرکت است، با کاهش نیروی F' نیروی F_N کاهش می یابد و با کاهش نیروی F_N اصطکاک نیز کاهش می یابد اما زاویه بین نیروی سطح وارد بر جسم با سطح افق ثابت می ماند. دقت کنید که:

$$\tan \theta = \frac{F_N}{f_k} = \frac{F_N}{\mu_k F_N} \Rightarrow \tan \theta = \frac{1}{\mu_k}$$

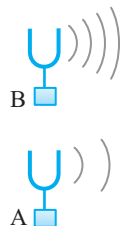
بنابراین با ثابت بودن μ_k قطعاً θ ثابت می ماند.

گزینه ۴

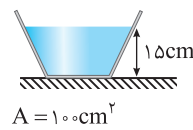
۱۶۲۲ A

بازی با سؤال اگر جبهه های موج صوتی حاصل از دو دیپازون A و B به صورت روبه رو باشد، ارتفاع صوت حاصل از کدام صوت بیشتر است؟

پاسخ فاصله دو جبهه موج از هم برابر طول موج است، با توجه به شکل طول موج صوت حاصل از دیپازون A بزرگ تر از طول موج صوت حاصل از دیپازون B است:



۱۵۴۳ B



بازی با سؤال مطابق شکل ۲ لیتر مایع به چگالی $1/6 \text{ g/cm}^3$ درون ظرفی ریخته شده است. نیروی وارد از طرف مایع به کف ظرف چند نیوتون است؟ ($g = 10 \text{ N/kg}$)

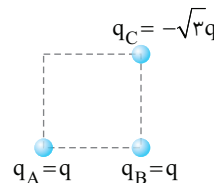
۱۲ (۱) ۲۴ (۲) ۱۵ (۳) ۳۰ (۴)

پاسخ فشار مایع به شکل ظرف بستگی ندارد و برابر ρgh است از این رو با توجه به رابطه نیروی وارد بر کف ظرف داریم:

$$F = PA \xrightarrow{P = \rho gh} F = (1000 \times 10 \times \frac{15}{100}) \times 100 = 1500 \text{ N}$$

گزینه ۲

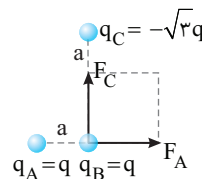
۱۵۵۳ C



بازی با سؤال سه ذره باردار مطابق شکل مقابل در سه گوشه یک مربع قرار دارند. اگر به جای بار q در نقطه A، بار $-q$ باشد، جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_B چند درجه و در چه جهتی می چرخد؟

(۱) 120° ، پادساعتگرد (۲) 120° ، ساعتگرد

(۳) 60° ، پادساعتگرد (۴) 60° ، ساعتگرد



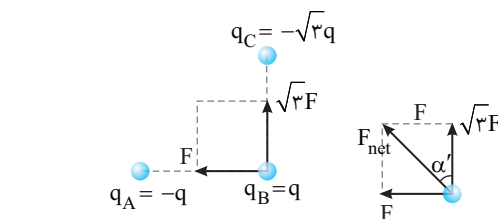
پاسخ در حالت اول با توجه به جهت نیروهای وارد بر q_B از طرف q_A و q_C زاویه نیروی برابند با راستای قائم را به دست می آوریم.

$$F_C = k \frac{q_C q_B}{a^2} \Rightarrow F_C = k \frac{\sqrt{3} q^2}{a^2} = \sqrt{3} F$$

$$F_A = k \frac{q_A q_B}{a^2} \Rightarrow F_A = k \frac{q^2}{a^2} = F$$

$$\tan \alpha = \frac{F}{\sqrt{3} F} = \frac{1}{\sqrt{3}} \Rightarrow \alpha = 30^\circ$$

در حالت دوم با تغییر علامت بار q_A جهت نیروی برابند به صورت زیر می شود.



$$\tan \alpha' = \frac{F}{\sqrt{3} F} = \frac{1}{\sqrt{3}} \Rightarrow \alpha' = 30^\circ$$

بنابراین جهت نیروی برابند 60° پادساعتگرد می چرخد.

گزینه ۳

۱۵۷۱ A

بازی با سؤال در چه لحظه ای طول بردار مکان کمینه است؟ ($\sqrt{2} = 1/4$)

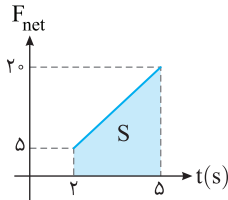
پاسخ هنگام عبور نمودار از محور افقی مکان متحرک صفر می شود و بردار

۱۷۸۰ B

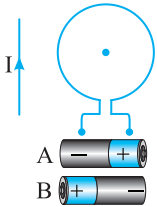
بازی با سؤال در این لحظه تندی جسم را به دست آورید.

پاسخ تا لحظه $t = 2s$ که نیروی $F = 10N$ می شود جسم ساکن است زیرا تا این لحظه نیروی F از $f_{s,max}$ کمتر است و جسم ساکن بوده و F_{net} صفر است.

از $t = 2s$ به بعد جسم شروع به حرکت می کند و نیروی اصطکاک وارد بر آن $f_k = 5N$ است، بنابراین از $t > 2s$ نیروی خالص وارد بر جسم به صورت $F = 5t - 5$ است و نمودار $F_{net} - t$ به صورت زیر است که سطح زیر نمودار آن برابر ΔP است:



$$\Delta P = S \Rightarrow m\Delta v = \frac{3(5+20)}{2} \\ \Rightarrow 2(v_2 - 0) = 37/5 \Rightarrow v_2 = 18/5 \text{ m/s}$$



بازی با سؤال در شکل مقابل برای آنکه میدان مغناطیسی خالص در مرکز پیچه صفر شود، باید کدام باتری مدار قرار گیرد؟

پاسخ با توجه به قاعده دست راست میدان سیم در محل حلقه درونسو بوده و باید میدان حلقه برونسو باشد، بنابراین جریان حلقه پادساعتگرد است و باید باتری A استفاده شود.

۱۸۱۹ B

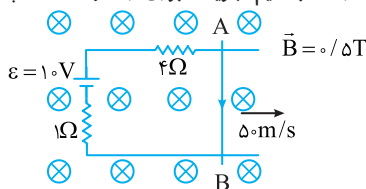
بازی با سؤال اگر در این حالت وزنه $2kg$ را برداریم، شتاب حرکت چند متر بر مجذور ثانیه می شود؟

پاسخ در این حالت نیروی وزن برابر $40N$ می شود.

$$F_{net} = ma \Rightarrow F - 40 = 2F = ma \xrightarrow{F=75N, m=4kg} 20 = 4a \Rightarrow a = 5 \text{ m/s}^2$$

۱۸۳۸ B

بازی با سؤال در شکل زیر اگر سیم AB به طول $10cm$ را با تندی $50m/s$ به سمت راست بکشیم، جریان عبوری از مقاومت 4Ω چند آمپر می شود؟



پاسخ ابتدا نیرو محرکه را به دست می آوریم و با توجه به قانون لنز و اینکه مساحت سطح در حال افزایش است، جهت جریان القایی را به دست می آوریم:

$$\varepsilon' = Blv \Rightarrow \varepsilon' = 0.5 \times 0.1 \times 50 = 2.5V$$

جهت جریان در خلاف جهت جریان اصلی مدار است و سیم در حال حرکت شبیه یک باتری $2.5V$ است که جریان آن با باتری اصلی مخالف است و اتصال آن به شکل زیر است، بنابراین جریان مدار خواهد شد:

$$I = \frac{\varepsilon - \varepsilon'}{R + r} = \frac{10 - 2.5}{5} = 1.5A$$

$$\lambda_A > \lambda_B \xrightarrow{\lambda = \frac{v}{f}} \frac{v}{f_A} > \frac{v}{f_B} \Rightarrow \frac{1}{f_A} > \frac{1}{f_B} \Rightarrow f_B > f_A$$

ارتفاع صوت حاصل از دیافازون B بیشتر از ارتفاع صوت حاصل از دیافازون A است.

۱۶۲۴ B

بازی با سؤال اگر مسافت ذره M، $\frac{A}{2}$ داده می شود، مسافتی که

موج در این مدت طی می کرد برابر با چند λ می شد؟

پاسخ ذره M از مکان $x=0$ تا مکان $x=-\frac{A}{2}$

مسافت $\frac{A}{2}$ را طی می کند مدت زمان این جابه جایی با توجه به بازه های زمانی برابر $\frac{T}{12}$ است:

دوره و طول موج با هم متناسب اند بنابراین در این مدت موج به اندازه $\frac{\lambda}{12}$ مسافت طی می کند.

۱۷۱۱ B

بازی با سؤال نیروی متوسط وارد بر جسم در این بازه چند نیوتون است؟

$$F_{av} = \frac{\Delta P}{\Delta t} \Rightarrow F_{av} = \frac{18}{2} = 9N$$

پاسخ

۱۷۳۵ B

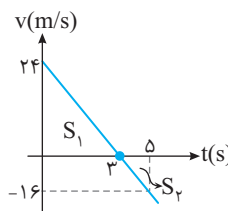
بازی با سؤال چتربازی از یک بالگرد به بیرون پریده و هنگامی که تندی آن به $17m/s$ می رسد چتر خود را باز می کند، در این لحظه
(۱) نیروی مقاومت هوای وارد بر جسم بیشینه است.
(۲) تندی متحرک بیشینه مقدار است.
(۳) شتاب کندشونده آن بیشینه است.
(۴) هر سه گزینه درست است.

پاسخ در لحظه باز شدن چتر تندی بیشینه و مساحت سطح بیشینه است بنابراین نیروی مقاومت هوا بیشینه می شود و شتاب کند شدن حرکت در این لحظه نیز بیشینه است، بنابراین هر سه گزینه درست است. **گزینه ۴**

۱۷۷۳ B

بازی با سؤال تندی متوسط متحرک در بازه زمانی صفر تا $5s$ چند متر بر ثانیه است؟

پاسخ برای به دست آوردن تندی متوسط باید مسافت طی شده را به دست آوریم، بنابراین نمودار $v-t$ حرکت را رسم کرده و با استفاده از سطح زیر نمودار مسافت را به دست می آوریم:

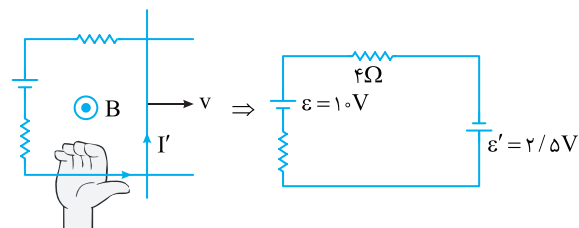


$$v = -8t + 24 \Rightarrow \begin{cases} t=0 \Rightarrow v=24 \text{ m/s} \\ v=0 \Rightarrow t=3s \\ t=5 \Rightarrow v=-16 \text{ m/s} \end{cases}$$

$$S_1 = \frac{3 \times 24}{2} = 36 \\ |S_2| = \frac{2 \times 16}{2} = 16 \\ \Rightarrow l = S_1 + |S_2| = 52m$$

$$s_{av} = \frac{l}{\Delta t} = \frac{52}{5} = 10.4 \text{ m/s}$$

تندی متوسط برابر است با:



۱۸۶۴

B

بازی با سؤال اگر سرنگ را درون ظرف بزرگی حاوی مخلوط آب و یخ در حال تعادل قرار دهیم و پس از مدتی پیستون سرنگ را به آرامی فشار دهیم، نمودار فرایند ایستوار گاز کدام گزینه می‌شود؟

پاسخ مخلوط آب و یخ در حال تعادل دارای دمای 0°C است، بنابراین در این حالت یک فرایند تراکمی هم‌دما اتفاق می‌افتد و گزینه (۱) می‌تواند نمودار $P-V$ آن باشد.

۱۸۶۸

B

بازی با سؤال نیروی کشش نخ متصل به گوی چند نیوتون است؟

پاسخ

$$T = F_e + mg \xrightarrow{F_e = mg} T = 2mg \Rightarrow T = 2 \times 4 = 8\text{ N}$$

بازی با سؤال اندازه نیروی مرکزگرای گوی (۱) چند برابر اندازه نیروی مرکزگرای گوی (۲) است؟

پاسخ

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{m \frac{v_1^2}{r_1}}{m \frac{v_2^2}{r_2}} \xrightarrow{m_1 = m_2} \frac{F_1}{F_2} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2 \times \frac{r_2}{r_1} \Rightarrow \frac{F_1}{F_2} = \frac{1}{4} \times \frac{4}{2} = \frac{1}{2}$$

پاسخ تشریحی فیزیک دهم

حال حجم ظاهری مکعب کامل را حساب می‌کنیم:

$$V = a^3 \Rightarrow V_{\text{مکعب}} = 10^3 \text{ cm}^3$$

حجم مکعب کامل از حجم فلزی که مکعب مسئله از آن ساخته شده بیشتر است، بنابراین مکعب مسئله دارای فضای خالی با حجم $1000 - 750 = 250 \text{ cm}^3$ است.

۱۶ B

پیداوی هرگاه در اثر مخلوط کردن دو جسم، مجموع حجم آن‌ها ثابت بماند در

این صورت چگالی مخلوط برابر است با: $\frac{4/86 \text{ g}}{1 \text{ cm}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ g}} = 2/43 \text{ kg}$ متقال ۵۰۰

باید ابتدا حجم مایع A و حجم مایع B را به کمک داده‌های مسئله حساب کنیم. چگالی مایع A و B برحسب kg/m^3 خواهد شد.

$$\rho_A = 1200 \text{ g/L} = 1200 \frac{\text{g}}{\text{L}} \times \frac{10^{-3} \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ g}} \Rightarrow \rho_A = 1200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

به همین ترتیب $\rho_B = 1500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ خواهد شد.

حجم مایع A را حساب می‌کنیم

$$\rho_A = \frac{m_A}{V_A} \Rightarrow 1200 = \frac{2}{V_A} \Rightarrow V_A = \frac{2}{1200} \Rightarrow V_A = \frac{1}{600} \text{ m}^3$$

حجم مایع B را به دست می‌آوریم.

$$\rho_B = \frac{m_B}{V_B} \Rightarrow 1500 = \frac{4}{V_B} \Rightarrow V_B = \frac{4}{1500} = \frac{2}{750} \text{ m}^3$$

چگالی مخلوط خواهد شد:

$$\rho = \frac{m_A + m_B}{V_A + V_B} \Rightarrow \rho = \frac{2 + 4}{\frac{1}{600} + \frac{2}{750}} = \frac{6}{\frac{5 + 8}{3000}} \Rightarrow \rho = \frac{18000}{13}$$

۳۷ B

با ذوب شدن یخ جرم، آن ثابت اما حجم آب 5 cm^3 کاهش یافته است.

$$\begin{cases} \rho_{\text{یخ}} = \frac{m}{V_i} \quad \rho_{\text{یخ}} = 0.9 \text{ g/cm}^3 \rightarrow m = 0.9 V_i \\ \rho_{\text{یخ ذوب شده}} = \frac{m}{V_i - 5} \quad \rho_{\text{یخ ذوب شده}} = 1 \text{ g/cm}^3 \rightarrow m = V_i - 5 \end{cases}$$

$$\Rightarrow 0.9 V_i = V_i - 5 \Rightarrow V_i = 50 \text{ cm}^3$$

$$m_i = 0.9 \times 50 = 45 \text{ g}$$

بنابراین جرم یخ اولیه برابر است با:

۴۸ A

خط فکری جرم ظرف خالی و مجموع جرم ظرف و مایع درون آن را نیز در اختیار

داریم بنابراین جرم مایع را می‌توانید به دست بیاورید و با تعریف چگالی، حجم مایع درون ظرف را حساب کنید که در واقع گنجایش ظرف به دست می‌آید که حجم روغن ریخته شده در ظرف نیز همان حجم ظرف است، بنابراین چگالی روغن قابل محاسبه می‌شود.

جرم مایع اول برابر $240 - 300 = 540 \text{ g}$ است، به کمک تعریف چگالی حجم مایع که برابر

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{240}{1/2} \Rightarrow V = 200 \text{ cm}^3 \quad \text{حجم ظرف:}$$

جرم روغن برابر $460 - 300 = 160 \text{ g}$ و حجم روغن که همان حجم ظرف است برابر با

200 cm^3 است. در این صورت، چگالی روغن را می‌توان حساب کرد.

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \rho = \frac{160}{200} \Rightarrow \rho = 0.8 \text{ g/cm}^3 = 800 \text{ kg/L}$$

پاسخ فصل اول

۱ A

در فیزیک کمیت‌های طول، جرم، زمان، دما، مقدار ماده جریان الکتریکی و شدت روشنایی کمیت‌های اصلی هستند. میدان مغناطیسی، نیرو و شتاب کمیت‌های برداری هستند.

۲ A

حجم باران باریده برابر است با:

$$2500 \text{ (km)}^2 \times 40 \text{ mm} = 2500 \times 10^6 \times 40 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 10^8 \text{ m}^3$$

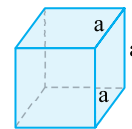
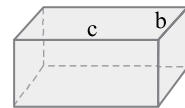
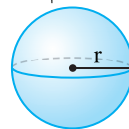
با استفاده از رابطه چگالی داریم:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V \Rightarrow m = 10^3 \times 10^8 \text{ kg} = 10^{11} \text{ kg}$$

۳ B

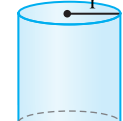
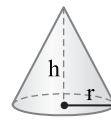
پیداوی ریاضی یادآوری حجم بعضی از اجسام هندسی:

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3 \quad \text{کره} \quad V = abc \quad \text{مکعب مستطیل} \quad V = a^3 \quad \text{مکعب}$$



$$V = \frac{1}{3} \pi r^2 h \quad \text{مخروط}$$

$$V = \pi r^2 h \quad \text{استوانه}$$



جرم مخروط و جرم مکعب با هم برابر است ($m_1 = m_2$)

حجم مکعب با ضلع a برابر $V_1 = a^3$ است.

ارتفاع مخروط برابر طول ضلع مکعب یعنی $h = a$ و شعاع آن نصف طول ضلع مکعب

است. ($r = \frac{a}{2}$) حجم مخروط خواهد شد:

$$V_2 = \frac{1}{3} \pi r^2 h \Rightarrow V_2 = \frac{1}{3} \pi \left(\frac{a}{2}\right)^2 \times a \xrightarrow{\pi=3} V_2 = \frac{a^3}{4}$$

اکنون V_1 و V_2 را داریم، نسبت $\frac{\rho_1}{\rho_2}$ را به دست می‌آوریم.

$$\begin{cases} \rho_1 = \frac{m_1}{V_1} \Rightarrow \rho_1 = \frac{m_1}{a^3} \times \frac{V_2}{V_1} \xrightarrow{m_1=m_2} \rho_1 = 1 \times \frac{a^3}{a^3} \Rightarrow \rho_1 = 1 \\ \rho_2 = \frac{m_2}{V_2} \end{cases}$$

۴ B

خط فکری هرگاه جسمی در مایعی فرو رود، حجم مایع جابه‌جا شده برابر حجم جسم

است، بنابراین با تغییر سطح آب درون استوانه شما حجم جسم را در اختیار دارید و می‌توانید چگالی جسم را به دست آورید.

حجم گلوله برابر حجم آب جابه‌جا شده درون استوانه است: $V = 540 - 50 = 490 \text{ cm}^3$

چگالی گلوله برابر با $\rho = \frac{m}{V} = \frac{42}{490} = 0.0857 \text{ g/cm}^3$ خواهد شد.

۵ B

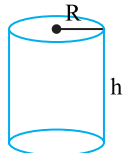
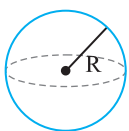
ابتدا با توجه به چگالی فلز و جرم مکعب، حجم فلزی که مکعب از آن ساخته شده است را به دست می‌آوریم:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{6000}{8} \Rightarrow V_{\text{فلز}} = 750 \text{ cm}^3$$

۱۲ A

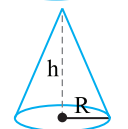
بیادوی ریاضی: حجم کره‌ای به شعاع R:

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3$$



حجم استوانه‌ای به ارتفاع h و شعاع قاعده R:

$$V = \pi R^2 h$$



حجم مخروط به ارتفاع h و شعاع قاعده R:

$$V = \frac{1}{3} \pi R^2 h$$

۱۳ A

چگالی مخلوط برابر است با:

$$\rho = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2}$$

جرم‌ها را برحسب ρV می‌نویسیم ($m = \rho V$):

$$\rho = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2}{V_1 + V_2} \quad \frac{V_1 = \frac{1}{3} V}{V_2 = \frac{2}{3} V} \rightarrow \rho = \frac{\rho_1 \times \frac{1}{3} V + \rho_2 \times \frac{2}{3} V}{V} \Rightarrow \rho = \frac{\rho_1 + 2\rho_2}{3}$$

۱۴ B

نسبت چگالی‌ها از ما خواسته شده است بنابراین شما باید ابتدا نسبت

جرم‌ها و نسبت حجم‌ها را به دست بیاورید سپس نسبت $\frac{\rho_A}{\rho_B}$ را حساب کنید.

۱. حجم استوانه توپر A برابر است با:

$$V_A = \pi R^2 h_A = \pi R^2 h$$

۲. ارتفاع و شعاع خارجی استوانه توخالی برابر ارتفاع و شعاع استوانه A است.

(R_O = R و h_A = h_B) و شعاع داخلی آن نصف شعاع خارجی است. (R_i = $\frac{R}{2}$)

بنابراین حجم استوانه خواهد شد:

$$V_B = \pi(R_O^2 - R_i^2)h_B \Rightarrow V_B = \pi(R^2 - \frac{R^2}{4})h = \frac{3}{4} \pi R^2 h$$

$$\frac{V_B}{V_A} = \frac{\frac{3}{4} \pi R^2 h}{\pi R^2 h} \Rightarrow \frac{V_B}{V_A} = \frac{3}{4}$$

نسبت $\frac{V_B}{V_A}$ را به دست می‌آوریم.

نسبت چگالی‌ها را حساب می‌کنیم:

$$\frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{\frac{m_A}{V_A}}{\frac{m_B}{V_B}} \Rightarrow \frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{m_A}{m_B} \times \frac{V_B}{V_A} \xrightarrow{m_A = m_B} \frac{\rho_A}{\rho_B} = 1 \times \frac{3}{4} = \frac{3}{4}$$

۹ B

چگالی قطعه جواهر و حجم آن را در اختیار داریم بنابراین جرم قطعه جواهر را حساب می‌کنیم.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \frac{V = 5 \text{ cm}^3}{\rho = 13/6 \text{ g/cm}^3} \rightarrow 13/6 = \frac{m}{5} \Rightarrow m = 68 \text{ g}$$

بنابراین مجموع جرم طلا و نقره‌ای که در این جواهر به کار برده شده ۶۸g است.

$$m_{Ag} + m_{Au} = 68 \xrightarrow{m = \rho V} \rho_{Ag} V_{Ag} + \rho_{Au} V_{Au} = 68$$

$$\frac{\rho_{Au} = 19 \text{ g/cm}^3}{\rho_{Ag} = 10 \text{ g/cm}^3} \rightarrow 10 V_{Ag} + 19 V_{Au} = 68 \quad (1)$$

حجم کل قطعه ۵cm^۳ است یعنی مجموع حجم طلا و نقره در این آلیاژ برابر ۵cm^۳ شده است.

$$V_{Ag} + V_{Au} = 5 \quad (2)$$

دستگاه دو معادله دو مجهول (۱) و (۲) را حل می‌کنیم.

$$\begin{cases} 10 V_{Ag} + 19 V_{Au} = 68 \\ -19 \times \begin{cases} V_{Ag} + V_{Au} = 5 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 10 V_{Ag} + 19 V_{Au} = 68 \\ -19 V_{Ag} - 19 V_{Au} = -95 \end{cases} \\ \hline -9 V_{Ag} = -27 \Rightarrow V_{Ag} = 3 \text{ cm}^3 \end{cases}$$

اکنون می‌توان جرم نقره را حساب کرد.

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m_{Ag} = \rho_{Ag} V_{Ag} = 10 \times 3 \Rightarrow m_{Ag} = 30 \text{ g}$$

۱۰ A

نسبت جرم‌ها را دارید ($\frac{m_A}{m_B} = 1$). نسبت حجم‌ها را حساب کنید تا

بتوانید نسبت چگالی‌ها را به دست آورید.

نسبت چگالی‌ها برابر است با:

$$\begin{aligned} \frac{\rho_A}{\rho_B} &= \frac{\frac{m_A}{V_A}}{\frac{m_B}{V_B}} = \frac{m_A}{m_B} \times \frac{V_B}{V_A} \Rightarrow \frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{V_B}{V_A} \\ \frac{V = \frac{4}{3} \pi r^3}{r_A = 3 \text{ cm}, r_B = 6 \text{ cm}} &\rightarrow \frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{\frac{4}{3} \pi (6)^3}{\frac{4}{3} \pi (3)^3} \Rightarrow \frac{\rho_A}{\rho_B} = 8 \end{aligned}$$

۱۱ A

ترازوی رقمی جرم جسم را ۱۱/۵g نشان داده است از طرفی حجم جسم برابر حجم مایع جابه‌جا شده در استوانه مدرج است.

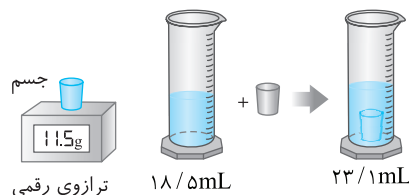
$$V_{\text{جسم}} = 23/1 - 18/5 \Rightarrow V_{\text{جسم}} = 4/6 \text{ mL} = 4/6 \text{ cm}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \rho = \frac{11/5}{4/6} \Rightarrow \rho = 2/5 \text{ g/cm}^3$$

چگالی جسم خواهد شد:

چگالی را برحسب kg/m^۳ به دست می‌آوریم.

$$\rho = 2/5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ g}} \times \frac{10^6 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3} \Rightarrow \rho = 2/5 \times 10^3 = 250 \cdot \text{kg/m}^3$$



۳ در فرض مسئله بیان شده شعاع قاعده بزرگ مخروط دو برابر شعاع قاعده کوچک

$$\begin{cases} A_1 = \pi r_1^2 \\ A_2 = \pi (2r_1)^2 \end{cases} \Rightarrow A_2 = 4A_1$$

آن است.

۴ از طرفی می‌خواهیم در دو حالت فشار تغییر نکند:

$$P_1 = P_2$$

$$\Rightarrow \frac{W}{A_1} = \frac{(W+W')}{A_2} \Rightarrow \frac{W}{A_1} = \frac{W+W'}{4A_1} \Rightarrow 4W = W+W' \Rightarrow W' = 3W$$

۲۱ B

فشار در یک نقطه از مایع برابر است با:

۱ فشار در نقطه A را به دست می‌آوریم:

$$P_A = P_0 + \rho gh_A \xrightarrow{h_A = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}} P_A = 9/9 \times 10^4 + 1000 \times 10 \times 0.1 / 1$$

$$\Rightarrow P_A = 9/9 \times 10^4 + 10 \times 10^4 = 10 \times 10^4 \text{ Pa}$$

۲ فشار در نقطه B را به دست می‌آوریم:

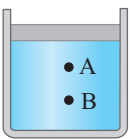
$$P_B = P_0 + \rho gh_B \xrightarrow{h_B = 6 \text{ cm} = 0.06 \text{ m}}$$

$$P_B = 9/9 \times 10^4 + 1000 \times 10 \times 0.06 \Rightarrow P_B = 9/9 \times 10^4 + 6 \times 10^4 = 10/5 \times 10^4 \text{ Pa}$$

۳ نسبت خواسته شده را به دست می‌آوریم:

$$\frac{P_B}{P_A} = \frac{10/5 \times 10^4}{10 \times 10^4} \Rightarrow \frac{P_B}{P_A} = \frac{10/5}{10} = \frac{2}{20} = \frac{1}{10}$$

۲۲ A

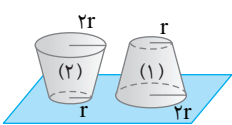


به شکل نگاه کنید، عمق B از عمق A بیشتر است و با توجه به رابطه $(P = \rho gh)$ قطعاً فشار مایع در عمق B از فشار مایع در عمق A بیشتر است ($P_A < P_B$). با قرار دادن وزنه روی

پیستون، این وزنه فشاری برابر $P = \frac{W}{A}$ بر مایع وارد می‌کند و

بنا بر اصل پاسکال، مایع این افزایش فشار را به‌طور یکسان به تمام نقاط منتقل می‌کند، بنابراین افزایش فشار در نقطه A با افزایش فشار در نقطه B برابر است ($\Delta P_B = \Delta P_A$).

۲۳ A



به عبارت نیروی وارد بر سطح افقی دقت کنید. یک جسم ساکن همواره نیرویی برابر نیروی وزن را بر تکیه‌گاهش وارد می‌کند. چون وزن ظرف و آب درون آن‌ها یکسان است،

نیرویی که هر دو ظرف بر سطح افقی وارد می‌کنند یکسان است ($F_1 = F_2$).

ارتفاع آب در دو ظرف یکسان است بنابراین فشار آب در کف ظرف‌ها یکسان است.

$$P = \rho gh \xrightarrow{h_1 = h_2} P_1 = P_2$$

۲۴ B

۱ چه دو مایع با هم مخلوط شوند و چه به صورت مخلوط نشده در ظرف استوانه‌ای

قرار بگیرند، چون وزن مایع درون ظرف یکسان است، فشار وارد بر کف ظرف در دو حالت یکسان است. در حل این سؤال برای راحتی فرض می‌کنیم که دو مایع مخلوط نشده باشند.

چگالی مایع A از چگالی مایع B بیشتر است و مایع A ته‌نشین می‌شود. با توجه به شکل ارتفاع مایع A و ارتفاع مایع B را می‌توان به دست آورد.

$$\begin{cases} V_A = \frac{1}{3} V \\ V_B = \frac{2}{3} V \end{cases} \xrightarrow{V = Ah} \begin{cases} h_A = \frac{1}{3} h \\ h_B = \frac{2}{3} h \end{cases}$$

$$h_A = \frac{h}{3} = \frac{15}{3} = 5 \text{ cm}, \quad h_B = \frac{2h}{3} = \frac{2}{3} \times 15 = 10 \text{ cm}$$

پاسخ فصل دوم

۱۵ A

در لوله‌های مویین هر چه مساحت سطح مقطع لوله بزرگ‌تر (لوله پهن‌تر) باشد، سطح مایع درون لوله به سطح مایع درون ظرف نزدیک‌تر می‌شود. از طرفی سطح آب درون لوله فرو رفته (تقعر، کاو) است، اما سطح جیوه درون لوله و ظرف برآمده (کوز، محدب) است. بنابراین گزینه (۲) درست است.

۱۶ A

در شرایط عادی مولکول‌ها به هم نیروی جاذبه وارد می‌کنند، ولی اگر خواهیم فاصله بین مولکول‌های مایع را از هم کم کنیم، نیروی دافعه بزرگی بین آن‌ها ایجاد می‌شود.

۱۷ A

مسئله ساده‌ای است و تنها باید با فرمول فشار ($P = \frac{F}{A}$) آشنا بود که در آن F برابر وزن

شخص و مساحت A برابر مساحت قاعده مکعب $A = 0.2 \times 0.2 = 0.04 \text{ m}^2$ است.

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow P = \frac{W}{A} \Rightarrow P = \frac{800}{0.04} \Rightarrow P = 20000 \text{ Pa} \Rightarrow P = 20 \text{ kPa}$$

بنابراین:

۱۸ A

۱ ابتدا باید فشار حاصل از هر استوانه را با توجه به رابطه $P = \frac{F}{A}$ به دست

آوریم که در آن F وزن استوانه است و با توجه به صورت سؤال دو استوانه هم‌وزن هستند.

۲ فشار وارد بر قاعده هر استوانه را به دست می‌آوریم:



$$P = \frac{W}{A} \Rightarrow \begin{cases} P_A = \frac{m_A g}{A_A} \Rightarrow P_A = \frac{m_A g}{\pi (r_A)^2} \\ P_B = \frac{m_B g}{A_B} \xrightarrow{r_B = 2r_A} P_B = \frac{m_B g}{\pi (2r_A)^2} \end{cases}$$

۲ اکنون دو رابطه را بر هم تقسیم می‌کنیم:

$$\frac{P_A}{P_B} = \frac{\frac{m_A g}{\pi r_A^2}}{\frac{m_B g}{\pi (2r_A)^2}} \xrightarrow{m_A = m_B} \frac{P_A}{P_B} = \frac{1}{4}$$

۱۹ B

۱ بنا به تعریف فشار $P = \frac{F}{A}$ هر چه مساحت سطح A کمتر باشد، با ثابت بودن

F فشار بیشتر می‌شود. بنابراین باید مسئله را این گونه حل کرد که مکعب مستطیل روی کوچک‌ترین سطح خود قرار دارد. در این حالت ارتفاع مکعب مستطیل بیشینه و فشار بیشینه است.

۲ یادآوری برای یک جامد همگن توپر با شکل مکعب

مستطیل فشار برابر است با: $P = \rho gh$

$$P_{\max} = \rho gh_{\max} = 8000 \times 10 \times \frac{5}{100}$$

$$\Rightarrow P_{\max} = 4 \times 10^3 \text{ Pa}$$

۲۰ B

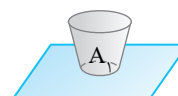
۱ در حالت اول فشار وارد بر قاعده کوچک مخروط

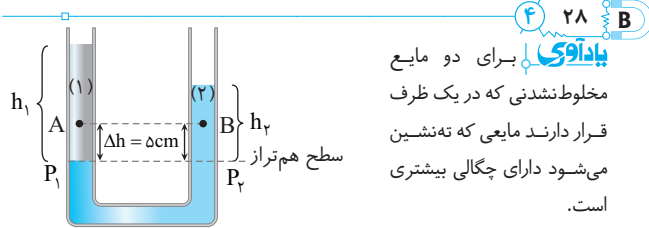
$$P_1 = \frac{W}{A_1}$$

برابر است:

۲ در حالت دوم مخروط روی قاعده بزرگ خود قرار دارد و وزنه‌ای به جرم W' روی آن قرار داده‌ایم. فشار در این حالت برابر است با:

$$P_2 = \frac{W + W'}{A_2}$$





پیداوی ۴ ۲۸ B
مخلوط‌نشدنی که در یک طرف قرار دارند مایعی که تنشین می‌شود دارای چگالی بیشتری است.

با توجه به یادآوری در شاخه سمت چپ، مایع (۲) زیر مایع (۱) است، پس چگالی مایع سمت چپ $\rho_1 = 800 \text{ kg/m}^3$ و چگالی مایع سمت راست $\rho_2 = 1000 \text{ kg/m}^3$ است.

$$P_A = P_1 - \rho_1 g \Delta h \quad \text{فشار در نقطه A برابر است با:}$$

$$P_B = P_2 - \rho_2 g \Delta h \quad \text{فشار در نقطه B برابر است با:}$$

$$P_A - P_B = P_1 - \rho_1 g \Delta h - (P_2 - \rho_2 g \Delta h) = (\rho_2 - \rho_1) g \Delta h$$

$$\Rightarrow P_A - P_B = (1000 - 800) \times 10 \times \frac{5}{100} \Rightarrow P_A = P_B + 100$$

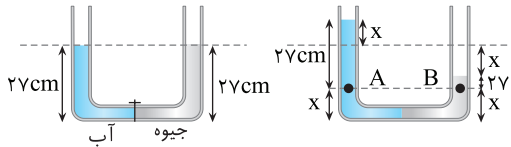
میانبر ۳ ۲۹ B
اگر دو مایع در لوله U شکل داشته باشیم، اختلاف فشار بین دو نقطه در ارتفاع یکسان از کف لوله و در دو مایع مختلف برابر است با: $\Delta P_{AB} = (\Delta \rho) g h$

چگالی جیوه از چگالی آب بیشتر است، پس با باز کردن شیر، جیوه زیر آب قرار می‌گیرد. چون سطح مقطع دو لوله یکسان است، اگر در شاخه سمت راست جیوه به ارتفاع X پایین بیاید در شاخه سمت چپ به همان اندازه بالا خواهد رفت.

در این حالت در شاخه سمت چپ ۲۷ cm آب و به اندازه X سانتی‌متر جیوه قرار می‌گیرد و در شاخه سمت راست به اندازه ۲۷ - X جیوه قرار دارد. شکل را در دو حالت رسم می‌کنیم و خط هم‌تراز را می‌کشیم و فشار در این نقاط را برابر قرار می‌دهیم.

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_W g h_W = \rho_{Hg} g h_{Hg} \Rightarrow 1 \times 27 = 13/5 (27 - 2x)$$

$$2x = 25 \Rightarrow x = 12.5 \text{ cm}$$

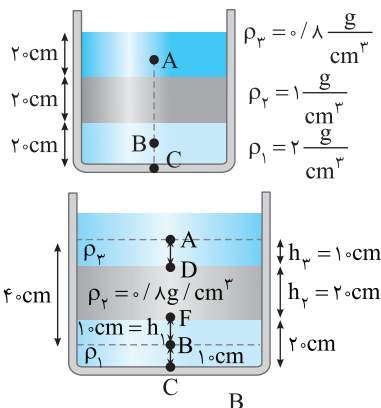


خط‌کشی ۴ ۳۰ B
به شکل دقت کنید، در فاصله AB، از مایع با چگالی ρ_1 ،

۲۰ cm از مایع با چگالی ρ_2 و ۱۰ cm از مایع با چگالی ρ_3 قرار دارد. بنابراین برای

به‌دست آوردن اختلاف فشار بین AB باید فشار حاصل از ۱۰ cm مایع ρ_1 و ۲۰ cm

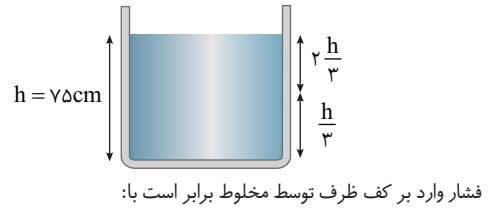
مایع ρ_2 و ۱۰ cm مایع ρ_3 را با هم جمع کنیم.



اختلاف فشار بین دو نقطه A و B برابر است با: $\Delta P_{AB} = \rho_1 g h_1 + \rho_2 g h_2 + \rho_3 g h_3$

$$= 2000 \times 10 \times \frac{10}{100} + 1000 \times 10 \times \frac{20}{100} + 800 \times 10 \times \frac{10}{100}$$

$$= 2000 + 2000 + 800 = 4800 \text{ Pa}$$



فشار وارد بر کف طرف توسط مخلوط برابر است با:

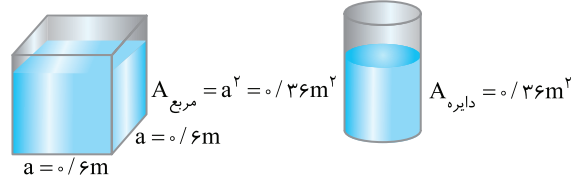
$$P = \rho_A g h_A + \rho_B g h_B = 1200 \times 10 \times \frac{25}{100} + 600 \times 10 \times \frac{50}{100}$$

$$\Rightarrow P = 3000 + 3000 = 6000 \text{ Pa}$$

تکنیک ۲ ۲۵ B
برای ظروبی که سطح مقطع آن‌ها ثابت است فشار حاصل از مایع درون آن‌ها از دو رابطه مقابل به‌دست می‌آید:

$$P = \frac{mg}{A} = \frac{\rho V g}{A} = \rho g h$$

مقدار آب در هر دو ظرف مکعبی و استوانه‌ای یکسان است. بنابراین جرم آب در دو ظرف یکسان است:



$$\frac{P}{P_{\text{مکعب}}} = \frac{\frac{m_1 g}{A_{\text{مربع}}}}{\frac{m_2 g}{A_{\text{دایره}}}} = \frac{m_1}{m_2} \times \frac{A_{\text{دایره}}}{A_{\text{مربع}}} = \frac{1}{1} \times \frac{0.0036}{0.0036} = 1$$

خط‌کشی ۲ ۲۶ B
بیشینه نیرویی که کف ظرف می‌تواند تحمل کند و نشکند ۱۳۵ N

است. بنابراین ابتدا باید فشار قابل تحمل توسط کف ظرف را مشخص کنیم. سپس به کمک آن می‌توان ارتفاع ستونی از جیوه که می‌تواند این فشار را ایجاد کند به‌دست آورد.

بیشینه فشار وارد بر کف ظرف را حساب می‌کنیم:

$$P_{\text{max}} = \frac{F_{\text{max}}}{A} = \frac{135}{20 \times 10^{-4}} \text{ Pa}$$

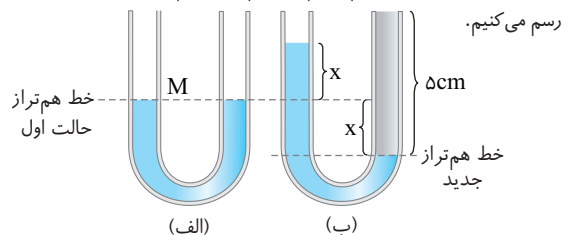
بیشینه ارتفاع جیوه را به‌دست می‌آوریم:

$$P_{\text{max}} = \rho_{Hg} g h_{\text{max}} \Rightarrow \frac{135}{20 \times 10^{-4}} = 13500 \times 10 \times h_{\text{max}} \Rightarrow h_{\text{max}} = 50 \text{ cm}$$

درون ظرف تا ارتفاع ۴۰ cm جیوه ریخته شده است بنابراین حداکثر باید

۵۰ - ۴۰ = ۱۰ cm به جیوه درون ظرف اضافه کرد.

خط‌کشی ۲ ۲۷ B
در دو حالت شکل را کنار هم رسم می‌کنیم. خط هم‌تراز اول و حالت جدید را

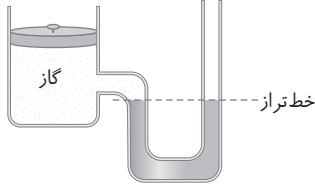


وقتی در شاخه سمت راست نفت می‌ریزیم، آب در شاخه سمت راست به اندازه X پایین رفته و در شاخه سمت چپ به اندازه X بالا می‌رود و ارتفاع آب در شاخه سمت چپ از خط هم‌تراز جدید برابر $h_W = 2x$ می‌شود. اکنون در خط هم‌تراز جدید فشار نفت و آب را مساوی قرار

$$P_W = P_O \Rightarrow \rho_W g h_W = \rho_O g h_O \Rightarrow 1 \times (2x) = 8 \times 5 \Rightarrow x = 20 \text{ cm}$$

فشاری برابر $\frac{W}{A}$ به گاز وارد می‌شود و این افزایش فشار سبب می‌گردد که جیوه در شاخه سمت چپ پایین رفته و در شاخه سمت راست بالا برود. مثل همیشه خط تراز را رسم کرده، مسئله را حل می‌کنیم.

حالت اول: فشار هوای محیط و فشار گاز برابر است.

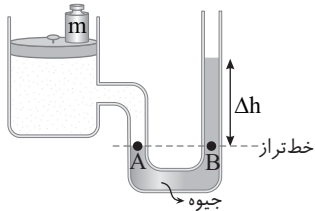
$$P_{\text{گاز}} = P_0$$


حالت دوم: فشار در نقاط هم‌تراز A و B برابر است.

$$P_A = P_B \Rightarrow P_0 + \frac{W}{A} = P_0 + \rho g \Delta h$$

$$\Rightarrow \frac{W}{A} = \rho g \Delta h \Rightarrow mg = \rho g \Delta h A \Rightarrow m = \rho \Delta h A$$

$$\Rightarrow m = 13600 \times \frac{7/5}{100} \times 50 \times 10^{-4} \Rightarrow m = 5/1 \text{ kg}$$



همان‌گونه که در خط فکری بیان شد، با قرار دادن وزنه و افزایش فشار در سمت چپ، جیوه در سمت راست بالا می‌رود تا فشار در دو سوی لوله یکی شود. بنابراین فشار حاصل از وزنه برابر فشار ستون اضافی جیوه است.

$$\Delta P = \frac{W}{A} = \rho_{\text{Hg}} g (\Delta h_{\text{Hg}})$$

بنابر اصل برنولی برای شاره‌ای که به‌طور لایه‌ای و در امتداد افق حرکت می‌کند، در مسیر حرکت شاره، با افزایش تندی شاره، فشار آن کاهش می‌یابد. با توجه به اصل برنولی در نقطه B مساحت سطح مقطع لوله کمتر از مساحت سطح مقطع آن در نقطه A است، بنابراین تندی شاره در نقطه B بیشتر و فشار شاره در نقطه B کمتر است. $P_A > P_B$ و $v_A < v_B$



وقتی در نی افقی می‌دمیم، تندی شارش هوا در دهانه لوله قائم افزایش می‌یابد و بنا به اصل برنولی، فشار هوا در بالای دهانه نی قائم کاهش می‌یابد و همین امر سبب می‌گردد که سطح آب درون لوله قائم بالا بیاید.



نکته اصلی در حل این مسئله هم‌جرم بودن آب و جیوه است، یعنی وزن آب با وزن جیوه برابر است، بنابراین باید برای حساب کردن فشار از رابطه $P = \frac{W}{A}$ استفاده کرد. در ضمن ابعاد ظرف B دو برابر ابعاد ظرف A است، یعنی مساحت کف ظرف B چهار برابر مساحت کف ظرف A است. با توجه به این نکات شما می‌توانید مسئله را حل کنید. نسبت فشار آب بر کف ظرف A به فشار جیوه بر کف ظرف B برابر است با:

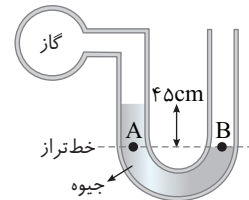
$$\frac{P_{\text{آب}}}{P_{\text{جیوه}}} = \frac{\frac{W_{\text{آب}}}{A_A}}{\frac{W_{\text{جیوه}}}{A_B}} \xrightarrow{W_{\text{آب}} = W_{\text{جیوه}}} \frac{P_{\text{آب}}}{P_{\text{جیوه}}} = \frac{A_B}{A_A} \xrightarrow{A_B = 4A_A} \frac{P_{\text{آب}}}{P_{\text{جیوه}}} = 4$$

۳۱ A

خط تراز را می‌کشیم. فشار نقاط A و B روی خط تراز برابر است. در شاخه سمت راست در نقطه B، فشار برابر فشار هوای محیط $P_B = P_0$ و در شاخه سمت چپ در نقطه A، فشار برابر مجموع فشار گاز و فشار ستون ۴۵cm جیوه است. فشار نقاط A و B را برابر قرار می‌دهیم:

$$P_A = P_B \Rightarrow P_{\text{گاز}} + P_{\text{جیوه}} = P_0 \Rightarrow P_{\text{گاز}} = P_0 - P_{\text{Hg}} \xrightarrow{P_{\text{Hg}} = \rho_{\text{Hg}} g h_{\text{Hg}}} P_A = P_B \Rightarrow P_{\text{گاز}} + P_{\text{جیوه}} = P_0 \Rightarrow P_{\text{گاز}} = P_0 - P_{\text{Hg}}$$

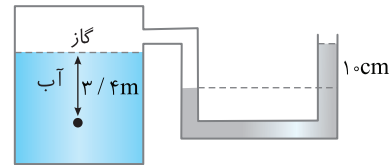
$$P_{\text{گاز}} = 10^5 - 13600 \times 10 \times \frac{45}{100} \Rightarrow P_{\text{گاز}} = 38800 \text{ Pa}$$



۳۲ B

فشار نقطه A، برابر فشار گاز به علاوه فشار ستون آب بالای آن است:

$$P_A = P_{\text{گاز}} + P_{\text{آب}}$$



با توجه به شکل فشار گاز برابر فشار هوا به علاوه فشار ستون ۱۰cm مایع است. ابتدا فشار ستون مایع ۱۰cm را به فشار جیوه تبدیل می‌کنیم:

$$\rho_{\text{مایع}} \times g \times h_{\text{مایع}} = \rho_{\text{جیوه}} \times g \times h_{\text{جیوه}}$$

$$P_{\text{cmHg}} = \frac{\rho_{\text{مایع}} \times h_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{جیوه}}} = \frac{6/8 \times 10}{13/6} = 5 \text{ cmHg}$$

$$P_{\text{گاز}} = P_{\text{هوا}} + P_{\text{مایع}} = 75 + 5 = 80 \text{ cmHg}$$

فشار ۳/۴ متر ستون آب را بر حسب cmHg می‌نویسیم:

$$P_{\text{آب}} = \frac{\rho_{\text{آب}} \times h_{\text{آب}}}{\rho_{\text{جیوه}}} = \frac{340 \times 1}{13/6} = 25 \text{ cmHg} \Rightarrow P_A = 25 + 80 = 105 \text{ cmHg}$$

۳۳ B

مجدداً مسئله را بخوانید. جرم جیوه و جرم آب هر دو ۱۳۶g و وزن آن‌ها برابر است، بنابراین برای حل این مسئله بهتر است از تعریف اصلی فشار یعنی $P = \frac{F}{A}$

که در آن F مجموع وزن دو مایع است ($F = 2mg$)، استفاده کرد.



در ظرف استوانه‌ای دو مایع به جرم‌های

$$P = \frac{W}{A} \quad m = 136 \text{ g}$$

حساب می‌کنیم.

$$P = \frac{W}{A} = \frac{2mg}{A} = \frac{2 \times 136 \times 10^{-3} \times 10}{5 \times 10^{-4}} = 5440 \text{ Pa}$$

فشار هوا را به پاسکال تبدیل می‌کنیم.

$$P_0 = \rho_{\text{Hg}} g h_{\text{Hg}} \Rightarrow P_0 = 13/6 \times 10^3 \times 10 \times 76 = 103360 \text{ Pa}$$

فشار کل خواهد شد:

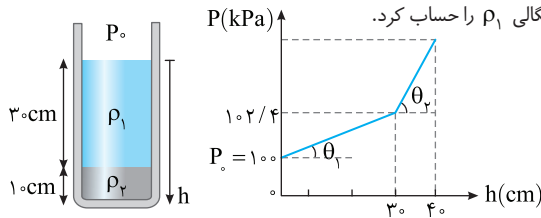
$$P_{\text{کل}} = P_{\text{مایع}} + P_0 = 5440 + 103360 = 108800 \text{ Pa}$$

۳۴ B

در ابتدا ارتفاع جیوه در دو شاخه لوله یکسان است و این یعنی فشار گاز درون مخزن و فشار هوای محیط یکسان است. وقتی وزنه را روی پیستون قرار می‌دهیم،

میانبر با توجه به اینکه مکعب همگن است می‌توان از رابطه $P = \rho gh$ نیز مسئله را حل کرد. ارتفاع شکل (۲) دو برابر شکل (۱) بوده و فشار حاصل از شکل (۲) نیز دو برابر شکل (۱) است.

۴۳ **A** فشار 3 cm از مایع ρ_1 برابر $2/4\text{ kPa}$ شده است و می‌توان به کمک آن چگالی ρ_1 را حساب کرد.



$$P = \rho_1 gh_1 \Rightarrow 2400 = \rho_1 \times 10 \times \frac{3}{100} \Rightarrow \rho_1 = 800 \text{ kg/m}^3$$

به نمودارها دقت کنید شیب این نمودارها برابر است با:

$$\tan \theta = \frac{\Delta P}{\Delta h} \xrightarrow{\Delta P = \rho g \Delta h} \tan \theta = \frac{\rho g \Delta h}{\Delta h} \Rightarrow \tan \theta = \rho g$$

با توجه به فرض مسئله می‌توان نوشت:

$$\tan \theta_2 = 17 \tan \theta_1 \Rightarrow \rho_2 g = 17 \rho_1 g \Rightarrow \rho_2 = 17 \times 800 \Rightarrow \rho_2 = 13600 \text{ kg/m}^3$$

نکته در نقاط هم‌عمق یک مایع ساکن، فشار یکسان است.

در هر سه حالت غشای D واقع بر دهانه فشارسنج‌های A، B و C در عمق یکسانی قرار دارد، بنابراین در هر سه حالت فشار یکسانی بر آن وارد می‌شود و $P_A = P_B = P_C$ است.

$$\rho_{\text{آب}} gh - \rho_{\text{جیوه}} gh + P_0 = P_A$$

$$4 \times 10 \times 10^3 - 13600 \times 10 \times 15 \times 10^{-2} + 10^5 = P_A$$

$$P_A = 40000 - 20400 + 100000 = 119600 \text{ Pa} = 119/6 \text{ kPa}$$

حافظکی در حل این مسئله می‌توان از تعریف اصلی فشار $P = \frac{F}{A}$ استفاده کرد و

کافی است وزن آب اضافه شده را بر مساحت سطح دهانه ظرف تقسیم کنیم، زیرا افزایش فشار در سطح بالایی آب به تمام نقاط به‌طور یکسان منتقل می‌شود.

نکته عدد حجم آب بر حسب لیتر با عدد جرم آن بر حسب kg برابر است. وقتی حجم آب 2L است، جرم آن 2kg است و فشاری که این مقدار آب ایجاد می‌کند برابر

$$\Delta P = \frac{\Delta F}{A} \xrightarrow{\Delta F = \Delta W = \Delta mg} \Delta P = \frac{\Delta mg}{A} = \frac{2 \times 10}{0/04} = 500 \text{ Pa}$$

۳۹ **B** با توجه به خط تراز فشار در نقاط A و B با هم برابر است: $P_A = P_B$

فشار در نقطه A برابر فشار گاز محبوس در لوله و فشار در نقطه B برابر مجموع فشار هوا و فشار ستون 25 سانتی‌متری مایع است:

$$P_{\text{گاز}} = P_0 + \rho gh \xrightarrow{\rho = 2\text{ g/cm}^3 = 2000 \text{ kg/m}^3} P_{\text{گاز}} = 10^5 + 2000 \times 10 \times \frac{25}{100}$$

$$P_{\text{گاز}} = 105000 \text{ Pa} = 105 \text{ kPa}$$

حافظکی با توجه به معادله پیوستگی آهنگ شارش مایع درون لوله ثابت است.

آهنگ شارش مایع برابر $\frac{V}{\Delta t} = Av$ است، بنابراین در دو مقطع A_1 و A_2 از یک لوله که مایع در آن‌ها تند v_1 و v_2 دارد، داریم:

با توجه به معادله پیوستگی داریم:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$A_A v_A = A_B v_B$$

$$\Rightarrow \pi r_A^2 v_A = \pi r_B^2 v_B \xrightarrow{d_A = 2d_B \Rightarrow r_A = 2r_B} v_B = 4v_A \Rightarrow \frac{v_A}{v_B} = \frac{1}{4}$$

۴۱ **A** در هر دو حالت فشار مایع بر کف طرف برابر نسبت مجموع وزن دو مایع بر کف ظرف است $(P_{\text{کل}} = \frac{W}{A})$ ، بنابراین $P_1 = P_2$ است.

$$P = \frac{m_1 g}{A} + \frac{m_2 g}{A}$$

$$P = \frac{(m_1 + m_2) g}{A}$$

به دو شکل دقیق نگاه کنید. مکعب (۱) شامل یک مکعب کوچک است اما مکعب (۲) مجموع هشت مکعب مانند مکعب (۱) است. بنابراین جرم و حجم مکعب (۲) هشت برابر جرم و حجم مکعب (۱) است. از طرفی مساحت قاعده مکعب (۲) چهار برابر مساحت قاعده مکعب (۱) است، بنابراین:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{\frac{W_2}{A_2}}{\frac{W_1}{A_1}} = \frac{W_2}{W_1} \times \frac{A_1}{A_2} = 8 \times \frac{1}{4} = 2$$

۳۵۰ B

پیداوی انرژی جنبشی کمیت نرده‌ای است و به جهت حرکت جسم بستگی ندارد. بنا به قضیه کار و انرژی جنبشی کار کل برابر تغییر انرژی جنبشی جسم است بنابراین باید انرژی جنبشی ثانویه را حساب کنیم. از این رو می‌نویسیم:

$$K_p = \frac{1}{2}mv_p^2 \Rightarrow \frac{K_p}{K_1} = \left(\frac{v_p}{v_1}\right)^2$$

$$K_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 \Rightarrow \frac{K_p}{K_1} = \left(\frac{v_p}{v_1}\right)^2 \Rightarrow K_p = 4 \times 100 = 400 \text{ J}$$

$\xrightarrow{K_1=100 \text{ J}, v_1=10 \text{ m/s}, v_p=20 \text{ m/s}}$

$$W_t = \Delta K = 400 - 100 = 300 \text{ J}$$

کار کل خواهد شد:

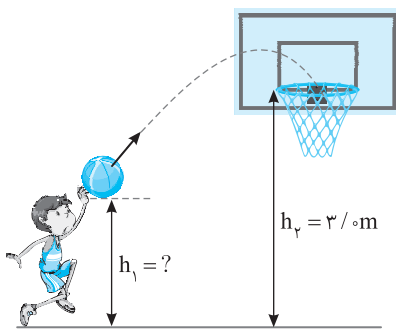
۱۵۱ A

اتلاف انرژی نداشته و با توجه به اصل پایستگی انرژی مکانیکی داریم:

$$E_1 = E_p \Rightarrow U_1 + K_1 = U_p + K_p \xrightarrow{U=mgh, K=\frac{1}{2}mv^2}$$

$$mgh_1 + \frac{1}{2}mv_1^2 = mgh_p + \frac{1}{2}mv_p^2 \xrightarrow{v_1=6 \text{ m/s}, v_p=5 \text{ m/s}}$$

$$10h_1 + \frac{1}{2} \times 36 = 30 + \frac{1}{2} \times 25 \Rightarrow 20h_1 + 36 = 60 + 25 \Rightarrow h_1 = 2/4 \text{ m}$$



۴۵۲ B

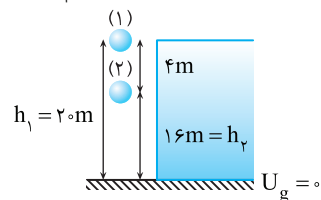
می‌خواهیم این بار محل (۲) را مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی فرض کنیم و برای نقاط (۱) و (۲) پایستگی انرژی مکانیکی را بنویسیم و به کمک آن تندی گلوله را پس از ۴ متر پایین آمدن به دست آوریم. یعنی در محل (۲)، انرژی پتانسیل گرانشی را صفر فرض می‌کنیم.

$$E_1 = E_p \Rightarrow U_1 + K_1 = U_p + K_p \xrightarrow{U_p=0} mgh_1 + \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}mv_p^2$$

$$10 \times 4 + \frac{1}{2} \times 16 = \frac{1}{2}v_p^2 \Rightarrow v_p^2 = 96$$

نیازی به جذر گرفتن نیست زیرا نسبت $\frac{K_p}{K_1}$ از ما خواسته شده است.

$$\frac{K_p}{K_1} = \frac{\frac{1}{2}mv_p^2}{\frac{1}{2}mv_1^2} = \left(\frac{v_p}{v_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{K_p}{K_1} = \left(\frac{96}{16}\right) \Rightarrow \frac{K_p}{K_1} = 6$$



اگر سطح زمین را مبدأ پتانسیل فرض کنید آن‌گاه خواهید دید که تفاوتی در حل مسئله وجود ندارد. با توجه به پایستگی انرژی مکانیکی داریم:

پاسخ فصل سوم

۱۴۶ B

ابتدا سرعت اتومبیل را برحسب متر بر ثانیه به دست می‌آوریم:

$$v = 90 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{90}{3.6} \Rightarrow v = 25 \text{ m/s}$$

قرار است انرژی جنبشی با افزایش سرعت دو برابر شود از این رو می‌نویسیم:

$$K_p = 2K_1 \xrightarrow{K=\frac{1}{2}mv^2} \frac{1}{2}mv_p^2 = 2 \times \frac{1}{2}mv_1^2 \Rightarrow v_p^2 = 2v_1^2 \Rightarrow v_p = \sqrt{2}v_1 \Rightarrow v_p = \sqrt{2} \times 25$$

اگر $\sqrt{2}$ را برابر ۱/۴ قرار دهیم داشت: $v_p = 1/4 \times 25 \Rightarrow v_p = 35 \text{ m/s}$

$$\Rightarrow v_p - v_1 = 35 - 25 = 10 \text{ m/s}$$

پس سرعت باید ۱۰ m/s افزایش یابد.

۴۷۰ A

انرژی جنبشی جسم ۴۴ درصد افزایش یافته، یعنی به انرژی جنبشی اولیه K_1 به اندازه $0/44K_1$ اضافه شده است، بنابراین:

$$K_p = K_1 + 0/44K_1 \Rightarrow K_p = 1/44K_1$$

جرم جسم ثابت است، اکنون به جای K_1 و K_p رابطه $K = \frac{1}{2}mv^2$ قرار می‌دهیم و مسئله حل می‌شود.

$$\frac{1}{2}mv_p^2 = 1/44 \times \frac{1}{2}mv_1^2 \Rightarrow v_p^2 = 1/44v_1^2 \Rightarrow v_p = 1/22v_1 \quad (1)$$

با توجه به فرض مسئله $v_p = v_1 + 5$ است. از این رو خواهیم داشت:

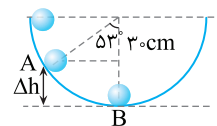
$$(1) \rightarrow v_1 + 5 = 1/22v_1 \Rightarrow 0/22v_1 = 5 \Rightarrow v_1 = 22 \text{ m/s}$$

۱۴۸ B

$$W_{\text{وزن}} = mg\Delta h$$

$$\Delta h = R - R \cos 53^\circ = 30 - 30 \times 0/6 = 30 - 18 = 12$$

$$W_{\text{وزن}} = 0/1 \times 10 \times 0/12 = 0/12 \text{ J}$$



۱۴۹ B

خط فکری هرگاه بردار نیرو $\vec{F}$ و بردار جابه‌جایی $\vec{d}$ برحسب بردارهای یک $\vec{i}$ و $\vec{j}$ بیان شود و کار نیروی $\vec{F}$ در جابه‌جایی $\vec{d}$ از شما خواسته شود، باید این‌گونه عمل کنید: مؤلفه F_x که عمود بر d_y است ($\theta = 90^\circ$) بنابراین کار این مؤلفه در امتداد محور y صفر است و تنها در امتداد محور x کار انجام می‌دهد و مؤلفه F_y نیز که عمود بر امتداد d_x است، کارش در این امتداد صفر است و تنها در امتداد d_y کار انجام می‌دهد، بنابراین کار $\vec{F} = F_x\vec{i} + F_y\vec{j}$ در جابه‌جایی $\vec{d} = d_x\vec{i} + d_y\vec{j}$ برابر است با:

$$W_F = F_x d_x + F_y d_y$$

برای یافتن کار نیروی $\vec{F} = 30\vec{i} + 40\vec{j}$ در جابه‌جایی $\Delta \vec{x} = 6\vec{i}$ باید بنویسیم:

کار مؤلفه قائم نیروی $\vec{F} = 30\vec{i} + 40\vec{j}$ در امتداد محور x صفر است.

$$W_y = Fd \cos \theta \xrightarrow{\theta=90^\circ} W_y = 0$$

حال کار نیروی مؤلفه x را به دست می‌آوریم:

$$W_x = Fd \cos \theta \Rightarrow W_x = 30 \times 6 = 180 \text{ J}$$

البته از همان ابتدا می‌توانستید بنویسید:

$$W_F = F_x d_x + F_y d_y \xrightarrow{d_y=0} W_F = 30 \times 6 + 0 = 180 \text{ J}$$

۵۷ A

خط‌نکته انرژی مکانیکی در نبود نیروهای اتلافی در تمام نقاط مسیر حرکت ثابت و یکسان است بنابراین انرژی مکانیکی در نقطهٔ اوج همان انرژی مکانیکی در لحظهٔ پرتاب است.

برای یافتن انرژی مکانیکی در اوج کافی است انرژی جنبشی اولیه را حساب کنیم.

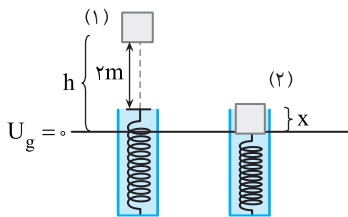
$$E = U + K \xrightarrow{U=0} E = K_o = \frac{1}{2}mv_o^2 \Rightarrow E = \frac{1}{2} \times 0.1 \times 900 = 4.5 \text{ J}$$

۵۸ B

با توجه به نبود اتلاف انرژی با توجه اصل به پایداری انرژی مکانیکی داریم:

$$E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 + mgh = U_e \xrightarrow{h=2+x, U_e=46 \text{ J}}$$

$$\frac{1}{2} \times 2 \times 2^2 + 2 \times 10 \times (2+x) = 46 \Rightarrow 2+x = 2/1 \Rightarrow x = 2/1 - 2 = 0/1 \Rightarrow x = 10 \text{ cm}$$



۵۹ B



خط‌نکته تمام داستان حرکت از طبقهٔ سوم به طبقهٔ دهم در حل مسئله تأثیری ندارد. تنها نکتهٔ مهم این مسئله تندی ثابت آسانسور در مسافت ۶m است و زمان بیان شده در مسئله نیز مهم نیست و مسئله به کمک قضیه کار و انرژی جنبشی به راحتی قابل حل است.

جرم کل شخص ۷۵kg + ۷۰ = ۱۴۵kg است. کار نیروی وزن در ۶m جابه‌جایی خواهد شد:

$$W_W = -mgh \xrightarrow{m=145 \text{ kg}} W_W = -145 \times 10 \times 6 \Rightarrow W_W = -4500 \text{ J}$$

نیرویی که آسانسور به شخص وارد می‌کند همان نیروی عمودی سطح (تکیه‌گاه) است.

تندی جسم ثابت است و تغییر انرژی جنبشی جسم صفر و کار کل نیز صفر است.

$$W_t = \Delta K \Rightarrow W_W + W_{F_N} = 0 \Rightarrow W_{F_N} = -W_W \Rightarrow W_{F_N} = -(-4500) = 4500 \text{ J}$$

۶۰ B

جرم ۳ مترمکعب آب را به کمک چگالی به دست می‌آوریم:

$$\rho = \frac{m}{V} \xrightarrow{\rho=1 \text{ g/cm}^3=1000 \text{ kg/m}^3} 1000 = \frac{m}{3} \Rightarrow m = 3000 \text{ kg}$$

کار مفید پمپ بالا فرستادن ۳۰۰۰kg آب به ارتفاع ۲۴ متری است از این‌رو

می‌توان نوشت:

$$W_{\text{مفید}} = W_{\text{خروجی}} = mgh \Rightarrow W_{\text{خروجی}} = 3000 \times 10 \times 24 \Rightarrow W_{\text{خروجی}} = 720 \text{ kJ}$$

$$\Rightarrow W_{\text{خروجی}} = 720 \text{ kJ}$$

کار ورودی پمپ را به کمک توان پمپ حساب می‌کنیم.

$$P = \frac{W_{\text{ورودی}}}{t} \Rightarrow W_{\text{ورودی}} = P t$$

$$\xrightarrow{t=60 \text{ s}, P=2 \text{ kW}} W_{\text{ورودی}} = 2 \times 60 = 120 \text{ kJ}$$

۴ اکنون بازده قابل محاسبه است.

۶۱ B

خط‌نکته کار مفیدی که ماشین بالا بر انجام داده به صورت انرژی پتانسیل گرانش

در جسم ذخیره می‌شود و اگر وزنه در شرایط خلأ رها شود تمام این انرژی ذخیره شده بنا به اصل پایداری انرژی مکانیکی به انرژی جنبشی وزنه تبدیل می‌شود. یعنی شما برای

$$E_1 = E_2 \Rightarrow U_1 + K_1 = U_2 + K_2 \Rightarrow \frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 = mgh_2 + \frac{1}{2}mv_2^2$$

$$\Rightarrow 8 + 200 = 160 + \frac{1}{2}v_2^2 \Rightarrow 96 = v_2^2 \Rightarrow \frac{K_2}{K_1} = \frac{\frac{1}{2}mv_2^2}{\frac{1}{2}mv_1^2} = \frac{96}{16} = 6$$

۵۳ B

مقاومت هوا ناچیز است. وقتی گلوله از پایین‌ترین نقطه می‌گذرد، به بیشینه انرژی جنبشی خود رسیده است.

$$K_{\text{max}} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times m \times 16 = 8m$$

بالاترین نقطه مسیر جایی است که تمام انرژی گلوله به انرژی پتانسیل تبدیل می‌شود.

$$U_m = K_m \Rightarrow mgh = 8m \Rightarrow 10h = 8 \Rightarrow h = 0.8 \text{ m}$$

$$h = 1/6 - 1/6 \cos \theta \Rightarrow 0.8 = 1/6(1 - \cos \theta)$$

$$\Rightarrow 1 - \cos \theta = \frac{1}{2} \Rightarrow \cos \theta = \frac{1}{2} \Rightarrow \theta = 60^\circ$$

۵۴ B

خط‌نکته هر گاه در یک نقطه از مسیر رابطه بین انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل جسم را به شما بدهند و در مورد ارتفاع آن (محل آن) نقطه سؤال کنند شما باید K را برحسب U در رابطه انرژی مکانیکی قرار دهید. یعنی وقتی گفته می‌شود انرژی جنبشی

$\frac{1}{4}$ انرژی پتانسیل است شما باید به جای K مقدار $\frac{1}{4}U$ را قرار دهید.

بنا بر اصل پایداری انرژی مکانیکی:

$$E_1 = E_2 \Rightarrow U_1 + K_1 = U_2$$

$$\xrightarrow{K_1 = \frac{1}{4}U_1} \frac{\Delta}{4}U_1 = U_2$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta}{4}mgh' = mgh \Rightarrow h' = \frac{4}{\Delta}h$$

$$\xrightarrow{\Delta h = h - h'} \Delta h = \frac{1}{\Delta}h \Rightarrow \frac{\Delta h}{h} = \frac{1}{\Delta}$$

۵۵ A

W_1 و W_2 را با استفاده از قضیه کار و انرژی جنبشی حساب می‌کنیم:

$$W_1 = \Delta K_1 \Rightarrow W_1 = \frac{1}{2}m(v^2 - 0) \Rightarrow W_1 = \frac{1}{2}mv^2$$

$$W_2 = \Delta K_2 = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$\xrightarrow{v_1=v, v_2=3v} W_2 = \frac{1}{2}m((3v)^2 - v^2) \Rightarrow W_2 = \frac{\Delta}{2}mv^2$$

حال $\frac{W_2}{W_1}$ را به دست می‌آوریم:

$$\frac{W_2}{W_1} = \frac{\frac{\Delta}{2}mv^2}{\frac{1}{2}mv^2} = \Delta$$

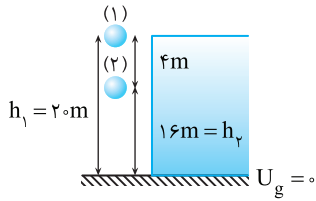
۵۶ A



یادآوری کار نیروی وزن به مسیر حرکت بستگی ندارد و برابر $W_W = \pm mgh$ است. علامت مثبت برای وقتی

است که جسم پایین می‌آید و علامت منفی برای وقتی است که جسم بالا می‌رود و منظور از h فاصله قائم بین نقطهٔ ابتدایی و انتهایی مسیر است.

سه توپ دارای جرم یکسان بوده و از یک نقطه پرتاب شده‌اند، بنابراین برای هر سه توپ کار نیروی وزن $W_W = mgh$ خواهد بود و $W_1 = W_2 = W_3$ است.



اگر سطح زمین را مبدأ پتانسیل فرض کنید آن گاه خواهید دید که تفاوتی در حل مسئله وجود ندارد. با توجه به پایستگی انرژی مکانیکی داریم:

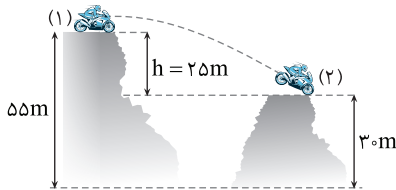
$$E_1 = E_2 \Rightarrow U_1 + K_1 = U_2 + K_2 \Rightarrow \frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 = mgh_2 + \frac{1}{2}mv_2^2$$

$$\Rightarrow 8 + 200 = 160 + \frac{1}{2}v_2^2 \Rightarrow 96 = v_2^2 \Rightarrow \frac{K_2}{K_1} = \frac{\frac{1}{2}mv_2^2}{\frac{1}{2}mv_1^2} = \frac{96}{16} = 6$$

۶۴ A

روش اول: اصل پایستگی انرژی مکانیکی:

نیروی مقاومت هوا وجود ندارد بنابراین می‌توان از اصل پایستگی انرژی مکانیکی استفاده کرد. محل تپه دوم را مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی در نظر می‌گیریم.



$$E_1 = E_2 \Rightarrow U_1 + K_1 = U_2 + K_2 \xrightarrow{U_1 = mgh, U_2 = 0} mgh + \frac{1}{2}mv_1^2 = 0 + \frac{1}{2}mv_2^2$$

$$10 \times 25 + \frac{1}{2} \times (20)^2 = \frac{1}{2}v_2^2 \Rightarrow v_2^2 = 900 \Rightarrow v_2 = 30 \text{ m/s}$$

روش دوم: با توجه به قضیه کار و انرژی جنبشی کار کل یعنی کار نیروی وزن برابر است با:

$$W_t = \Delta K \xrightarrow{W_t = W_g, W_g = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2} W_g = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$mgh = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2) \xrightarrow{h=25\text{m}} 250 = \frac{v_2^2}{2} - 200$$

$$\frac{v_2^2}{2} = 450 \Rightarrow v_2^2 = 900 \Rightarrow v_2 = 30 \text{ m/s}$$

میانبر استفاده از رابطه $(v_2^2 = v_1^2 + 2g\Delta h)$

۶۵ A

تندی جسم 5 m/s افزایش یافته یعنی $v_2 = v_1 + 5$ است. با افزایش تندی، افزایش

انرژی جنبشی $\frac{5}{4}$ انرژی جنبشی اولیه شده است $(K_2 = K_1 + \frac{5}{4}K_1)$. با توجه به این

داده‌ها مسئله به راحتی قابل حل است.

$$K_2 = K_1 + \frac{5}{4}K_1 \Rightarrow K_2 = \frac{9}{4}K_1 \xrightarrow{K = \frac{1}{2}mv^2} \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{9}{4}(\frac{1}{2}mv_1^2)$$

$$\Rightarrow v_2 = \frac{3}{2}v_1 \xrightarrow{v_2 = v_1 + 5} v_1 + 5 = \frac{3}{2}v_1 \Rightarrow \frac{1}{2}v_1 = 5 \Rightarrow v_1 = 10 \text{ m/s}$$

۶۶ B

$$E_A = U_A = mgh = 5 \times 10 \times 2 = 100 \text{ J}$$

$$E_B = K_B \Rightarrow K_B = 100 \text{ J}$$

$$|W_f| = -\Delta K \Rightarrow |W_f| = K_B - K_C \Rightarrow W_f = 100$$

$$\Rightarrow f_k \times L_{BC} = 100 \xrightarrow{f_k = 1 \text{ N}} L_{BC} = 100 \text{ m}$$

۶۷ B

یادآوری وقتی گلوله در راستای قائم رو به بالا پرتاب می‌شود تا جایی بالا می‌رود که تندی‌اش صفر شود، این نقطه را نقطه اوج گلوله گویند.

حالت اول: گلوله در هنگام بالا رفتن 10 J انرژی از دست می‌دهد یعنی تغییر انرژی

یافتن کار مفید ماشین بالابر کافی است. انرژی جنبشی جسم را هنگام برخورد به زمین به‌دست آورید سپس به کمک آن بازده ماشین را حساب کنید.

(۱) انرژی ذخیره شده در جسم در ارتفاع h که توسط ماشین بالا برده شده است را با توجه به پایستگی انرژی مکانیکی حساب می‌کنیم:

$$U_g = 0$$

$$E_1 = E_2 \Rightarrow U_1 + K_1 = U_2 + K_2 \xrightarrow{K_1 = 0, U_2 = 0} E_1 = K_2$$

$$\Rightarrow E_1 = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow E_1 = \frac{1}{2} \times 50 \times 64 = 1600 \text{ J}$$

(۲) بنابراین ماشین 2000 J انرژی مصرف کرده اما به جسم 1600 J انرژی رسیده است:

$$\text{بالاتر} \xrightarrow{\text{انرژی مفید}} \text{ذخیره شده در وزنه} \xrightarrow{\text{مصرفی ماشین}} \text{انرژی کل}$$

$$Ra = \frac{E_{\text{مفید}}}{E_{\text{کل}}} \times 100 \Rightarrow Ra = \frac{1600}{2000} \times 100 = 80\%$$

۶۲ B

به شکل روبه‌رو دقت کنید اگر گلوله‌ای را در شرایط خلأ رو به بالا پرتاب کنید و گلوله یک مسیر رفت و برگشت را طی کند، وقتی به نقطه پرتاب بازمی‌گردد تندی آن برابر تندی اولیه است $(v_1 = v_2)$ و تغییرات انرژی جنبشی گلوله در این مسیر صفر است $(\Delta K = 0)$ و بنا به قضیه کار و انرژی جنبشی، کار کل (کار

نیروی برابند) نیز صفر است. اما در تمام مسیر نیروی وزن بر جسم وارد می‌شود، یعنی نیروی برابند صفر نیست، بنابراین الزامی ندارد که گزینه (۱) درست باشد.

جسمی را با تندی ثابت v از سطح زمین بالا می‌برید، در این حالت تغییر انرژی جنبشی جسم صفر است بنابراین کار کل (کار نیروی برابند) صفر است اما با بالا رفتن جسم، انرژی پتانسیل گرانشی آن در حال افزایش است در نتیجه انرژی مکانیکی آن $(E = U + K)$ افزایش می‌یابد و گزینه (۲) نیز نادرست است.

می‌دانیم که کار برابند نیروهای وارد بر جسم، برابر با مجموع کار تک‌تک نیروهای وارد بر جسم (کار کل) است، بنابراین گزینه (۳) درست است.

شکل (۲) نشان می‌دهد که ممکن است انرژی مکانیکی ثابت نباشد اما قطعاً چون سرعت ثابت است و شتاب صفر است بنا به قانون دوم نیوتون الزاماً برابند نیروهای وارد بر جسم صفر است و گزینه (۴) نادرست است.

۶۳ B

می‌خواهیم این بار محل (۲) را مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی فرض کنیم و برای نقاط (۱) و (۲) پایستگی انرژی مکانیکی را بنویسیم و به کمک آن تندی گلوله را پس از ۴ متر پایین آمدن به‌دست آوریم. یعنی در محل (۲)، انرژی پتانسیل گرانشی را صفر فرض می‌کنیم.

$$E_1 = E_2 \Rightarrow U_1 + K_1 = U_2 + K_2 \xrightarrow{U_2 = 0} mgh_1 + \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}mv_2^2$$

$$10 \times 4 + \frac{1}{2} \times 16 = \frac{1}{2}v_2^2 \Rightarrow v_2^2 = 96$$

نیازی به جذر گرفتن نیست زیرا نسبت $\frac{K_2}{K_1}$ از ما خواسته شده است.

$$\frac{K_2}{K_1} = \frac{\frac{1}{2}mv_2^2}{\frac{1}{2}mv_1^2} = \left(\frac{96}{16}\right) \Rightarrow \frac{K_2}{K_1} = 6$$

مکانیکی آن $E_2 - E_1 = -10 \text{ J}$ است و با توجه به قانون پایستگی انرژی خواهیم داشت:

$$E_2 - E_1 = W_f \Rightarrow mgh - \frac{1}{2}mv^2 = -10 \Rightarrow 2h - \frac{1}{2} \times 0.2 \times 900 = -10$$

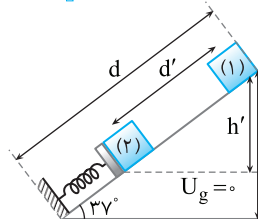
$$\Rightarrow h = 40 \text{ m}$$

حالت دوم: اگر مقاومت هوا وجود نداشت با توجه به اصل پایستگی انرژی مکانیکی

$$E_2 = E_1 \Rightarrow mgh' = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow 10h' = \frac{1}{2} \times 900 \Rightarrow h' = 45 \text{ m}$$

بنابراین گلوله $45 - 40 = 5 \text{ m}$ بالاتر می‌رفت.

۶۸ B



ابتدا طول سطح (d) را به کمک روابط مثلثاتی حساب می‌کنیم.

$$\sin 37^\circ = \frac{h}{d} \Rightarrow 0.6 = \frac{15}{d}$$

$$\Rightarrow d = \frac{150}{6} \text{ cm}$$

فتر هنگامی بیشترین انرژی پتانسیل کشسانی را دارد که وزنه متوقف شده و تمام انرژی جنبشی اولیه و انرژی پتانسیل گرانشی‌اش به انرژی پتانسیل کشسانی تبدیل شود. بنا به اصل پایستگی انرژی مکانیکی:

$$E_2 = E_1 \Rightarrow U_e = U_g + K \xrightarrow{U_e = \frac{1}{2}K} \frac{1}{2}K = U_g + K$$

$$\Rightarrow U_g = \frac{1}{2}K \Rightarrow mgh' = \frac{1}{2} \times \left(\frac{1}{2}mv^2 \right) \Rightarrow 10h' = \frac{1}{2} \times 400$$

$$\Rightarrow h' = \frac{100}{20} \text{ m} = 5 \text{ m}$$

اکنون d' یعنی مقداری که وزنه روی سطح پایین می‌آید را حساب می‌کنیم.

$$\sin 37^\circ = \frac{h'}{d'} \Rightarrow d' = \frac{5}{0.6} = \frac{50}{6} \text{ cm}$$

بنابراین کمترین طول فتر برابر اختلاف d و d' بوده و مقدار آن خواهد شد:

$$d - d' = \frac{150}{6} - \frac{50}{6} = \frac{100}{6} = 16.67 \text{ cm}$$

۷۴ B

$$\left\{ \begin{aligned} \rho &= \frac{m}{V} \\ V &= \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \times 3 \times 10^{-3} = 4 \text{ cm}^3 \end{aligned} \right. \Rightarrow \rho = \frac{4 \text{ fg}}{4 \text{ cm}^3} \Rightarrow \rho = 1 \text{ g/cm}^3$$

تغییر چگالی برابر است با:

$$\rho_f = \rho_i (1 - \alpha \Delta \theta) \Rightarrow \rho_f = \rho_i - \rho_i (\alpha \Delta \theta) \Rightarrow \Delta \rho = -\rho_i (\alpha \Delta \theta)$$

دقت کنید چون تغییر چگالی را بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب می‌خواهد، باید چگالی در دمای $^{\circ}\text{C}$ را بر حسب kg/m^3 قرار دهیم:

$$\rho_i = 1 \text{ g/cm}^3 \times 1000 = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta \rho = -\rho_i (\alpha \Delta \theta) \Rightarrow \Delta \rho = -1000 \times (9 \times 10^{-5}) \times 100 = -99 \text{ kg/m}^3$$

بنابراین چگالی جسم 99 kg/m^3 کاهش یافته است.

