



انتگرالگو

تتمام

تمرین امتحان

فیزیک یازدهم

ریاضی

رضا خالو، امیرعلی میری



پاسخ‌های
تشریحی

آزمون‌های
شبیه‌ساز نهایی

سؤالات
امتحانی

سؤالات
مهارتی

سؤالات
تألیفی

درس‌نامه
کامل

پیشگفتار

به نام خدا

سلام به شما یازدهمی‌های عزیز

با برگزاری امتحانات نهایی و تأثیر آن بر آزمون ورودی دانشگاه‌ها، لزوم آماده‌سازی برای شرکت در این امتحان‌ها دوچندان شده است. کتاب تمام یازدهم را برای یاری رساندن به شما در این امر نوشته و به قسمت‌های زیر تقسیم کرده‌ایم.

درس‌نامه

امتحان نهایی در درس فیزیک معمولاً شامل دو بخش است، یک بخش **حفظی** با سؤال‌های جای خالی، تعریف کنید، درست و نادرست و ... از متن کتاب و بخش دیگر **مسئله‌های محاسباتی**.

الف) برای بخش حفظی، در درس‌نامه تمام قسمت‌های حفظی و مهم متن کتاب درسی را تحت عنوان «خط به خط کتاب درسی» و شکل‌های مهم کتاب را به صورت «عکس و مکث» آورده‌ایم.

ب) برای بخش مسئله‌ها هم، در هر درس‌نامه، مثال‌های متعددی آورده‌ایم که آنها را تیپ‌بندی کرده‌ایم و نکته‌های مهم برای حل رو هم در پاسخ اون‌ها نوشته‌ایم.

تمرین‌های تألیفی

در هر فصل بعد از درس‌نامه کامل، یک‌سری تمرین و کار در منزل برای شما قرار دادیم تا با حل اون‌ها قدرت حل مسئله و آزمون دادن شما بالا بره. این تمرین‌ها شامل چند قسمت بوده یعنی یک مبحث رو به چند صورت از شما پرسیده‌ایم تا هم شما و هم همکار عزیز ما یعنی معلمتون خیالتون راحت باشه این نمونه سؤال رو یاد گرفته‌اید. همچنین مشخص کرده‌ایم که هر مسئله به کدام تیپ درس‌نامه مربوط است تا بتوانید با مطالعه آن بخش، مسئله رو راحت‌تر حل کنید.

تمرین‌های مهارتی

برای محکم‌کاری بیشتر در آخر هر فصل سؤالاتی با سطح بالاتر گذاشته شده که این سؤال‌ها کمی سخت‌تر هستند و مهارت شما رو در حل مسائل بالا می‌برند، اما پیشنهاد می‌کنیم که پس از مشورت با معلم این مسائل رو حل کنید.

آزمایش‌های کتاب درسی

برای پاسخ‌گویی شما به سؤال مربوط به «آزمایش‌کننده‌ها» تمام آزمایش‌های کتاب را در یک جا جمع کرده و در قالب فصل به فصل در انتهای قسمت اول کتاب قرار داده‌ایم.

گام نهایی

یک کتاب مستقل شامل:

الف) خلاصه هر فصل در یک صفحه شامل تمام روابط و مفاهیم مهم

ب) مسائل و پرسش‌های امتحان‌های نهایی و مشابه آنها با بارم‌بندی

پ) پاسخ‌کلیدی شبیه امتحانات آموزش و پرورش برای آموزش شما از نحوه به کارگیری فرمول‌ها و روابط برای گرفتن نمره کامل

پاسخ تشریحی

حل تمام مسائل و تمرین‌ها به طور کاملاً تشریحی

در آخر باید بگیم این کتاب

«تمام آن چیزی است که شما برای ۲۰ گرفتن لازم دارید»

در پایان از تلاش صمیمانه کارکنان نشر الگو به ویژه خانم زهره نوری ویراستار کتاب و خانم‌ها فاطمه کزازی و سوده زارعی که ویرایش این کتاب بی‌یاری ایشان امکان‌پذیر نبود و خانم ویدا محسنی برای تایپ و صفحه‌آرایی کتاب تشکر و قدردانی می‌کنیم.

رضا خالو - امیرعلی میری

فهرست مطالب

فصل اول: الکتریسیته ساکن

- بخش اول: بار الکتریکی و ویژگی‌های آن ۲
- تمرین‌های بخش اول ۸
- بخش دوم: قانون کولن ۱۱
- تمرین‌های بخش دوم ۱۷
- بخش سوم: میدان الکتریکی ۲۱
- تمرین‌های بخش سوم ۳۰
- بخش چهارم: انرژی پتانسیل الکتریکی ۳۵
- تمرین‌های بخش چهارم ۴۲
- بخش پنجم: توزیع بار در رسانا - میدان الکتریکی
داخل رسانا ۴۶
- تمرین‌های بخش پنجم ۴۸
- بخش ششم: خازن ۵۱
- تمرین‌های بخش ششم ۵۷
- تمرین‌های مهارتی ۶۱

فصل دوم: جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

- بخش اول: جریان الکتریکی ۶۶
- تمرین‌های بخش اول ۶۸
- بخش دوم: مقاومت الکتریکی - قانون اهم ۶۹
- تمرین‌های بخش دوم ۷۸
- بخش سوم: نیروی محرکه الکتریکی ۸۳
- تمرین‌های بخش سوم ۸۸
- بخش چهارم: توان در مدارهای الکتریکی - توان مصرفی
باتری ۹۱
- تمرین‌های بخش چهارم ۹۵
- بخش پنجم: به هم بستن مقاومت‌ها - قاعده
حلقه - قاعده انشعاب ۹۸
- تمرین‌های بخش پنجم ۱۰۴
- بخش ششم: تحلیل توان در مقاومت‌های متوالی و موازی ۱۱۱
- تمرین‌های بخش ششم ۱۱۵
- تمرین‌های مهارتی ۱۱۷

فصل سوم: مغناطیس

- بخش اول: مغناطیس - میدان مغناطیسی ۱۲۲
- تمرین‌های بخش اول ۱۲۶
- بخش دوم: نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار
متحرک در میدان مغناطیسی ۱۲۸
- تمرین‌های بخش دوم ۱۳۳
- بخش سوم: نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان ۱۳۶
- تمرین‌های بخش سوم ۱۴۱
- بخش چهارم: میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی ۱۴۳
- تمرین‌های بخش چهارم ۱۴۸
- بخش پنجم: میدان مغناطیسی ناشی از یک حلقه
دایره‌ای حامل جریان ۱۵۲
- تمرین‌های بخش پنجم ۱۵۵
- بخش ششم: میدان مغناطیسی حاصل از سیملوله
حامل جریان ۱۵۷
- تمرین‌های بخش ششم ۱۶۰
- بخش هفتم: ویژگی‌های مغناطیسی مواد ۱۶۳
- تمرین‌های بخش هفتم ۱۶۵
- تمرین‌های مهارتی ۱۶۷

فصل چهارم: القای الکترومغناطیسی و جریان متناوب

- بخش اول: پدیده القای الکترومغناطیسی - شار مغناطیسی ۱۷۰
- تمرین‌های بخش اول ۱۷۳
- بخش دوم: قانون القای الکترومغناطیسی فاراده ۱۷۵
- تمرین‌های بخش دوم ۱۷۸
- بخش سوم: قانون لنز ۱۸۲
- تمرین‌های بخش سوم ۱۸۴
- بخش چهارم: القاگرها ۱۸۷
- تمرین‌های بخش چهارم ۱۹۰
- بخش پنجم: جریان متناوب ۱۹۳
- تمرین‌های بخش پنجم ۱۹۸
- تمرین‌های مهارتی ۲۰۱