۷۵ A

خط‌خطی با تغییر دما، اختلاف طول دو میله A و B ثابت مانده است اما این به چه معنی است؟ یعنی تغییر طول هر دو فلز A و B در این حالت با هم برابر است. دقت کنید که با

30°C افزایش دما ممکن نیست که میله A که طول کمتری دارد (50 cm) طولش آن‌قدر زیاد شود تا از میله B که طول بیشتری دارد (70 cm)، بلندتر شود. تغییر طول دو

$$\Delta L_A = \Delta L_B \Rightarrow L_A \alpha_A \Delta \theta_A = L_B \alpha_B \Delta \theta_B$$

میله را برابر قرار می‌دهیم.

$$\Rightarrow 50 \alpha_A (30) = 70 \alpha_B (30) \Rightarrow \frac{\alpha_A}{\alpha_B} = \frac{7}{5}$$

۷۶ A

خط‌خطی تغییر دما بر حسب درجه سلسیوس و کلون با هم برابر است، بنابراین اگر یکای گرمای ویژه بر حسب J/kg.K باشد، باید تغییر دما بر حسب درجه سلسیوس یا کلون باشد. ابتدا افزایش دما را بر حسب درجه سلسیوس به دست می‌آوریم:

$$\Delta F = \frac{9}{5} \Delta \theta \Rightarrow 9 = \frac{9}{5} \Delta \theta \Rightarrow \Delta \theta = 5^{\circ}\text{C}$$

اکنون به کمک رابطه گرما، گرمای داده شده به آب را حساب می‌کنیم.

$$Q = mc \Delta \theta \xrightarrow[m=1 \text{ kg}]{c=4200 \text{ J/kg.K}} Q = 1 \times 4200 \times 5 = 21000 \text{ J} = 21 \text{ kJ}$$

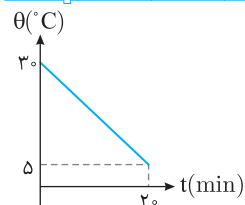
۷۷ A

گرمای داده شده به ماده A و ماده B با هم برابر است. گرمای داده شده را طبق رابطه گرما می‌نویسیم و با هم برابر قرار می‌دهیم.

$$Q = mc \Delta \theta \xrightarrow{Q_A = Q_B} m_A c_A \Delta \theta_A = m_B c_B \Delta \theta_B$$

$$\xrightarrow[m_A=3 \text{ g}, m_B=2 \text{ g}]{\Delta \theta_A=2^{\circ}\text{C}, \Delta \theta_B=3^{\circ}\text{C}} 3 \times c_A \times 2 = 2 \times c_B \times 3 \Rightarrow \frac{c_A}{c_B} = \frac{2}{5}$$

۷۸ A



توان وسیله سرمازا ۳ وات است، یعنی وسیله در هر ثانیه ۳ J گرما از جسم می‌گیرد. بنابراین با توجه به نمودار در مدت ۲۰ دقیقه مقدار گرمایی که جسم از دست می‌دهد تا دمایش از 30°C به 5°C برسد برابر است با:

$$P = \frac{Q}{t} \Rightarrow Q = Pt = 3 \times (20 \times 60) = 3600 \text{ J}$$

به کمک رابطه گرما، گرمای ویژه جسم را به دست می‌آوریم:

$$Q = mc \Delta \theta \Rightarrow 3600 = 3 \times c \times 25 \Rightarrow c = 480 \frac{\text{J}}{\text{kg.K}}$$

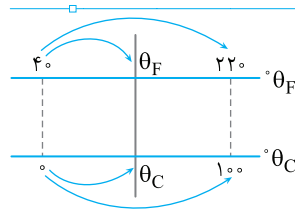
۷۹ A

ابتدا دمای ثانویه آب را بر اثر دریافت 1680 J گرما به دست می‌آوریم:

$$Q = mc \Delta \theta \Rightarrow 1680 = 1 \times 4200 \times (\theta - 0) \Rightarrow \theta = 4^{\circ}\text{C}$$

پاسخ فصل چهارم

۶۹ B



دو دماسنج را روبه‌روی هم کشیده و با نوشتن تناسب‌های یکسان در دو دماسنج و مساوی قرار دادن آن‌ها با هم می‌توان نوشت:

$$\frac{\theta_F - 40}{22 - 40} = \frac{\theta_C - 0}{100 - 0} \Rightarrow \theta_F = \frac{9}{5} \theta_C + 40$$

۷۰ A

خط‌خطی هرگاه صحبت از انبساط قطر کره یا شعاع دایره یا ضلع مکعب و یا ... باشد در واقع صحبت از انبساط طولی است. درصد تغییر طول قطر را حساب می‌کنیم:

$$\text{درصد تغییر طول قطر} = \frac{\Delta D}{D} \times 100 \xrightarrow{\Delta D = D \alpha \Delta \theta} \rightarrow$$

$$\text{درصد تغییر طول قطر} = \alpha \Delta \theta \times 100 = 2 \times 10^{-5} \times 50 \times 100 = 0.1\%$$

۷۱ B

خط‌خطی هر قطعه از ریل دارای دو سر آزاد است، بنابراین در اثر انبساط هر قطعه از دو طرف منبسط می‌شود و مطابق شکل اگر فاصله بین دو قطعه X باشد، هر قطعه از هر طرف $\frac{X}{2}$ منبسط می‌شود تا دو قطعه به هم برسند. یعنی هر قطعه در مجموع به

$$\text{اندازه } \frac{X}{2} + \frac{X}{2} = X \text{ منبسط می‌شود.}$$

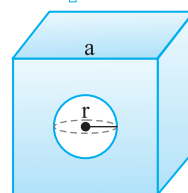


مقدار فاصله‌گذاری بین ریل‌ها حداقل باید به اندازه مقدار انبساط طول هر ریل باشد:

$$\Delta L = L \alpha \Delta \theta \Rightarrow \Delta L = 10 \times 12 \times 10^{-6} \times (40 - (-10))$$

$$\Rightarrow \Delta L = 60 \times 10^{-4} \text{ m} = 6 \text{ mm}$$

۷۲ A



$$(\Delta r = \alpha r_i \Delta \theta)$$

$$\left\{ \begin{aligned} \Delta a &= \alpha a_i \Delta \theta \Rightarrow \frac{\Delta a}{a} = \frac{a_i}{r_i} \Rightarrow \frac{\Delta a}{\Delta r} = \frac{2}{5} \Rightarrow \frac{\Delta a}{\Delta r} = 0.4 \text{ mm} \\ \Delta r &= \alpha r_i \Delta \theta \Rightarrow \frac{\Delta r}{r_i} = \frac{\Delta r}{\Delta r} \Rightarrow \frac{\Delta r}{\Delta r} = 0.4 \end{aligned} \right. \Rightarrow \frac{\Delta a}{\Delta r} = 0.4 \Rightarrow \Delta r = 0.001 \text{ mm}$$

بنابراین شعاع کره 0.001 میلی‌متر افزایش می‌یابد.

۷۳ A

ابتدا حجم قرص فلزی را قبل از انبساط حساب می‌کنیم:

$$V_1 = \pi r^2 h \xrightarrow[r=1 \text{ cm}, h=4 \text{ cm}]{} V_1 = \pi \times 1^2 \times 4 \Rightarrow V_1 = 4\pi \text{ cm}^3$$

$$V_1 = 1/2 \times 10^{-2} \times 4 \text{ cm}^3$$

تغییر حجم قرص از رابطه $\Delta V = V_1 \alpha \Delta \theta$ به دست می‌آید. بنابراین:

$$\Delta V = V_1 (\alpha \Delta \theta) \Rightarrow \Delta V = 1/2 \times 10^{-2} \times 3 \times 50 \times 10^{-5} \times 100 = 1/8 \text{ cm}^3$$

$$\rho_A = \rho_B \Rightarrow \frac{m_A}{V_A} = \frac{m_B}{V_B} \Rightarrow \frac{m_A}{m_B} = \frac{V_A}{V_B} \Rightarrow \frac{m_A}{m_B} = \frac{\frac{4}{3}\pi(\lambda_{000})^3}{\frac{4}{3}\pi(\gamma_{000})^3} \Rightarrow \frac{m_A}{m_B} = \frac{\lambda}{\gamma}$$

۴ گرمای داده شده به دو کره یکسان است، از طرفی دو کره هم جنس هستند و گرمای ویژه آن‌ها برابر است ($c_A = c_B$)، بنابراین:

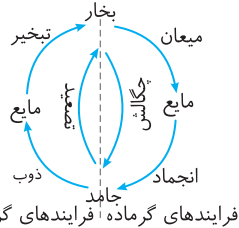
$$Q_A = Q_B \Rightarrow m_A c_A \Delta\theta_A = m_B c_B \Delta\theta_B \Rightarrow \frac{\Delta\theta_B}{\Delta\theta_A} = \frac{m_A}{m_B} \Rightarrow \frac{\Delta\theta_B}{\Delta\theta_A} = \frac{\lambda}{\gamma}$$

دو کره هم جنس (مسی) و شعاع آن‌ها یکی است، پس جرم کره توخالی کمتر است و برای افزایش دمای یکسان به گرمای کمتری نیاز دارد.

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow \begin{cases} Q_A = m_A c \Delta\theta_A \\ Q_B = m_B c \Delta\theta_B \end{cases} \xrightarrow{\frac{m_A < m_B}{\Delta\theta_A = \Delta\theta_B}} Q_A < Q_B$$

از طرفی دمای هر دو کره به یک اندازه افزایش یافته است و بنا بر رابطه انبساط حجمی $\Delta V = V\beta\Delta\theta$ ، افزایش حجم دو کره و همچنین افزایش شعاع دو کره $(\Delta R = R\alpha\Delta\theta)$ باهم برابر است.

۸۵ **طراحی** گذار از یک حالت (فاز) به حالت دیگر را یک تغییر حالت (گذار فاز) می‌نامند.



فرایندهای گرماده فرایندهای گرماگیر

با توجه به نمودار خط فکری، تبدیل بخار به مایع را میعان، تبدیل جامد به بخار را تصعید و تبدیل مایع به بخار را تبخیر گویند.

۸۶ ابتدا مشخص می‌کنیم که وقتی $40/2 \text{ kJ}$ گرما از آب $^{\circ}\text{C}$ می‌گیریم، چند گرم از آب یخ می‌زند.

$$Q_F = mL_F \Rightarrow 40/2 = m \times 335 \Rightarrow m = 0/12 \text{ kg}$$

بنابراین 12 g آب $^{\circ}\text{C}$ به یخ $^{\circ}\text{C}$ تبدیل می‌شود و $120 - 180 = 60 \text{ g}$ آب $^{\circ}\text{C}$ باقی می‌ماند.

۸۷ ابتدا گرمایی که توسط گرمکن در مدت $122/5$ ثانیه تولید می‌شود را حساب می‌کنیم.

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow 750 = \frac{W}{122/5} \Rightarrow W = 750 \times 122/5 \text{ J}$$

از این مقدار گرما 80% صرف گرم کردن یخ می‌شود.

$$Q = \frac{\lambda}{100} W \Rightarrow Q = \frac{4}{100} \times 750 \times 122/5 \Rightarrow Q = 600 \times 122/5 \text{ J} \Rightarrow Q = 73500 \text{ J}$$

۳ مقدار گرمایی که یخ 6°C لازم دارد تا به یخ $^{\circ}\text{C}$ تبدیل شود را حساب می‌کنیم.

$$Q' = mc\Delta\theta \Rightarrow Q' = 0/5 \times 2100 \times 6 \Rightarrow Q' = 6300 \text{ J}$$

بنابراین از 73500 J گرمایی که گرمکن به یخ می‌دهد، 6300 J صرف تبدیل یخ 6°C به یخ $^{\circ}\text{C}$ می‌شود و باقی آن صرف ذوب یخ خواهد شد.

$$Q_{\text{ذوب}} = Q - Q' \Rightarrow Q_{\text{ذوب}} = 73500 - 6300 = 67200 \text{ J}$$

۵ حال با توجه به گرمای ذوب به دست آمده، مقدار یخ ذوب شده را حساب می‌کنیم:

$$Q_{\text{ذوب}} = mL_F \Rightarrow 67200 = m \times 336000 \Rightarrow m = 0/2 \text{ kg} = 200 \text{ g}$$

در نتیجه $200 - 500 = 300 \text{ g}$ یخ باقی می‌ماند.

۸۸ دو صفحه روی قطعه بزرگ یخی قرار دارند و به یخ گرما می‌دهند تا جایی که دمای نهایی هر دو صفحه صفر شود. مقدار گرمایی که یخ $^{\circ}\text{C}$ می‌گیرد تا به آب $^{\circ}\text{C}$ تبدیل شود برابر گرمایی است که هر فلز به قطعه یخ می‌دهد. از این رو:

آب دارای انبساط غیرعادی است و از $^{\circ}\text{C}$ تا 4°C حجم آن با افزایش دما به جای افزایش، کاهش می‌یابد. بنابراین گزینه (۱) درست است.

۸۰ گرمای داده شده به دو جسم یکسان است. بنابراین:

$$Q_A = Q_B \Rightarrow m_A c_A \Delta\theta_A = m_B c_B \Delta\theta_B \xrightarrow{c_A = \frac{1}{4} c_B} \frac{m_A}{m_B} = \frac{\Delta\theta_B}{\Delta\theta_A}$$

$$m_B \frac{1}{4} c_B \Delta\theta_A = m_B c_B \Delta\theta_B \Rightarrow \Delta\theta_B = \frac{1}{4} \Delta\theta_A$$

نسبت تغییر حجم دو جسم خواسته شده است.

$$\frac{\Delta V_A}{\Delta V_B} = \frac{V_A (\alpha_A \Delta\theta_A)}{V_B (\alpha_B \Delta\theta_B)} \xrightarrow{V_B = 4V_A, \Delta\theta_A = 4\Delta\theta_B} \frac{\Delta V_A}{\Delta V_B} = \frac{1}{4} \times \frac{\alpha_A}{\alpha_B} \times 4$$

$$\xrightarrow{\alpha_A = \frac{1}{4} \alpha_B} \frac{\Delta V_A}{\Delta V_B} = \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times 4 = \frac{1}{4}$$

وقتی آلومینیم و مس 20°C را درون مقداری آب 100°C بیندازیم، آب به آلومینیم و مس آن قدر گرما می‌دهد تا هر سه جسم به تعادل گرمایی برسند و دمای آن‌ها باهم برابر شود. یعنی دمای نهایی آلومینیم و مس برابر است. بنابراین افزایش دمای آن‌ها یکسان است. در نتیجه گزینه (۱) درست و گزینه (۲) نادرست است.

اما برای تغییر دمای یکسان 1 kg آلومینیم و 1 kg مس، قطعاً گرمایی که آلومینیم باید دریافت کند، با توجه به رابطه گرمایی $Q = mc\Delta\theta$ بیش از دو برابر مس خواهد بود زیرا گرمای ویژه آلومینیم بیش از دو برابر گرمای ویژه مس است بنابراین گزینه‌های (۳) و (۴) نادرست هستند.

۸۲ در این سؤالات باید یک‌بار گرمایی که مایع می‌گیرد تا دمایش افزایش پیدا کند را حساب کنیم. سپس گرمایی که گرمکن در مدت 24 s تولید می‌کند را به دست می‌آوریم. تا مشخص شود چقدر از گرمای گرمکن به مایع رسیده است.

۱ گرمایی که دمای 60 g مایع را از 30°C به 50°C می‌رساند برابر است:

$$Q = mc\Delta\theta \xrightarrow{c=1500 \text{ J/kgK}} Q = \frac{60}{1000} \times 1500 \times (50 - 30) \Rightarrow Q_{\text{مایع}} = 1800 \text{ J}$$

۲ گرمایی که گرمکن تولید می‌کند خواهد شد:

$$P = \frac{Q}{t} \Rightarrow Q_{\text{گرمکن}} = Pt \xrightarrow{P=300 \text{ W}, t=24 \text{ s}} Q_{\text{گرمکن}} = 300 \times 24 \Rightarrow Q_{\text{گرمکن}} = 7200 \text{ J}$$

۳ اکنون مشخص می‌کنیم مایع Q چند درصد گرمکن Q است.

$$\frac{Q_{\text{مایع}}}{Q_{\text{گرمکن}}} \times 100 = \frac{1800}{7200} \times 100 = 0/25 \times 100 = 25\%$$

۴ **میانبر** در سؤالاتی که با توان و بازده سروکار داریم، می‌توانیم از رابطه زیر استفاده کنیم:



۸۳ حجم فلزی که کره A از آن ساخته شده است برابر است با:

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3 \xrightarrow{R_A = 2 \text{ cm}} V_A = \frac{4}{3} \pi (2)^3 = \frac{4}{3} \pi (800)$$

۲ حجم فلزی که کره B از آن ساخته شده است برابر خواهد شد با:

$$V_B = \frac{4}{3} \pi (R_o^3 - R_i^3) \Rightarrow V_B = \frac{4}{3} \pi (20^3 - 10^3) = \frac{4}{3} \pi (7000)$$

۳ دو کره هم جنس هستند و چگالی آن‌ها باهم برابر است، از این رو می‌توان نوشت:

۳) توان گرمایی گرمکن ثابت است بنابراین:

$$P_1 = P_2 \Rightarrow \frac{Q_1}{t_1} = \frac{Q_2}{t_2} \Rightarrow \frac{33/4}{10} = \frac{267/6}{t_2} \Rightarrow t_2 = 80 \text{ min}$$

چون مقدار تقریبی زمان خواسته شده می‌توانستیم با توجه به توضیحاتی که قبلاً داده‌ایم $c_{\text{آب}} = 4200 \text{ J/kg.K} = c$ گرفته و $L_F = 80^\circ\text{C}$ و $L_V = 540^\circ\text{C}$ رابطه‌ها قرار دهیم.

۹۳

خط‌خطی

هنگامی که به مجموعه آب و یخ در حال تعادل گرما می‌دهیم، ابتدا گرما سبب ذوب یخ 0°C می‌شود و چنانچه تمام یخ ذوب شود و دادن گرما به مجموعه ادامه یابد، دما بالا می‌رود. ابتدا گرمای لازم برای ذوب کامل یخ را به دست می‌آوریم:

$$Q_F = mL_F \Rightarrow Q_F = 1 \times 336 = 336 \text{ kJ}$$

گرمای داده شده به مجموعه 546 kJ است و از گرمایی که برای ذوب یخ لازم است بیشتر است ($546 > 336$)، بنابراین تمام یخ 0°C به آب 0°C تبدیل می‌شود و جمعاً $4 + 1 = 5 \text{ kg}$ آب 0°C در اختیار داریم و مقدار $546 - 336 = 210 \text{ kJ}$ گرما که دمای 5 kg آب را بالا می‌برد، بنابراین:

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow 210 = 5 \times 4200 \times (\theta_1 - 0) \Rightarrow \theta_1 = 10^\circ\text{C}$$

۹۴

خط‌خطی

هر گاه به مخلوطی از آب و یخ در حال تعادل (0°C) گرما داده شود، ابتدا گرمای گرفته شده باعث ذوب یخ می‌شود و سپس گرمای مابقی دمای آب و یخ ذوب شده را بالا می‌برد. در این سؤال فلز با دمای بیشتر گرما از دست داده که بخشی از این گرما باعث ذوب یخ و مابقی آن باعث بالا رفتن دمای 400 g آب و یخ ذوب شده از 0°C به 5°C شده است.

۱) گرمایی را که فلز از دست می‌دهد تا دمایش از 105°C به 5°C برسد حساب می‌کنیم:

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow |Q| = 0.2 \times 840 \times (105 - 5) \Rightarrow |Q| = 16800 \text{ J}$$

۲) گرمایی که 400 g گرم آب (مخلوط آب و یخ پس از ذوب یخ) می‌گیرد تا دمایش از 0°C به 5°C برسد را نیز به دست می‌آوریم:

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow Q = 0.4 \times 4200 \times 5 \Rightarrow Q = 8400 \text{ J}$$

۳) بنابراین از 16800 ژول گرمایی که فلز از دست می‌دهد، 8400 ژول آن صرف بالا بردن دمای آب می‌شود. اما بقیه آن چه شده است؟ قطعاً صرف ذوب یخ شده است و می‌توان مقدار یخ را به دست آورد: $16800 - 8400 = m_1 \times 336000$

$$\Rightarrow m_1 = \frac{8400}{336000} \Rightarrow m_1 = \frac{1}{40} \text{ kg} \Rightarrow m_1 = 25 \text{ g}$$

۹۵

خط‌خطی

ابتدا گرمای داده شده به یخ را به دست می‌آوریم:

$$P = \frac{Q}{t} \Rightarrow Q = Pt \Rightarrow Q = 10 \times 5 \text{ kJ/min} \times 20 \text{ min} = 210 \text{ kJ} = 210 \times 10^3 \text{ J}$$

گرمای ویژه یخ نصف گرمای ویژه آب است:

$$\frac{L_F}{c} = \frac{336000}{4200} \Rightarrow L_F = 80^\circ\text{C}$$

$$\frac{Q}{4200} = \frac{210 \times 10^3}{4200} \Rightarrow c = 50^\circ\text{C}$$

حال سؤال را حل می‌کنیم:

۱) ابتدا دمای یخ از -20°C به 0°C می‌رسد که گرمای لازم برای این تغییر دما

$$Q_1 = mc\Delta\theta \Rightarrow Q_1 = 0.5 \times \frac{c}{2} \times 20 = 50 \text{ J}$$

برابر است با:

۲) گرمای باقی‌مانده یعنی $50 - 50 = 0 \text{ J}$ باعث ذوب یخ می‌شود، اما باید گرمای

لازم برای ذوب یخ را حساب کنیم:

$$Q_2 = mL_F \Rightarrow Q_2 = 0.5 \times 80 = 40 \text{ J}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{صفحه مسی: } mL_F = m_1 c_1 |\Delta\theta_1| \quad (1) \\ \text{صفحه آلومینیومی: } m'L_F = m_2 c_2 |\Delta\theta_2| \quad (2) \end{array} \right.$$

$$\xrightarrow{(2), (1)} \frac{m}{m'} = \frac{m_1 c_1 |\Delta\theta_1|}{m_2 c_2 |\Delta\theta_2|} \quad \begin{array}{l} \theta_1 = 150^\circ\text{C} \\ \theta_2 = 200^\circ\text{C}, \theta_{\text{نهایی}} = 0^\circ\text{C} \end{array}$$

$$2 = \frac{m_1 \times 400 \times 150}{m_2 \times 900 \times 200} \Rightarrow m_1 = 6m_2$$

۸۹

خط‌خطی

وقتی آب 50°C روی 450 g یخ 450°C ریخته می‌شود، آب به یخ گرما می‌دهد و یخ شروع به ذوب شدن می‌کند. در صورت مسئله بیان شده سرانجام 520 g آب 0°C خواهیم داشت که شامل دو قسمت است. یکی همان آب اولیه 50°C و دیگری آب حاصل از ذوب یخ. بنابراین اگر جرم آب اولیه را با $m_{\text{آب}}$ نشان دهیم، جرم یخ ذوب شده قطعاً $m_{\text{آب}} - 520$ است. البته گرمایی که آب از دست می‌دهد با گرمایی که یخ دریافت می‌کند تا ذوب شود برابر است. این خط فکری را دنبال کنید تا حل مسئله را راحت انجام دهید.

مجموع جرم آب و یخ ذوب شده در حالت ثانویه برابر 520 g است. در واقع $m_{\text{آب}} + 520 = m_{\text{یخ ذوب شده}}$ است و $m_{\text{آب}} - 520 = \text{جرم یخ ذوب شده}$

تمام گرمای لازم برای آنکه $(m_{\text{آب}} - 520) \text{ g}$ یخ ذوب شود از آب گرفته شده است. در واقع:

$$Q_F = Q_{\text{آب}} \Rightarrow (520 - m) \times 336000 = m \times 4200 \times 50 \Rightarrow 420000 = 520 \times 80 - 80m = 520 \times 80 - 80m \Rightarrow 520 \times 80 = 130m \Rightarrow m = 320 \text{ g}$$

۹۰

خط‌خطی

با توجه به رابطه گرمای نهان ذوب (انجماد)، جرمی از آب را که یخ می‌زند به دست می‌آوریم:

$$Q_F = mL_F \Rightarrow 100/8 = m(336) \Rightarrow m = 0.3 \text{ kg} = 300 \text{ g}$$

از 500 g آب، 300 g یخ زده است بنابراین 200 g از آب یخ می‌زند.

۹۱

خط‌خطی

قرار است تمام یخ ذوب شود، اما دمای نهایی یخ ذوب شده مشخص نیست. یعنی سؤال به طور مستقیم به ما نگفته که پس از ذوب یخ قرار است دمای آن 0°C باشد یا بیشتر، همچنین در سؤال حداقل مقدار آب خواسته شده است، ما می‌دانیم هر چه مقدار آب بیشتر باشد، گرمایی که آب به یخ داده بیشتر و دمای تعادل بالاتر از صفر می‌شود، بنابراین کمترین مقدار آب یعنی مقدار آب به قدری باشد که تمام گرمایی که آب از دست می‌دهد تنها باعث ذوب یخ شود و دمای تعادل 0°C بماند.

۱) ابتدا گرمایی که یخ لازم دارد تا به طور کامل ذوب شود را حساب می‌کنیم:

$$Q_i = mc\Delta\theta + mL_F \Rightarrow Q_i = 0.2 \times 210 \times 50 + 0.2 \times 336000$$

$$\Rightarrow Q_i = 0.5 \times 42000 + 0.2 \times 80 \times 42000 = 16 \times 42000 \text{ J}$$

۲) این مقدار گرما باید توسط مقداری آب 100°C تأمین شود و در نهایت دمای آب باید

$$Q_i = Q_w \Rightarrow 16 \times 42000 = m \times 4200 \times 100 \Rightarrow m = 165 \text{ g}$$

۹۲

خط‌خطی

اگر در رابطه‌های تغییر حالت یکای L_F و L_V را بر حسب kJ/kg قرار دهیم و یکای جرم نیز بر حسب kg باشد، گرمای به دست آمده بر حسب کیلوژول است.

۱) گرمایی که 100 g یخ 0°C می‌گیرد تا به آب 0°C تبدیل شود برابر است با:

$$Q_1 = mL_F \Rightarrow Q_1 = 0.1 \times 334 \Rightarrow Q_F = 33.4 \text{ kJ}$$

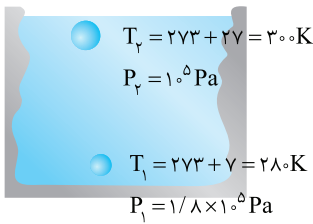
۲) گرمایی که 100 g آب 0°C می‌گیرد تا به آب 100°C و سپس به بخار 100°C

تبدیل شود را حساب می‌کنیم:

$$\begin{array}{|c|c|c|} \hline \text{آب } 0^\circ\text{C} & \xrightarrow{\text{تغییر دما}} & \text{آب } 100^\circ\text{C} \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|c|c|} \hline \text{آب } 100^\circ\text{C} & \xrightarrow{\text{تغییر حالت}} & \text{بخار } 100^\circ\text{C} \\ \hline \end{array}$$

$$Q_2 = mc\Delta\theta + mL_V \quad L_V = 2256 \text{ kJ/kg}, c = 4.2 \text{ J/kg.K}$$

$$Q = 0.1 \times 4.2 \times 100 + 0.1 \times 2256 \Rightarrow Q_2 = 42 + 225.6 \Rightarrow Q_2 = 267.6 \text{ kJ}$$



با توجه به مسئله، داده‌ها را روی شکل می‌نویسیم و با نوشتن قانون گازهای آرمانی، حجم حباب در سطح آب را حساب می‌کنیم:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{1/8 \times 10^5 \times 1/4}{280} = \frac{1.05 \times V_2}{300} \Rightarrow V_2 = 2/7 \text{ cm}^3$$

بنابراین تغییر حجم حباب برابر است با:

$$\Delta V = V_2 - V_1 = 2/7 - 1/4 = 1/3 \text{ cm}^3$$

در حالت اول ارتفاع هوای محبوس ۷۷mm است، بنابراین حجم هوای محبوس

برابر است با:

$$V_1 = Ah_1 = 1 \times 10^{-4} \times 77 \times 10^{-3} = 7/7 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

چون سطح جیوه در دو طرف یکسان است فشار هوای محبوس برابر فشار هوای محیط

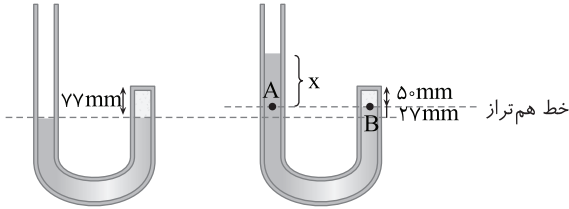
$$P_1 = P_0 = 1.05 \text{ Pa}$$

است.

در حالت دوم شکلی در کنار شکل اول رسم می‌کنیم. ارتفاع ستون هوا ۵۰mm

شده است، بنابراین حجم هوا در این حالت برابر شده است با:

$$V_2 = Ah_2 = 1 \times 10^{-4} \times 50 \times 10^{-3} = 5 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$



فشار گاز در حالت دوم با رسم خط تراز جدید خواهد شد:

$$P_A = P_B \Rightarrow P_0 + P_x = P_2 \Rightarrow P_2 = P_0 + \rho gh_{Hg}$$

$$\Rightarrow P_2 = 1.05 + 13500 \times 10 \times x$$

با توجه به قانون گازها داریم:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow 1.05 \times 7/7 \times 10^{-6} = (1.05 + 13500 \times x) \times 5 \times 10^{-6}$$

$$\Rightarrow 7/7 \times 10^{-6} = (1.05 + 13500 \times x) \times 5 \Rightarrow 7/7 = 5 + 67500x$$

$$\Rightarrow x = 0/4 \text{ m} = 4 \text{ cm}$$

در این صورت با توجه به شکل باید $40 + 2/7 + 2/7 = 45/4 \text{ cm}$ به ارتفاع جیوه

اضافه کرد که حجم جیوه اضافه شده خواهد شد:

$$\Delta V = A \Delta h = 1 \times 45/4 = 45/4 \text{ cm}^3$$

طول اولیه دو میله برابر است. وقتی دمای هر دو میله را به یک اندازه بالا

ببریم افزایش طول میله آلومینیمی از افزایش طول میله فولادی بیشتر است زیرا ضریب

انبساط طولی آلومینیم بزرگ‌تر است. بعد از افزایش دما طول میله آلومینیم $2/3 \text{ mm}$

بیشتر از طول میله فولادی است بنابراین $\Delta L_{Al} - \Delta L_M = 2/3 \text{ mm}$ است.

اکنون با جایگذاری $\Delta L = L_0 \alpha \Delta \theta$ می‌توانید مسئله را حل کنید.

بنابراین همچنان $45^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C} = 5^\circ\text{C}$ گرما باقی می‌ماند که باعث افزایش دمای آب می‌شود:

$$\Delta \theta = 10^\circ\text{C}$$

دماها را برحسب کلون به دست می‌آوریم:

$$T = 273 + \theta \Rightarrow \begin{cases} \theta_1 = 27^\circ\text{C} \Rightarrow T_1 = 273 + 27 = 300\text{K} \\ \theta_2 = 37^\circ\text{C} \Rightarrow T_2 = 273 + 37 = 310\text{K} \end{cases}$$

قانون گازها در حجم ثابت ($V_1 = V_2$) خواهد شد:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow \frac{P_1}{300} = \frac{P_2}{310} \Rightarrow P_2 = 1/2 P_1$$

درصد تغییرات فشار را حساب می‌کنیم:

$$\frac{\Delta P}{P_1} \times 100 = \frac{P_2 - P_1}{P_1} \times 100 = \frac{1/2 P_1 - P_1}{P_1} \times 100 = 50\%$$

$$PV = nRT \Rightarrow n = \frac{PV}{RT} \Rightarrow n = \frac{1 \times 10^{-5} \times 15 \times 10^{-3}}{8.314 \times (273 - 23)}$$

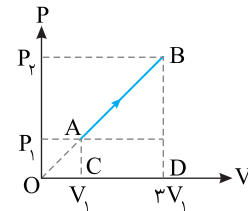
$$\Rightarrow n = 6 \times 10^{-23} \Rightarrow N = 6 \times 6 \times 10^{23} = 36 \times 10^{23} = 3/6 \times 10^{24}$$

به نمودار به دقت نگاه کنید، حجم گاز ۳ برابر شده است. در همین حالت

فشار گاز افزایش یافته یعنی در رابطه ($P \uparrow V \uparrow = nRT$) قطعاً دما نیز افزایش

می‌یابد. ابتدا به کمک شیب خط و یا تشابه مثلث نسبت $\frac{P_2}{P_1}$ را حساب کنید، سپس به

کمک قانون گازها چند برابر شدن دما را به دست آورید.



با توجه به تشابه دو مثلث OAC و OBD خواهیم داشت:

$$\frac{BD}{AC} = \frac{OD}{OC} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{3V_1}{V_1} \Rightarrow P_2 = 3P_1$$

به کمک قانون گازها، دمای ثانویه گاز را حساب می‌کنیم:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{3P_1 \times 3V_1}{T_2} \Rightarrow T_2 = 9T_1$$

دما را برحسب کلون به دست می‌آوریم:

$$T = 273 + \theta \Rightarrow \begin{cases} \theta_1 = 27^\circ\text{C} \Rightarrow T_1 = 273 + 27 = 300\text{K} \\ \theta_2 = 87^\circ\text{C} \Rightarrow T_2 = 273 + 87 = 360\text{K} \end{cases}$$

فشار گاز 10 cmHg کاهش یافته است، بنابراین:

$$P_2 = P_1 - 10$$

با نوشتن قانون گازها، مسأله حل می‌شود:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{P_1 \times 8L}{300} = \frac{(P_1 - 10) \times 11}{330}$$

$$\Rightarrow \frac{4}{5} P_1 = P_1 - 10 \Rightarrow \frac{1}{5} P_1 = 10 \Rightarrow P_1 = 50 \text{ cmHg}$$

۱۰۶ A

تغییر طول آلومینیم و تغییر طول فولاد را حساب می‌کنیم سپس آن‌ها را از هم کم می‌کنیم:

خط‌فکری در ابتدا طول میله آهنی ۱mm بیشتر از طول میله مسی است. با 100°C افزایش دمای میله‌ها، چون ضریب انبساط طولی مس از آهن بیشتر است، انبساط آن بیشتر خواهد بود و طول میله مسی $\Delta L_{\text{Cu}} - \Delta L_{\text{Fe}} = 0.5$ و $L_{\text{Fe}} - L_{\text{Cu}} = 1$ را می‌شود، بنابراین کافی است دو رابطه را نوشته و با قرار دادن اطلاعات مسئله، آن را حل کرد.

$$L_{\text{Fe}} - L_{\text{Cu}} = 1$$

$$L'_{\text{Cu}} - L'_{\text{Fe}} = 0.5 \Rightarrow L_{\text{Cu}} + L_{\text{Cu}} \alpha_{\text{Cu}} \Delta\theta - L_{\text{Fe}} - L_{\text{Fe}} \alpha_{\text{Fe}} \Delta\theta = 0.5 \Rightarrow$$

$$\overbrace{L_{\text{Cu}} - L_{\text{Fe}}}^{-1} + L_{\text{Cu}} \alpha_{\text{Cu}} \Delta\theta - L_{\text{Fe}} \alpha_{\text{Fe}} \Delta\theta = 0.5 \Rightarrow$$

$$L_{\text{Cu}} \alpha_{\text{Cu}} \Delta\theta - L_{\text{Fe}} \alpha_{\text{Fe}} \Delta\theta = 1.5 \Rightarrow$$

$$(L_{\text{Fe}} - 1) \times 10^{-5} \times 10^{-6} - L_{\text{Fe}} \times 10^{-5} \times 10^{-6} = 1.5 \Rightarrow$$

$$10^{-5} \times 10^{-6} L_{\text{Fe}} - 10^{-5} \times 10^{-6} L_{\text{Fe}} = 1.5 \Rightarrow$$

$$0.6 \times 10^{-3} L_{\text{Fe}} = 1.5 \Rightarrow L_{\text{Fe}} = 2.5 \times 10^{-3} \text{m}$$

$$L_{\text{Fe}} = \frac{1.5 + 10^{-5} \times 10^{-6}}{0.6 \times 10^{-3}} = (2.5 \times 10^{-3} + 3) \text{mm} = 2.503 \text{mm} \Rightarrow$$

$$L_{\text{Fe}} = 2.503 \text{mm}$$

۱۰۷ B

$$\frac{\Delta L}{L_1} \times 100 = 0.1\% \Rightarrow \alpha \Delta\theta \times 100 = 0.1$$

$$\frac{\Delta\rho}{\rho} \times 100 = \frac{-\rho_1 (\alpha \Delta\theta)}{\rho_1} \times 100 = -3\alpha \Delta\theta \times 100 \Rightarrow \frac{\Delta\rho}{\rho} \times 100 = 0.3\%$$

علامت منفی نشان‌دهنده کاهش چگالی است.

۱۰۸ A

ابتدا دمای 122°F را برحسب درجه سلسیوس به‌دست می‌آوریم:

$$F = \frac{9}{5}\theta + 32 \Rightarrow 122 = \frac{9}{5}\theta + 32 \Rightarrow 90 = \frac{9}{5}\theta \Rightarrow \theta = 50^{\circ}\text{C}$$

حال دمای 50°C را به کلون تبدیل می‌کنیم:

$$T = \theta + 273 \Rightarrow T = 50 + 273 = 323\text{K}$$

۱۰۹ A

خط‌فکری با تغییر دما، اختلاف طول دو میله A و B ثابت مانده است اما این به چه معنی

است؟ یعنی تغییر طول هر دو فلز A و B در این حالت با هم برابر است. دقت کنید که با

30°C افزایش دما ممکن نیست که طول کمتری دارد (5cm) طولش آن‌قدر

زیاد شود تا از میله B که طول بیشتری دارد (7cm) ، بلندتر شود. تغییر طول دو

$$\Delta L_A = \Delta L_B \Rightarrow L_A \alpha_A \Delta\theta_A = L_B \alpha_B \Delta\theta_B \quad \text{میله را برابر قرار می‌دهیم.}$$

$$\Rightarrow 50 \alpha_A (30) = 70 \alpha_B (30) \Rightarrow \frac{\alpha_A}{\alpha_B} = \frac{7}{5}$$

۱۱۰ B

با توجه به تعریف چگالی خواهیم داشت:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \frac{m}{V} = \rho \Rightarrow \frac{m_A}{m_B} = \frac{\rho V_A}{\rho V_B} \Rightarrow \frac{m_A}{m_B} = \frac{V_A}{V_B} \quad (1)$$

گرمای داده شده به هر دو کره یکسان است، دو کره هم‌جنس هستند و گرمای ویژه آن‌ها

یکی است به کمک رابطه گرما خواهیم داشت:

$$Q_A = Q_B \Rightarrow m_A c \Delta\theta_A = m_B c \Delta\theta_B \Rightarrow \frac{m_A}{m_B} = \frac{\Delta\theta_B}{\Delta\theta_A} \quad (2)$$

$$\frac{V_A}{V_B} = \frac{\Delta\theta_B}{\Delta\theta_A}$$

از رابطه (۱) و (۲) نتیجه می‌شود:

تغییر طول آلومینیم و تغییر طول فولاد را حساب می‌کنیم سپس آن‌ها را از هم کم می‌کنیم:

$$\Delta L_{\text{Al}} - \Delta L_{\text{M}} = 2/3 \times 10^{-3}$$

$$\Rightarrow L_{\text{Al}} \alpha_{\text{Al}} \Delta\theta - L_{\text{M}} \alpha_{\text{M}} \Delta\theta = 2/3 \times 10^{-3}$$

$$\frac{L_{\text{Al}} = L_{\text{M}} = 4\text{m}}{\alpha_{\text{Al}} = 23 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}, \alpha_{\text{M}} = 15 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}}$$

$$(4 \times 23 \times 10^{-6} - 4 \times 15 \times 10^{-6}) \Delta\theta = 2/3 \times 10^{-3}$$

$$\Rightarrow 46 \times 10^{-6} \Delta\theta = 2/3 \times 10^{-3}$$

$$\Rightarrow \Delta\theta = \frac{2/3 \times 10^{-3}}{46 \times 10^{-6}} = \frac{2/3 \times 10^3}{46} = 5.0^{\circ}\text{C}$$

۱۰۳ A

تغییر دما برحسب درجه سلسیوس و کلون با هم برابر است، بنابراین اگر

یکای گرمای ویژه برحسب J/kg.K باشد، باید تغییر دما برحسب درجه سلسیوس یا

کلون باشد.

ابتدا افزایش دما را برحسب درجه سلسیوس به‌دست می‌آوریم:

$$\Delta F = \frac{9}{5} \Delta\theta \Rightarrow 9 = \frac{9}{5} \Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = 5^{\circ}\text{C}$$

اکنون به کمک رابطه گرما، گرمای داده شده به آب را حساب می‌کنیم.

$$Q = mc \Delta\theta \Rightarrow \frac{m = 1\text{kg}}{c = 4200\text{J/kg.K}} \Rightarrow Q = 1 \times 4200 \times 5 = 21000\text{J} = 21\text{kJ}$$

۱۰۴ B

خط‌فکری قرار است سطح جیوه در سمت چپ روی نقطه M ثابت بماند. یعنی

حجم گاز مخزن تغییر نکند، بنابراین حجم ثابت است. در ابتدا سطح جیوه در دو طرف

لوله U شکل یکسان است. پس شما باید بفهمید که فشار گاز با فشار هوای بیرون برابر

است و در حالت دوم فشار گاز برابر فشار هوای بیرون به‌علاوه فشار ستون جیوه اضافه

شده است. با دانستن این مطالب و قانون گازها مسئله را حل می‌کنیم.

۱ دمای گاز در دو حالت را برحسب کلون به‌دست می‌آوریم:

$$T = 273 + \theta \Rightarrow \begin{cases} \theta_1 = 27^{\circ}\text{C} \Rightarrow T_1 = 273 + 27 = 300\text{K} \\ \theta_2 = 30 + 27 = 57^{\circ}\text{C} \Rightarrow T_2 = 273 + 57 = 330\text{K} \end{cases}$$

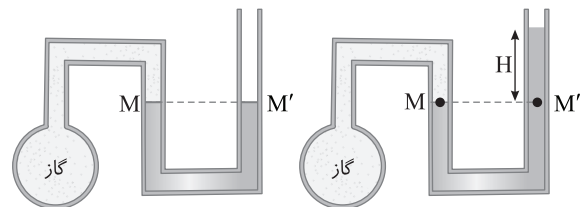
۲ فشار گاز در حالت دوم برابر است با:

$$P_2 = P_0 + P_H$$

۳ قانون گازها را نوشته و H را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{P_1 V}{T_1} = \frac{P_2 V}{T_2} \Rightarrow \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow \frac{75}{300} = \frac{P_2}{330} \Rightarrow P_2 = 82.5\text{cmHg}$$

$$P_M = P_{M'} \Rightarrow P_2 = P_0 + H \Rightarrow 82.5 = 75 + H \Rightarrow H = 7.5\text{cmHg}$$



۱۰۵ A

حداقل گرمایی که یخ لازم دارد تا ذوب شود برابر است با:

$$Q_{\text{یخ}} = mc \Delta\theta + mL_F = 200 \times 2/1 \times 10 + 200 \times 336$$

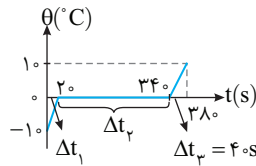
این مقدار گرما باید توسط آب تأمین شود، بنابراین:

$$Q_{\text{یخ}} = (mc \Delta\theta)_{\text{آب}} \xrightarrow{\text{تقسیم بر } c_{\text{آب}} = 4/2} 200 \times 5 + 200 \times 80 = m \times 20$$

$$\Rightarrow 10000 + 16000 = m \times 20 \Rightarrow m = \frac{17000}{20} = 850\text{g}$$

مدت زمان تبدیل آب $^{\circ}\text{C}$ به یخ $^{\circ}\text{C}$:

$$P = \frac{Q_r}{t} \Rightarrow 210 = \frac{Q}{t} \Rightarrow \frac{10^{\circ}\text{C به } 0^{\circ}\text{C آب}}{Q_r = mc \Delta\theta} \Rightarrow 210 = \frac{0/2 \times 4200 \times 10}{\Delta t_r} \Rightarrow \Delta t_r = 40\text{ s}$$



بنابراین:

میانبر باتوجه به اینکه گرمای نهان ذوب به صورت $L_F = 336000 = 80 \times 4200$ است پس گرمای مورد نیاز برای ذوب برابر $mL_F = 80mc$ بوده و گرمای مورد نیاز برای افزایش دمای 20°C آب برابر $mc\Delta\theta = 20mc$ است، بنابراین مدت زمان لازم برای ذوب یخ باید 4 برابر مدت زمان تغییر دمای 20°C آب باشد که این مورد در سه گزینه (1) تا (3) رعایت نشده است.

B ۱۱۳ ۴

ابتدا دماها را برحسب کلوین می‌نویسیم:

$$T = 273 + \theta \Rightarrow T_1 = 273 + 27 = 300\text{ K}, T_2 = 273 + 42 = 315\text{ K}$$

قانون گازها برای فشار ثابت ($P_1 = P_2$) خواهد شد:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{V_1}{300} = \frac{V_2}{315} \Rightarrow V_2 = \frac{315}{300} V_1 \Rightarrow V_2 = 1.05 V_1$$

درصد تغییر حجم گاز برابر است با:

$$\frac{\Delta V}{V_1} \times 100 \Rightarrow \frac{V_2 - V_1}{V_1} \times 100 = \frac{1.05 V_1 - V_1}{V_1} \times 100 = 5\%$$

B ۱۱۴ ۳

ابتدا گرمای داده شده به یخ را به دست می‌آوریم:

$$P = \frac{Q}{t} \Rightarrow Q = Pt \Rightarrow Q = 10/\text{kJ} \times 20\text{ min} = 210\text{ kJ} = 210 \times 10^3\text{ J}$$

گرمای ویژه یخ نصف گرمای ویژه آب است:

$$\frac{L_F}{c} = \frac{336000}{4200} \Rightarrow L_F = 80^{\circ}\text{C}$$

$$\frac{Q}{4200} = \frac{210 \times 10^3}{4200} \Rightarrow c = 50^{\circ}\text{C}$$

حال سؤال را حل می‌کنیم:

۱. ابتدا دمای یخ از -20°C به 0°C می‌رسد که گرمای لازم برای این تغییر دما

$$Q_1 = mc \Delta\theta \Rightarrow Q_1 = 0.5 \times \frac{c}{2} \times 20 = 5\text{ C}$$

برابر است با:

۲. گرمای باقی‌مانده یعنی $50\text{ C} - 5\text{ C} = 45\text{ C}$ باعث ذوب یخ می‌شود، اما باید گرمای

$$Q_2 = mL_F \Rightarrow Q_2 = 0.5 \times 80\text{ C} = 40\text{ C}$$

لازم برای ذوب یخ را حساب کنیم:

۳. بنابراین همچنان $45\text{ C} - 40\text{ C} = 5\text{ C}$ گرما باقی می‌ماند که باعث افزایش دمای

آب می‌شود:

$$\Delta c = mc \times \Delta\theta \Rightarrow \Delta c = 0.5 \times 50 \times \Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = 10^{\circ}\text{C}$$

$$\Rightarrow \theta_2 - 0 = 10 \Rightarrow \theta_2 = 10^{\circ}\text{C}$$

C ۱۱۵ ۲

۱. پیستون رسانای گرماست و اگر دو گاز دارای دمای مختلف

باشند، آنقدر گرم از قسمت گرم به قسمت سرد می‌رود تا دمای هر دو گاز یکی شود

$$(T_1' = T_2')$$

۲. پیستون بدون اصطکاک است و در ابتدا فشار یک گاز 2 atm و فشار دیگر 5 atm

است، بنابراین پیستون آنقدر جابه‌جا می‌شود تا در حالت تعادل، فشار هر دو گاز با هم

$$\text{برابر شود } (P_1' = P_2')$$

اکنون نسبت تغییر حجم کره A و کره B را به دست می‌آوریم.

$$\frac{\Delta V_A}{\Delta V_B} = \frac{V_A(\beta)\Delta\theta_A}{V_B(\beta)\Delta\theta_B} = \frac{\Delta\theta_B}{\Delta\theta_A} \times \frac{\Delta\theta_A}{\Delta\theta_B} \Rightarrow \frac{\Delta V_A}{\Delta V_B} = 1$$

دقت کردید که اعداد داده شده در صورت مسئله تأثیری در حل این مسئله ندارد. از طرفی حجم کره A که توپر است برابر حجم فلزی است که کره از آن ساخته شده است اما حجم کره B و حجم فلزی که کره B از آن ساخته شده یکی نیست و در صورت مسئله نسبت حجم کره A به حجم فلزی که کره B از آن ساخته شده است مدنظر است.

جمع‌بندی برای یک کره دارای حفره در مسائل می‌تواند افزایش حجم کره، یا حفره یا فلز به کار رفته در قسمت توپر خواسته شود:

$$\Delta V = V\beta\Delta\theta$$

افزایش حجم فلز به کار رفته:

$$\left(\frac{4}{3}\pi r^3\right)_{\text{داخلی}} - \left(\frac{4}{3}\pi r^3\right)_{\text{خارجی}}$$

$$\Delta V = V\beta\Delta\theta$$

افزایش حجم حفره:

$$\left(\frac{4}{3}\pi r^3\right)_{\text{داخلی}}$$

$$\Delta V_{\text{کره}} = V_{\text{کره}}\beta\Delta\theta$$

افزایش حجم کره:

$$\left(\frac{4}{3}\pi r^3\right)_{\text{خارجی}}$$

B ۱۱۱ ۴

خط فکری به شکل دقت کنید، هر میله از یک طرف به یک دیوار ثابت شده است.

بنابراین میله مسی از سمت راست و میله آلومینیومی از سمت چپ افزایش طول پیدا می‌کند و مجموع افزایش طول آن‌ها باید برابر فاصله دو میله از هم شود.

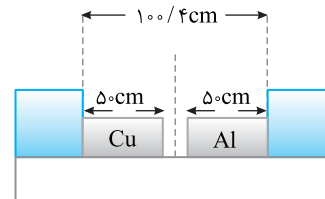
با توجه به شکل، فاصله دو میله از هم $100/4\text{ cm}$ است، پس افزایش طول دو میله باید برابر 4 cm شود تا این دو به هم برسند:

$$0.4 = \Delta L_{\text{Cu}} + \Delta L_{\text{Al}} \Rightarrow 0.4 = \alpha_{\text{Cu}} L_1 \Delta\theta + \alpha_{\text{Al}} L_1 \Delta\theta$$

$$0.4 = 1/7 \times 10^{-5} \times 50 \times \Delta\theta + 2/3 \times 10^{-5} \times 50 \times \Delta\theta$$

$$\Rightarrow 0.4 = \Delta\theta \times 50 \times 10^{-5} (1/7 + 2/3) \Rightarrow \Delta\theta = 200^{\circ}\text{C}$$

تغییرات دما برحسب کلوین و سلسیوس یکسان است بنابراین $\Delta T = 200\text{ K}$.

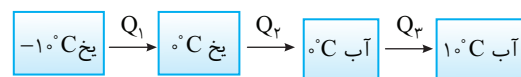


B ۱۱۲ ۴

خط فکری نمودار تغییرات را رسم می‌کنیم و در هر مرحله گرمایی که یخ دریافت

می‌کند را حساب می‌کنیم و زمان آن را به دست می‌آوریم. آن‌گاه زمان‌های به دست آمده را با زمان‌های نمودارهای داده شده مقایسه می‌کنیم تا به جواب برسیم.

آهنگ گرمای داده شده $P = \frac{Q}{t}$ است و برابر 210 J/s است.



مدتی که طول می‌کشد تا یخ -10°C به یخ 0°C تبدیل شود:

$$P = \frac{Q_1}{t} \Rightarrow 210 = \frac{Q}{t} \Rightarrow \frac{0/2 \times 210 \times 10}{\Delta t_1} \Rightarrow \Delta t_1 = 20\text{ s}$$

مدت زمان ذوب کامل یخ:

$$P = \frac{Q_2}{t} \Rightarrow 210 = \frac{Q}{t} \Rightarrow \frac{0/2 \times 336000}{\Delta t_2} \Rightarrow \Delta t_2 = 320\text{ s}$$

۳. حجم دو گاز در حالت اول برابر است. قانون گازها را برای هر گاز در حالت اول بنویسید و با قرار دادن داده‌ها مسأله در آن، نسبت مول‌های دو گاز را به دست بیاورید. اکنون به سراغ حل مسأله می‌رویم. با توجه به داده‌های مسأله می‌توان نوشت: گاز شماره (۱) در حالت اول:

$$\begin{array}{|c|c|} \hline P_1 = 5 \text{ atm} & P_1 = 2 \text{ atm} \\ \hline T_1 = 500 \text{ K} & T_1 = 300 \text{ K} \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{|c|c|} \hline L_1 = 20 \text{ cm} & L_1 = 20 \text{ cm} \\ \hline \end{array}$$

$$P_1 V_1 = n_1 R T_1$$

گاز شماره (۲) در حالت اول:

$$P_2 V_2 = n_2 R T_2$$

دو رابطه را بر هم تقسیم می‌کنیم:

$$\frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{n_1 T_1}{n_2 T_2} \xrightarrow{V_1 = V_2} \frac{2}{5} = \frac{n_1}{n_2} \times \frac{300}{500} \Rightarrow \frac{n_1}{n_2} = \frac{2}{3}$$

پس از برقراری تعادل، وضعیت به صورت شکل زیر است:

گاز شماره (۱) در حالت دوم:

$$\begin{array}{|c|c|} \hline P'_1 = P'_2 & P'_1 = P'_2 \\ \hline T'_1 = T'_2 & T'_1 = T'_2 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{|c|c|} \hline L'_1 & L'_1 = 40 - L'_1 \\ \hline \end{array}$$

$$P'_1 V'_1 = n_1 R T'_1$$

گاز شماره (۲) در حالت دوم:

$$P'_2 V'_2 = n_2 R T'_2$$

$$\frac{P'_1 V'_1}{P'_2 V'_2} = \frac{n_1 T'_1}{n_2 T'_2} \xrightarrow{T'_1 = T'_2} \frac{V'_1}{V'_2} = \frac{2}{3} \quad (I)$$

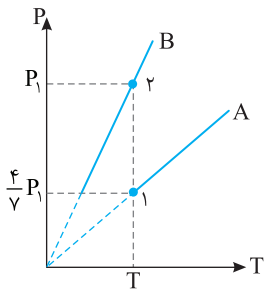
حجم گاز برابر حجم ظرف آن است، از این‌رو: $V = Ah \Rightarrow V'_1 = AL'_1$, $V'_2 = AL'_2$

در رابطه (I) جای‌گذاری می‌کنیم:

$$\frac{AL'_1}{AL'_2} = \frac{2}{3} \Rightarrow \frac{40 - L'_2}{L'_2} = \frac{2}{3} \Rightarrow 120 - 3L'_2 = 2L'_2 \Rightarrow 120 = 5L'_2 \Rightarrow L'_2 = 24 \text{ cm}$$

بنابراین پیستون به اندازه $\Delta L = L'_2 - L_2 = 24 - 20 = 4 \text{ cm}$ جابه‌جا می‌شود.

۱۱۹ B



برای دو نقطه مشخص شده در شکل (نقطه (۱) در گاز A و نقطه (۲) در گاز B)، معادله حالت را می‌نویسیم. چون نمودار از مبدأ مختصات می‌گذرد، پس در هر دو فرایند گازهای A و B، حجم ثابت است:

$$\begin{cases} P_{1A} V_{1A} = n_A R T \\ P_{2B} V_{2B} = n_B R T \end{cases}$$

حال دو معادله حالت را بر هم تقسیم کرده و داده‌های روی نمودار و مسئله را در آن جای گذاری می‌کنیم:

$$\frac{P_{1A}}{P_{2B}} \times \frac{V_{1A}}{V_{2B}} = \frac{n_A}{n_B} \times \frac{R}{R} \times \frac{T}{T} \Rightarrow \frac{\frac{4}{3} P_1}{P_1} \times \frac{V_1}{V_2} = \frac{n_A}{n_B} \times \frac{10}{16} = \frac{5}{n_B} \Rightarrow n_B = 14 \text{ mol}$$

۱۲۰ A

$$n = \frac{m}{M} = \frac{10}{2} = 5$$

ابتدا تعداد مول‌ها را به دست می‌آوریم:

کار در فرایند هم‌فشار از رابطه $W = -nR\Delta T$ هم به دست می‌آید:

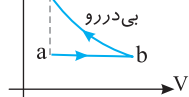
$$W = -5 \times 8.314 (127 - 27) = -4000 \text{ J}$$

چون علامت کار منفی است یعنی دستگاه منبسط شده است و کار انجام شده توسط دستگاه $-W = 4000 \text{ J}$ یا 4 kJ است.

۱۲۱ B

فرایند ab هم‌فشار انبساطی است. پس در این فرایند گاز گرما می‌گیرد $Q_{ab} > 0$.

است و فرایند bc بی‌دررو است که در آن گرمایی مبادله نمی‌شود. پس گرما در کل این دو فرایند برابر است با:



$$Q = Q_{ab} + Q_{bc} \Rightarrow Q > 0$$

بی‌دررو هم‌فشار
صفر مثبت

۲. در فرایند bc گاز متراکم شده، کار محیط روی گاز مثبت است $(W_{bc} > 0)$.

۳. در فرایند ab گاز منبسط شده، کار محیط روی گاز منفی است $(W_{ab} < 0)$.

۴. سطح زیر نمودار PV برابر اندازه کار مبادله شده است. سطح زیر نمودار bc از سطح زیر نمودار ab بیشتر بوده و $W_{bc} > |W_{ab}|$ است.

۵. کار انجام شده روی گاز در تمام مسیر فرایند خواهد شد.

$$W = W_{ab} + W_{bc} \xrightarrow{W_{bc} > |W_{ab}|} W > 0$$

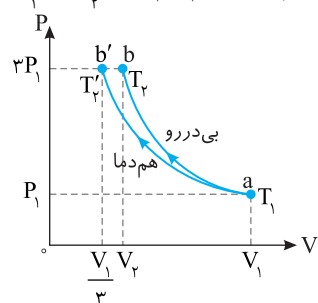
با توجه به قانون اول ترمودینامیک داریم: $\Delta U = W + Q \xrightarrow{W > 0, Q > 0} \Delta U > 0$

۱۲۲ B

۱۲۳ B

در فرایند هم‌دما $(T_1 = T_2)$ فشار و حجم با هم رابطه عکس دارند:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \xrightarrow{T_1 = T_2} \frac{P_1 V_1}{P_2} = V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2}$$



نمودار P-V فرایند هم‌دما و

فرایند بی‌دررو برای افزایش از P_1 به $3P_1$

به صورت روبه‌رو است:

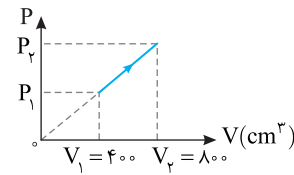
(دقت کنید شیب نمودار بی‌دررو

بیشتر از شیب نمودار هم‌دما

است.) $V_2 > \frac{V_1}{3}$

پاسخ فصل پنجم

۱۱۶



یادآوری! بنا به قانون گازها

$PV = nRT$ است که در آن دما

(T) بر حسب کلوین است.

(۱) به نمودار دقت کنید. با تشابه

مثلث‌ها، نسبت P_2/P_1 را به دست

بیآورید.

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{400}{800} \Rightarrow P_2 = 2P_1$$

(۲) دمای اولیه را بر حسب کلوین به دست می‌آوریم.

$$T_1 = 273 + \theta_1 = 273 + (-23) = 250 \text{ K}$$

(۳) اکنون به کمک قانون گازهای آرمانی، دمای نهایی گاز را می‌توان به دست آورد.

$$PV = nRT \Rightarrow \frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow \frac{P_1 \times 400}{(2P_1)(800)} = \frac{250}{T_2}$$

$$\Rightarrow T_2 = 250 \times 4 = 1000 \text{ K}$$

(۴) دما را بر حسب درجه سلسیوس حساب می‌کنیم.

$$T_2 = 273 + \theta_2 \Rightarrow 1000 = 273 + \theta_2 \Rightarrow \theta_2 = 727^\circ \text{ C}$$

۱۱۷

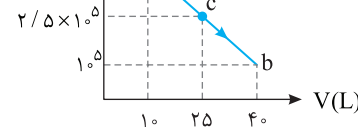
محاسبه گرما در فرایند هم‌فشار از مباحث کتاب درسی حذف شده است.

۱۱۸ B

در حل این نوع مسائل، در

قدم اول دمای ابتدا و انتهای

مسیر را به دست می‌آوریم:



$$PV = nRT \Rightarrow T = \frac{PV}{nR} \Rightarrow \begin{cases} T_a = \frac{4 \times 10^5 \times 10}{nR} \\ T_b = \frac{4 \times 10^5 \times 10}{nR} \end{cases} \Rightarrow T_a = T_b$$

بنابراین انرژی درونی دستگاه در حالت a و b برابر است. نقطه c را وسط

انتخاب می‌کنیم. فشار گاز در این نقطه $\frac{10^5 + 4 \times 10^5}{2} = 2.5 \times 10^5 \text{ Pa}$ و حجم گاز

$$\frac{10 + 40}{2} = 25 \text{ L}$$

بوده و دمای گاز برابر است با:

$$T_c = \frac{P_c V_c}{nR} = \frac{2.5 \times 10^5 \times 25}{nR} = \frac{62.5 \times 10^5}{nR} > T_a = T_b$$

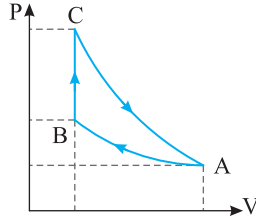
در این صورت انرژی درونی در نقطه c از a و b بیشتر است، در نتیجه انرژی درونی

که تابعی از دما است از a تا b ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

۱۲۷ B

هرگاه در یک چرخه از شما در مورد فرایندهای مختلف در مسیر چرخه سؤال شود، شما باید چرخه را به این فرایندها تقسیم کنید. نوع هر فرایند را تشخیص دهید و ویژگی‌های آن فرایند را به خاطر بیاورید، مثلاً در فرایند هم‌دما، انرژی درونی صفر است یا شیب فرایند بی‌دررو از هم‌دما بیشتر است، تا بتوانید مسأله را حل کنید.

شیب فرایند CA از شیب فرایند AB بیشتر است و فرایند CA بی‌دررو و فرایند AB هم‌دماست.



چرخه را به صورت زیر تقسیم‌بندی می‌کنیم و تغییر انرژی درونی چرخه را برابر صفر قرار می‌دهیم:

$$\Delta U_{ABCA} = \underbrace{\Delta U_{AB}}_{\text{هم‌دما}} + \underbrace{\Delta U_{BC}}_{\text{هم‌حجم}} + \underbrace{\Delta U_{CA}}_{\text{بی‌دررو}} = 0 \quad \Delta U_{AB} = 0$$

$$W_{BC} + Q_{BC} + W_{CA} + Q_{CA} = 0 \quad \xrightarrow[\text{بی‌دررو}]{\text{هم‌حجم}} Q_{BC} = -W_{CA}$$

بنابراین کار در فرایند بی‌دررو برابر گرمای مبادله شده در فرایند هم‌حجم است.

۱۲۸ B

برای گرما در فرایند هم‌فشار رابطه‌ای در اختیار نداریم اما برای به‌دست آوردن کار در فرایند هم‌فشار می‌توانید از $W = -P\Delta V = -nR\Delta T$ استفاده کنید. از طرفی در فرایند هم‌فشار گاز آرمانی همواره اندازه گرمای مبادله شده بین محیط و گاز از اندازه کار مبادله شده بیشتر است $|Q| > |W|$.

پس شما ابتدا کار در فرایند هم‌فشار را به‌دست بیاورید و سپس گرمایی که به ۱ g آب می‌دهیم تا دمایش 1°C بالا برود را حساب کنید تا بتوانید گرمای فرایند هم‌فشار و گرمای داده شده به آب را با هم مقایسه کنید.

کار در فرایند هم‌فشار در اثر 1°C افزایش دما:

$$W = -nR\Delta T \quad \xrightarrow[n = \frac{m}{M} = \frac{1}{18} \text{ mol}]{R = 8 \text{ J/mol.K}} W = -\frac{1}{18} \times 8 \times 1 \Rightarrow W = -4 \text{ J}$$

گرمایی که گاز در این فرایند دریافت می‌کند از ۴ J بیشتر است. $Q > |W| \Rightarrow Q_1 > 4 \text{ J}$

گرمایی که به ۱ g آب می‌دهیم تا دمایش 1°C بالا برود خواهد شد:

$$Q = mc\Delta T \Rightarrow Q_1 = 10^{-3} \times 4000 \times (1) \Rightarrow Q_1 = 4 \text{ J}$$

بنابراین $\frac{Q_1}{Q_2} > 1$ خواهد بود.

۱۲۹ B

با توجه به نمودار و تشابه مثلث‌ها فشار گاز P_1 را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{3V_1}{V_1} = \frac{P_2}{P_1} \Rightarrow P_2 = 3P_1$$

به کمک قانون گازها می‌توان نوشت:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{3P_1 \times 3V_1}{T_2} \Rightarrow T_2 = 9T_1$$

با توجه به نمودار و رابطه $PV = nRT$:

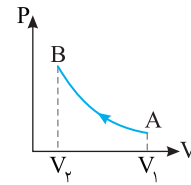
$$P_b V_b < P_a V_a \Rightarrow nRT'_b < nRT'_a \Rightarrow T'_b < T'_a$$

و دمای T'_b و دمای اولیه در نقطه a با هم برابر است (چون فرایند ab' هم‌دماست) پس دمای نقطه b (T_b) از دمای نقطه a ($T_a = T'_a$) بیشتر است.

$$T'_b < T'_a \xrightarrow{T'_b = T_1} T_b < T_a$$

۱۲۴ B

گاز در یک فرایند بی‌دررو متراکم شده است، بنابراین کار محیط روی دستگاه مثبت است $W > 0$. در فرایند بی‌دررو گرمای مبادله شده بین محیط و دستگاه صفر است ($Q = 0$) از این‌رو انرژی درونی گاز به اندازه W تغییر می‌کند و گزاره (ث) درست و گزاره‌های (ت) نادرست است.



$$\Delta U = W + Q \xrightarrow{Q=0} \Delta U = W \xrightarrow{W>0} \Delta U > 0$$

تغییر انرژی درونی گاز مثبت است یعنی انرژی درونی گاز افزایش یافته است و گزاره (الف) درست است. انرژی درونی گاز تابع دمای گاز است بنابراین دمای گاز افزایش می‌یابد و گزاره‌های (ب) و (پ) نادرست است.

۱۲۵ B

با توجه به اینکه در مسیرهای abc و adc، نقطه ابتدایی و انتهایی یکسان است، بنابراین: $\Delta U_{abc} = \Delta U_{adc}$

کار را در هر دو مسیر جداگانه حساب می‌کنیم:

$$W_{abc} = W_{ab} + W_{bc} \xrightarrow{W_{ab}=0} W_{abc} = -P_2(V_2 - V_1)$$

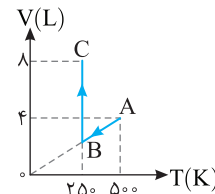
$$W_{adc} = W_{ad} + W_{cd} \xrightarrow{W_{cd}=0} W_{adc} = -P_1(V_2 - V_1)$$

حال برای گرمای دو مسیر رابطه زیر را داریم:

$$\begin{cases} Q_{abc} = \Delta U + P_2(V_2 - V_1) \\ Q_{adc} = \Delta U + P_1(V_2 - V_1) \end{cases} \xrightarrow{P_2 > P_1} Q_{abc} > Q_{adc}$$

۱۲۶ B

به نمودار به دقت نگاه کنید و نوع فرایندها را مشخص کنید.



۱) نمودار فرایند AB یک خط راست مایل است که از مبدأ می‌گذرد، بنابراین این فرایند هم‌فشار است.

۲) فرایند BC در دمای ثابت 250 K رخ داده، پس این فرایند هم‌دماست.

۳) در فرایند هم‌فشار AB، حجم گاز در نقطه B را حساب می‌کنیم:

$$\frac{V_A}{T_A} = \frac{V_B}{T_B} \Rightarrow \frac{4}{250} = \frac{V_B}{500} \Rightarrow V_B = 8 \text{ L}$$

۴) فشار گاز در نقطه A را به کمک معادله حالت گاز آرمانی به‌دست می‌آوریم:

$$P_A V_A = nRT_A \Rightarrow P_A \times 4 \times 10^{-3} = 0.4 \times 8 \times 500 \Rightarrow P_A = 4 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$\xrightarrow{\text{فرایند AB هم‌فشار}} P_A = P_B = 4 \times 10^5 \text{ Pa}$$

۵) به کمک فرایند هم‌دمای B، فشار گاز در حالت C را حساب می‌کنیم:

$$P_B V_B = P_C V_C \Rightarrow 4 \times 10^5 \times 8 \times 10^{-3} = P_C \times 4 \times 10^{-3} \Rightarrow P_C = 8 \times 10^5 \text{ Pa}$$

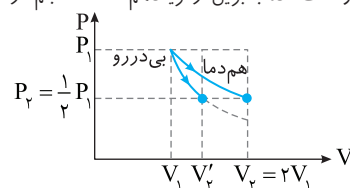
۶) در گزینه (۴) فرایند BC هم‌دما رسم نشده و گزینه (۴) نادرست است. در گزینه (۱) در فرایند AB، حجم گاز افزایش یافته در حالی که در نمودار V-T حجم گاز در فرایند AB کاهش یافته و گزینه (۱) نادرست است. از دو گزینه (۲) و (۳)، اعداد به‌دست آمده در نمودار ۳ نوشته شده است و گزینه (۳) درست است.

B ۱۳۰

در فرایند بی‌درروی گاز آرمانی با کاهش فشار، حجم گاز افزایش می‌یابد و به جای Y باید کلمه «افزایش» قرار دهیم. با انبساط گاز دستگاه روی محیط کار انجام می‌دهد ($W < 0$). از طرفی در فرایند بی‌درروی گاز آرمانی، گرمای مبادله شده صفر است ($Q = 0$) و تغییر انرژی درونی برابر کار محیط روی دستگاه است ($\Delta U = W$). در انبساط کار محیط روی دستگاه منفی است، بنابراین تغییر انرژی درونی منفی بوده و انرژی درونی کاهش می‌یابد و به جای X باید کلمه «کاهش» قرار دهیم و گزینه (۱) درست خواهد بود.

B ۱۳۱

پیداوی در فرایند هم‌دمای گاز آرمانی، هرگاه حجم گاز دو برابر شود، فشار گاز نصف می‌شود. اما در فرایند بی‌درروی گاز کمتر از نصف می‌شود. نمودار $P-V$ را برای دو فرایند رسم می‌کنیم. در صورت مسئله بیان شده که فشار طی دو فرایند هم‌دما و بی‌دررو نصف شده، بنابراین در فرایند هم‌دما قطعاً حجم گاز دو برابر شده است:



$$PV = nRT \xrightarrow{T=\text{ثابت}, P_2 = \frac{1}{2}P_1} V_2 = 2V_1$$

اما در فرایند بی‌دررو با نصف شدن فشار، افزایش حجم کمتر از دو برابر خواهد بود. دقت کنید اگر حجم گاز در فرایند بی‌دررو دو برابر شده باشد، قطعاً فشار گاز از $\frac{P_1}{2}$ کمتر خواهد بود. برای درک بهتر این مسئله به نمودار رسم شده به دقت نگاه کنید.

B ۱۳۲

۱ یخچال در سه مرحله از آب گرما گرفته است.

$$\text{آب } 1^\circ\text{C} \xrightarrow{Q_W = mc\Delta\theta_W} \text{آب } 0^\circ\text{C} \xrightarrow{Q = mL_F} \text{یخ } 0^\circ\text{C} \xrightarrow{Q_i = mc'\Delta\theta_i} \text{یخ } -8^\circ\text{C}$$

مجموع این گرماها همان گرمای Q_L است که یخچال از منبع دمای پایین دریافت می‌کند. گرمایی که توسط یخچال از آب (منبع دمای پایین) گرفته شده است را به دست می‌آوریم:

$$Q_L = mc\Delta\theta + mL_F + mc'\Delta\theta$$

$$\Rightarrow Q_L = 2 \times 4200 \times 10 + 2 \times 336000 + 2 \times 210 \times 8$$

$$Q_L = 84000 + 672000 + 336000 \Rightarrow Q_L = 1088000 \text{ J} \Rightarrow Q_L = 1088 \text{ kJ}$$

۲ با توجه به فرض مسئله کاری که یخچال دریافت می‌کند را حساب می‌کنیم:

$$\frac{Q_L}{W} = 4 \Rightarrow \frac{1088}{W} = 4 \Rightarrow W = \frac{1088}{4} = 272 \text{ kJ}$$

۳ گرمای داده شده به منبع دمای بالا (محیط بیرون) برابر است با:

$$|Q_H| = Q_L + W \Rightarrow |Q_H| = 1088 + 272 = 1360 \text{ kJ}$$

پاسخ تشریحی فیزیک یازدهم

$$E_{r1} = |\vec{E}_r + \vec{E}_1| = \sqrt{E_r^2 + E_1^2} = \frac{9\sqrt{2}}{16} \times 10^7 = \frac{12}{16} \times 10^7 \text{ N/C}$$

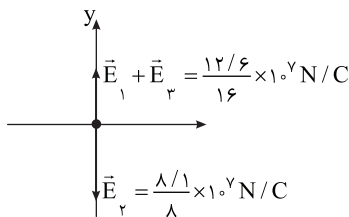
چون E_r و E_1 هم‌اندازه هستند برآیند آن در امتداد نیم‌ساز زاویه بین آن‌ها و روی محور y قرار می‌گیرد. اکنون میدان الکتریکی بار q_2 را به‌دست می‌آوریم.

$$E_r = \frac{kq_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 7 \times 10^{-6}}{64 \times 10^{-4}} = \frac{1}{8} \times 10^7 \text{ N/C}$$

با توجه به شکل بزرگی میدان خالص برابر تفاضل دو میدان $\vec{E}_1$ و $\vec{E}_r$ است از این‌رو:

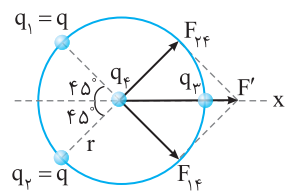
$$E_T = \frac{1}{8} \times 10^7 - \frac{12}{16} \times 10^7 = \frac{3}{16} \times 10^7$$

$$\Rightarrow E_T = \frac{1}{16} \times 10^7 = \frac{1}{16} \times 10^7 \Rightarrow E_T = \frac{9}{4} \times 10^6 \text{ N/C}$$



۱۳۷ B

هر گاه برآیند نیروهای وارد بر یک بار صفر شود. علامت و مقدار آن بار در



حل مسئله نقشی نخواهد داشت. به حل مسئله دقت کنید. خواهید دید که بار q_4 از محاسبات حذف می‌شود. نیروها را رسم کنید و به تحلیل مسئله بپردازید.

بار q_4 را مثبت فرض می‌کنیم و نیروهای وارد بر آن را از طرف بارهای q_1 و q_2 رسم کرده و اندازه این دو نیرو را حساب می‌کنیم. بارهای q_1 و q_2 هم‌اندازه‌اند و فاصله آن‌ها از q_4 یکسان است، بنابراین نیروی این دو بار برابر است، مقدار این نیرو را حساب می‌کنیم.

$$F_{1f} = F_{2f} = k \frac{|q_1||q_4|}{r^2}$$

برآیند دو نیروی هم‌اندازه روی نیم‌ساز آن دو نیرو قرار می‌گیرد، یعنی برآیند F_{1f} و F_{2f} روی

$$F' = \sqrt{F_{1f}^2 + F_{2f}^2} \Rightarrow F' = \sqrt{2} k \frac{|q_1||q_4|}{r^2}$$

برای آنکه نیروی خالص وارد بر q_4 صفر شود،

باید نیروی F_{3f} هم‌اندازه و در خلاف F'

باشد، یعنی q_3 باید q_4 را دفع کند بنابراین

q_4 و q_3 هم‌نام بوده یعنی q_3 مثبت است

$$F_{3f} = F' \Rightarrow k \frac{|q_3||q_4|}{r^2} = \sqrt{2} k \frac{|q_1||q_4|}{r^2} \Rightarrow \frac{q_3}{q_4} = \frac{q_1}{q_4} = \sqrt{2}$$

۱۳۸ A

با توجه به سؤال $\frac{25}{100} = \frac{1}{4}$ بار q_1 را برداشته و به بار q_2 اضافه کرده‌ایم، بنابراین:

$$q'_1 = q_1 - \frac{25}{100} q_1 = 1 - \frac{1}{4} \times 1 = \frac{3}{4} \mu\text{C}, q'_2 = q_2 + \frac{1}{4} q_1 = 1 + \frac{1}{4} \times 1 \Rightarrow q'_2 = q_2 + \frac{1}{4}$$

$$F' = F + 50\% F = \frac{3}{2} F$$

نیروی بین دو بار ۵۰ درصد افزایش یافته پس:

حال نیرویی الکتریکی را در دو حالت با توجه به قانون کولن $(\frac{kq_1q_2}{r^2})$ به دست آورده

پاسخ فصل ششم

۱۳۴ A

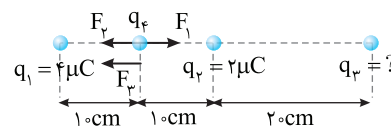
با مالش جسم A به جسم B، جسم A دارای بار منفی می‌شود. بنابراین در جدول سری الکتریسته مالشی (تریبولکتریک)، جسم A پایین‌تر از جسم B قرار دارد. با مالش جسم A با جسم C، جسم A دارای بار مثبت می‌شود. بنابراین در جدول جسم A بالاتر از جسم C قرار دارد. نتیجه می‌گیریم که در جدول تریبولکتریک ترتیب A و B و C مطابق شکل روبه‌رو است و اگر جسم B را با جسم C مالش دهیم، جسم B دارای بار مثبت و جسم C دارای بار منفی می‌شود.

B
A
C

۱۳۵ B

بار $q_1 = 4 \mu\text{C}$ و $q_2 = 2 \mu\text{C}$ در فاصله یکسانی از بار q_4 قرار دارند و چون بار q_1 بزرگ‌تر است، بنابراین نیرویی که q_1 بر q_4 وارد می‌کند از نیرویی که q_2 بر q_4 وارد می‌کند بزرگ‌تر است ($F_1 > F_2$). دو بار q_1 و q_2 هم‌نام بوده و نیرویی که بر q_4 وارد می‌کنند در خلاف جهت هم خواهد بود. از طرفی نیروی خالص وارد بر q_4 صفر شده است بنابراین نیرویی که بار q_3 بر بار q_4 وارد می‌کند یعنی F_3 باید در جهت F_2 باشد تا به کمک نیروی F_2 بتواند نیروی F_1 را خنثی کند ($F_2 + F_3 = F_1$).

در حل پایین فرض شده که بار q_4 مثبت است. شما می‌توانید فرض کنید این بار دارای بار منفی بوده، بنابراین تمام جهت‌های شکل قرینه می‌شود، اما پاسخ سؤال تغییری نخواهد کرد.



اکنون با توجه به قانون کولن $F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$ می‌توان نوشت:

$$\frac{k|q_2||q_1|}{r_1^2} + \frac{k|q_2||q_3|}{r_2^2} = \frac{k|q_1||q_3|}{r_1^2}$$

$$\Rightarrow \frac{2}{100} + \frac{|q_3|}{900} = \frac{4}{100} \Rightarrow |q_3| = 18 \mu\text{C}$$

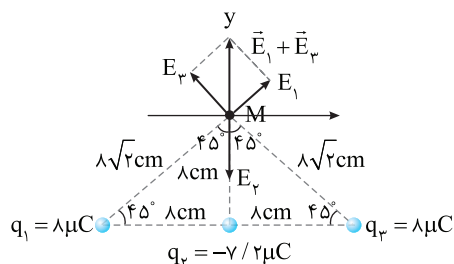
چون نیروهای F_2 و F_3 هم‌جهت‌اند و در یک سمت q_4 قرار گرفته‌اند، پس باید این دو ذره هم‌نام باشند:

$$q_3 = +18 \mu\text{C}$$

۱۳۶ B

میدان حاصل از بارهای q_1 و q_3 را در نقطه M محاسبه می‌کنیم و چون اندازه بارهای q_1 و q_3 فاصله آن‌ها تا نقطه M با هم برابر است، $E_1 = E_3$ است.

$$E_r = E_1 = \frac{kq_1}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 8 \times 10^{-6}}{64 \times 2 \times 10^{-4}} = \frac{9}{16} \times 10^7 \text{ N/C}$$



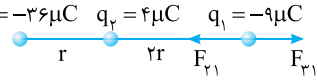
اندازه میدان برآیند E_1 و E_3 خواهد شد:

دو بردار $F_{۳۲}$ و $F_{۱۲}$ خلاف جهت هم‌اند بنابراین بزرگی نیروی خالص وارد بر $q_۲$ برابر اختلاف دو نیرو است:

$$|\vec{F}_۲| = |\vec{F}_{۱۲} - \vec{F}_{۳۲}| \Rightarrow |\vec{F}_۲| = \frac{(۱۴۴ - ۹) \times ۱۰^{-۱۲} \text{ ک}}{r^۲} = \frac{۱۳۵ \times ۱۰^{-۱۲} \text{ ک}}{r^۲}$$

خلاف جهت هم

(۳) نیروی خالص وارد بر بار $q_۱$ را حساب می‌کنیم:

$$q_۳ = -۳۶ \mu\text{C} \quad q_۲ = ۴ \mu\text{C} \quad q_۱ = -۹ \mu\text{C}$$


$$|\vec{F}_{۲۱}| = |\vec{F}_{۱۲}| = \frac{۹ \times ۱۰^{-۱۲} \text{ ک}}{r^۲}$$

$$F_{۳۱} = k \frac{|q_۱||q_۳|}{(۳r)^۲} \Rightarrow F_{۳۱} = k \times \frac{۹ \times ۳۶ \times ۱۰^{-۱۲}}{۹r^۲} \Rightarrow F_{۳۱} = \frac{۳۶ \times ۱۰^{-۱۲} \text{ ک}}{r^۲}$$

دو بردار $F_{۳۱}$ و $F_{۲۱}$ خلاف جهت هم‌اند بنابراین:

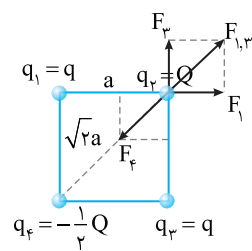
$$|\vec{F}_۱| = |\vec{F}_{۲۱} - \vec{F}_{۳۱}| \Rightarrow F_۱ = \frac{۲۷ \times ۱۰^{-۱۲} \text{ ک}}{r^۲}$$

خلاف جهت هم

$$\frac{F_۲}{F_۱} = \frac{\frac{۱۳۵ \times ۱۰^{-۱۲} \text{ ک}}{r^۲}}{\frac{۲۷ \times ۱۰^{-۱۲} \text{ ک}}{r^۲}} = ۵$$

(۴) حال نسبت خواسته شده را به دست می‌آوریم:

خطای ۱۴۱ بر حل مسئله باید دقت کنید که نوع بارها چگونه باشد تا برابری نیروها صفر شود و همیشه از جایی شروع کنید که جهت نیرو مشخص است که در این مسئله شما باید از نیرویی که $q_۴$ بر $q_۲$ وارد می‌کند، شروع کنید زیرا می‌دانیم این دو بار همنام هستند و می‌توانیم جهت $F_۴$ را مشخص کنیم و سپس به حل مسئله بپردازیم.