آزمایش‌های کتاب درسی

- آزمایش‌های فصل‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ ۲۰۴

فصل پنجم: پاسخ تشریحی

- پاسخ تمرین‌های فصل اول ۲۰۶
- پاسخ تمرین‌های فصل دوم ۲۳۲
- پاسخ تمرین‌های فصل سوم ۲۶۳
- پاسخ تمرین‌های فصل چهارم ۲۸۳
- پاسخ آزمایش‌های کتاب درسی ۳۰۱

کتاب درسی در یک قاب

- خلاصه فصل اول ۳۰۵
- خلاصه فصل دوم ۳۰۶
- خلاصه فصل سوم ۳۰۷
- خلاصه فصل چهارم ۳۰۸

شبیه‌ساز امتحان نهایی

- شبیه‌ساز امتحان نهایی فصل اول ۳۱۰
- شبیه‌ساز امتحان نهایی فصل دوم ۳۱۷
- شبیه‌ساز امتحان نهایی فصل سوم ۳۲۳
- شبیه‌ساز امتحان نهایی فصل چهارم ۳۲۸

آزمون‌های نیمسال

- آزمون نیمسال اول (۱) ۳۳۱
- آزمون نیمسال اول (۲) ۳۳۳
- آزمون نیمسال اول (۳) ۳۳۵

آزمون‌های جامع

- آزمون جامع (۱) ۳۳۷
- آزمون جامع (۲) ۳۴۰
- آزمون جامع (۳) ۳۴۲
- آزمون جامع (۴) ۳۴۴

پاسخ تشریحی

- پاسخ شبیه‌ساز امتحان نهایی فصل اول ۳۴۸
- پاسخ شبیه‌ساز امتحان نهایی فصل دوم ۳۵۳
- پاسخ شبیه‌ساز امتحان نهایی فصل سوم ۳۵۸
- پاسخ شبیه‌ساز امتحان نهایی فصل چهارم ۳۶۲
- پاسخ آزمون نیمسال اول (۱) ۳۶۴
- پاسخ آزمون نیمسال اول (۲) ۳۶۵
- پاسخ آزمون نیمسال اول (۳) ۳۶۷
- پاسخ آزمون جامع (۱) ۳۶۹
- پاسخ آزمون جامع (۲) ۳۷۰
- پاسخ آزمون جامع (۳) ۳۷۱
- پاسخ آزمون جامع (۴) ۳۷۳

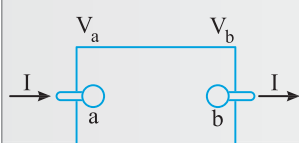
بخش چهارم: توان در مدارهای الکتریکی - توان مصرفی باتری

صفحه ۶۷ تا ۶۹ کتاب درسی

$$P = \frac{W}{t} \quad \begin{matrix} \leftarrow J \text{ (ژول)} \\ \rightarrow s \text{ (زمان)} \end{matrix}$$

تعریف آهنگ تولید یا مصرف انرژی الکتریکی را توان الکتریکی می‌گویند.

خطبه خط کتاب



شکل روبه‌رو، بخشی از یک مدار است که می‌تواند شامل باتری، مقاومت و یا هر چیز دیگری باشد که بین پایانه‌های آن اختلاف پتانسیل برقرار است. بار q در مدت t تحت تأثیر اختلاف پتانسیل $(\Delta V = V_b - V_a)$ ، از پایانه a به b می‌رود. بنابراین:

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow P = \frac{q\Delta V}{t} \xrightarrow{I = \frac{q}{t}} P = I\Delta V \Rightarrow P = VI$$

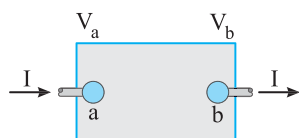
نکته

رابطه $P = VI$ را می‌توان برای منبع نیروی محرکه (مثلاً باتری یا برای وسیله مصرف کننده یک دستگاه الکتریکی) و یا ... استفاده کرد.

$$P = I(V_b - V_a) \Rightarrow \begin{cases} \xrightarrow{V_b > V_a} P > 0 \Rightarrow \text{این جزء، به بقیه مقدار انرژی می‌دهد.} \\ \xrightarrow{V_a > V_b} P < 0 \Rightarrow \text{این جزء، از بقیه مقدار انرژی می‌گیرد.} \end{cases}$$

• تیپ ۴ - ۱: توان جزئی از مدار

مثال ۲۸



شکل روبه‌رو یک جزء مدار الکتریکی است. مشخص کنید در هر حالت، این جزء، منبع نیروی محرکه یا مصرف کننده است.

(الف) $V_b = -10V, V_a = 20V$ (ب) $V_b = 15V, V_a = 10V$

راه حل (الف) با توجه به رابطه $P = IV$

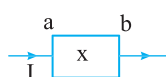
$$P = I(V_b - V_a) \Rightarrow P = I(-10 - 20) \Rightarrow P = -30I \Rightarrow P < 0$$

این جزء، از بقیه مدار انرژی می‌گیرد. بنابراین، مصرف کننده است.

(ب) $P = I(V_b - V_a) \Rightarrow P = I(15 - 10) \Rightarrow P = 5I \Rightarrow P > 0$

این جزء، به مدار انرژی می‌دهد. بنابراین، منبع نیروی محرکه است.

مثال ۲۹



در شکل روبه‌رو، جزء X هنگام عبور بار $1/5C$ از آن، به مدار $54J$ انرژی می‌دهد، مقدار $V_b - V_a$ را مشخص کنید.

راه حل جزء X به مدار انرژی داده است، یعنی، این جزء، منبع نیروی محرکه است و $V_b > V_a$ خواهد بود.

$$U = q(V_b - V_a) \Rightarrow 54 = 1/5(V_b - V_a) \Rightarrow V_b - V_a = 36V$$

توان الکتریکی در مقاومت

۱ با ترکیب رابطه توان $(P = VI)$ و قانون اهم $(V = IR)$ برای مقاومت، می‌توان رابطه توان الکتریکی را برای مقاومت به دست آورد.

$$P = RI^2 \quad \xleftarrow{V = RI} P = VI \quad \xrightarrow{I = V/R} P = V^2/R$$

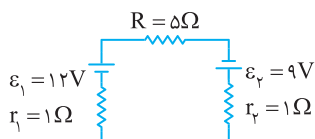
۲ توان مصرفی مقاومت همان آهنگ مصرف انرژی مقاومت در مدار است. در این صورت مصرف انرژی در مدار خواهد شد:

$$P = RI^2 \xrightarrow{U = Pt} U = RI^2 t \quad P = VI \xrightarrow{U = Pt} U = VI t \quad P = \frac{V^2}{R} \xrightarrow{U = Pt} U = \frac{V^2}{R} t$$

تعریف گرمای تولید شده توسط جریان I گذرنده از مقاومت R ، در مدت t برابر $RI^2 t$ است. به این بیان، قانون ژول گویند.

• تیپ ۴ - ۲: توان مصرفی مقاومت در مدار

مثال ۳۰



در شکل روبه‌رو: الف) جریان مدار را حساب کنید. / ب) توان مصرفی در مقاومت R را بیابید.

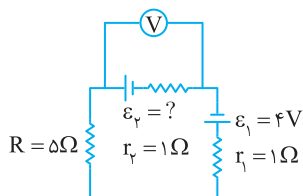
راه‌حل الف) جریان‌های هر دو باتری ساعتگرد است. از این رو، جریان مدار خواهد شد:

$$I = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{R + r_1 + r_2} \Rightarrow I = \frac{12 + 9}{5 + 1 + 1} \Rightarrow I = 3A$$

$$P = RI^2 \Rightarrow P = 5 \times 3^2 \Rightarrow P = 45W$$

ب) توان مصرفی در مقاومت R را حساب می‌کنیم.