از طرفی بارهای $q_۱$ و $q_۳$ هم‌اندازه هستند و فاصله آن‌ها از بار $q_۲ = Q$ برابر است، بنابراین نیرویی که این دو بار بر بار $q_۲$ وارد می‌کنند یکسان است ($F_۱ = F_۳$). به شکل نگاه کنید. برابری $F_۲$ و $F_۱$ نیرویی است که در امتداد قطر مربع است ($F_{۱۳}$) و مقدار آن خواهد شد:

نیرویی را که بار $q_۴$ بر بار $q_۲$ وارد می‌کند به دست می‌آوریم:

$$F_۴ = k \frac{\frac{1}{۲} Q \times Q}{(\sqrt{2}a)^۲} = \frac{1}{۴} k \frac{Q^۲}{a^۲}$$

اکنون نیروهای $F_۴$ و $F_{۱۳}$ را مساوی قرار می‌دهیم. البته هنوز یادمان هست که q و Q

$$\sqrt{۲} \left(k \frac{Q^۲}{a^۲} \right) = \frac{1}{۴} k \frac{Q^۲}{a^۲} \Rightarrow \frac{\sqrt{۲}q}{۱} = \frac{Q}{۴} \Rightarrow \frac{Q}{q} = ۴\sqrt{۲}$$

همنام هستند.

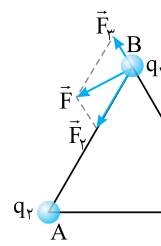
میانبر هرگاه در چهار رأس مربع بارهایی قرار گیرند تا برابری نیروهای وارد بر بار موجود در یک رأس (مثلاً $q_۴$) صفر شود:

و برهم تقسیم می‌کنیم تا ثابت کولن (k) و فاصله دو بار که در دو حالت یکسان می‌ماند، با هم ساده شوند.

$$F = k \frac{q_۱ q_۲}{r^۲} \Rightarrow F = k \frac{(۸) q_۲}{r^۲}, F' = k \frac{q'_۱ q'_۲}{r^۲} \Rightarrow F' = k \frac{(۶)(q_۲ + ۲)}{r^۲}$$

$$\Rightarrow \frac{F}{F'} = \frac{F}{F'} = \frac{۸ q_۲}{۶(q_۲ + ۲)} \Rightarrow \frac{۲}{۳} = \frac{۴}{۳} \left(\frac{q_۲}{q_۲ + ۲} \right) \Rightarrow ۲ q_۲ = q_۲ + ۲ \Rightarrow q_۲ = ۲ \mu\text{C}$$

خطای ۱۳۹ همواره نیروی بین دو بار الکتریکی در امتداد خط وصل کننده آن‌ها است (شکل رویه‌رو).



با توجه به خط فکری بیان شده نیروی $\vec{F}_۲$ که بار $q_۲$ بر بار $q_۱$ وارد می‌کند در امتداد ضلع AB، و نیروی $\vec{F}_۳$ که بار $q_۳$ بر بار $q_۱$ وارد می‌کند در امتداد ضلع CB است. برابری دو نیروی $\vec{F}_۲$ و $\vec{F}_۳$ بنابراین $\vec{F}_۲$ و $\vec{F}_۳$ شده است.

مؤلفه‌های F در دو امتداد AB و CB هستند. از این‌رو نیروی $\vec{F}$ را در این دو امتداد تجزیه می‌کنیم.

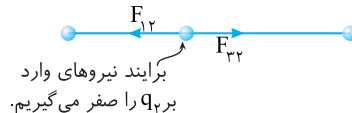
مشاهده می‌شود که $F_۲$ بزرگ‌تر از $F_۳$ است. پس بار $q_۲$ بزرگ‌تر از $q_۳$ است. ضمن اینکه $q_۲$ را می‌ریاید، پس $q_۱$ و $q_۲$ ناهمنام هستند و $q_۳$ را می‌راند، بنابراین دو بار $q_۱$ و $q_۲$ همنام هستند. برای یادآوری تجزیه کردن بردار روی دو امتداد یادداشت ریاضی زیر که از کتاب ریاضی هشتم است را مطالعه کنید.

خطای ۱۴۰ در حل این سؤال ابتدا باید از فرض مسئله یعنی صفر بودن نیروهای وارد بر بارها استفاده کنیم و رابطه‌ای بین فاصله بارها به دست آوریم و در گام بعدی جای بارهای $q_۱$ و $q_۳$ را جابه‌جا کرد و نیروی خالص وارد بر بار $q_۲$ و $q_۱$ را برحسب رابطه‌ای که برای فاصله‌ها به دست آوردیم محاسبه کنیم.

(۱) با توجه به شکل زیر باید یک رابطه بین x و r به دست آوریم. از این‌رو مطابق فرض مسئله نیروی خالص وارد بر $q_۲$ را صفر گرفته‌ایم، در این صورت نیروهایی که دو بار $q_۱$ و $q_۳$ به بار $q_۲$ وارد می‌کنند باید هم‌اندازه و خلاف جهت هم باشند:

$$F_{۱۲} = F_{۳۲} \Rightarrow k \frac{|q_۱||q_۲|}{r^۲} = k \frac{|q_۳||q_۲|}{x^۲} \Rightarrow \frac{۹}{r^۲} = \frac{۳۶}{x^۲} \Rightarrow \frac{x^۲}{r^۲} = ۴ \Rightarrow x = ۲r$$

$$q_۱ = -۹ \mu\text{C} \quad q_۲ = ۴ \mu\text{C} \quad q_۳ = -۳۶ \mu\text{C}$$



(۲) جای بارهای $q_۱$ و $q_۳$ را عوض کرده و نیروی خالص وارد بر بار $q_۲$ را حساب می‌کنیم:

$$q_۳ = -۳۶ \mu\text{C} \quad q_۲ = ۴ \mu\text{C} \quad q_۱ = -۹ \mu\text{C}$$

$$F_{۱۲} = k \frac{|q_۱||q_۲|}{(۲r)^۲} \Rightarrow F_{۱۲} = k \times \frac{۹ \times ۴ \times ۱۰^{-۱۲}}{۴r^۲} = \frac{۹ \times ۱۰^{-۱۲} \text{ ک}}{r^۲}$$

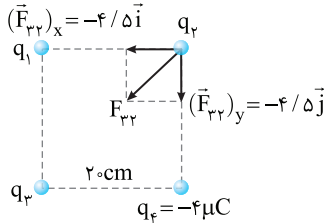
$$F_{۳۲} = k \frac{|q_۳||q_۲|}{(r)^۲} \Rightarrow F_{۳۲} = k \times \frac{۳۶ \times ۴ \times ۱۰^{-۱۲}}{r^۲} = \frac{۱۴۴ \times ۱۰^{-۱۲} \text{ ک}}{r^۲}$$

با توجه به صورت مسئله نیروی خالص وارد بر q_2 برابر $-9\hat{i}$ است. بنابراین:

$$\vec{F} = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{23} + \vec{F}_{34} \Rightarrow \vec{F} = -9\hat{i}$$

$$-9\hat{i} = -4/\delta\hat{i} + 4/\delta\hat{j} + \vec{F}_{34} \Rightarrow \vec{F}_{34} = -4/\delta\hat{i} - 4/\delta\hat{j}$$

بنابراین نیرویی که q_3 به q_4 وارد می‌کند مطابق شکل زیر است.



۱. نیروی $\vec{F}_{34}$ ربایشی است پس بارهای q_3 و q_4 نااهتمام بوده و q_3 مثبت است.

۲. اندازه نیروی $\vec{F}_{34}$ برابر است با:

$$F_{34} = \sqrt{(F_{34})_x^2 + (F_{34})_y^2} = 4/\delta\sqrt{2} \text{ N}$$

$$F_{34} = k \frac{|q_3||q_4|}{r_{34}^2} \Rightarrow \frac{4/\delta\sqrt{2}}{9 \times 10^{-9}} = \frac{q_3 \times 5 \times 10^{-6}}{(2 \times 10^{-2})^2} \Rightarrow q_3 = 1.8 \times 10^{-6} \text{ C} = 1.8 \mu\text{C}$$

روش دوم: البته با کمی فکر کردن نیز می‌توانیم بردار $\vec{F}_{34}$ را به دست آوریم.

نیروی برابری $\vec{F} = -9\hat{i}$ مؤلفه قائم ندارد. بنابراین مؤلفه قائم نیرویی که بار q_3 بر بار

q_4 وارد می‌کند باید هم اندازه نیرویی باشد که بار q_4 بر بار q_3 وارد می‌کند.

$$F_{(34)y} = F_{(43)} = 4/\delta \text{ N}$$

نیرویی که بار q_1 بر بار q_4 وارد می‌کند ربایشی و مقدار آن $4/\delta \text{ N}$ و در خلاف جهت

محور x است، یعنی $\vec{F}_{14} = -4/\delta\hat{i}$. بنابراین مؤلفه x نیرویی که q_3 بر q_4 وارد

می‌کند نیز باید برابر $\vec{F}_{(34)x} = -4/\delta\hat{i}$ باشد، در نتیجه:

$$(F_{34})_y = F_{(43)} \Rightarrow (F_{34})_y = 4/\delta \text{ N}$$

$$(F_{34})_x + F_{14} = 9 \text{ N} \Rightarrow (F_{34})_x = 4/\delta \text{ N}$$

با توجه به اینکه نیروی F_{34} ربایشی است پس q_3 و q_4 مختلف‌العلامت

هستند و q_3 مثبت است. در ادامه مشابه قسمت قبل عمل می‌کنیم.

۱۴۴ A

اندازه میدان الکتریکی در فاصله $r_1 = 3 \text{ cm}$ به اندازه $1/\delta \times 10^{-4} \text{ N/C}$ کمتر از اندازه

میدان در فاصله $r_2 = 1 \text{ cm}$ است، یعنی $E_2 - E_1 = 1/\delta \times 10^{-4} \text{ N/C}$ از طرفی

$$E = k \frac{q}{r^2}$$

میدان الکتریکی بار نقطه‌ای برابر است با:

از این رو می‌توان به جای E_1 و E_2 مقدار آن‌ها یعنی $k \frac{q}{r_1^2}$ و $k \frac{q}{r_2^2}$ را در رابطه قرار داد.

$$E_2 - E_1 = 1/\delta \times 10^{-4} \Rightarrow \frac{kq}{r_2^2} - \frac{kq}{r_1^2} = 1/\delta \times 10^{-4}$$

$$9 \times 10^{11} q - 1 \times 10^{11} q = 1/\delta \times 10^{-4} \Rightarrow 8 \times 10^{11} q = 1/\delta \times 10^{-4} \Rightarrow q = \frac{1/\delta \times 10^{-4}}{8 \times 10^{11}}$$

$$\Rightarrow q = 0.2 \times 10^{-17} \text{ C} = 2 \times 10^{-18} \text{ C}$$

$$E = \frac{kq}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-18}}{1} = 1.8 \times 10^{-8} \text{ N/C}$$

۱۴۵ B

فاصله بار از یک نقطه به میدان حاصل از بار در آن نقطه رابطه عکس و

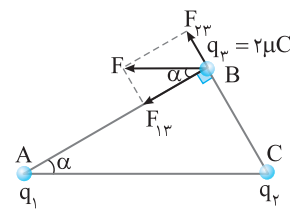
مجذوری دارد، مثلاً اگر فاصله را دو برابر کنیم، میدان $\frac{1}{4}$ برابر می‌شود.

۱. باید دو بار مجاور یعنی q_2 و q_3 همنام باشند.

$$\frac{q_1}{q_2} = -2\sqrt{2}$$

۱۴۲ B

در سؤالاتی مانند شکل زیر که امتداد نیروها بر هم عمودند و جهت



نیروی برابری مشخص شده است، باید

با استفاده از تجزیه بردار برابری و

استفاده از روابط مثلثاتی سؤال را حل

کنیم (اخیراً از این مدل تست زیاد

استفاده می‌شود). روابط زیر را

می‌توانید در حل اینگونه مسائل به کار

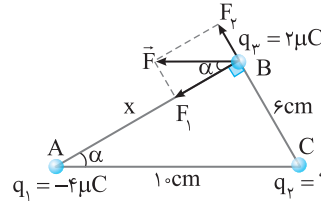
ببرید.

$$\tan \alpha = \frac{F_{23}}{F_{12}}, \sin \alpha = \frac{F_{23}}{F}, \cos \alpha = \frac{F_{12}}{F}$$

البته در مثلث ABC نیز این روابط را برای اضلاع مثلث می‌توانید بنویسید.

$$\tan \alpha = \frac{BC}{AB}, \sin \alpha = \frac{BC}{AC}, \cos \alpha = \frac{AB}{AC}$$

۱. ابتدا فاصله بار q_1 از q_3 را به کمک رابطه فیثاغورس به دست می‌آوریم:



$$AC^2 = AB^2 + BC^2$$

$$\Rightarrow 10^2 = 6^2 + 8^2$$

$$\Rightarrow x = 8 \text{ cm} \Rightarrow AB = 8 \text{ cm}$$

۲. بارهای q_1 و q_3 نااهتمام هستند و q_1 بر بار q_3 نیروی ربایشی (جاذبه) وارد

می‌کند و این نیرو روی ضلع AB و به سوی q_1 است.

۳. نیروی F را روی امتداد اضلاع AB و BC تجزیه می‌کنیم. نیروی F_y که در

امتداد BC است، نیروی دافعه‌ای است که از سوی بار q_4 بر بار q_3 وارد شده است.

بنابراین q_4 و q_3 همنام هستند و بار q_4 مثبت است.

۴. اگر زاویه بین بردار F و بردار F_1 را α بنامیم، با توجه به شکل در مثلث ABC

$$\tan \alpha = \frac{BC}{AB} = \frac{6}{8} = \frac{3}{4}$$

داریم:

۵. اکنون تاوانت α را برای نیروها نوشته از قانون کولن در آن جای گذاری کرده و

$$q_2 \text{ را حساب می‌کنیم.}$$

$$\tan \alpha = \frac{F_y}{F_1} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{\frac{k q_2 q_3}{r^2}}{\frac{k q_1 q_3}{r^2}} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{q_2}{q_1} \Rightarrow q_2 = \frac{27}{16} \mu\text{C}$$

۱۴۳ B

ابتدا نیروهایی را که بارهای q_1 و q_4 بر

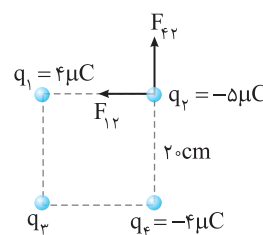
بار q_3 وارد می‌کنند رسم کرده و اندازه

آن‌ها را به دست می‌آوریم. البته حواسمان

هست که چون بارهای q_1 و q_4

هم اندازه‌اند و فاصله آن‌ها تا بار q_3 برابر

است، F_{13} با F_{43} برابر است.



$$F_{34} = F_{13} = k \frac{|q_1||q_3|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6} \times 5 \times 10^{-6}}{(2 \times 10^{-2})^2} = 4/\delta \text{ N}$$

برایند نیروهای $\vec{F}_{13}$ و $\vec{F}_{43}$ را با توجه به جهت و اندازه‌های آن بر حسب $\hat{i}$ و $\hat{j}$

$$\vec{F}_{13} + \vec{F}_{43} = -4/\delta\hat{i} + 4/\delta\hat{j}$$

به صورت روبه‌رو می‌نویسیم:

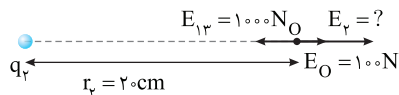
جهت میدان E_{13} به سمت بردار بزرگتر ($\vec{E}_3$) یعنی به سمت چپ است. حال دو حالت را بررسی می‌کنیم.

۱) میدان E_{13} به سمت چپ است. اگر میدان خالص در O به سمت راست باشد یعنی $|\vec{E}_{13}| > |\vec{E}_3|$ است و $\vec{E}_3$ نیز به سمت راست خواهد بود. از این رو میدان برآیند در نقطه O از تفاضل E_3 و E_{13} که در خلاف جهت هم هستند به دست می‌آید.

$$E_O = E_3 - E_{13} \Rightarrow 100 = E_3 - 1000 \Rightarrow E_3 = 1100 \text{ N/C}$$

اکنون q_2 را حساب می‌کنیم.

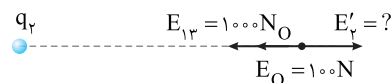
$$E_3 = k \frac{q_2}{r^2} \Rightarrow 1100 = 9 \times 10^9 \times \frac{q_2}{(4 \times 10^{-2})^2} \Rightarrow q_2 = \frac{1100}{9} \times 10^{-4} = \frac{44}{9} \text{ nC}$$



۲) اگر میدان خالص 100 N/C به سمت چپ باشد:

$$E_O = E_{13} - E'_3 \Rightarrow 100 = 1000 - E'_3 \Rightarrow E'_3 = 900 \text{ N/C}$$

$$\xrightarrow{\text{پس } q_2 \text{ مثبت است}} \xrightarrow{E'_3 \text{ به سمت راست است}} 9 \times 10^9 \times \frac{q_2}{(4 \times 10^{-2})^2} = 900 \Rightarrow q_2 = 4 \times 10^{-9} \text{ C} = 4 \text{ nC}$$



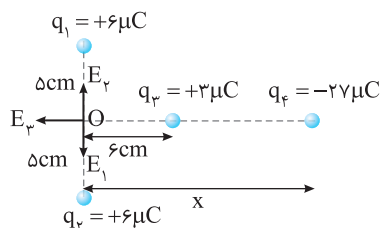
۱۴۸ A

به شکل ترسناک مسأله نگاه نکنید! مسأله ساده‌ای است که در نگاه اول شما را به اشتباه می‌اندازد. اندازه میدان الکتریکی بارهای یکسان $q_1 = q_2 = +6 \mu\text{C}$ که در فاصله یکسان از نقطه O قرار دارند برابر است و این میدان‌ها در خلاف جهت هم بوده و میدان الکتریکی برآیند آن‌ها در نقطه O صفر است.

در واقع سؤال این است که بار q_4 در چه فاصله‌ای از O قرار گیرد تا برآیند میدان‌های q_1 و q_2 در O صفر شود. فاصله بار q_4 را در حالت جدید از O برابر x در نظر می‌گیریم و میدان‌ها را در O برابر قرار می‌دهیم.

$$E_3 = E_4 \Rightarrow k \frac{q_3}{r^2} = k \frac{q_4}{x^2} \Rightarrow \frac{3}{36} = \frac{1}{6} \Rightarrow x = 18 \text{ cm}$$

فاصله بار q_4 از O در حالت اول $14 \text{ cm} = 8 + 6$ بوده است و اکنون فاصله q_4 تا O باید 18 cm شود یعنی بار q_4 4 cm به سمت راست منتقل شود.



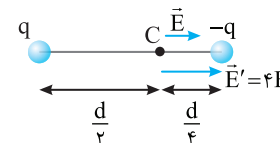
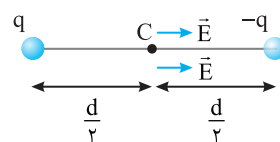
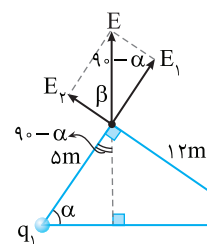
۱۴۹ C

روش همیشگی یعنی تجزیه میدان الکتریکی E بر امتداد اضلاع مثلث را انجام می‌دهیم. تا جهت میدان‌های ناشی از بارهای الکتریکی q_1 و q_2 مشخص شود.

در شکل زیر زاویه α و زاویه β با هم برابرند و تانژانت آن‌ها نیز با هم یکسان و برابر است با:

$$\tan \alpha = \frac{12}{5}, \tan \beta = \frac{E_1}{E_2} \Rightarrow \frac{E_1}{E_2} = \frac{12}{5}$$

$$\xrightarrow{E = k \frac{q}{r^2}} \xrightarrow{\frac{k \frac{q_1}{5^2}}{k \frac{q_2}{12^2}} = \frac{12}{5}} \Rightarrow \frac{q_1 \times 12^2}{q_2 \times 5^2} = \frac{12}{5} \Rightarrow \frac{q_1}{q_2} = \frac{5}{12}$$



۱) با توجه به علامت بارها جهت میدان حاصل از دو بار در نقطه C هم جهت هم بوده و میدان خالص در این نقطه برابر مجموع میدان هر یک از بارها، یعنی برابر $2E$ می‌شود.

۲) وقتی یکی از بارها، $\frac{d}{4}$ به دیگری نزدیک می‌شود، فاصله آن بار از نقطه C نصف ($\frac{1}{2}$) برابر می‌شود و میدان مربوط به آن بار، ۴ برابر می‌شود.

در این صورت میدان خالص $E + 4E = 5E$ شده که نسبت به حالت اول میدان $5/2$ ($\frac{\Delta E}{E} = 5/2$) برابر می‌شود.

۱۴۶ A

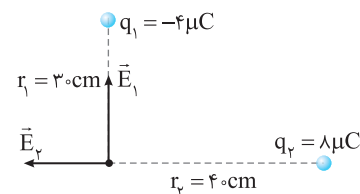
ابتدا میدان هر بار را در نقطه A به دست آورده و با توجه به جهت آن بردار میدان را بر حسب $\vec{i}$ و $\vec{j}$ می‌نویسیم. اگر میدان‌ها در راستای محور y باشد، بر حسب $\vec{j}$ و اگر میدان‌ها در راستای محور x باشند بر حسب $\vec{i}$ نوشته می‌شوند. اندازه میدان‌های دو بار q_1 و q_2 در نقطه A خواهد شد:

$$E_1 = k \frac{|q_1|}{r_1^2} \Rightarrow E_1 = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6}}{(4 \times 10^{-2})^2} = 4 \times 10^5 \text{ N/C}$$

$$E_2 = k \frac{q_2}{r_2^2} \Rightarrow E_2 = 9 \times 10^9 \times \frac{8 \times 10^{-6}}{(16 \times 10^{-2})^2} = 4 \times 10^5 \text{ N/C}$$

میدان E_1 در جهت مثبت محور yها و میدان E_2 در جهت منفی محور xها است. در نتیجه:

$$\vec{E} = E_1 \vec{i} + E_2 \vec{j} \Rightarrow \vec{E} = -4 \times 10^5 \vec{i} + 4 \times 10^5 \vec{j}$$

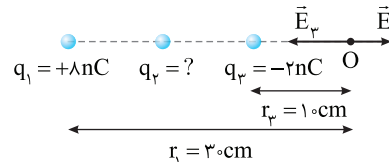


۱۴۷ B

ابتدا میدان حاصل از بارهای q_1 و q_3 را در نقطه O به دست می‌آوریم. توجه کنید که اندازه میدان خالص داده شده است اما جهت آن را نمی‌دانیم، یعنی میدان خالص در نقطه O می‌تواند دو حالت زیر را داشته باشد.

۱) 100 N/C در جهت راست ۲) 100 N/C در جهت چپ

اندازه میدان حاصل از q_1 و q_3 را در نقطه O که به ترتیب E_1 و E_3 می‌نامیم را به دست می‌آوریم و با توجه به علامت بارها جهت این دو میدان را مشخص می‌کنیم:



(میدان مثبت در هر نقطه به سمت خارج بار و میدان بار منفی در هر نقطه به سمت بار است.)

$$E_1 = k \frac{q_1}{r_1^2} \Rightarrow E_1 = 9 \times 10^9 \times \frac{8 \times 10^{-9}}{(9 \times 10^{-2})^2} = 8 \times 10^2 = 800 \text{ N/C}$$

$$E_3 = k \frac{q_3}{r_3^2} \Rightarrow E_3 = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-9}}{(10 \times 10^{-2})^2} = 18 \times 10^2 = 1800 \text{ N/C}$$

$\vec{E}_1$ و $\vec{E}_3$ خلاف جهت هم‌اند و میدان برآیند آن‌ها خواهد شد:

$$\vec{E}_{13} = \vec{E}_1 + \vec{E}_3 \xrightarrow{\text{خلاف جهت هم}} E_{13} = E_3 - E_1 = 1000 \text{ N/C}$$

۱۵۲ B

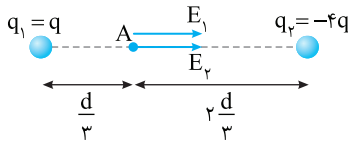
ابتدا میدان الکتریکی بارهای $q_1 = q$ و $q_2 = -4q$ را در نقطه A به دست می‌آوریم.

$$E_1 = \frac{kq}{\left(\frac{d}{3}\right)^2} \Rightarrow E_1 = \frac{9kq}{d^2}, \quad E_2 = \frac{k(4q)}{\left(\frac{2d}{3}\right)^2} \Rightarrow E_2 = \frac{9}{4} \left(\frac{k \times 4q}{d^2}\right) = \frac{9kq}{d^2}$$

بنابراین E_1 و E_2 در نقطه A هم‌اندازه هستند. میدان‌های $\vec{E}_1$ و $\vec{E}_2$ در نقطه A هم‌جهت و به سمت راست‌اند و میدان خالص در نقطه A، جمع میدان‌های $\vec{E}_1$ و $\vec{E}_2$ است $(\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2)$ در صورت سؤال میدان خالص در نقطه A را E معرفی کرده است، از این‌رو:

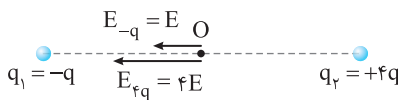
$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \xrightarrow{\vec{E}_1 = \vec{E}_2} \vec{E} = 2\vec{E}_1 \Rightarrow \vec{E}_1 = \frac{\vec{E}}{2}, \quad \vec{E}_2 = \frac{\vec{E}}{2}$$

با حذف بار $q_1 = q$ تنها بار $q_2 = -4q$ باقی می‌ماند که میدان الکتریکی آن در نقطه A برابر $\frac{\vec{E}}{2}$ است.



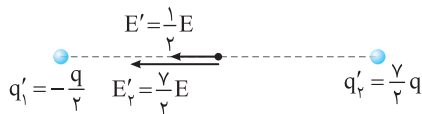
۱۵۳ B

حالت اول: میدان الکتریکی بار $q_1 = -q$ را در نقطه O، وسط d، می‌نامیم. در این صورت میدان الکتریکی بار $q_2 = +4q$ در همان نقطه $4E_1$ است (میدان با مقدار بار رابطه مستقیم دارد) در این صورت میدان خالص در نقطه O که مسئله آن را E_1 نامیده است خواهد شد:



حالت دوم: وقتی نصف بار $q_1 = -q$ را برمی‌داریم، بار آن برابر $q'_1 = \frac{-q}{2}$ می‌شود و وقتی این مقدار بار منفی را به q_2 منتقل می‌کنیم بار الکتریکی آن خواهد شد:

$$q'_2 = 4q + \left(-\frac{q}{2}\right) = \frac{7}{2}q$$



در این صورت میدان بار q'_1 نصف میدان E_1 $(-E'_1 = \frac{1}{2}E_1)$ و میدان بار $q'_2 = \frac{7}{2}q$ برابر $E'_{q'_2} = \frac{7}{2}E_1 + \frac{1}{2}E_1 = 4E_1$ می‌شود و میدان برآیند خواهد شد:

$$E'_T = \frac{1}{2}E_1 + \frac{7}{2}E_1 = 4E_1$$

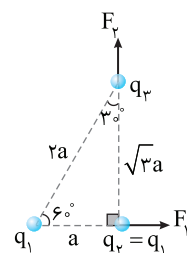
$$\frac{E_1}{E_T} = \frac{4E_1}{4E_1} = 1$$

در نتیجه:

۱۵۴ B

خط‌نقطه

ابتدا باید با توجه به زاویه‌های داده شده برای مثلث قائم‌الزاویه می‌توان طول ضلع‌های مثلث قائم‌الزاویه را به دست آورد. اگر فاصله بار q_2 از بار q_1 را a بگیریم با توجه به اینکه ضلع روبه‌رو به زاویه 30° نصف وتر است پس فاصله بار q_1 تا بار q_2 برابر $2a$ است و ضلع روبه‌روی زاویه 60° ، $\frac{\sqrt{3}}{2}$ وتر بوده و فاصله بین q_2 تا q_3 ، $\frac{\sqrt{3}}{2} \times 2a = \sqrt{3}a$ است. اکنون نیروهایی که



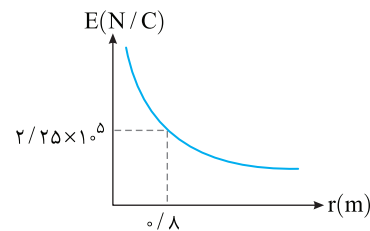
۱۵۵ B

با توجه به نمودار در مکان $r_1 = 0.8m$ ، میدان الکتریکی $E_1 = 2/25 \times 10^5 N/C$ است. در مکان $r_2 = 0.9m$ میدان الکتریکی را حساب می‌کنیم.

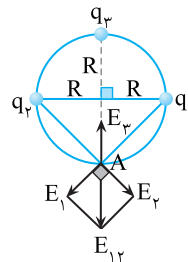
$$E_1 = k \frac{q}{r_1^2} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \Rightarrow \frac{E_2}{2/25 \times 10^5} = \left(\frac{0.8}{0.9}\right)^2 \Rightarrow E_2 = \frac{16 \times 10^5}{9} N/C$$

نیروی که بر بار الکتریکی $q' = 9 \mu C$ در این میدان وارد می‌شود برابر است با:

$$E = \frac{F}{q} \Rightarrow F = qE \Rightarrow F = 9 \times 10^{-6} \times \frac{16 \times 10^5}{9} = 1.6 N$$



۱۵۱ B



۱ اگر شعاع دایره را R فرض کنیم، فاصله q_3 تا A برابر ۲R و فاصله q_1 و q_2 تا A برابر خواهد شد با:

$$R_{1A} = R_{2A} = \sqrt{R^2 + R^2} = \sqrt{2}R$$

۲ برای آنکه میدان الکتریکی در نقطه A صفر شود، باید میدان این بارها به گونه‌ای باشند که برآیند آن‌ها صفر شود. در این صورت باید q_1 و q_2

هم‌اندازه باشند تا میدان برآیند آن‌ها در امتداد میدان E_3 قرار گیرد. از طرفی برآیند E_1 و E_2 باید هم‌اندازه E_3 و در خلاف جهت آن باشد. پس q_1 و q_2 همنام و با q_3 ناهمنام هستند. اگر q_1 و q_2 را مثبت بگیریم، منفی است و میدان‌ها به صورت شکل بالا خواهند بود.

$$E_1 = E_2 = k \frac{|q_1|}{(\sqrt{2}R)^2} \Rightarrow E_1 = E_2 = \frac{k|q_1|}{2R^2}$$

$$E_3 = k \frac{|q_3|}{(2R)^2} \Rightarrow E_3 = \frac{k|q_3|}{4R^2}$$

۳ برآیند E_1 و E_2 خواهد شد:

$$E_{12} = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{2}E_1 \Rightarrow E_{12} = \sqrt{2} \frac{k|q_1|}{2R^2}$$

۴ سرانجام خواهیم داشت:

$$E_3 = E_{12} \Rightarrow \frac{k|q_3|}{4R^2} = \sqrt{2}k \frac{|q_1|}{2R^2} \Rightarrow \frac{|q_3|}{4} = \sqrt{2} \frac{|q_1|}{2} \Rightarrow |q_3| = 2\sqrt{2}|q_1|$$

میانبر در یک مربع به صورت روبه‌رو که در سه رأس آن بارهای q_1 ، q_2 و q_3 قرار دارد، شرط آنکه

میدان خالص در نقطه A صفر شود این است که:

$$q_1 = q_3, \quad q_2 = -2\sqrt{2}q_1$$

در این سؤال نیز شکل به همین صورت است.

۱۵۶ B

از ابتدا بگوئیم که گزینه (۴) کاندید اصلی پاسخ است، زیرا با توجه به مثبت و منفی بودن بار q_1 و q_2 و اینکه کدام یک از بارها بزرگتر است هر حالتی ممکن است. برای همین حالت‌های مختلف را بررسی می‌کنیم تا ادعای خود را ثابت کنیم.

$\vec{E}$ برابند $\vec{E}_1$ و $\vec{E}_2$ است و می‌تواند حالت‌های زیر را داشته باشد:

حالت اول: در این شکل q_1 و q_2 منفی هستند و $|q_1| > |q_2|$ ، بنابراین میدان‌ها به سوی راست است و گزینه (۱) می‌تواند درست باشد.

حالت اول: در این شکل q_1 و q_2 منفی هستند و $|q_1| > |q_2|$ ، بنابراین میدان‌ها به سوی راست است و گزینه (۱) می‌تواند درست باشد.

حالت دوم: در این شکل q_1 و q_2 مثبت می‌باشد و برابند میدان‌ها به سوی راست است و گزینه (۲) می‌تواند درست باشد.

حالت دوم: در این شکل q_1 و q_2 مثبت می‌باشد و برابند میدان‌ها به سوی راست است و گزینه (۲) می‌تواند درست باشد.

حالت سوم: در این شکل q_1 و q_2 مثبت هستند و $|q_2| > |q_1|$ ، بنابراین برابند میدان‌ها به سوی راست است و گزینه (۳) می‌تواند درست باشد.

حالت سوم: در این شکل q_1 و q_2 مثبت هستند و $|q_2| > |q_1|$ ، بنابراین برابند میدان‌ها به سوی راست است و گزینه (۳) می‌تواند درست باشد.

۱۵۷ B

بر بار q_3 دو نیروی F_{13} و F_{23} به ترتیب از طرف دو بار q_1 و q_2 وارد می‌شود. این دو نیرو اگر هم‌جهت باشند برابند آن‌ها از جمع دو بردار به‌دست می‌آید ($F_3 = F_{13} + F_{23}$) یعنی نیروی خالص وارد بر بار q_3 از هر یک از دو نیروی F_{13} و F_{23} بزرگتر است. در حالی که در صورت مسئله بیان شده که نیروی برابند وارد بر q_3 با نیرویی که q_1 بر q_3 وارد می‌کند برابر است ($F_3 = F_{13}$)، بنابراین دو نیروی F_{13} و F_{23} هم‌جهت نیستند و در خلاف جهت هم هستند و برابند آن‌ها از تفاضلشان به‌دست می‌آید.

از طرفی خلاف جهت هم بودن دو نیروی F_{13} و F_{23} بیان می‌کند که یکی از دو بار q_1 و q_2 بار q_3 را دفع می‌کند و دیگری آن را جذب می‌کند؛ بنابراین بارهای q_1 و q_2 باید ناهم‌نام باشند، پس q_2 قطعاً دارای بار منفی است. اکنون مقدار بار q_2 را به‌دست می‌آوریم:

$$F_T = |F_{23} - F_{13}| \xrightarrow{F_T = F_{13} \text{ مسئله}} F_{13} = |F_{23} - F_{13}|$$

$$F_{13} = F_{23} - F_{13} \Rightarrow F_{23} = 2F_{13} \quad (I)$$

$$-F_{13} = F_{23} - F_{13} \Rightarrow F_{23} = 0 \quad \text{غیر قابل قبول}$$

از قانون کولن در رابطه (I) جای‌گذاری می‌کنیم:

$$F_{23} = 2F_{13} \Rightarrow k \frac{|q_2||q_3|}{r_{23}^2} = 2k \frac{|q_1||q_3|}{r_{13}^2} \Rightarrow \frac{|q_2|}{L^2} \times \frac{4 \times 10^{-6}}{4L^2} = \frac{2 \times 10^{-6}}{L^2} \times \frac{4 \times 10^{-6}}{4L^2}$$

$$\Rightarrow |q_2| = 2 \times 10^{-6} \text{ C} \Rightarrow q_2 = -2 \mu\text{C}$$

۱۵۸ A

با توجه به رابطه $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ بردار میدان الکتریکی را به‌دست می‌آوریم.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} = \frac{\vec{F} = 10/8 \vec{i} - 14/4 \vec{j}}{q = 2 \times 10^{-6} \text{ C}} \Rightarrow \vec{E} = \frac{10/8 \vec{i} - 14/4 \vec{j}}{2 \times 10^{-6}}$$

$$\Rightarrow \vec{E} = 5/4 \times 10^6 \vec{i} - 7/2 \times 10^6 \vec{j}$$

بزرگی میدان الکتریکی برابر است با:

$$|\vec{E}| = \sqrt{(5/4 \times 10^6)^2 + (7/2 \times 10^6)^2} = 9 \times 10^5 \sqrt{(5/4)^2 + (7/2)^2} = 9 \times 10^5 \sqrt{6^2 + 8^2} = 9 \times 10^5 \sqrt{100} = 9 \times 10^5 \text{ N/C}$$

۱۵۹ A

یادآوری ۱: کار نیروی ثابت برابر است با: $W = Fd \cos \theta$ که در آن F نیرو، d جابه‌جایی و θ زاویه بین نیرو و جابه‌جایی است و اگر θ زاویه حاده

q_1 بر q_2 و q_2 بر q_3 وارد می‌کند را حساب می‌کنیم و با توجه به فرض مسئله ($F_1 = F_2$) آن‌ها را برابر قرار می‌دهیم.

$$\begin{cases} F_1 = k \frac{|q_1||q_2|}{a^2} \xrightarrow{q_1=q_2} F_1 = k \frac{|q_1||q_1|}{a^2} \\ F_2 = k \frac{|q_2||q_3|}{(\sqrt{3}a)^2} \xrightarrow{q_1=q_2} F_2 = k \frac{|q_1||q_3|}{3a^2} \end{cases}$$

$$\Rightarrow F_1 = F_2 \Rightarrow k \frac{|q_1||q_1|}{a^2} = k \frac{|q_1||q_3|}{3a^2} \Rightarrow |q_3| = 3|q_1|$$

حال نیرویی را که q_1 به q_3 وارد می‌کند حساب می‌کنیم و مقدار آن را برحسب F_1 به‌دست می‌آوریم.

$$F' = k \frac{|q_1||q_3|}{(2a)^2} \Rightarrow F' = k \frac{|q_1| \times 3|q_1|}{4a^2} \Rightarrow F' = \frac{3}{4} k \frac{|q_1|^2}{a^2} \xrightarrow{F_1 = k \frac{|q_1|^2}{a^2}} F' = \frac{3}{4} F_1$$

۱۵۵ C

خطای: مسیر مشخص است باید برابند نیروهای وارد بر q_1 و q_2 را حساب کنید و نیروها را برابر قرار دهید. اما محاسبات طولانی و با دقت در انتظار شما است.

۱. بررسی نیروی وارد بر q_1 :

$$\begin{array}{c} \xleftarrow{d} \xrightarrow{2d} \\ q_1 > 0 \quad F_{21} \quad q_2 = -q_1 \quad q_3 > 0 \end{array}$$

بار q_2 ، بار q_1 را می‌ریاید اما با q_3 ، بار q_1 را می‌راند. نیروی وارد بر بار q_1 از طرف

$$F_{21} = k \frac{|q_2||q_1|}{r^2} \xrightarrow{q_2=-q_1} F_{21} = k \frac{q_1^2}{d^2}$$

بار q_2 برابر است با:

نیروی وارد بر بار q_1 از طرف بار q_3 برابر است با:

$$F_{31} = k \frac{|q_3||q_1|}{r^2} \xrightarrow{r=2d} F_{31} = k \frac{|q_3||q_1|}{4d^2}$$

نیروی خالص وارد بر بار q_1 برابر خواهد شد با:

$$F_1 = |F_{21} - F_{31}| = k \frac{q_1^2}{d^2} - k \frac{|q_3||q_1|}{4d^2} = \frac{kq_1}{d^2} |q_1 - \frac{1}{4}q_3|$$

۲. بررسی نیروی وارد بر q_2 :

$$\begin{array}{c} \xleftarrow{d} \xrightarrow{2d} \\ q_1 > 0 \quad F_{12} \quad q_2 = -q_1 \quad q_3 > 0 \end{array}$$

نیرویی که q_1 بر q_2 وارد می‌کند همان نیروی q_2 بر q_1 است.

نیرویی که q_3 بر q_2 وارد می‌کند را حساب می‌کنیم.

$$F_{32} = k \frac{|q_3||q_2|}{(2d)^2} \xrightarrow{q_2=-q_1} F_{32} = \frac{1}{4} k \frac{q_1q_3}{d^2}$$

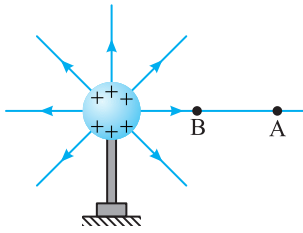
نیروی خالص وارد بر بار q_2 برابر است با:

$$F_2 = |F_{12} - F_{32}| = \left| \frac{kq_1}{d^2} - \frac{1}{4} k \frac{q_1q_3}{d^2} \right| = \frac{kq_1}{d^2} \left(q_1 - \frac{1}{4}q_3 \right)$$

حال دو نیرو را برابر قرار می‌دهیم. $F_1 = F_2 \Rightarrow \frac{kq_1}{d^2} |q_1 - \frac{1}{4}q_3| = \frac{kq_1}{d^2} |q_1 - \frac{1}{4}q_3|$

$$|q_1 - \frac{q_3}{4}| = |q_1 - \frac{q_3}{4}| \Rightarrow \begin{cases} q_1 - \frac{q_3}{4} = q_1 - \frac{q_3}{4} \\ q_1 - \frac{q_3}{4} = -(q_1 - \frac{q_3}{4}) \Rightarrow 2q_1 = \frac{q_3}{4} + \frac{q_3}{4} \end{cases}$$

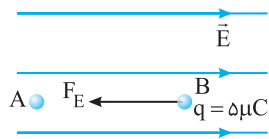
$$2q_1 = \frac{9q_3 + 4q_3}{36} \Rightarrow 2q_1 = \frac{13q_3}{36} \Rightarrow \frac{q_3}{q_1} = \frac{2 \times 36}{13} = \frac{72}{13}$$



چون گوی بار مثبت دارد، پس خطوط میدان اطراف آن به صورت مقابل است. از نقطه B تا نقطه A در جهت خطوط میدان حرکت می‌کنیم. پس $V_B > V_A$ است، بنابراین $V_A - V_B = \Delta V < 0$ است.

۱۴۴ B

خطای بار الکتریکی پس از رها شدن در اثر نیروی الکتریکی وارد بر آن جابه‌جا شده و دارای انرژی جنبشی شده است. بنابراین باید به سراغ قضیه کار و انرژی جنبشی برویم و با به دست آوردن کار میدان، انرژی جنبشی بار را حساب کنیم.



نیروی وارد بر بار الکتریکی از A تا B در جهت جابه‌جایی است یعنی زاویه بین نیرو و جابه‌جایی $\theta = 0^\circ$ است و کار نیرو میدان خواهد شد:

$$W_E = F_E d \cos \theta \xrightarrow{\cos \theta = 1} W_E = F_E d$$

نیروی وارد بر بار q در میدان الکتریکی برابر است با $(F_E = |q|E)$ بنابراین:

$$W_E = |q|Ed \xrightarrow{\substack{|q| = 5 \times 10^{-6} \text{ C}, E = 10^6 \text{ N/C} \\ d = 0.2 \text{ m}}} W_E = 5 \times 10^{-6} \times 10^6 \times 0.2 = 1 \text{ J}$$

$$W_E = 5 \times 10^{-6} \times 10^6 \times 0.2 = 1 \text{ J}$$

بنا بر قضیه کار و انرژی جنبشی، تغییر انرژی جنبشی خواهد شد.

$$\Delta K = W_E \Rightarrow K_f - K_i = W_E \Rightarrow K_f - 0 = 1 \Rightarrow K_f = 1 \text{ J}$$

۱۴۵ A

وقتی رسانای خنثی را در یک میدان الکتریکی خارجی قرار می‌دهیم، بار طوری روی سطح خارجی رسانا توزیع می‌شود (الفا می‌شود) که میدان الکتریکی ناشی از آن اثر میدان خارجی را درون رسانا خنثی می‌کند. در این شکل درون کره در اثر میدان خارجی، یک میدان الکتریکی در اثر بارهای القایی ایجاد شده بنابراین این کره رساناست و در اجسام رسانا پتانسیل در نقاط مختلف یکسان است و با حرکت روی رسانا و درون آن پتانسیل ثابت می‌ماند.

۱۴۶ B

۱ با توجه به فرض مسئله $\sigma_B = 2\sigma_A$ و $r_B = 2r_A$ نسبت بار Q_B به بار Q_A را حساب می‌کنیم.

$$\sigma_B = 2\sigma_A \Rightarrow \frac{Q_B}{4\pi r_B^2} = 2 \frac{Q_A}{4\pi r_A^2} \xrightarrow{r_B = 2r_A} \frac{Q_B}{4\pi \times 4r_A^2} = \frac{2Q_A}{4\pi r_A^2} \Rightarrow Q_B = 8Q_A$$

۲ می‌خواهیم بار از کره بزرگ‌تر یعنی کره B به کره کوچک‌تر یعنی کره A منتقل شود. در این صورت اگر مقدار بار منتقل شده را X بنامیم خواهیم داشت:

$$Q'_B = Q_B - X, Q'_A = Q_A + X$$

۳ بنابر فرض قرار است نسبت بارهای دو کره برابر نسبت شعاع دو کره شود یعنی:

$$\frac{Q'_B}{Q'_A} = \frac{r_B}{r_A} = 2 \Rightarrow \frac{8Q_A - X}{Q_A + X} = 2 \Rightarrow 8Q_A - X = 2Q_A + 2X \Rightarrow 6Q_A = 3X \Rightarrow 2Q_A = X$$

۴ درصد بار جابه‌جا شده از کره B به کره A برابر است با:

$$\frac{X}{Q_B} = \frac{2Q_A}{8Q_A} = \frac{1}{4} = 25\%$$

۱۴۷ B

ظرفیت خازن از رابطه $C = K \frac{\epsilon_0 A}{d}$ به دست می‌آید، بنابراین:

$$C_{\text{میکا}} = \frac{Y}{0.3 \times 10^{-3}} \epsilon_0 A = \frac{Y \times 10^3}{3} \epsilon_0 A$$

$$C_{\text{شیشه}} = \frac{5}{0.2 \times 10^{-2}} \epsilon_0 A = \frac{5 \times 10^2}{2} \epsilon_0 A$$

$(\theta < 90^\circ)$ باشد، کار نیرو مثبت و اگر θ زاویه باز (منفرجه $90^\circ < \theta < 180^\circ$) باشد، کار

نیرو منفی است و اگر $\theta = 90^\circ$ باشد کار نیرو صفر است.

پیداوی ۲ هر گاه جسم ساکن تحت تأثیر نیروی ثابت به حرکت در آید، جسم در جهت نیرو حرکت خواهد کرد و کار نیرو مثبت است.

ذره در میدان الکتریکی، تحت تأثیر میدان از حال سکون شروع به حرکت کرده است. بنابراین، ذره در جهت نیروی الکتریکی شروع به حرکت کرده و چون نیرو و جابه‌جایی هم‌جهت هستند، کار میدان الکتریکی مثبت است.

۱۴۰ B

تنها نیروی مؤثر بر ذره، نیروی میدان الکتریکی است، با توجه به قضیه کار و انرژی جنبشی داریم:

$$W_t = \Delta K \xrightarrow{W_t = W_E} W_E = \frac{1}{2} \times 0.1 \times 10^{-3} (1000) \Rightarrow W_E = 5 \times 10^{-3} \text{ J}$$

از طرفی می‌دانیم، $W_E = -\Delta U$ ، بنابراین $\Delta U = -5 \times 10^{-3} \text{ J}$ است پس:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow \Delta V = \frac{-5 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-6}} = -200 \text{ V}$$

$$\Rightarrow \Delta V = V_B - V_A = -200 \Rightarrow V_B - 100 = -200 \Rightarrow V_B = -100 \text{ V}$$

۱۴۱ A

بار منفی از A تا B خلاف جهت خطوط میدان الکتریکی جابه‌جا شده است و تغییر انرژی پتانسیل آن منفی است ($\Delta U = -5 \text{ mJ}$). با توجه به تعریف اختلاف پتانسیل خواهیم داشت:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow \Delta V = \frac{-5 \times 10^{-3}}{-5 \times 10^{-6}} \Rightarrow \Delta V = 1000 \text{ V}$$

اختلاف پتانسیل الکتریکی یعنی تفاضل پتانسیل مکان نهایی و پتانسیل مکان اولیه:

$$\Delta V = 1000 \text{ V} \Rightarrow V_B - V_A = 1000 \Rightarrow V_B - 1200 = 1000 \Rightarrow V_B = 2200 \text{ V}$$

۱۴۲ B

۱ چگالی سطحی بار الکتریکی در سطح کل کره را به دست می‌آوریم:

$$\sigma = \frac{Q}{A} \Rightarrow \sigma = \frac{Q}{4\pi r^2} \xrightarrow{\substack{r = 5 \text{ cm} \\ Q = 157 \text{ nC}}} \sigma = \frac{157 \times 10^{-9}}{4\pi (5 \times 10^{-2})^2}$$

۲ اکنون بار موجود در یک سانتی‌متر مربع این کره را حساب می‌کنیم:

$$\begin{array}{|c|c|} \hline 1 \text{ m}^2 & Q = \frac{157 \times 10^{-9}}{4\pi \times (25 \times 10^{-4})} \\ \hline 1 \text{ cm}^2 = 10^{-4} \text{ m}^2 & Q' = ? \\ \hline \end{array} \Rightarrow Q' = \frac{157 \times 10^{-9} \times 10^{-4}}{4 \times 3.14 \times 25 \times 10^{-4}} \Rightarrow Q' = 0.62 \text{ nC}$$

هر پیکو کولن 10^{-12} و هر نانو کولن 10^{-9} کولن است بنابراین

$$Q_f = 0.62 \times 10^{-3} \text{ pC} = 0.62 \text{ pC}$$

میانبر

چگالی سطحی در همه سطح کره یکسان است بنابراین می‌توانید از رابطه $\frac{Q}{A} = \frac{Q'}{A'}$ استفاده کنید.

۱۴۳ A

ذره باردار دارای بار مثبت می‌باشد بنابراین نیروی الکتریکی وارد بر ذره از طرف میدان به صورت روبه‌رو است:

برای اینکه ذره با سرعت ثابت حرکت کند $(F_T = 0)$ باید یک نیرو خلاف جهت F_E و

هم‌اندازه با آن بر ذره وارد شود بنابراین دست $F_{\text{دست}}$ به صورت شکل بالا می‌باشد.

$$W = F_{\text{دست}} d \cos \theta = F_{\text{دست}} \times d \times \cos 180^\circ = -F_{\text{دست}} d \Rightarrow W < 0$$

$$W' = F_E d \cos \theta = F_E \times d \times \cos 0^\circ = F_E d \Rightarrow W' > 0$$

نکته وقتی از صفحه منفی خازن بار مثبت جدا کرده و به صفحه مثبت منتقل می‌کنیم، بار صفحه منفی، منفی‌تر و بار صفحه مثبت، مثبت‌تر می‌شود و بار ذخیره شده در خازن افزایش می‌یابد. انرژی خازن را در حالت اول که بار آن Q_1 است و در حالت دوم که بار آن $Q_2 = Q_1 + 3$ میکروکولن است نوشته و انرژی‌ها را از هم کم می‌کنیم و برابر 900 mJ قرار می‌دهیم. البته ظرفیت خازن را به جای $15 \mu\text{F}$ برحسب mF قرار می‌دهیم تا محاسبات ساده شود.

$$U_1 = \frac{Q_1^2}{2C} = \frac{Q_1^2}{2 \times 15 \times 10^{-3}} \quad \text{انرژی خازن در حالت اول برابر است با:}$$

$$U_2 = \frac{Q_2^2}{2C} \Rightarrow U_2 = \frac{(Q_1 + 3)^2}{2 \times 15 \times 10^{-3}} \quad \text{انرژی خازن در حالت دوم برابر است با:}$$

اکنون $U_2 - U_1$ را برابر 900 mJ قرار می‌دهیم.

$$\frac{(Q_1 + 3)^2}{2 \times 15 \times 10^{-3}} - \frac{Q_1^2}{2 \times 15 \times 10^{-3}} = 900 \Rightarrow Q_1^2 + 6Q_1 + 9 - Q_1^2 = 27$$

$$\Rightarrow 6Q_1 = 18 \Rightarrow Q_1 = 3 \text{ mC}$$

اکنون انرژی اولیه خازن را حساب می‌کنیم.

$$U_1 = \frac{Q_1^2}{2C} = \frac{(3)^2}{2 \times 15 \times 10^{-3}} \Rightarrow U_1 = \frac{9}{3 \times 10^{-3}} = 3 \times 10^3 = 3000 \text{ mJ}$$

ظرفیت خازن از رابطه $C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d}$ به دست می‌آید. ظرفیت خازن در حالت اول برابر است با:

$$C_1 = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d_1} \xrightarrow{\kappa=1} \text{بین صفحات خازن هواست}$$

$$C_1 = 1 \times 9 \times 10^{-12} \times \frac{4 \times 10^{-4}}{5 \times 10^{-3}} \Rightarrow C_1 = 7.2 \times 10^{-12} \text{ F} = 7.2 \text{ pF}$$

ظرفیت خازن در حالت دوم خواهد شد:

$$C_2 = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d_2} \xrightarrow{d_2 = d_1 - f = 1 \text{ mm}} C_2 = 1 \times 9 \times 10^{-12} \times \frac{4 \times 10^{-4}}{1 \times 10^{-3}} = 3.6 \times 10^{-12} \text{ F} = 3.6 \text{ pF}$$

افزایش ظرفیت خازن را به دست می‌آوریم: $\Delta C = C_2 - C_1 = 3.6 - 7.2 = -3.6 \text{ pF}$

نکته هرگاه خازن به باتری متصل باشد، ولتاژ دو سر آن همواره با ولتاژ دو سر باتری برابر است و تغییر ظرفیت خازن در ولتاژ دو سر آن تأثیری ندارد.

خازن به باتری وصل است. بنابراین اختلاف پتانسیل دوسر آن ثابت است ($V_2 = V_1$)

با کاهش فاصله بین صفحات خازن، ظرفیت خازن افزایش می‌یابد. ($\uparrow C = \epsilon_0 \frac{A}{d} \downarrow$)

با ثابت بودن ولتاژ دو سر خازن و افزایش ظرفیت خازن با توجه به رابطه

$$U = \frac{1}{2} CV^2 \quad \text{انرژی ذخیره شده در خازن افزایش می‌یابد.}$$

خازن به باتری متصل است بنابراین اختلاف پتانسیل دو سر آن ثابت می‌ماند. $V_2 = V_1$

با n برابر کردن فاصله صفحات ظرفیت خازن خواهد شد:

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d} \xrightarrow{d' = nd} C' = \frac{C}{n}$$

در این صورت با ثابت بودن ولتاژ و $\frac{1}{n}$ برابر شدن ظرفیت انرژی ذخیره شده برابر

$$U = \frac{1}{2} CV^2 \xrightarrow{\substack{C' = \frac{C}{n} \\ V' = V}} U' = \frac{U}{n} \quad (1) \quad \text{است با:}$$

$$C_{\text{پارافین}} = \frac{2}{0.1 \times 10^{-2}} \epsilon_0 A = 2 \times 10^2 \epsilon_0 A$$

$$C_{\text{پلاستیک}} = \frac{3}{0.2 \times 10^{-2}} \epsilon_0 A = \frac{3}{2} \times 10^2 \epsilon_0 A$$

بنابراین بیشترین ظرفیت خازن برای میکا است.

میانبر البته چون مساحت صفحات و ϵ_0 در همه یکسان است کافی بود که شما نسبت $\frac{K}{d}$ را به دست بیاورید و در هر کدام که این نسبت بزرگ‌تر بود، ظرفیت بیشتر است. البته حتماً یکای d در همه موارد باید یکسان باشد.

از آخر شروع می‌کنیم.

فاصله بین صفحه‌های خازن دو برابر شده است. بنابراین ظرفیت خازن نصف می‌شود.

$$C = \kappa \epsilon_0 A / d \xrightarrow{d' = 2d} C' = \frac{1}{2} C$$

بنابراین گزاره (پ) نادرست است.

خازن هم‌چنان به باتری متصل است. بنابراین اختلاف پتانسیل دو سر خازن ثابت می‌ماند و برابر ولتاژ دو سر باتری است.

بنابراین گزاره (ب) نادرست است.

با کاهش ظرفیت و ثابت ماندن ولتاژ، بار روی صفحه‌ها کاهش می‌یابد.

$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow Q = CV \xrightarrow{\substack{C_2 = \frac{1}{2} C_1 \\ V = \text{ثابت}}} Q_2 = \frac{1}{2} Q_1$$

گزاره (ت) درست است.

میدان الکتریکی بین صفحات خازن با توجه به ثابت ماندن ولتاژ و افزایش کاهش می‌یابد.

$$E = \frac{V}{d} \xrightarrow{\substack{V \text{ ثابت} \\ d \text{ دو برابر شده}}} E_2 = \frac{E_1}{2}$$

گزاره (الف) درست است.

ظرفیت خازن با تغییر اختلاف پتانسیل دو سر خازن و بار صفحه‌های خازن تغییر نمی‌کند. ظرفیت را در دو حالت مساوی قرار می‌دهیم:

$$C_1 = C_2 \xrightarrow{C = \frac{Q}{V}} \frac{Q_1}{V_1} = \frac{Q_2}{V_2}$$

با توجه به فرض مسئله $V_2 = 1/5 V_1$ و $Q_2 = Q_1 + 20$ از این رو می‌توان نوشت:

$$\frac{Q_1}{V_1} = \frac{Q_1 + 20}{1/5 V_1} \Rightarrow 1/5 Q_1 = Q_1 + 20 \Rightarrow 4/5 Q_1 = 20 \Rightarrow Q_1 = 40 \mu\text{C}$$

$$Q_2 = Q_1 + 20 = 60 \mu\text{C}$$

انرژی ذخیره شده در خازن را از رابطه $U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$ برای حالت اول و دوم حساب می‌کنیم:

$$U_1 = \frac{1}{2} \frac{Q_1^2}{C} \Rightarrow U_1 = \frac{1}{2} \times \frac{1600 \times 10^{-12}}{C} = \frac{800 \times 10^{-12}}{C} \quad \text{انرژی در حالت اول:}$$

$$U_2 = \frac{1}{2} \frac{Q_2^2}{C} \Rightarrow U_2 = \frac{1}{2} \times \frac{3600 \times 10^{-12}}{C} = \frac{1800 \times 10^{-12}}{C} \quad \text{انرژی در حالت دوم:}$$

انرژی ذخیره شده در حالت دوم $200 \mu\text{J}$ بیشتر از انرژی ذخیره شده در حالت اول است:

$$U_2 - U_1 = 200 \times 10^{-6} \Rightarrow \frac{1800 \times 10^{-12}}{C} - \frac{800 \times 10^{-12}}{C} = 200 \times 10^{-6}$$

$$\Rightarrow \frac{1000 \times 10^{-12}}{C} = 200 \times 10^{-6} \Rightarrow C = 5 \times 10^{-6} \text{ F} = 5 \mu\text{F}$$

۱۷۶ B

خط‌نکته میدان الکتریکی در نقطه O صفر شده است. ابتدا میدان الکتریکی بارهای $q_1 = 4\mu C$ و $q_2 = -8\mu C$ را به دست می‌آوریم، تا به کمک آن مشخص کنیم بار q_3 چه مقدار و چه نوع باشد، تا میدان حاصل از آن برابری E_1 و E_2 را خنثی کند.

$$\vec{E}_O = 0 \quad q_1 = 4\mu C \quad q_2 = -8\mu C \quad q_3 = ?$$

۱. میدان الکتریکی بار $q_1 = 4\mu C$ در محل O برابر است با:

$$E_1 = k \frac{|q_1|}{r_1^2} \Rightarrow E_1 = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6}}{(36 \times 10^{-2})^2} \Rightarrow E_1 = 10^7 \text{ N/C}$$

۲. میدان الکتریکی بار $q_2 = -8\mu C$ در محل O برابر است با:

$$E_2 = k \frac{|q_2|}{r_2^2} \Rightarrow E_2 = 9 \times 10^9 \times \frac{8 \times 10^{-6}}{(12 \times 10^{-2})^2} = 5 \times 10^7 \text{ N/C}$$

۳. میدان‌های E_1 و E_2 در خلاف جهت هم هستند و میدان برابری آن‌ها خواهد شد:

این میدان به سمت چپ است

$$E_{12} = E_1 - E_2 = 10^7 - 5 \times 10^7 = -4 \times 10^7 \text{ N/C}$$

۴. میدان $\vec{E}_3$ باید با $\vec{E}_{12}$ در نقطه O برابر و جهت آن به سمت راست باشد تا

میدان خالص در این نقطه صفر شود، بنابراین بار q_3 باید منفی باشد.

$$E_3 = E_{12} \Rightarrow \frac{1}{r_3^2} \times 9 \times 10^9 = \frac{4 \times 10^{-6}}{(18 \times 10^{-2})^2}$$

$$\Rightarrow |q_3| = 18 \times 10^{-6} \Rightarrow q_3 = -18\mu C$$

۱۷۷ A

خط‌نکته انرژی پتانسیل بار q در دو نقطه A و B و همچنین پتانسیل الکتریکی نقطه A داده شده است. بنابراین مسئله را با تعریف اختلاف پتانسیل باید حل کنید. البته در رابطه اختلاف پتانسیل الکتریکی علامت بار باید در نظر گرفته شود.

$$V_B - V_A = \frac{U_{EB} - U_{EA}}{q} = \frac{U_{EA} = -4 \times 10^{-3} \text{ J}, U_{EB} = -6 \times 10^{-3} \text{ J}}{V_A = 20 \text{ V}, q = -2 \mu C}$$

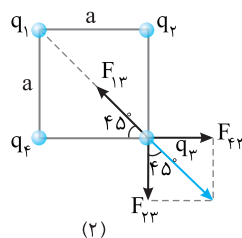
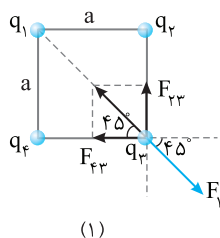
$$V_B - 20 = \frac{-6 \times 10^{-3} - (-4 \times 10^{-3})}{-2 \times 10^{-6}} \Rightarrow V_B - 20 = \frac{2 \times 10^{-4}}{-2 \times 10^{-6}}$$

$$\Rightarrow V_B - 20 = -100 \Rightarrow V_B = -80 \text{ V}$$

۱۷۸ B

خط‌نکته به بار q_3 از طرف سه بار q_1 و q_2 و q_4 و به ترتیب نیروهای الکتریکی F_{13} و F_{23} و F_{43} وارد می‌شود که نیروهای وارد از طرف بارهای q_1 و q_2 بر بار q_3 برهم عمودند و نیروی وارد از

طرف q_4 (F_{43}) در راستای قطر قرار دارد. برای اینکه برابری نیروهای وارد بر q_3 صفر شود باید برابری دو نیروی عمود برهم F_{13} و F_{23} هم اندازه و خلاف جهت نیرویی باشد که q_1 به q_3 (F_{13}) وارد می‌کند، در واقع شکل نیروها باید یکی از حالت‌های زیر باشد:



حالت دوم: خازن را از مولد جدا کرده‌ایم بنابراین بار الکتریکی روی صفحات خازن ثابت می‌ماند $Q_2 = Q_1$.

فاصله صفحات n برابر کرده‌ایم بنابراین ظرفیت خازن مجدداً برابر است با: $C'' = \frac{1}{n} C$

برای بررسی انرژی خازن در این حالت از رابطه $U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$ استفاده می‌کنیم.

$$\frac{U''}{U} = \frac{\frac{1}{2} \frac{Q^2}{C''}}{\frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}} = \frac{C}{C''} \Rightarrow \frac{U''}{U} = \frac{C}{\frac{C}{n}} \Rightarrow U'' = nU \quad (2)$$

در این صورت نسبت $\frac{U''}{U}$ خواهد شد:

۱۷۴ A

خط‌نکته در این تست‌ها باید با توجه به قانون کولن، نیروی الکتریکی را در دو حالت به دست آورده و با تقسیم آن‌ها نسبت خواسته شده را به دست بیاوریم. بارهای اولیه را q_1 و q_2 و فاصله دو بار را r می‌گیریم. در این صورت نیرویی که دو بار در

حالت اول به هم وارد می‌کنند برابر است با:

در حالت دوم اندازه هر بار سه برابر شده پس $q_1' = 3q_1$ و $q_2' = 3q_2$ و فاصله دو بار سه برابر شده بنابراین $r' = 3r$ است. نیرو در حالت دوم خواهد شد:

$$F' = k \frac{|q_1'| |q_2'|}{(r')^2} \Rightarrow F' = k \frac{(3q_1)(3q_2)}{(3r)^2} \Rightarrow F' = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow F' = F$$

میانبر رابطه قانون کولن را بنویسید و تغییرات را روی آن اعمال کنید. هر بار ۳

برابر شده، بالای هر بار ۳ برابر نوشتیم و فاصله ۳ برابر شده بنابراین نیرو $\frac{1}{9}$ می‌شود

اکنون $1 = 3 \times 3 \times \frac{1}{9}$ خواهد شد.

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \Rightarrow F' = F$$

برابر ۳ برابر ۳ برابر ۹

۱۷۵ B

خط‌نکته تست ساده و زیبایی است، به خصوص در رابطه با جهت میدان الکتریکی، زیرا ممکن است تنها با توجه به اینکه بار q_2 منفی و بار q_1 مثبت است سریعاً بگویید که

جهت میدان عوض می‌شود اما شما اول باید بردار میدان هر بار را دقیقاً در محل گفته شده رسم کنید تا بتوانید جهت آن را تشخیص دهید و بتوانید جهت میدان‌ها را مقایسه کنید و

به کمک رابطه $E = \frac{k|q|}{r^2}$ نیز اندازه میدان‌ها را مقایسه کنید.

۱. بررسی میدان الکتریکی بار q_1 در محل بار q_2 :

میدان بار q_1 در نقطه B به سمت راست است و اندازه آن خواهد شد:

$$E_1 = k \frac{q_1}{r^2}$$

۲. بررسی میدان الکتریکی بار q_2 در محل بار q_1 :

میدان بار منفی به سمت خود بار است یعنی میدان بار q_2 در نقطه A به سمت A:

$$E_2 = k \frac{q_2}{r^2}$$

یعنی به سمت راست است و اندازه آن برابر است با $E_1 = 4E_2$ است و گزینه (۲) درست است.

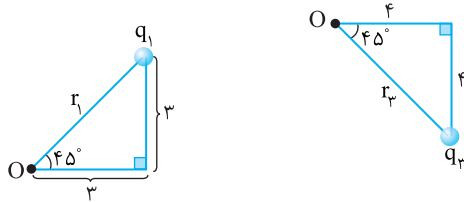
در نتیجه دو میدان هم جهت‌اند و $E_1 = 4E_2$ است و گزینه (۲) درست است.

$$E_2 = k \frac{q_2}{r^2} \Rightarrow E_2 = -4E_1$$

۱۷۹ B خط‌نکته

با سؤال طولانی و وقت‌گیری سروکار داریم. بار q_1 و q_3 و مکان آن‌ها مشخص است، ابتدا بزرگی میدان این دو بار در مبدأ مختصات را حساب می‌کنیم و با داشتن میدان خالص در نقطه O می‌توان بزرگی میدان بار q_2 در مرکز و مقدار بار آن را حساب کرد.

۱. فاصله دو بار q_1 و q_3 را تا نقطه O به کمک فیثاغورس حساب می‌کنیم.

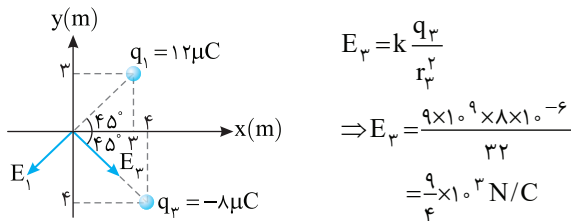


$$r_1 = \sqrt{3^2 + 3^2} = 3\sqrt{2} \text{ m} \quad r_3 = \sqrt{4^2 + 4^2} = 4\sqrt{2} \text{ m}$$

میانبر البته با توجه به زاویه 45° مثلث قائم‌الزاویه مشخص است که وتر $\sqrt{2}$ برابر ساق‌ها است.

۲. بار q_1 مثبت و میدان در راستای خط واصل بار و نقطه O بوده و از بار q_3 خارج می‌شود. بار q_3 منفی بوده و میدان در راستای خط واصل بار و نقطه O بوده و به بار q_3 وارد می‌شود. حال بزرگی میدان‌ها را حساب می‌کنیم:

$$E_1 = k \frac{q_1}{r_1^2} \Rightarrow E_1 = \frac{9 \times 10^9 \times 12 \times 10^{-6}}{18} = 6 \times 10^3 \text{ N/C}$$

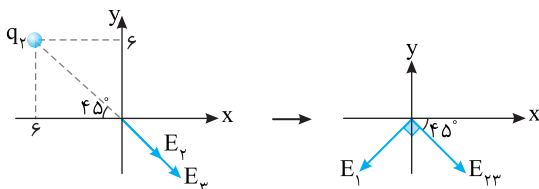


۳. بار q_2 نیز مثبت است و میدان در نقطه O در راستای خط واصل بین بار q_2 و O است از بار q_2 خارج می‌شود، بنابراین میدان‌های E_2 و E_3 هم‌جهت‌اند و برابند آن‌ها مطابق شکل با میدان E_1 عمود است.

$$E_T = \sqrt{E_1^2 + E_{23}^2} \Rightarrow E_T^2 = E_1^2 + E_{23}^2$$

$$\Rightarrow 7/\Delta \times 7/\Delta \times 10^6 = 6 \times 6 \times 10^6 + E_{23}^2$$

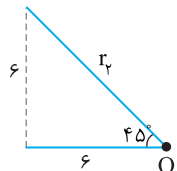
$$E_{23}^2 = (7/\Delta \times 7/\Delta - 6 \times 6) \times 10^6 = 20/2 \times 10^6 \Rightarrow E_{23} = 4/\Delta \times 10^3 \text{ N/C}$$



میانبر البته با توجه به اعداد فیثاغورس 3 ، 4 و 5 که به $4/\Delta$ و $7/\Delta$ تبدیل شده بودند می‌توانستیم سریع‌تر به E_{23} برسیم.

$$E_{23} = E_2 + E_3 \Rightarrow 4/\Delta \times 10^3 = E_2 + \frac{9}{4} \times 10^3 \Rightarrow E_2 = 2/2 \times 10^3$$

حال با توجه به E_2 ، q_2 را به‌دست می‌آوریم. ابتدا فاصله q_2 تا نقطه O را با توجه به فیثاغورس حساب می‌کنیم:

$$r_2 = \sqrt{6^2 + 6^2} \Rightarrow r_2 = 6\sqrt{2}$$


دقت کنید که برابند F_{23} و F_{23} دقیقاً خلاف جهت با F_{13} است و چون F_{13} در راستای قطر مربع است، یعنی با محور افقی و قائم زاویه 45° می‌سازد پس باید نیروهای F_{23} و F_{23} هم‌اندازه باشند تا برابند آن‌ها دقیقاً وسط این دو بردار عمود برهم قرار گیرد یعنی در امتداد قطر مربع بوده و با محور افقی و قائم زاویه 45° بسازد. از طرفی هر دو بار q_2 و q_3 را یا باهم جذب می‌کنند (شکل (۱)) و یا دفع می‌کنند (شکل (۲)) بنابراین باید q_2 و q_3 هم‌نام باشند.

$$F_{23} = F_{23} \Rightarrow k \frac{|q_2||q_3|}{a^2} = k \frac{|q_2||q_3|}{a^2} \Rightarrow |q_2| = |q_3| \Rightarrow q_2 = q_3$$

با توجه به شکل (۱) اگر نیروهای F_{23} و F_{23} ربایشی باشند، نیروی F_{13} رانشی است و در شکل (۲) برعکس شده پس نوع نیروی F_{13} با دو نیروی دیگر متفاوت است و علامت بار q_1 با q_2 و q_3 مختلف است بنابراین گزینه‌های (۳) و (۴) نادرست‌اند. همچنین با توجه به خط فکری باید برابند F_{23} و F_{23} برابر F_{13} باشد:

$$\begin{cases} F_{23} = k \frac{|q_2||q_3|}{a^2} \\ F_{23} = k \frac{|q_2||q_3|}{a^2} \end{cases}$$

دو بردار برهم عمودند

$$q_2 = q_3$$

$$F = \sqrt{F_{23}^2 + F_{23}^2}$$

نکته برابند دو بردار هم‌اندازه و عمود برهم R برابر است با:

$$R_T = \sqrt{R^2 + R^2} = R\sqrt{2}$$

در این سؤال نیز F_{23} و F_{23} باهم برابرند چون q_2 و q_3 باهم برابر شده‌اند پس:

$$F = k \frac{|q_2||q_3|}{a^2} \sqrt{2}$$

این نیرو باید با F_{13} برابر باشد:

$$r = \sqrt{a^2 + a^2} = a\sqrt{2}$$

فیثاغورس

$$F_{13} = k \frac{|q_1||q_3|}{(a\sqrt{2})^2}$$

قانون کولن

$$\Rightarrow F_{13} = k \frac{|q_1||q_3|}{2a^2}$$

$$F = F_{13} \Rightarrow k \frac{|q_2||q_3|}{a^2} \sqrt{2} = k \frac{|q_1||q_3|}{2a^2}$$

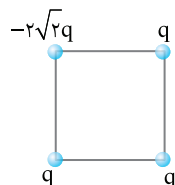
$$\Rightarrow 2\sqrt{2}|q_2| = |q_1| \Rightarrow |q_2| = \frac{1}{2\sqrt{2}}|q_1|$$

$$|q_2| = \frac{1}{2\sqrt{2}} \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}}|q_1| \Rightarrow |q_2| = \frac{\sqrt{2}}{4}|q_1|$$

مخرج کسر را گویا می‌کنیم:

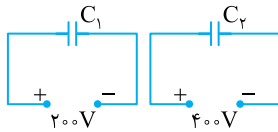
بنابراین گزینه (۲) درست است.

میانبر هر گاه بخواهیم برابند نیروهای وارد بر یک رأس مربع صفر شود باید دو بار مجاور آن رأس هم‌اندازه و هم‌نام باشند و بار روی رأس روبه‌روی آن برابر بار رأس‌های مجاور باشد.



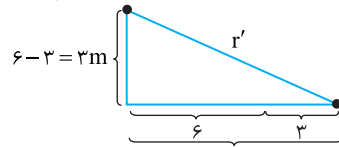
بنابراین می‌توان نوشت:

$$\frac{(1)}{(2)} \rightarrow \frac{C_1}{C_2} \times \left(\frac{200}{400}\right)^2 \Rightarrow \frac{C_1}{C_2} \times \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{C_1}{C_2} = \frac{0.8}{0.2} \Rightarrow \frac{C_1}{C_2} = \frac{4}{1}$$



$$E_r = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \Rightarrow \frac{9 \times 10^9 \times q_1 q_2}{r_{12}^2} \Rightarrow q_2 = 1.8 \times 10^{-6} \text{ C}$$

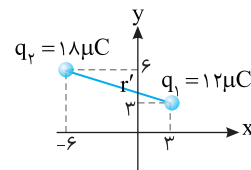
خط فکری حال فاصله بین بار q_1 و q_2 را با توجه به فیثاغورس حساب کرده و سپس به کمک قانون کولن اندازه این نیرو را حساب می‌کنیم.



$$r' = \sqrt{(9)^2 + (3)^2} \Rightarrow r' = \sqrt{81 + 9} = \sqrt{90} \text{ m}$$

$$F_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r'^2} \Rightarrow F_{12} = 9 \times 10^9 \times \frac{1.2 \times 1.8 \times 10^{-12}}{90}$$

$$\Rightarrow F_{12} = 1.2 \times 1.8 \times 10^{-2} = 2.16 \times 10^{-2} \text{ N}$$



میانبر فاصله دو نقطه به مختصات (x_1, y_1) و (x_2, y_2) را می‌توان به کمک رابطه زیر به دست آورد:

$$r' = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} = \frac{(3, 3)}{(-6, 6)}$$

$$r' = \sqrt{(-6-3)^2 + (6-3)^2} = \sqrt{81+9} = \sqrt{90} \text{ m}$$

۱۸۰ B

به شکل دقت کنید. اختلاف پتانسیل بین پایانه مثبت و پایانه منفی برابر 80 V است. پایانه مثبت به عنوان مرجع پتانسیل فرض شده است ($V_E = 0$). بنابراین پتانسیل پایانه منفی باتری یعنی صفحه C برابر $V_C = -80 \text{ V}$ خواهد بود.

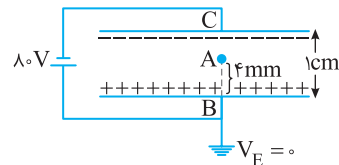
میدان الکتریکی بین دو صفحه برابر است با:

$$E = \frac{|\Delta V|}{d} \Rightarrow E = \frac{80}{10^{-2}} \Rightarrow E = 8000 \text{ V/m}$$

پتانسیل نقطه A خواهد شد:

$$|V_A - V_E| = Ed_A \Rightarrow |V_A - 0| = 8000 \times \frac{4}{1000} = 32 \text{ V}$$

از صفحه مثبت اگر به سوی نقطه A برویم یعنی در جهت خط‌های میدان حرکت کرده‌ایم و پتانسیل کاهش می‌یابد از این رو $V_A = -32 \text{ V}$ خواهد شد.



۱۸۱ B

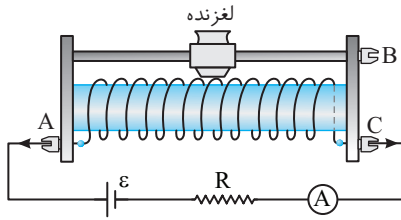
ولتاژ دو سر خازن‌ها را داریم. بنابراین برای بررسی انرژی خازن‌ها از رابطه $U = \frac{1}{2} CV^2$ استفاده می‌کنیم.

$$U_1 = \frac{1}{2} C_1 V_1^2 \quad \text{انرژی ذخیره شده در خازن } C_1$$

$$U_2 = \frac{1}{2} C_2 V_2^2 \quad \text{انرژی ذخیره شده در خازن } C_2$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{C_1}{C_2} \times \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2 \quad (1) \quad \text{دو انرژی را بر هم تقسیم می‌کنیم.}$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{0.2}{0.8} \quad (2) \quad \text{انرژی خازن } C_1, 20\% \text{ درصد } \left(\frac{20}{100}\right) \text{ انرژی خازن } C_2 \text{ است یعنی:}$$

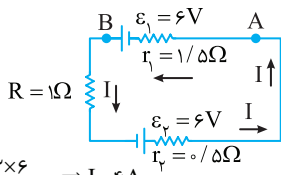


۱۸۵

مقاومت نوری LDR نوعی مقاومت است که مقاومت الکتریکی آن به نور تابیده شده به آن بستگی دارد، به طوری که با افزایش شدت نور، از مقاومت آن کاسته می‌شود و گزینه (۲) درست است.

۱۸۶

جریان خروجی از باتری‌ها همسو هستند پس جریان مدار پادساعتگرد می‌شود. (۱)
جریان مدار را به دست می‌آوریم: (۲)



$$I = \frac{\varepsilon_T}{R_T + r_T} = \frac{2 \times 6}{1 + 1/5 + 0/5} \Rightarrow I = 4A$$

اختلاف پتانسیل دو سر باتری (۱) برابر اختلاف پتانسیل دو نقطه A و B است اگر از نقطه A به سمت چپ تا نقطه B قدم بزیم، اختلاف پتانسیل دو سر این باتری به دست می‌آید.

$$V_A + \varepsilon_1 - r_1 I = V_B \Rightarrow V_A + 6 - 4 \times 1/5 = V_B \Rightarrow V_A - V_B = 0$$

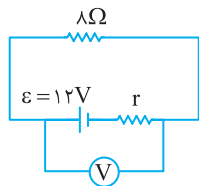
۱۸۷

اگر باتری به مدار وصل نباشد، از آن جریانی عبور نمی‌کند و ولت‌سنج، نیروی محرکه باتری را نشان می‌دهد.

نیروی محرکه باتری مشخصه باتری است و همواره مقداری ثابت دارد.