مثال ۳۱



در شکل روبه‌رو، انرژی مصرفی در مدت ۲۰ min در مقاومت R برابر ۲۴ kJ است. ($\varepsilon_2 > \varepsilon_1$)

الف) جریان مدار را بیابید. ب) ولت‌سنج چه عددی را نشان می‌دهد.

راه‌حل الف) با توجه به داده‌های مسئله جریان را به دست می‌آوریم.

$$U = RI^2 t \Rightarrow 24 \times 10^3 = 5 \times I^2 \times 20 \times 60 \Rightarrow I^2 = 4 \Rightarrow I = 2A$$

ب) باید ابتدا مقدار ε_2 را حساب کنیم. با توجه به فرض مسئله ($\varepsilon_2 > \varepsilon_1$) خواهیم داشت:

$$I = \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{R + r_1 + r_2} \Rightarrow 2 = \frac{\varepsilon_2 - 4}{5 + 1 + 1} \Rightarrow 14 = \varepsilon_2 - 4 \Rightarrow \varepsilon_2 = 18V$$

ولت‌سنج، اختلاف پتانسیل دو سر باتری ε_2 را که منبع نیروی محرکه است نشان می‌دهد. $V_2 = \varepsilon_2 - Ir_2 \Rightarrow V_2 = 18 - 2 \times 1 \Rightarrow V_2 = 16V$

• تیپ ۴ - ۳: برق مصرفی بر حسب kWh

نکته

یکای انرژی الکتریکی مصرفی کیلووات ساعت (kWh) است. $1kWh = 1000W \times 3600 \Rightarrow 1kWh = 3.6 \times 10^6 J$

مثال ۳۲

یک کتری برقی ۵۰۰ واتی در هر روز به مدت ۶ ساعت روشن است. الف) برق مصرفی در مدت ماه شهریور چند کیلووات ساعت است؟ / ب) اگر قیمت هر kWh برق مصرفی برابر ۵۰۰ ریال باشد، قیمت کل برق در مدت ماه شهریور چند ریال است؟

راه‌حل الف) برای به دست آوردن انرژی الکتریکی بر حسب کیلووات ساعت در رابطه انرژی، توان را بر حسب کیلووات (kW) و زمان را بر حسب ساعت (h) قرار می‌دهیم. ماه شهریور سی و یک روز است.

$$U = Pt \Rightarrow U = \frac{500}{1000} \times 6 \times 31 \Rightarrow U = 93kWh$$

برای تبدیل W به kW $\rightarrow$ ۱۰۰۰

ب) با یک تناسب ساده، قیمت برق مصرفی را حساب می‌کنیم.

۱ kWh	۵۰۰
۹۳ kWh	?

$$\Rightarrow ? = 46500 \text{ ریال}$$

• تیپ ۴ - ۴: سؤالات مقایسه‌ای توان

مثال ۳۳

دو وسیله گرماده A و B با مقاومت‌های $R_A = 5k\Omega$ و $R_B = 2k\Omega$ را به طور جداگانه به اختلاف پتانسیل الکتریکی یکسان وصل می‌کنیم. توان مصرفی در مقاومت R_A چند برابر توان مصرفی در مقاومت R_B است؟

$$P_A = \frac{V^2}{R_A}, P_B = \frac{V^2}{R_B} \Rightarrow \frac{P_A}{P_B} = \frac{R_B}{R_A} \Rightarrow \frac{P_A}{P_B} = \frac{2}{5}$$

راه‌حل اختلاف پتانسیل الکتریکی یکسان است. از این رو:

مثال ۳۴

روی یک وسیله برقی اعداد ۲۲۰V و ۱۱۰W نوشته شده است. اگر این وسیله به برق ۱۱۰V وصل شود، چه توانی مصرف می‌کند؟