باتری به مداری وصل نیست و ولت‌سنج متصل آن ۱۲V را نشان داده است، بنابراین نیروی محرکه آن $\varepsilon = 12V$ است. این باتری را به مقاومت خارجی 8Ω وصل کرده‌ایم و اختلاف پتانسیل دو سر آن $9/6V$ شده است، بنابراین:

$$V = \varepsilon - Ir \Rightarrow 9/6 = 12 - Ir \Rightarrow Ir = 2/4V$$



$$\text{جریان مدار برابر } I = \frac{\varepsilon}{R + r} = \frac{12}{8 + r} \text{ است.}$$

$$\frac{12}{8 + r} \times r = 2/4 \Rightarrow \frac{r}{8 + r} = 0/2 \Rightarrow r = 1/6 + 0/2r \Rightarrow 0/8r = 1/6 \Rightarrow r = 2\Omega$$

$$V = \frac{R}{R + r} \varepsilon \quad \text{استفاده از رابطه}$$

پس از اتصال باتری به مقاومت 8Ω ولتاژ دو سر آن $9/6V$ شده است. بنابراین:

$$9/6 = \frac{8}{8 + r} \times 12 \Rightarrow 8 + r = 10 \Rightarrow r = 2\Omega$$

$$\text{بهتر است رابطه } V = \frac{R}{R + r} \varepsilon \text{ را به خاطر بسپارید.}$$

۱۸۸

ابتدا انرژی صرفه‌جویی شده برای هر لامپ را در مدت ۵ ساعت برحسب kWh به دست می‌آوریم:

$$P = \frac{U}{t} \Rightarrow U = Pt \xrightarrow{P=100W} U = \frac{100}{1000} kW \times 5h = 0/5 kWh$$

انرژی صرفه‌جویی شده برای یک لامپ در هر شبانه‌روز ۰/۵ kWh است، بنابراین در مدت یک ماه پایداری انرژی‌ای که صرفه‌جویی می‌شود برابر است با:

$$U = 0/5 \times 30 = 15 kWh$$

برای دو میلیون خانه صرفه‌جویی برابر است با:

$$U_T = 2 \times 10^6 \times 15 kWh = 3 \times 10^7 kWh$$

پاسخ فصل هفتم

۱۸۲

این مسئله از مسائلی است که صورت آن ما را به سمت حل مسئله می‌برد. ولتاژ ۳V و جریان ۱/۲A داده شده است، بنابراین در گام اول مقاومت آن را می‌توان به دست آورد ($R = V/I$). مقاومت ویژه سیم را داریم یعنی در گام دوم به سراغ رابطه ساختمانی مقاومت بروید و سطح مقطع سیم را حساب کنید. با کمک آن و طول سیم، حجم سیم را حساب کنید و در گام آخر با استفاده از چگالی سیم، جرم آن را به دست بیاورید.

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow R = \frac{3}{1/2} \Rightarrow R = 2/5 \Omega$$

از رابطه ساختمانی مقاومت سطح مقطع خواهد شد.

$$R = \rho \frac{L}{A} \xrightarrow{L=25m, \rho=1/8 \times 10^{-8} \Omega \cdot m} 2/5 = 1/8 \times 10^{-8} \times \frac{25}{A}$$

$$\Rightarrow A = 1/8 \times 10^{-7} m^2$$

حجم سیم را حساب می‌کنیم:

$$V = AL \Rightarrow V = 1/8 \times 10^{-7} \times 25 \Rightarrow V = 45 \times 10^{-9} m^3$$

اکنون جرم سیم قابل محاسبه است.

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V \xrightarrow{\rho=8g/cm^3, \rho=8000kg/m^3} m = 8000 \times 45 \times 10^{-9}$$

$$\Rightarrow m = 0/36 kg \Rightarrow m = 36g$$

۱۸۳

جرم سیم ثابت است، جنس سیم نیز تغییر نکرده و چگالی سیم در دو حالت یکسان است:

$$m_1 = m_2 \xrightarrow{\rho \text{ چگالی}} \rho V_1 = \rho V_2 \Rightarrow V_1 = V_2$$

مقاومت الکتریکی سیم پس از عبور از ابزار افزایش یافته است، بنابراین با توجه به رابطه $R = \rho \frac{L}{A}$ ، قطعاً طول آن زیاد شده و چون حجم سیم ثابت است، سطح مقطع آن کاهش یافته است.

اگر طول n برابر شده باشد آن‌گاه:

$$A_1 L_1 = A_2 L_2 \xrightarrow{L_2 = nL_1} A_2 = \frac{1}{n} A_1$$

با توجه به رابطه ساختمانی مقاومت:

$$\begin{cases} R_2 = \rho \frac{L_2}{A_2} \\ R_1 = \rho \frac{L_1}{A_1} \end{cases} \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{L_2}{L_1} \times \frac{A_1}{A_2} \xrightarrow{\frac{R_2}{R_1} = 16, \frac{L_2}{L_1} = n, \frac{A_1}{A_2} = \frac{1}{n}} 16 = \frac{nL_1}{L_1} \times \frac{A_1}{\frac{1}{n}A_1} \Rightarrow n^2 = 16 \Rightarrow n = 4$$

بنابراین طول آن برابر است با:

$$L_2 = nL_1 \Rightarrow L_2 = 4 \times 10 = 40 cm$$

هر گاه یک سیم از دستگاهی بگذرد و بدون تغییر جرم طول آن n برابر شود آن‌گاه:

$$R_2 = n^2 R_1$$

و اگر قطر سطح مقطع آن $\frac{1}{n}$ شود آن‌گاه:

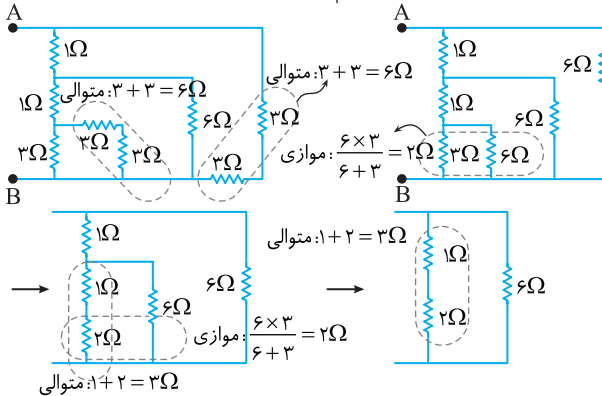
$$R_2 = n^4 R_1$$

۱۸۴

چون جریان ورودی به روستا از C خارج می‌شود (نه از B)، بنابراین مکان لغزنده تأثیری در طول سیمی که جریان از آن عبور می‌کند، ندارد یعنی مقاومت روستا و در نتیجه مقاومت معادل مدار با حرکت لغزنده ثابت می‌ماند، بنابراین جریان نیز ثابت می‌ماند.

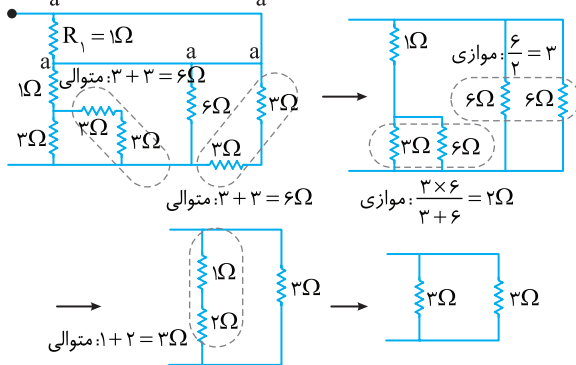
۱۹۳ B

کلید K باز است: مدار به صورت زیر بوده و با توجه به نوع اتصال مقاومت‌ها مدار را مرحله به مرحله ساده‌تر می‌کنیم:



$$\Rightarrow R_{eq} = \frac{3 \times 6}{3 + 6} = 2\Omega$$

کلید K بسته است: به شکل نگاه کنید، دو سر مقاومت $R_1 = 1\Omega$ حروف یکسانی قرار گرفته بنابراین R_1 اتصال کوتاه شده و از مدار خارج می‌شود و مدار به صورت زیر است:



$$\Rightarrow R'_{eq} = \frac{3}{2} = 1.5\Omega$$

بنابراین مقاومت معادل مدار از 2Ω به 1.5Ω می‌رسد و 0.5Ω کاهش می‌یابد.

۱۹۴ B

دوسیم موازی هستند و ولتاژ آنها یکی است، بنابراین جریان آنها با مقدار مقاومت‌هایشان نسبت وارون دارد و می‌توان ابتدا نسبت مقاومت R_A و R_B را به دست آورد.

سپس به کمک رابطه ساختمانی مقاومت نسبت سطح مقطع $\frac{A_A}{A_B}$ را حساب کرد.

دو سیم باهم موازی هستند و ولتاژ دو سر سیم‌ها باهم برابر است:

$$V_A = V_B \Rightarrow R_A \times \frac{I}{3} = R_B \times \frac{2I}{3} \Rightarrow R_A = 2R_B$$

اکنون می‌توان نسبت $\frac{A_A}{A_B}$ را به دست آورد.

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad R_A = 2R_B \rightarrow \rho_A \frac{L_A}{A_A} = 2\rho_B \frac{L_B}{A_B}$$

$$\frac{L_A = L_B}{\rho_A = \rho_B} \rightarrow 3\rho_B \frac{1}{A_A} = 2\rho_B \frac{1}{A_B} \rightarrow \frac{A_A}{A_B} = \frac{3}{2}$$

۱۹۵ B

به شکل نگاه کنید. مقاومت‌های 10Ω ، 20Ω و 30Ω متوالی هستند و معادل این سه مقاومت با مقاومت $R = 30\Omega$ موازی است و در شاخه‌های موازی اختلاف پتانسیل‌ها برابر است یعنی اختلاف پتانسیل شاخه سمت راست شامل 10Ω ، 20Ω و 30Ω با اختلاف پتانسیل $R = 30\Omega$ برابر است. ولت‌سنج عدد $12V$ را نشان

بهای هر kWh برابر 100 ریال است، بنابراین بهای برق صرفه‌جویی شده خواهد

1 kWh	ریال ۱۰۰
3×10^7	?

شد: $3 \times 10^7 \text{ ریال} = 3 \times 10^9 \text{ ریال} = 3 \times 10^9 \text{ ریال} = 3 \times 10^9 \text{ ریال}$

۱۸۹ B

با توجه به اینکه ولتاژ دو سر لامپ با ولتاژ نوشته شده روی لامپ برابر است، بنابراین توان آن نیز با توان نوشته شده روی لامپ برابر است.
 $P = 180 \text{ W}$
 $U = Pt = 180 \times 5400 \text{ J}$
 انرژی مصرفی برابر است با:

برای تبدیل J به kWh از رابطه مقابل استفاده می‌کنیم:

$$kWh \xrightarrow{\frac{3600}{1000}} J \quad J \xrightarrow{\frac{1}{3600 \times 1000}} kWh$$

$$U = \frac{180 \times 5400}{3600 \times 1000} = 0.27 \text{ kWh}$$

بنابراین:

۱۹۰ B

ولت‌سنج ولتاژ دو سر مقاومت R و ولتاژ دو سر باتری را نشان می‌دهد. از این رو می‌توان افت پتانسیل را حساب کرد. سپس با رابطه $P = VI$ ، توان مصرفی در مقاومت R را با توان مصرفی در مقاومت درونی I مقایسه کرد.

افت پتانسیل باتری (اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت درونی) برابر است با:

$$V = \mathcal{E} - rI \xrightarrow{rI = V_r} V_r = \mathcal{E} - V \Rightarrow V_r = 2.0 - 1.8 = 0.2 \text{ V}$$

نسبت توان خروجی باتری به توان مصرفی در I برابر است با:

$$\frac{P_R}{P_r} = \frac{V_R I}{V_r I} \quad \frac{V_R = 1.8 \text{ V}}{V_r = 0.2 \text{ V}} \Rightarrow \frac{P_R}{P_r} = \frac{1.8}{0.2} = 9$$

۱۹۱ A

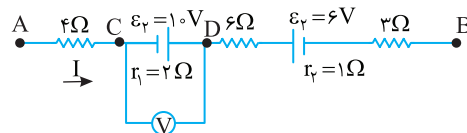
قاعده حلقه را می‌نویسیم:

$$V_A - 4I + 10 - 2I - 6I - I - 6 - 3I = V_B$$

$$V_A - 16I + 4 = V_B \Rightarrow V_A - V_B = +16I - 4 \Rightarrow -12 = +16I - 4 \Rightarrow I = -0.5 \text{ A}$$

اکنون عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد را به دست می‌آوریم:

$$V_C + 10 - 2 \times (-0.5) = V_D \Rightarrow V_D - V_C = 11 \text{ V}$$



۱۹۲ B

۱) R_1 ، R_2 پشت سرهم و بدون

انشعاب‌اند پس متوالی هستند.

$$R_{12} = R_1 + R_2 = 2R + 2R = 4R$$

مقاومت‌های R_3 و R_4 دو

دست‌شان در دست هم و موازی‌اند.

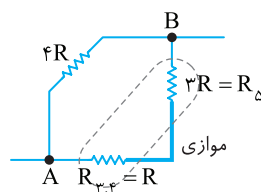
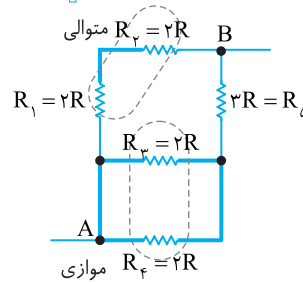
$$R_{34} = \frac{2R}{2} = R$$

۲) مدار را مجدداً رسم می‌کنیم.

مقاومت R_5 و R_{34} متوالی

هستند. بنابراین:

$$R_{345} = 3R + R = 4R$$



$$\Rightarrow R_{eq} = \frac{4R}{2} = 2R$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow I = \frac{4}{2+0} \Rightarrow I = 2A$$

جریان مدار برابر است با:

در شاخه‌های موازی ولتاژها برابر است:

$$V_1 = V_2 \Rightarrow \Delta I_1 = 2 \cdot I_2 \Rightarrow I_2 = \frac{1}{2} I_1 \xrightarrow{I=I_1+I_2} 2 = I_1 + \frac{1}{2} I_1 \Rightarrow I_1 = \frac{4}{3} = 1\frac{1}{3}A$$

روش دیگر برای جریان‌ها: در مقاومت‌های موازی جریان به نسبت عکس مقدار مقاومت تقسیم می‌شود به همین دلیل برای تقسیم جریان در شاخه‌های موازی معمولاً جریان مقاومت بزرگ‌تر ($R_2 = 2\Omega$) را x نمایش می‌دهند و جریان مقاومت کوچک‌تر

($R_1 = 1\Omega$) برابر $4x$ می‌شود، بنابراین جریان کل مدار برابر می‌شود با:

$$I = x + 4x = 5x \xrightarrow{I=2A} 2 = 5x \Rightarrow x = 0\frac{4}{5}A, I_2 = 0\frac{4}{5}A$$

و جریان I_1 برابر است با:

$$I_1 = 4x = 4 \times 0\frac{4}{5} = 1\frac{1}{5}A$$

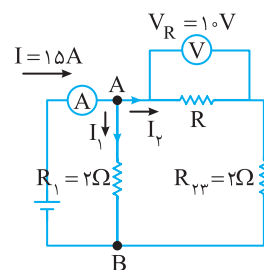
که این همان روش بالایی است.

۱۹۸ C

برای جریان‌ها داریم:

۱ مقاومت‌های 3Ω و 6Ω موازی هستند و مقاومت معادل آن‌ها خواهد شد:

$$\frac{3 \times 6}{3+6} = 2\Omega$$



۲ مجموع جریان‌های I_1 و I_2

با جریان کل مدار که آمپرسنج نشان می‌دهد برابر است.

$$I_{کل} = I_1 + I_2 \Rightarrow I_1 + I_2 = 1.5A \quad (1)$$

مقاومت R_1 بین دو نقطه A و B

بسته شده است، شاخه سمت راست

که شامل مقاومت R و R_{23} است

نیز بین این دو نقطه بسته شده است بنابراین مقاومت R_1 با مقاومت معادل R_{23} و

R موازی است و اختلاف پتانسیل دو سر آن‌ها با هم برابر است.

$$V_{AB}: V_1 = V_R + V_{23} \Rightarrow I_1 R_1 = 10 + I_2 R_{23}$$

$$\Rightarrow 2I_1 = 10 + 2I_2 \Rightarrow I_1 = I_2 + 5 \quad (2)$$

از رابطه‌های (۱) و (۲) می‌توان نوشت: $I_1 + I_2 = 1.5A \Rightarrow I_1 = 1.0A, I_2 = 0.5A$
 $I_1 - I_2 = 5A$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{10}{0.5} = 20\Omega$$

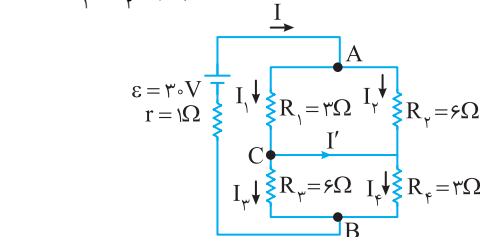
اکنون با استفاده از قانون اهم داریم:

۱۹۹ B

در حل این مسئله باید ابتدا جریان کل مدار را به کمک مقاومت معادل

به دست بیاورید، سپس باید جریان تک‌تک مقاومت‌ها را حساب کرد و در آخر با توجه به جریان مقاومت‌ها به سراغ جریان عبوری از سیم بدون مقاومت یعنی جریان I' بروید.

۱ مقاومت‌های R_1 و R_2 موازی هستند: $R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{3 \times 6}{3+6} = 2\Omega$

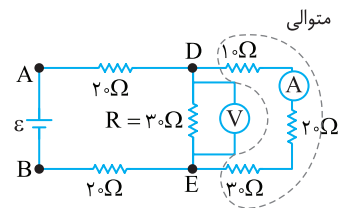


مقاومت‌های R_3 و R_4 موازی هستند: $R_{34} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = \frac{6 \times 3}{6+3} = 2\Omega$

مقاومت‌های R_{12} و R_{34} متوالی هستند و مقاومت معادل مدار خواهد شد:

$$R_{eq} = R_{12} + R_{34} = 2 + 2 = 4\Omega$$

می‌دهد. بنابراین اختلاف پتانسیل شاخه سمت راست با مقاومت $30 + 20 + 10 = 60\Omega$ نیز $12V$ است و جریان عبوری از این شاخه برابر است با:



$$I = \frac{V}{R} \Rightarrow I = \frac{12}{60} = \frac{1}{5} \Rightarrow I = 0\frac{2}{5}A$$

مقاومت‌های 10Ω ، 20Ω و 30Ω با هم متوالی‌اند و جریان عبوری از آن‌ها یکسان و برابر جریان شاخه سمت راست یعنی $0\frac{2}{5}A$ می‌شود.

دقت کنید که آمپرسنج نیز در این شاخه و متوالی با این سه مقاومت بسته شده پس آمپرسنج جریان $0\frac{2}{5}A$ را نشان می‌دهد.

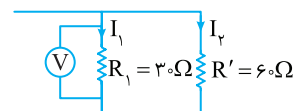
آمپرسنج روی شاخه سمت راست قرار دارد و جریان عبوری از این شاخه را نشان می‌دهد.

روش دوم: با توجه به توضیحات بالا مقاومت معادل سه مقاومت 10Ω ، 20Ω و

30Ω با مقاومت 30Ω موازی است. با توجه به اختلاف پتانسیل، جریان مقاومت

30Ω را به دست می‌آوریم و در ادامه با توجه به اینکه در مقاومت‌های موازی جریان به

نسبت عکس مقدار مقاومت تقسیم می‌شود جریان شاخه سمت راست را حساب می‌کنیم:



$$V = R I_1 \Rightarrow 12 = 30 \times I_1 \Rightarrow I_1 = 0\frac{4}{5}A$$

$$R' = 2R_1 \Rightarrow I_2 = \frac{I_1}{2} = 0\frac{2}{5}A$$

۱۹۶ B

در سوالاتی که مقدار تمام مقاومت‌های خارجی مدار، مقاومت داخلی مدار

و نیروی محرکه باتری داده شده، بهتر است در گام اول مقاومت معادل مدار و در گام دوم جریان مدار را به دست آوریم.

۱ مقاومت‌های 4Ω و

12Ω با هم موازی‌اند و مدار را

می‌توان به شکل زیر رسم کرد.

مقاومت معادل مدار خواهد

$$\text{شد: } R_{eq} = \frac{12 \times 4}{12+4} = 3\Omega$$

۲ جریان مدار را حساب می‌کنیم. $I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow I = \frac{6}{3+2} \Rightarrow I = 1\frac{1}{5}A$

۳ **یادآوری** در مقاومت‌های موازی، جریان شاخه‌ها با مقدار مقاومت‌ها رابطه عکس

دارند: $R_2 = 3R_1, I_2 = \frac{I_1}{3}$

بنابراین می‌توان نوشت: $I = I_1 + I_2 \Rightarrow 1\frac{1}{5} = I_1 + \frac{I_1}{3} \Rightarrow \frac{4I_1}{3} = 1\frac{1}{5} \Rightarrow I_1 = 0\frac{9}{4}A$

۱۹۷ B

مدار را ساده‌تر رسم می‌کنیم تا راحت‌تر متوالی

و موازی بودن مقاومت‌ها را تشخیص دهیم.

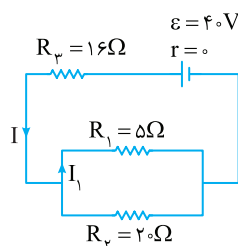
مقاومت‌های 20Ω و 5Ω موازی بوده و

معادل آن با مقاومت 16Ω متوالی است.

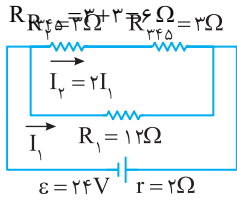
مقاومت معادل را به دست می‌آوریم:

$$R_{12} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{5 \times 20}{5+20} = 4\Omega$$

$$R_{eq} = R_{12} + R_3 = 4 + 16 = 20\Omega$$



مقاومت $R_{۳۴۵}$ با $R_۲$ متوالی است:



مقاومت شاخه بالایی موازی مقاومت $R_۱$ است و مقاومت کل برابر خواهد

$$R_{eq} = \frac{6 \times 12}{6 + 12} = 4 \Omega$$

شد با:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow I = \frac{24}{4 + 2} \Rightarrow I = 4A$$

مقاومت شاخه بالایی نصف مقاومت شاخه پایینی است از این رو جریان گذرنده از شاخه

$$\begin{cases} I = I_1 + I_2 \\ I_1 = I_2 \end{cases} \Rightarrow I_1 = I_2 = \frac{4}{2} = 2A$$

جریان $I_2 = \frac{4}{3}A$ به دو جریان I_3 و I_4 تقسیم می‌شود. البته مقاومت $R_5 = 6\Omega$

با مقاومت معادل $R_{۳۴} = 2 + 4 = 6\Omega$ برابر است و جریان به‌طور یکسان بین آن‌ها

$$I_3 = I_4 = \frac{4}{2} = 2A$$

تقسیم می‌شود و جریان I_4 خواهد شد:

۲۰۲ B

مدار تا حدودی پیچیده است و باید با نام‌گذاری آن را ساده‌تر کنیم تا متوالی

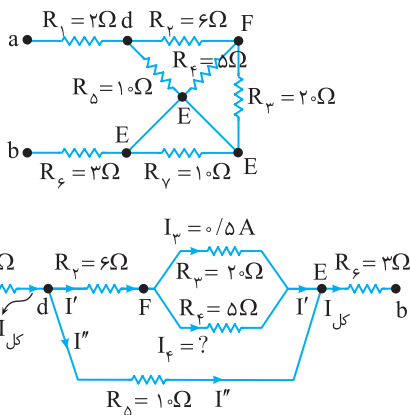
و موازی بودن مقاومت‌ها به راحتی تشخیص داده شود. از طرفی اگر در نام‌گذاری، مقاومتی

وجود داشته باشد که حرف دو طرف آن یکسان باشد، آن مقاومت از مدار حذف می‌شود.

ابتدا با نام‌گذاری مدار را ساده می‌کنیم. در نام‌گذاری دو سر مقاومت $R_۲ = 10\Omega$

دارای حرف یکسان E است، بنابراین این مقاومت از مدار حذف می‌شود. با توجه به

شکل قرار است از I_3 به I_1 برسیم (جزء به کل).



مقاومت‌های $R_۳$ و $R_۴$ موازی هستند و مقاومت $R_۴$ ، $\frac{1}{2}$ مقاومت $R_۳$ و

جریان آن ۴ برابر I_3 یعنی $I_4 = 4 \times 0.5 = 2A$ است. بنابراین جریان شاخه بالایی I'

خواهد شد:

به سراغ مقاومت معادل شاخه بالایی می‌رویم. مقاومت‌های $R_۳$ و $R_۴$ موازی

$$R_{۳۴} = \frac{R_۳ R_۴}{R_۳ + R_۴} = \frac{6 \times 2}{6 + 2} = 1.5 \Omega$$

این مقاومت با مقاومت $R_۲ = 6\Omega$ متوالی است. از این رو:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{۳۴} + R_۲} = \frac{24}{1.5 + 6} = 4A$$

مقاومت شاخه بالایی و مقاومت شاخه پایینی با هم برابر شد، از این رو جریان آن‌ها

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow I = \frac{24}{4 + 2} \Rightarrow I = 4A$$

جریان مدار را حساب می‌کنیم:

مقاومت $R_۲ = 6\Omega$ دو برابر مقاومت $R_۱ = 3\Omega$ است. از طرفی در مقاومت‌های

موازی جریان به نسبت وارون مقاومت‌ها تقسیم می‌شود. یعنی اگر جریان مقاومت

$R_۲ = 6\Omega$ برابر I_2 باشد، جریان مقاومت $R_۱ = 3\Omega$ دو برابر آن خواهد بود و

$$I = I_1 + I_2 \Rightarrow 4 = 2I_1 + I_2 \Rightarrow I_2 = 2A, I_1 = 2A$$

همین مطلب در مورد مقاومت‌های $R_۳$ و $R_۴$ نیز درست است و جریان $I_3 = 4A$ و

جریان $I_4 = 2A$ می‌شود.

برای نقطه C روی شکل می‌توانید بنویسید:

$$I_1 = I_3 + I' \Rightarrow 4 = 2 + I' \Rightarrow I' = 2A$$

مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ و

$R_۳$ با هم موازی‌اند و اختلاف پتانسیل دو

سر شاخه‌های موازی با هم برابر است. وقتی

بیان می‌شود اختلاف پتانسیل دو سر

مقاومت 5Ω ، $10V$ است یعنی اختلاف

پتانسیل دو سر مقاومت‌های 10Ω و

20Ω نیز $10V$ است.

جریان هر مقاومت را به کمک قانون اهم به دست می‌آوریم:

$$I_1 = \frac{V}{R_1} \Rightarrow I_1 = \frac{10}{5} = 2A, I_2 = \frac{V}{R_2} \Rightarrow I_2 = \frac{10}{10} = 1A$$

$$I_3 = \frac{V}{R_3} \Rightarrow I_3 = \frac{10}{20} = 0.5A$$

جریان کل برابر مجموع جریان سه مقاومت است.

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = 2 + 1 + 0.5 = 3.5A$$

روش دوم:

در مقاومت‌های موازی جریان به نسبت عکس مقدار مقاومت‌ها

تقسیم می‌شود.

با توجه به اختلاف پتانسیل مقاومت 5Ω ، جریان این مقاومت را به دست می‌آوریم:

$$V_1 = R_1 I_1 \Rightarrow 10 = 5 \times I_1 \Rightarrow I_1 = 2A$$

مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ موازی با یکدیگرند بنابراین جریان به نسبت عکس

مقدار مقاومت بین آن‌ها تقسیم می‌شود.

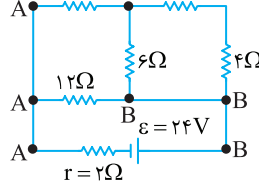
مقاومت $R_۲$ دو برابر مقاومت $R_۱$ است پس $I_2 = \frac{1}{2} I_1 = 1A$ و مقاومت $R_۳$ چهار

برابر مقاومت $R_۱$ است پس $I_3 = \frac{1}{4} I_1 = 0.5A$. بنابراین جریان I برابر است با:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = 3.5A$$

۲۰۱ B

ابتدا با نام‌گذاری مدار را ساده‌تر رسم می‌کنیم.

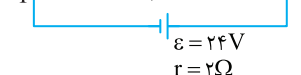


مقاومت 2Ω و 4Ω با هم متوالی

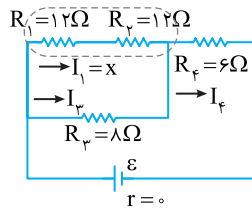
$$R_{۳۴} = 2 + 4 = 6\Omega$$

و معادل 2Ω و 4Ω با 6Ω

$$R_{۳۴۵} = \frac{6}{2} = 3\Omega$$



بنابراین جریان R_3 سه برابر جریان مقاومت R_{12} است، یعنی $I_3 = 3x$ است.



مجموع جریان‌های I_1 و I_3 برابر I_4 است، از این رو:

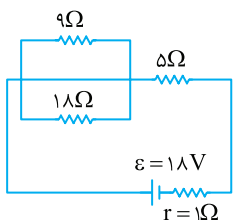
$$I_4 = I_1 + I_3 \Rightarrow I_4 = x + 3x \Rightarrow I_4 = 4x$$

اکنون نسبت توان مصرفی R_4 و توان مصرفی R_1 به کمک رابطه $P = RI^2$

$$\frac{P_4}{P_1} = \frac{R_4 I_4^2}{R_1 I_1^2} \Rightarrow \frac{P_4}{P_1} = \frac{6 \times (4x)^2}{12 \times (x)^2} = \frac{16}{2}$$

قابل محاسبه است.

۲۰۶ A



دو سر مقاومت‌های 9Ω و 18Ω با یک سیم بدون مقاومت به هم وصل شده و این مقاومت‌ها اتصال کوتاه شده‌اند و از آن‌ها جریانی نمی‌گذرد و توان مصرفی (آهنگ مصرف انرژی) در آن‌ها صفر است.

۲۰۷ A

با توجه به اینکه تمام مشخصات مدار داده شده است، می‌توانیم مقاومت معادل، سپس جریان مدار و سرانجام ولتاژ یا جریان دو سر مقاومت R_3 را به دست

بیاوریم و به وسیله آن گرمای تولید شده در R_3 را حساب کنیم.

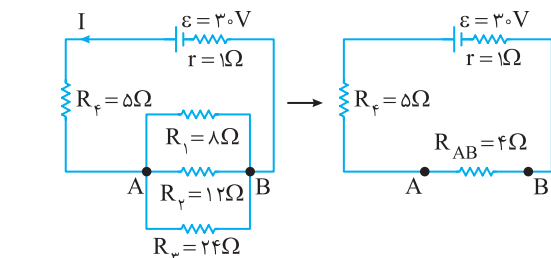
ابتدا مقاومت معادل بین نقاط A و B را به دست می‌آوریم. R_3 و R_4 .

موازی هستند:

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{8} + \frac{1}{12} + \frac{1}{24} = \frac{3+2+1}{24} \Rightarrow R_{AB} = 4\Omega$$

مقاومت R_{AB} و مقاومت R_4 متوالی هستند و مقاومت معادل آن‌ها خواهد شد:

$$R_{eq} = 4 + 5 = 9\Omega$$



$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow I = \frac{30}{9+1} \Rightarrow I = 3A$$

جریان مدار را حساب می‌کنیم:

اختلاف پتانسیل بین نقاط A و B را به دست می‌آوریم:

$$V_{AB} = IR_{AB} \Rightarrow V_{AB} = 3 \times 4 = 12V$$

چون هر سه مقاومت بین نقاط A و B با هم موازی‌اند، پس اختلاف پتانسیل آن‌ها یکسان و برابر V_{AB} است اکنون گرمای تولید شده در مقاومت R_3 در مدت $100s$

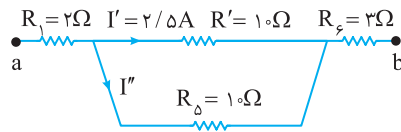
را حساب می‌کنیم:

$$U = \frac{V^2}{R} t \Rightarrow U = \frac{12^2 \times 100}{24} \Rightarrow U = 600J$$

نیز یکسان و برابر $I' = I'' = 2/5A$ است.

جریان مقاومت $R_1 = 2\Omega$ که جریان کل است خواهد شد:

$$I = I' + I'' = 2/5 + 2/5 = 4/5A$$

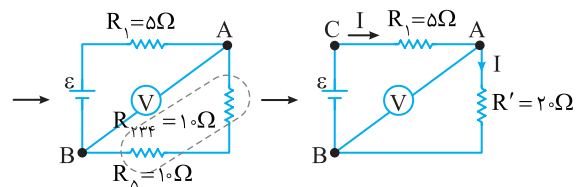
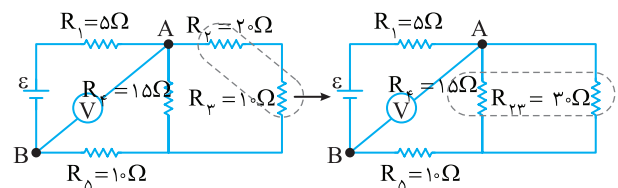


۲۰۳ B

ولت‌سنج اختلاف پتانسیل بین دو نقطه A و B را نشان می‌دهد، یعنی اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت معادل R_4 و R_5 . R_3 و R_4 را نشان می‌دهد. ابتدا مقاومت معادل این قسمت را حساب می‌کنیم.

$$R_{234} = \frac{3 \times 10}{3 + 10} = 10/13\Omega$$

$$R_{234} = \frac{3 \times 10}{3 + 10} = 10/13\Omega$$



$$R_{234} = \frac{3 \times 10}{3 + 10} = 10/13\Omega$$

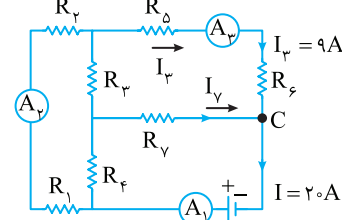
از این جا به بعد کمی خوش فکری لازم است. در مقاومت‌های متوالی جریان‌ها یکسان است، یعنی مقاومت $R_1 = 5\Omega$ و مقاومت معادل $R' = 20\Omega$ دارای جریان برابر هستند. ولت‌سنج، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت 20Ω را ۶ولت نشان داده است. بنابراین اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت $R_1 = 5\Omega$ خواهد شد:

$$\begin{cases} V_{AC} = IR_1 \\ V_{AB} = IR' \end{cases} \xrightarrow{\text{تقسیم}} \frac{V_{AC}}{6} = \frac{5}{20} \Rightarrow V_{AC} = 1.5V$$

در نتیجه ولتاژ دو سر مولد یعنی V_{BC} خواهد شد:

$$V_{BC} = V_{CA} + V_{AB} = 1.5 + 6 = 7.5V$$

۲۰۴ C



پیچیدگی مدار و آمپرسنج‌های مختلف شما را گول زنند. آمپرسنج A_1 که به باتری به‌طور متوالی وصل است، جریان کل مدار را نشان می‌دهد ($20A$) و آمپرسنج A_3 نیز

جریان مقاومت‌های R_4 و R_5 را نشان می‌دهد ($9A$). اکنون به نقطه C دقت کنید، دو جریان $I_3 = 9A$ و I_4 وارد C می‌شوند و جریان $I = 20A$ از آن خارج می‌شود و به قانون انشعاب:

$$I_3 + I_4 = I \Rightarrow I_4 + 9 = 20 \Rightarrow I_4 = 11A$$

۲۰۵ B

مقاومت‌های R_1 و R_4 متوالی هستند و مقاومت معادل آن‌ها با مقاومت R_3 موازی است و در مقاومت‌های موازی جریان با مقاومت نسبت وارون دارد. اگر جریان مقاومت $R_{12} = 24\Omega$ را x در نظر بگیریم، چون مقاومت $R_3 = 8\Omega$ ، $\frac{1}{3}$ مقاومت R_{12} است،

۲۱۱ B

پیداوی: مقاومت معادل دو مقاومت موازی R_1 و R_2 را می‌توان از رابطه زیر به دست آورد:

$$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

۱. مقاومت معادل را به دست می‌آوریم.

$$R_{13} = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} = \frac{6 \times 12}{6 + 12} = 4 \Omega$$

مقاومت‌های R_1 و R_3 موازی هستند:

$$R_{24} = \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4} = \frac{6 \times 3}{6 + 3} = 2 \Omega$$

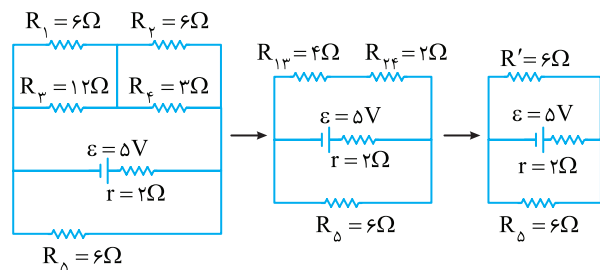
مقاومت‌های R_2 و R_4 موازی هستند.

مقاومت‌های R_{13} و R_{24} متوالی هستند و مقاومت معادل آن‌ها را که با R' نمایش می‌دهیم خواهد شد:

$$R' = R_{13} + R_{24} = 4 + 2 = 6 \Omega$$

مقاومت‌های $R_5 = 6 \Omega$ و $R' = 6 \Omega$ دست در دست هم دارند و موازی هستند، بنابراین مقاومت معادل مدار خواهد شد.

$$R_{eq} = \frac{R}{n} \Rightarrow R_{eq} = 3 \Omega$$



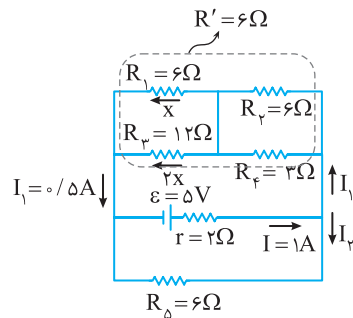
۲. جریان مدار را حساب می‌کنیم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow I = \frac{\Delta}{3 + 2} = 1A$$

۳. به سراغ تقسیم جریان در مقاومت‌ها می‌رویم:

مقاومت شاخه R' با مقاومت شاخه R_5 مساوی و موازی‌اند

و جریان بین این دو شاخه به‌طور مساوی تقسیم می‌شود و جریان‌های I_1 و I_2 برابر است با: $I_1 = I_2 = \frac{I}{2} = 0.5A$



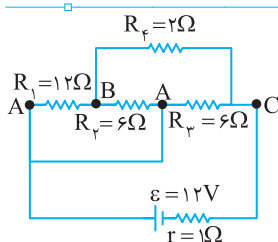
جریان $I_1 = 0.5A$ بین مقاومت‌های 6Ω و 12Ω به نسبت وارون مقاومت‌ها تقسیم می‌شود، یعنی اگر جریان مقاومت 6Ω را x فرض کنید، جریان مقاومت 12Ω خواهد بود که جمع آن‌ها برابر I_1 یعنی $0.5A$ است، $I_1 = \frac{x}{2} + x = 0.5 \Rightarrow \frac{3x}{2} = 0.5 \Rightarrow x = \frac{1}{3}A$

۴. بنابراین جریان مقاومت $R_1 = 6 \Omega$ برابر $\frac{1}{3}A$ است و توان مصرفی در آن خواهد شد.

$$P_1 = R_1 I_x^2 \Rightarrow P_1 = 6 \times \left(\frac{1}{3}\right)^2 = \frac{2}{3} W$$

۲۱۲ B

ابتدا مدار را به شکل زیر ساده کرده، سپس جریان مدار را محاسبه می‌کنیم. نقطه‌ای که با یک سیم بدون مقاومت به هم متصل می‌شوند در حکم یک نقطه از مدار هستند و با یک حرف نامگذاری می‌شوند.



۲۰۸ B

مقاومت آمپرسنج 5Ω و جریان آن $1A$ است بنابراین ولتاژ دو سر آمپرسنج خواهد شد:

$$V_A = I R_A = 1 \times 5 = 5V$$

ولت‌سنج اختلاف پتانسیل دو سر مجموعه آمپرسنج و مقاومت R را $12V$ نشان می‌دهد، بنابراین اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R برابر است با:

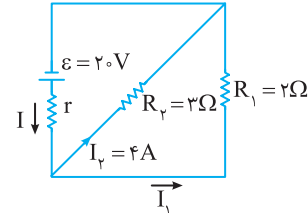
$$V_V = V_R + V_A \Rightarrow 12 = V_R + 5 \Rightarrow V_R = 7V$$

اکنون توان مصرفی در مقاومت R را به دست می‌آوریم.

$$P_R = V_R I_R \quad \frac{V_R = 7V}{I_R = I_A = 1A} \Rightarrow P_R = 7 \times 1 = 7W$$

$$\Rightarrow P_R = 7W$$

۲۰۹ B



۱. مقاومت‌های 2Ω و 3Ω با هم موازی هستند و در مقاومت‌های موازی اختلاف پتانسیل‌ها برابر است. بنابراین می‌توان جریان مقاومت $R_1 = 2 \Omega$ را به دست آورد.

$$V_2 = V_1 \Rightarrow I_2 R_2 = I_1 R_1 \Rightarrow 4 \times 3 = I_1 \times 2 \Rightarrow I_1 = 6A$$

(در واقع همان نکته‌ای که می‌گفتیم جریان در مقاومت‌های موازی به نسبت عکس مقدار مقاومت تقسیم می‌شود.)

۲. جریان مدار برابر مجموع جریان دو شاخه موازی است.

$$I = I_1 + I_2 \Rightarrow I = 6 + 4 = 10A$$

۳. مقاومت معادل مدار برابر است با:

$$(R_1 \text{ و } R_2 \text{ موازی}): R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{3 \times 2}{3 + 2} = 1.2 \Omega$$

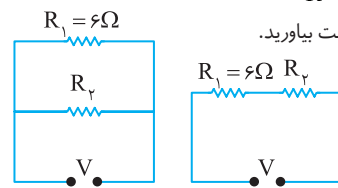
اکنون مقاومت درونی به کمک رابطه جریان قابل محاسبه است.

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow 10 = \frac{20}{1.2 + r} \Rightarrow r = 0.8 \Omega$$

۲۱۰ B

توان مصرفی ولتاژ دو سر مقاومت‌ها در شکل‌های (۱) و (۲) ثابت و برابر V است.

بنابراین باید از رابطه $P = \frac{V^2}{R}$ توان‌ها را مقایسه کرد، برای این کار باید مقاومت معادل را در دو حالت به دست بیاورید.



شکل (۲)

شکل (۱)

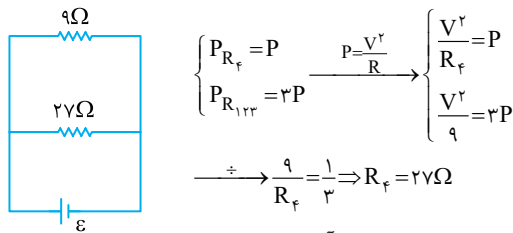
۱. مقاومت معادل در شکل (۱): $R_{(1)} = R_1 + R_2 = 6 + R_2$

مقاومت معادل در شکل (۲): $R_{(2)} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{6 R_2}{6 + R_2}$

۲. توان مصرفی شکل (۲)، $4/5$ برابر توان مصرفی شکل (۱) است، از این رو می‌توان نوشت:

$$P_{(2)} = \frac{4}{5} P_{(1)} \Rightarrow \frac{V^2}{R_{(2)}} = \frac{4}{5} \frac{V^2}{R_{(1)}} \Rightarrow \frac{1}{\frac{6 R_2}{6 + R_2}} = \frac{4}{5} \frac{1}{6 + R_2} \Rightarrow \frac{6 + R_2}{6 R_2} = \frac{4}{5} \frac{1}{6 + R_2} \Rightarrow 36 + R_2^2 + 12 R_2 = 24 R_2 \Rightarrow R_2^2 - 12 R_2 + 36 = 0$$

$$(R_2 - 12)(R_2 - 3) = 0 \Rightarrow \begin{cases} R_2 = 12 \Omega \\ R_2 = 3 \Omega \end{cases}$$

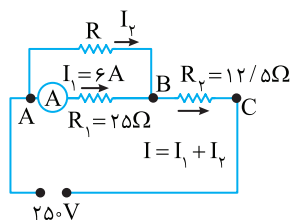


۳) حال مقاومت معادل مدار را به دست می آوریم:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{9} + \frac{1}{27} \Rightarrow \frac{1}{R_{eq}} = \frac{4}{27} \Rightarrow R_{eq} = \frac{27}{4}$$

۲۱۵ B

خط فکری باید از مقاومتی که جریان آن داده شده است، شروع کنید و به کمک آن جریان و ولتاژ شاخه‌های دیگر را به دست آورید.



۱) آمپرسنج جریان مقاومت R_1 را

۶A نشان می‌دهد، بنابراین ابتدا اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت $R_1 = 25\Omega$ را به دست می‌آوریم:

$$V_{AB} = I_1 R_1 = 6 \times 25 \\ \Rightarrow V_{AB} = 150V$$

۲) مجموع V_{AB} و V_{BC} برابر اختلاف پتانسیل دو سر منبع نیروی محرکه است.

$$V_{AB} + V_{BC} = 250 \Rightarrow 150 + V_{BC} = 250 \Rightarrow V_{BC} = 100V$$

۳) جریان مقاومت R_2 که با منبع متوالی است برابر جریان کل مدار است. جریان I را می‌توان به دست آورد:

$$I = \frac{V_{BC}}{R_2} \Rightarrow I = \frac{100}{12.5} \Rightarrow I = 8A$$

۴) جریان کل مدار برابر مجموع جریان I_1 و I_2 است. جریان مقاومت R برابر خواهد شد با:

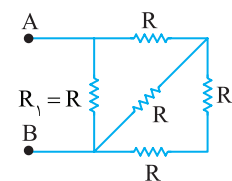
$$I_1 + I_2 = I \Rightarrow I_2 = I - I_1 \Rightarrow I_2 = 8 - 6 \Rightarrow I_2 = 2A$$

۵) ولتاژ دو سر R برابر V_{AB} و $150V$ و جریان آن $2A$ است، بنابراین انرژی مصرفی آن در مدت ۳۰ دقیقه برابر خواهد شد با:

$$U = Pt \Rightarrow U = VIt \Rightarrow U = 150 \times 2 \times \frac{30}{60} = 150Wh \Rightarrow U = 0.15kWh$$

۲۱۶ B

خط فکری در سؤالاتی که گفته می‌شود بیشینه توان مصرفی هر مقاومت می‌تواند P باشد، ابتدا مقاومتی که بیشینه توان را در مدار مصرف می‌کند پیدا می‌کنیم و توان مصرفی آن را برابر P قرار می‌دهیم، در این صورت بقیه مقاومت‌ها حتماً کمتر از توان P مصرف خواهند کرد.



۱) تمام مقاومت‌ها مشابه‌اند اما مقاومت R_1 به صورت موازی به دو سر A و B

وصل شده است و اختلاف پتانسیل دو سر آن بیشینه است و با توجه به رابطه

$$P = \frac{V^2}{R}$$

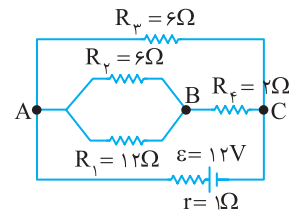
$$P_{max} = \frac{V_{AB}^2}{R_1} \xrightarrow{R_1=R} P_{max} = \frac{V_{AB}^2}{R}$$

بیشینه می‌شود:

۲) توان مصرفی در مدار برابر $P_{کل} = \frac{V_{AB}^2}{R_{eq}}$ است، حال مقاومت معادل را برحسب R

به دست می‌آوریم. برای این کار از نقطه‌گذاری استفاده کرده و شکل مدار را ساده‌تر رسم کردیم (البته شما می‌توانید با توجه به شکل مدار نیز مقاومت معادل را به دست آورید).

مقاومت‌های $R_1 = 12\Omega$ و $R_2 = 6\Omega$ بین دو نقطه A و B وصل شده‌اند و با هم



$$P_1 = R_1 I_1^2 \xrightarrow{R_1 = 36\Omega} P_1 = 36 I_1^2$$

$$P_V = R_V I_V^2 \xrightarrow{\substack{R_V = 12\Omega \\ I_V = 3I_1}} P_V = 12 \times (3I_1)^2 \Rightarrow P_V = 108 I_1^2$$

$$P_r = R_r I_r^2 \xrightarrow{\substack{R_r = 3\Omega \\ I_r = 4I_1}} P_r = 3 \times (4I_1)^2 \Rightarrow P_r = 48 I_1^2$$

$$P_f = R_f I_f^2 \xrightarrow{\substack{R_f = 6\Omega \\ I_f = 8I_1}} P_f = 6 \times (8I_1)^2 \Rightarrow P_f = 384 I_1^2$$

$$P_D = R_D I_D^2 \xrightarrow{\substack{R_D = 2\Omega \\ I_D = 12I_1}} P_D = 2 \times (12I_1)^2 \Rightarrow P_D = 288 I_1^2$$

مقاومت $R_f = 6\Omega$ بیشترین توان را مصرف می‌کند. پس اختلاف پتانسیل دو سر R_f ، $12V$ و جریان آن $8I_1$ است. I_1 را به دست می‌آوریم.

$$V_f = I_f R_f \Rightarrow 12 = 8I_1 \times 6 \Rightarrow I_1 = 0.25A$$

جریان کل مدار یا جریان مقاومت R_D خواهد شد: $I_{کل} = I_D = 12I_1 = 12 \times 0.25 = 3A$
ولتاژ دو سر مقاومت $R_D = 2\Omega$ برابر است با:

$$V_D = I_D R_D \xrightarrow{\substack{I_D = 3A \\ R_D = 2\Omega}} V_D = 3 \times 2 \Rightarrow V_D = 6V$$

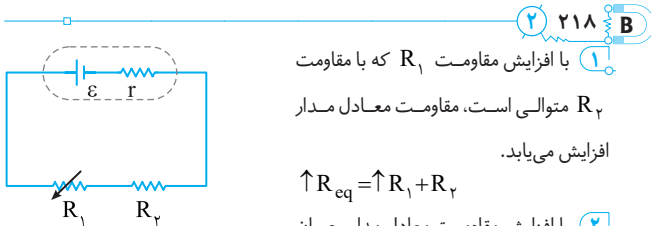
ولتاژ دو سر باتری برابر است با:

$$V = V_f + V_D = 12 + 6 = 18V$$

نیروی محرکه باتری خواهد شد:

$$V = \mathcal{E} - Ir \Rightarrow 18 = \mathcal{E} - 3 \times 2 \Rightarrow \mathcal{E} = 24V$$

خوب خسته نباشید. تست کنکور تجربی ۹۸. به نظر می‌رسد باید این تست در سطح دوم یا سطح سوم قرار می‌گرفت نه به دلیل سختی آن بلکه به دلیل راه حل طولانی حوصله سربر آن.



۱ با افزایش مقاومت R_1 که با مقاومت R_2 متوالی است، مقاومت معادل مدار افزایش می‌یابد.

۲ با افزایش مقاومت معادل مدار، جریان کل مدار کاهش می‌یابد.

$$\downarrow I = \frac{\mathcal{E}}{\uparrow R_{eq} + r}$$

۳ با کاهش جریان مدار، افت پتانسیل در باتری کاهش می‌یابد.

۴ اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R_2 با کاهش جریان کاهش می‌یابد.

$$\downarrow V_2 = \downarrow I R_2$$

۵ اختلاف پتانسیل دو سر باتری با کاهش جریان افزایش می‌یابد.

۶ با توجه به اینکه ولتاژ دو سر باتری برابر مجموع ولتاژ دو سر مقاومت‌هاست، داریم:

$$V = V_1 + V_2 \xrightarrow{V_1 \uparrow, V_2 \downarrow} V_1 \uparrow$$

بنابراین ولتاژ دو سر مقاومت R_1 افزایش می‌یابد.

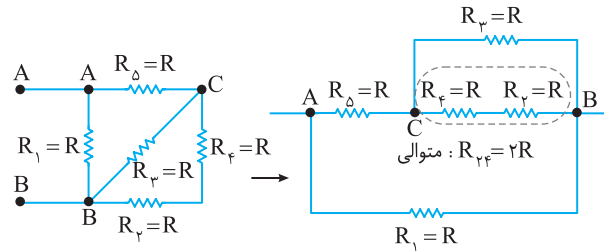
میانبر در مدارهای دارای مقاومت متغیر هرگاه مقاومت متغیر در حال تغییر باشد.

۱ ولتاژ و جریان مقاومت متغیر مخالف هم تغییر می‌کنند و همیشه تغییرات مقاومت متغیر و ولتاژ آن مشابه است.

۲ ولتاژ و جریان مقاومت ثابت در مدار مشابه یکدیگر تغییر می‌کنند.

R_1 افزایش یافته پس ولتاژ آن افزایش می‌یابد و جریان آنکه همان جریان مدار است

کاهش می‌یابد و با کاهش جریان، مقاومت r که ثابت است ولتاژ دو سرش $V' = Ir$ کاهش می‌یابد.



$$R_{rff} = \frac{2R \times R}{3R} = \frac{2}{3}R \text{ موازی } R_f \text{ و } R_{ff}$$

$$R_{rffD} = R + \frac{2}{3}R = \frac{5}{3}R \text{ متوالی } R_D \text{ و } R_{rff}$$

$$R_{eq} = \frac{\frac{5}{3}R \times R}{\frac{5}{3}R + R} = \frac{5}{8}R \Rightarrow R_{eq} = \frac{5}{8}R$$

۳ توان مصرفی در مدار را حساب می‌کنیم:

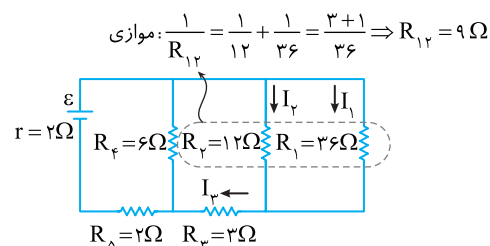
$$P_{کل} = \frac{V_{AB}^2}{R_{eq}} \Rightarrow P_{کل} = \frac{V_{AB}^2}{\frac{5}{8}R} \Rightarrow P_{کل} = \frac{8}{5} \frac{V_{AB}^2}{R} \xrightarrow{\substack{V_{AB} = 20V \\ R = 20\Omega}} P_{کل} = \frac{8}{5} \times \frac{20^2}{20} = 32W$$

۴ **۲۱۷ C**

به چه فکر می‌کنید؟ راهی نیست مگر اینکه ابتدا مقاومتی که بیشینه توان را مصرف می‌کند، پیدا کنید.

۱ جریان بزرگ‌ترین مقاومت موازی مدار یعنی $R_1 = 36\Omega$ را برابر I_1 فرض می‌کنیم. جریان مقاومت $R_2 = 12\Omega$ ، سه برابر جریان R_1 یعنی $I_2 = 3I_1$ خواهد بود. جریان مقاومت R_3 جمع I_1 و I_2 است.

$$I_3 = I_1 + I_2 = I_1 + 3I_1 = 4I_1 \Rightarrow I_3 = 4I_1$$



مقاومت معادل R_1 و R_2 با مقاومت R_3 متوالی است. $R_{123} = 3 + 9 = 12\Omega$

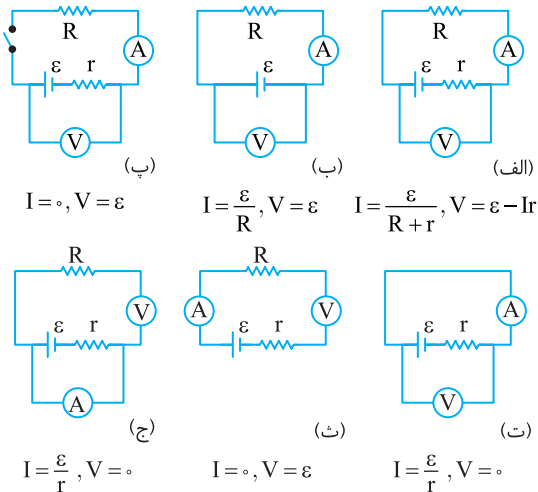
جریان مقاومت 12Ω ، $4I_1$ است
و جریان مقاومت $R_f = 6\Omega$
موازی با آن برابر $I_f = 8I_1$ می‌شود (فراموش نکنید در مقاومت‌های موازی جریان به

نسبت وارون مقاومت‌ها تقسیم می‌شود). جریان کل مدار با مقاومت $R_D = 2\Omega$ برابر است با:

$$I = I_r + I_f = 4I_1 + 8I_1 \Rightarrow I = 12I_1$$

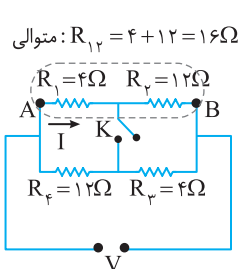
۲ اکنون توان تک‌تک مقاومت‌ها را با استفاده از رابطه $P = RI^2$ به دست می‌آوریم و

با هم مقایسه می‌کنیم.



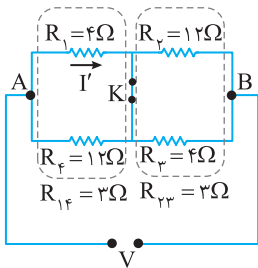
در شکل‌های (الف) تا (و) ولت‌سنج و آمپرسنج در مدار به درستی قرار گرفته‌اند، اما نحوه قرار گرفتن آن‌ها در مدارهای (ث) و (ج) نادرست است.

۲۲۲ B



حالت اول: به مدار نگاه کنید. دو مقاومت R_1 و R_2 متوالی هستند و دو سر آن‌ها به دو سر منبع نیروی محرکه متصل است و اختلاف پتانسیل دو سر R_1 و R_2 برابر V می‌باشد. از این‌رو جریان R_1 در این حالت برابر است با:

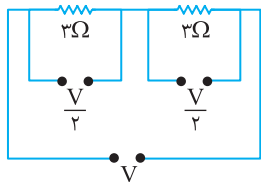
$$V = V_{AB} = I(R_1 + R_2) \Rightarrow V = I(4 + 12) \Rightarrow I = \frac{V}{16}$$



حالت دوم: با بستن کلید K ، مقاومت‌های R_1 و R_3 همان‌گونه که در مدار نشان داده شده با هم موازی می‌شوند. مقاومت‌های R_2 و R_4 نیز موازی می‌شوند. مقاومت معادل $R_{13} = 3\Omega$ و $R_{24} = 3\Omega$ است. بنابراین ولتاژ دو سر هر یک از آن‌ها نصف

ولتاژ دو سر مدار یعنی $V_{13} = V_{24} = \frac{V}{2}$ است. در این صورت ولتاژ دو سر مقاومت

$$V_{13} = \frac{V}{2} \Rightarrow R_{13} I' = \frac{V}{2} \Rightarrow I' = \frac{V}{2 \times 3} = \frac{V}{6}$$

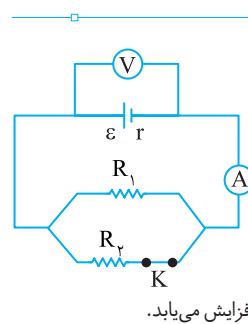


حاصل $\frac{I'}{I} = \frac{\frac{V}{6}}{\frac{V}{16}} = \frac{8}{3}$ به‌دست می‌آید.

۲۲۳ B

ولت‌سنج اختلاف پتانسیل دو سر باتری را نشان می‌دهد. وقتی کلید باز است، اختلاف پتانسیل دو سر باتری با نیروی محرکه باتری برابر است ($V = \varepsilon$) و اگر کلید بسته شود و از باتری جریان بگذرد، اختلاف پتانسیل دو سر باتری برابر $V = \varepsilon - Ir$ است که افت پتانسیل در مقاومت درونی باتری است. اگر با باز کردن و بستن کلید در عددی که

۲۱۹ B



۱ بررسی مقاومت معادل: ابتدا در مدار دو مقاومت موازی R_1 و R_2 وجود دارد که مقاومت معادل آن‌ها از هر یک از مقاومت‌ها کوچک‌تر است ($R_{eq1} < R_1$). با باز کردن کلید مقاومت R_2 از مدار جدا می‌شود و مقاومت معادل برابر R_1 شده یعنی مقاومت معادل افزایش می‌یابد.

$$R_{eq2} = R_1 \Rightarrow R_{eq2} > R_{eq1}$$

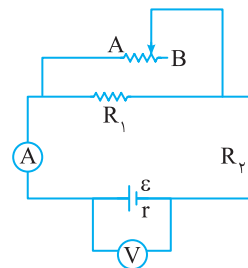
۲ بررسی جریان مدار: با افزایش مقاومت کل مدار، جریان مدار کاهش می‌یابد

$$\downarrow I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r}$$

۳ ولت‌سنج: اختلاف پتانسیل دو سر باتری را نشان می‌دهد از این‌رو $\uparrow V = \varepsilon - \downarrow Ir$ ، بنابراین ولت‌سنج عدد بزرگ‌تری را نمایش خواهد داد.

۲۲۰ B

خط‌نقطه: هر گاه یکی از مقاومت‌های درون مدار چه موازی، چه متوالی افزایش یابد، مقاومت معادل افزایش می‌یابد و اگر کاهش یابد، مقاومت معادل کاهش می‌یابد. بنابراین باید بررسی کنید که حرکت لغزنده، مقاومت رئوس را که موازی مقاومت R_1 است، افزایش می‌دهد یا کاهش، سپس می‌توانید در مورد ولتاژ و جریانی که ولت‌سنج و آمپرسنج نشان می‌دهند اظهار نظر کنید.



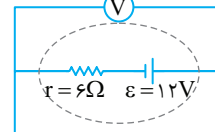
۱ با حرکت لغزنده از A تا B مقاومت رئوس زیاد می‌شود که سبب افزایش مقاومت کل مدار می‌شود. ($R_{eq} \uparrow$)

۲ با افزایش مقاومت کل مدار جریان کل کاهش می‌یابد ($\downarrow I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r}$)

بنابراین $I' < I$ است.

۳ ولت‌سنج اختلاف پتانسیل دو سر باتری را نشان می‌دهد که با کاهش جریان مدار، ولتاژ دو سر باتری افزایش می‌یابد. $\uparrow V = \varepsilon - \downarrow Ir$ و $V' > V$ می‌شود.

۲۲۱ B



جریان از سیم بدون مقاومت می‌گذرد و مقدار آن برابر است با:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \Rightarrow I = \frac{12}{0 + 6} = 2A$$

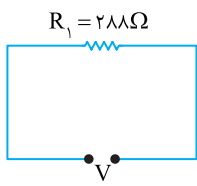
ولت‌سنج اختلاف پتانسیل دو سر باتری را نشان می‌دهد. از این‌رو:

$$V = \varepsilon - Ir \Rightarrow V = 12 - 2 \times 6 \Rightarrow V = 0$$

بنابراین ولت‌سنج عدد صفر را نمایش می‌دهد.

جمع‌بندی

همان‌طور که در علوم نیز خواندید، آمپرسنج آرمانی جریان را نشان می‌دهد و مقاومت آن ناچیز است. ولت‌سنج آرمانی نیز اختلاف پتانسیل را نشان می‌دهد و مقاومت آن بسیار زیاد است. در پایین حالت‌های مختلف بسته شدن آمپرسنج و ولت‌سنج آرمانی در مدار ساده را آورده‌ایم، البته در پنجره سوم یک بخش کامل راجع به آمپرسنج و ولت‌سنج صحبت می‌کنیم. I و V به‌ترتیب اعدادی هستند که آمپرسنج و ولت‌سنج آرمانی نشان می‌دهند.



برای آنکه توان مصرفی کمترین مقدار باشد باید مقاومت R_1 که بیشترین مقاومت است در مدار قرار گیرد، یعنی کلید شاخه R_1 بسته و کلید شاخه R_2 باز باشد.

$$P_{\min} = \frac{V^2}{R_1} = \frac{V^2}{288}$$

$$\frac{P_{\max}}{P_{\min}} = \frac{\frac{V^2}{96}}{\frac{V^2}{288}} = \frac{288}{96} = 3$$

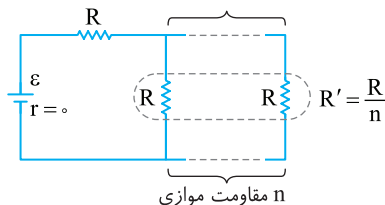
بنابراین

۲۲۶ C

برای به دست آوردن مقاومت معادل در مقاومت‌های موازی یکسان، یک مقاومت را به تعداد آن‌ها تقسیم می‌کنیم.

با توجه به شکل مقاومت معادل مقاومت‌های موازی $\frac{R}{n}$ است که این مقاومت با مقاومت R متوالی است و مقاومت معادل مدار خواهد شد:

$$R_{eq} = R + \frac{R}{n} \Rightarrow R_{eq} = \frac{n+1}{n} R$$



$$I = \frac{\epsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow I = \frac{\epsilon}{\frac{n+1}{n} R} = \frac{n}{n+1} \times \frac{\epsilon}{R}$$

اگر تعداد مقاومت‌های موازی $n+1$ شود، مقاومت معادل آن خواهد شد:

$$R'_{eq} = R + \frac{R}{n+1} = \frac{n+2}{n+1} R$$

$$I' = \frac{\epsilon}{R'_{eq}} = \frac{\epsilon}{\frac{n+2}{n+1} R} = \frac{n+1}{n+2} \times \frac{\epsilon}{R}$$

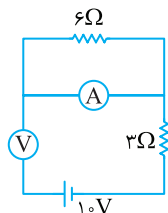
با توجه به فرض مسئله خواهیم داشت:

$$I' = \frac{16}{15} I \Rightarrow \left(\frac{n+1}{n+2} \right) \frac{\epsilon}{R} = \frac{16}{15} \left(\frac{n}{n+1} \right) \frac{\epsilon}{R} \Rightarrow 16n^2 + 32n = 15(n+1)^2$$

$$\Rightarrow 16n^2 + 32n = 15n^2 + 30n + 15$$

$$\Rightarrow n^2 + 2n - 15 = 0 \Rightarrow (n-3)(n+5) = 0 \Rightarrow \begin{cases} n=3 \\ n=-5 \text{ غ.ق.} \end{cases}$$

۲۲۷ B



هرگاه آمپرسنج با یک شاخه از مدار موازی بسته شود آن شاخه اتصال کوتاه شده و از مدار حذف می‌شود. از طرفی وقتی که ولت‌سنج با باتری متوالی بسته می‌شود، جریان به مدار صفر می‌شود. به مدار نگاه کنید. ولت‌سنج متوالی بسته شده و جریان مدار صفر است و آمپرسنج عدد صفر را نشان می‌دهد، اما ولت‌سنج در این حالت نیروی محرکه باتری یعنی ۱۰V را نشان خواهد داد.

۲۲۸ A

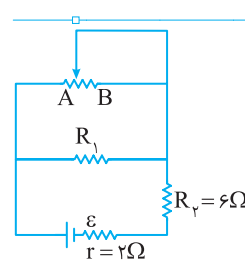
رابطه ساختمانی را در دو حالت نوشته برهم تقسیم کرده و در رابطه به دست آمده، داده‌های مسئله را قرار می‌دهیم. هر دو سیم مسی هستند و مقاومت ویژه آن‌ها یکسان است.

ولت‌سنج نشان می‌دهد، تغییر قابل ملاحظه‌ای حاصل نشود، یعنی افت پتانسیل تقریباً صفر است در این صورت دو حالت زیر ممکن است اتفاق افتاده باشد.

$$I = 0 \Rightarrow V = \epsilon \Rightarrow Ir = 0$$

مقاومت خارجی بسیار بزرگ است $I = 0$
مقاومت درونی ناچیز است $r = 0$

یعنی یا مقاومت درونی صفر است و یا مقاومت خارجی متصل به باتری بسیار بزرگ است.



با حرکت لغزنده از A به B، مقاومت متغیر زیاد می‌شود و با افزایش هر مقاومت در مدار، مقاومت معادل افزایش می‌یابد.

$$(R_{eq} \uparrow)$$

با افزایش مقاومت معادل مدار، جریان کل کاهش می‌یابد.

$$(\downarrow I = \frac{\epsilon}{R_{eq} + r})$$

با کاهش جریان، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R_2 کاهش می‌یابد.

$$(\downarrow V_r = R_2 I \downarrow)$$

ولتاژ دو سر باتری با کاهش جریان افزایش می‌یابد.

$$(\uparrow V_{\text{باتری}} = \epsilon - I \downarrow r)$$

ولتاژ دو سر مقاومت متغیر و مقاومت R_1 که باهم موازی هستند افزایش می‌یابد.

$$(V_{R_1} = \uparrow V_{\text{باتری}} - V_r \downarrow)$$

بنابراین توان مصرفی در مقاومت R_1 افزایش می‌یابد.

$$(\uparrow P_1 = \frac{\uparrow V_1^2}{R_1})$$

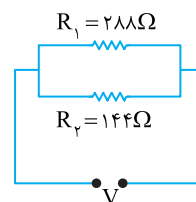
توان خروجی مولد برحسب جریان مدار یک تابع درجه دو $P = -rI^2 + \epsilon I$ است که نمودار آن سهمی است و وقتی توان بیشینه است که مقاومت خارجی با مقاومت درونی برابر باشد $(R=r)$ ، در این صورت اگر مقاومت خارجی مدار هنگام افزایش در حال

دور شدن از مقاومت درونی باشد، توان در حال کاهش است. به مدار نگاه کنید. مقاومت 6Ω با باتری متوالی است و قطعاً مقاومت مدار از 6Ω بزرگ‌تر است و با افزایش مقاومت متغیر، مقاومت معادل افزایش می‌یابد و از r دورتر می‌شود بنابراین توان خروجی کاهش می‌یابد.

در مقاومت‌های موازی مقاومت معادل از تک‌تک مقاومت‌های مدار کوچک‌تر است.

با توجه به رابطه $P = \frac{V^2}{R}$ اگر مقدار اختلاف پتانسیل دو سر مدار ثابت باشد،

هرچه R کوچک‌تر باشد، توان مصرفی مدار بزرگ‌تر خواهد شد.



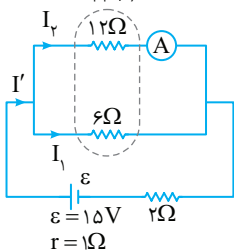
بیشینه توان مصرفی برای اختلاف پتانسیل دو سر مدار نشان داده شده، هنگامی است که هر دو کلید بسته باشند و هر دو مقاومت موازی در مدار قرار گیرند تا مقاومت مدار کمترین مقدار شود.

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow \frac{1}{R_{eq}} = \frac{3}{288}$$

$$\Rightarrow R_{eq} = 96 \Omega \xrightarrow{P = \frac{V^2}{R}} P_{\max} = \frac{V^2}{R_{eq}} = \frac{V^2}{96}$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{14 + 1} \Rightarrow \varepsilon = 15V$$

$$\text{موازی: } \frac{12 \times 6}{12 + 6} = 4\Omega$$



حالت دوم وقتی کلید K را می‌بندیم، دو مقاومت 12Ω و 6Ω دست در دست هم می‌دهند و موازی می‌شوند و مقاومت معادل خواهد شد: $R'_{eq} = 4 + 2 \Rightarrow R'_{eq} = 6\Omega$ جریان مدار برابر است با:

$$I' = \frac{\varepsilon}{R'_{eq} + r} \Rightarrow I' = \frac{15}{6 + 1} = \frac{15}{7} A$$

در مقاومت‌های موازی جریان به نسبت عکس مقدار مقاومت تقسیم می‌شود بنابراین

$$I_1 + I_2 = \frac{15}{7} A \Rightarrow 3I_2 = \frac{15}{7} A \Rightarrow I_2 = \frac{5}{7} A \quad \text{است: } I_1 = 2I_2$$

آمپرسنج $\frac{5}{7}$ آمپر را نشان می‌دهد.

۲۲۲ A

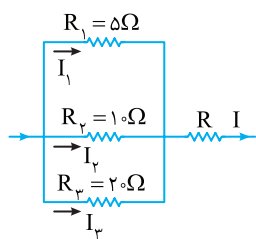
اختلاف پتانسیل منبع و جریان مدار را در اختیار داریم، بنابراین ابتدا باید مقاومت معادل را به دست بیاوریم و سپس بررسی کنیم با چه تعداد مقاومت 4Ω اهمی می‌توان این مقاومت معادل را ساخت. مقاومت کل مدار برابر است با:

$$R_{eq} = \frac{V}{I} \Rightarrow R_{eq} = \frac{12}{15} \Rightarrow R_{eq} = 8\Omega$$

مقاومت معادل 8Ω است که از مقاومت 4Ω کمتر است بنابراین باید مقاومت‌ها را با هم موازی ببندیم.

پیداوی! اگر n تا مقاومت مشابه R را با یکدیگر موازی ببندیم، مقاومت معادل مدار برابر $\frac{R}{n}$ می‌شود.

$$R_{eq} = \frac{R}{n} \Rightarrow 8 = \frac{4}{n} \Rightarrow n = 5$$



مقاومت‌های R_1 و R_2 و R_3 با هم موازی‌اند و اختلاف پتانسیل دو سر شاخه‌های موازی با هم برابر است. وقتی بیان می‌شود اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت 5Ω ، $10V$ است یعنی اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌های 10Ω و 20Ω نیز $10V$ است.

جریان هر مقاومت را به کمک قانون اهم به دست می‌آوریم:

$$I_1 = \frac{V}{R_1} \Rightarrow I_1 = \frac{10}{5} = 2A, \quad I_2 = \frac{V}{R_2} \Rightarrow I_2 = \frac{10}{10} = 1A$$

$$I_3 = \frac{V}{R_3} \Rightarrow I_3 = \frac{10}{20} = 0.5A$$

جریان کل برابر مجموع جریان سه مقاومت است.

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = 2 + 1 + 0.5 = 3.5A$$

روش دوم:

در مقاومت‌های موازی جریان به نسبت عکس مقدار مقاومت‌ها تقسیم می‌شود.

با توجه به اختلاف پتانسیل مقاومت 5Ω ، جریان این مقاومت را به دست می‌آوریم:

$$V_1 = R_1 I_1 \Rightarrow 10 = 5 \times I_1 \Rightarrow I_1 = 2A$$

مقاومت‌های R_1 و R_2 و R_3 موازی با یکدیگرند بنابراین جریان به نسبت عکس مقدار مقاومت بین آن‌ها تقسیم می‌شود.

$$\begin{cases} R_A = \rho \frac{L_A}{A_A} \Rightarrow \frac{R_A}{R_B} = \frac{L_A}{L_B} \times \frac{A_B}{A_A} \xrightarrow{A = \pi \frac{D^2}{4}} \frac{R_A}{R_B} = \frac{L_A}{L_B} \times \frac{D_B^2}{D_A^2} \\ R_B = \rho \frac{L_B}{A_B} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{R_A}{R_B} = \frac{1}{4} \frac{L_B}{L_A} \times \frac{D_B^2}{(2D_B)^2} \xrightarrow{R_A = 5\Omega} \frac{5}{R_B} = \frac{1}{16} \Rightarrow R_B = 80\Omega$$

$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{\rho_A}{\rho_B} \times \frac{L_A}{L_B} \times \left(\frac{D_B}{D_A}\right)^2 \quad \text{نسبت مقاومت در دو حالت برابر است با:}$$

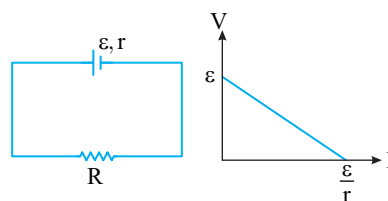
میانبر

۲۲۹ B

در یک باتری که در مداری مطابق شکل زیر بسته شده است، ولتاژ دو سر باتری برابر خواهد شد با:

$$V = \varepsilon - Ir$$

در این صورت نمودار $V-I$ آن خط راستی است که عرض از مبدأ آن ε و شیب آن $-r$ است.



با توجه به نمودار مسئله $\varepsilon_A = 10V$ و $\varepsilon_B = 20V$ است. از طرفی مقدار $\frac{\varepsilon}{r}$ در هر دو نمودار برابر است از این‌رو:

$$\frac{\varepsilon_B}{r_B} = \frac{\varepsilon_A}{r_A} \Rightarrow \frac{r_B}{r_A} = \frac{\varepsilon_B}{\varepsilon_A} = \frac{20}{10} = 2$$

۲۳۰ B

در حل این مسائل فرض اصلی این است که مقاومت لامپ ثابت است.

همچنین ولتاژ دو سر لامپ داده شده، در این صورت رابطه توان به صورت $P = \frac{V^2}{R}$ قابل استفاده است.

بنابر فرض مسئله توان مصرفی لامپ ۱۹٪ کاهش یافته یعنی $P_2 = P_1 - \frac{19}{100} P_1 = \frac{81}{100} P_1$ بوده و توان ثانویه لامپ با ولتاژ جدید، ۸۱٪ توان آن با ولتاژ $200V$ است بنابراین:

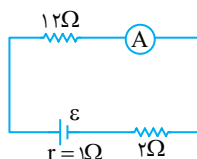
$$P_2 = \frac{V_2^2}{R} = \frac{81}{100} \frac{V_1^2}{R} \Rightarrow \frac{V_2^2}{V_1^2} = \frac{81}{100} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{9}{10} \Rightarrow V_2 = 180V$$

$$V_2 = \frac{81}{100} \times 200^2 \Rightarrow V_2 = \frac{9}{10} \times 200 \Rightarrow V_2 = 180V$$

در نتیجه ولتاژ از $200V$ به $180V$ رسیده و $200 - 180 = 20V$ افت داشته است.

۲۳۱ B

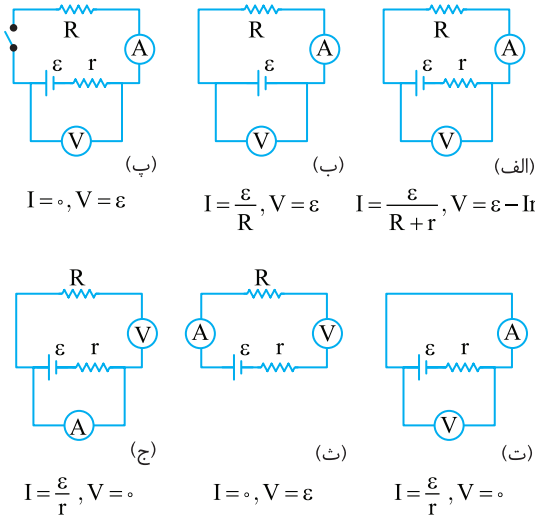
در این مدار مقدار نیروی محرکه (ε) داده نشده، ابتدا با توجه به اطلاعات داده شده برای حالتی که کلید باز است، نیروی محرکه را به دست می‌آوریم و سپس در گام بعدی با داشتن نیروی محرکه و در حالتی که کلید بسته است خواسته سؤال را حساب می‌کنیم.



حالت اول در حالتی که کلید باز است مقاومت 6Ω در مدار حضور ندارد و دو مقاومت 12Ω و 2Ω در مدار بوده که با هم متوالی‌اند و مقاومت معادل آن‌ها خواهد شد:

$$R_{eq} = 12 + 2 = 14\Omega$$

با توجه به رابطه جریان مدار، نیروی محرکه را به دست می‌آوریم:



در شکل‌های (الف) تا (ز) ولت‌سنج و آمپرسنج در مدار به درستی قرار گرفته‌اند، اما نحوه قرار گرفتن آن‌ها در مدارهای (ث) و (ج) نادرست است.

۲۳۷ A

در فرض مسئله صراحتاً بیان شده که مقاومت ثابت است و چون ولتاژ تغییر می‌کند باید از رابطه $P = \frac{V^2}{R}$ برای بررسی توان استفاده کرد.

رابطه توان را برای ولتاژ $220V$ و ولتاژ $200V$ نوشته و برهم تقسیم می‌کنیم تا توان برای ولتاژ $200V$ به دست آید.

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\frac{V_1^2}{R}}{\frac{V_2^2}{R}} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2 \Rightarrow \frac{P_1}{100} = \left(\frac{220}{200}\right)^2 = \left(\frac{11}{10}\right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{P_1}{100} = \frac{121}{100} \Rightarrow P_1 = 121 W$$

انرژی مصرف شده برابر $U = Pt$ است. برای آنکه یکای انرژی را بر حسب کیلووات ساعت به دست آوریم، باید در رابطه انرژی، توان را بر حسب کیلووات و زمان را بر حسب ساعت قرار دهیم:

$$U = Pt \xrightarrow[t=1h]{P_1 = \frac{121}{100} W = 1.21 kWh} U = \frac{121}{100} \times 1 = 1.21 kWh$$

۲۳۸ A

به کمک نمودار جریان بر حسب ولتاژ ($I-V$) می‌توان مقاومت رسانا را به دست آورد. به کمک داده‌های روی نمودار مقاومت‌های A و B را به سادگی به دست می‌آوریم:

با توجه به نمودار برای مقاومت A داریم:

$$R_A = \frac{V}{I} \Rightarrow R_A = \frac{3}{4} \Omega \quad (1)$$

برای مقاومت B نیز داریم:

$$R_B = \frac{V}{I} \Rightarrow R_B = \frac{2}{3} \Omega \quad (2)$$

بنابراین نسبت دو مقاومت A و B برابر است با:

$$(1), (2) \Rightarrow \frac{R_B}{R_A} = \frac{\frac{2}{3}}{\frac{3}{4}} = \frac{8}{9}$$

مقاومت R_2 دو برابر مقاومت R_1 است پس $I_2 = \frac{I_1}{2} = 1A$ و مقاومت R_3 چهار

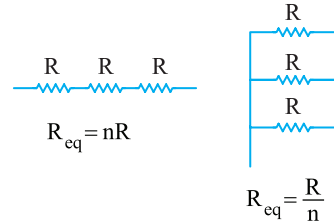
برابر مقاومت R_1 است پس $I_3 = \frac{I_1}{4} = 0.5A$. بنابراین جریان I برابر است با:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = 3/5 A$$

۲۳۴ A

در هر دو حالت، اختلاف پتانسیل دو سر مجموعه مقاومت‌ها برابر است. بنابراین برای مقایسه توان مجموعه مقاومت‌ها بهتر است از رابطه $P = \frac{V^2}{R}$ استفاده شود. البته ابتدا باید مقاومت معادل را در هر حالت به دست آورد.

اگر n مقاومت مشابه R اهمی متوالی بسته شوند، مقاومت معادل آن‌ها nR می‌شود و اگر n مقاومت مشابه R اهمی موازی بسته شوند، مقاومت معادل آن‌ها $\frac{R}{n}$ می‌شود.



در اتصال متوالی، مقاومت معادل $R_{eq} = 3R$ و در اتصال موازی مقاومت معادل

$$R'_{eq} = \frac{R}{3} \text{ است. توان را در دو حالت نوشته و بر هم تقسیم می‌کنیم:}$$

$$\frac{P'}{P} = \frac{\frac{V^2}{R'_{eq}}}{\frac{V^2}{R_{eq}}} \Rightarrow \frac{P'}{P} = \frac{R_{eq}}{R'_{eq}} \Rightarrow \frac{P'}{P} = \frac{3R}{\frac{R}{3}} \Rightarrow \frac{P'}{P} = 9 \Rightarrow P' = 9 \times 10 = 90 W$$

۲۳۵ B

با توجه به رابطه ساختمانی مقاومت ($R = \rho \frac{L}{A}$) برای آنکه مقاومت بیشینه باشد باید طول مقاومت (L) بیشینه و سطح مقطع آن (A) کمینه باشد و برای آنکه مقاومت کمینه باشد بالعکس.

$$R_{max} = \rho \times \frac{L}{A} = 2\rho, R_{min} = \rho \times \frac{1}{A} = \frac{\rho}{8} \Rightarrow \frac{R_{max}}{R_{min}} = \frac{2\rho}{\frac{\rho}{8}} = 16$$

۲۳۶ B

جریان از سیم بدون مقاومت می‌گذرد و مقدار آن برابر است با:

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow I = \frac{12}{0.6+6} = 2A$$

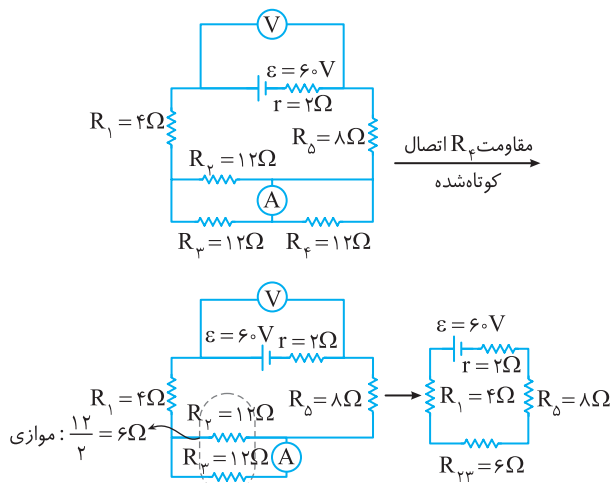
ولت‌سنج اختلاف پتانسیل دو سر باتری را نشان می‌دهد. از این‌رو:

$$V = \varepsilon - Ir \Rightarrow V = 12 - 2 \times 0.6 \Rightarrow V = 10.8$$

بنابراین ولت‌سنج عدد صفر را نمایش می‌دهد.

همان‌طور که در علوم نیز خواندید، آمپرسنج آرمانی جریان را نشان می‌دهد و مقاومت آن ناچیز است. ولت‌سنج آرمانی نیز اختلاف پتانسیل را نشان می‌دهد و مقاومت آن بسیار زیاد است. در پایین حالت‌های مختلف بسته شدن آمپرسنج و ولت‌سنج آرمانی در مدار ساده را آورده‌ایم، البته در پنجره سوم یک بخش کامل راجع به آمپرسنج و ولت‌سنج صحبت می‌کنیم.

I و V به ترتیب اعدادی هستند که آمپرسنج و ولت‌سنج آرمانی نشان می‌دهند.



$$R_{eq} = 4 + 8 + 6 = 18\Omega$$

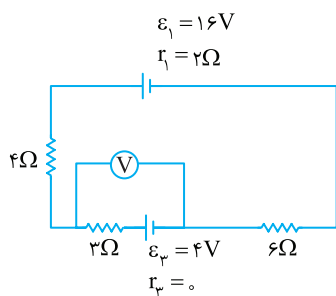
$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{6}{18 + 2} = \frac{6}{20} \Rightarrow I = 3A$$

آمپرسنج با مقاومت R_p متوالی بسته شده و جریان عبوری از آن را نشان می‌دهد. جریان ۳A بین دو شاخه موازی با مقاومت‌های یکسان 12Ω نصف شده، پس جریان عبوری از مقاومت R_p برابر $\frac{3}{2} = 1.5A$ است و آمپرسنج $1.5A$ را نشان می‌دهد.

ولتسنج اختلاف پتانسیل دو سر باتری را نشان می‌دهد که برابر است با:

$$V = \varepsilon - Ir \Rightarrow V = 6 - (3)(2) = 0V$$

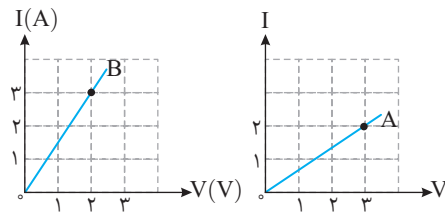
شاخه شامل باتری (۲) باز بوده و این شاخه از مدار حذف می‌شود.



$$I = \frac{16 - 4}{13 + 2} = \frac{12}{15} = 0.8A$$

اختلاف پتانسیل دو سر ولتسنج برابر است با:

$$V = \varepsilon_p + IR \Rightarrow V = 4 + 0.8 \times 3 = 4 + 2/4 = 6/4V$$



۱ ۲۳۹ A

ابتدا جریان مدار را به دست می‌آوریم:

$$I = \frac{\varepsilon_p + \varepsilon_1}{R_{eq} + r_{eq}}$$

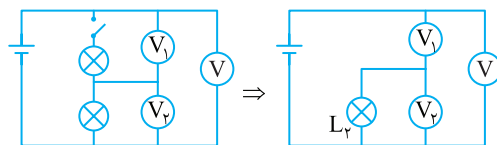
$$I = \frac{14 + 6}{\frac{3 \times 1/5}{3 + 1/5} + 2 + 5 + 1 + 1} = \frac{20}{10} = 2A$$

اکنون با توجه به مدار ساده شده شکل روبه‌رو پتانسیل نقطه A یعنی اختلاف پتانسیل بین A و زمین را حساب می‌کنیم:

$$V_A + 2 \times 2 + 1 \times 2 = 0 \Rightarrow V_A = -6V$$

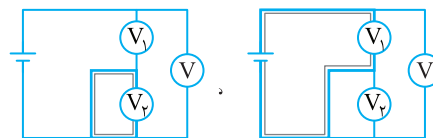
۲ ۲۴۰ B

هنگامی که کلید K_1 باز می‌شود، شاخه دارای کلید K_1 حذف شده و شکل مدار به صورت زیر خواهد شد:



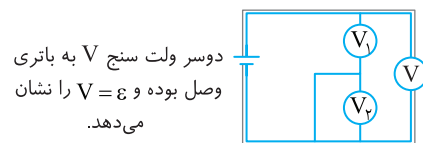
با توجه به شکل لامپ L_p با ولتسنج V_1 متوالی شده و جریانی از آن عبور نمی‌کند و در واقع این لامپ نیز روشن نبوده و اختلاف پتانسیلی ایجاد نمی‌کند و مانند سیم عمل خواهد کرد.

دو سر ولتسنج V_p به هم وصل شده و صفر را نشان می‌دهند، اما ولتسنج‌های V_1 و V به دو سر باتری وصل بوده و نیرومحرکه را نشان می‌دهند. شکل اتصال این سه ولتسنج را در زیر کشیده‌ایم:



دو سر ولتسنج V_1 به باتری وصل بوده و چون مدار جریانی ندارد. $V_1 = \varepsilon$

دو سر ولتسنج V_p با سیم به هم وصل بوده و $V_p = 0$ است.



۱ ۲۴۱ B

آمپرسنج آرمانی، مقاومت ناچیزی دارد. بنابراین مقاومت R_p اتصال کوتاه شده و از مدار حذف می‌شود. اکنون مقاومت معادل را مرحله به مرحله به دست می‌آوریم:

ذره دارای بار مثبت است پس نیروی الکتریکی و میدان الکتریکی هم‌جهت‌اند.

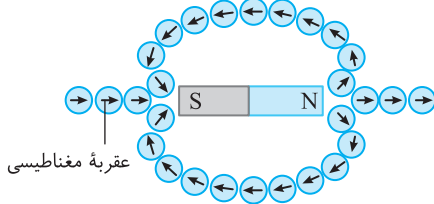
$$q = 2 \times 10^{-6} \text{ C} \quad \vec{E} \quad \vec{F}_E$$

دو نیرو خلاف جهت هم‌اند، بنابراین نیروی خالص وارد بر ذره برابر است با:

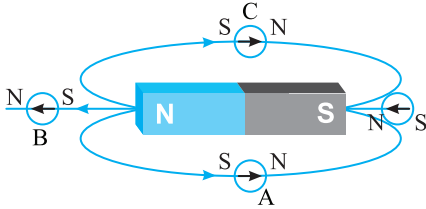
$$F_T = F_E - F_B \Rightarrow F_T = 10^{-3} - 0.8 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-4} \text{ N}$$

۲۴۷ A

شکل زیر نحوه قرار گرفتن عقربه مغناطیسی در اطراف یک آهنربای میله‌ای را نشان می‌دهد و کاملاً مشخص است که نوک پیکان عقربه که بیانگر قطب N است توسط قطب S آهنربا جذب و توسط قطب N آهنربا دفع می‌شود. هم‌چنین انتهای عقربه مغناطیسی که قطب S است توسط قطب N جذب و توسط قطب S آهنربا دفع می‌شود.



با توجه به جهت عقربه مغناطیسی که در کنار Y است و قطب N عقربه به سوی آن قرار دارد باید Y، قطب S آهنربا و در این صورت X، قطب N باشد و عقربه‌های مغناطیسی به‌صورت شکل زیر قرار می‌گیرند، بنابراین گزینه (۱) درست می‌باشد.



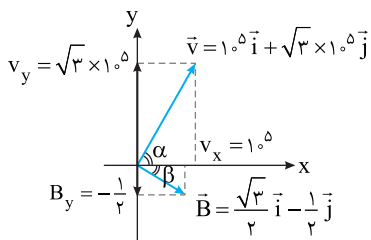
۲۴۸ C

باید هریک از بردارها را در صفحه x-y رسم کنید. سپس زاویه‌ای که این بردارها با محور xها می‌سازند را حساب کنید تا بتوانید زاویه بین $\vec{B}$ و $\vec{v}$ را به‌دست آورده و با حساب کردن اندازه هریک از بردارهای $\vec{B}$ و $\vec{v}$ ، نیروی مغناطیسی را به‌دست بیاورید.

۱. به شکل زیر نگاه کنید. بردار $\vec{v}$ را رسم کرده‌ایم. زاویه بین بردار $\vec{v}$ و محور xها

$$\tan \alpha = \frac{v_y}{v_x} = \frac{\sqrt{3} \times 10^5}{10^5} = \sqrt{3} \Rightarrow \alpha = 60^\circ$$

خواهد شد:



۲. زاویه بین بردار $\vec{B}$ و محور x را حساب می‌کنیم.

$$\tan \beta = \frac{|B_y|}{B_x} = \frac{1/2}{\sqrt{3}/2} = \frac{1}{\sqrt{3}} \Rightarrow \beta = 30^\circ$$

۳. بنابراین زاویه بین دو بردار $\vec{B}$ و $\vec{v}$ خواهد شد:

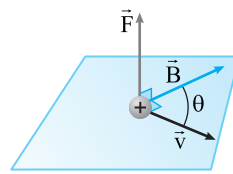
$$\theta = \alpha + \beta = 60^\circ + 30^\circ \Rightarrow \theta = 90^\circ \Rightarrow \sin \theta = 1$$

۴. اندازه بردار $\vec{v}$ را به‌دست می‌آوریم:

$$|\vec{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \Rightarrow v = \sqrt{(10^5)^2 + (\sqrt{3} \times 10^5)^2} \Rightarrow v = 2 \times 10^5 \text{ m/s}$$

پاسخ فصل هشتم

۲۴۳ A



هرگاه یک بار الکتریکی با سرعت $\vec{v}$ وارد میدان مغناطیسی $\vec{B}$ شود به‌گونه‌ای که سرعت بار در جهت راستای خطوط میدان مغناطیسی نباشد، از طرف میدان به آن نیرویی وارد می‌شود که این نیرو همواره بر دو بردار سرعت $\vec{v}$ و میدان $\vec{B}$ عمود است. بنابراین گزینه (۳) درست است.

۲۴۴ A

نیروی وارد بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی بر راستای حرکت ذره عمود است و تنها سبب تغییر جهت حرکت ذره می‌شود و تندی ذره تغییر نمی‌کند، بنابراین $\frac{v'}{v} = 1$

خواهد بود.

۲۴۵ A

صحت شتاب شده، بنابراین شما باید نیروی مغناطیسی وارد بر ذره را حساب کنید، سپس به کمک قانون دوم نیوتون، شتاب را به‌دست می‌آوریم.

$$F = |q|vB \sin \theta \quad |q| = 5 \times 10^{-6} \text{ C}, v = 10^7 \text{ m/s} \quad B = 4 \times 10^{-3} \text{ T}, \theta = 90^\circ$$

$$F = 5 \times 10^{-6} \times 10^7 \times 4 \times 10^{-3} \Rightarrow F = 2 \times 10^{-4} \text{ N}$$

شتاب ذره در اثر نیروی مغناطیسی برابر است با:

$$F = ma \quad m = 5 \times 10^{-31} \text{ kg} \Rightarrow 2 \times 10^{-4} = a \times 5 \times 10^{-31} \Rightarrow a = 4 \times 10^{26} \text{ m/s}^2$$

۲۴۶ B

با توجه به سؤال جرم ذره ناچیز بوده و در واقع از نیروی وزن وارد بر جسم صرف‌نظر شده است. ابتدا اندازه و جهت نیروی الکتریکی و نیروی مغناطیسی که از طرف میدان الکتریکی و مغناطیسی به ذره وارد می‌شود را به‌دست می‌آوریم و اگر این دو نیرو هم‌جهت باشند نیروی خالص مجموع آن‌ها و اگر این نیرو خلاف جهت هم باشند نیروی خالص تفاضل آن‌ها و اگر برهم عمودند، نیروی خالص از فیثاغورس به‌دست می‌آید.

۱. اندازه نیروی مغناطیسی و نیروی الکتریکی از طرف میدان‌های مغناطیسی و الکتریکی از رابطه‌های زیر به‌دست می‌آید:

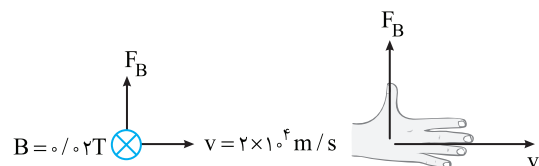
نیروی الکتریکی	نیروی مغناطیسی
$F_E = E q $	$F = q vB \sin \alpha$ زاویه بین میدان مغناطیسی و جهت حرکت ذره

۳. نیروی مغناطیسی: ذره عمود بر خطوط میدان مغناطیسی در حال حرکت است بنابراین $\alpha = 90^\circ$ است:

$$F_B = qvB \Rightarrow F_B = 2 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^4 \times 2 \times 10^{-2}$$

$$\Rightarrow F_B = 8 \times 10^{-4} \text{ N} = 0.8 \times 10^{-3} \text{ N}$$

جهت نیروی مغناطیسی با توجه به قاعده دست راست مشخص می‌شود. چهار انگشت دست راست را در جهت حرکت ذره به سمت راست گرفته به‌طوری که خم شدن انگشت‌ها جهت میدان مغناطیسی (درونسو) را نشان دهد، حال جهت شست (روبه‌بالا) جهت نیروی مغناطیسی می‌شود:



$$F_E = Eq \Rightarrow F_E = 500 \times 2 \times 10^{-6} = 10^{-3} \text{ N}$$

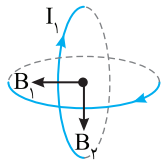
۴. نیروی الکتریکی:

$$B_1 = \mu_0 \frac{N_1 I_1}{2R_1} \Rightarrow B_1 = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{1 \times 20}{2 \times 2 \times 10^{-2}} \Rightarrow B_1 = 1.6\pi \times 10^{-5} \text{ T}$$

$$B_1 = 1.6\pi \times 10^{-5} \times 10^4 \Rightarrow B_1 = 1/6\pi \text{ G}$$

برای تبدیل تسلا به گوس

نکته وقتی سطح حلقه‌ها بر هم عمود باشند آنگاه بردار میدان مغناطیسی حلقه‌ها نیز برهم عمود است.



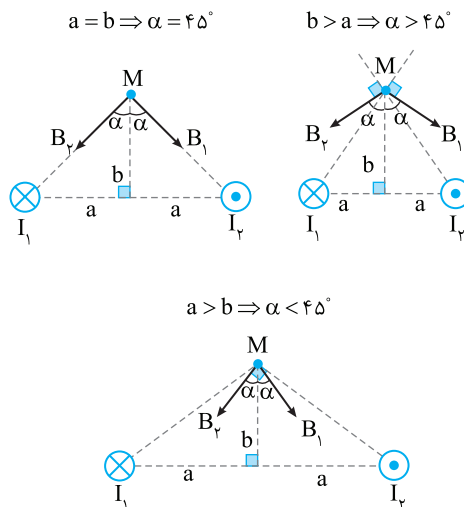
$$B_2 = \mu_0 \frac{N_2 I_2}{2R_2} \Rightarrow B_2 = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{1 \times 18}{2 \times 3 \times 10^{-2}} \Rightarrow B_2 = 1.2\pi \times 10^{-5} \text{ T} = 1/2\pi \text{ G}$$

به کمک رابطه فیثاغورس میدان خالص را در مرکز حلقه‌ها به دست می‌آوریم.

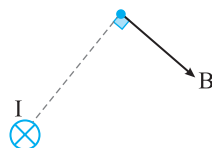
$$B_T = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} \Rightarrow B_T = \sqrt{(1/6\pi)^2 + (1/2\pi)^2}$$

$$B_T = \sqrt{(0.4\pi)^2 + (3\pi)^2} \Rightarrow B_T = 0.4\pi \times 5 \Rightarrow B_T = 2\pi \text{ G}$$

یادآوری ۱ جهت میدان مغناطیسی دو سیم موازی حامل جریان در نقطه واقع بر عمود منصف دو سیم:



یادآوری ۲ میدان مغناطیسی یک سیم راست طویل حامل جریان بر خط واصل بین سیم و نقطه مشاهده عمود است.



اکنون به حل مسئله می‌پردازیم:
خط عمود بر خط واصل M با سیم I_1 و خط عمود بر خط واصل M با سیم I_2 را رسم می‌کنیم. در واقع میدان B_1 ناشی از سیم I_1 بر خط عمود بر MI_1 منطبق و میدان B_2 ناشی از سیم I_2 بر خط عمود بر MI_2 منطبق است و گزینه (۱) پاسخ درست است.
البته می‌توان با قاعده دست راست جهت B_1 و B_2 را نیز مشخص کرد که با توجه به گزینه‌ها لازم نیست.

۵ اندازه بردار $\vec{B}$ را به دست می‌آوریم.

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2} \Rightarrow B = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2} = 1 \text{ T}$$

۶ نیروی مغناطیسی وارد بر بار می‌توان حساب کرد.

$$F = |q|vB \sin \theta \xrightarrow{q=1/6 \times 10^{-19} \text{ C}} F = 1/6 \times 10^{-19} \times 2 \times 10^5$$

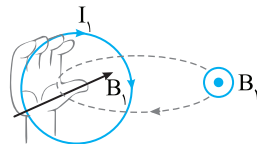
$$\Rightarrow F = 3/2 \times 10^{-14} \text{ N}$$

۲۵۰ **B**

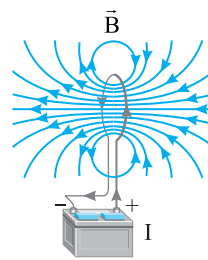
یادآوری برای تشخیص جهت میدان مغناطیسی اطراف سیم حامل جریان، شست دست راست را در جهت جریان الکتریکی سیم قرار داده، جهت چرخش چهار انگشت دیگر، جهت میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد.
میدان مغناطیسی در نقطه A صفر شده است.
بنابراین میدان مغناطیسی دو سیم در نقطه A در خلاف جهت هم هستند، اما چون نقطه A به سیم I_2 نزدیک‌تر است قطعاً جریان سیم I_2 از جریان سیم I_1 کمتر است. ($I_2 < I_1$)

با توجه به قاعده دست راست جهت میدان مغناطیسی سیم I_1 در نقطه A درون سیم است. بنابراین میدان مغناطیسی سیم I_2 باید برون سیم باشد یعنی I_2 با I_1 هم جهت است.
جمع‌بندی: اگر جریان دو سیم همسو باشد، میدان در نقطه‌ای بین دو سیم و نزدیک به سیم با جریان کوچک‌تر صفر خواهد شد.
اگر جریان دو سیم ناهمسو باشد، میدان در نقطه‌ای خارج دو سیم و نزدیک به سیم با جریان کوچک‌تر صفر خواهد شد.

۲۵۱ **A**



با توجه به قاعده دست راست با توجه به اینکه میدان در مرکز حلقه درون سیم است مطابق شکل باید جریان حلقه ساعتگرد باشد.



در یک حلقه حامل جریان خط‌های میدان در ناحیه داخل حلقه به یکدیگر نزدیک‌ترند یعنی میدان در این ناحیه قوی‌تر است و افزون بر این در نقطه‌های روی محور حلقه، میدان موازی محور حلقه است. بنابراین در نقاط درون حلقه به ویژه در مرکز آن میدان قوی‌تر از نقاط بیرون حلقه است و $B_1 > B_2$.

۲۵۲ **A**

جریان دو سیم همسو بوده بنابراین نیروی بین آن‌ها رابینشی است و جهت نیروی وارد بر I_1 رو به پایین ($\downarrow$) و جهت نیروی وارد بر I_2 رو به بالا ($\uparrow$) است. بنا به قانون سوم نیوتون، نیرویی که سیم I_1 بر هر متر از سیم I_2 وارد می‌کند با نیرویی که سیم I_2 بر هر متر از سیم I_1 وارد می‌کند برابر است.

۲۵۳ **B**

یادآوری میدان مغناطیسی در مرکز پیچه مسطح از رابطه $B = \frac{\mu_0 NI}{2R}$ به دست می‌آید که در آن N تعداد حلقه‌ها، R شعاع حلقه و I جریان گذرنده از پیچه است.
۱ میدان مغناطیسی هر حلقه ($N=1$) را حساب می‌کنیم.

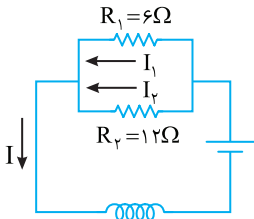
تشریحی در این سؤالات باید با استفاده از مدار جریان عبوری از سیم‌لوله را به دست بیاوریم. ابتدا جریان مقاومت R_1 را به دست می‌آوریم، توان مصرفی مقاومت برابر

$$P = RI^2 \text{ است، بنابراین:}$$

$$P_1 = I_1^2 R_1 \Rightarrow 24 = I_1^2 \times 6 \Rightarrow I_1 = 2A$$

مقاومت‌های R_1 و R_2 موازی‌اند و در مقاومت‌های موازی جریان به نسبت وارون مقاومت‌ها تقسیم می‌شود.

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{R_1}{R_2} \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \frac{6}{12} \Rightarrow I_2 = 1A$$



بنابراین جریان مدار که از سیم‌لوله نیز عبور می‌کند برابر است با:

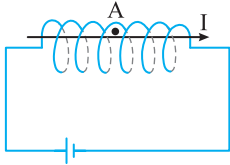
$$I = I_1 + I_2 \Rightarrow I = 2 + 1 = 3A$$

$$\frac{N}{l} = n = 1000 \text{ تعداد دور در هر متر}$$

است، اکنون می‌توان میدان مغناطیسی درون سیم‌لوله را به دست آورد:

$$B = \mu_0 n I \Rightarrow B = 4\pi \times 10^{-7} \times 1000 \times 3 \Rightarrow B = 1/2\pi \times 10^{-3} T$$

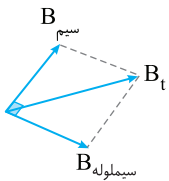
۲۵۹ B



تشریحی سیم راست موازی محور سیم‌لوله رسم شده است. میدان مغناطیسی سیم‌لوله در امتداد محور سیم‌لوله است و میدان مغناطیسی سیم راست حامل جریان I در نقطه A به خط

واصل بین A و سیم راست عمود است، یعنی

میدان مغناطیسی سیم راست در نقطه A بر میدان مغناطیسی سیم‌لوله عمود است، بنابراین شما باید میدان مغناطیسی سیم‌لوله را حساب کنید سپس به کمک رابطه فیتاغورس، میدان مغناطیسی خالص در نقطه A را به دست بیاورید.



پیداوی نسبت $\frac{N}{l}$ برابر تعداد حلقه‌های سیم‌لوله

در واحد طول است.

۱. میدان مغناطیسی سیم‌لوله در تمام نقاط درون آن برابر است با:

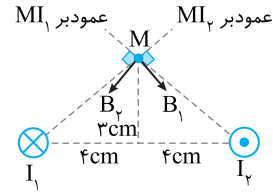
$$B = \mu_0 \frac{N}{l} I = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 5000}{1} \times 5 = 10\pi \times 10^{-3} T = 10\pi \times 10^{-3} T$$

$$\Rightarrow B = 24 \times 10^{-3} T = 24 mT$$

۲. میدان مغناطیسی برآیند در نقطه A خواهد شد:

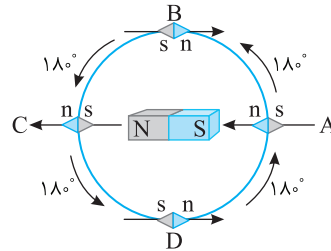
$$B_t = \sqrt{B_{\text{سیم}}^2 + B_{\text{سیم‌لوله}}^2} = \sqrt{10^2 + 24^2} = \sqrt{2^2(5^2 + 12^2)}$$

$$= 2 \times 13 = 26 mT \Rightarrow B_t = 26 mT$$

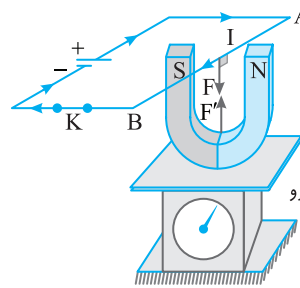


۲۵۵ A

با توجه به شکل از حالت A تا B عقربه 180° و از B تا C نیز 180° و از C تا D مجدداً 180° و سرانجام از D تا A نیز 180° می‌چرخد. بنابراین عقربه $4 \times 180^\circ = 720^\circ$ خواهد چرخید.



۲۵۶ B



تشریحی آهنربا روی ترازو

قرار دارد پس ترازو وزن آهنربا را

نشان می‌دهد اما اگر به آهنربا

نیروی F رو به پایین وارد شود ترازو

عدد بزرگ‌تری یعنی W + F را

نشان دهد و اگر به آهنربا نیروی F

رو به بالا وارد شود ترازو عدد

کمتری یعنی W - F را نشان می‌دهد. با بستن کلید، با توجه به جهت جریان (از A به B) و قاعده دست راست، آهنربا نیروی F را رو به پایین بر سیم وارد می‌کند. بنابر قانون سوم نیوتون سیم نیز بر آهنربا نیروی F' رو به بالا وارد می‌کند. بنابراین با بستن کلید، ترازو عدد کمتری (W - F') را نشان می‌دهد.

۲۵۷ B

تشریحی بردار میدان مغناطیسی برحسب بردارهای یک‌پایه شده از طرفی سیم حامل

جریان در امتداد محور y است. هرگاه سیم در امتداد میدان مغناطیسی باشد بر سیم حامل

جریان نیرویی وارد نمی‌شود، بنابراین مؤلفه y میدان (B_y) بر سیم نیرو وارد نمی‌کند و شما

باید نیرویی که مؤلفه x میدان (B_x) بر سیم وارد می‌کند را به دست بیاورید.

برای اندازه نیروی میدان مغناطیسی و همچنین

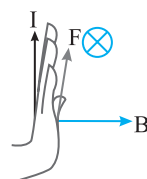
جهت این نیرو به‌طور کامل B_y را نادیده

می‌گیریم. از این‌رو اندازه نیروی وارد بر سیم برابر

است با:

$$F = I B_x \sin \theta \quad \begin{matrix} B_x = 6T \\ I = 50A, \theta = 90^\circ, l = 2m \end{matrix}$$

$$F = 50 \times 6 \times 2 \times 1 = 600 N$$



با توجه به قاعده دست راست چهار انگشت

دست راست خود را در امتداد محور y قرار

دهید (در سوی جریان) به گونه‌ای که کف دست

شما به سمت راست و در جهت محور x باشد در

این حالت انگشت باز شست شما به سوی درون

صفحه کاغذ خواهد بود یعنی F درون‌سوست.

۲۵۸ A

۲) حال با توجه به قانون القای الکترومغناطیسی فاراده، نیروی محرکه القایی متوسط را حساب می‌کنیم:

$$|\bar{\varepsilon}| = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \xrightarrow{N=1} |\bar{\varepsilon}| = -1 \times \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{t_2 - t_1}$$

$$\Rightarrow |\bar{\varepsilon}| = \frac{-60(-4 \times 10^{-3} - 0)}{\frac{1}{100} - \frac{1}{200}} \Rightarrow |\bar{\varepsilon}| = 48 \text{ V}$$

نیروی محرکه القایی را با توجه به قانون القا به‌دست می‌آوریم:

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow \bar{\varepsilon} = -200 \times \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{\Delta t} \Rightarrow \bar{\varepsilon} = -200 \times \frac{-0.5}{\Delta t} \Rightarrow \bar{\varepsilon} = \frac{100}{\Delta t}$$

۳) با قانون اهم، جریان را به‌دست می‌آوریم:

$$R = \frac{V}{I} \xrightarrow{V=\bar{\varepsilon}} \bar{I} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} \Rightarrow \bar{I} = \frac{\Delta t}{100} \Rightarrow \bar{I} = \frac{1}{\Delta t}$$

۳) بار شارش شده در این بازه زمانی را حساب می‌کنیم:

$$q = \bar{I} \Delta t \Rightarrow q = \frac{1}{\Delta t} \times \Delta t \Rightarrow q = 1 \text{ C}$$

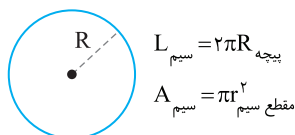
میانبر: بار گذرنده از هر مقطع پیچ در اثر تغییر شار از رابطه روبه‌رو به‌دست

$$\Delta q = N \frac{\Delta\Phi}{R} \Rightarrow \Delta q = 200 \times \frac{0.5}{100} \Rightarrow \Delta q = 1 \text{ C}$$

می‌آید:

خطی: با توجه به قانون اهم $R = \frac{V}{I} \Rightarrow \bar{\varepsilon} = \bar{I}R$ برای به‌دست آوردن نیروی

محرکه القایی ابتدا باید با استفاده از رابطه $R = \rho \frac{L}{A}$ مقاومت حلقه را به‌دست آوریم و سپس با استفاده از قانون اهم، نیروی محرکه القایی را به‌دست می‌آوریم و در گام آخر از قانون القای فاراده $\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ برای به‌دست آوردن آهنگ میدان مغناطیسی استفاده می‌کنیم.



۱) مقاومت حلقه را به‌دست

می‌آوریم. در رابطه مقاومت حلقه

$R = \rho \frac{L}{A}$ ، منظور از L طول سیمی

است که با آن حلقه‌ای به شعاع

۲ cm ساخته شده است، بنابراین $L = 2\pi R$ است و منظور از A ، مساحت سطح مقطع سیم (مقطع سیم πr^2) است:

$$R = \rho \frac{L}{A} \Rightarrow R = \frac{1}{7 \times 10^{-8}} \times \frac{2\pi \times 2 \times 10^{-2}}{\pi \times (2 \times 10^{-3})^2}$$

$$= \frac{1}{7 \times 10^{-8}} \times \frac{4\pi \times 10^{-2}}{\pi \times 4 \times 10^{-6}} \Rightarrow R = \frac{1}{7 \times 10^{-4}} \pi$$

۲) با توجه به جریان القایی و مقاومت الکتریکی به‌دست آمده نیروی محرکه القایی را

به‌دست می‌آوریم:

$$\bar{\varepsilon} = \bar{I}R \Rightarrow \bar{\varepsilon} = 0.2 \times 10^{-4} \times \frac{1}{7 \times 10^{-4}} \pi \Rightarrow \bar{\varepsilon} = 0.28 \times 10^{-4} \text{ V}$$

۳) با توجه به سؤال تنها میدان مغناطیسی عبوری از حلقه در حال تغییر است:

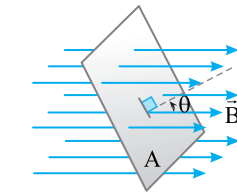
$$\left\{ \begin{aligned} \bar{\varepsilon} &= -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \\ \Delta\Phi &= B_2 A \cos \theta - B_1 A \cos \theta \end{aligned} \right. \Rightarrow 0.28 \times 10^{-4} = -1 \times \frac{(B_2 - B_1) A \cos \theta}{\Delta t}$$

$$\xrightarrow{\theta=0} 0.28 \times 10^{-4} = \pi (2 \times 10^{-3})^2 \left(\frac{\Delta B}{\Delta t} \right) \times 1$$

$$\xrightarrow{n=3} 0.28 \times 10^{-4} = 12 \times 10^{-6} \frac{\Delta B}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{0.28 \times 10^{-4}}{12 \times 10^{-6}} = 2.33 \text{ T/s}$$

پاسخ فصل نهم

۲۶۰ A



خطی: در رابطه شار مغناطیسی

$\Phi = BA \cos \theta$ ، زاویه‌ای است

که نیم‌خط عمود بر سطح یک قاب با خطوط میدان می‌سازد و همواره این زاویه، متمم زاویه‌ای است که صفحه با خطوط میدان مغناطیسی می‌سازد.

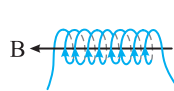
نیم‌خط عمود بر سطح، یا میدان یکنواخت $\vec{B}$ زاویه θ می‌سازد.

زاویه‌ای که صفحه با خطوط میدان مغناطیسی ساخته 60° بوده پس نیم‌خط عمود بر صفحه با خطوط میدان زاویه 30° می‌سازد.

$$\Phi = BA \cos \theta \Rightarrow \Phi = 4 \times 10^{-3} \times 200 \times 10^{-4} \times \cos 30^\circ$$

$$\Rightarrow \Phi = 8 \times 10^{-5} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 4\sqrt{3} \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

۲۶۱ A



یادآوری: میدان مغناطیسی درون سیملوله حامل

جریان برابر $B = \frac{\mu_0 N}{l} I$ است که این میدان بر سطح

حلقه‌های سیملوله عمود است.

۱) میدان مغناطیسی درون سیملوله را حساب می‌کنیم

$$B = \mu_0 \frac{N}{l} I \Rightarrow B = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{100}{0.5} \times 5 = 4\pi \times 10^{-5} \times \frac{5}{2} = \pi \times 10^{-4} \text{ T}$$

$$\Phi = BA \cos \theta$$

۲) شار گذرنده از سیملوله برابر است با:

خطوط میدان درون سیملوله در امتداد محور سیملوله و عمود بر سطح حلقه‌های آن است $(\theta=0, \cos \theta=1)$ در این صورت:

$$\Phi = BA \Rightarrow \Phi = \pi \times 10^{-4} \times \pi \times (2 \times 10^{-2})^2$$

$$\Rightarrow \Phi = 4\pi^2 \times 10^{-8} \xrightarrow{\pi^2=10} \Phi = 4 \times 10^{-7} \text{ Wb}$$

۲۶۲ A

وبر واحد شار مغناطیسی و ثانیه واحد زمان است و وبر بر ثانیه یکای آهنگ تغییر شار $\left(\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right)$ است، که با توجه به قانون القای فاراده متناسب با نیرو محرکه القایی است:

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow |\bar{\varepsilon}| = -\frac{Wb}{s}$$

و می‌دانیم یکای نیروی محرکه ولت است، پس $\frac{Wb}{s}$ معادل ولت است.

۲۶۳ B

خطی: π رادیان، برابر 180° درجه است، پس $\frac{\pi}{2}$ رادیان، 90° ، $\frac{3\pi}{2}$ رادیان،

270° و 2π رادیان، 360° است.

۱) شار عبوری در لحظه‌های $t = \frac{1}{100} \text{ s}$ و $t = \frac{1}{200} \text{ s}$ را به‌دست می‌آوریم.

$$t_1 = \frac{1}{200} \text{ s} \Rightarrow \Phi_1 = 4 \times 10^{-3} \cos 100\pi \times \frac{1}{200} \Rightarrow \Phi_1 = 4 \times 10^{-3} \cos \frac{\pi}{2}$$

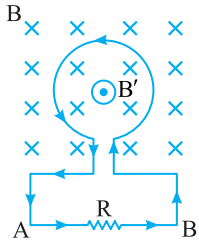
$$\xrightarrow{\cos \frac{\pi}{2} = 0} \Phi_1 = 0$$

$$t_2 = \frac{1}{100} \text{ s} \Rightarrow \Phi_2 = 4 \times 10^{-3} \cos 200\pi \times \frac{1}{100} \Rightarrow \Phi_2 = 4 \times 10^{-3} \cos \pi$$

$$\Rightarrow \Phi_2 = 4 \times 10^{-3} \cos 180^\circ = -4 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

۲۶۹ B

تشریحی با توجه به قانون القای الکترومغناطیس فاراده ($\mathcal{E} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$) در دو



لحظه داده شده، شار با توجه به معادله شار - زمان $\Phi = (\Delta t^2 + \epsilon t) \times 10^{-3}$ مشخص است که با گذشت زمان و افزایش t ، شار در حال افزایش است. میدان مغناطیسی B درون سوست در نتیجه بنابر قانون لنز میدان مغناطیسی القایی باید برونسو باشد تا با افزایش شار مخالفت کند از این رو بنا بر قاعده دست راست برای میدان مغناطیسی حلقه، جهت جریان القایی حلقه پادساعتگرد و در مقاومت R از A به B است.

برای به دست آوردن نیروی محرکه القایی متوسط، ابتدا شار مغناطیسی در $t=0$ و $t=2s$ را به دست می‌آوریم:

$$t=0 \Rightarrow \Phi_1 = 0, \quad t=2s \Rightarrow \Phi_2 = (\Delta t^2 + \epsilon t) \times 10^{-3} = 32 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

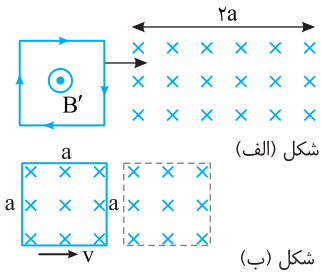
بنابر قانون القای الکترومغناطیس فاراده داریم:

$$|\mathcal{E}| = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow |\mathcal{E}| = \frac{32 \times 10^{-3}}{2} = 16 \times 10^{-3} \text{ V} = 16 \text{ mV}$$

۲۷۰ B

تشریحی مهم‌ترین نکته در حل این تست عبارت درون پرانتز در آخر مسئله است که با توجه به آن اگر جریان درون حلقه فلزی در جهت مثلثاتی (پادساعتگرد) باشد، آن جریان را مثبت در نظر می‌گیریم. نکته بعدی سرعت ثابت حرکت حلقه است که باعث می‌شود آهنگ تغییر شار ($\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$) در هنگام ورود به میدان مغناطیسی و هنگام خروج از

آن ثابت بماند و جریان القایی ثابت باشد یعنی، گزینه (۴) نادرست است.



سرعت حلقه فلزی ثابت است بنابراین در مدت ورود قاب به درون میدان مغناطیسی شار مغناطیسی به‌طور یکنواخت در حال افزایش و جریان القایی در آن ثابت است شکل (الف)، اما با ورود کامل قاب به درون میدان و حرکت آن در میدان تغییر شاری وجود ندارد و جریان القایی صفر می‌شود شکل (ب) و گزینه (۳) نادرست است. اما در هنگام خروج قاب از میدان، چون سرعت قاب ثابت است، آهنگ تغییر شار ثابت

بوده و جریان القایی ثابتی در خلاف جهت اولیه ایجاد می‌شود. (شکل پ)

دقت کنید که شار مغناطیسی در حال ورود به میدان در حال افزایش است و در قاب یک میدان مغناطیسی القایی برونسو (B') ایجاد می‌شود که با افزایش شار مخالفت می‌کند. به کمک قاعده دست راست برای میدان مغناطیسی حلقه مشخص می‌شود که جهت جریان القایی باید پادساعتگرد و در جهت مثلثاتی بوده بنابراین طبق فرض مسئله جریان مثبت است و هنگام خروج به دلیل کاهش شار یک میدان مغناطیسی القایی درونسو ایجاد شده که طبق قانون لنز با کاهش شار مخالفت می‌کند. بنابر قاعده دست راست برای میدان مغناطیسی حلقه مشخص می‌شود که جریان ساعتگرد و در خلاف جهت مثبت مثلثاتی و منفی است.

۲۶۶ B

تشریحی در سؤال نمودار $B-t$ به صورت یک خط داده شده است. می‌دانیم در نمودارهای خطی شیب ثابت است، و پس در نمودار $B-t$ شیب خط یعنی $\frac{\Delta B}{\Delta t}$ در هر بازه‌ای مقدار ثابتی دارد.

۱) میدان مغناطیسی در بازه 0 تا 4 ms به‌طور یکنواخت تغییر می‌کند. ابتدا آهنگ تغییر میدان مغناطیسی ($\frac{\Delta B}{\Delta t}$) را با توجه به نمودار به دست می‌آوریم.

$$\left| \frac{\Delta B}{\Delta t} \right|_{0 \leq t \leq 4 \text{ ms}} = \left| \frac{\Delta B}{\Delta t} \right|_{4 \leq t \leq 6 \text{ ms}} \Rightarrow \left| \frac{\Delta B}{\Delta t} \right|_{0 \leq t \leq 4 \text{ ms}} = \frac{0 - 4}{4 \times 10^{-3}} = -1000 \text{ T/s}$$

۲) حال با توجه به قانون القای فاراده داریم:

$$|\mathcal{E}| = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow |\mathcal{E}| = \frac{N \Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{N \Delta(BA \cos \theta)}{\Delta t} = \frac{N A \cos \theta \Delta B}{\Delta t}$$

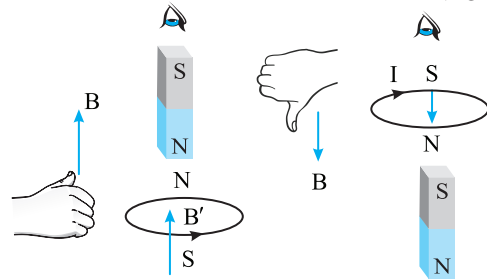
$$\Rightarrow \mathcal{E} = 50 \times A \left(\frac{\Delta B}{\Delta t} \right) \cos \theta$$

سطح پیچه بر خطوط میدان عمود است و $\theta = 0$ است و همچنین مساحت سطح هر حلقه $4 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ است:

$$|\mathcal{E}| = 50 \times 4 \times 10^{-4} \times (-1000) = -4 \text{ V}$$

۲۶۷ B

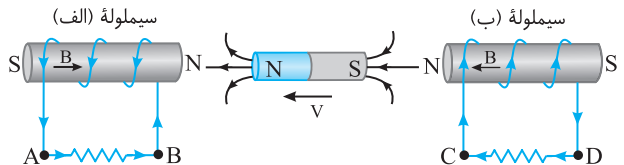
هنگام نزدیک شدن آهنربا به حلقه در اثر تغییر شار، در حلقه جریان القایی به‌وجود می‌آید و سطح بالایی حلقه قطب N می‌شود تا با نزدیک شدن آهنربا به حلقه مخالفت کند. در این صورت با توجه به قاعده دست راست جریان القایی از دید ناظری که از بالا نگاه می‌کند، پادساعتگرد است. پس از عبور آهنربا سطح پایینی حلقه قطب N می‌شود و با دور شدن آهنربا مخالفت کند بنابراین سوی جریان القایی از دید ناظر بالای حلقه ساعتگرد می‌شود.



۲۶۸ B

هنگامی که آهنربا به سمت چپ می‌رود باعث تغییر شار در سیم‌لوله‌ها می‌شود. بنا بر قانون لنز، جریان القایی در سیم‌لوله‌ها با ایجاد اثرات مغناطیسی با عامل تغییر شار یعنی حرکت آهنربا به سمت چپ مخالفت می‌کند.

در این صورت سمت راست سیم‌لوله (الف) قطب N شده تا با نزدیک شدن آهنربا مخالفت کند و سمت چپ سیم‌لوله (ب) قطب N شده تا قطب S آهنربا را برآید و با دور شدن آهنربا مخالفت کند. اکنون به کمک قاعده دست راست برای میدان مغناطیسی سیم‌لوله، سوی جریان در هر سیم‌لوله را مشخص می‌کنیم. با توجه به شکل در مدار (الف) جریان در مقاومت از A به B و در مدار (ب) جریان در مقاومت CD از D به C خواهد بود.

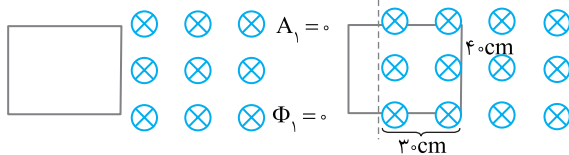


از قانون القای فاراده، نیروی محرکه القایی را حساب می‌کنیم:

۱) قاب در هر ثانیه ۳m یا ۳۰۰cm به سمت راست جابه‌جا می‌شود، با تناسب زیر مدت زمان جابه‌جایی ۳۰۰cm را حساب می‌کنیم:

$$\frac{1s}{\Delta t} \left| \begin{array}{l} 300 \text{ cm} \\ 3 \text{ cm} \end{array} \right. \Rightarrow \Delta t = 0.1s$$

۲) در ابتدا قاب در میدان نبوده و مساحت سطح (A) را در رابطه شار باید صفر قرار داد و در حالت دوم ۳۰۰cm از قاب درون میدان است، بنابراین:



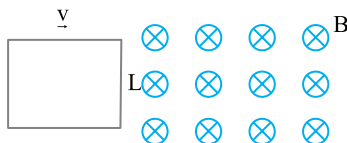
$$A_p = 3 \times 4 = 12 \text{ cm}^2 \Rightarrow A_p = 12 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$\Phi_p = BA_p \cos \theta_p \xrightarrow{\theta_p = 0} \Phi_p = 0.5 \times 12 \times 10^{-2} \times 1 = 6 \times 10^{-2} \text{ Wb}$$

۳) نیروی محرکه القایی متوسط برابر است با:

$$|\mathcal{E}| = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -20 \times \frac{6 \times 10^{-2} - 0}{0.1} = 12 \text{ V}$$

میانبر: هرگاه مربع یا مستطیلی با ضلعی به طول L و با سرعت v وارد میدان مغناطیسی شود و یا از آن خارج شود می‌توان از رابطه زیر نیز استفاده کرد: $\mathcal{E} = BLv$



۲۷۵ B

ابتدا به گزینه‌های داده شده دقت کنید، تفاوت بین گزینه‌ها چیست

۱) شار بیشینه (برحسب μWb) در دو گزینه ۰/۳ و در دو گزینه دیگر ۳۰ است.

۲) مدت زمانی که شار ثابت بوده در دو گزینه $50 \text{ ms} = 50 \times 10^{-3} \text{ s}$ و در دو گزینه

$50 \text{ ms} = 50 \times 10^{-3} \text{ s}$ است. بنابراین برای حل این سؤال ابتدا شار بیشینه را حساب

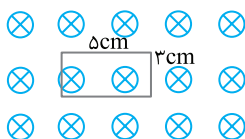
می‌کنیم تا دو گزینه خط بخورند و در گام بعدی مدت زمانی که شار ثابت است را به‌دست می‌آوریم.

۳) شار بیشینه زمانی است که تمام قاب درون میدان قرار داشته باشد:

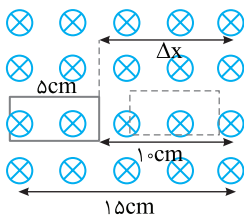
$$\Phi = BA \cos \theta \xrightarrow[\theta = 0]{\text{حلقه باید عمود بر خطوط باشد}} \Phi_{\max} = BA$$

$$\frac{A = 3 \times 5 = 15 \text{ cm}^2 = 15 \times 10^{-4} \text{ m}^2}{B = 2 \text{ G} = 2 \times 10^{-4} \text{ T}} \rightarrow \Phi_{\max} = 15 \times 10^{-4} \times 2 \times 10^{-4} = 3 \times 10^{-7} \text{ Wb}$$

$$\Phi_{\max} = 0.3 \mu\text{Wb}$$



در نتیجه گزینه‌های (۲) و (۴) نادرست‌اند.



۴) در تمام بازه‌ای که قاب به‌طور کامل در

میدان مغناطیسی قرار دارد، شار مغناطیسی

ثابت و برابر $0.3 \mu\text{Wb}$ است؛ جابه‌جایی

قاب در این بازه را به‌دست می‌آوریم.

سرعت قاب ثابت و برابر 2 m/s است و با

توجه به تعریف سرعت خواهیم داشت:

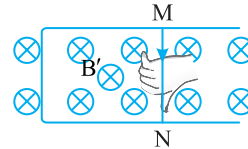
$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow 2 = \frac{0.1}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{1}{20} \text{ s} = \frac{100}{20} \text{ ms} = 5 \text{ ms}$$

۲۷۱ B

وقتی یک جسم از حال سکون با شتاب ثابت به حرکت درمی‌آید تندی آن افزایش می‌یابد.

در اینجا با حرکت تندشونده میله رسانای MN، سطح مدار و در نتیجه شار مغناطیسی کاهش می‌یابد و چون تندی میله در حال افزایش است آهنگ تغییر شار $\left(\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}\right)$ در حال

افزایش است. یعنی جریان القایی هر لحظه در حال افزایش خواهد بود. اما با کاهش سطح و



ایجاد جریان القایی، میدان مغناطیسی القایی درونسو خواهد شد تا بنابر قانون لنز با کاهش شار مخالفت کند در این صورت سوی جریان القایی در سیم MN از M به سمت N است.

۲۷۲ B

میدان مغناطیسی کمیته برداری است و هنگامی که میدان مغناطیسی از

+B به -B تغییر کند، اندازه تغییرات میدان مغناطیسی برابر ۲B است.

میدان مغناطیسی در حالت اول ۰/۱T رو به بالا است و $B_1 = +0.1 \text{ T}$ است و در

حالت دوم این میدان ۰/۱T رو به پایین است و $B_2 = -0.1 \text{ T}$ است.

بزرگی نیروی محرکه القایی از رابطه $|\mathcal{E}| = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ به‌دست می‌آید.

$$|\mathcal{E}| = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Rightarrow |\mathcal{E}| = \frac{B_2 A \cos \theta - B_1 A \cos \theta}{0.25}$$

سطح حلقه عمود بر خطوط میدان مغناطیسی است و زاویه بین نیم‌خط عمود و خطوط میدان صفر درجه است و $\cos \theta$ برابر ۱ می‌شود:

$$|\mathcal{E}| = \frac{(10 \times 10^{-4})(-0.1) - (0.1)(10 \times 10^{-4})}{0.25} \Rightarrow |\mathcal{E}| = \frac{2 \times 10^{-3}}{0.25} = 8 \times 10^{-3} \text{ V}$$

$$|\mathcal{E}| = 8 \text{ mV}$$

۲۷۳ B

۱) با حرکت MN به سمت چپ، سطح مدار کاهش می‌یابد.

۲) با کاهش سطح مدار شار مغناطیسی گذرنده از سطح مدار کاهش می‌یابد.

۳) با تغییر شار در مدار جریان القایی به‌وجود می‌آید.

۴) بنا به قانون لنز جهت جریان به‌گونه‌ای است که با تغییر شار مخالفت کند، بنابراین

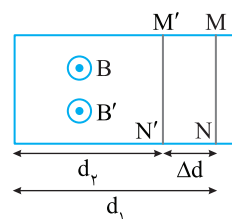
میدان مغناطیسی القایی (B') نیز باید پرونسو باشد.

۵) حال که میدان القایی پرونسو است، به کمک قاعده دست راست برای سیم راست

باید جریان در سیم MN از N به سمت M باشد.

۶) بنا بر قانون القای الکترومغناطیسی فاراده:

$$|\mathcal{E}| = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \xrightarrow[N=1]{\Delta \Phi = B \Delta A} |\mathcal{E}| = B \left| \frac{\Delta A}{\Delta t} \right| \xrightarrow{\Delta A = l \Delta d} |\mathcal{E}| = Bl \frac{\Delta d}{\Delta t}$$



در مبحث حرکت شناسی خوانده‌اید که $\frac{\Delta d}{\Delta t}$

برابر تندی است از این‌رو:

$$|\mathcal{E}| = Blv \Rightarrow 0.15 = 0.12 \times 0.25 \times v$$

$$\Rightarrow v = 5 \text{ m/s}$$

۲۷۴ B

در رابطه $\Phi = BA \cos \theta$ منظور از A مساحت سطحی از یک قاب یا پیچه است که

درون میدان مغناطیسی قرار گرفته است.

۱) با توجه به سرعت 3 m/s ، به این نتیجه می‌رسیم که قاب در هر ثانیه،

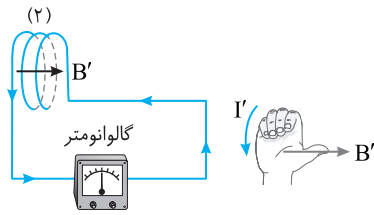
به اندازه 3 m به سمت راست حرکت می‌کند، حال گفته شده قاب 30 cm جابه‌جا

شود، ابتدا با استفاده از تناسب مدت زمان حرکت را به‌دست می‌آوریم، در گام بعدی

مساحت سطح قابی که درون میدان قرار می‌گیرد را به‌دست می‌آوریم و در آخر با استفاده

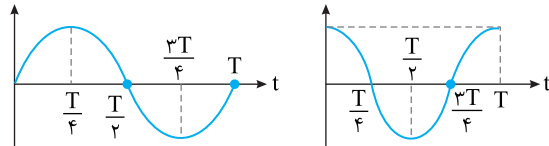
این رابطه در کتاب درسی تجربی نیست اما با ترکیب حرکت‌شناسی و القای الکترومغناطیسی به‌دست می‌آید.

با کاهش مقاومت رتوستا، جریان مدار افزایش می‌یابد و مجدداً جریان القایی به گونه‌ای است که میدان مغناطیسی القایی (B') به سمت راست بوده و جریان در سوی (۲) خواهد بود.



۲۷۹ B

در نمودارهای سینوسی و کسینوسی به زمان‌های زیر دقت کنید:



۱ با توجه به نمودار، نصف دوره

برابر $\frac{\pi}{30}$ شده است، بنابراین:

$$\frac{T}{2} = \frac{\pi}{30} \Rightarrow T = \frac{\pi}{15} \text{ s}$$

۲ اکنون می‌توانیم معادله نیروی

محركه را بر حسب زمان بنویسیم:

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin \frac{2\pi}{T} t \Rightarrow \varepsilon = 20 \sin 30^\circ t$$

۳ به کمک قانون اهم، معادله جریان زمان را به دست می‌آوریم:

$$I = \frac{V}{R} \Rightarrow I = \frac{20}{5} \sin 30^\circ t \Rightarrow I = 4 \sin 30^\circ t$$

۲۸۰ B

۱ با توجه به ریاضی می‌دانید که π رادیان برابر 180° است و در تابع

سینوسی $\sin 180^\circ = \sin \pi = 0$ و $\sin 36^\circ = \sin 2\pi = 0$ است.

ابتدا جریان را در لحظه $t = 2 \text{ s}$ به دست می‌آوریم:

$$I = -t^2 + 2 \sin \pi t \xrightarrow{t=2\text{s}} I = -4 + 2 \sin 2\pi = -4 \text{ A}$$

اکنون انرژی ذخیره شده در سیمولوله را حساب می‌کنیم:

$$U = \frac{1}{2} LI^2 = \frac{1}{2} \times 0.2 \times (-4)^2 = 0.16 \text{ J}$$

۲۸۱ B

۱ **یادآوری** ۱ میدان مغناطیسی داخل سیمولوله حامل جریان از رابطه $B = \frac{\mu_0 NI}{l}$

به دست می‌آید:

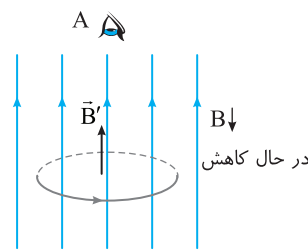
$$\frac{B_A}{B_B} = \frac{\frac{\mu_0 N_A I_A}{l_A}}{\frac{\mu_0 N_B I_B}{l_B}} \xrightarrow{l_A = l_B, N_A = 2N_B} \frac{B_A}{B_B} = \frac{I_A}{2I_B}$$

$$\frac{B_A}{B_B} = \frac{N_A}{N_B} \times \frac{I_A}{I_B} \times \frac{l_B}{l_A} \Rightarrow \frac{B_A}{B_B} = 2 \times \frac{1}{2} = 1$$

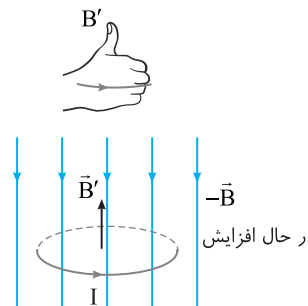
۲ **یادآوری** ۲ ضریب القاوری سیمولوله از رابطه $L = \frac{\mu_0 AN^2}{l}$ به دست می‌آید:

بنابراین بازه زمانی که شار مغناطیسی ثابت بوده 50 میلی‌ثانیه است و گزینه (۳) درست است.

۲۷۶ B



مرحله اول: ابتدا میدان مغناطیسی از B به صفر کاهش می‌یابد در این حالت بنا به قانون لنز سوی جریان القایی به گونه‌ای است که با کاهش شار مخالفت کند بنابراین جهت میدان مغناطیسی القایی حلقه (B') باید هم جهت B یعنی رو به بالا باشد و با توجه به قاعده دست راست سوی جریان القایی از دید ناظر A باید پادساعتگرد باشد.



مرحله دوم: سپس میدان مغناطیسی از صفر تا $-B$ تغییر کرده و جهت میدان تغییر کرده و رو به پایین خواهد شد و اندازه آن نیز افزایش می‌یابد و در نتیجه شار مغناطیسی

گذرنده از حلقه در حال افزایش است، بنابراین جهت جریان القایی به گونه‌ای است که میدان مغناطیسی القایی B' باید در خلاف جهت میدان مغناطیسی B باشد یعنی B' هم‌چنان رو به بالا بوده و جریان القایی از دید ناظر هم‌چنان پادساعتگرد است.

۲۷۷ B

۱ **خط فکری** اگر در ابتدا ($t=0$) شار عبوری از قاب بیشینه باشد (سطح قاب عمود بر خطوط میدان مغناطیسی باشد) با چرخیدن قاب با دوره ثابت (به‌طور یکنواخت) معادله شار - زمان به صورت $\Phi = BA \cos \frac{2\pi}{T} t$ بوده و کسینوسی است همچنین

معادله جریان - زمان و نیرو محركه - زمان به ترتیب به صورت $I = I_{\max} \sin \frac{2\pi}{T} t$ و

$$\varepsilon = \varepsilon_{\max} \sin \frac{2\pi}{T} t \text{ بوده و سینوسی است.}$$

ابتدا سطح قاب بر میدان عمود است، پس در ابتدا شار عبوری از قاب بیشینه مقدار بوده و معادله شار - زمان خواهد شد ($\Phi = BA \cos \frac{2\pi}{T} t$) در نتیجه نمودار $\Phi - t$

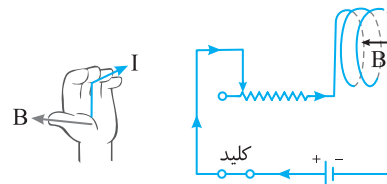
کسینوسی است. همچنین می‌توان گفت که در مبدأ زمان $t=0$ ، شار برابر است با:

$$\Phi = BA \cos \left(\frac{2\pi}{T} \times 0 \right) = BA \cos 0^\circ = BA$$

و نیروی محركه برابر $\varepsilon = \varepsilon_{\max} \sin \left(\frac{2\pi}{T} \times 0 \right) = \varepsilon_{\max} \sin 0^\circ = 0$ است و گزینه (۳) درست است.

۲۷۸ B

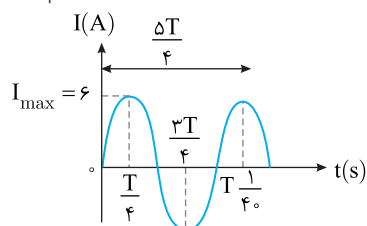
جریان مدار سمت چپ از پایانه مثبت باتری به سمت پایانه منفی باتری است و میدان مغناطیسی سیمولوله (۱) به سمت چپ است. در لحظه وصل کلید و افزایش شار، میدان مغناطیسی القایی (B') در سیمولوله سمت راست باید طبق قانون لنز در خلاف جهت میدان B باشد تا با افزایش شار مخالفت کند، در این صورت جریان القایی در سوی (۲) خواهد بود.



۲۸۴ B

یادآوری: معادله جریان متناوب به صورت $I = I_{\max} \sin \frac{2\pi}{T} t$ است.

ابتدا با توجه به نمودار معادله جریان متناوب را می نویسیم:



$$\frac{\Delta T}{f} = \frac{1}{f_0} \Rightarrow T = \frac{1}{f_0} s$$

$$I = I_{\max} \sin\left(\frac{2\pi}{T} t\right) \Rightarrow I = 6 \sin\left(\frac{2\pi}{T} t\right) \Rightarrow I = 6 \sin 100\pi t$$

حال جریان عبوری از سیمولده را در لحظه $t = \frac{1}{f_0} s$ را به دست می آوریم:

$$I = 6 \sin 100\pi \times \frac{1}{f_0} \Rightarrow I = 6 \sin \frac{\pi}{f} \frac{\sin \frac{\pi}{f} \sqrt{2}}{2} \Rightarrow I = 3\sqrt{2} A$$

انرژی ذخیره شده در سیمولده برابر است با:

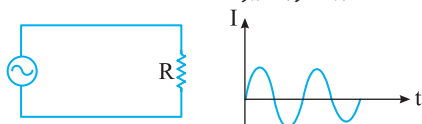
$$U = \frac{1}{2} L I^2 \xrightarrow{I=3\sqrt{2} A} U = 72 mJ = 72 \times 10^{-3} J$$

$$72 \times 10^{-3} = \frac{1}{2} L \times (3\sqrt{2})^2 \Rightarrow 72 \times 10^{-3} = 9L \Rightarrow L = 8 \times 10^{-3} H = 8 mH$$

۲۸۵ B

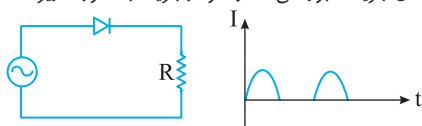
مولد جریان مدار متناوب است و جریان گذرنده از مقاومت R متناوب و به صورت زیر

است. در حالت (۱) مدار به صورت زیر است:



در حالت (۲) دیود در مدار قرار دارد و دیود یکسوکننده است و تنها جریان در جهت از آن عبور می کند و در هر دوره، نصف دوره جریان از دیود می گذرد و

نصف دوره بعدی جریان عبور نمی کند و نمودار جریان به صورت زیر است:



۲۸۶ A

با توجه به رابطه ساختمانی ضریب القاوری خواهیم داشت:

$$L = \frac{\mu_0 N^2 A}{l} \quad (\mu_0 = 12/5 \times 10^{-7} T \cdot m/A, N = 2000, l = 0.5 m, A = 10^{-3} m^2)$$

$$L = \frac{12/5 \times 10^{-7} \times 10 \times 10^{-4}}{0.5} \Rightarrow L = 0.48 mH$$

۲۸۷ B

ابتدا باید به کمک انرژی ذخیره شده در القاگر، جریان مدار را به دست بیاوریم.

$$U = \frac{1}{2} L I^2 \Rightarrow 0.4 = \frac{1}{2} \times 0.48 \times I^2 \Rightarrow I^2 = 16 \Rightarrow I = 4 A$$

با داشتن جریان سیمولده می توان میدان مغناطیسی آن را حساب کرد.

$$B = \mu_0 \frac{N}{l} I \Rightarrow B = 12 \times 10^{-7} \times \frac{10}{0.5} \times 4 \Rightarrow B = 6 \times 10^{-3} T = 6 mG$$

۲۸۸ B

با توجه به نمودار دوره را به دست می آوریم:

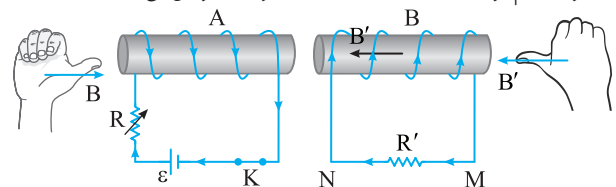
$$\frac{\Delta T}{f} = \frac{1}{f_0} \Rightarrow T = \frac{1}{f_0} s$$

$$\frac{\mu_0 A_A N_A^2}{L_A} = \frac{I_A}{L_B} \Rightarrow \frac{L_A}{L_B} = \frac{A_A}{A_B} \times \frac{N_A^2}{N_B^2} \times \frac{I_B}{I_A}$$

$$\frac{A_A = A_B}{N_A = 2 N_B, I_A = 2 I_B} \rightarrow \frac{L_A}{L_B} = 2 \times \frac{1}{2} = 1$$

۲۸۲ B

جریان مدار از پایانه مثبت باتری به سمت پایانه منفی است بنابراین با توجه به جهت جریان در سیمولده A میدان درون سیمولده A به سمت راست است. با توجه به فرض مسئله جهت جریان القا در مقاومت R' از M به N است. پس میدان مغناطیسی درون سیمولده B، به سمت چپ است. بنابراین بنا بر قانون لنز، شار مغناطیسی حاصل از سیمولده A باید در حال افزایش باشد تا به دلیل مخالفت با این افزایش، میدان مغناطیسی القا در B' در خلاف جهت میدان مغناطیسی سیمولده A ایجاد شده باشد، در این صورت گزینه (۴) درست است. زیرا با حرکت سیمولده A به سمت راست، دو سیمولده به هم نزدیک شده و شار گذرنده از سیمولده B افزایش می یابد.



بررسی گزینه های دیگر: با قطع کلید K، جریان کاهش می یابد در نتیجه و شار مغناطیسی کاهش می یابد و B و B' باید هم جهت باشند، بنابراین گزینه (۱) نادرست است.

با افزایش مقاومت رتوستا، جریان سیمولده A کاهش می یابد ($\downarrow I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$) و

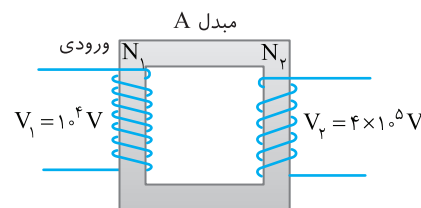
مجدداً برای آنکه شار کم نشود B و B' باید هم جهت باشند که چنین نیست و گزینه (۲) نادرست است.

اگر سیمولده B را به سمت راست حرکت دهیم، شار مغناطیسی گذرنده از سیمولده B کاهش یافته، شار کاهش می یابد بنابراین B و B' باید هم جهت باشند و گزینه (۳) نادرست است.

۲۸۳ A

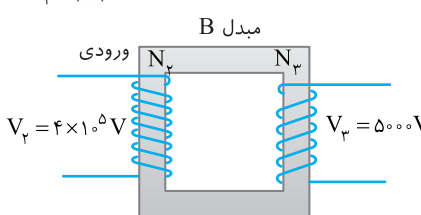
در مبدل A داریم:

$$K_A = \frac{N_r}{N_1} = \frac{V_r}{V_1} = \frac{4 \times 10^5}{10^4} = 40$$



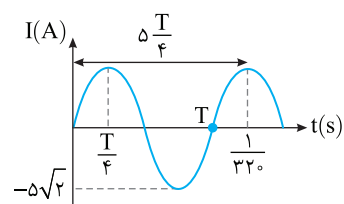
در مبدل B داریم:

$$K_B = \frac{N_r}{N_2} = \frac{V_r}{V_2} = \frac{5000}{4 \times 10^5} = \frac{1}{80}$$



نسبت K_A/K_B خواهد شد:

$$\frac{K_A}{K_B} = \frac{40}{1/80} = 3200$$



۲. معادله جریان متناوب را می‌نویسیم:

$$I = I_{\max} \sin \frac{2\pi}{T} t \Rightarrow I = 5\sqrt{2} \sin \frac{2\pi}{\frac{1}{400}} t \Rightarrow I = 5\sqrt{2} \sin 800\pi t$$

۳. حال با توجه به معادله جریان متناوب، جریان در $t = \frac{1}{3200} \text{ s}$ را حساب می‌کنیم:

$$I = 5\sqrt{2} \sin 800\pi t \Rightarrow I = 5\sqrt{2} \sin 800\pi \times \frac{1}{3200}$$

$$I = 5\sqrt{2} \sin \frac{800\pi}{3200} = 5\sqrt{2} \sin \frac{\pi}{4} = 5\sqrt{2} \times \frac{\sqrt{2}}{2} = 5 \text{ A}$$

پاسخ تشریحی فیزیک دوازدهم

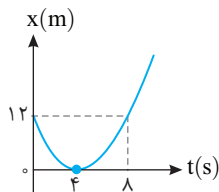
D ۲۹۴

جایه‌جایی دو متحرک با هم برابر است و متحرکی که شتابش بیشتر است زودتر به مقصد می‌رسد و متحرکی که شتاب کمتری دارد، حرکت آن ۲s بیشتر طول می‌کشد.

$$\Delta x_1 = \Delta x_2 \Rightarrow \frac{1}{2} a t_1^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{9}{16} a \right) (t_1 + 2)^2 \Rightarrow t_1 = \frac{3}{4} (t_1 + 2)$$

$$\Rightarrow t_1 = \frac{3}{4} t_1 + \frac{3}{2} \Rightarrow \frac{1}{4} t_1 = \frac{3}{2} \Rightarrow t_1 = \frac{3}{2} \Rightarrow t_1 = 6s$$

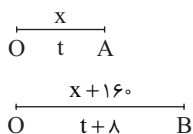
A ۲۹۵



نمودار سهمی نسبت به رأس $(t=4s)$ متقارن است. پس سرعت اولیه و سرعت در لحظه $t=8s$ با هم برابر است و در رأس سهمی شیب خط مماس افقی بوده و سرعت در این لحظه $(t=4s)$ صفر است:

$$\begin{cases} \Delta t = 4s \\ v_1 = 0 \\ v_2 = ? \\ \Delta x = 12m \end{cases} \Rightarrow \Delta x = \frac{v_1 + v_2}{2} \Delta t \Rightarrow 12 = \frac{0 + v_2}{2} \times 4 \Rightarrow v_2 = 6m/s$$

B ۲۹۶



متحرک از نقطه O با شتاب $2m/s^2$ شروع به حرکت می‌کند. اگر متحرک مسیر OA به طول x را در t طی کند، متحرک مسیر OB به طول $160+x$ را در مدت $8+t$ طی می‌کند:

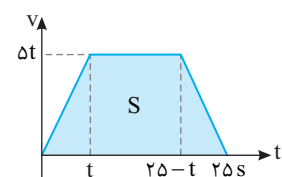
$$\begin{cases} x = \frac{1}{2} a t^2 = t^2 \\ x + 160 = \frac{1}{2} a (t+8)^2 = (t+8)^2 \end{cases} \xrightarrow{\text{دو معادله را از هم کم کنیم}} \begin{cases} x = t^2 \\ x + 160 = (t+8)^2 \end{cases}$$

$$160 = (t+8)^2 - t^2 \Rightarrow 160 = 16t + 64 \Rightarrow t = 6s$$

$$x = t^2 \Rightarrow x = 36m$$

بنابراین x برابر است با:

B ۲۹۷



نمودار $v-t$ حرکت این متحرک به صورت مقابل است (در نمودار $v-t$ شیب خط نمودار $v-t$ برابر شتاب حرکت است پس در قسمت اول و آخر حرکت شیب نمودار قرینه هم هستند و بازه‌های زمانی برابر دارند).

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{v-t \text{ نمودار}}{\text{مساحت زیر نمودار}} \Rightarrow v_{av} = \frac{S}{\Delta t} = \frac{2}{25} \Rightarrow \frac{\Delta t(50 - vt)}{50} = 20 \Rightarrow -2t^2 + 50t = 200 \Rightarrow t^2 - 25t + 100 = 0 \Rightarrow \begin{cases} t = 25s \\ t = 10s \end{cases}$$

بنابراین مدت زمان حرکت یکنواخت برابر است با از $t=10s$ تا $t=25s$ یعنی مدت حرکت یکنواخت ۱۵s بوده است.

B ۲۹۸

دو ثانیه سوم یعنی $t=4s$ تا $t=6s$:

$$v_1 = -2(4) + 4 = -4m/s, v_2 = -2(6) + 4 = -8m/s$$

جایه‌جایی را حساب می‌کنیم:

$$\Delta x = \frac{v_1 + v_2}{2} \Delta t \Rightarrow \Delta x = \frac{-4 + (-8)}{2} \times 2 \Rightarrow \Delta x = -6 \times 2 \Rightarrow |\Delta x| = 12m$$

پاسخ فصل دهم

B ۲۸۹

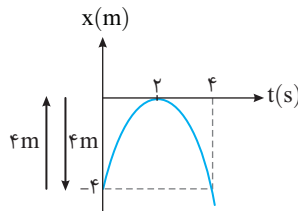
نمودار $x-t$ حرکت را رسم می‌کنیم:

$$x = -t^2 + 4t - 4$$

$$\Delta x = -(t-2)^2$$

مسافت طی شده برابر است با:

$$l = 4 + 4 = 8m$$



B ۲۹۰

شتاب متوسط برابر آهنگ تغییرات سرعت است:

$$\vec{a}_{av} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\Delta t} = \frac{10\vec{i} - 16\vec{j} - (-6\vec{i} + 4\vec{j})}{4} \Rightarrow \vec{a}_{av} = 4\vec{i} - 5\vec{j}$$

B ۲۹۱

در نمودار $x-t$ ، سرعت

برابر با شیب خط مماس در

هر لحظه است. پس در

نمودار هرچه شیب تندتر

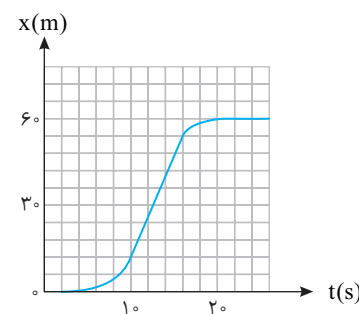
باشد، در آن نقطه سرعت

بیشتر است. با توجه به

نمودار، در بازه زمانی ۱۰ تا

۱۶ ثانیه شیب نمودار که به

صورت خطی نیز هست از



سایر بازه‌ها بیشتر و برابر است با:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{54 - 12}{16 - 10} = \frac{42}{6} \Rightarrow v = 7m/s$$

B ۲۹۲

سرعت هر متحرک برابر شیب نمودار

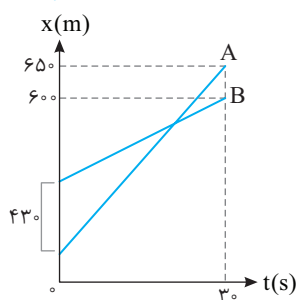
 $x-t$ است، از این رو با توجه به

نمودار داریم:

$$v_A = \frac{650 - x}{30}$$

$$v_B = \frac{600 - (430 + x)}{30}$$

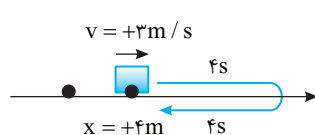
تفاضل سرعت‌ها را به دست می‌آوریم:



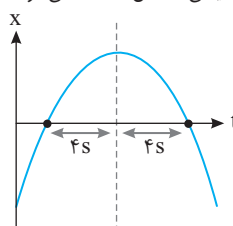
$$v_A - v_B = \frac{650 - x}{30} - \frac{170 - x}{30} = \frac{480}{30} \Rightarrow v_A - v_B = 16m/s$$

B ۲۹۳

حرکت دارای شتاب ثابت است و در

مبدأ زمان از مکان $+4m$ با سرعت $+3m/s$ می‌گذرد. متحرک درلحظه $t=4s$ در بیشترین فاصله از

مبدأ است یعنی متحرک در این نقطه متوقف شده و بر می‌گردد و پس از ۴ ثانیه دیگر مجدداً به محل ابتدایی حرکتش می‌رسد، یعنی مکانش $+4m$ می‌شود.



دقت کنید که معادله مکان-زمان حرکت با شتاب

ثابت یک تابع درجه ۲ $(x = \frac{1}{2} a t^2 + v_0 t + x_0)$

بوده و نمودار آن سهمی است و خطی که از رأس

سهمی می‌گذرد محور تقارن سهمی است و مفهوم

آن این است که در فاصله زمانی یکسان از این محور

مکان مقدار یکسانی است.

۲۰۲ B

با توجه به فرض‌های پرسش، شکل زیر را رسم کرده و سپس به کمک معادله مستقل از زمان پرسش را حل می‌کنیم.

$$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \Rightarrow \begin{cases} v^2 - 0 = 2a_1\Delta x_1 & \text{برای قسمت اول حرکت} \\ 0 - v^2 = 2(-a_2)\Delta x_2 & \text{برای قسمت دوم حرکت} \end{cases}$$

دو رابطه را بر هم تقسیم می‌کنیم:

$$1 = \frac{2a_1(4\Delta x_2)}{2a_2(\Delta x_2)} \Rightarrow a_1 = 4a_2$$



۲۰۳ B

حرکت دارای شتاب ثابت -4 m/s^2 است وقتی جابه‌جایی در ثانیه سوم صفر می‌شود یعنی متحرک در بازه 2 s تا $2/\Delta s$ مسیری را طی کرده و در $t = 2/\Delta s$ سرعتش صفر شده و در بازه $2/\Delta s$ تا 3 s همین مسیر را بر می‌گردد، بنابراین: $t = 2/\Delta s \Rightarrow v = 0$ با توجه به مطالب فوق نمودار سرعت زمان را رسم می‌کنیم.

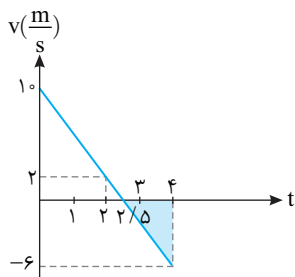
$$v = at + v_0 \xrightarrow{t=2/\Delta s} 0 = -4 \times 2/\Delta s + v_0 \Rightarrow v_0 = 10 \text{ m/s}$$

$$v = at + v_0 \xrightarrow{t=2\text{s}} v = -4 \times 2 + 10 = 2 \text{ m/s}$$

$$v = at + v_0 \xrightarrow{t=4\text{s}} v = -4 \times 4 + 10 = -6 \text{ m/s}$$

اکنون نمودار را رسم می‌کنیم و مسافت را از 2 s تا 4 s حساب می‌کنیم.

$$l = \frac{2 \times 0/\Delta s}{2} + \frac{1/\Delta s \times (4)}{2} = 0/\Delta s + 4/\Delta s = 4 \Delta s \text{ m}$$



۲۰۴ B

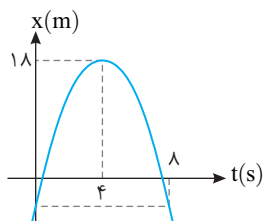
ابتدا با توجه به اینکه معادله مکان - زمان متحرک درجه دوم بوده و حرکت متحرک شتاب ثابت است، معادله سرعت - زمان حرکت را به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} x = 2t^2 + 4t - 8 \\ x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{1}{2}a = 2 \Rightarrow a = 4 \text{ m/s}^2 \\ v_0 = 4 \text{ m/s} \end{cases}, v = at + v_0 \Rightarrow v = 4t + 4$$

برای آنکه متحرک تغییر جهت دهد باید $v = 0$ شود:

اما $4t + 4 = 0$ همواره مثبت است و هرگز برای $t > 0$ صفر نمی‌شود، بنابراین متحرک تغییر جهت نداده و جابه‌جایی و مسافت هم‌اندازه‌اند.

۲۰۵ B



شیب خط مماس بر نمودار $x-t$ برابر سرعت است و می‌دانیم نمودار سهمی نسبت به رأس آن متقارن می‌باشد، بنابراین در فاصله‌های زمانی یکسان نسبت به رأس اندازه شیب‌ها یکسان می‌باشد پس شیب خط مماس در $t = 0$ و $t = 8 \text{ s}$ هم‌اندازه و بزرگی سرعت در این دو لحظه یکسان است.

۲۹۹ B

جابه‌جایی در حرکت با شتاب ثابت برابر است با:

$$\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t, \Delta x_A = \Delta x_B \Rightarrow \frac{1}{2}a_A t_A^2 = \frac{1}{2}a_B t_B^2$$

$$\xrightarrow{a_A = a_B} \text{فرض مسأله} \Rightarrow t_A^2 = t_B^2 \Rightarrow t_B = t_A$$

اکنون نسبت سرعت متوسط A به سرعت متوسط B را به دست می‌آوریم.

$$\frac{v_{avA}}{v_{avB}} = \frac{\frac{\Delta x_A}{t_A}}{\frac{\Delta x_B}{t_B}} = \frac{t_B}{t_A} = 1$$

۳۰۰ A

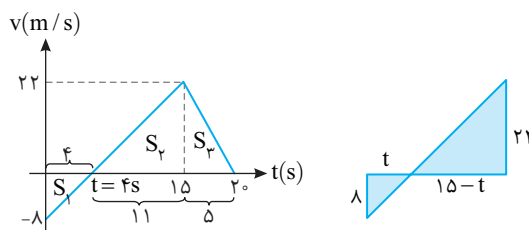
برای به دست آوردن مسافت طی شده کافی است قدر مطلق مساحت محصور بین نمودار سرعت زمان با محور زمان را حساب کنیم.