راه‌حل اعداد نوشته شده یعنی اگر وسیله به برق ۲۲۰V وصل شود، توان ۱۱۰W را مصرف می‌کند. با تغییر ولتاژ به ۱۱۰V مقاومت وسیله ثابت می‌ماند:

$$P_1 = \frac{V_1^2}{R}, P_2 = \frac{V_2^2}{R} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2 \Rightarrow \frac{110}{P_2} = \left(\frac{220}{110}\right)^2 \Rightarrow P_2 = \frac{110}{4} = \frac{55}{2} = 27.5W$$

خطبه خط کتاب



- ۱ مقاومت لامپ خاموش را به کمک اهم متر اندازه گیری می کنند.
- ۲ مقاومت به دست آمده به کمک توان و ولتاژ نوشته شده در مشخصات لامپ، از عددی که اهم متر هنگام خاموش بودن لامپ اندازه گیری می کند، بیشتر است که زیرا مشخصات لامپ برای هنگام روشن بودن لامپ است و در این حالت دما بیشتر و مقاومت لامپ بزرگ تر است.

مثال ۳۵

یک کتری برقی با توان ۱ kW در مدت t، دمای ۲ لیتر آب ۲۰°C را در فشار ۱ atm، به نقطه جوش می رساند. اگر تمام انرژی الکتریکی این کتری صرف گرم کردن آب شده باشد، t چند دقیقه است؟

یادآوری گرمایی که باعث تغییر دما می شود، از رابطه $Q = mc\Delta\theta = C\Delta\theta$ به دست می آید که c گرمای ویژه جسم و C ظرفیت گرمایی جسم است.

راه حل باید جرم ۲ L آب را به دست آوریم. چگالی آب را داریم:

$$\rho_{\text{آب}} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{L}}, \rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V = 1 \times 2 = 2 \text{ kg}$$

با توجه به فرض مسئله، همه انرژی الکتریکی تولید شده، به گرمای لازم برای گرم کردن آب تبدیل شده است. (دمای جوش آب در فشار ۱ atm، ۱۰۰°C است.)

$$Q = U, Q = mc\Delta\theta, U = P.t \Rightarrow mc\Delta\theta = Pt \Rightarrow 2 \times 4200 \times (100 - 20) = 1000 \times t \Rightarrow t = 672 \text{ s} \Rightarrow t = \frac{672}{60} \text{ min} = 11 \frac{1}{2} \text{ min}$$

تپ ۴ - ۵: ترکیب توان با رابطه دمایی مقاومت

مثال ۳۶

لامپ یک چراغ قوه معمولی با ولتاژ ۳ V کار می کند و هنگام روشن بودن، توان مصرفی آن ۹ W می شود. اگر مقاومت رشته تنگستن آن در دمای اتاق (۲۰°C) برابر ۱۰ Ω باشد، دمای این رشته هنگام روشن بودن لامپ چقدر می شود؟

راه حل ابتدا مقاومت لامپ را به کمک توان مصرفی آن حساب می کنیم.

$$P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow R = \frac{V^2}{P} \Rightarrow R = \frac{3^2}{9} \Rightarrow R = 1 \Omega$$

دمای رشته لامپ روشن را به دست می آوریم.

$$R = R_0 (1 + \alpha \Delta\theta) \Rightarrow 10 = 1 \times (1 + 4/5 \times 10^{-3} \Delta\theta)$$

$$10 = 1 + 4/5 \times 10^{-3} \Delta\theta \Rightarrow 9 = 4/5 \times 10^{-3} \Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = 2000^\circ \text{C}$$

$$\Delta\theta = \theta_p - \theta_1 \Rightarrow 2000 = \theta_p - 20 \Rightarrow \theta_p = 2020^\circ \text{C}$$

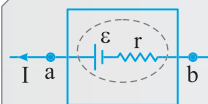
دمای لامپ خواهد شد:



اگر چراغ وسیله ای هالوژن و چراغ وسیله دیگر LED باشد، از آنجا که گرم شدن در لامپ LED کمتر و در نتیجه اتلاف انرژی هم کمتر است، در حالت استفاده از باتری های یکسان، مدت زمانی که لامپ LED روشن می ماند، بیشتر از مدت زمانی است که لامپ هالوژن روشن می ماند.