با توجه به تشابه مثلث‌ها زمان t را به دست می‌آوریم:

$$\frac{1}{t} = \frac{22}{15-t} \Rightarrow \frac{1}{t} = \frac{11}{15-t} \Rightarrow 6 - 4t = 11t \Rightarrow t = 4\text{s}$$

اکنون مساحت‌ها را حساب کرده و با هم جمع می‌کنیم.

$$l = |S_1| + S_2 + S_3 \Rightarrow l = \frac{4 \times 4}{2} + \frac{22 \times 16}{2} \Rightarrow l = 16 + 176 = 192 \text{ m}$$

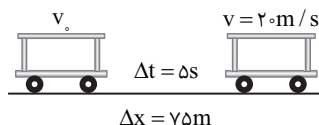


۳۰۱ B

جابه‌جایی متحرک در Δs اول ($t = 0$ تا $t = \Delta s$) 75 m متر است و در لحظه $t = \Delta s$ تندی آن 20 m/s است.

$$\Delta x = \frac{v + v_0}{2} \times \Delta t \Rightarrow 75 = \frac{20 + v_0}{2} \times \Delta s, v_0 = 10 \text{ m/s}$$

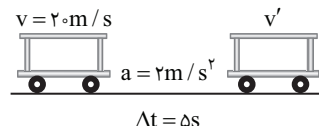
$$v = at + v_0 \Rightarrow 20 = a \times \Delta s + 10 \Rightarrow a = 2 \text{ m/s}^2$$



در مدت Δs دوم حرکت شتاب متحرک برابر $a = 2 \text{ m/s}^2$ (حرکت شتاب ثابت است) است:

$$v' = at + v \Rightarrow v' = 2 \times \Delta s + 20 \Rightarrow v' = 30 \text{ m/s}$$

$$v_{av} = \frac{v + v'}{2} \Rightarrow v_{av} = \frac{20 + 30}{2} = 25 \text{ m/s}$$

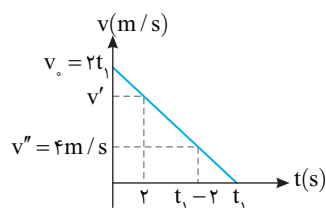


روش دیگر: جابه‌جایی در T ثانیه دوم به اندازه aT^2 ($T = \Delta s$) بیشتر از T نخست است و چون شتاب حرکت برابر $a = 2 \text{ m/s}^2$ به دست آمده پس:

$$\Delta x_2 - \Delta x_1 = aT^2 \Rightarrow \Delta x_2 - 75 = 2 \times 5^2 \Rightarrow \Delta x_2 = 125$$

$$v_{av} = \frac{\Delta x_2}{\Delta t_2} = \frac{125}{5} = 25 \text{ m/s}$$

۳۰۹ B



نمودار $v-t$ به صورت خط راست است پس حرکت با شتاب ثابت می باشد. برای دو ثانیه آخر به کمک فرمول طلایی می توان نوشت:

$$\Delta x_{\frac{v}{2}} = \frac{v''}{2} \times 2 \Rightarrow v'' = 4 \text{ m/s}$$

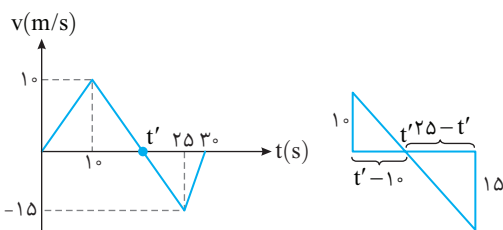
با توجه به قسمت آخر حرکت، شتاب را به دست می آوریم: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0-4}{2} = -2 \text{ m/s}^2$

$$\Delta x = \frac{1}{2} a t^2 + v_0 t \Rightarrow 36 = \frac{1}{2} (-2) \times (2)^2 + v_0 \times 2 \Rightarrow v_0 = 20 \text{ m/s}$$

به کمک معادله سرعت زمان، t_1 را حساب می کنیم.

$$v = at + v_0 \Rightarrow 0 = -2t + 20 \Rightarrow t = 10 \text{ s}$$

در بازه ای که سرعت متحرک منفی بوده، متحرک خلاف جهت محور X ها در حال حرکت است.

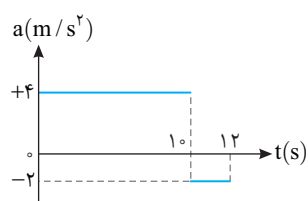


$$\frac{25-t'}{t'-10} = \frac{15}{10} \Rightarrow 50 - 2t' = 3t' - 30 \Rightarrow 80 = 5t' \Rightarrow t' = 16 \text{ s}$$

سرعت متوسط در بازه $t' = 16 \text{ s}$ تا 30 s خواسته شده است:

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow v_{av} = \frac{-\left(\frac{15(30-16)}{2}\right)}{30-16} = -\frac{15}{4} \text{ m/s} \Rightarrow |v_{av}| = \frac{15}{4} \text{ m/s}$$

۳۱۱ B



جابه جایی را در بازه های زمانی صفر تا ۱۰ ثانیه و همچنین ۱۰ تا ۱۲ ثانیه به دست آورده و با هم جمع می کنیم:

$$0 \rightarrow 10 \text{ s}: \Delta x = \frac{1}{2} a t^2 + v_0 t \Rightarrow \Delta x_1 = \frac{1}{2} \times 4 \times 10^2 + 0 \times 10 = 200 \text{ m}$$

سرعت در لحظه $t = 10 \text{ s}$ را حساب می کنیم: $v_1 = at + v_0 \Rightarrow v_1 = 4 \times 10 + 0 = 40 \text{ m/s}$

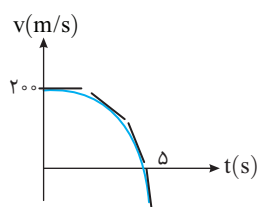
این سرعت، سرعت اولیه قسمت بعدی است، از این رو:

$$10 \text{ s} \rightarrow 12 \text{ s}: \Delta x = \frac{1}{2} a t^2 + v_1 t \Rightarrow \Delta x_2 = \frac{1}{2} \times (-2) \times 2^2 + 40 \times 2 = 86 \text{ m}$$

سرعت متوسط برابر خواهد شد با:

$$\bar{v} = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2}{\Delta t_1 + \Delta t_2} = \frac{200 + 86}{10 + 2} = \frac{286}{12} = \frac{143}{6} \text{ m/s}$$

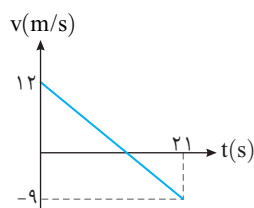
۳۱۲ B



ابتدا نمودار $v-t$ معادله داده شده را رسم می کنیم:

با گذشت زمان شیب خط مماس بر نمودار تندتر می شود و در نمودار $v-t$ شیب خط مماس همان شتاب متحرک بوده که در حال افزایش است.

۳۰۶ B



شیب خط نمودار $v-t$ برابر شتاب است.

$$a = \frac{-9-12}{21} = -1 \text{ m/s}^2$$

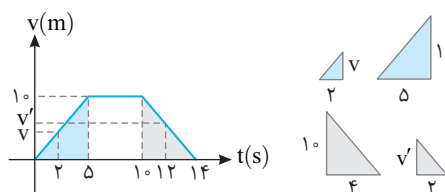
معادله سرعت - زمان متحرک برابر است با:

$$v = at + v_0 \Rightarrow v = -t + 12 \begin{cases} t_1 = 6 \text{ s} \Rightarrow v_1 = 6 \text{ m/s} \\ t_2 = 12 \text{ s} \Rightarrow v_2 = 0 \end{cases}$$

$$\Delta x = \frac{v_1 + v_2}{2} \Delta t \Rightarrow \Delta x = \frac{6+0}{2} \times 6 = 18 \text{ m}$$

جابه جایی متحرک برابر است با:

سرعت در لحظه $t_1 = 2 \text{ s}$ و $t_2 = 12 \text{ s}$ را با توجه تشابه به مثلث به دست می آوریم.



$$\frac{v}{2} = \frac{10}{5} \Rightarrow v = 10 \text{ m/s}$$

$$\frac{v'}{2} = \frac{10}{4} \Rightarrow v' = 5 \text{ m/s}, a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v' - v}{\Delta t} = \frac{5 - 10}{12 - 2} = -\frac{5}{2} \text{ m/s}^2$$

۳۰۸ C

نمودار $v-t$ هر دو قطار خط راست و حرکت هر دو با شتاب ثابت می باشد. شتاب هر

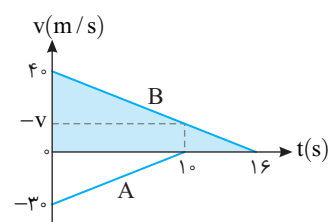
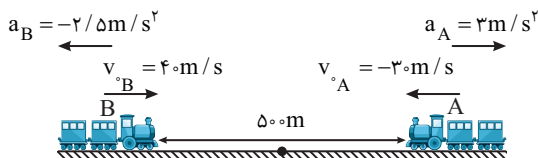
$$a_B = \frac{0-40}{16} = -2.5 \text{ m/s}^2, a_A = \frac{0-(-30)}{10} = 3 \text{ m/s}^2$$

محل قطار A را در $t=0$ مبدأ اختیار کرده و معادله حرکت آن را می نویسیم:

$$x_A = \frac{1}{2} a_A t^2 + v_0 t \xrightarrow{t=10 \text{ s}} x_A = 150 - 300 \Rightarrow x_A = -150 \text{ m}$$

$$x_B = \frac{1}{2} a_B t^2 + v_0 t + x_0 \xrightarrow{t=10 \text{ s}} x_B = -125 + 400 - 500 \Rightarrow x_B = -225 \text{ m}$$

$$\Delta x = |x_A - x_B| = 75 \text{ m}$$



روش دیگر: در لحظه $t = 10 \text{ s}$

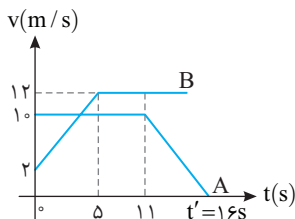
متحرک می ایستد. به کمک تشابه سرعت متحرک B را در لحظه $t = 10 \text{ s}$ به دست می آوریم.

$$\frac{40}{v} = \frac{16}{6} \Rightarrow v = 15 \text{ m/s}$$

اکنون سطح زیر دو نمودار را در بازه صفر تا 10 s به دست می آوریم.

$$\Delta x_A = \frac{-30 \times 10}{2} = -150 \text{ m}, \Delta x_B = \frac{40 + 15}{2} \times 10 = 275 \text{ m}$$

اکنون متحرک A، 150 m و متحرک B، 275 m متر به سمت هم حرکت کرده اند و در ابتدا فاصله آن ها از هم 500 m بوده بنابراین در این لحظه فاصله آن ها از هم خواهد شد، $500 - (150 + 275) = 75 \text{ m}$



هر دو متحرک از یک نقطه (مبدأ مختصات) شروع به حرکت کردند پس برای آنکه دو متحرک به هم برسند باید جابه‌جایی هر دو متحرک یکسان باشد. ابتدا جابه‌جایی دو متحرک تا لحظه $t=5s$ را از سطح زیر نمودار $v-t$ به دست می‌آوریم:

$$\Delta x_A = S_A = 10 \times 5 = 50m, \Delta x_B = S_B = \frac{5 \times (2+12)}{2} = 35m$$

تندی اولیه متحرک A بیشتر از تندی اولیه متحرک B است و در ابتدا A از متحرک B جلو زده و همانطور که در حساب کردن جابه‌جایی مشخص است متحرک A در $5s$ اولیه بیشتر از متحرک B جابه‌جا شده است و این دو در این مدت به هم نمی‌رسند. حال جابه‌جایی در بازه 0 تا $11s$ را حساب می‌کنیم.

$$\Delta x_A = 11 \times 10 = 110m, \Delta x_B = 35 + (12 \times 6) = 107m$$

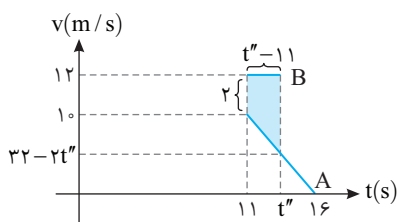
بنابراین تا لحظه $t=11s$ متحرک A به اندازه $3m$ جلوتر از متحرک B است و اگر در لحظه t'' این دو متحرک به هم برسند باید جابه‌جایی متحرک B از $t=11s$ تا t'' به اندازه $3m$ بیشتر از متحرک A در این بازه باشد و با توجه به تشابه مثلث، سرعت متحرک در لحظه t'' را به دست می‌آوریم:

$$\frac{10}{v} = \frac{5}{16-t''} \Rightarrow v = 32 - t''$$

$$\Delta x_B - \Delta x_A = 3m \quad \text{با توجه به شکل این اختلاف جابه‌جایی برابر سطح رنگی زیر نمودار است}$$

$$\frac{(t''-11)(2+(32-t''))}{2} = 3$$

$$(t''-11) \times 2(t''-9) = 6 \Rightarrow (t''-11)(t''-9) = 3 \Rightarrow \begin{cases} t'' = 12s \\ t'' = 8s \text{ غ.ق.} \end{cases}$$



سرعت A در این لحظه برابر $32 - 2(12) = 8m/s$ است و تندی آن به اندازه $12 - 8 = 4m/s$ از تندی متحرک B کمتر است.

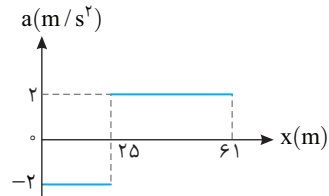
۳۱۶ A

سرعت متحرک را به کمک معادله مستقل از زمان به دست می‌آوریم:

$$x = 25m: v_1^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \Rightarrow v_1^2 - 100 = 2(-2)(25) \Rightarrow v_1^2 = 0 \Rightarrow v_1 = 0$$

اکنون سرعت را در مکان $x = 61m$ را به دست می‌آوریم:

$$\begin{aligned} x = 61m: v^2 - v_0^2 &= 2a\Delta x \\ \Rightarrow v^2 - 0 &= 2(-2)(61-25) \\ \Rightarrow v^2 &= 4 \times 36 \\ \Rightarrow v &= 2 \times 6 = 12m/s \end{aligned}$$



از $t=0$ تا $t=5s$ تندی از $20m/s$ به صفر رسیده است و تندی در حال کاهش بوده و حرکت کندشونده است.

در $t=5s$ سرعت متحرک صفر شده و تغییر علامت می‌دهد و جهت بردار شتاب تغییری نمی‌کند.

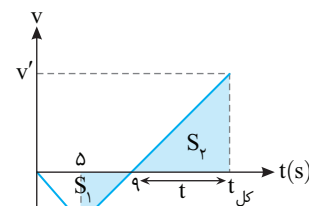
از صفر تا $5s$ سرعت مثبت و متحرک در جهت محور X ها در حال حرکت و از $t=5s$ به بعد سرعت منفی و متحرک خلاف جهت محور X ها حرکت می‌کند.

۳۱۳ D

برای آن که متحرک به جای اول بازگردد باید جابه‌جایی آن صفر شود یعنی سطح محصور بین نمودار $v-t$ با محور زمان صفر می‌شود از این رو باید $|S_1| = |S_2|$ باشد، با توجه

$$\frac{v'}{v} = \frac{t}{4} \Rightarrow v' = v \frac{t}{4}$$

به تشابه دو مثلث رنگی خواهیم داشت:
اکنون می‌توان نوشت:



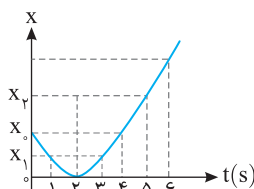
$$S_1 = S_2 \Rightarrow \frac{9 \times v}{2} = \frac{v' \times t}{2}$$

$$\Rightarrow \frac{9 \times v}{2} = \frac{v' \times t}{2}$$

$$\Rightarrow t^2 = 36 \Rightarrow t = 6s$$

$$t_{\text{کل}} = 6 + 4 = 10s \quad \text{بنابراین:}$$

۳۱۴ D



گزینه (۱): با توجه به نمودار که یک سهمی است قطعاً مسافت طی شده از 3 تا 6 ثانیه بزرگ‌تر از مسافت طی شده از صفر تا $3s$ است و گزینه (۱) نادرست است.
گزینه (۲): با توجه به نمودار مسافت طی شده در 3 ثانیه اول برابر است با:

$$L = x_0 + x_1$$

$$|d| = |x_1 - x_0|$$

و جابه‌جایی در 3 ثانیه اول برابر است با:

کاملاً مشخص است که $|d| > L$ بوده و گزینه (۲) نادرست است.

گزینه (۳): $t=2s$ رأس سهمی است و نمودار نسبت به محور گذرنده از $t=2s$ دارای تقارن است یعنی اگر متحرک در $t=0$ در مکان x_0 است در $t=4s$ نیز در مکان x_0 است و جابه‌جایی و سرعت متوسط در بازه 0 تا $4s$ صفر است، در حالیکه جابه‌جایی در بازه $t=1s$ تا $t=5s$ برابر $x_2 - x_1$ است و مخالف صفر است و گزینه (۳) نادرست است.

گزینه (۴): در سه ثانیه اول اندازه جابه‌جایی $|d| = |x_1 - x_0|$ و در بازه زمانی $t=1s$ تا $t=4s$ اندازه جابه‌جایی $|d'| = |x_2 - x_0|$ است و $|d'| > |d|$ می‌باشد در نتیجه اندازه سرعت متوسط در بازه صفر تا $3s$ با اندازه سرعت متوسط در بازه $1s$ تا $4s$ برابر است و گزینه (۴) درست است.

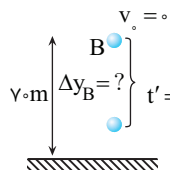
۳۱۵ D

با توجه به داده‌های سؤال نمودار $v-t$ مربوط به حرکت متحرک‌های A و B را رسم می‌کنیم. متحرک A در ابتدا تا لحظه $t=1s$ با تندی ثابت $10m/s$ حرکت می‌کند و بعد از آن با شتاب $a = -2m/s^2$ از تندی خود کاسته تا متوقف شود:

$$\begin{cases} v_1 = 10m/s \\ v_2 = 0 \\ \Delta t = (t' - 1) \Rightarrow v_2 = a(t' - 1) + v_1 \Rightarrow 0 = -2(t' - 1) + 10 \\ \Rightarrow t' - 1 = 5 \Rightarrow t' = 6s \\ a = -2m/s^2 \end{cases}$$

متحرک B از تندی $2m/s$ شروع به حرکت کرده و مدت $5s$ به طور شتابدار حرکت می‌کند و سپس با تندی ثابت و چون دو متحرک به هم می‌رسند پس باید علامت تندی هر دو متحرک یکسان باشد.

$$\begin{cases} v'_2 = ? \\ v'_1 = 2m/s \\ t = 5s \\ a' = 2m/s^2 \end{cases} \Rightarrow v'_2 = a't + v'_1 \Rightarrow v'_2 = 2 \times 5 + 2 \Rightarrow v'_2 = 12m/s$$



بنابراین در این مدت متحرک A، ۶۱/۲۵m و متحرک B، ۲۰m سقوط کرده‌اند
بنابراین فاصله دو متحرک برابر است با:

$$d = \Delta y_A - \Delta y_B \Rightarrow d = 61.25 - 20 = 41.25 \text{ m}$$

۳۲۱ B

متحرک از حال سکون رها شده و حرکت شتابدار با شتاب ثابت $g = 9/8 \text{ m/s}^2$ است:

$$v_{av} = \frac{v_1 + v_2}{2} \Rightarrow 4/9 = \frac{0 + v_2}{2} \Rightarrow v_2 = 9/8 \text{ m/s}$$

$$\Delta y = \frac{H}{9}, \quad g = 9/8 \text{ m/s}^2, \quad v_1 = 0, \quad v_2 = 9/8 \text{ m/s}$$

$$\Rightarrow v_2^2 - v_1^2 = 2g\Delta y \Rightarrow (9/8)^2 = 2 \times 9/8 \times \frac{H}{9} \Rightarrow H = 4/9 \times 9$$

خواسته مسئله تندی هنگام رسیدن به زمین است یعنی در مدتی که متحرک به اندازه H جابه‌جا شده است:

$$v'^2 - v_1^2 = 2gH \Rightarrow v'^2 - 0 = 2 \times 9/8 \times 4/9 \times 9$$

$$\Rightarrow v' = 9/8 \times 3 \Rightarrow v' = 27/8 \text{ m/s}$$

روش دوم: هر دو معادله مستقل از زمان بالا را با هم می‌نویسیم:

$$\begin{cases} v_2^2 - v_1^2 = 2g \frac{H}{9} \Rightarrow v_2^2 = 2g \frac{H}{9} \\ v'^2 - v_1^2 = 2gH \Rightarrow v'^2 = 2gH \end{cases} \Rightarrow \frac{v_2^2}{v'^2} = \frac{1}{9} \Rightarrow v' = 3v_2$$

حال با توجه به اینکه v_2 برابر $9/8 \text{ m/s}$ است، v' را حساب می‌کنیم.

$$v' = 3 \times 9/8 = 27/8$$

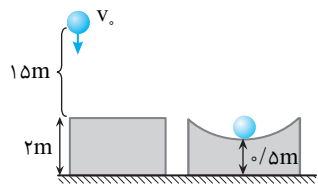
۳۲۲ B

محل رها شدن را مبدأ می‌گیریم و جهت رو به پایین را مثبت اختیاری می‌کنیم:

$$y_1 - y_2 = 45 \Rightarrow \frac{1}{2}gt^2 - \frac{1}{2}g(t-1)^2 = 45 \Rightarrow t = 5 \text{ s}$$

$$y = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times (5)^2 = 125 \text{ m}$$

۳۲۳ B



جهت رو به پایین را مثبت می‌گیریم، سرعت برخورد شخص به بالش را حساب می‌کنیم

$$v^2 - v_0^2 = 2gy$$

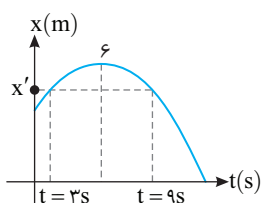
$$\Rightarrow v^2 - 0 = 2g(15)$$

$$\Rightarrow v^2 = 30g$$

بعد از برخورد به بالش جسم دارای حرکت کندشونده می‌شود تا می‌ایستد، شتاب در این قسمت خواهد شد:

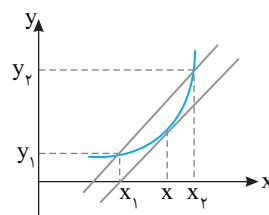
$$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta y \Rightarrow -30g = 2a(1/5) \Rightarrow a = -10g$$

۳۲۴ B



نمودار سهمی نسبت به رأس خود متقارن است
بنابراین مکان متحرک در $t=3\text{s}$ و $t=9\text{s}$
که فاصله یکسانی از رأس سهمی
دارند با هم برابر می‌باشند بنابراین
 $\Delta x = x_{(9)} - x_{(3)} = x' - x' = 0$ است.

۳۱۷ D



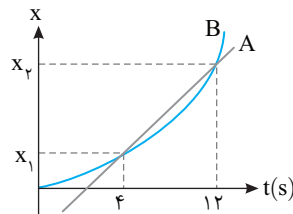
با توجه به آنچه در کتاب حسابان برای شکل
شبه نمودار این مسئله بیان می‌شود، شیب
خط قاطع بین دو نقطه (x_1, y_1) و
 (x_2, y_2) با شیب خط مماس گذرنده از
نقطه $x = \frac{x_1 + x_2}{2}$ برابر است از این رو

در نمودارهای A و B نیز شیب خط مماس بر نمودار سهمی (B) در لحظه $t = \frac{t_1 + t_2}{2}$ با

$$\text{شیب خط قاطع A برابر می‌شود، بنابراین } t = \frac{4+12}{2} = 8 \text{ s}$$

روش دیگر: جابه‌جایی متحرک B و A در بازه $t=4\text{s}$ و $t=12\text{s}$ یکسان است.

متحرک A حرکت سرعت ثابت داشته و سرعت لحظه‌ای و متوسط آن همواره با هم برابر است:



$$v_{avA} = v_A = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta x_A}{\Delta t} = v_A$$

$$\Delta x_A = \Delta x_B = \frac{1}{2}a(\Delta t)^2 + v\Delta t$$

$$v_A = \frac{\frac{1}{2}a\Delta t^2 + v\Delta t}{\Delta t} = \frac{1}{2}a\Delta t + v \Rightarrow v_A = a\frac{\Delta t}{2} + v$$

برای متحرک B معادله سرعت به صورت $v_B = a\Delta t' + v$ است و چون سرعت A

$$a\frac{\Delta t}{2} + v = a\Delta t' + v \Rightarrow \Delta t' = \frac{\Delta t}{2} \Rightarrow \Delta t' = \frac{12-4}{2} = 4 \text{ s}$$

$$4+4=8 \text{ s}$$

بنابراین لحظه مورد نظر خواهد شد:

۳۱۸ A

جهت مثبت را رو به پایین اختیاری می‌کنیم و به کمک معادله مستقل از زمان، پرسش را حل می‌کنیم:

$$v^2 - v_0^2 = 2g\Delta y \Rightarrow (24)^2 - 0 = 2 \times g \times 30 \Rightarrow g = \frac{24 \times 24}{2 \times 30} \Rightarrow g = 9/5 \text{ m/s}^2$$

۳۱۹ A

راه حل اول: با توجه به رابطه مکان- زمان می‌توان نوشت:

$$x = \frac{1}{2}gt^2 \xrightarrow{t=1\text{s}} \Delta x_1 = 5 \text{ m}$$

برای یافتن جابه‌جایی در ثانیه دوم باید مکان در ثانیه اول و مکان در ثانیه دوم را به دست آورد و مکان‌ها را از هم کم کرد. بنابراین:

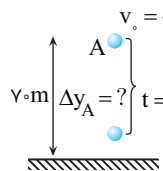
$$\begin{cases} t=1\text{s} \Rightarrow x=5\text{ m} \\ t=2\text{s} \Rightarrow x=20\text{ m} \end{cases} \Rightarrow \Delta x_{(2)} = 20 - 5 = 15 \text{ m}, \quad \frac{\Delta x_2}{\Delta x_1} = \frac{15}{5} = 3$$

راه حل دوم: در حرکت با شتاب ثابت، جابه‌جایی متحرک در ثانیه t ام از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\Delta x_{(t)} = \frac{1}{2}a(t-1) + v_0 \Rightarrow \begin{cases} t=1\text{s} \Rightarrow \Delta x_{(1)} = 5 \text{ m} \\ t=2\text{s} \Rightarrow \Delta x_{(2)} = 15 \text{ m} \end{cases} \Rightarrow \frac{\Delta x_2}{\Delta x_1} = \frac{15}{5} = 3$$

۳۲۰ A

گلوله A، ۱/۵s زودتر رها شده پس بعد از گذشت دو ثانیه از سقوط B، گلوله A، ۳/۵s سقوط کرده است



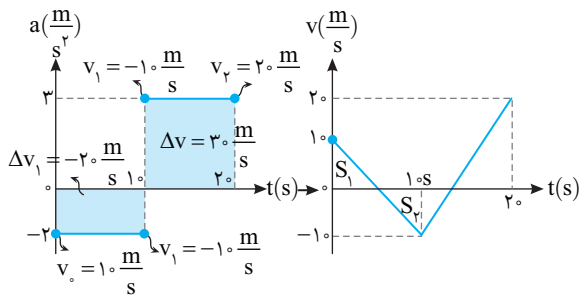
$$v_0 m \Delta y_A = ? \quad t = 3/5 \text{ s}, g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$\Delta y_A = \frac{1}{2}gt^2$$

$$\Rightarrow \Delta y_A = 5 \times (3/5)^2$$

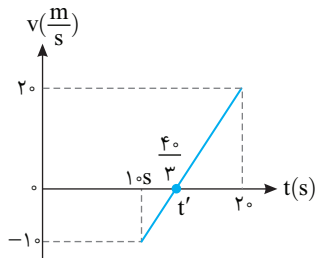
$$= 6/5 \text{ m}$$

روش دیگر: با توجه به نمودار $a-t$ ، نمودار $v-t$ متحرک را رسم می‌کنیم:

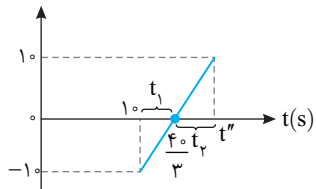


متحرک از $x=0$ شروع به حرکت کرده برای آن که مجدداً به مبدأ برسد باید Δx با مجموع سطح زیر نمودار $v-t$ صفر شود. در شکل داده شده S_1 و S_2 یکسان اما S_2 منفی است پس در لحظه $t=1s$ متحرک به مبدأ مکان رسیده و حال زمان دیگری بعد $t=1s$ را به دست می‌آوریم که متحرک به مبدأ مکان رسیده باشد.

$$S_1 = S_2 \Rightarrow \frac{1}{2} \times 1 \times 1 = \frac{1}{2} \times 2 \times (t' - 1) \Rightarrow t' - 1 = 1 \Rightarrow t' = 2s$$



حال باید زمانی را به دست آورد که مساحت مثلث بالا محور زمان با مثلث پایین محور زمان یکسان باشد، یعنی دو مثلث همنهشت باشند. $t' - 1 = 1 \Rightarrow t' = 2s$

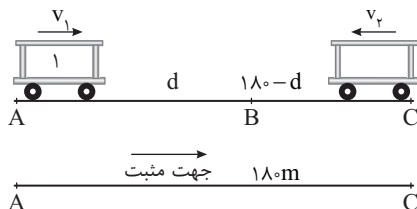


۲۲۸ D

سرعت متحرک (۱) در جهت مثبت اختیاری بوده و سرعت متحرک (۲) منفی است و دو متحرک (۱) و (۲) در مدت زمان t به نقطه B می‌رسند:

$$(1) \text{ متحرک: } d = v_1 t \Rightarrow v_1 = \frac{d}{t}$$

$$(2) \text{ متحرک: } 180 - d = |v_2| t \Rightarrow |v_2| = \frac{180 - d}{t}$$



با توجه به سؤال متحرک (۲) فاصله AB را در مدت $25s$ طی می‌کند:

$$(2) \text{ متحرک: } d = |v_2| \times 25 \Rightarrow |v_2| = \frac{d}{25}$$

و متحرک (۱) فاصله BC را در مدت $16s$ طی می‌کند:

$$(1) \text{ متحرک: } 180 - d = v_1 \times 16 \Rightarrow v_1 = \frac{180 - d}{16}$$

۲۲۵ B

برای آن که معادله $v = \frac{-\sqrt{-2x}}{f}$ صحیح باشد باید زیر رادیکال مثبت باشد. از این رو

$$v^2 = \frac{-2x}{f^2}$$

مقدارهای x باید منفی بوده یعنی متحرک در مکان‌های منفی باشد. از طرفی $v^2 = \frac{-2x}{f^2}$ بوده و در $x=0$ ، $v=0$ است یعنی متحرک از مبدأ مکان در جهت منفی محور حرکت کرده است و با افزایش مقدار x ، سرعت نیز در حال افزایش و حرکت تندشونده است. البته می‌توان با مقایسه این تابع با معادله مستقل از زمان، شتاب را به دست آورد.

$$\begin{cases} v^2 = 2ax \\ v^2 = \frac{-2x}{f^2} \end{cases} \Rightarrow 2a = -\frac{1}{f^2} \Rightarrow a = -\frac{1}{16} \text{ m/s}^2$$

۲۲۶ D

سطح زیر نمودار $v-t$ برابر جابه‌جایی متحرک است.

با توجه به تشابه دو مثلث سرعت v' را به دست می‌آوریم:

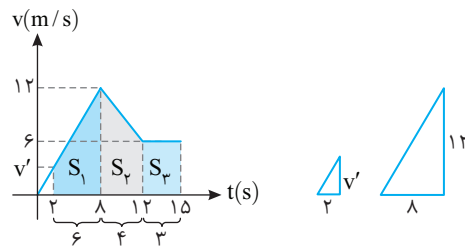
$$\frac{v'}{2} = \frac{12}{3} \Rightarrow v' = 8 \text{ m/s}$$

$$\Delta x = S_1 + S_2 + S_3 \Rightarrow \Delta x = \frac{6(12+3)}{2} + \frac{4(12+6)}{2} + 6(3)$$

$$\Delta x = 45 + 36 + 18 = 99 \text{ m}$$

مکان اولیه متحرک در لحظه $t=2s$ برابر $-6m$ است:

$$x_2 - (-6) = 99 \Rightarrow x_2 = 93 \text{ m}$$



۲۲۷ D

سؤال سختی برای جلسه کنکور است.

اما با توجه به رفتار متحرک در حرکت با

شتاب ثابت می‌توان آن را حل کرد.

متحرک با تند 10 m/s و شتاب

2 m/s^2 بعد از $5s$ متوقف می‌شود و

در مدت لحظه $t=10s$ یعنی $5s$ بعد

از توقف در نقطه A از نقطه O مبدأ

می‌گذرد و در این لحظه سرعتش 10 m/s است و با شتاب 3 m/s^2 بعد از

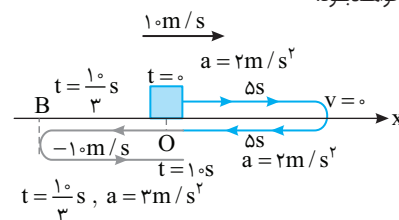
مدت $t = \frac{v}{a} = \frac{10}{3} s$ در نقطه B متوقف می‌شود و پس از $\frac{10}{3} s$ مجدداً به مبدأ

می‌رسد و برای همیشه از آن دور می‌شود. بنابراین در لحظه $t = 5 + \frac{10}{3} + \frac{10}{3} = \frac{20}{3} s$

برای سومین بار از مبدأ می‌گذرد. لازم به ذکر است که در صورت سؤال لحظه

$t=0$ را لحظه اولین عبور از مبدأ در نظر گرفته است از این رو لحظه $\frac{20}{3} s$ سومین

بار عبور از مبدأ خواهد بود.



حال با توجه به معادله اول:

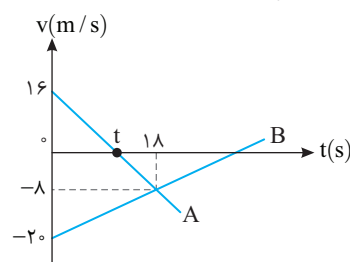
$$\frac{180-d}{16} = \frac{d}{180-d} \Rightarrow \frac{25}{16} \times \frac{180-d}{d} = \frac{d}{180-d}$$

$$\Rightarrow \frac{25}{16} = \frac{d^2}{(180-d)^2} \Rightarrow \frac{5}{4} = \frac{d}{180-d} \Rightarrow 900 - 5d = 4d \Rightarrow d = 100$$

حال v_1 را به دست می آوریم:

$$v_1 = \frac{180-d}{16} = \frac{80}{16} = 5 \text{ m/s}$$

در بازه صفر تا t ثانیه حرکت A در جهت محور Xها بوده است. ابتدا زمان t را به کمک تشابه مثلث به دست می آوریم:



$$\frac{16}{t} = \frac{8}{18-t} \Rightarrow 36 - 2t = t \Rightarrow t = 12 \text{ s}$$

شتاب حرکت B را حساب می کنیم:

$$a = \frac{v - v_0}{t} \Rightarrow a_B = \frac{-8 - (-20)}{18} = \frac{12}{18} = \frac{2}{3} \text{ m/s}^2$$

جابه جایی B در مدت $t = 12 \text{ s}$ خواهد شد:

$$\Delta x = \frac{1}{2} a t^2 + v_0 t$$

$$\Rightarrow \Delta x_B = \frac{1}{2} \times \frac{2}{3} \times (12)^2 + (-20) \times 12 \Rightarrow \Delta x_B = 48 - 240 \Rightarrow \Delta x_B = -192 \text{ m}$$

بنابراین بزرگی جابه جایی B برابر ۱۹۲ متر است.

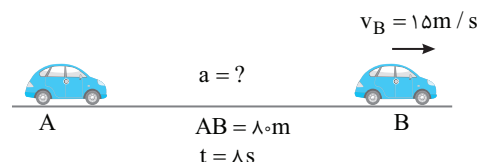
۳۳۰ A

ابتدا به کمک معادله مستقل از شتاب، سرعت در هنگام گذر از نقطه A را به دست می آوریم:

$$\Delta x = \frac{v_B + v_A}{2} \Delta t \Rightarrow 80 = \frac{15 + v_A}{2} \times 8 \Rightarrow v_A = 5 \text{ m/s}$$

$$a = \frac{v_B - v_A}{\Delta t} \Rightarrow a = \frac{15 - 5}{8} = \frac{5}{4} \text{ m/s}^2$$

اکنون می توان شتاب را به دست آورد:



۳۳۱ B

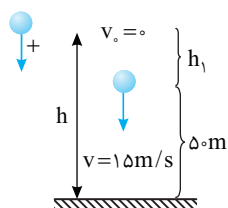
کافی است معادله حرکت دو گلوله را نوشته و از هم کم کنیم:

$$\Delta y = y_1 - y_2 = \frac{1}{2} g t_1^2 - \frac{1}{2} g t_2^2 = \frac{1}{2} g (t_1)^2 - \frac{1}{2} g (t_1 - 2/5)^2$$

$$\Rightarrow 68/75 = 5 t_1^2 - 5 (t_1^2 - 4 t_1 + 4/25)$$

$$\Rightarrow 68/75 = 5 t_1^2 - 5 t_1^2 + 20 t_1 - 4/3 \Rightarrow 20 t_1 = 100 \Rightarrow t_1 = 5 \text{ s}$$

۳۳۲ B



ابتدا h_1 را به کمک معادله مستقل از زمان حساب می کنیم. h_1 را با 50 m جمع کرده و ارتفاع جسم در لحظه رها شدن از سطح زمین را به دست می آوریم:

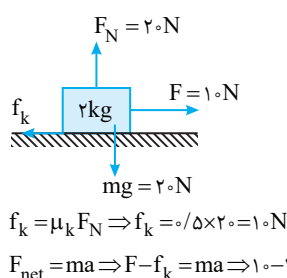
$$v^2 - v_0^2 = 2gh_1 \Rightarrow 225 = 20h_1 \Rightarrow h_1 = 11/25 \text{ m}$$

$$h = 50 + 11/25 = 61/25 \text{ m}$$

اکنون با داشتن ارتفاع محل رها شدن جسم، زمان رسیدن جسم به زمین را به دست می آوریم.

$$h = \frac{1}{2} g t^2 \Rightarrow 61/25 = 5 t^2 \Rightarrow t^2 = 12/25 \Rightarrow t = 3/5 \text{ s}$$

به دست آوردن جذر ۱۲/۲۵ کار دشواری است، پس باید از گزینه ها کمک بگیریم. گزینه (۱) جذر عدد ۴، گزینه (۳) جذر عدد ۲۵ است و گزینه (۴) نیز نمی تواند جذر عدد ۱۲/۲۵ باشد. زیرا $6 \times 6 = 36$ بوده که از ۱۲/۲۵ بزرگ تر است.

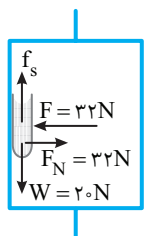


بنابراین جسم به حرکت در می‌آید و پس از ۵s سرعتش به ۷ می‌رسد. حال ۳۰N از F کم شده و مقدار آن به ۱۰N می‌رسد. جسم در حال حرکت بوده پس همچنان به جسم نیروی اصطکاک جنبشی وارد می‌شود.

بنابراین جسم با سرعت ثابت به حرکت خود ادامه می‌دهد.

۳۳۸ B

عامل حرکت کتاب به همراه آسانسور رو به بالا نیروی اصطکاک ایستایی بین کتاب و دیواره آسانسور است. نیروهای وارد بر کتاب را رسم می‌کنیم و چون کتاب و آسانسور هر دو با شتاب $a = 2\text{m/s}^2$ به سمت بالا در حال حرکت‌اند، برآیند آن‌ها را مساوی ma قرار می‌دهیم



اکنون نیرویی که کتاب به دیواره یا دیواره به کتاب وارد می‌کند برابر است با:

$$R = \sqrt{f_s^2 + F_N^2} = \sqrt{24^2 + (32)^2} = 40\text{N}$$

۳۳۹ B

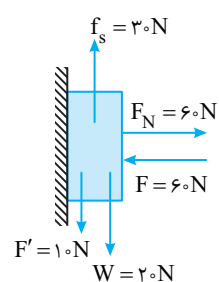
سرعت متحرک از $v_1 = 54\text{km/h} = 15\text{m/s}$ به صفر رسیده است:

$$a_{\text{av}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a_{\text{av}} = \frac{-15}{0.3} = -50\text{m/s}^2$$

نیروی وارد بر شخص از طرف کمربند برابر است با:

$$|\vec{F}_{\text{av}}| = m|\vec{a}_{\text{av}}| \Rightarrow |\vec{F}_{\text{av}}| = 60 \times 50 = 3000\text{N}$$

۳۴۰ B



بنابراین قانون سوم نیوتون نیرویی که جسم به سطح وارد می‌کند برابر نیرویی است که سطح به جسم وارد می‌کند. برای بررسی، ابتدا نیروی اصطکاک در آستانه حرکت را حساب می‌کنیم تا متوجه شویم که در اثر اعمال نیروی ۱۰N رو به پایین، جسم به حرکت در می‌آید یا نه؟

$$f_{s_{\text{max}}} = \mu_s F_N = 0.6 \times 60 = 36\text{N}$$

نیروی وزن ۲۰N و نیروی موازی با دیوار ۱۰N رو به پایین است که جمعاً ۳۰N می‌شود و از $f_{s_{\text{max}}} = 36\text{N}$ کوچک‌تر است و جسم همچنان ساکن می‌ماند و نیروی اصطکاک ایستایی در این حالت برابر

$$F_{\text{met}} = 0 \Rightarrow f_s = F' + W = 10 + 20 = 30\text{N}$$

می‌شود. در این صورت:

$$R' = \sqrt{F_N^2 + f_s^2} = \sqrt{60^2 + 30^2} \Rightarrow R' = 30\sqrt{5}\text{N}$$

۳۴۱ B

سرعت جسم ثابت است و برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر است اکنون ضریب اصطکاک را به دست می‌آوریم.

$$f_k = \mu_k F_N \Rightarrow 10 = \mu_k (50) \Rightarrow \mu_k = 0.2$$

پاسخ فصل یازدهم

۳۳۳ B

نیرویی که توسط طناب به هر دو شخص وارد می‌شود یکسان است:

$$F_1 = m_1 a_1 \Rightarrow a_1 = \frac{F_1}{m_1} \xrightarrow{m_1 > m_2, F_1 = F_2} a_1 < a_2$$

$$F_2 = m_2 a_2 \Rightarrow a_2 = \frac{F_2}{m_2}$$

دو جسم در ابتدا ساکن هستند و $a_1 < a_2$ است پس متحرک (۲) سریع‌تر حرکت می‌کند و هنگام رسیدن دو متحرک به هم متحرک (۲) جابه‌جایی بیشتری انجام می‌دهد بنابراین دو متحرک بین O و A به یکدیگر می‌رسند.

۳۳۴ A

ابتدا برآیند نیروها را محاسبه می‌کنیم:

$$\vec{F}_{\text{net}} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = (20\vec{i} - 50\vec{j}) + (10\vec{i} + 20\vec{j}) + (-10\vec{j}) = 30\vec{i} - 40\vec{j}$$

$$\Rightarrow |\vec{F}_{\text{net}}| = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = 50\text{N}$$

$$F_{\text{net}} = ma \Rightarrow a = \frac{F_T}{m} = \frac{50}{5} = 10\text{m/s}^2$$

با توجه به قانون دوم نیوتون داریم:

۳۳۵ A

به جسم دو نیروی W و f_D عمود بر هم وارد می‌شود.

$$W = mg \Rightarrow 4/8 = m \times 10 \Rightarrow m = 0.4\text{kg}$$

$$F_{\text{net}} = ma \Rightarrow \sqrt{f_D^2 + W^2} = ma \Rightarrow \sqrt{f_D^2 + (4/8)^2} = 0.4 \times 60$$

$$\sqrt{f_D^2 + (4/8)^2} = 5 \Rightarrow f_D = 4 \Rightarrow f_D = 2\text{N}$$

۳۳۶ B

در حالت اول داریم:

$$F_{\text{net}} = ma \xrightarrow{\text{جسم رو به بالا حرکت می‌کند}}$$

$$F_N - mg = ma \Rightarrow F_N - 50 = 10$$

$$\Rightarrow F_N = 60\text{N}$$

در حالت دوم داریم:

$$F_{\text{net}} = ma \xrightarrow{\text{جسم رو به پایین حرکت می‌کند}}$$

$$ma - F_{N'} = ma$$

$$\Rightarrow 50 - F_{N'} = 10 \Rightarrow F_{N'} = 40\text{N}$$

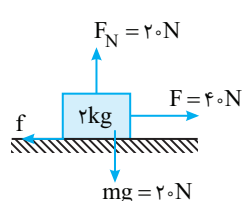
اختلاف نیروی عمودی سطح برابر است با:

$$F_N - F_{N'} = 60 - 40 = 20\text{N}$$

هرگاه آسانسور یکبار با شتاب a رو به بالا و بار دیگر با همان شتاب رو به پایین حرکت کند، اختلاف نیروی عمودی سطح برابر $2mg$ است (البته باید نوع حرکت در دو حالت یکسان باشد).

۳۳۷ B

ابتدا نیروی اصطکاک بیشینه $(f_{s_{\text{max}}})$ را



حساب می‌کنیم. اگر نیروی افقی وارد بر جسم $(F = 40\text{N})$ بزرگ‌تر از $f_{s_{\text{max}}}$ باشد جسم

به حرکت در می‌آید:

$$f_{s_{\text{max}}} = \mu_s F_N \Rightarrow f_{s_{\text{max}}} = 0.6 \times 20 = 12\text{N} < F$$

جابه‌جایی از این لحظه تا توقف خواهد شد:

$$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \Rightarrow 0 - 4 = 2(-5)\Delta x \Rightarrow \Delta x = 0.4 \text{ m}$$

بنابراین کل جابه‌جایی برابر است با:

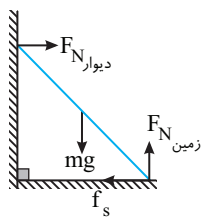
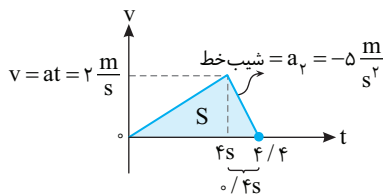
$$4 + 0.4 = 4.4 \text{ m}$$

روش دوم: ابتدا با توجه به دینامیک، شتاب حالت اول و حالت دوم را به دست می‌آوریم:

$$F_{\text{net}} = ma \Rightarrow \begin{cases} (1) \rightarrow F - f_k = ma \Rightarrow 55 - (100)(0.5) = 10a \\ \Rightarrow a_1 = 0.5 \text{ m/s}^2 \\ (2) \rightarrow -f_k = ma \Rightarrow -50 = 10a_2 \Rightarrow a_2 = -5 \text{ m/s}^2 \end{cases}$$

حال نمودار $v-t$ را کشیده و از سطح زیر نمودار مسافت را به دست می‌آوریم:

$$S = \frac{4 \times 2}{2} = 4 \text{ m}$$



توسط دیوار قائم تنها نیروی عمودی سطح و توسط سطح زمین دو نیروی عمودی سطح و نیروی اصطکاک به نردبان وارد می‌شود. نیروی اصطکاک مانع لیز خوردن نردبان به سمت راست می‌شود بنابراین جهت f_s به سمت چپ است. نیروهای وارد بر نردبان را رسم می‌کنیم و نیروهای افقی را برابر هم و نیروهای قائم را نیز برابر هم قرار می‌دهیم.

$$\begin{cases} f_s = F_{N_{\text{دیوار}}} = 300 \text{ N} \\ F_{N_{\text{زمین}}} = mg = 400 \text{ N} \end{cases}$$

هر دو نیروی $F_{N_{\text{زمین}}}$ و f_s از زمین به نردبان وارد شده و نیرویی که زمین به نردبان وارد می‌کند برابر است با:

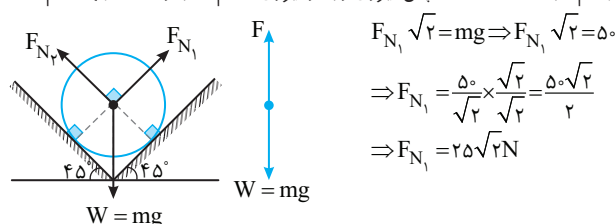
$$R = \sqrt{300^2 + 400^2} = 500 \text{ N}$$

نیرویی که جسم بر دیواره‌ها وارد می‌کند همان نیروی عمودی سطح F_N است که توسط دیواره‌ها بر جسم وارد می‌شود. بنابراین باید F_N را حساب کنیم.

زاویه دیواره‌ها با سطح یکسان است پس نیروی عمودی سطح دو دیواره یکسان است:

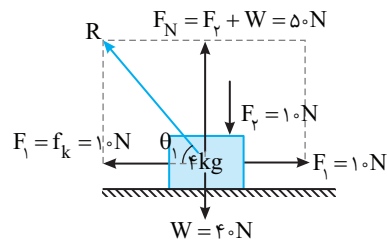
$$F = \sqrt{F_{N_1}^2 + F_{N_2}^2} \xrightarrow{F_{N_1} = F_{N_2}} F = F_{N_1} \sqrt{2}$$

جسم در حال تعادل است پس نیروی وزن و نیروی F هم‌اندازه و خلاف جهت هم‌اند:



با توجه به رابطه انرژی جنبشی و رابطه تکانه می‌توانیم K را بر حسب P بنویسیم:

$$P = mv, K = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow K = \frac{P^2}{2m}$$



اکنون نیروی اصطکاک جدید را حساب می‌کنیم.

$$f'_k = \mu_k F'_N = 0.2 \times 30 = 6 \text{ N}$$

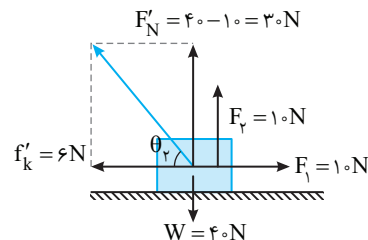
در حالت اول:

$$\tan \theta_1 = \frac{5}{1} = 5$$

در حالت دوم:

$$\tan \theta_2 = \frac{3}{6} = 0.5$$

$$\Rightarrow \theta_2 = \theta_1 < 90^\circ$$



عامل توقف صندوق اصطکاک بین کف کامیون و صندوق است که به صندوق شتاب توقف می‌دهد.

$$f_{s_{\text{max}}} = ma \Rightarrow \mu_s mg = ma \Rightarrow a = \mu_s g = 0.2 \times 10 = 2 \text{ m/s}^2$$

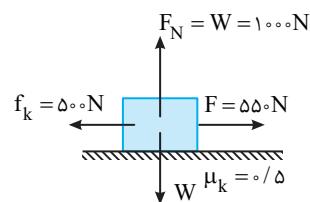
شتاب توقف کامیون حداکثر باید 2 m/s^2 باشد تا صندوق بر کف کامیون نلغزد از این رو:

$$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \Rightarrow 0 - 22^2 = 2(-2)\Delta x \Rightarrow \Delta x = \frac{22^2}{4} = 121 \text{ m}$$

ابتدا شتاب حرکت را به دست می‌آوریم.

$$F_{\text{net}} = ma \Rightarrow F - f_k = ma \xrightarrow{f_k = \mu_k F_N} \xrightarrow{f_k = 0.5 \times 100} 55 - 50 = 100a \Rightarrow a = 0.5 \text{ m/s}^2$$

$$55 - 50 = 100a \Rightarrow a = 0.5 \text{ m/s}^2$$



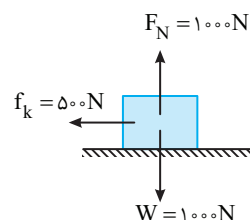
جابه‌جایی و سرعت را تا لحظه پاره شدن طناب حساب می‌کنیم.

$$\Delta x = \frac{1}{2}at^2 \Rightarrow \Delta x = \frac{1}{2} \times 0.5 \times 16 \Rightarrow \Delta x = 4 \text{ m}$$

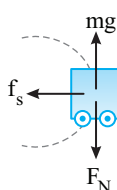
$$v_1 = at + v_0 \Rightarrow v_1 = 0.5 \times 4 = 2 \text{ m/s}$$

پس از پاره شدن طناب تنها نیروی وارد بر جسم اصطکاک است که سبب توقف جسم می‌شود.

$$f_{\text{net}} = ma \xrightarrow{f_{\text{net}} = f_k} -50 = 100a \Rightarrow a = -5 \text{ m/s}^2$$



۲ ۳۵۳ B



نیروی که سطح وارد می‌کند، برآیند نیروی عمودی سطح و نیروی اصطکاک است:

$$R = \sqrt{F_N^2 + f_s^2}$$

$$\Rightarrow 10^4 \sqrt{10} = \sqrt{(3000 \times 10)^2 + f_s^2}$$

دو طرف معادله را به توان (۲) می‌رسانیم:

$$10^9 = 9 \times 10^8 + f_s^2 \Rightarrow f_s^2 = 10^9 \Rightarrow f_s = 10^4 \text{ N}$$

۳ ۳۵۴ A

شتاب گرانش را در محل سفینه به دست می‌آوریم.

$$g_h = G \frac{M_e}{(R_e + h)^2}, \quad g_e = G \frac{M_e}{R_e^2}$$

دو رابطه را بر هم تقسیم می‌کنیم.

$$\frac{g_h}{g_e} = \frac{R_e^2}{(R_e + h)^2} \Rightarrow \frac{g_h}{g_e} = \left(\frac{R_e}{R_e + h} \right)^2$$

$$\Rightarrow g_h = \frac{1}{9} \times 9.8 \Rightarrow g_h = 1.08 \text{ m/s}^2$$

نیروی وزن فضاورد خواهد شد:

$$W_h = mg_h \Rightarrow W_h = 80 \times 1.08 \Rightarrow W_h = 86.4 \text{ N}$$

البته چون فاصله سفینه از مرکز زمین دو برابر شعاع زمین است بنابراین وزن فضاورد در آن

$$W_h = \left(\frac{R_e}{R_e + h} \right)^2 \times W = W_h = \frac{1}{4} W$$

محل $\frac{1}{4}$ وزن فضاورد بر سطح زمین است.

۲ ۳۵۵ C

در حرکت ماهواره، نیروی گرانش بین زمین و ماهواره، نیروی مرکزگرا است.

$$F = G \frac{M_e m}{r^2} = m r \frac{4\pi^2}{T^2} \Rightarrow \frac{GM_e}{r^2} = \frac{4\pi^2}{T^2}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM_e}} \\ g = G \frac{M_e}{R_e^2} \end{array} \right. \Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{R_e^2 g}} \xrightarrow{r=2R_e} T = 2\pi \sqrt{\frac{8R_e^3}{R_e^2 g}}$$

$$\Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{8R_e}{g}} = 4\pi \sqrt{\frac{2R_e}{g}} \Rightarrow T = 4\pi \sqrt{\frac{r}{g}}$$

۱ ۳۵۶ A

با توجه به قانون دوم نیوتون $F_{\text{net}} = ma$ اگر نیروی خالص وارد بر ذره صفر باشد، شتاب

حرکت صفر بوده و سرعت جسم تغییر نمی‌کند.

۴ ۳۵۷ B

$$T = \frac{t}{N} \Rightarrow T = \frac{6}{6} = 1 \text{ s}$$

ابتدا دوره را به دست می‌آوریم:

نیروی اصطکاک همان نیروی مرکزگراست از این رو می‌توانیم بنویسیم:

$$f_s = F = m R \frac{4\pi^2}{T^2} = 5 \times 2 \times \left(\frac{2\pi}{10} \right)^2 = 10 \times \frac{4\pi^2}{100} = 0.4\pi^2 \text{ N}$$

۴ ۳۵۸ B

شتاب مرکزگرای ماهواره برابر g است:

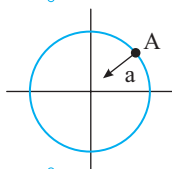
درصد تغییر انرژی جنبشی برابر است با:

$$\frac{K_2 - K_1}{K_1} \times 100 = \frac{\frac{P_2^2}{2m} - \frac{P_1^2}{2m}}{\frac{P_1^2}{2m}} \times 100 = \frac{P_2^2 - P_1^2}{P_1^2} \times 100$$

$$\frac{P_2 = P_1 + 2}{P_1 = 2P_1, P_2 = 2P_1} \rightarrow \frac{(P_1 + 2)^2 - P_1^2}{P_1^2} \times 100 = \frac{P_1^2 + 4 + 4P_1 - P_1^2}{P_1^2} \times 100$$

$$= \frac{4 + 4 \times (20)}{(20)^2} \times 100 = \frac{84}{4} \% = 21\%$$

۱ ۳۴۷ B



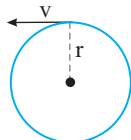
شتاب در حرکت دایره‌ای مرکزگراست بنابراین در نقطه A جهت شتاب به سمت جنوب غربی است.

۴ ۳۴۸ B

$$F_{\text{مرکزگرا}} = ma = m \frac{v^2}{r} \Rightarrow \frac{v^2}{r} = |\vec{a}| \Rightarrow v^2 = r |\vec{a}| = 2 \times \sqrt{9+16}$$

$$v^2 = 10 \Rightarrow v = \sqrt{10} \text{ m/s}$$

۳ ۳۴۹ B



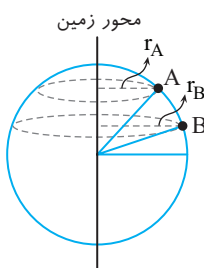
$$v = r \left(\frac{2\pi}{T} \right)$$

$$t = 1 \text{ min}, n = 90 \text{ دور}$$

$$\Rightarrow T = \frac{t}{n} = \frac{60 \text{ s}}{90} = \frac{2}{3} \text{ (s)}, r = \frac{\text{قطر}}{2} = 2 \text{ m}$$

$$v = r \left(\frac{2\pi}{T} \right) = 2 \times 2\pi \times \frac{3}{2} = 6\pi$$

۴ ۳۵۰ A



دوره تمام نقاط واقع بر سطح زمین با هم برابر و مساوی $T = 24 \text{ h}$ است. اما تندی متفاوت و وابسته به شعاع است، بنابراین باید شعاع چرخش هر نقطه را حول محور زمین به دست آوریم:

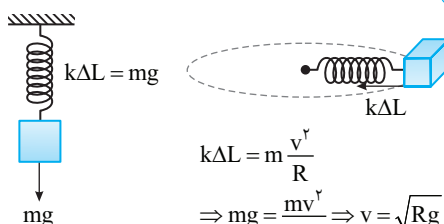
$$r_A = R \cos 60^\circ, r_B = R \cos 30^\circ$$

$$\frac{v_A}{v_B} = \frac{r_A \frac{2\pi}{T}}{r_B \frac{2\pi}{T}} = \frac{R \cos 60^\circ}{R \cos 30^\circ} = \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

۴ ۳۵۱ B

در حرکت دایره‌ای یکنواخت، شتاب همواره مثبت و به سمت مرکز است. با توجه به بردار اولیه شتاب ذره $\vec{a} = 2\vec{i} - 2\vec{j}$ ، ذره در ربع دوم قرار دارد و اندازه شتاب برابر $2\sqrt{2}$ متر بر مجذور ثانیه است. چون دوره حرکت ۴ ثانیه است بنابراین پس از ۱ ثانیه ذره در ربع سوم با شتاب $\vec{a} = 2\vec{i} + 2\vec{j}$ و پس از ۲ ثانیه در ربع چهارم با بردار شتاب $\vec{a} = -2\vec{i} + 2\vec{j}$ خواهد بود، بنابراین در ۱/۵ ثانیه ذره دقیقاً در وسط ناحیه سوم و چهارم یعنی روی محور y ها قرار می‌گیرد که شتاب آن برابر $\vec{a} = 2\sqrt{2}\vec{j}$ است.

۳ ۳۵۲ B



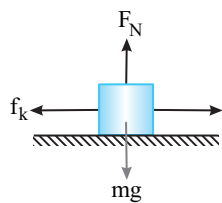
$$k\Delta L = m \frac{v^2}{R}$$

$$\Rightarrow mg = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow v = \sqrt{Rg}$$

$$v = \sqrt{0.4 \times 10} = 2 \text{ m/s}$$

نیروی اصطکاک برابر است با:

$$f_k = \mu_k F_N \Rightarrow \lambda = \mu_k (20) \Rightarrow \mu_k = 0.4$$



ابتدا نیروی اصطکاک جنبشی را به دست می آوریم:

$$f_k = \mu_k mg \Rightarrow f_k = 0.4 \times 40 = 16 \text{ N}$$

نیروی افقی وارد بر جسم ۴۰ N است. هنگامی که جسم شروع به

حرکت می کند، تا زمانی که $F > f_k$ باشد، بر سرعت جسم افزوده می شود و وقتی

$F = f_k = 16 \text{ N}$ سرعت جسم ثابت می ماند و اگر $F < f_k$ شود، سرعت جسم شروع

به کاهش می کند. بنابراین نیروی F را می توان از ۴۰ N تا ۱۰ N کاهش داد تا سرعت

جسم کاهش نیابد، بنابراین:

$$m \frac{v^2}{r} = G \frac{m M_e}{r^2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{G M_e}{r}} \Rightarrow \frac{v_A}{v_B} = \sqrt{\frac{r_B}{r_A}} \quad (1)$$

$$K = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow \frac{K_A}{K_B} = \frac{m_A}{m_B} \times \left(\frac{v_A}{v_B} \right)^2 \xrightarrow{(1)}$$

$$\frac{K_A}{K_B} = \frac{m_A}{m_B} \times \frac{r_B}{r_A}$$

$$r = h + R_e \Rightarrow \begin{cases} r_A = 6370 + R_e = 2R_e \\ r_B = 12740 + 6370 = 3R_e \end{cases}$$

$$\frac{K_A}{K_B} = \frac{1}{2} \times \frac{3}{2} = \frac{3}{4}$$

$$\begin{cases} g_1 = G \frac{M}{R_1^2} \Rightarrow g_2 = \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^2 = \left(\frac{2}{2.5} \right)^2 \Rightarrow g_2 = \frac{16}{25} \Rightarrow g_2 = \frac{16}{25} g_1 \\ g_2 = G \frac{M}{R_2^2} \end{cases}$$

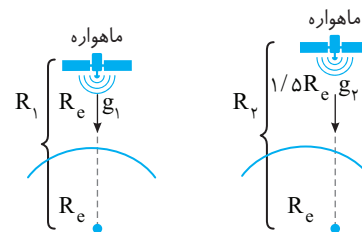
بنابراین شتاب مرکزگرا در حالت دوم به اندازه

$$g_2 - g_1 = \frac{16}{25} g_1 - g_1 = -\frac{9}{25} g_1 = -\frac{36}{100} g_1$$

اولیه کاهش می یابد.

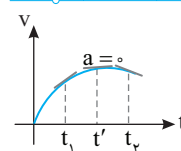
روش دوم: درصد تغییرات برابر است با:

$$\frac{\Delta g}{g_1} \times 100 = \frac{-\frac{9}{25} g_1}{g_1} \times 100 = -36\% \text{ کاهش}$$



رابطه بین تکانه و انرژی جنبشی $K = \frac{p^2}{2m}$ است:

$$\begin{aligned} \frac{K_A}{K_B} &= \frac{\frac{p_A^2}{2m_A}}{\frac{p_B^2}{2m_B}} \Rightarrow \frac{K_A}{K_B} = \frac{m_B}{m_A} \times \left(\frac{p_A}{p_B} \right)^2 \\ \Rightarrow \frac{K_A}{K_B} &= \frac{m_B}{m_A} \times \left(\frac{\frac{1}{3} p_B}{p_B} \right)^2 = \frac{5}{8} \times \frac{1}{9} \Rightarrow \frac{K_A}{K_B} = \frac{1}{9} \end{aligned}$$

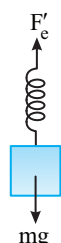


نیروی وارد بر جسم برابر $F = ma$ است که جرم جسم ثابت

است و بزرگی نیرو متناسب با بزرگی شتاب تغییر می کند. شتاب

نیز در هر لحظه برابر شیب خط مماس بر نمودار $v-t$ است.

با توجه به شکل بزرگی شیب (بزرگی شتاب) ابتدا کاهش یافته و سپس افزایش می یابد.

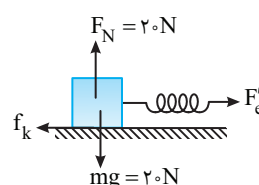


در حالت اول به جسم نیروی کشش فنر به سمت بالا و نیروی وزن به سمت پایین وارد می شود:

$$F'_e - mg = ma \Rightarrow k \Delta x - mg = ma$$

$$k \left(\frac{42}{100} - \frac{30}{100} \right) - 20 = 2 \times 2 \Rightarrow k = 200 \text{ N/m}$$

در حالت دوم نیروی کشش فنر در جهت حرکت و نیروی اصطکاک خلاف جهت به جسم وارد می شود:



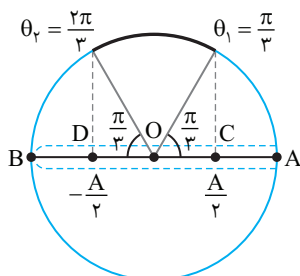
$$F'_e - f_k = ma'$$

$$\Rightarrow k \Delta x' - f_k = ma'$$

$$200 \times \left(\frac{6}{100} \right) - f_k = 2 \times 2$$

$$\Rightarrow f_k = 8 \text{ N}$$

دقت کنید تغییر شناسه تابع کسینوسی با زمان رابطه خطی دارد. یعنی شناسه تابع کسینوسی در زمان‌های یکسان، تغییرات یکسانی دارد. در مسأله بالا در جابه‌جایی از $-\frac{A}{2}$ تا $+\frac{A}{2}$ تغییر شناسه $\frac{\pi}{3}$ بوده و در جابه‌جایی از $-\frac{A}{2}$ تا A نیز تغییر شناسه $\frac{\pi}{3}$ است، بنابراین این دو جابه‌جایی در مدت زمان یکسان طی می‌شود.



۳۶۶ B

جابه‌جایی نوسانگر برابر است با:

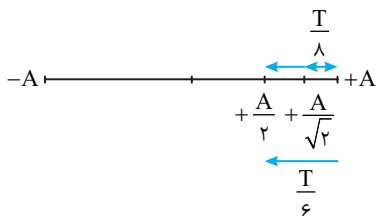
$$\Delta x = \frac{+A}{2} - \frac{-A}{\sqrt{2}} = \frac{(\sqrt{2}-2)A}{2\sqrt{2}} \Rightarrow |\Delta x| = \left| \left(\frac{2-\sqrt{2}}{2\sqrt{2}} \right) A \right| = \frac{\sqrt{2}-1}{2} A$$

زمان حرکت از $+A$ تا $+\frac{A}{\sqrt{2}}$ برابر $\frac{T}{8}$ و از $+A$ تا $+\frac{A}{2}$ برابر $\frac{T}{6}$ است. بنابراین

زمان حرکت از $\frac{A}{\sqrt{2}}$ تا $\frac{A}{2}$ برابر $\frac{T}{24}$ است. بزرگی سرعت متوسط

خواهد شد:

$$|v_{av}| = \frac{|\Delta x|}{\Delta t} = \frac{\frac{\sqrt{2}-1}{2} A}{\frac{T}{24}} \Rightarrow |v_{av}| = 12(\sqrt{2}-1) \frac{A}{T}$$

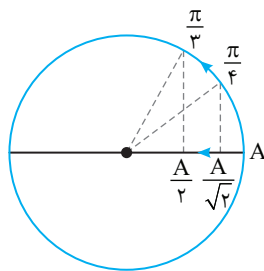


روش مثلثاتی: زمان حرکت از $+\frac{A}{\sqrt{2}}$ تا $+\frac{A}{2}$ را به کمک دایره مثلثاتی به دست

می‌آوریم:

$$\omega t_2 - \omega t_1 = \frac{\pi}{3} - \frac{\pi}{4} \Rightarrow \frac{2\pi}{T} \Delta t = \frac{\pi}{12} \Rightarrow \Delta t = \frac{T}{24}$$

باقی راه حل شبیه روش قبلی است.



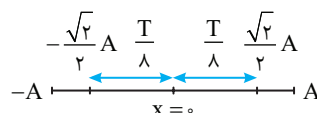
پاسخ فصل دوازدهم

۳۶۴ B

زمان بیان شده $\left(\frac{T}{4}\right)$ را به دو بازه یکسان $\left(\frac{T}{8}\right)$ در دو طرف نقطه تعادل تقسیم می‌کنیم

زیرا در این ناحیه سرعت بیشتر از انتهای مسیر بوده و جابه‌جایی بیشتر است. با توجه به بازه‌های زمانی شناخته شده، در مدت $\frac{T}{8}$ نوسانگر از مرکز به $\frac{\sqrt{2}}{2} A$ می‌رود از این رو:

$$\Delta x = \frac{\sqrt{2}}{2} A + \frac{\sqrt{2}}{2} A = \sqrt{2} A \Rightarrow \Delta x = \sqrt{2} \times \frac{A}{2} \Rightarrow \Delta x = \sqrt{2} \text{ cm}$$

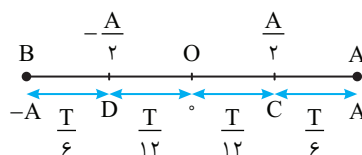


۳۶۵ B

راه حل اول: سریع‌ترین راه حل استفاده از بازه‌های زمانی است که بهتر است به خاطر بسپارید:

$$D \text{ تا } C: t_1 = \frac{T}{12} + \frac{T}{12} = \frac{T}{6} \Rightarrow \frac{t_1}{t_2} = 1$$

$$B \text{ تا } D: t_2 = \frac{T}{6}$$

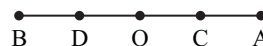


راه حل دوم: معادله مکان - زمان به صورت $x = A \cos \omega t$ می‌باشد. در نقطه C

متحرک در فاصله $\frac{A}{2}$ از مرکز تعادل ($x=0$) قرار دارد.

$$x = A \cos \omega t \Rightarrow \frac{A}{2} = A \cos \omega t_C \Rightarrow \cos \omega t_C = \frac{1}{2}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \frac{2\pi}{T} t_C = \frac{\pi}{3} \Rightarrow t_C = \frac{T}{6}$$

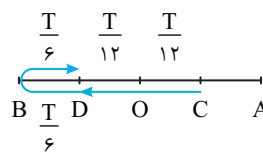


بنابراین زمان حرکت از A تا C برابر $\frac{T}{6}$ است و زمان حرکت از C تا O خواهد شد:

$$t_{C \rightarrow O} = \frac{T}{4} - \frac{T}{6} = \frac{T}{12}$$

به دلیل تقارن حرکت، زمان از O تا D نیز $\frac{T}{12}$ و از D تا B نیز $\frac{T}{6}$ خواهد بود از این رو:

$$t_{C \rightarrow D} = \frac{T}{12} + \frac{T}{12} = \frac{T}{6}, t_{D \rightarrow B} = \frac{T}{6} \Rightarrow \frac{t_{C \rightarrow D}}{t_{D \rightarrow B}} = \frac{\frac{T}{6}}{\frac{T}{6}} = 1$$

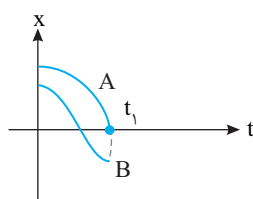


راه حل سوم: با استفاده از دایره مثلثاتی کمان متناظر $\frac{A}{2}$ و $-\frac{A}{2}$ را روی دایره مشخص

می‌کنیم. اکنون می‌توان نوشت: $\omega t_D - \omega t_C = \frac{2\pi}{3} - \frac{\pi}{3} \Rightarrow \frac{2\pi}{T} (t_1) = \frac{\pi}{3} \Rightarrow t_1 = \frac{T}{6}$

$$\omega t_B - \omega t_D = \pi - \frac{2\pi}{3} \Rightarrow \omega(t_2) = \frac{\pi}{3} \Rightarrow \frac{2\pi}{T} t_2 = \frac{\pi}{3} \Rightarrow t_2 = \frac{T}{6}$$

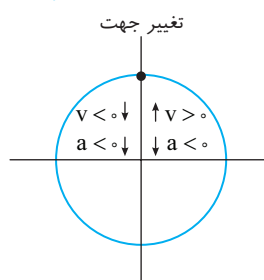
معادله نیرو - مکان $|F| = m\omega^2 x$ می‌باشد بنابراین بیشینه نیرو برابر است با:



$$|F_{\max}| = m\omega^2 A$$

$$\frac{|F_{\max A}|}{|F_{\max B}|} = \frac{(m\omega^2 A)_A}{(m\omega^2 A)_B}$$

$$= \frac{m_A \times \omega_A^2 \times A_A}{m_B \times \omega_B^2 \times A_B} = 4 \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 \times \left(\frac{1}{2}\right) = 1$$



سرعت در دو انتهای مسیر تغییر علامت می‌دهد. وقتی سرعت ابتدا مثبت است و سپس منفی می‌شود، یعنی متحرک در انتهای مسیر و در مکان $x = +A$ بوده و تغییر جهت داده است. در حرکت هماهنگ ساده هرگاه مکان مثبت باشد، شتاب منفی است بنابراین در این لحظه شتاب بیشینه مقدار منفی خود را دارد.

تندی بیشینه برابر $A\omega$ است:

$$v_{\max} = A\omega \xrightarrow{\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}} v_{\max} = 0.1 \times \sqrt{\frac{1000}{1}} = 0.1 \times 31.6 = 3.16 \text{ m/s}$$

دوره آونگ را از رابطه $T = \frac{t}{N}$ به دست می‌آوریم:

$$T_1 = \frac{t}{N_1} \Rightarrow T_1 = \frac{12}{40} = 0.3 \text{ s}, \quad T_2 = \frac{t}{N_2} \Rightarrow T_2 = \frac{12}{20} = 0.6 \text{ s}$$

دوره آونگ برابر $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ است:

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g}} \Rightarrow 0.3 = 2\pi\sqrt{\frac{l_1}{9.8}} \Rightarrow \sqrt{l_1} = 0.47 \Rightarrow l_1 = 0.22 \text{ m} = 22 \text{ cm}$$

$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l_2}{g}} \Rightarrow 0.6 = 2\pi\sqrt{\frac{l_2}{9.8}} \Rightarrow \sqrt{l_2} = 0.94 \Rightarrow l_2 = 0.88 \text{ m} = 88 \text{ cm}$$

بنابراین طول آونگ $88 - 22 = 66 \text{ cm}$ کاهش می‌یابد.

با توجه به مسیر نوسان دامنه حرکت برابر 2 cm است و اندازه شتاب نوسانگر از رابطه $|a| = \omega^2 |x|$ به دست می‌آید

$$4 = \omega^2 \left(\frac{1}{100}\right) \Rightarrow 400 = \omega^2 \Rightarrow \omega = 20 \text{ rad/s}$$

بسامد زاویه‌ای سیستم جرم فنر برابر است با:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow 20 = \sqrt{\frac{k}{2}} \Rightarrow 400 = \frac{k}{2} \Rightarrow k = 800 \text{ N/m}$$

در لحظه عبور نوسانگر از نقطه تعادل، انرژی پتانسیل نوسانگر صفر است:

$$E = K + U \Rightarrow E = K_{\max} \Rightarrow E = \frac{1}{2}mv_{\max}^2 \Rightarrow v_{\max}^2 = \frac{2E}{m} \Rightarrow v_{\max} = \left(\frac{2E}{m}\right)^{\frac{1}{2}}$$

طول موج مسافتی است که موج در مدت یک دوره طی می‌کند. بنابراین:

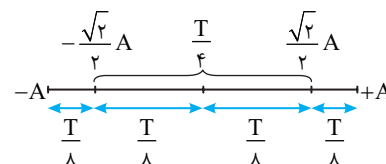
$$\lambda = vT \xrightarrow{T = \frac{1}{f}} \lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow 0.5 = \frac{v}{100} \Rightarrow v = 50 \text{ m/s}$$

$$\Delta x = v\Delta t \Rightarrow 10 = 50(\Delta t) \Rightarrow \Delta t = \frac{1}{5} \text{ s}$$

۳۶۷ C

سرعت متوسط در یک بازه زمانی معین هنگامی بیشینه است که جابه‌جایی در آن بازه بیشینه باشد. جابه‌جایی بیشینه در یک بازه معین در دو طرف نقطه تعادل رخ می‌دهد زیرا در نقطه تعادل سرعت بیشینه است. بنابراین بازه $\frac{T}{4}$ را به دو بازه یکسان $\frac{T}{8}$ در دو طرف نقطه تعادل تقسیم می‌کنیم. با توجه به بازه‌های زمانی شناخته شده مکان در این بازه به صورت زیر است. یعنی در بازه $\frac{T}{4}$ بیشترین اندازه جابه‌جایی برابر است با:

$$|\Delta x| = -\frac{\sqrt{2}}{2}A - \frac{\sqrt{2}}{2}A = -\sqrt{2}A \Rightarrow |\Delta x| = \sqrt{2}A = 2\sqrt{2} \text{ cm}$$



$$\Delta t = \frac{T}{2} + \frac{T}{6} = \frac{4}{3}T = \frac{4}{3} \times \frac{1}{3} = \frac{4}{9} \text{ s} \Rightarrow T = 4 \text{ s}$$

اکنون دوره را به دست می‌آوریم:

اندازه سرعت متوسط خواهد شد:

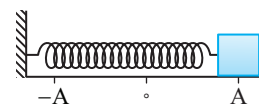
$$|v_{av}| = \frac{|\Delta x|}{\Delta t} = \frac{2\sqrt{2}}{\frac{4}{9}} = \frac{2\sqrt{2} \times 9}{4} = 9\sqrt{2} \text{ cm/s}$$

$$\Rightarrow |v_{av}| = \frac{2\sqrt{2}}{100} = \frac{\sqrt{2}}{50} \text{ m/s}$$

۳۶۸ B

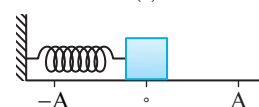
نوسانگر در نقاط بازگشت ($x = A$) تغییر جهت می‌دهد و در این نقاط شتاب نوسانگر بیشینه است.

$$|a_{\max}| = A\omega^2 \Rightarrow 0.8\pi^2 = A\omega^2 \quad (1)$$



هنگام عبور نوسانگر از نقطه تعادل ($x = 0$) نیرو و شتاب نوسانگر صفر شده و در این نقطه تندی نوسانگر بیشینه است:

$$|v_{\max}| = A\omega \Rightarrow 0.2\pi = A\omega \quad (2)$$



با تقسیم معادله (۱) بر (۲) داریم:

$$\frac{0.8\pi^2}{0.2\pi} = \frac{A\omega^2}{A\omega} \Rightarrow 4\pi = \omega$$

با قرار دادن $\omega = 4\pi$ در معادله (۲) مقدار A را به دست می‌آوریم:

$$0.2\pi = A \times 4\pi \Rightarrow A = \frac{0.2}{4} = 0.05 \text{ m} = 5 \text{ cm}$$

با توجه به رابطه $|a| = \omega^2 x$ داریم:

$$\begin{cases} |a| = \omega^2 (1) \\ 0.8\pi^2 = \omega^2 (5) \end{cases} \Rightarrow |a| = \frac{0.8\pi^2}{5} \Rightarrow a = 0.16\pi^2$$

۳۶۹ B

در لحظه t_1 با توجه به نمودار، مدت زمانی که از نوسان‌های نوسانگر A و B گذشته برابر

$$\begin{cases} t_1 = \frac{T_A}{4} \\ t_1 = \frac{T_B}{2} \end{cases} \Rightarrow \frac{T_A}{4} = \frac{T_B}{2} \Rightarrow T_A = 2T_B \xrightarrow{\omega = \frac{2\pi}{T}} \omega_B = 2\omega_A$$

است با:

بنابراین $\Delta t = \frac{1}{\lambda} s$ برابر نصف دوره است و مسافتی که هر ذره در نصف دوره طی می‌کند

برابر نصف مسافت یک نوسان کامل است یعنی مسافتی برابر $2A$ را طی می‌کند.

۱ نوسان کامل	$4A = 8 \text{ cm}$
$\frac{1}{2}$ نوسان کامل	$\varphi = 4 \text{ cm}$

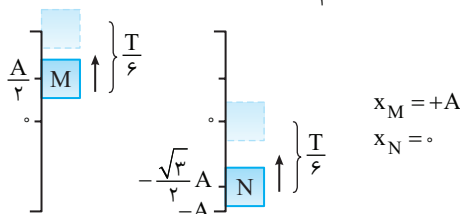
۳۸۰ B

طول موج 2 m و تندی موج برابر 10 m/s است.

$$v = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow 10 = \frac{2}{T} \Rightarrow T = \frac{1}{5} s \Rightarrow \frac{\Delta t}{T} = \frac{3}{5} \Rightarrow \frac{\Delta t}{\frac{1}{5}} = \frac{3}{5} \Rightarrow \Delta t = \frac{1}{5} s \Rightarrow \Delta t = \frac{T}{5}$$

در لحظه $t=0$ ذره M در مکان $\frac{A}{2} +$ بوده و در حال حرکت به سمت بالا (نقطه بازگشت)

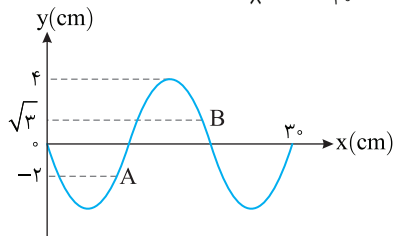
است و نقطه N در مکان $-\frac{\sqrt{3}}{2}A$ و در حال حرکت به سمت بالا (نقطه تعادل) است.



۳۸۱ B

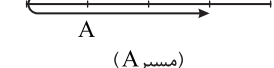
طول موج برابر است با:

$$3 \frac{\lambda}{2} = 3 \Rightarrow \lambda = 2 \text{ cm} \quad v = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow T = \frac{0.2}{\lambda} \Rightarrow T = \frac{1}{4} s$$



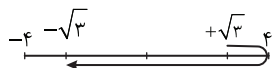
بازه زمانی $\frac{1}{\lambda_0}$ نصف دوره $(T = \frac{1}{4} s)$ است و در مدت نصف دوره مسیر ذره A و

ذره B مطابق شکل‌های زیر است.