توان خروجی یک منبع نیروی محرکه واقعی - توان ورودی باتری

عکس و مکث کتاب



اختلاف پتانسیل بین a و b (دو سر باتری)، برابر $\varepsilon - Ir$ است و توان خروجی از این باتری خواهد شد.

εI : توان تولیدی باتری

rI^2 : توان مصرفی در مقاومت داخلی باتری

P : توان خروجی باتری

$$P_{\text{خروجی}} = I\Delta V \Rightarrow P_{\text{خروجی}} = I(\varepsilon - rI) \Rightarrow P_{\text{خروجی}} = \varepsilon I - rI^2$$

توان ورودی باتری

عکس و مکث کتاب



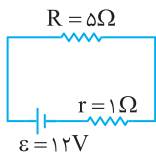
هرگاه یک باتری با نیروی محرکه ε و مقاومت داخلی r به گونه ای در مدار قرار گیرد که مطابق شکل، جریان مدار از پایانه مثبت به آن وارد شود، این باتری از مدار انرژی دریافت می کند، یعنی مصرف کننده است و اختلاف پتانسیل دو سر آن $V = \varepsilon + Ir$ خواهد شد.

به توان باتری در این حالت توان ورودی گویند.

$$P_{\text{ورودی}} = IV \Rightarrow P_{\text{ورودی}} = I(\varepsilon + Ir) \Rightarrow P_{\text{ورودی}} = \varepsilon I + rI^2$$

• تیپ ۴ - ۶: توان خروجی برای مدار شامل یک باتری

مثال ۳۷



در مدار شکل روبه‌رو:

الف) جریان مدار را حساب کنید. / ب) توان تولیدی باتری را به دست آورید. / پ) توان مصرفی در مقاومت خارجی R را بیابید.
ت) توان خروجی باتری چند وات است؟ / ث) توان تلف‌شده در مقاومت درونی باتری را مشخص کنید. / ج) قسمت‌های «پ» و «ت» را با هم مقایسه کنید. از آن چه نتیجه‌ای می‌توان گرفت؟

راه‌حل الف) جریان مدار خواهد شد:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \Rightarrow I = \frac{12}{5 + 1} \Rightarrow I = 2A$$

ب) توان تولیدی باتری برابر است با:

$$P = \varepsilon I \Rightarrow P = 12 \times 2 = 24W$$

پ) با داشتن جریان، توان مصرفی در مقاومت R را حساب می‌کنیم.

$$P = RI^2 \Rightarrow P = 5 \times 2^2 \Rightarrow P = 20W$$

ت) توان خروجی باتری را به دست می‌آوریم.

$$P = \varepsilon I - rI^2 \Rightarrow P = 24 - 1 \times (2)^2 \Rightarrow P_{\text{خروجی}} = 20W$$

ث) توان تولیدی باتری $24W$ و توان خروجی آن $20W$ است. بنابراین، توان مصرفی در مقاومت داخلی باتری $24 - 20 = 4W$ خواهد بود، که می‌توان آن را از رابطه روبه‌رو نیز به دست آورد.