(مسیر A)

$$\Delta y_A = 2 + 2 = 4$$

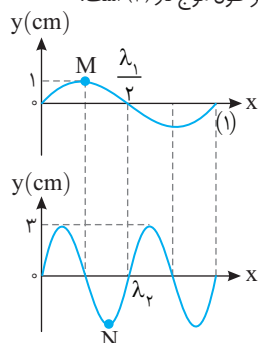


(مسیر B)

$$|\Delta y_B| = \sqrt{3} + \sqrt{3} = 2\sqrt{3} \\ \Rightarrow \frac{|\Delta y_B|}{\Delta y_A} = \frac{2\sqrt{3}}{4} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

۳۸۲ B

با توجه به شکل دو نمودار طول موج تار (۱) دو برابر طول موج تار (۲) است:



$$\begin{cases} \lambda_1 = \frac{v_1}{f_1} \\ \lambda_2 = \frac{v_2}{f_2} \end{cases} \xrightarrow{v_1 = v_2} \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{f_2}{f_1} \\ \Rightarrow \frac{f_2}{f_1} = 2 \Rightarrow \frac{1}{T_2} = 2 \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = 2$$

۳۷۶ A

ابتدا تندی انتشار موج در طناب را حساب می‌کنیم.

$$v = f\lambda \xrightarrow{f=600 \text{ Hz}, \lambda=0.2 \text{ m}} v = 600 \times 0.2 = 120 \text{ m/s}$$

تندی انتشار موج در سیم برابر است با:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\rho A}} \xrightarrow{F=36 \text{ N}, \rho=10000 \text{ kg/m}^3} 120 = \sqrt{\frac{36}{10000 \times A}} \\ \Rightarrow 120 \times 120 = \frac{36}{10000 \times A}$$

$$A = \frac{1}{1000000} \text{ m}^2 = \frac{1}{1000000} \times 10^6 \text{ mm}^2 \Rightarrow A = 0.25 \text{ mm}^2$$

۳۷۷ B

تندی موج در ریسمان برابر است با:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{40}{2}} = 20 \text{ m/s}$$

با توجه به نقش موج داده شده طول موج را به دست می‌آوریم:

$$\lambda + \frac{\lambda}{2} = 15 \text{ cm} \Rightarrow \frac{3\lambda}{2} = 15 \Rightarrow \lambda = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}$$

دوره نوسان خواهد شد:

$$\lambda = \frac{v}{f} \xrightarrow{f=\frac{1}{T}} \lambda = vT \Rightarrow 0.1 = 20 \times T \Rightarrow T = \frac{1}{200} s = 0.005 s$$

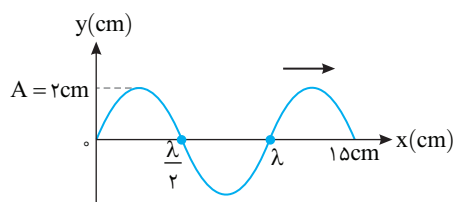
در حل این نوع مسائل پس از به دست آوردن دوره، بازه زمانی داده شده را با آن مقایسه

$$\frac{\Delta t}{T} = \frac{0.1}{0.005} \Rightarrow \Delta t = 2T$$

می‌کنیم.

بازه ارائه شده دو دوره کامل است و در هر دوره ذره مسافت $4A$ را طی می‌کند بنابراین:

۱ نوسان کامل	$4A = 8 \text{ cm}$
۲ نوسان کامل	16 cm



۳۷۸ B

رابطه تندی انتشار موج در تار را در دو حالت می‌نویسیم و بر هم تقسیم می‌کنیم:

$$\begin{cases} v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \\ v' = \sqrt{\frac{F'}{\mu}} \end{cases} \Rightarrow \frac{v'}{v} = \sqrt{\frac{F'}{F}} \Rightarrow \frac{20}{16} = \sqrt{\frac{F'}{128}} \Rightarrow \frac{5}{4} = \sqrt{\frac{F'}{128}} \Rightarrow \frac{25}{16} = \frac{F'}{128} \Rightarrow F' = 200 \text{ N}$$

$$\Delta F = F' - F = 200 - 128 = 72 \text{ N}$$

۳۷۹ A

با توجه به نقش موج داده شده طول موج برابر 5 cm است.

$$\begin{cases} \lambda = 5 \text{ cm} \\ v = 20 \text{ cm/s} \end{cases} \Rightarrow \lambda = vT \Rightarrow 5 = 20 \times T \Rightarrow T = \frac{1}{4} s$$

۳۸۸ B

ابتدا دوره موج را به دست می آوریم:

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda = 1.0 \Rightarrow \lambda = 4.0 \text{ cm} = 0.04 \text{ m} \\ v = 2.0 \text{ m/s} \end{array} \right. \Rightarrow v = \frac{\lambda}{T} = T = \frac{0.04}{2.0} = \frac{1}{50} \text{ s}$$

$$\frac{\Delta t}{T} = \frac{\lambda}{v} \Rightarrow \frac{\Delta t}{\frac{1}{50}} = \frac{0}{2.0} \Rightarrow \Delta t = \frac{0T}{2.0} = \frac{T}{2} + \frac{T}{2}$$

ذره A ابتدا در دامنه مثبت قرار دارد و هنگام عبور از نقطه تعادل بردار شتاب آن تغییر می کند.

۳۸۹ B

ابتدا شدت صوت دریافتی توسط شنونده را به دست می آوریم:

$$\beta = 1.0 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow 8.0 = 1.0 \log \frac{I}{1.0 \times 10^{-12}} \Rightarrow 1.0^8 = \frac{I}{1.0 \times 10^{-12}} \Rightarrow I = 1.0 \times 10^{-4} \text{ W/m}^2$$

توان در محل شنونده را حساب می کنیم:

$$I = \frac{P'}{A} \Rightarrow I = \frac{P'}{4\pi R^2} \Rightarrow 1.0 \times 10^{-4} = \frac{P'}{4 \times \pi \times (2.0)^2}$$

$$\Rightarrow P' = 4.8 \times 10^{-4} \times 1.0 \times 10^{-4} \text{ W} \Rightarrow P' = 4.8 \times 10^{-8} \text{ W}$$

توان جذب شده توسط محیط برابر است با:

$$\Delta P = 4.8 \times 10^{-8} - 5.0 \times 10^{-9} = -2.0 \times 10^{-9} \text{ وات} \Rightarrow \frac{\Delta P}{P} = \frac{2.0}{5.0} = \frac{4.0}{10.0} = 40\%$$

۳۹۰ B

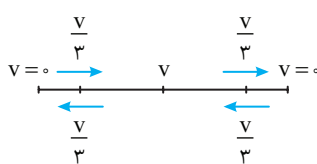
با توجه به فرض مسئله می توان نوشت:

$$\beta' = 1/2 \beta \Rightarrow \log \frac{I'}{I_0} = 1/2 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow \log \frac{AI}{I_0} = 1/2 \log \frac{I}{I_0}$$

$$\Rightarrow \log 8 + \log \frac{I}{I_0} = 1/2 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow 3 \log 2 = 0/2 \log \frac{I}{I_0}$$

$$\Rightarrow 3 \times 0.3 / 3 = 0/2 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow \log \frac{I}{I_0} = 3, \beta = 1.0 \log \frac{I}{I_0} = 1.0 \times 3 = 3.0 \text{ dB}$$

۳۹۱ A



تندی در نقاط بازگشت صفر و در

نقطه تعادل بیشینه یعنی v است

از این رو تندی بین صفر تا v

تغییر می کند و مطابق شکل

رو به رو در هر دوره چهار بار تندی برابر $\frac{v}{3}$ می شود.

نتیجه: در حرکت هماهنگ ساده در هر دوره تندی نوسانگر چهار بار می تواند $\frac{1}{n} v_m$

(یعنی کسری از تندی بیشینه) شود.

۳۹۲ B

با توجه به نمودار دامنه نوسانگر ۲ cm است و در مکان $\sqrt{2}$ cm انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل نوسانگر برابر و برابر ۲۰ mJ است، بنابراین انرژی مکانیکی نوسانگر خواهد شد:

$$E = U + K = 20 + 20 \Rightarrow E = 40 \text{ mJ}$$

از طرفی انرژی مکانیکی برابر مقدار بیشینه انرژی جنبشی ($E = K_m$) است. در نتیجه

تغییر انرژی از صفر تا ۴۰ mJ یعنی جابه جایی نوسانگر از انتهای مسیر تا مرکز نوسان که

دوره $\frac{1}{4}$ (طول می کشد. با توجه به فرض مسئله:

$$\frac{T}{4} = 0.05 \Rightarrow T = 0.2 \text{ s}$$

دوره نوسان ذرات موج (۱) (مثل نقطه M) دو برابر دوره نوسان ذرات موج (۲) (مثل نقطه N) است

$$\left\{ \begin{array}{l} T_M = \frac{t_M}{N_M} \\ T_N = \frac{t_N}{N_N} \end{array} \right. \xrightarrow{t_M = t_N} \frac{T_M}{T_N} = \frac{N_N}{N_M} \Rightarrow \frac{N_N}{2} \Rightarrow N_N = 4$$

۳۸۳ A

فاصله ایستگاه رادیویی B را از گیرنده P حساب می کنیم:

$$PB^2 = 6.0^2 + 8.0^2 \Rightarrow PB = 10.0 \text{ km}$$

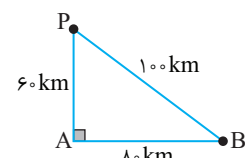
اختلاف راه A و B از P را به دست می آوریم:

$$\delta = PB - PA = 10.0 - 6.0 = 4.0 \text{ km}$$

اختلاف زمانی رسیدن سیگنال به P برابر

است با:

$$\Delta x = vt \Rightarrow t = \frac{\delta}{v} = \frac{4.0 \times 10^3}{3 \times 10^8} = \frac{4}{3} \times 10^{-5} \text{ s}$$



۳۸۴ A

با توجه به رابطه تراز شدت صوت می توان نوشت:

$$\beta = 1.0 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow 76 = 1.0 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow \log \frac{I}{I_0} = 76/10 = 7.6 \Rightarrow \log 10^7 + 2 \log 2$$

$$\Rightarrow \frac{I}{I_0} = 4 \times 10^7 \Rightarrow \frac{I}{1.0 \times 10^{-12}} = 4 \times 10^7 \Rightarrow I = 4 \times 10^{-5} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

۳۸۵ B

تراز شدت صوت بر حسب دسی بل، بنا به تعریف برابر است با:

$$\beta = 1.0 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow 26 = 1.0 \log \frac{I}{1.0 \times 10^{-12}} \Rightarrow 2/6 = \log \frac{I}{1.0 \times 10^{-12}}, 2 + 0/6 = \log \frac{I}{1.0 \times 10^{-12}}$$

به جای عدد 10^2 ، به جای عدد 10^6 ، و به جای عدد 10^2 را جای گذاری می کنیم:

$$\log 10^2 + 2 \log 2 = \log \frac{I}{1.0 \times 10^{-12}} \Rightarrow \log (2^2 \times 10^2) = \log \frac{I}{1.0 \times 10^{-12}}$$

$$\Rightarrow 2^2 \times 10^2 = \frac{I}{1.0 \times 10^{-12}} \Rightarrow I = 4 \times 10^{-10} \text{ W/m}^2$$

۳۸۶ A

تراز شدت صوت برابر است با:

$$\beta = 1.0 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow 8.0 = 1.0 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow 8 = \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow 10^8 = \frac{I}{I_0} \Rightarrow I = 10^8 I_0 = 1.0 \times 10^{-4} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

شدت صوت از رابطه $I = \frac{P}{A}$ به دست می آید که چون جبهه های موج صوتی کروی

هستند، $A = 4\pi r^2$ است:

$$1.0 \times 10^{-4} = \frac{4\pi \lambda}{A} \Rightarrow A = 4\pi \times 10^4 \Rightarrow 4\pi r^2 = 4\pi \times 10^4 \Rightarrow \pi = 10^4$$

$$12r^2 = 4\pi \times 10^4 \Rightarrow r^2 = 4\pi \times 10^4 \Rightarrow r = 2 \times 10^2 = 200 \text{ m}$$

۳۸۷ B

با توجه به تعریف تراز شدت صوت می توان نوشت:

$$\beta_1 - \beta_2 = 1.0 \log \frac{I_1}{I_0} - 1.0 \log \frac{I_2}{I_0} \Rightarrow \beta_1 - \beta_2 = 1.0 \log \frac{I_1}{I_2} \Rightarrow \beta_1 - \beta_2 = 1.0 \log \frac{I_1}{I_2}$$

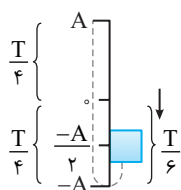
$$\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^2$$

شدت صوت با مربع فاصله نسبت وارون دارد.

$$54 - 40 = 1.0 \log \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^2 \Rightarrow 14 = 1.0 \log \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^2 \Rightarrow 1/4 = \log \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^2$$

$$\Rightarrow 2 - 0/6 = \log \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^2 \Rightarrow \log 10^2 - 2 \log 2 = \log \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^2 \Rightarrow \frac{10^2}{4} = \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^2$$

$$\Rightarrow r_2 = \Delta r_1 \xrightarrow{r_2 - r_1 = 36} \Delta r_1 - r_1 = 36 \Rightarrow r_1 = 9 \text{ m}$$



بنابراین ذره M در این لحظه از مکان $-\frac{A}{2}$

به سمت پایین در حال نوسان است:

$$\Delta t = \frac{T}{4} + \frac{T}{4} + \frac{T}{6} = \frac{4T}{6}$$

$$\Rightarrow \Delta t = \frac{2T}{3} = \frac{2}{3 \times 0.15} = \frac{1}{0.225} \text{ s}$$

۳ ۳۹۸ A

شدت صوت را در محل پرده گوش شخص به دست می‌آوریم:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow 50 = 10 \log \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow I = 10^{-7} \text{ W/m}^2$$

انرژی در مدت ۵۰ ثانیه برابر است با:

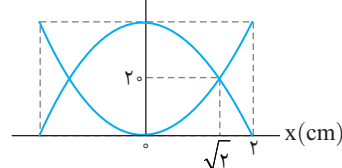
$$I = \frac{E}{A \cdot t} \Rightarrow E = I A t$$

$$\Rightarrow E = 10^{-7} \times 60 \times 10^{-6} \times 50 = 3 \times 10^{-10} \text{ J} = 3 \times 10^{-4} \mu\text{J}$$

در لحظه گذر از مرکز نوسان ($x=0$) تندی بیشینه و برابر است با:

$$v_m = A\omega = \frac{\omega \frac{2\pi}{T} \frac{2\pi}{2} = 1 \cdot \pi \text{ rad/s}}{A = 0.2 \text{ m}} \Rightarrow v_m = 0.2 \times 1 \cdot \pi = \frac{\pi}{5} \text{ m/s}$$

انرژی (میلی ژول)



۲ ۳۹۳ A

با توجه به تعریف تراز شدت صوت داریم:

$$\beta_2 - \beta_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_1} = 10 \log \frac{A_2^2}{A_1^2} \Rightarrow \beta_2 - \beta_1 = 10 \log \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2$$

$$\Rightarrow \Delta \beta = 10 \log \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2 = 10 \log 0.64$$

$$\Delta \beta = 10 \log \frac{64}{100} = 10 (\log 64 - \log 100) \Rightarrow \Delta \beta = 10 (\log 2^6 - \log 10^2)$$

$$\Rightarrow \Delta \beta = 10 (6 \log 2 - 2) = 10 (6 \times 0.3 - 2) \Rightarrow \Delta \beta = -2 \text{ dB}$$

۲ ۳۹۴ B

نوسانگر در دامنه خود بوده و از جرم کاسته شده پس در دوره جدید حرکت دامنه نوسان تغییر نمی‌کند. بسامد حرکت از رابطه $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$ به دست می‌آید، از جرم جسم

کاسته شده بنابراین جرم جسم $\frac{1}{9}$ شده است و چون بسامد با جرم رابطه عکس و جذری

دارد $(f \propto \frac{1}{\sqrt{m}})$ ، بسامد نوسان دو برابر می‌شود.

۴ ۳۹۵ A

در طیف موج‌های الکترومغناطیسی:

رادیویی $\leftarrow$ میکروموج $\leftarrow$ فرورسرخ $\leftarrow$ نور مرئی $\leftarrow$ فرابنفش $\leftarrow$ پرتو X $\leftarrow$ پرتو گاما
امواج رادیویی بلندترین طول موج و اشعه گاما بیشترین بسامد را دارد.

۱ ۳۹۶ A

با توجه به تعریف تراز شدت صوت داریم:

$$\beta_2 - \beta_1 = 5 \beta_1 - \beta_1 = 4 \beta_1 \Rightarrow \log \frac{I_2}{I_0} - \log \frac{I_1}{I_0} = 4 \log \frac{I_1}{I_0}$$

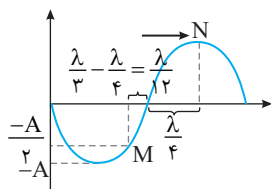
$$\Rightarrow \log \frac{I_2}{I_0} = 4 \log \frac{I_1}{I_0} \Rightarrow \log \frac{I_2}{I_0} = 4 \log \frac{I_1}{I_0} \Rightarrow \frac{I_2}{I_0} = \left(\frac{I_1}{I_0} \right)^4$$

$$\Rightarrow \frac{16 I_1}{I_0} = \left(\frac{I_1}{I_0} \right)^4 \Rightarrow 16 = \frac{I_1}{I_0} \Rightarrow I = 16 \times 10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

۱ ۳۹۷ B

ابتدا دوره موج را به دست می‌آوریم:

$$\frac{3\lambda}{4} = 30 \text{ cm} \Rightarrow \lambda = 40 \text{ cm} = 0.4 \text{ m} \Rightarrow \lambda = vT \Rightarrow 0.4 = 400 \times T \Rightarrow T = \frac{1}{1000} \text{ s}$$



مدت زمانی که موج از M به N رسیده

$\frac{1}{3000} \text{ s}$ یعنی $\frac{T}{3}$ است، پس فاصله نقاط

M و N از هم $\frac{\lambda}{3}$ است.

پاسخ فصل سیزدهم

۲ ۳۹۹ B

شخص اولین پژواک صدایش را پس از ۳s شنیده است یعنی صوت در مدت ۳s به صخره نزدیکتر در فاصله ۵۱۰m برخورد کرده و بازگشته است از این رو سرعت صوت در محیط خواهد شد.

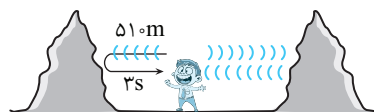
$$l = v \Delta t \Rightarrow 2 \times 510 = v \times 3 \Rightarrow v = 340 \text{ m/s}$$

پژواک دوم ۱s پس از پژواک اول شنیده شده است از این رو پژواک دوم پس از ۴s شنیده می‌شود. یعنی صوت از شنونده تا صخره دورتر ۲s در راه بوده است و فاصله شخص از صخره دورتر خواهد شد.

$$l_p = vt = 340 \times 2 = 680 \text{ m}$$

$$510 + 680 = 1190 \text{ m}$$

فاصله دو صخره از هم برابر است با:



۱ ۴۰۰ A

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow v_2 = \frac{n_1}{n_2} v_1$$

سرعت نور در محیط دوم برابر است با:

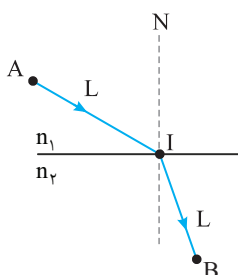
$$t_1 = \frac{L}{v_1}$$

زمان حرکت نور از A تا I برابر است با:

$$t_2 = \frac{L}{v_2} = \frac{L}{\frac{n_1}{n_2} v_1} = \frac{n_2}{n_1} \frac{L}{v_1}$$

و از I تا B برابر است با:

بنابراین زمان رسیدن از A تا B برابر می‌شود با:



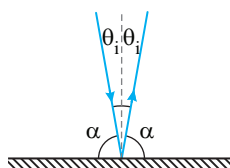
$$t = t_1 + t_2 = \frac{L}{v_1} + \frac{n_2}{n_1} \frac{L}{v_1} \Rightarrow t = \frac{L}{v_1} \left(1 + \frac{n_2}{n_1} \right)$$

۱ ۴۰۱ A

با توجه به فرض مسئله خواهیم داشت:

$$\theta_1 + \theta_2 = \frac{1}{f} \alpha \Rightarrow \alpha = \lambda \theta_1$$

$$\alpha + \theta_1 = 90^\circ \Rightarrow \lambda \theta_1 + \theta_1 = 90^\circ \Rightarrow \theta_1 = 10^\circ$$



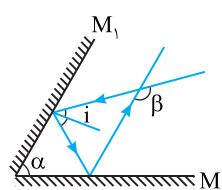
۴ ۴۰۲ A

با توجه به ضریب شکست داریم:

$$v = \frac{c}{n} \Rightarrow v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}} = \frac{3}{4} \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}}$$

۱ ۴۰۳ A

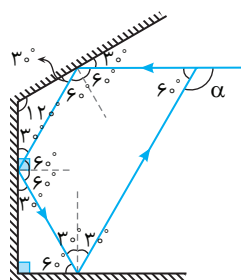
در آینه‌های مقاطع زاویه انحراف یعنی زاویه بین امتداد پرتو اولیه با امتداد پرتو بازتاب از آینه دوم به زاویه تابش بستگی ندارد و $\beta = 2\alpha$ است (اگر α حاده باشد) بنابراین با تغییر i ، β تغییر نمی‌کند. فرض این است که پرتو بعد از بازتاب از آینه M_1 به آینه M_2 بتابد.



۲ ۴۰۴ A

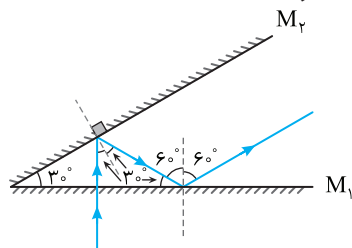
با توجه به نیم خط عمود و قانون بازتاب عمومی داریم:

$$\alpha = 180^\circ - 6^\circ = 174^\circ$$



۲ ۴۰۵ B

تعداد دفعات بازتاب تا لحظه‌ای رخ می‌دهد که پرتو بازتاب با یکی از آینه‌ها موازی شود و یا زاویه بین پرتو و یکی از آینه‌ها از زاویه بین دو آینه کوچک‌تر شود. با این توضیحات و مطابق شکل گزینه (۲) درست است.



۴ ۴۰۶ B

با توجه به صورت مسئله سرعت نور از محیط ۱ به محیط ۲، ۲۵٪ کاهش یافته است:

$$v_2 = v_1 - \frac{25}{100} v_1 \Rightarrow v_2 = \frac{75}{100} v_1$$

رابطه بین سرعت نور و زاویه تابش و زاویه شکست است.

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \Rightarrow \frac{v_1}{\frac{75}{100} v_1} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \Rightarrow \frac{1}{0.75} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \Rightarrow \sin \theta_2 = 0.75 \sin \theta_1$$

سرعت نور در محیط (۴)، ۴۰ درصد بیشتر از سرعت نور

در محیط (۳) است:

$$v_4 = v_3 + \frac{40}{100} v_3 \Rightarrow v_4 = \frac{140}{100} v_3$$

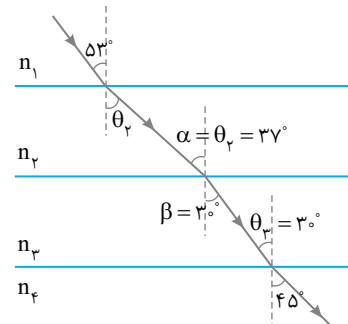
$$\frac{v_3}{v_4} = \frac{\sin \theta_3}{\sin \theta_4} \Rightarrow \frac{v_3}{\frac{140}{100} v_3} = \frac{\sin \theta_3}{\sin \theta_4} \Rightarrow \frac{1}{1.4} = \frac{\sin \theta_3}{\sin \theta_4} \Rightarrow \sin \theta_4 = 1.4 \sin \theta_3$$

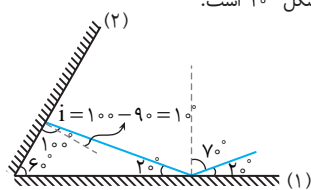
حال با توجه به خطوط موازی و مورب، α در مرز دو محیط ۲ و ۳ برابر 37° و β در مرز دو محیط ۳ و ۴ برابر 3° است.

رابطه بین ضریب شکست دو محیط و زاویه پرتو تابش و شکست به صورت زیر است:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} \Rightarrow \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin 3^\circ}{\sin 37^\circ}$$

$$\Rightarrow \frac{n_2}{n_3} = \frac{1}{\frac{6}{10}} \Rightarrow \frac{n_2}{n_3} = \frac{5}{6}$$





می‌آوریم، که مطابق شکل 10° است.

۴۱۴ A

در گذر موج از یک محیط به محیط دیگر دوره و بسامد موج که از ویژگی‌های چشمه است ثابت می‌ماند. اما سرعت انتشار موج که به ویژگی‌های فیزیکی محیط بستگی دارد،

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

تغییر می‌کند، در نتیجه طول موج نیز تغییر خواهد کرد.

از طرفی سرعت انتشار موج در طناب $(v = \frac{2}{D} \sqrt{\frac{F}{\pi \rho}})$ با قطر (شعاع) سطح مقطع

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{D_2}{D_1} \Rightarrow \frac{v}{\lambda_2} = \frac{D_2}{3D_1} \Rightarrow \lambda_2 = 21 \text{ cm}$$

طناب نسبت وارون دارد، بنابراین:

۴۱۵ A

ابتدای تندی موج را به دست می‌آوریم:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{250}{4 \times 10^{-3}}} = \sqrt{\frac{250 \times 10^3}{4}} = \frac{250}{2} \times 10^2 \Rightarrow v = 250 \text{ m/s}$$

با توجه به رابط $\lambda = \frac{v}{f}$ طول موج را به دست می‌آوریم:

$$\lambda = \frac{250}{312/5} = \frac{2500}{3125} = \frac{100}{125} = \frac{4}{5} \text{ m}$$

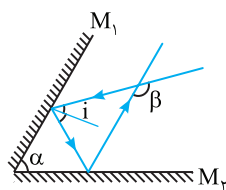
۴۱۶ A

زاویه تابش $\theta_1 = 90 - 60 = 30^\circ$ و زاویه شکست $\theta_2 = 30 + 15 = 45^\circ$ است از این رو

ضریب شکست خواهد شد:

$$\left. \begin{aligned} \frac{n_2}{n_1} &= \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \\ \frac{n_2}{n_1} &= \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \Rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{\sin 30^\circ}{\sin 45^\circ} \Rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

۴۱۷ A



در آینه‌های متقاطع زاویه انحراف یعنی زاویه بین امتداد پرتو اولیه با امتداد پرتو بازتاب از آینه دوم به زاویه تابش بستگی ندارد و $\beta = 2\alpha$ است (اگر α حاده باشد) بنابراین با تغییر i ، β تغییر نمی‌کند. فرض این است که پرتو بعد از بازتاب از آینه M_1 به آینه M_2 بتابد.

۴۱۸ A

وقتی تشدید رخ می‌دهد که بسامد نوسان کننده با بسامد یکی از هماهنگ‌های سیم ویولن برابر باشد. بسامدهای 60 Hz و 90 Hz بسامدهای دو هماهنگ متوالی این تار هستند. در این صورت بسامد اصلی تار برابر تفاضل این دو بسامد است:

$$f_1 = 90 - 60 \Rightarrow f_1 = 30 \text{ Hz}$$

$$f_1 = \frac{v}{2L} \Rightarrow 30 = \frac{v}{2 \times 0.25} \Rightarrow v = 15 \text{ m/s}$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Rightarrow 15 = \sqrt{\frac{F}{0.5 \times 10^{-3}}} \Rightarrow F = 45 \text{ N}$$

۴۰۷ A

در امواج ایستاده، تمام نقاط بین دو گره با هم بالا و پایین می‌روند اما دامنه این نقاط از گره تا شکم در حال افزایش است. پس گزینه‌های (۱) و (۲) نادرست است. از طرفی تمام نقاط محیط با بسامد موج در نوسان بوده و بسامد آن‌ها یکسان است و گزینه (۳) نیز نادرست است. سرعت هر ذره از محیط هنگام گذر از وضع تعادلش برابر $v_m = A\omega$ بوده که نقطه A دارای دامنه بزرگ‌تری است پس سرعتش بیشتر است و گزینه (۴) درست است.

۴۰۸ A

در امواج ایستاده فاصله دو شکم یا گره متوالی $\frac{\lambda}{2}$ است. از این رو ابتدا طول موج را حساب می‌کنیم:

$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{160}{400} \Rightarrow \lambda = 0.4 \text{ m} = 40 \text{ cm}$$

اکنون فاصله دو گره متوالی را به دست می‌آوریم: $\frac{\lambda}{2} = 20 \text{ cm}$ فاصله دو گره متوالی

۴۰۹ A

رابطه بسامد یک تار مرتعش به شکل زیر است:

$$f = \frac{nv}{2L} \Rightarrow f = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Rightarrow f = \frac{2}{2 \times 0.2} \sqrt{\frac{120}{12 \times 10^{-3}}} \Rightarrow f = 500 \text{ Hz}$$

۴۱۰ A

در یک تار مرتعش طول تار مضرب صحیحی از نصف طول موج است، بنابراین خارج قسمت طول تار به نصف طول موج باید عددی صحیح شود $(\frac{L}{\lambda} = n)$. حال اعداد داده شده

شده در گزینه‌ها را طبق این شرط امتحان می‌کنیم:

$$\begin{aligned} \frac{L}{\lambda} &= \frac{24}{8} = 3 \text{ قق}, \frac{L}{\lambda} = \frac{40}{8} = 5 \text{ قق} \\ \frac{L}{\lambda} &= \frac{60}{8} = 7.5 \text{ غق}, \frac{L}{\lambda} = \frac{120}{8} = 15 \text{ قق} \end{aligned}$$

در نتیجه طول داده شده در گزینه (۳) نمی‌تواند طول تار باشد.

۴۱۱ A

ابتدا بسامد تشدید اصلی (مُد اصلی) را به دست می‌آوریم:

$$f_1 = 500 - 375 = 125 \text{ Hz}$$

بنابراین مدهای این تار برابر است با:

$$125 \text{ Hz}, 250 \text{ Hz}, 375 \text{ Hz}, 500 \text{ Hz}, 625 \text{ Hz}, 750 \text{ Hz}, 875 \text{ Hz}$$

یعنی کافی بود به 750 Hz عدد 125 Hz را اضافه می‌کردیم.

۴۱۲ A

بسامد هماهنگ n ام یک تار برابر است با:

$$f_n = \frac{nv}{2L} \Rightarrow 210 = \frac{3v}{2 \times \frac{5}{100}} \Rightarrow v = 70 \text{ m/s}$$

سرعت پیشروی موج در تار برابر است با:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Rightarrow \frac{\mu = \frac{m}{L} = \frac{5 \times 10^{-3}}{5 \times 10^{-2}}}{v = 70 \text{ m/s}} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{F}{10^{-2}}} \Rightarrow 4900 = \frac{F}{10^{-2}} \Rightarrow F = 49 \text{ N}$$

۴۱۳ B

خط عمود بر سطح آینه (۱) را رسم می‌کنیم و زاویه تابش به سطح آینه (۲) را به دست

B ۴۲۶

راه حل اول: در طیف اتمی هیدروژن، چهار طول موج در ناحیه نور مرئی وجود دارد. قرمز با طول موج 656nm ، سبز با طول موج 486nm ، آبی با طول موج 434nm و بنفش با طول موج 410nm که همگی مربوط به سری طول موج‌های بالمر بوده یعنی الکترون از ترازهای بالاتر به تراز $n=2$ می‌رود. طول موج 656nm از بقیه طول موج‌های بالمر بلندتر بوده و انرژی فوتون آن از بقیه کمتر می‌باشد به همین دلیل الکترون از تراز $n=3$ به تراز $n=2$ می‌رود.

راه حل دوم: ابتدا انرژی فوتون گسیلی را به دست آورده سپس با اختلاف انرژی ترازها مقایسه می‌کنیم.

$$E = h \frac{c}{\lambda} = \frac{4/136 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8}{656 \times 10^{-9}} \Rightarrow E = 1/88 \text{ eV}$$

که این انرژی با اختلاف انرژی تراز $n=3$ و $n=2$ یکسان است:

$$E_3 - E_2 = -1/51 - (-3/29) \Rightarrow E_3 - E_2 = 1/88 \text{ eV}$$

A ۴۲۷

بلندترین طول موج رشته پاشن هنگامی گسیل می‌شود که الکترون از تراز $n=4$ به تراز $n=3$ برود. با توجه به رابطه ریذبرگ - بالمر برای اتم هیدروژن خواهیم داشت:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = 0/01 \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{16} \right) \Rightarrow \lambda \sim 2000 \text{ nm} \Rightarrow \lambda \sim 2 \mu\text{m}$$

کوتاه‌ترین طول موج گسیلی رشته پاشن وقتی است که الکترون از تراز $n=\infty$ به تراز $n=3$ برود.

$$\frac{1}{\lambda} = 0/01 \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{\infty} \right) \Rightarrow \lambda = 90 \text{ nm} = 0/9 \mu\text{m}$$

A ۴۲۸

انرژی الکترون در اتم هیدروژن در هر تراز از رابطه $E_n = \frac{E_R}{n^2}$ به دست می‌آید:

$$\begin{cases} E_1 = \frac{E_R}{1} \\ E_3 = \frac{E_R}{9} \end{cases} \xrightarrow{\Delta E = E_1 - E_3} \Delta E = \frac{E_R}{1} - \frac{E_R}{9} \Rightarrow \Delta E = \frac{8}{9} E_R$$

$$\begin{cases} E_4 = \frac{E_R}{16} \\ E_6 = \frac{E_R}{36} \end{cases} \xrightarrow{\Delta E' = E_4 - E_6} \Delta E' = \frac{E_R}{16} - \frac{E_R}{36}$$

$$\Delta E' = \frac{E_R}{16} - \frac{E_R}{36} \Rightarrow \Delta E' = \frac{9E_R}{144} - \frac{4E_R}{144} = \frac{5E_R}{144}$$

بنابراین نسبت $\frac{\Delta E}{\Delta E'}$ برابر است با:

$$\frac{\Delta E}{\Delta E'} = \frac{\frac{8}{9} E_R}{\frac{5}{144} E_R} \Rightarrow \frac{\Delta E}{\Delta E'} = \frac{8 \times 144}{5 \times 9} = \frac{128}{5} = \frac{256}{10} = 25/6$$

B ۴۲۹

کمترین بسامد مربوط به رشته بالمر مربوط به گذار از تراز $n=3$ به $n=2$ است. بنابراین:

$$\Delta E = E_3 - E_2 = \frac{-13/6}{9} - \left(\frac{-13/6}{4} \right) = \frac{13/6(9-4)}{36} = \frac{5(13/6)}{36}$$

$$\Delta E = hf \Rightarrow f = \frac{\Delta E}{h} \Rightarrow f = \frac{5 \times 13/6}{36 \times 4 \times 10^{-15}} = \frac{7/55}{16} \times 10^{15} \text{ Hz}$$

A ۴۳۰

دومین طیف اتمی هیدروژن در رشته پاشن برابر $n=5$ است.

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{25} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = R \frac{16}{225} \Rightarrow \lambda = \frac{225}{16} \times \frac{1}{R}$$

$$\lambda = \frac{225}{16} \times 10^2 \text{ nm}$$

پاسخ فصل چهاردهم

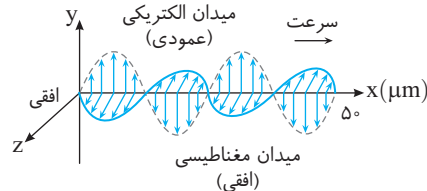
A ۴۱۹

انرژی کل $E = nhf$ را با $E = Pt$ مساوی قرار می‌دهیم:

$$nhf = Pt \Rightarrow n \times 2 = \frac{100 \times 16}{1/6 \times 10^{-19}} \Rightarrow n = 5 \times 10^{21}$$

A ۴۲۰

با توجه به نقش موج داده شده می‌توان به راحتی طول موج را به دست آورد:



$$2\lambda = 50 \times 10^{-6} \text{ m} \Rightarrow \lambda = 25 \times 10^{-6} \text{ m}$$

انرژی هر فوتون برابر است با:

$$E = h \frac{c}{\lambda} \Rightarrow E = 4 \times 10^{-15} \times \frac{3 \times 10^8}{25 \times 10^{-6}} \Rightarrow E = 4/8 \times 10^{-2} \text{ eV}$$

B ۴۲۱

با توجه به رابطه انرژی جنبشی بیشینه می‌توان نوشت:

$$K_{\max} = h \frac{c}{\lambda} - W_0$$

$$\Rightarrow K_{\max} = 4/14 \times 10^{-15} \times \frac{3 \times 10^8}{270 \times 10^{-9}} - 2 = 4/6 - 2 = 2/6 \text{ eV}$$

A ۴۲۲

از لیزر در برش فلزات استفاده می‌شود و گزینه (۳) درست است.

B ۴۲۳

برای یونیزه شدن باید الکترون از حالت پایه $n=1$ به حالت $n=\infty$ برود. فوتونی که در این حالت دریافت می‌کند برابر فوتونی است که هنگام گذار از $n=\infty$ به $n=1$ آزاد می‌کند. درواقع طول موج جذبی یا طول موج گسیلی برابر است. از این‌رو:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = 0/01 \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{\infty} \right) \Rightarrow \lambda = 10 \text{ nm}$$

A ۴۲۴

با توجه به الگوی اتمی بور:

$$r_n = n^2 a_0 \xrightarrow{n=3} r_3 = 9a_0 \Rightarrow r_3 = 9r_1$$

$$E_n = -\frac{E_R}{n^2} \xrightarrow{n=3} E_3 = -\frac{E_R}{9} \Rightarrow E_3 = \frac{1}{9} E_1$$

B ۴۲۵

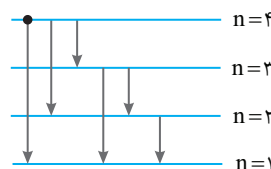
راه حل اول: با توجه به شکل رویه‌رو، ۶ نوع فوتون با انرژی‌های متفاوت ممکن است گسیل کند.

ابتدا گذارهای ممکن $\Delta n=1$ را می‌شماریم: $4 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1$ سه نوع فوتون

سپس گذارهای ممکن $\Delta n=2$ را می‌شماریم: $3 \rightarrow 1$ ، $4 \rightarrow 2$ دو نوع فوتون

سرانجام گذارهای ممکن $\Delta n=3$ را می‌شماریم: $4 \rightarrow 1$ یک نوع فوتون

راه حل دوم: کافی است اعداد کوچک‌تر از ۴ را با هم جمع کنیم: $3+2+1=6$



را داشته باشد از این رو در رشته بالمر باید الکترون از $n=3$ به $n'=2$ برود. انرژی

الکترون در هر تراز برابر $E_n = \frac{-E_R}{n^2}$ است بنابراین:

$$\begin{cases} E_R = \frac{E_R}{n^2} = \frac{13/6}{9} \Rightarrow \Delta E = hf \Rightarrow \frac{13/6}{4} - \frac{13/6}{9} = \frac{hc}{\lambda} \\ E_R = \frac{E_R}{n'^2} = \frac{13/6}{4} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{68}{36} = \frac{1240}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{1240 \times 36}{68} = 656 \text{ nm}$$

۱ ۴۳۷ A

وقتی در رابطه $\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right)$ ، $n'=2$ باشد، سری طول موج‌های گسلی مربوط

به سری بالمر بوده که دارای چهار طول موج گسلی مرئی و یک طول موج گسلی در ناحیه فرابنفش است.

۱ ۴۳۸ B

بنا بر رابطه اینشتین برای اثر فوتوالکتریک داریم:

$$K_m = hf - W_0 \xrightarrow{K'_m = f K_m} hf' - W_0 = f(hf - W_0)$$

$$hf' = f hf - 3W_0 \xrightarrow{f'=kf} khf = f hf - 3W_0$$

$$\Rightarrow k = f - \frac{3W_0}{hf} \Rightarrow 1 < k < 4$$

۳ ۴۳۹ B

ابتدا طول موج پرتو گسیل شده را حساب می‌کنیم:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \times 10^8}{562/5 \times 10^{12}} \approx \frac{3}{562} \times 10^{-4} = \frac{1}{200} \times 10^{-4} = 5 \times 10^{-3} \times 10^{-4} = 500 \text{ nm}$$

λ در محدوده نور مرئی به دست آمده است که تنها در سری بالمر یعنی $n'=2$ صدق می‌کند که تنها در گزینه (۳)، $n'=2$ بیان شده است. بنابراین گزینه (۳) درست است.

۴ ۴۴۰ A

در سری بالمر، فقط پنجمین خط طیفی فرابنفش است و بقیه نور مرئی است. از طرفی طول موج فرابنفش کوتاه‌تر از 400 nm است بنابراین گزینه (۴) درست است.

سومین طیف اتمی هیدروژن در طیف پاشن برابر $n=6$ است.

$$\frac{1}{\lambda'} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda'} = R \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{36} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda'} = R \left(\frac{3}{36} \right)$$

$$\lambda' = 12 \times 10^2 \text{ nm}$$

حال اختلاف دو طول موج را به دست می‌آوریم:

$$\lambda - \lambda' = \frac{225}{16} \times 10^2 - 12 \times 10^2 = 10^2 \left(\frac{225}{16} - 12 \right) = \frac{825}{4}$$

۳ ۴۳۱ B

انرژی فوتون تابشی، برابر اختلاف انرژی مدارهای n_p و n_1 است و داریم:

$$E_{n_p} - E_{n_1} = -\frac{E_R}{n_p^2} - \left(-\frac{E_R}{n_1^2} \right) \Rightarrow 12/75 = E_R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_p^2} \right)$$

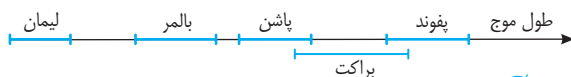
$$\Rightarrow 12/75 = 13/6 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_p^2} \right)$$

با جای‌گذاری گزینه‌ها در رابطه بالا، $n_1=1$ و $n_p=4$ به دست می‌آید و گزینه (۳) درست است.

درست است.

۴ ۴۳۲ B

با توجه به نمودار طول موج گسلی زیر، گزینه (۴) درست است.



۲ ۴۳۳ B

$$E_B = 3E_A \Rightarrow \frac{hc}{\lambda_B} = 3 \frac{hc}{\lambda_A}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \lambda_A = 3\lambda_B \\ \lambda_A - \lambda_B = 4 \end{cases} \Rightarrow \lambda_A = 6 \text{ nm}, \lambda_B = 2 \text{ nm}$$

۴ ۴۳۴ A

انرژی پرتوهای نور برابر است با:

$$E = nh \frac{c}{\lambda} \Rightarrow 120 = n \times 6/6 \times 10^{-34} \times \frac{3 \times 10^8}{6/6 \times 10^{-7}}$$

$$\Rightarrow n = 40 \times 10^{19} \Rightarrow n = 4 \times 10^20$$

۱ ۴۳۵ B

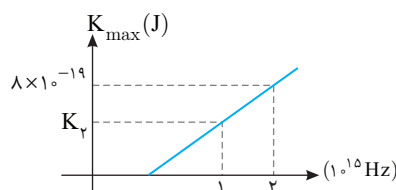
طبق رابطه $K_{\max} = hf - W_0$ شیب خط این نمودار برابر h می‌باشد. بنابراین:

$$\lambda = \frac{c}{f} \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{300 \times 10^{-9}} = 10^{15} \text{ Hz}$$

$$h = \frac{\lambda \times 10^{-19} - K_p}{2 \times 10^{15} - 1 \times 10^{15}} = 4 \times 10^{-15} \times 1/6 \times 10^{-19} \text{ J.s}$$

$$\Rightarrow \lambda \times 10^{-19} - K_p = 6/4 \times 10^{-19}$$

$$\Rightarrow K_p = 1/6 \times 10^{-19} \text{ J.s}$$



۳ ۴۳۶ B

رشته بالمر یعنی $n'=2$ ، بلندترین طول موج گسلی یعنی فوتون گسلی کمترین انرژی

۴۴۷ B

با توجه به نمودار، نیمه عمر A، سه روز می باشد، پس ۹ روز معادل ۳ نیمه عمر عنصر A

$$N = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow N = \frac{1000}{2^3} = 125 \text{ هسته است:}$$

برای عنصر B در مدت ۳ روز، تعداد هسته های فعال از ۱۰۰۰ به ۱۲۵ رسیده است، از

$$N_B = \frac{N_0 \cdot B}{2^n} \Rightarrow 125 = \frac{1000}{2^n} \Rightarrow n = 3 \text{ این رو:}$$

$$T = \frac{t}{n} = \frac{3}{3} = 1 \text{ روز نیمه عمر عنصر B خواهد شد:}$$

$$N = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow \frac{N_0}{2^3} = \frac{N_0}{2^2} \Rightarrow n = 5, T = \frac{t}{n} \Rightarrow 1 = \frac{t}{5} \Rightarrow t = 5 \text{ روز}$$

۴۴۸ A

ابتدا انرژی حاصل از یک گرم را به دست می آوریم:

$$E = mc^2 \Rightarrow E = 10^{-3} \times (3 \times 10^8)^2 \Rightarrow E = 9 \times 10^{13} \text{ J}$$

اکنون مقدار جرمی را که می توان با این انرژی به ارتفاع صد متر بالا برد به دست می آوریم:

$$E = mgh \Rightarrow 9 \times 10^{13} = m \times 10 \times 100 \Rightarrow m = 9 \times 10^{11} \text{ kg}$$

$$\Rightarrow m = 9 \times 10^6 \text{ تن} \Rightarrow m = 9 \text{ میلیون تن}$$

۴۴۹ A

ذره گسیل شده از هسته یک ذره بتای منفی (الکترون) است. بنابراین عدد اتمی (تعداد پروتون های هسته) یک واحد افزایش و تعداد نوترون های آن یک واحد کاهش می یابد.

۴۵۰ A

تعداد هسته های باقی مانده $100 - 87/5 = 12/5$ درصد تعداد هسته های اولیه است:

$$\frac{N}{N_0} \times 100 = 12/5 \Rightarrow N = \frac{12/5}{100} N_0 \Rightarrow N = \frac{1}{8} N_0$$

با توجه به رابطه نیمه عمر:

$$N = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow \frac{1}{8} N_0 = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow n = 3, T_{1/2} = \frac{t}{n} \Rightarrow T_{1/2} = \frac{24}{3} = 8 \text{ h}$$

۴۵۱ B

راه حل اول: با توجه به نمودار تعداد هسته های فعال در مدت ۸ روز، نصف شده است.

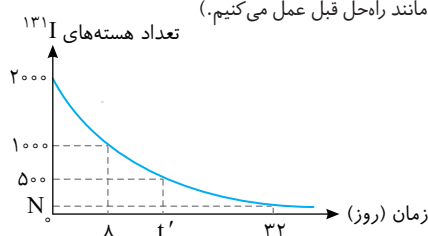
بنابراین نیمه عمر آن ۸ روز می باشد. بنابراین t' برابر دو نیمه عمر بوده و $2 \times 8 = 16$ روز است. بعد از گذشت ۳۲ روز، داریم:

$$N = 125 \xrightarrow{8 \text{ روز}} 250 \xrightarrow{8 \text{ روز}} 500 \xrightarrow{8 \text{ روز}} 1000 \xrightarrow{8 \text{ روز}} 2000$$

راه حل دوم:

$$n = \frac{t}{T_{1/2}} = \frac{32}{8} = 4, N = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow N = \frac{N_0}{2^4} \Rightarrow N = \frac{2000}{16} \Rightarrow N = 125$$

(در مورد t' مانند راه حل قبل عمل می کنیم.)



۴۵۲ A

با توجه به فرض های مسئله می توان نوشت:

$$N_A = 4N_B \Rightarrow \frac{N_0 \cdot A}{2^{n_A}} = 4 \frac{N_0 \cdot B}{2^{n_B}} \Rightarrow \frac{N_0 \cdot A}{2^{n_A}} = \frac{N_0 \cdot B}{2^{n_B-2}} \Rightarrow \frac{A}{2^{n_A}} = \frac{B}{2^{n_B-2}}$$

$$\frac{2^{n_B}}{2^{n_A}} = 4 \Rightarrow 2^{n_B-n_A} = 2^2 \Rightarrow n_B - n_A = 2$$

پاسخ فصل پانزدهم

۴۴۱ A

در یک هسته پایدار، مجموع جرم نوکلئون های تشکیل دهنده هسته از جرم هسته بیشتر است.

۴۴۲ A

در گسیل پوزیترون، یک پروتون به یک پوزیترون و یک نوترون تبدیل می شود و بار هسته به اندازه $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ کاهش می یابد و گزینه (۱) نادرست است.

در گسیل الکترون، یک نوترون به یک الکترون و یک پروتون تبدیل می شود و بار هسته $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ افزایش می یابد و گزینه (۲) نادرست است. در گسیل α دو پروتون از هسته جدا شده و بار هسته $3/2 \times 10^{-19} = 3 \times 10^{-19} \text{ C}$ کاهش می یابد و گزینه (۳) درست است با توضیحات داده شده گزینه (۴) نادرست است.

۴۴۳ A

با توجه به قانون پایستگی بار و پایستگی تعداد نوکلئون ها در واکنش های هسته ای می توان نوشت:

$${}_2^4\text{He} + {}_{13}^{27}\text{Al} \rightarrow {}_Z^AX + {}_1^1\text{n} \Rightarrow \begin{cases} 4 + 27 = A + 1 \Rightarrow A = 30 \\ 2 + 13 = Z + 0 \Rightarrow Z = 15 \end{cases}$$

۴۴۴ A

با توجه به فرض مسأله:

$${}_Z^AX \rightarrow {}_{81}^{208}\text{Tl} + {}_{+1}^0\text{e} + {}_2^4\text{He} \Rightarrow \begin{cases} A = 208 + 0 + 4 \Rightarrow A = 212 \\ Z = 81 + 1 + 2 \Rightarrow Z = 84 \end{cases}$$

۴۴۵ B

راه حل اول: استفاده از تعریف:

$$m \xrightarrow{5 \text{ روز}} \frac{m}{2} \xrightarrow{5 \text{ روز}} \frac{m}{4} \xrightarrow{5 \text{ روز}} \frac{m}{8} \xrightarrow{5 \text{ روز}} \frac{m}{16} \text{ باقی مانده}$$

بنابراین $\frac{15}{16}$ مقدار اولیه واپاشیده شده است. $m - \frac{m}{16} = \frac{15}{16}m = 75 \text{ g} \Rightarrow m = 80 \text{ g}$. ۷۵ گرم واپاشیده شده است یعنی ۵ گرم باقی مانده است و پس در مدت ۲۰ شبانه روز، از ۸۰ گرم واپاشیده شده است.

از گذشت یک نیمه عمر دیگر یعنی گذشت ۵ شبانه روز دیگر، $\frac{5}{2} = 2/5 \text{ g}$ از آن باقی می ماند.

راه حل دوم: استفاده از رابطه های نیمه عمر است. در این رابطه ها n تعداد نیمه عمرها و M ، جرم ماده پرتوزای اولیه و m جرم ماده پرتوزای باقی مانده است.

$$n = \frac{t}{T_{1/2}} \Rightarrow n = \frac{20}{5} = 4$$

$$m = \frac{M}{2^n} \Rightarrow M - 75 = \frac{M}{2^4} \Rightarrow M - 75 = \frac{M}{16} \Rightarrow M = 80 \text{ g}$$

$$m = \frac{M}{2^n} \Rightarrow 2/5 = \frac{80}{2^n} \Rightarrow 2^n = 32 \Rightarrow n = 5$$

$$n = \frac{t}{T_{1/2}} \Rightarrow 5 = \frac{t}{5} \Rightarrow t = 25 \text{ شبانه روز}$$

۴۴۶ A

۷۵ درصد از هسته های ماده پرتوزا واپاشیده شده است یعنی ۲۵٪ از آن ماده فعال باقی مانده است:

$$N = N_0 - \frac{75}{100} N_0 \Rightarrow N = \frac{25}{100} N_0$$

$$\Rightarrow N = \frac{N_0}{4} = \frac{N_0}{2^2} \Rightarrow \frac{N_0}{2^2} = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow n = 2$$

در هر نیمه عمر نصف ماده واپاشیده می شود پس برای آنکه مقدار ماده به $\frac{1}{4}$ حالت اولیه برسد باید دو نیمه عمر بگذرد. زمان واپاشی خواهد شد:

$$t = nT \Rightarrow t = 2 \times 8 = 16 \text{ D}$$

۴۵۷ B

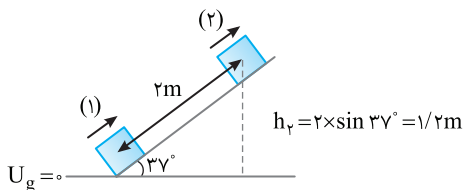
خط فکری: زمین را مبدأ پتانسیل می‌گیریم پس در نقطه (۱)، جسم تنها انرژی جنبشی دارد. در نقطه (۲) جسم هم تندی دارد و هم ارتفاع از سطح زمین پس جسم در این نقطه انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل دارد. دقت کنید که برای به دست آوردن انرژی پتانسیل گرانشی ارتفاع از سطح زمین مهم است و با استفاده از روابط مثلثاتی می‌توانیم h_p را به دست آوریم. با توجه به پایستگی انرژی می‌توان نوشت:

$$E_p = U_p + K_p \Rightarrow E_p = mgh_p + \frac{1}{2}mv_p^2 = 12 + 2 = 14 \text{ J}$$

$$E_1 = U_1 + K_1 \xrightarrow{U_1=0} E_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 = 18 \text{ J}$$

$$E_p - E_1 = W_f \Rightarrow E_p - E_1 = 14 - 18 = -4 \text{ J}$$

که $|W_f|$ برابر انرژی مکانیکی می‌باشد که کاهش یافته است.



۴۵۸ C

حجم ثابت است. فشار گاز را در دمای جدید به دست می‌آوریم:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow P_2 = 1/2 P_1$$

$$\Rightarrow P_2 + \frac{(m' + \Delta) \times 10^3}{A} = 1/2 \left(P_1 + \frac{\Delta \times 10^3}{A} \right)$$

$$1.05 + \frac{1.0m' + 5.0}{\Delta \times 10^{-4}} = 1/2 \times 1.05 + \frac{6.0}{\Delta \times 10^{-4}} \Rightarrow \frac{1.0m' + 5.0 - 6.0}{\Delta \times 10^{-4}} = 1/2 \times 1.05 - 1.05$$

$$\Rightarrow \frac{1.0m' - 1.0}{\Delta \times 10^{-4}} = 0/2 \times 1.05 \Rightarrow 1.0m' - 1.0 = 0 \Rightarrow m' = 1 \text{ kg}$$

۴۵۹ A

مسئله ساده‌ای است. نیروی وارد بر سیم را در دو حالت می‌نویسیم. یک بار برای وقتی

که $\theta = 30^\circ$ است و بار دیگر برای $\theta = 60^\circ$

$$F = ILB \sin \theta \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \frac{ILB \sin 60^\circ}{ILB \sin 30^\circ} \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \sqrt{3}$$

۴۶۰ B

یادآوری: تعداد حلقه‌های (N) پیچیده‌ای به شعاع R که با سیمی به طول L ساخته

$$N = \frac{L}{2\pi R}$$

می‌شود، برابر است با:

ابتدا با توجه به طول سیم که ۲m است، تعداد حلقه‌های هر دو پیچ را حساب می‌کنیم:

$$N_1 = \frac{L}{2\pi R} \xrightarrow{R=R_1} N_1 = \frac{2}{2\pi R_1}$$

$$N_2 = \frac{L}{2\pi R} \xrightarrow{R_2 = \frac{R_1}{2}} N_2 = \frac{2}{2\pi \frac{R_1}{2}} = \frac{4}{2\pi R_1}$$

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{\frac{4}{2\pi R_1}}{\frac{2}{2\pi R_1}} = 2$$

نسبت تعداد حلقه‌ها در دو پیچ برابر است با:

نسبت $\frac{B_2}{B_1}$ را به دست می‌آوریم تا بفهمیم در حالت دوم میدان مغناطیسی چند

برابر حالت اول است:

پاسخ فصل شانزدهم

۴۵۳ B

فرایند ابتدایی که گاز طی کرده، هم فشار است:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \xrightarrow{P_1=P_2} \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{2 \times 36}{320} \text{ lit}$$

فشار ثانویه گاز $P_2 = 2 \times 10^5 \text{ Pa}$ بوده و گاز فرایند هم‌دما را طی می‌کند:

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_3 V_3}{T_3} \xrightarrow{T_2=T_3} \frac{P_2 V_2}{P_1} = \frac{P_3 V_3}{P_1} \Rightarrow 2 \times 10^5 \times \frac{2 \times 36}{320} = P_3 \times \frac{80}{100} \times \frac{2 \times 36}{320}$$

$$P_3 = \frac{2 \times 10^5}{\frac{80}{100}} = 2.5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

۴۵۴ B

نیروی وارد بر کف ظرف توسط مایع ناشی از فشار مایع است. ابتدا فشار مایع را به دست می‌آوریم، البته یادآوری می‌کنیم که عمق مایع را از سطح آزاد آن اندازه‌گیری می‌کنند یعنی در این ظرف $h = 3 \text{ cm}$ است بنابراین:

$$P = \rho gh \Rightarrow P = 800 \times 10 \times \frac{3}{100} \Rightarrow P = 2400 \text{ Pa}$$

اکنون نیروی وارد بر کف ظرف توسط مایع را حساب می‌کنیم.

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow F = PA$$

$$\Rightarrow F = 2400 \times 100 \times 10^{-4}$$

$$\Rightarrow F = 24 \text{ N}$$

۴۵۵ A

کار انجام شده در فرایند هم‌فشار گاز آرمانی در تغییر دمای ΔT خواهد شد:

$$W = -P\Delta V = -nR\Delta T \xrightarrow{n=\frac{m}{M}} W = -\frac{m_{H_2}}{M_{H_2}} R\Delta T$$

$$\xrightarrow{m_{H_2}=10g, M_{H_2}=2g/mol} W' = \frac{10}{2} \times 8 \times (100) = 4000 \text{ J} = 4 \text{ kJ}$$

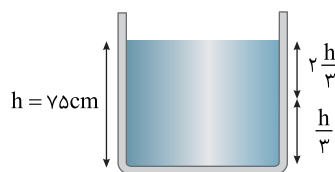
۴۵۶ B

چه دو مایع با هم مخلوط شوند و چه به صورت مخلوط نشده در ظرف استوانه‌ای قرار بگیرند، چون وزن مایع درون ظرف یکسان است، فشار وارد بر کف ظرف در دو حالت یکسان است. در حل این سؤال برای راحتی فرض می‌کنیم که دو مایع مخلوط نشده باشند.

چگالی مایع A از چگالی مایع B بیشتر است و مایع A ته‌نشین می‌شود. با توجه به شکل ارتفاع مایع A و ارتفاع مایع B را می‌توان به دست آورد.

$$\begin{cases} V_A = \frac{1}{3} V \\ V_B = \frac{2}{3} V \end{cases} \xrightarrow{V=Ah} \begin{cases} h_A = \frac{1}{3} h \\ h_B = \frac{2}{3} h \end{cases}$$

$$h_A = \frac{h}{3} = \frac{75}{3} = 25 \text{ cm}, \quad h_B = \frac{2h}{3} = \frac{2}{3} \times 75 = 50 \text{ cm}$$



فشار وارد بر کف ظرف توسط مخلوط برابر است با:

$$P = \rho_A gh_A + \rho_B gh_B = 1200 \times 10 \times \frac{25}{100} + 600 \times 10 \times \frac{50}{100}$$

$$\Rightarrow P = 3000 + 3000 = 6000 \text{ Pa}$$

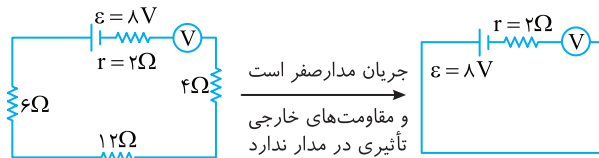
۴۶۴ B

با توجه به معادله $I_{\max} = \Delta A$ ، $I = a \sin(\Delta \pi t)$ است، بنابراین:

$$U = \frac{1}{2} LI^2 \Rightarrow U = \frac{1}{2} \times 0.4 \times 5^2 = 0.5 J \times 10^3 = 500 mJ$$

۴۶۵ A

تلفظی اگر ولت‌سنج آرمانی به طور متوالی به باتری مدار وصل شود، به دلیل زیاد بودن مقاومت ولت‌سنج، جریان مدار صفر می‌شود. در این حالت:



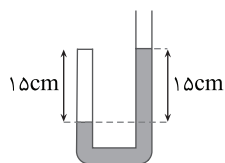
$$V = \varepsilon - Ir \xrightarrow{I=0} V = \varepsilon = 8V$$

۴۶۶ B

با توجه به رابطه ساختمانی مقاومت فلزی، نسبت هر دو مقاومت را به دست می‌آوریم. البته مساحت سطح مقطع هر سه مقاومت یکسان است.

$$R = \rho \frac{L}{A} \xrightarrow{\text{قطر یکسان}} \begin{cases} \frac{R_A}{R_B} = \frac{\rho_A}{\rho_B} \times \frac{L_A}{L_B} = \frac{1/\Delta \rho}{\Delta \rho} \times \frac{2L}{L} = 6 \Rightarrow R_A = 6R_B \\ \frac{R_A}{R_C} = \frac{\rho_A}{\rho_C} \times \frac{L_A}{L_C} = \frac{1/\Delta \rho}{\rho} \times \frac{2L}{L} = 3 \Rightarrow R_A = 3R_C \\ \frac{R_B}{R_C} = \frac{\rho_B}{\rho_C} \times \frac{L_B}{L_C} = \frac{\Delta \rho}{\rho} \times \frac{L}{2L} = \frac{1}{2} \Rightarrow R_C = 2R_B \end{cases}$$

۴۶۷ B



$$V = Ah \Rightarrow 21 = 1 \times h \Rightarrow h = 21 cm$$

جیوه در سمت چپ ۳cm بالا رفته بنابراین در شاخه سمت راست ۳m پایین آمده و اگر ۶cm را از ۲۱cm کم کنیم، ۱۵cm جیوه بالاتر از خط تراز دو شاخه قرار می‌گیرد، فرایند هم‌دماست بنابراین:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow p_0 \times 18 \times A = (p_0 + 15) \times 15 \times A \Rightarrow p_0 = 75 cmHg$$

۴۶۸ A

با توجه به فرض مسئله گرمایی که یخچال به منبع دمابالا (محیط) می‌دهد (Q_H) ،

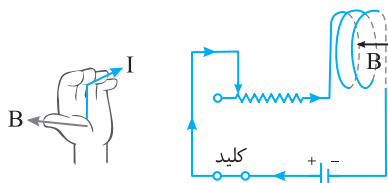
$$|Q_H| = \frac{\Delta}{\epsilon} Q_L \text{ یعنی } (Q_L) \text{ گرمایی است که یخچال از منبع دمابالین می‌گیرد}$$

با توجه به قانون پایستگی انرژی می‌توان نوشت:

$$|Q_H| = W + Q_L \Rightarrow \frac{\Delta}{\epsilon} Q_L = W + Q_L \Rightarrow \frac{1}{\epsilon} Q_L = W \Rightarrow \frac{Q_L}{W} = \epsilon$$

۴۶۹ B

جریان مدار سمت چپ از پایانه مثبت باتری به سمت پایانه منفی باتری است و میدان مغناطیسی سیم‌لوله (۱) به سمت چپ است. در لحظه وصل کلید و افزایش شار، میدان مغناطیسی القایی (B') در سیم‌لوله سمت راست باید طبق قانون لنز در خلاف جهت میدان B باشد تا با افزایش شار مخالفت کند. در این صورت جریان القایی در سوی (۲) خواهد بود.



$$\frac{\mu_r N_1 I_1}{B_1} = \frac{\mu_r N_2 I_2}{B_2} \xrightarrow{I_1=I_2} \frac{B_2}{B_1} = \frac{N_2}{N_1} \times \frac{R_1}{R_2} \xrightarrow{N_2=2N_1} \frac{B_2}{B_1} = 2 \times \frac{1}{2} = 1$$

میانبر اگر طول سیمی ثابت باشد و شعاع حلقه‌های پیچیده را از R به $\frac{R}{n}$

برسانیم و جریان ثابت مانده باشد، در این صورت:

$$B_2 = n^2 B_1$$

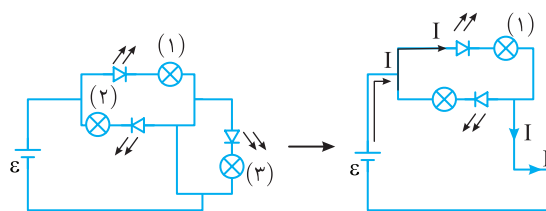
۴۶۱ B

دیود یکسوکندنده بوده و جریان تنها از یک جهت آن عبور می‌کند:



جریان عبور می‌کند جریان عبور نمی‌کند

در مدار شکل در سو دیود و لامپ (۳) با یک سیم بدون مقاومت به هم وصل شده و در واقع دیود و لامپ (۳) اتصال کوتاه بوده و از مدار حذف می‌شود:



با توجه به جهت قرارگیری باتری و اینکه جریان از قطب مثبت خارج می‌شود، جریان از شاخه بالایی یعنی دیود و لامپ (۱) عبور می‌کند و جریان نمی‌تواند از دیود (۲) عبور کند و لامپ (۲) خاموش خواهد بود.

۴۶۲ A

با توجه به تعریف چگالی سطحی بار ابتدا بار ذخیره شده روی سطح کره را به دست می‌آوریم:

$$\sigma = \frac{Q}{A} \Rightarrow 160 \times 10^{-6} = \frac{Q}{4 \times 3 \times (\frac{0}{1})^2} \Rightarrow Q = 1/6 \times 12 \times 10^{-6}$$

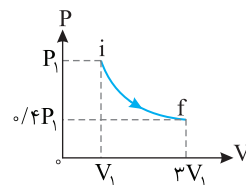
بار الکتریکی همواره مضرب درستی از بار پایه (e) است، بنابراین:

$$Q = ne \Rightarrow 1/6 \times 12 \times 10^{-6} = n \times 1/6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 1/2 \times 10^{14}$$

۴۶۳ B

دمای اولیه و نهایی را به دست می‌آوریم:

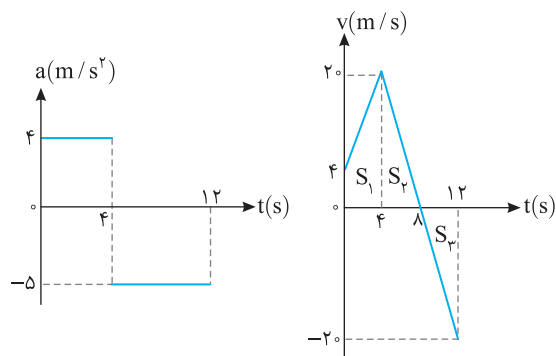
$$PV = nRT \Rightarrow T_i = \frac{P_i V_i}{nR}, T_f = \frac{1/2 P_i V_i}{nR} \Rightarrow T_f < T_i$$



دمای نهایی گاز T_f از دمای اولیه گاز T_i بیشتر است بنابراین گزینه (۱) نادرست است. انرژی درونی یک گاز آرمانی تابع دماست. بنابراین انرژی درونی گاز افزایش یافته است.

گاز منبسط شده و کار محیط روی دستگاه منفی است $(W < 0)$ و گزینه (۴) نادرست است. برای آنکه ΔU مثبت شود، بنابه قانون اول ترمودینامیک باید Q مثبت باشد.

یعنی گاز گرما دریافت کرده و فرایند بی‌دررو نخواهد بود. بنابراین گزینه (۲) نادرست و گزینه (۳) درست است.



$$t=4s \Rightarrow v=at+v_0 \Rightarrow v=4 \times 4 + 0 = 16 \text{ m/s}$$

$$t=12s \Rightarrow v=-5 \times 8 + 20 \Rightarrow v=-20 \text{ m/s}$$

مودار رسم شده در $t=8s$ محور زمان را قطع می‌کند. در این صورت:

$$d = |S_1| + |S_2| + |S_3|$$

$$d = \frac{20 \times 4}{2} + \frac{20 \times 4}{2} + \frac{20 \times 4}{2}$$

$$d = 48 + 40 + 40 = 128 \text{ m}$$

۴۷۵ B

در حرکت دایره‌ای داریم:

$$\begin{cases} a = \frac{v^2}{r} \Rightarrow a = 2\pi r \times \frac{f}{T} \\ v = \frac{2\pi r}{T} \end{cases} \quad (I)$$

$$T = \frac{t}{m} = \frac{6}{6} = 1 \text{ s}$$

ابتدا دوره تناوب ذره را به دست می‌آوریم:

$$a = 12 \times \frac{2 \times 3}{100} = \frac{18}{25} \quad \text{حال دوره تناوب به دست آمده را در رابطه (I) قرار می‌دهیم:}$$

۴۷۶ A

وقتی جسم روی باسکول (نیروسنج) قرار می‌گیرد توسط نیروسنج نیروی عمودی سطح

F_N رو به بالا بر جسم وارد می‌شود بنابه قانون سوم نیوتون جسم هم بر باسکول نیروی

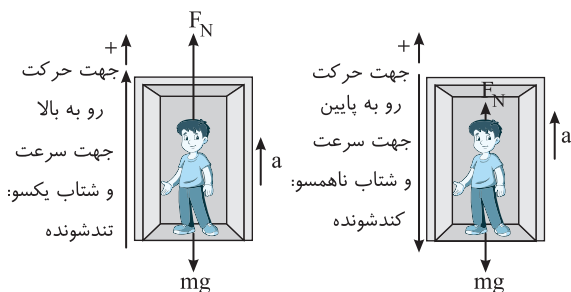
واکنش F_N را رو به پایین اعمال می‌کند و باسکول در واقع F_N را نشان می‌دهد.

۳۱

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{حرکت تندشونده رو به بالا} \\ \text{حرکت کندشونده رو به پایین} \end{array} \right\} \Leftrightarrow F_N > mg$$

عدد باسکول

$$\vec{F}_{\text{net}} = m\vec{a} \Rightarrow F_N - mg = ma \Rightarrow F_N = mg + ma$$



۴۷۷ B

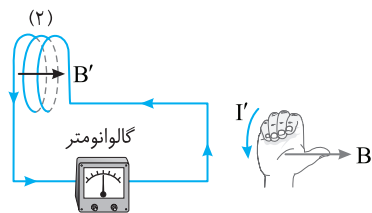
می‌دانیم که دوره آونگ برابر است با:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

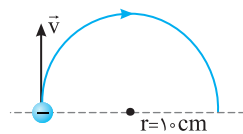
$$\frac{T_A}{T_B} = \sqrt{\frac{L_A}{L_B}} \Rightarrow \frac{L_A}{L_B} = \left(\frac{T_A}{T_B}\right)^2 \Rightarrow \frac{L_A}{L_B} = \left(\frac{4}{5}\right)^2 \Rightarrow \frac{L_A}{L_B} = \frac{16}{25}$$

در نتیجه:

با کاهش مقاومت رتوستا، جریان مدار افزایش می‌یابد و مجدداً جریان القایی به گونه‌ای است که میدان مغناطیسی القایی (B') به سمت راست بوده و جریان در سوی (۲) خواهد بود.



۴۷۰ B



با توجه به قاعده دست راست و انحراف الکترون (بار منفی)، میدان مغناطیسی باید درون‌سو باشد. نیروی الکترومغناطیسی $F = qvB \sin \alpha$ ، نیروی مرکزگرا است.

$$qvB \sin \alpha = m \frac{v^2}{r} \Rightarrow qB \sin \alpha = \frac{mv}{r}$$

$$\Rightarrow 1/6 \times 10^{-19} \times B \times 1 = 9 \times 10^{-31} \times 1/6 \times 10^6 \Rightarrow B = 9 \times 10^{-5} \text{ T}$$

۴۷۱ B

ابتدا تندی گلوله در برخورد به زمین به دست می‌آوریم:

$$K = \frac{1}{2} mv^2 \Rightarrow 24/2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 10^{-2} v^2 \Rightarrow v^2 = 484 \Rightarrow v = 22 \text{ m/s}$$

شتاب حرکت گلوله برابر شتاب گرانش $g = 10 \text{ m/s}^2$ است. تندی گلوله در ۱s قبل از

برخورد به زمین را به دست می‌آوریم: $v = gt + v' \Rightarrow 22 = 10 + v' \Rightarrow v' = 12 \text{ m/s}$

$$v_{\text{av}} = \frac{12 + 22}{2} = 17 \text{ m/s}$$

پس سرعت متوسط برابر است با:

۴۷۲ A

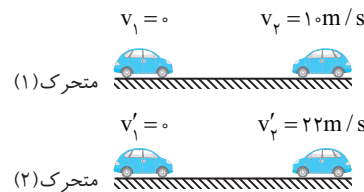
در بازه تا t_1 شیب خط مماس بر نمودار سرعت - زمان مثبت است بنابراین شتاب

متحرک در جهت محور x هاست.

۴۷۳ B

هر دو متحرک از یک نقطه شروع به حرکت می‌کنند و تندی اولیه آن‌ها صفر است و با

توجه به رابطه $v = at + v_1$ داریم:



$$10 = at \Rightarrow 10 = at \quad (1)$$

$$22 = (a + 1/5)t \Rightarrow 22 = at + 1/5t \quad (2)$$

$$22 - 10 = 1/5t \Rightarrow 12 = \frac{1}{5}t \Rightarrow t = 60 \text{ s}$$

اگر معادله (۲) را از معادله (۱) کم کنیم:

۴۷۴ B

سرعت در $t=0$ برابر $v_0 = 4 \text{ m/s}$ است. سرعت در $t=4s$ و $t=12s$ را به دست

می‌آوریم، نمودار سرعت - زمان را رسم کرده و به کمک سطح محصور بین نمودار

سرعت - زمان و محور زمان مسافت طی شده را حساب می‌کنیم:

(۱) جابه‌جایی متحرک A در مدت t ، $\Delta x = 7\text{m}$ و شتاب آن ثابت و برابر $1/5 \text{ m/s}^2$ است. بنابراین می‌توان نوشت:

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + x_0 \xrightarrow{x_0=A \Rightarrow, v_0=A \Rightarrow} \Delta x = \frac{1}{2}(1/5)t^2 \Rightarrow t = 1\text{s}$$

(۲) متحرک B در مدت 1s از مکان $x_0 = -7\text{m}$ به مکان $x = 7\text{m}$ رفته است از این‌رو خواهیم داشت:

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + x_0 \xrightarrow{v_0=B \Rightarrow} \Delta x = \frac{1}{2}a(1\text{s})^2 + 0 - 7 \Rightarrow a = 3\text{m/s}^2$$

زمان سبقت دو متحرک $t = 1\text{s}$ است، در این لحظه به کمک معادله سرعت زمان، سرعت هر یک را حساب می‌کنیم:

$$v_A = a_A t + v_{0A} \Rightarrow v_A = (1/5)(1\text{s}) \Rightarrow v_A = 1\text{m/s} \quad \Rightarrow \frac{v_B}{v_A} = \frac{3}{1} = 3$$

$$v_B = a_B t + v_{0B} \Rightarrow v_B = (3)(1\text{s}) \Rightarrow v_B = 3\text{m/s}$$

ابتدا زمان کل سقوط گلوله را به دست می‌آوریم (برای سادگی جهت مثبت را رو به پایین در نظر می‌گیریم).

$$\Delta y = \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow 36\text{m} = \Delta y \Rightarrow t^2 = 72 \Rightarrow t = 6\sqrt{2}\text{s}$$

این زمان به سه بازه $2\sqrt{2}\text{s}$ تقسیم شده است. بنابراین بازه‌های زمانی برابر است با: صفر تا $2\sqrt{2}$ ، $2\sqrt{2}$ تا $4\sqrt{2}$ و $4\sqrt{2}$ تا $6\sqrt{2}$.

$$\Delta y_1 = \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow \Delta y_1 = 4\text{m} \quad \text{جابه‌جایی از صفر تا } 2\sqrt{2} \text{ را به دست می‌آوریم:}$$

با همین بازه مشخص است که پاسخ گزینه (۳) می‌شود زیرا تنها گزینه‌ای که Δy_1 در آن 4m گزینه (۳) است.

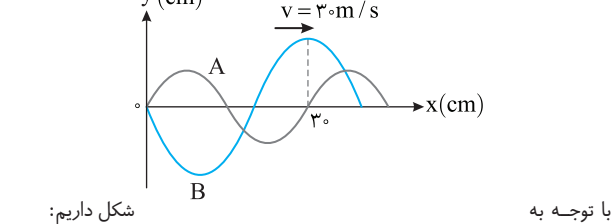
$$\Delta y_2 = \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow \Delta y_2 = 16\text{m} \quad \text{جابه‌جایی از صفر تا } 4\sqrt{2} \text{ :}$$

$$\Delta y_2 - \Delta y_1 = 16\text{m} - 4\text{m} = 12\text{m} \quad \text{جابه‌جایی از } 2\sqrt{2} \text{ تا } 4\sqrt{2} \text{ :}$$

$$\Delta y_3 = \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow \Delta y_3 = 36\text{m} \quad \text{جابه‌جایی از صفر تا } 6\sqrt{2} \text{ :}$$

$$\Delta y_3 - \Delta y_2 = 36\text{m} - 16\text{m} = 20\text{m} \quad \text{جابه‌جایی از } 4\sqrt{2} \text{ تا } 6\sqrt{2} \text{ :}$$

با توجه به شکل داریم:



$$\lambda_A = 3\text{cm} = 0.3\text{m} \xrightarrow{v = \lambda/T} \lambda_A = \frac{v}{T_A} \Rightarrow T_A = \frac{v}{\lambda_A} = \frac{0.3}{1} = 0.3\text{s}$$

$$\frac{3}{4}\lambda_B = \lambda_A \Rightarrow \frac{3}{4}\lambda_B = 3\text{cm} \Rightarrow \lambda_B = 4\text{cm} = 0.4\text{m} \xrightarrow{v = \lambda/T}$$

$$3\text{cm} = \frac{v}{T_B} \Rightarrow T_B = \frac{3}{3} = 1\text{s}$$

حال با توجه به این که $T = \frac{t}{n}$ ، تعداد نوسان‌های کامل A و B را در مدت 2s به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} 0.3\text{s} = \frac{2\text{s}}{n_A} \Rightarrow n_A = 6.66 \\ \frac{4}{3}\text{s} = \frac{2\text{s}}{n_B} \Rightarrow n_B = 1.5 \end{cases} \Rightarrow n_A - n_B = 5.16 \approx 5 \text{ نوسان}$$

۴۷۸ B

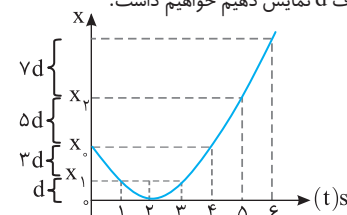
$$K = 3U \Rightarrow U = \frac{K}{3}$$

$$E = K + U \Rightarrow E = K + \frac{K}{3} = \frac{4}{3}K \xrightarrow{E=K_{\max}} \frac{1}{2}mv_{\max}^2 = \frac{4}{3} \times \frac{1}{2}mv^2$$

$$v_{\max}^2 = \frac{4}{3}v^2 \Rightarrow \frac{v_{\max}}{v} = \frac{2}{\sqrt{3}} \Rightarrow \frac{v}{v_{\max}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

۴۷۹ B

نقطه‌نگاری هرگاه نمودار مکان - زمان سهمی باشد یعنی حرکت دارای شتاب ثابت است. در حرکت با شتاب ثابت اگر در لحظه t سرعت صفر شود و جابه‌جایی در مدت 1s پس از t را با حرف d نمایش دهیم خواهیم داشت:



شما باید در بازه‌هایی که مسئله بیان می‌کند مسافت‌ها را حساب کنید.

گزینه (۱): مسافت طی شده در 3s اول یعنی از صفر تا 3s برابر است با:

$$L = 3d + d + d = 5d$$

مسافت طی شده در 3s دوم یعنی از 3s تا 6s برابر است با:

$$L' = 3d + 5d + d = 9d$$

بنابراین گزینه (۱) نادرست است.

نکته هرگاه متحرک در یک بازه زمان سرعتش صفر شده و تغییر جهت دهد همواره مسافت طی شده از جابه‌جایی بزرگ‌تر است.

گزینه (۲): در بازه صفر تا 3s سرعت در لحظه $t = 2\text{s}$ صفر می‌شود یعنی متحرک می‌ایستد و برمی‌گردد. بنابراین مسافت طی شده در 3s اول از جابه‌جایی متحرک در 3s اول بیشتر است و گزینه (۲) نادرست است.

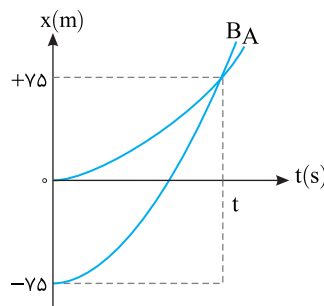
گزینه (۳): $t = 2\text{s}$ رأس سهمی است و نمودار نسبت به محور گذرنده از $t = 2\text{s}$ دارای تقارن است یعنی اگر متحرک در $t = 0$ در مکان x_0 باشد در $t = 4\text{s}$ نیز در مکان x_0 است و جابه‌جایی و سرعت متوسط در بازه 0 تا 4s صفر است. در حالی که جابه‌جایی در بازه $t = 1\text{s}$ تا $t = 5\text{s}$ برابر $x_1 - x_2$ است و مخالف صفر است و گزینه (۳) نادرست است.

گزینه (۴): به نموداری که رسم کرده‌ایم به دقت نگاه کنید جابه‌جایی متحرک در 3s اول یعنی در بازه $t = 0$ تا $t = 3\text{s}$ برابر $3d$ است همچنین در بازه $t = 1\text{s}$ تا $t = 4\text{s}$ جابه‌جایی $3d$ است بنابراین در هر دو حالت سرعت متوسط $v_{av} = \frac{3d}{3}$ خواهد شد و سرعت متوسط

در این دو بازه با هم برابر است و گزینه (۴) درست است.

۴۸۰ B

نقطه‌نگاری نمودار داده شده نمودار مکان - زمان است و جابه‌جایی در مدت t برای هر دو متحرک A و B مشخص است از طرفی سرعت اولیه هر دو متحرک صفر است. شتاب متحرک A را در اختیار داریم می‌توانیم به کمک آن زمان t یعنی زمانی که دو متحرک به هم می‌رسند (زمان سبقت) را حساب کرده و سرانجام به کمک معادله سرعت - زمان، سرعت هر دو متحرک را هنگام سبقت حساب کرد.



انرژی الکترون از تابع کار هر سه فلز کمتر است و هیچ‌یک از سه فلز فوتوالکترون گسیل نمی‌کنند.

۴۸۸ A

با توجه به رابطه ریذبرگ - بالمر می‌توان نوشت:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{1200} = \frac{1}{100} \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

$$\frac{1}{n_2^2} = \frac{1}{9} - \frac{1}{12} \Rightarrow \frac{1}{n_2^2} = \frac{4-3}{36} \Rightarrow n_2^2 = 36 \Rightarrow n_2 = 6$$

۴۸۹ A

تغییر جرم را حساب می‌کنیم:

$$\Delta M = M_{\text{Ra}} - (M_{\text{Rn}} + M_{\text{He}}) \Rightarrow \Delta M = 223/0.18 - (219/0.09 + 4/0.03)$$

$$\Rightarrow \Delta M = 223/0.18 - 223/0.12 = 0.006 \text{ u}$$

$$E = 0.006 \times 931/5 = 5/589 \text{ MeV} = 5/589 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 1.6 = 8/9424 \times 10^{-13} \text{ J}$$

۴۹۰ A

$$N_0 - N = \frac{Y}{\lambda} N_0 \Rightarrow N = \frac{1}{\lambda} N_0, N = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow 2^n = 8 \Rightarrow n = 3$$

$$n = \frac{t}{T} \Rightarrow 3 = \frac{t}{5} \Rightarrow t = 15 \text{ روز}$$

۴۹۱ A

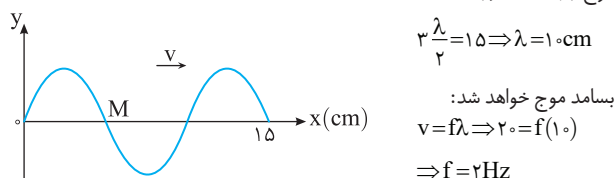
در طیف موج‌های الکترومغناطیسی:

رادیویی ← میکروموج ← فروسرخ ← نور مرئی ← فرابنفش ← پرتو X ← پرتوگاما

امواج رادیویی بلندترین طول موج و اشعه گاما بیشترین بسامد را دارد.

۴۹۲ B

در حل این مسائل دوره را به دست می‌آوریم و بازه زمانی داده شده را با دوره مقایسه می‌کنیم بنابراین ابتدا دوره را حساب می‌کنیم. با توجه به نمودار نقش موج می‌توان طول موج را به دست آورد.



$$T = \frac{1}{f} \Rightarrow T = \frac{1}{2} \text{ s}$$

$$\frac{\Delta t}{T} = \frac{f}{1} \Rightarrow \Delta t = \frac{9}{2} T$$

اکنون $\Delta t = \frac{9}{4} \text{ s}$ را با دوره مقایسه می‌کنیم.

وقتی که در مسئله درباره حرکت یک ذره از محیط پرسش می‌شود، یعنی شما باید به سراغ حرکت هماهنگ ساده بروید. در حرکت هماهنگ ساده در هر دوره، نوسانگر به موقعیت قبلی خود باز می‌گردد یعنی مکان و سرعت خود را تکرار می‌کند. با توجه به جهت پیشروی موج نقطه M در مرکز نوسان در حال حرکت رو به بالاست و در هر بازه $\frac{T}{4}$ ، یکبار جهت حرکتش عوض می‌شود بنابراین در مدت $9 \times (\frac{T}{4})$ ، ۹ بار جهت حرکتش عوض می‌شود.

۴۹۳ B

با توجه به تعریف تراز شدت صوت:

$$\beta_r - \beta_1 = 10 \log \frac{I_r}{I_1} \Rightarrow 12 = 10 \log \left(\frac{d_1}{d_r} \right)^2$$

$$\Rightarrow 1/2 = \log \left(\frac{d_1}{d_r} \right)^2 \Rightarrow 4 \times 10^{-3} = \log \left(\frac{d_1}{d_r} \right)^2$$

۴۸۳ B

نیروی گرانش وارد بر ماهواره نیروی مرکزگرا است.

از طرفی شتاب گرانش در سطح زمین برابر است با:

$$G \frac{M_e m}{r^2} = m \frac{v^2}{r} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{GM_e}{r}} \quad (1)$$

$$g = G \frac{M_e}{R_e^2} \Rightarrow GM_e = R_e^2 g \quad (2)$$

از رابطه (۱) و (۲) می‌توان نوشت:

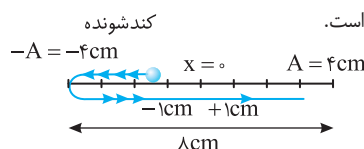
$$v = R_e \sqrt{\frac{g}{r}} \Rightarrow v = 6400 \times 10^3 \times \sqrt{\frac{9/8}{7200 \times 10^3}}$$

$$v = 6400 \times 10^3 \times \sqrt{\frac{4/9}{3600 \times 10^3}} \Rightarrow v = 6400 \times 10^3 \times \frac{2}{6000} = \frac{6400 \times 2}{6} \text{ m/s}$$

$$v = \frac{2}{6} \times 6400 \times 10^3 \frac{\text{km}}{\text{h}} \Rightarrow v = 2133.33 \text{ km/h}$$

۴۸۴ B

نکته مهم: حداقل زمانی که طی آن مکان و سرعت نوسانگر هر دو قرینه می‌شوند برابر $\frac{T}{2}$ (نصف دوره) است.



$$t_2 - t_1 = \frac{T}{2} \Rightarrow \frac{T}{2} = \frac{1}{f} \Rightarrow T = \frac{2}{f} = \frac{2}{5} \text{ s}$$

بنابراین

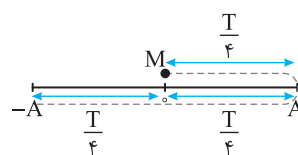
۴۸۵ B

با توجه به تعریف طول موج که میزان پیشروی موج در یک دوره (T) است، موج در

مدت زمان $\frac{3T}{4}$ به اندازه $\frac{3\lambda}{4}$ پیشروی می‌کند.

با توجه به جهت پیشروی نقطه M که رو به بالاست و با توجه به بازه‌های زمانی شناخته

شده برای نقطه M در مدت $\frac{3T}{4}$ داریم:



بنابراین مکان نقطه M بعد از $\frac{3T}{4}$ از -A است.

۴۸۶ B

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \frac{v_1}{1} = \frac{n}{1} \Rightarrow n = 2$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_r}{n_i} \Rightarrow n_1 \sin i = n_r \sin r \Rightarrow 2 \times \sin 30^\circ = 1 \times \sin r \Rightarrow \sin r = 1 \Rightarrow r = 90^\circ$$

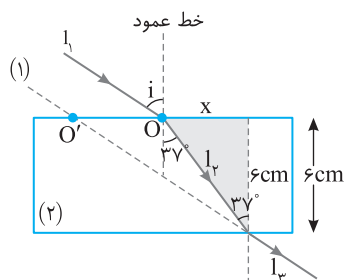
زاویه انحراف $D = r - i = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$

۴۸۷ A

باید انرژی فوتون طول موج $\lambda = 600 \text{ nm}$ را به دست آوریم. در صورتی که انرژی

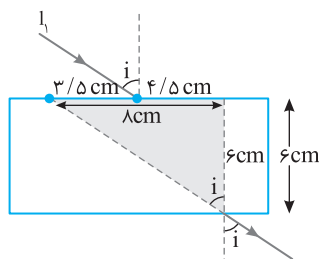
فوتون از تابع کار فلز (یعنی حداقل انرژی لازم برای جدا کردن الکترون از سطح فلز) بیشتر یا با آن مساوی باشد ($hf \geq W_0$)، پدیده فوتوالکتریک رخ می‌دهد.

$$E = h \frac{c}{\lambda} \Rightarrow E = \frac{4/14 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8}{600 \times 10^{-9}} = 2/0 \text{ eV}$$

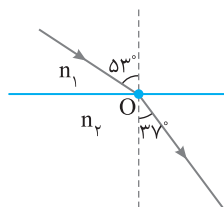


پرتوهای ورودی و خروجی در یک محیط هستند، پس پرتوهای ورودی و خروجی موازی هم هستند و زاویه خروج از متوازی السطوح نیز i است:

$$\tan i = \frac{\lambda}{3} = \frac{4}{3} \Rightarrow i = 53^\circ$$



حال ضریب شکست را به دست می آوریم:



$$\frac{\sin 53^\circ}{\sin 37^\circ} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \frac{4/3}{1} = \frac{n_2}{1} \Rightarrow n_2 = \frac{4}{3}$$

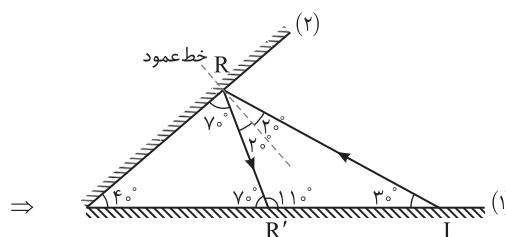
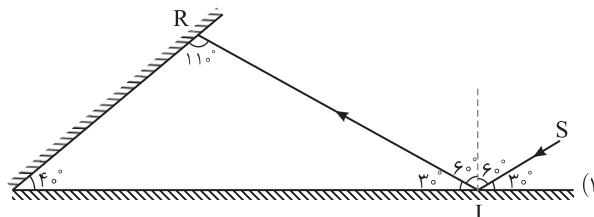
$$\Rightarrow 4 \log 2 = \log \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^2 \Rightarrow 2^4 = \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^2$$

$$\Rightarrow 2^2 = \frac{d_1}{d_2} \Rightarrow 2^2 = \frac{\lambda}{d_2} \Rightarrow d_2 = 2m$$

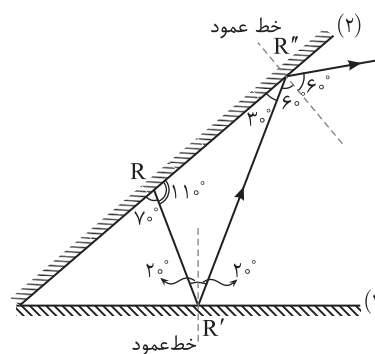
بنابراین باید $8 - 2 = 6m$ به چشمه نزدیک شود.

۱ ۴۹۴ B

با توجه به قانون بازتاب زاویه تابش و بازتاب با هم برابر است مجموع زوایای داخلی مثلث 180° است:

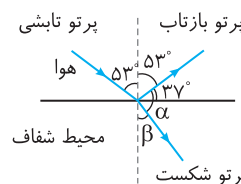


$\Rightarrow$



۱ ۴۹۵ B

با توجه به شکل زیر داریم:



$\Rightarrow \alpha + 37^\circ = 90^\circ \Rightarrow \alpha = 53^\circ$

$\alpha + \beta = 90^\circ \Rightarrow \beta = 37^\circ$

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \Rightarrow 1 \times \sin 53^\circ = n \sin 37^\circ \Rightarrow n = \frac{4}{3}$$

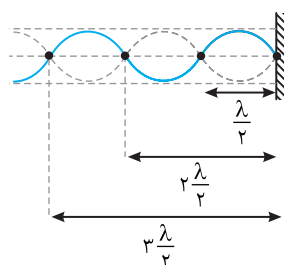
۲ ۴۹۶ B

با توجه به خطوط موازی و مورب زاویه پرتو I_1 با خط عمود بر سطح متوازی السطوح

هنگام خروج نیز 37° است. در مثلث رنگی با داشتن تانژانت زاویه 37° مقدار x را

$$\tan 37^\circ = \frac{x}{6} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{x}{6} \Rightarrow x = 4.5 \text{ cm}$$

به دست می آوریم.



در بازتاب از انتهای ثابت و تشکیل امواج ایستاده، در محل انتهای ثابت، گره تشکیل می شود از طرفی فاصله دو گره متوالی از هم $\frac{\lambda}{2}$ است و با توجه به شکل فاصله گره ها از انتهای ثابت مضرب صحیح نصف طول موج یعنی $d = n \frac{\lambda}{2}$ می شود، بنابراین ابتدا طول

$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{300}{200} = 1.5 \text{ m}$$

موج را به دست می آوریم:

در این صورت فاصله گره ها از انتهای ثابت برابر خواهد شد با:

$$d = n \frac{\lambda}{2} \Rightarrow d = 0.5 n$$

۲ ۴۹۸ A

انرژی الکترون در اتم هیدروژن در هر تراز از رابطه $E_n = \frac{E_R}{n^2}$ به دست می آید:

$$\begin{cases} E_1 = \frac{E_R}{1} \\ E_2 = \frac{E_R}{4} \end{cases} \xrightarrow{\Delta E = E_1 - E_2} \Delta E = \frac{E_R}{1} - \frac{E_R}{4} \Rightarrow \Delta E = \frac{3}{4} E_R$$

$$\begin{cases} E_3 = \frac{E_R}{9} \\ E_6 = \frac{E_R}{36} \end{cases} \xrightarrow{\Delta E' = E_3 - E_6} \Delta E' = \frac{E_R}{9} - \frac{E_R}{36} \Rightarrow \Delta E' = \frac{3}{36} E_R = \frac{1}{12} E_R$$

$$\Delta E' = \frac{E_R}{16} - \frac{E_R}{36} \Rightarrow \Delta E' = \frac{9E_R}{144} - \frac{4E_R}{144} = \frac{5E_R}{144}$$

بنابراین نسبت $\frac{\Delta E}{\Delta E'}$ برابر است با:

$$\frac{\Delta E}{\Delta E'} = \frac{\frac{1}{9} E_R}{\frac{\Delta E_R}{144}} \Rightarrow \frac{\Delta E}{\Delta E'} = \frac{14 \times 144}{5 \times 9} = \frac{128}{5} = \frac{256}{10} = 25.6$$

۴۹۹ A

بلندترین طول موج رشته پاشن هنگامی گسیل می‌شود که الکترون از تراز $n=4$ به تراز $n'=3$ برود. با توجه به رابطه ریدبرگ - بالمر برای اتم هیدروژن خواهیم داشت:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = 1.09 \times 10^7 \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{16} \right) \Rightarrow \lambda = 2000 \text{ nm} \Rightarrow \lambda = 2 \mu\text{m}$$

کوتاه‌ترین طول موج گسیلی رشته پاشن وقتی است که الکترون از تراز $n=\infty$ به تراز $n=3$ برود.

$$\frac{1}{\lambda} = 1.09 \times 10^7 \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{\infty} \right) \Rightarrow \lambda = 900 \text{ nm} = 0.9 \mu\text{m}$$

۵۰۰ A

ایزوتوپهای یک عنصر دارای عدد اتمی یکسان (تعداد پروتون‌های یکسان) و جرم‌های متفاوت‌اند و گزینه (۳) درست است.

۵۰۱ B

سرعت متوسط برابر جابه‌جایی به مدت زمان طی این جابه‌جایی است. در بازه زمانی t' تا ۲۵ ثانیه که آن را برابر Δt می‌گیریم، سرعت متحرک خلاف جهت محور x است. در

این بازه زمانی سرعت متوسط برابر $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ است، از طرفی جابه‌جایی در این بازه

زمانی برابر سطح زیر نمودار سرعت - زمان می‌باشد:

$$\Delta x = \Delta t \times \frac{15}{2}$$

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\Delta t \times \frac{15}{2}}{\Delta t} = \frac{15}{2} = 7.5 \text{ m/s}$$

۵۰۲ B

ابتدا تندی گلوله هنگام رسیدن به زمین را به دست می‌آوریم:

$$K = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow 24/2 = \frac{1}{2} \times 0.1 \times v^2 \Rightarrow v^2 = 484$$

$$|v_y| = 22 \text{ m/s}$$

شتاب حرکت گلوله 10 m/s^2 بوده یعنی در هر ثانیه به تندی گلوله 10 m/s افزوده می‌شود پس سرعت گلوله ۱۵ قبل از برخورد به زمین $|v_1| = 12 \text{ m/s}$ است، بنابراین

$$v_{av} = \frac{|v_1| + |v_y|}{2} = \frac{12 + 22}{2} = \frac{34}{2} = 17 \text{ m/s}$$

۵۰۳ A

به جسم دو نیروی W و f_D عمود بر هم وارد می‌شود.

$$W = mg \Rightarrow 4/8 = m \times 10 \Rightarrow m = 0.4 \text{ kg}$$

$$F_{net} = ma \Rightarrow \sqrt{f_D^2 + W^2} = ma \Rightarrow \sqrt{f_D^2 + (4/8)^2} = 0.4 \times \frac{65}{6}$$

$$\sqrt{f_D^2 + (4/8)^2} = 5/2 \Rightarrow f_D^2 = 4 \Rightarrow f_D = 2 \text{ N}$$

۵۰۴ B

نیروی مرکزگرایی که ماهواره را در مدارش نگاه می‌دارد، نیروی گرانش بین زمین و

$$G \frac{M_e m}{r^2} = m \frac{v^2}{r} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{GM_e}{r}}$$

ماهواره است.

سرعت خطی ماهواره به جرم ماهواره بستگی ندارد و شعاع چرخش ماهواره A برابر

$$r_B = R_e + 2R_e = 3R_e \text{ نیز شعاع چرخش ماهواره } B \text{ نیز } r_A = R_e + R_e = 2R_e$$

است، از این‌رو:

$$\frac{v_A}{v_B} = \frac{\sqrt{\frac{GM_e}{2R_e}}}{\sqrt{\frac{GM_e}{3R_e}}} \Rightarrow \frac{v_A}{v_B} = \sqrt{\frac{3}{2}}$$

۵۰۵ A

ابتدا انرژی مکانیکی نوسانگر را به دست می‌آوریم:

$$E = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2 \Rightarrow E = \frac{1}{2} m A^2 \frac{4\pi^2}{T^2} \Rightarrow E = \frac{1}{2} m \times \left(\frac{5}{100} \right)^2 \times \frac{4\pi^2}{\left(\frac{1}{10} \right)^2}$$

$$\Rightarrow E = \frac{1}{2} m \left(\frac{25}{100} \right) \times 4\pi^2 \times 100 \Rightarrow E = \frac{\pi^2}{2} \text{ m}$$

انرژی مکانیکی برابر مجموع انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل نوسانگر است:

$$E = K + U \xrightarrow{K=U} \frac{\pi^2}{2} m = 2K \xrightarrow{K=\frac{1}{2}mv^2} \frac{\pi^2}{2} m = mv^2$$

$$\Rightarrow v^2 = \frac{\pi^2}{2} \Rightarrow v = \frac{\sqrt{2}}{2} \pi \text{ m/s} \xrightarrow{\text{m/s} \rightarrow \text{cm/s} \times 100} v = 50\sqrt{2} \pi \text{ cm/s}$$

۵۰۶ A

$$3 \frac{\lambda}{2} = 120 \Rightarrow \lambda = 80 \text{ cm}$$

ابتدا به کمک نمودار طول موج را حساب می‌کنیم.

با داشتن طول موج و تندی، دوره را به دست می‌آوریم:

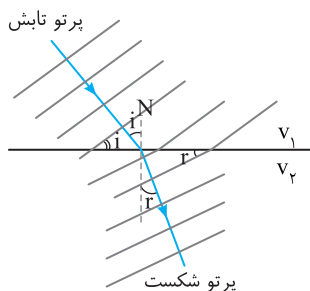
$$T = \frac{\lambda}{v} \Rightarrow T = \frac{80}{10} = 8 \text{ s}$$

$$\Delta t = 0.05 - 0.01 = 0.04 \text{ s}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta t = 0.04 \text{ s} \\ T = 8 \text{ s} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{\Delta t}{T} = \frac{0.04}{8} = \frac{1}{200}$$

بنابراین بازه زمانی داده شده نصف دوره است و در نصف دوره یک نوسانگر ساده همواره مسافت $2A$ را طی می‌کند، بنابراین $2 \times 3 = 6 \text{ cm}$ مسافت طی شده است.

۵۰۷ B

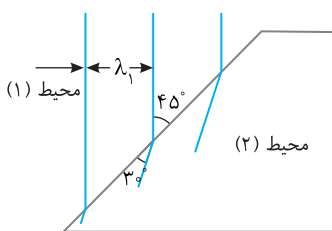


نیم‌نگاه: زاویه بین جبهه‌های موج با سطح جدایی دو محیط برابر زاویه بین پرتو و نیم‌خط عمود بر نقطه تابش است.

قانون شکست عمومی:

$$\frac{\sin \theta_r}{\sin \theta_i} = \frac{v_2}{v_1}$$

پرتو شکست



با توجه به شکل زاویه بین جبهه‌های تابش با سطح 45° است، بنابراین زاویه تابش $\theta_i = 45^\circ$ است، همچنین زاویه

بین جبهه‌های شکست در محیط

(۲) با سطح جدایی 30° بوده

یعنی زاویه شکست $\theta_r = 30^\circ$ است، از این‌رو با توجه به قانون شکست عمومی خواهیم داشت:

$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{1/\sqrt{2}}{1/2} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{2}$$

۵۰۸ B

بدون حل می‌توان متوجه شد که برای آن که الکترون از تراز $n=1$ (سری لیمان) کاملاً جدا شود (حتی اگر بخواهد به تراز $n=2$ برود) طول موج مورد نیاز در ناحیه فرابنفش

$$E_n = -\frac{E_R}{n^2} \xrightarrow{n=1} E_1 = -13.6 \text{ eV}$$

است. اما مسأله را حل می‌کنیم:

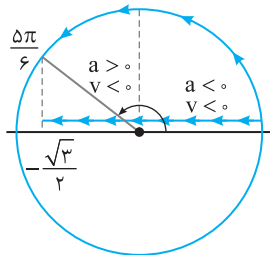
انرژی فوتون باید برابر 13.6 eV باشد از این‌رو:

از $A + x = 0$ تا $x = 0$ بردار شتاب و سرعت هم جهت اند:

حل به کمک دایره مثلثاتی (دایره مرجع): فاز (شناسه تابع کسینوسی) در لحظه $t = \frac{1}{24} s$ را حساب می‌کنیم.

در تغییر از صفر تا $\frac{\pi}{4}$ یعنی ربع اول سرعت و شتاب هم علامت است، یعنی به مدت $\frac{T}{4}$:

$$\Delta t = \frac{T}{4} = \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16} s$$



میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی موج الکترومغناطیسی هم‌بسامد و همگام هستند یعنی در هر لحظه اگر یکی از آن‌ها بیشینه باشد دیگری نیز بیشینه است. از طرفی این دو میدان بر هم عمودند بنابراین گزینه (۲) درست است.

بنابر تعریف شدت صوت خواهیم داشت:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow \beta_2 - \beta_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_1} = 10 \log \frac{50}{10} = 10 \log 5 = 10 \log 10^{0.7} = 7 \text{ dB}$$

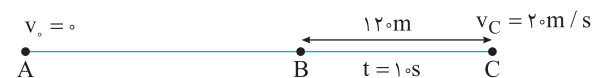
انرژی الکترون در مدارهای مختلف اتم هیدروژن برابر است با $\frac{-E_R}{n^2}$ ، بنابراین می‌توان نوشت:

$$E_1 = E_R = \frac{21/76 \times 10^{-19} \text{ J}}{1/6 \times 10^{-19}} = 13/6 \text{ eV}$$

$$E_{n'} - E_n = \frac{16/32 \times 10^{-19} \text{ J}}{1/6 \times 10^{-19}} = 10/2 \text{ eV}$$

$$\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right) = \frac{3}{4} = 1 - \frac{1}{4} \Rightarrow n' = 1, n = 2$$

حرکت دارای شتاب ثابت است.



سرعت در نقطه B را به کمک رابطه مستقل از شتاب به دست می‌آوریم:

$$\Delta x = \frac{v_C + v_B}{2} \Delta t \Rightarrow 120 = \frac{20 + v_B}{2} \times 10 \Rightarrow v_B = 4 \text{ m/s}$$

شتاب را حساب می‌کنیم:

$$a = \frac{v_C - v_B}{\Delta t} \Rightarrow a = \frac{20 - 4}{10} \Rightarrow a = 1/6 \text{ m/s}^2$$

اکنون به کمک معادله مستقل از زمان، فاصله A تا B را به دست می‌آوریم:

$$v_B^2 - v_A^2 = 2a\Delta x \Rightarrow 16 - 0 = 2 \times 1/6 \times \Delta x \Rightarrow \Delta x = 48 \text{ m}$$

در حرکت دایره‌ای یکنواخت در تمام لحظه‌ها اندازه سرعت و اندازه شتاب مقداری ثابتی است. در این مسئله اندازه شتاب در همه نقاط مسیر برابر است با:

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{r^2 + (-r)^2} \Rightarrow a = 2\sqrt{2} \text{ m/s}^2$$

$$E = hf = h \frac{c}{\lambda} \Rightarrow 13/6 = 4 \times 10^{-15} \times \frac{3 \times 10^8}{\lambda}$$

$$\Rightarrow \lambda \approx 0/882 \times 10^{-7} \text{ m} \Rightarrow \lambda \approx 88/2 \text{ nm}$$

بنابراین طول موج در ناحیه فرابنفش است.

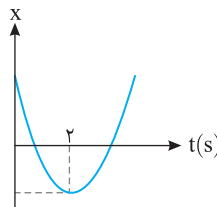
با توجه به اطلاعات داده شده سرعت نهایی متحرک را به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} \Delta x = x_f - x_i = -122/5 - 0 \Rightarrow \Delta x = -122/5 \text{ m} \\ \Delta t = \Delta s \\ v_0 = 0 \\ v = ? \end{cases}$$

$$\Rightarrow \Delta x = \frac{v_0 + v}{2} \Delta t \Rightarrow -122/5 = \frac{0 + v}{2} \times 5 \Rightarrow v = -49 \text{ m/s}$$

بزرگی سرعت برابر 49 m/s است.

حرکت با شتاب ثابت است و نمودار سهمی

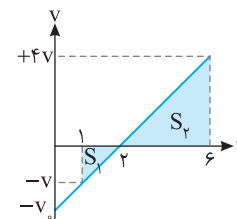


است، سرعت اولیه منفی و شتاب مثبت است زیرا جهت تقعر رو به بالاست. نمودار سرعت زمان را رسم می‌کنیم.

$$\Delta x = v_{at} \Delta t \Rightarrow \Delta x = 3 \times 5 = 15 \text{ m}$$

$$S_1 + S_2 = 15 \text{ m} \Rightarrow \frac{-v \times 1}{2} + \frac{4v \times 4}{2} = 15$$

$$\Rightarrow v = 2 \text{ m/s}$$



اکنون مسافت را به دست می‌آوریم:

$$L = |S_1| + |S_2| \Rightarrow L = |-1| + 16 = 17 \text{ m}$$

این نوسانگر در هر ثانیه 5 نوسان انجام می‌دهد، پس در یک دقیقه (60 ثانیه)، تعداد 300 نوسان انجام خواهد داد.

$$\begin{cases} F = -\pi^2 y \Rightarrow 10 \times 10^{-2} \omega^2 = \pi^2 \Rightarrow \omega = 10 \pi = 2\pi f \Rightarrow f = 5 \text{ Hz} \\ F = m\omega^2 y \end{cases}$$

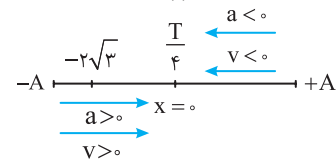
ابتدا دوره را به دست می‌آوریم.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow 20\pi = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{1}{10} s$$

بازه $t = 0$ تا $t = \frac{1}{24} s$ قطعاً از یک دوره $T = \frac{1}{10} s$ کمتر است.

با توجه به مسیر نوسانگر ساده در بازه $A +$ تا صفر و $A -$ تا صفر شتاب و سرعت

هم جهت است. اکنون مکان متحرک را در $t = \frac{1}{24} s$ حساب می‌کنیم.



$$x = 0/4 \cos 2\pi t \Rightarrow x = 0/4 \cos 2\pi \times \frac{1}{24} = 0/4 \cos \frac{\pi}{6}$$

$$\Rightarrow x = 0/4 \cos \left(-\frac{\sqrt{3}}{2}\right) \Rightarrow x = -2\sqrt{3} \text{ cm}$$

از $t = 0$ تا $t = \frac{1}{24} s$ نوسانگر از $x = -2\sqrt{3} \text{ cm}$ به $x = 0$ می‌رود و در بازه زمانی حرکت

از طرفی شعاع مسی بزرگ‌تر، $\sqrt{2}$ برابر شعاع مسی کوچک‌تر است:

$$S_r = 2S_1 \Rightarrow \pi R_1^2 = 2\pi R_2^2 \Rightarrow R_2 = \sqrt{2}R_1$$

اکنون $\frac{\Delta R_2}{\Delta R_1}$ را به دست می‌آوریم:

$$\frac{\Delta R_2}{\Delta R_1} = \frac{\alpha R_1 \Delta \theta_1}{\alpha R_1 \Delta \theta_1} \Rightarrow \frac{\Delta R_2}{\Delta R_1} = \sqrt{2}$$

۱ ۵۲۴ B

بنابر قانون گازها در دمای ثابت ($T_1 = T_2$) می‌توان نوشت:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \xrightarrow{T=\text{ثابت}} P_1 \times V_1 = (P_1 + 1.5 \times 10^4) V_2 \quad (I)$$

یادآوری: در دمای ثابت، حجم گاز با فشار گاز نسبت وارون دارد، یعنی با افزایش فشار، حجم گاز کاهش می‌یابد.

بنابر فرض مسئله با افزایش فشار، حجم گاز ۶٪ تغییر کرده، یعنی ۶٪ کاهش یافته است، بنابراین:

$$\Delta V = 0.06 V_1 \Rightarrow V_1 - V_2 = 0.06 V_1 \Rightarrow V_2 = 0.94 V_1$$

اکنون V_2 را در رابطه (I) جای گذاری می‌کنیم:

$$P_1 V_1 = (P_1 + 1.5 \times 10^4) \times 0.94 V_1 \Rightarrow P_1 = 0.94 P_1 + 6 \times 10^4$$

$$\Rightarrow 0.06 P_1 = 6 \times 10^4 \Rightarrow P_1 = 10^5 \text{ Pa}$$

۳ ۵۲۵ B

با توجه به رابطه $\vec{F} = q\vec{E}$ داریم:

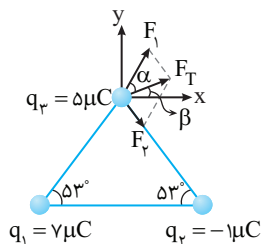
$$\vec{F} = q\vec{E} \Rightarrow 10/8 \vec{i} - 14/4 \vec{j} = 2 \times 10^{-6} (\vec{E}) \Rightarrow \vec{E} = 5/4 \times 10^6 \vec{i} - 7/2 \times 10^6 \vec{j}$$

بزرگی میدان الکتریکی برابر است با:

$$|\vec{E}| = \sqrt{(5/4 \times 10^6)^2 + (7/2 \times 10^6)^2} = 9 \times 10^5 \sqrt{(\frac{5}{4})^2 + (\frac{7}{2})^2} = 9 \times 10^5 \text{ N/C}$$

۳ ۵۲۶ C

ابتدا نیروهای وارد بر بار q_3 و جهت آن‌ها را مشخص می‌کنیم:



$$F_1 = k \frac{q_1 q_3}{r^2} = 35 \frac{k}{r^2} \times 10^{-12}, F_2 = k \frac{q_2 q_3}{r^2} = 5 \frac{k}{r^2} \times 10^{-12}$$

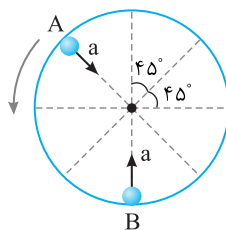
$$\tan \alpha = \frac{F_2}{F_1} = \frac{1}{7}$$

از طرفی می‌دانیم که $\alpha + \beta = 53^\circ$ است (با توجه به خطوط موازی و مورب).

$$\tan 53^\circ = \tan(\alpha + \beta) = \frac{\tan \alpha + \tan \beta}{1 - \tan \alpha \tan \beta} \quad \frac{\tan 53^\circ = \frac{4}{3}}{\tan \alpha = \frac{1}{7}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{4}{3} = \frac{\frac{1}{7} + \tan \beta}{1 - \frac{1}{7} \tan \beta} \Rightarrow \frac{4}{3} = \frac{1 + 7 \tan \beta}{7 - \tan \beta} \Rightarrow 4(7 - \tan \beta) = 3(1 + 7 \tan \beta)$$

$$\Rightarrow \frac{28}{3} - 4 \tan \beta = 3 + 21 \tan \beta \Rightarrow \tan \beta = 1 \Rightarrow \beta = 45^\circ$$



در هر نقطه، بردار شتاب بر مسیر حرکت عمود است. از طرفی دوره حرکت ۴ s است یعنی این متحرک هر کدام از کمان‌های 45° را در Δs طی می‌کند. در لحظه بیان شده، بردار شتاب باید به شکل روبه‌رو باشد (نقطه A)، پس $1/\Delta s$ بعد، متحرک سه کمان 45° را طی کرده و به نقطه B می‌رسد و بردار شتاب در جهت مثبت محور قائم و به صورت $\vec{a} = 2\sqrt{2} \vec{j}$ می‌شود.

۲ ۵۱۸ A

تندی صوت در محیط را به دست می‌آوریم:

$$v = f\lambda \Rightarrow v = 400 \times 10^3 \times 8/75 \times 10^{-3} \Rightarrow v = 350 \text{ m/s}$$

زمان رفت صوت $\frac{4}{v} = 0.25 \text{ s}$ است، از این رو:

$$d = vt = 350 \times 0.25 = 87.5 \text{ m}$$

۳ ۵۱۹ A

با توجه به شکل داریم:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin i}{\sin r} \Rightarrow \begin{cases} \frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 20^\circ} \\ \frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin 20^\circ}{\sin 60^\circ} \end{cases} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 60^\circ} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{3}{2}}$$

۴ ۵۲۰ A

انرژی حاصل از تبدیل ۴ گرم ماده به انرژی برابر است با:

$$E = mc^2 \Rightarrow E = 4 \times 10^{-3} \times (3 \times 10^8)^2 \Rightarrow E = 36 \times 10^{13} \text{ J}$$

هر لامپ ۱۰۰ واتی در مدت ۲۰ ساعت مقدار انرژی زیر را مصرف می‌کند:

$$P = \frac{E}{t} \Rightarrow E = 100 \times 20 \times 3600 \Rightarrow E = 72 \times 10^6 \text{ J}$$

بنابراین تعداد لامپ‌ها برابر است با:

$$n = \frac{36 \times 10^{13}}{72 \times 10^6} \Rightarrow n = 5 \times 10^7 = 50000000$$

۲ ۵۲۱ A

در لوله‌های مویین هر چه مساحت سطح مقطع لوله بزرگ‌تر (لوله پهن‌تر) باشد، سطح مایع درون لوله به سطح مایع درون ظرف نزدیک‌تر می‌شود. از طرفی سطح آب درون لوله فرو رفته (تقعر، کاو) است، اما سطح جیوه درون لوله و ظرف برآمده (کوز، محدب) است. بنابراین گزینه (۲) درست است.

۴ ۵۲۲ B

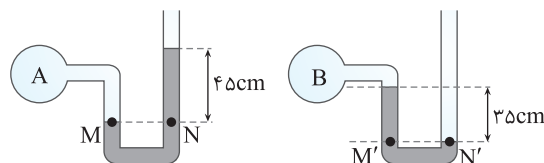
برای مخزن A با توجه به خط تراز داریم:

$$P_M = P_N \Rightarrow P_A = P_0 + P_{\text{مایع}} \Rightarrow P_A = 75 + 45 = 120 \text{ cmHg}$$

برای مخزن B نیز با توجه به خط تراز داریم:

$$P_{M'} = P_{N'} \Rightarrow P_B + P_{\text{مایع}} = P_0 \Rightarrow P_B + 35 = 75 \Rightarrow P_B = 40 \text{ cmHg}$$

بنابراین نسبت فشار مخزن A به فشار مخزن B برابر است با:

$$\frac{P_A}{P_B} = \frac{120}{40} = 3$$


۱ ۵۲۳ C

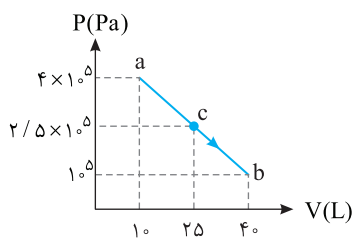
طبق فرض مسئله داریم:

$$2Q_1 = Q_2 \Rightarrow 2(m_1 c \Delta \theta_1) = m_2 c \Delta \theta_2$$

$$\xrightarrow{m = \rho V} 2(\rho_1 V_1 \Delta \theta_1) = \rho_2 V_2 \Delta \theta_2$$

$$\xrightarrow{V = S \cdot h} 2S_1 \Delta \theta_1 = S_2 \Delta \theta_2 \xrightarrow{S_2 = 2S_1} \Delta \theta_1 = \Delta \theta_2$$

۴ ۵۳۱ B



در حل این نوع مسائل، در قدم اول دمای ابتدا و انتهای مسیر را به دست می آوریم:

$$PV = nRT \Rightarrow T = \frac{PV}{nR} \Rightarrow \begin{cases} T_a = \frac{4 \times 10^5 \times 10}{nR} \\ T_b = \frac{1 \times 10^5 \times 40}{nR} \end{cases} \Rightarrow T_a = T_b$$

بنابراین انرژی درونی دستگاه در حالت a و b برابر است. نقطه c را وسط ab

انتخاب می کنیم، فشار گاز در این نقطه $2.5 \times 10^5 \text{ Pa}$ و حجم گاز $\frac{10 + 4 \times 10^5}{2} = 25 \text{ L}$ بوده و دمای گاز برابر است با:

$$\frac{10 + 40}{2} = 25 \text{ L}$$

$$T_c = \frac{P_c V_c}{nR} = \frac{2.5 \times 10^5 \times 25}{nR} = \frac{6.25 \times 10^5}{nR} > T_a = T_b$$

در این صورت انرژی درونی در نقطه c از a و b بیشتر است، در نتیجه انرژی درونی

که تابعی از دما است از a تا b ابتدا افزایش و سپس کاهش می یابد.

۴ ۵۳۲ B

۱ چگالی سطحی بار الکتریکی در سطح کل کره را به دست می آوریم:

$$\sigma = \frac{Q}{A} \Rightarrow \sigma = \frac{Q}{4\pi r^2} \Rightarrow \sigma = \frac{1.57 \times 10^{-9}}{4\pi (0.05)^2}$$

۲ اکنون بار موجود در یک سانتی متر مربع این کره را حساب می کنیم:

$$\frac{1 \text{ m}^2}{1 \text{ cm}^2 = 10^{-4} \text{ m}^2} \quad \left| \quad \begin{aligned} Q &= \frac{1.57 \times 10^{-9}}{4\pi \times (0.05)^2} \\ Q' &=? \end{aligned} \right.$$

$$\Rightarrow Q' = \frac{1.57 \times 10^{-9} \times 10^{-4}}{4 \times 3.14 \times 25 \times 10^{-4}} \Rightarrow Q' = 0.0001 \text{ nC}$$

هر پیکو کولن 10^{-12} و هر نانو کولن 10^{-9} کولن است بنابراین

$$Q_p = 0.0001 \times 10^{-3} \text{ pC} = 0.0001 \text{ pC}$$

۳ چگالی سطحی در همه سطح کره یکسان است بنابراین می توانید از رابطه

$$\frac{Q}{A} = \frac{Q'}{A'} \text{ استفاده کنید.}$$

۴ ۵۳۳ A

خط فکری: گرمای تولید شده در مقاومت یعنی انرژی الکتریکی مصرفی در مقاومت که همان $U = qV$ است.

ابتدا اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت را به دست می آوریم:

$$U = Vq \Rightarrow 4000 = V \times 2000 \Rightarrow V = 20 \text{ V}$$

$$I = \frac{V}{R} \Rightarrow I = \frac{20}{5} = 4 \text{ A}$$

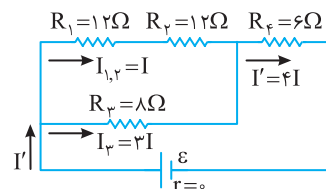
با توجه به تعریف جریان $I = q/t$ ، زمان را به دست می آوریم:

$$q = It \Rightarrow 2000 = 4t \Rightarrow t = 500 \text{ s}$$

۴ ۵۲۷ B

در مقاومت های موازی جریان به نسبت وارون مقاومت ها تقسیم می شود و مقاومت معادل R_1 و R_2 برابر $12 + 12 = 24 \Omega$ است که با مقاومت $R_3 = 8 \Omega$ موازی است، پس اگر جریان عبوری از مقاومت های R_1 و R_2 را I_1 بگیریم:

$$\begin{cases} R_3 = 8 \Omega \\ R_{1,2} = 24 \Omega \end{cases} \xrightarrow{I_{1,2} = I} I_3 = 3I$$

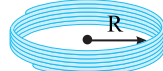


بنابراین جریان کل مدار (I') برابر است با:

$$\frac{P_3}{P_1} = \frac{R_3 I_3^2}{R_1 I_1^2} = \frac{8 \times (3I)^2}{12 \times (I)^2} = 8$$

اکنون توان های مصرفی را مقایسه می کنیم:

۲ ۵۲۸ A



مساحت سطح حلقه مطابق شکل روبه رو

برابر πR^2 است. در گام اول با توجه به مساحت سطح

حلقه، شعاع حلقه (R) را به دست می آوریم و در گام بعدی با استفاده از رابطه

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2R}$$

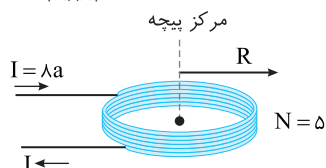
ابتدا باید شعاع حلقه ها (R) را به دست آوریم:

$$A = \pi R^2 \xrightarrow{A = 64\pi} 64\pi \text{ cm}^2 = \pi R^2 \Rightarrow R = 8 \text{ cm}$$

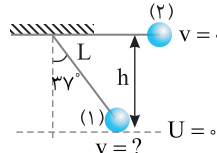
رابطه میدان مغناطیسی حاصل از حلقه حامل جریان برابر $B = \frac{\mu_0 NI}{2R}$ است که با توجه

به داده های سؤال N و I و μ_0 داده شده است.

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2R} \Rightarrow B = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 5 \times 10^3}{2 \times 8 \times 10^{-2}} = 1.57 \times 10^{-3} \text{ T}$$



۲ ۵۲۹ B



از حالت افقی بگذرد یعنی مطابق شکل قرار

بگیرد:

$$h = L \cos 37^\circ \Rightarrow h = 1/2 \times 5 \times 0.8 \Rightarrow h = 2 \text{ m}$$

بنا بر قانون پایستگی انرژی مکانیکی:

$$E_1 = E_2 \Rightarrow mgh = \frac{1}{2} mv^2 \Rightarrow 10 \times 1 = \frac{1}{2} v^2 \Rightarrow v = 2\sqrt{5} \text{ m/s}$$

۴ ۵۳۰ B

در فشار ثابت حجم گاز افزایش یافته بنابراین $\Delta U > 0$ است، طبق قانون اول $\Delta U = Q + W$

ترمودینامیک داریم:

$$9 = 15 + W \Rightarrow W = -6 \text{ kJ}$$

$$W = -P \Delta V \Rightarrow -6 \times 10^3 = -2 \times 10^5 \times \Delta V$$

$$\Rightarrow \Delta V = 3 \times 10^{-2} \text{ m}^3 = 30 \text{ L}$$

$$V_2 - V_1 = 30 \Rightarrow V_2 - 20 = 30 \Rightarrow V_2 = 50 \text{ L}$$

و انرژی درونی افزایش یافته است. در نتیجه $(\Delta U_a = \Delta U_b = \Delta U_c > 0)$

گزینه‌های (۳) و (۴) نادرست هستند.

سطح زیر نمودار c از b و a بیشتر است و گاز منبسط شده است.

$$S_c > S_b > S_a \Rightarrow |W_c| > |W_b| > |W_a| \xrightarrow{\Delta U_a = \Delta U_b = \Delta U_c} Q_c > Q_b > Q_a > 0$$

۲ ۵۴۰ A

راه حل اول: نیروی اولیه بین دو گلوله ربابشی است. در نتیجه بار آن‌ها در ابتدا ناهمنام است. پس از تماس آن دو با هم بار هر دو برابر می‌شود:

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} = +3 \mu C \Rightarrow q_1 + q_2 = +6 \mu C = 6 \times 10^{-6} C$$

از طرفی با توجه به فرض مسأله و قانون کولن خواهیم داشت:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow -4 = 9 \times 10^9 \times \frac{q_1 q_2}{9 \times 10^{-2}} \Rightarrow q_1 q_2 = -4 \times 10^{-11} = -4 \times 10^{-12} C^2$$

با توجه به خاصیت معادله درجه دوم می‌توان q_1 و q_2 را ریشه‌های یک معادله درجه دوم دانست که حاصل ضرب دو ریشه -4×10^{-12} و حاصل جمع آن‌ها 6×10^{-6} شده است و معادله را نوشت:

$$q^2 - 6 \times 10^{-6} q - 4 \times 10^{-12} = 0$$

$$\Rightarrow q = \frac{+3 \times 10^{-6} \pm \sqrt{9 \times 10^{-12} + 4 \times 10^{-12}}}{1}$$

$$\Rightarrow q = 3 \times 10^{-6} \pm 7 \times 10^{-6} \Rightarrow \begin{cases} q_1 = 1 \times 10^{-6} = +1 \mu C \\ q_2 = -4 \times 10^{-6} = -4 \mu C \end{cases}$$

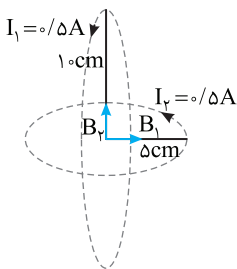
راه حل دوم: در این روش با توجه به این که در فرض مسأله نیروی جاذبه $4 N$ است، داریم:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow -4 = 9 \times 10^9 \times \frac{q_1 q_2}{9 \times 10^{-2}} \Rightarrow q_1 q_2 = -4 \times 10^{-12} C^2$$

اکنون از گزینه‌ها کمک می‌گیریم، تنها گزینه‌ای که حاصل ضرب اعداد آن $-4 \times 10^{-12} C^2$ می‌شود، گزینه (۲) است.

۴ ۵۴۱ B

مطابق شکل، دو بردار میدان مغناطیسی بر هم عمودند.



$$B_1 = \frac{\mu_0}{2} \frac{I_1}{R_1} = \frac{1.2 \times 10^{-7}}{2} \times \frac{0.5}{0.1} = 3 \times 10^{-6} T$$

$$B_2 = \frac{\mu_0}{2} \frac{I_2}{R_2} = \frac{1.2 \times 10^{-7}}{2} \times \frac{0.5}{0.05} = 6 \times 10^{-6} T$$

$$B_T = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} = 10^{-6} \sqrt{3^2 + 6^2} = 3\sqrt{5} \times 10^{-6} T$$

۱ ۵۴۲ B

با حرکت MN به سمت چپ، سطح مدار کاهش می‌یابد در نتیجه، شار مغناطیسی گذرنده از سطح مدار کاهش می‌یابد و سبب برقراری جریان القایی می‌شود که بنا به قانون لنز جهت جریان به گونه‌ای است که با تغییر شار مخالفت کند. بنابراین میدان مغناطیسی القایی (B') نیز باید برونسو باشد. حال که میدان القایی برونسو است، به کمک قاعده دست راست برای سیم باید جریان در سیم MN از N به سمت M باشد. بنا بر قانون القای الکترومغناطیسی فاراده:

$$|\varepsilon| = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \xrightarrow{N=1} |\varepsilon| = B \left| \frac{\Delta A}{\Delta t} \right| \xrightarrow{\Delta A = l \Delta d} |\varepsilon| = B l \frac{\Delta d}{\Delta t}$$

در فیزیک پایه دهم خوانده‌اید که $\frac{\Delta d}{\Delta t}$ برابر تندی است از این رو:

$$|\varepsilon| = B l v \Rightarrow 0.15 = 0.12 \times 0.25 \times v \Rightarrow v = 5 m/s$$

۱ می‌توانید این رابطه را به خاطر بسپارید تا از حل طولانی آن صرف نظر شود.

تنها نیروی مرکزگرا در حرکت دایره نیروی مغناطیسی است. بنابراین:

$$\frac{mv^2}{r} = F_B$$

$$\frac{mv^2}{r} = 3/2 \times 10^{-16} \Rightarrow mv^2 = 3/2 \times 10^{-16} \times 2 \times 10^{-3} = 6/4 \times 10^{-19}$$

$$K = \frac{1}{2} mv^2 \Rightarrow K = \frac{1}{2} \times 6/4 \times 10^{-19} = 3/2 \times 10^{-19} J \Rightarrow K = \frac{3/2 \times 10^{-19}}{1/6 \times 10^{-19}} = 9 eV$$

۳ ۵۳۵ A

زمان حرکت از مرکز نوسان به انتهای مسیر $\frac{1}{4}$ دوره و دامنه نصف طول پاره‌خط مسیر است.

$$\frac{T}{4} = \frac{1}{4} \Rightarrow T = 1 s \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \omega = 2\pi \text{ rad/s}$$

$$A = \frac{v_0}{\omega} = 1 \text{ cm}$$

انرژی جنبشی در مرکز نوسان بیشینه است و K_m برابر انرژی مکانیکی است از این رو:

$$K_m = E \Rightarrow K_m = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2$$

$$\Rightarrow K = \frac{1}{2} \times 0.1 \times (0.1)^2 \times (2\pi)^2$$

$$\Rightarrow K = 0.2 J = 20 mJ$$

۴ ۵۳۶ A

با توجه به رابطه دوره آونگ می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \Rightarrow \frac{T}{T'} = \sqrt{\frac{l'}{l}} \Rightarrow \frac{1}{3} = \sqrt{\frac{l'}{l}} \\ T' = 2\pi \sqrt{\frac{l'}{g}} \end{cases} \Rightarrow \frac{1}{9} = \frac{l'}{l} \Rightarrow l' = \frac{l}{9}, \Delta l = l - l' = l - \frac{l}{9} = \frac{8}{9} l$$

۲ ۵۳۷ A

تغییر جرم را حساب می‌کنیم:

$$\Delta M = M_{Ra} - (M_{Rn} + M_{He})$$

$$\Rightarrow \Delta M = 223/018 - (219/009 + 4/003)$$

$$\Rightarrow \Delta M = 223/018 - 223/012 = 0.006 u$$

$$E = 0.006 \times 931/5 = 5.589 MeV$$

$$= 5.589 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 10^6 = 8.9424 \times 10^{-13} J$$

۳ ۵۳۸ B

دو صفحه روی قطعه بزرگ یخی قرار دارند و به یخ گرما می‌دهند تا جایی که دمای نهایی هر دو صفحه صفر شود. مقدار گرمایی که یخ $0^\circ C$ می‌گیرد تا به آب $0^\circ C$ تبدیل شود برابر گرمایی است که هر فلز به قطعه یخ می‌دهد. از این رو:

$$\begin{cases} mL_F = m_1 c_1 |\Delta \theta_1| & (1) \\ m' L_F = m_2 c_2 |\Delta \theta_2| & (2) \end{cases} \xrightarrow{(2), (1)}$$

$$\frac{m}{m'} = \frac{m_1 c_1 |\Delta \theta_1|}{m_2 c_2 |\Delta \theta_2|} \xrightarrow{\theta_1 = 15^\circ C, \theta_2 = 20^\circ C, \theta_{\text{نهایی}} = 0^\circ C}$$

$$2 = \frac{m_1 \times 400 \times 15}{m_2 \times 900 \times 20} \Rightarrow m_1 = 6 m_2$$

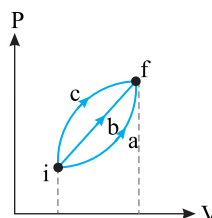
۱ ۵۳۹ B

چون حالت ابتدایی و انتهای در هر سه مسیر

یکی است، تغییر انرژی درونی در هر سه مسیر

یکسان است. با توجه به رابطه $PV = nRT$

چون $T_f > T_i$ بوده در نتیجه $P_f V_f > P_i V_i$



۵۴۵ B

چگالی آلیاژ برابر است با:

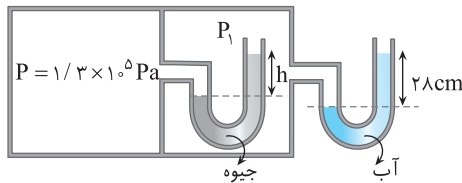
$$\rho_{\text{آلیاژ}} = \frac{m_A + m_B}{V_A + V_B} = \frac{\rho_A V_A + \rho_B V_B}{V_A + V_B}$$

$$750 = \frac{600 V_A + 800 V_B}{V_A + V_B} \Rightarrow 750 V_A + 750 V_B = 600 V_A + 800 V_B$$

$$\Rightarrow 150 V_A = 50 V_B \Rightarrow \frac{V_A}{V_B} = \frac{1}{3}$$

۵۴۶ B

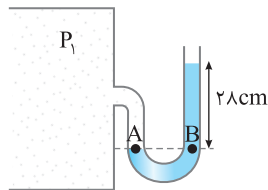
خط فکری: با توجه به شکل، در تست دو لوله U شکل داریم که در هر مورد خط هم تراز را کشیده و در دو مرحله مجهول‌های مسأله را به دست می‌آوریم.



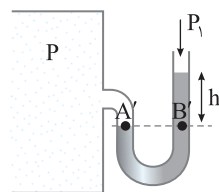
ابتدا با توجه به لوله U شکل حاوی آب فشار P_1 را به دست می‌آوریم:

$$P_A = P_B \Rightarrow P_1 = \rho g h + P_0 \Rightarrow P_1 = 1000 \times 10 \times \frac{28}{100} + 10^5$$

$$P_1 = 102800 \text{ Pa} = 1028 \text{ kPa}$$



در لوله U شکل حاوی جیوه با توجه به خط هم تراز داریم:



$$P_{A'} = P_{B'} \Rightarrow P = P_1 + \rho_{\text{Hg}} g h_{\text{Hg}}$$

$$\Rightarrow 1/3 \times 10^5 = 102800 + 13600 \times 10 \times h$$

$$\Rightarrow 27200 = 136000 \times h \Rightarrow 136 h = 272$$

$$\Rightarrow h = 20 \text{ cm}$$

۵۴۷ B

ابتدا تعداد مول‌های مخلوط را به دست می‌آوریم.

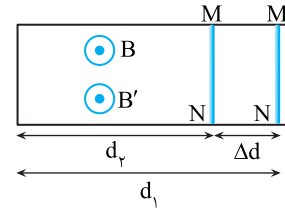
$$PV = nRT \Rightarrow 7/5 \times 10^5 \times 8 \times 10^{-3} = n \times 8 \times 300$$

$$\Rightarrow n = 25 \text{ mol} \Rightarrow n_{\text{H}_2} + n_{\text{He}} = 25$$

$$\frac{m_{\text{H}_2}}{M_{\text{H}_2}} + \frac{m_{\text{He}}}{M_{\text{He}}} = 25 \Rightarrow \frac{m_{\text{H}_2}}{2} + \frac{m_{\text{He}}}{4} = 25$$

$$\Rightarrow \frac{80 - m_{\text{He}}}{2} + \frac{m_{\text{He}}}{4} = 25 \Rightarrow \frac{160 - 2m_{\text{He}} + m_{\text{He}}}{4} = 25$$

$$\Rightarrow m_{\text{He}} = 60 \text{ g} \Rightarrow \frac{60}{80} = 75\%$$



۵۴۳ A

ابتدا سرعت جسم را در لحظه $t_1 = 20 \text{ s}$ و $t_2 = 35 \text{ s}$ حساب می‌کنیم. با توجه به

نمودار سؤال در بازه صفر تا 10 s حرکت دارای شتاب ثابت -2 m/s^2 است از این رو:

$$v = at + v_0 \Rightarrow v = -2 \times 10 + 0 \Rightarrow v = -20 \text{ m/s}$$

در بازه 10 s تا 20 s شتاب صفر و حرکت یکنواخت بوده و سرعت همچنان -20 m/s

است. در بازه 20 s تا 35 s حرکت دارای شتاب ثابت 2 m/s^2 است، در نتیجه:

$$v = at + v_0 \Rightarrow v = 2(35 - 20) + (-20) \Rightarrow v = 10 \text{ m/s}$$

سرعت از -20 m/s به 10 m/s رسیده است در این صورت از -20 m/s تا صفر،

حرکت کندشونده و پس از آن حرکت تندشونده است و گزینه‌های (۱) و (۲) نادرست

است و در لحظه‌ای بین 20 s تا 35 s که سرعت صفر شده (سرعت از منفی به مثبت

تبدیل شده است)، متحرک تغییر جهت داده است و گزینه (۳) درست است.

در مدتی که سرعت منفی است جهت حرکت در جهت منفی محور X و سپس که سرعت مثبت شده است، سرعت در جهت مثبت محور X است و گزینه (۴) نادرست است.

می‌توان لحظه صفر شدن سرعت را به راحتی به دست آورد:

$$v = at + v_0 \Rightarrow 0 = 2t + (-20) \Rightarrow t = 10 \text{ s}$$

یعنی در لحظه $20 + 10 = 30 \text{ s}$ سرعت صفر شده و متحرک تغییر جهت می‌دهد. که در

حل این مسأله به دست آوردن زمان تغییر جهت لازم نبود.

۵۴۴ B

روش اول: با توجه به قضیه کار و انرژی جنبشی

کار کل برابر تغییر انرژی جنبشی جسم است،

در سقوط آزاد چون شتاب حرکت $g = 10 \text{ m/s}^2$

است تندی ذره در هر ثانیه به اندازه 10 m/s افزایش می‌یابد:

$v_0 = 0$

h

$v = 10$

$g = 10 \text{ m/s}^2$

10 m/s

$$W_t = \Delta K \Rightarrow 0 = \frac{1}{2} m v^2 - \frac{1}{2} m (v - 10)^2 \Rightarrow 0 = \frac{1}{2} m (v^2 - (v - 10)^2)$$

$$0 = 0/1 (20v - 100) \Rightarrow 20v = 20v - 100 \Rightarrow 20v = 800 \Rightarrow v = 40 \text{ m/s}$$

گلوله از ارتفاع h رها شده پس $v_0 = 0$ بوده و تندی ذره هنگام رسیدن به زمین 40 m/s است.

$$v^2 - v_0^2 = 2gh \Rightarrow 1600 = 20h \Rightarrow h = 80 \text{ m}$$

روش دوم: در سقوط آزاد تنها نیروی وارد بر جسم نیروی وزن است پس کار کل برای کار نیروی وزن است:

$W_t = W_g \Rightarrow 0 = mgh_1$

$\Rightarrow 0 = 0/2 \times 10 \times h_1 \Rightarrow h_1 = 35 \text{ m}$

برای جابه‌جایی در بازه‌های ۱ ثانیه در سقوط آزاد داریم:

$h = 5 + 15 + 25 + 35 = 80 \text{ m}$

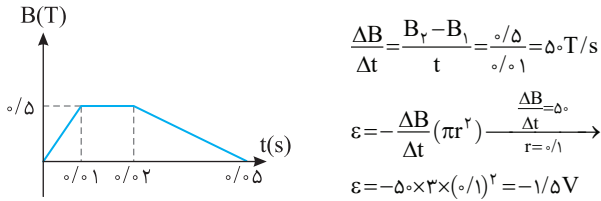
$h_1 = 35 \text{ m}$

$h_2 = 25 \text{ m}$

$h_3 = 15 \text{ m}$

$h_4 = 5 \text{ m}$

چون نمودار B-t از صفر تا ۱٪ خطی است، پس $\frac{\Delta B}{\Delta t}$ در نمودار برابر شیب خط در بازه صفر تا ۱٪ است:



آهنگ تولید انرژی گرمایی یا همان توان برای مقاومت 5Ω در این بازه برابر است با:

$$P = \frac{\varepsilon^2}{R} = \frac{(1.57)^2}{5} = 0.49 \text{ W}$$

در بازه ۱٪ تا ۲٪ ثانیه چون میدان تغییر نمی‌کند، $\Delta B = 0$ بوده پس تغییر شار نیز صفر است و نیروی محرکه القایی ایجاد نشده، پس انرژی گرمایی هم در این بازه تولید نمی‌شود. در بازه ۲٪ تا ۵٪ ثانیه نیز مانند حالت اول ابتدا تغییرات میدان مغناطیسی بر حسب زمان را به دست می‌آوریم و چون نمودار خطی است، این تغییرات برابر شیب خط نمودار است:

$$\frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{B_2 - B_1}{t_2 - t_1} = \frac{0 - 0.5}{0.03 - 0.02} = -50 \text{ T/s}$$

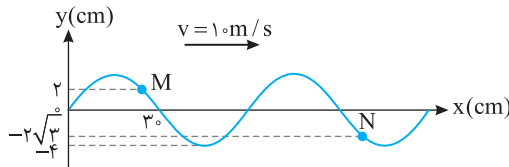
$$\varepsilon = -N \frac{\Delta B}{\Delta t} A = -1 \times (-50) \times (\pi \times 0.01)^2 = 0.157 \text{ V}$$

پس توان ایجاد شده (آهنگ تولید انرژی گرمایی) در این بازه برابر است با:

$$P = \frac{\varepsilon^2}{R} = \frac{(0.157)^2}{5} = 0.005 \text{ W}$$

C ۵۵۲ (۴)

با توجه به شکل طول موج دوره را حساب می‌کنیم.



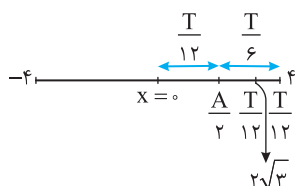
$$\frac{\lambda}{2} = 3 \text{ cm} \Rightarrow \lambda = 6 \text{ cm} = 0.06 \text{ m}, \quad T = \frac{\lambda}{v} \Rightarrow T = \frac{0.06}{10} = 0.006 \text{ s}$$

مشخص می‌کنیم مدت زمان $\frac{1}{400} \text{ s}$ چه کسری از دوره است.

$$\frac{\Delta t}{T} = \frac{0.0025}{0.006} \Rightarrow \Delta t = \frac{T}{12}$$

با توجه به جهت پیشروی موج ذره M از مکان $x = 2 \text{ cm}$ در جهت رو به بالا در حرکت است و با توجه به بازه‌های زمانی شناخته شده نقطه M بعد از $\frac{T}{12}$ به مکان $2\sqrt{3}$ می‌رسد اما نقطه N در مدت $\frac{T}{12}$ از مکان $-2\sqrt{3}$ به مکان -2 cm می‌رسد. بنابراین

خواهیم داشت:

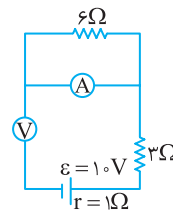


در فرایند بی‌دررو گرمای منتقل شده بین دستگاه و محیط صفر است. بنابراین:

$$\Delta U = W$$

مقدار کار انجام شده برابر سطح زیر نمودار P-V است: $W_2 > W_1 \Rightarrow \Delta U_2 > \Delta U_1$

B ۵۴۹ (۲)



خط فکری: هرگاه ولت‌سنج آرمانی به

طور اشتباه متوالی با باتری بسته شود،

جریان خروجی باتری یعنی جریان مدار

صفر می‌شود. با توجه به شکل ولت‌سنج

با باتری متوالی بسته شده و جریان مدار

صفر است ($I = 0$) در نتیجه آمپرسنج

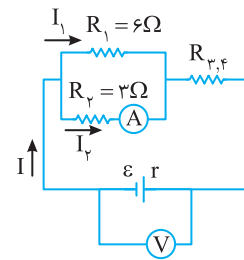
صفر را نشان می‌دهد. در این حالت مقاومت 6Ω اتصال کوتاه شده است و از مقاومت

3Ω نیز جریانی نمی‌گذرد و ولتاژ دو سر مقاومت 3Ω صفر است بنابراین ولت‌سنج

اختلاف پتانسیل دو سر باتری را نشان خواهد داد:

$$V = \varepsilon - Ir \xrightarrow{I=0} V = \varepsilon = 10 \text{ V}$$

B ۵۵۰ (۲)



ابتدا مقاومت معادل R_p و R_f را به صورت

یک مقاومت فرض کنید. البته محاسبه مقدار

آن مهم نیست. حال حل را شروع می‌کنیم.

۱ با افزایش مقاومت $R_p = 3\Omega$ به

6Ω ، مقاومت معادل مدار افزایش می‌یابد.

۲ با افزایش مقاومت معادل، جریان کل

$$\downarrow I = \frac{\varepsilon}{\uparrow R_{eq} + r}$$

مدار کاهش می‌یابد.

۳ با کاهش جریان ولتاژ دو سر باتری افزایش می‌یابد و ولت‌سنج عدد بیشتری را

$$\uparrow V = \varepsilon - \downarrow Ir$$

نشان می‌دهد.

۴ اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ($R_{p,f}$) با کاهش جریان کاهش می‌یابد:

$$\downarrow V_{p,f} = R_{p,f} I \downarrow$$

۵ اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت معادل $R_{1,p}$ افزایش می‌یابد زیرا:

$$\uparrow V = V_{1,2} + \downarrow V_{p,f} \Rightarrow V_{1,2} \uparrow$$

۶ با افزایش ولتاژ دو سر مقاومت R_1 و R_p ، جریان گذرنده از R_1 افزایش

می‌یابد.

$$\uparrow V_1 = I_1 R_1 \Rightarrow I_1 \uparrow$$

$$I_p = \downarrow I - I_1 \uparrow \Rightarrow I_p \downarrow$$

جریان کل مدار $I = I_1 + I_p$ است از این‌رو:

و آمپرسنج عدد کمتری را نشان می‌دهد.

B ۵۵۱ (۴)

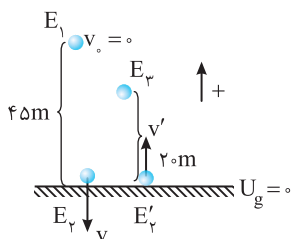
با توجه به نمودار، میدان مغناطیسی بر حسب زمان در بازه صفر تا ۱٪ تغییر

$$\begin{cases} \Phi_1 = B_1 A \\ \Phi_2 = B_2 A \end{cases} \Rightarrow \Delta \Phi = \Delta B A$$

می‌کند. پس برای شار مغناطیسی داریم:

حال با توجه به رابطه نیروی محرکه و شار مغناطیسی داریم:

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -1 \times \frac{\Delta B}{\Delta t} \times A = -1 \times \frac{\Delta B}{\Delta t} \times (\pi r^2)$$



$$E_p = E_r = \frac{1}{2}mv'^2 = mgh \Rightarrow v'^2 = 2 \times 10 \times 4.5 \Rightarrow v = 3 \text{ m/s}$$

علت منفی قرار دادن سرعت برخورد به زمین این است که ما جهت مثبت را رو به بالا اختیار کرده‌ایم. اما پس از برخورد گلوله به زمین گلوله ابتدا متوقف می‌شود و سپس با

سرعت v' رو به بالا حرکت می‌کند و در این لحظه دارای انرژی جنبشی $\frac{1}{2}mv'^2$

است و تا 2 m بالا می‌رود و سرعتش صفر می‌شود و انرژی جنبشی‌اش به انرژی پتانسیل تبدیل می‌شود.

$$\frac{1}{2}mv'^2 = mgh' \Rightarrow v'^2 = 2gh' = 2 \times 10 \times 2 \Rightarrow v' = 2 \text{ m/s}$$

v' را مثبت قرار می‌دهیم زیرا جهتش رو به بالا و در جهت مثبت اختیاری ما بود. اکنون شتاب در مدت برخورد و سپس نیروی خالص را حساب می‌کنیم.

$$a = \frac{v' - v}{t} = \frac{2 - (-3)}{2 \times 10^{-3}} = 2500 \text{ m/s}^2$$

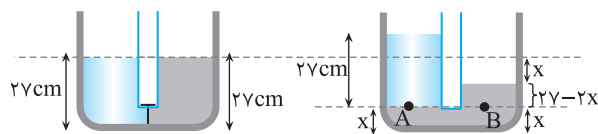
$$F_{\text{net}} = ma \Rightarrow F_{\text{net}} = 2 \times 2500 \times 10^{-3} = 5 \text{ N}$$

در شرایط خلأ می‌توانید از رابطه $v = \sqrt{2gh}$ که در آن h مقدار جابه‌جایی در امتداد قائم است استفاده کنید.

۵۵۸ B

چگالی جیوه از آب بیشتر است، پس با باز شدن شیر جیوه زیر آب قرار می‌گیرد. چون سطح مقطع در دو لوله یکسان است اگر در شاخه سمت راست جیوه به ارتفاع x پائین بیاید در شاخه سمت چپ به همان اندازه بالا خواهد رفت:

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_w gh_w = \rho_{Hg} gh_{Hg} \Rightarrow 1 \times 27 = 13/5 (27 - 2x) \Rightarrow 2x = 25 \Rightarrow x = 12.5 \text{ cm}$$



۵۵۹ A

فرایند AB در نمودار $V-T$ مبدأ گذر بوده و هم‌فشار و تراکمی است و فرایند BC هم‌دما و انبساطی است از این‌رو گزینۀ (۱) (به دلیل انبساط هم‌فشار فرایند AB) و گزینۀ (۴) (اشتباه رسم کردن نمودار BC) حذف می‌شوند.

$$\frac{V_A}{T_A} = \frac{V_B}{T_B} \Rightarrow \frac{4}{500} = \frac{V_B}{250} \Rightarrow V_B = 2 \text{ lit}$$

از طرفی در فرایند AB:

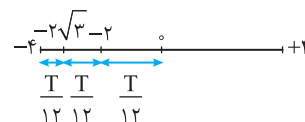
$$P_A V_A = nRT_A \Rightarrow P_A \times 4 \times 10^{-3} = 0.4 \times 8 \times 500 \Rightarrow P_A = 4 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$\xrightarrow[\text{هم فشار}]{\text{فرایند AB}} P_A = P_B = 4 \times 10^5 \text{ Pa}$$

از طرفی در فرایند BC:

$$P_B V_B = P_C V_C \Rightarrow 4 \times 10^5 \times 2 \times 10^{-3} = P_C \times 8 \times 10^{-3} \Rightarrow P_C = 10^5 \text{ Pa}$$

بنابراین گزینۀ (۳) که فشار در نقطه (C) برابر 10^5 Pa و فرایند BC هم‌دما است، پاسخ است.



$$\left| \frac{a_M}{a_N} \right| = \left| \frac{\omega^2 y_M}{\omega^2 y_N} \right| = \frac{2\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3}$$

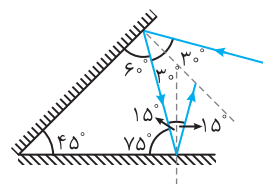
۵۵۳ A

اختلاف تراز شدت صوت این دو صوت برابر است با:

$$\beta_p - \beta_1 = 0/3 \Rightarrow \log \frac{I_p}{I_0} - \log \frac{I_1}{I_0} = 0/3 \Rightarrow \log \frac{I_p}{I_1} = \log 2 \Rightarrow \frac{I_p}{I_1} = 2$$

۵۵۴ A

مطابق شکل و با استفاده از قانون بازتاب عمومی داریم:



بنابراین پرتو تابیده به آینه دوم 75° است پس زاویه تابش برابر 75° است. $\theta_i = 90^\circ - 75^\circ = 15^\circ$

$$\theta_i = \theta_r = 15^\circ$$

است.

۵۵۵ B

انرژی الکترون در اتم هیدروژن $E_n = -\frac{E_R}{n^2}$ است. از این‌رو انرژی بستگی الکترون

$$\text{در هر تراز } \frac{E_R}{n^2} \text{ است: } 0.85 = \frac{13/6}{n^2} \Rightarrow n^2 = 16 \Rightarrow n = 4$$

بنابراین تراز $n+1=5$ است و انرژی الکترون در این تراز برابر است با:

$$E_n = \frac{E_R}{n^2} \Rightarrow E_n = \frac{13/6}{25} \Rightarrow E_5 = 0.544 \text{ eV}$$

$$E_n - E_{n+1} = 0.85 - 0.544 = 0.306 \text{ eV}$$

۵۵۶ A

توصیۀ ریاضی: باید حجم‌های اشکال مشخص هندسی را به خاطر بسپارید.

$$V_{\text{مکعب}} = a^3, V_{\text{مکعب مستطیل}} = abc, V_{\text{استوانه}} = \pi r^2 h$$

$$V_{\text{کره}} = \frac{4}{3} \pi r^3, V_{\text{مخروط}} = \frac{1}{3} \pi r^2 h$$

ابتدا حجم جسم را حساب می‌کنیم:

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3 \Rightarrow V = \frac{4}{3} \pi \times (5 \times 10^{-2})^3 \Rightarrow V = \frac{500 \times 3.14 \times 10^{-6}}{3} \text{ m}^3$$

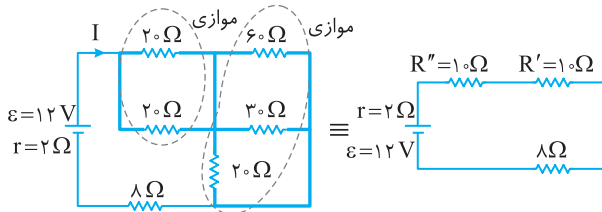
یکای چگالی را به kg/m^3 تبدیل می‌کنیم: $\rho = 6 \text{ g/cm}^3 \times 1000 = 6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

اکنون جرم را به کمک رابطه چگالی به دست می‌آوریم:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V \Rightarrow m = (6 \times 10^3) \times \frac{500 \times 3.14 \times 10^{-6}}{3} \Rightarrow m = 3.14 \text{ kg}$$

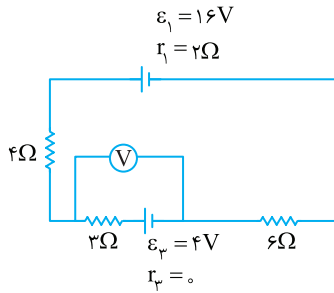
۵۵۷ B

ابتدا به کمک اصل پایستگی انرژی مکانیکی سرعت برخورد گلوله به زمین و همچنین سرعت برگشت آن از سطح زمین را حساب می‌کنیم. سطح زمین را مبدأ پتانسیل گرانشی فرض می‌کنیم.



۵۶۳ B ۴

شاخه شامل باتری (۲) باز بوده و این شاخه از مدار حذف می‌شود.



$$I = \frac{16-4}{13+2} = \frac{12}{15} = \frac{4}{5} = 0.8 \text{ A}$$

ابتدا جریان مدار را به دست می‌آوریم:

اختلاف پتانسیل دو سر ولت‌سنج برابر است با:

$$V = \varepsilon_r + IR \Rightarrow V = 4 + 0.8 \times 3 = 4 + 2.4 = 6.4 \text{ V}$$

۵۶۴ A ۴

با توجه به قانون القای الکترومغناطیسی فاراده:

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -N \frac{\Delta AB}{\Delta t}$$

$$\text{در بازه } 0.1 \text{ s تا } 0.3 \text{ s: } \varepsilon_1 = -1 \times \pi \times \left(\frac{0.3}{2}\right)^2 \times \frac{0.3}{0.1} = -3/6 \text{ V}$$

$$\text{در بازه } 0.1 \text{ s تا } 0.2 \text{ s: } \varepsilon_2 = 0$$

$$\text{در بازه } 0.2 \text{ s تا } 0.3 \text{ s: } \varepsilon_3 = 1 \times \pi \times \left(\frac{0.2}{2}\right)^2 \times \frac{0.3}{0.1} = 3/6 \text{ V}$$

۵۶۵ B ۴

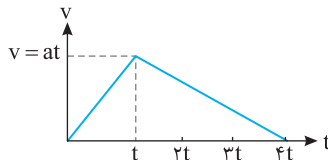
شتاب در قسمت کندشونده $\frac{1}{3}$ شتاب در قسمت تندشونده است بنابراین زمان و

مسافت توقف در قسمت کندشونده به ترتیب ۳ برابر زمان و مسافت در قسمت

تندشونده است. مسافت طی شده خواهد شد:

$$S = \frac{v \times t}{2} = \frac{at \times t}{2} \quad a = 3 \text{ m/s}^2 \quad \frac{3t \times t}{2} = 600 \Rightarrow t = 10 \text{ s}$$

$$v = at = 3 \times 10 = 30 \text{ m/s}$$



اکنون سطح زیر نمودار را از صفر تا ۳۰s حساب می‌کنیم. ابتدا سرعت را در لحظه

t = ۳۰s حساب می‌کنیم:

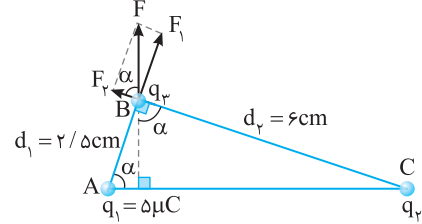
$$v = at + v_0 \Rightarrow v = -1 \times 20 + 30 \Rightarrow v = 10 \text{ m/s}$$

$$\Delta x = S_1 + S_2 = \frac{30 \times 10}{2} + \frac{30 + 10}{2} \times 20 \Rightarrow \Delta x = 150 + 400 = 550 \text{ m}$$

۵۶۰ B ۳

در حل این نوع مسائل دو نکته مهم باید در نظر گرفته شود.

۱) نیروی بین دو بار در امتداد خط واصل دو بار است.



۲) نیروی خالص، برآیند دو نیروی F_1 و F_2 است، یعنی F را باید در امتداد خط‌های

واصل بارها تجزیه کنیم تا F_1 و F_2 به دست آید. به شکل دقت کنید.

در مثلث‌های BF_1F و ABC دو زاویه α برابر دیده می‌شود:

$$\Delta BF_1F \Rightarrow \tan \alpha = \frac{F_1}{F_2}, \Delta ABC: \tan \alpha = \frac{BC}{AB} \Rightarrow \frac{F_1}{F_2} = \frac{BC}{AB} = \frac{d_2}{d_1}$$

بنابراین قانون کولن:

$$\frac{k \frac{q_1 q_2}{(d_1)^2}}{k \frac{q_1 q_3}{(d_2)^2}} = \frac{d_2}{d_1} \Rightarrow \frac{q_2}{q_3} = \frac{d_1}{d_2} \Rightarrow \frac{2}{6} = \frac{2/5}{d_2} \Rightarrow q_2 = 12 \mu\text{C}$$

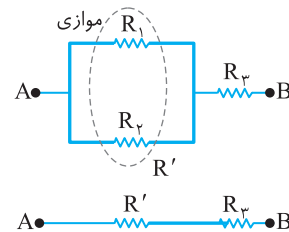
۵۶۱ A ۳

در این مسائل می‌توانید از نتیجه به دست آمده استفاده کنید یعنی $\frac{q_1}{q_2} = \frac{d_1}{d_2}$

۵۶۱ A ۳

با توجه به شکل مدار:

$$R' = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow R_{AB} = R' + R_3 \Rightarrow R_{AB} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3$$



با توجه به فرض مسئله:

$$R_{AB} = R_1 \Rightarrow \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3 = R_1$$

$$R_3 = R_1 - \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow R_3 = \frac{R_1^2 + R_1 R_2 - R_1 R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow R_3 = \frac{R_1^2}{R_1 + R_2}$$

۵۶۲ B ۳

ابتدا مقاومت معادل را به دست می‌آوریم. مقاومت‌های 20Ω ، 30Ω و 60Ω

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{60} + \frac{1}{30} + \frac{1}{20} \Rightarrow R' = 10 \Omega$$

موازی‌اند:

$$R'' = \frac{20}{2} = 10 \Omega$$

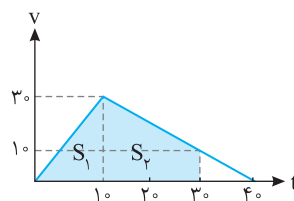
مقاومت‌های 20Ω و 20Ω با هم موازی‌اند:

$$R_{eq} = R'' + R' + 8 = 10 + 10 + 8 = 28 \Omega$$

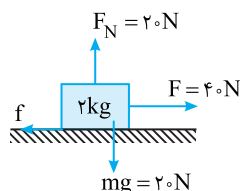
مقاومت معادل مدار برابر است با:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow I = \frac{12}{28 + 2} \Rightarrow I = 0.4 \text{ A}$$

جریان مدار را به دست می‌آوریم:



۵۶۶ B ۴

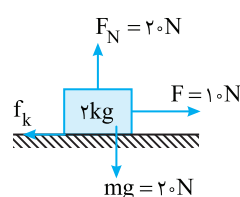


ابتدا نیروی اصطکاک بیشینه ($f_{s\max}$) را

حساب می‌کنیم. اگر نیروی افقی وارد بر جسم بزرگ‌تر از $f_{s\max}$ باشد جسم

به حرکت در می‌آید:

$$f_{s\max} = \mu_s F_N \Rightarrow f_{s\max} = 0.6 \times 20 = 12\text{ N} < F$$



بنابراین جسم به حرکت در می‌آید و پس از ۵s سرعتش به ۷ می‌رسد. حال ۳۰N از

کم شده و مقدار آن به ۱۰N می‌رسد. جسم در حال حرکت بوده پس همچنان به جسم نیروی اصطکاک جنبشی وارد می‌شود.

$$f_k = \mu_k F_N \Rightarrow f_k = 0.5 \times 20 = 10\text{ N}$$

$$F_{\text{net}} = ma \Rightarrow F - f_k = ma \Rightarrow 10 - 10 = 2 \times a \Rightarrow a = 0$$

بنابراین جسم با سرعت ثابت به حرکت خود ادامه می‌دهد.

۵۶۷ A ۱

ابتدا بسامد زاویه‌ای را حساب می‌کنیم.

$$T = \frac{1}{2}\text{ s} \xrightarrow{\omega = 2\pi/T} \omega = \frac{2\pi}{\frac{1}{2}} \Rightarrow \omega = 4\pi \text{ rad/s}$$

$$A = \frac{1}{2} = 5\text{ cm} \quad \text{طول پاره‌خط مسیر } 10\text{ cm} \text{ است بنابراین دامنه خواهد شد:}$$

اکنون بیشینه نیروی وارد بر ذره را به دست می‌آوریم.

$$F_{\max} = mA\omega^2 \xrightarrow{m=0.5\text{ kg}} F_m = 0.5 \times 0.5 \times 16\pi^2 \Rightarrow F_m = 4\text{ N}$$

۵۶۸ A ۱

طول موج را به دست می‌آوریم.

$$E = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow 4 \times 10^{-7} = \frac{1240}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{1240}{4 \times 10^{-7}} = 310 \times 10^{-7} \text{ nm}$$

$$\lambda = 310 \times 10^{-7} \times 10^{-9} = 31\text{ nm} \Rightarrow \text{رادیویی}$$

دقت کنید تمام اعداد داده شده در پرانتز روبه‌روی سؤال به هیچ دردی نمی‌خورد.

۵۶۹ A ۴

اختلاف انرژی دو تراز ۵ و ۶ (D) از بقیه گذارها کمتر بوده و انرژی فوتون گسیلی در

این گذار کمترین مقدار و طول موج گسیل شده نسبت به سه گذار دیگر بلندترین طول

موج است.

۵۷۰ A ۴

۸۷/۵ درصد از هسته‌های اولیه واپاشیده شده بنابراین ۱۲/۵ درصد از هسته‌های اولیه

$$N = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow \frac{12.5}{100} N_0 = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow \frac{1}{8} = \frac{1}{2^n} \Rightarrow n = 3$$

باقی مانده است.

$$T = \frac{t}{n} \Rightarrow T = \frac{24}{3} = 8\text{ h}$$

در مدت ۲۴h، سه نیمه‌عمر طی شده است.