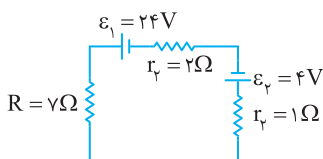
$$rI^2 = 1 \times 2^2 = 4W$$

ج) توان مصرف شده در مقاومت خارجی R و توانی که باتری به مدار می‌دهد (توان خروجی باتری)، یکسان و برابر $20W$ است. $P_{\text{خروجی}} = P_R = 20W$

نتیجه‌ای که از این مقایسه می‌توان گرفت، پایسته بودن انرژی است. یعنی، انرژی مصرف شده در R توسط باتری تأمین می‌شود.

• تیپ ۴ - ۷: مدار شامل باتری‌های مولد و مصرف‌کننده

مثال ۳۸



در مدار شکل روبه‌رو:

الف) توان خروجی باتری ε_1 را بیابید. / ب) توان ورودی باتری ε_2 را بیابید.

پ) توان مصرفی مقاومت R را حساب کنید.

ت) مجموع توان ورودی ε_2 و توان مصرفی در مقاومت R را با توان خروجی باتری مقایسه کنید.

$$I = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{R + r_1 + r_2} \Rightarrow I = \frac{24 - 4}{7 + 2 + 1} \Rightarrow I = 2A$$

راه‌حل الف) ابتدا با توجه به اینکه $(\varepsilon_1 > \varepsilon_2)$ است، جریان مدار را حساب می‌کنیم.

باتری ε_1 ، مولد است. توان خروجی باتری ε_1 را به دست می‌آوریم. $P_{\text{خروجی}} = \varepsilon I - rI^2 \Rightarrow P = 24 \times 2 - 2 \times (2)^2 \Rightarrow P_{\text{خروجی}} = 48 - 8 = 40W$

ب) باتری ε_2 مصرف‌کننده است و توان ورودی آن خواهد شد:

$$P_{\text{ورودی}} = \varepsilon I + rI^2 \Rightarrow P_{\text{ورودی}} = 4 \times 2 + 1 \times (2)^2 \Rightarrow P_{\text{ورودی}} = 12W$$

پ) توان مصرفی مقاومت R برابر است با:

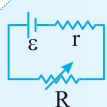
$$P_R = RI^2 \Rightarrow P_R = 7 \times (2)^2 \Rightarrow P_R = 28W$$

ت) توان خروجی باتری ε_1 ، برابر است با مجموع توان ورودی باتری ε_2 و توان مصرفی مقاومت خارجی R .

$$P_R + P_{\varepsilon_2(\text{ورودی})} = 28 + 12 = 40W, \quad P_{\text{خروجی}} = 40W \Rightarrow P_R + P_{\varepsilon_2} = P_{\text{خروجی}}$$

نمودار توان خروجی باتری بر حسب جریان *

در مدار شکل روبه‌رو، می‌خواهیم نمودار توان خروجی باتری بر حسب جریان مدار را رسم کنیم. بنابراین، باید به سراغ ریاضی توابع درجه ۲ برویم.



$$x_{\text{راس}} = \frac{-b}{2a}$$

یادآوری در ریاضی معادله $y = ax^2 + bx + c$ تابع درجه ۲ و نمودار آن سهمی است.

مختصات رأس سهمی:

۱ اگر ضریب $(a)x^2$ مثبت باشد، نمودار دارای کمینه است. ۲ اگر ضریب $(a)x^2$ منفی باشد، نمودار دارای بیشینه است.

$$P_{\text{خروجی}} = \varepsilon I - rI^2$$

معادله توان خروجی باتری برحسب جریان، به صورت روبه‌رو است.

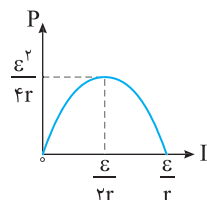
بنابراین رابطه توان برحسب جریان یک تابع درجه دوم است.

$$P = 0 \Rightarrow -rI^2 + \varepsilon I = 0 \Rightarrow I = 0, \quad I = \frac{\varepsilon}{r}$$

۱ ریشه‌های رابطه را بررسی می‌کنیم:

۲ این سهمی دارای بیشینه است، زیرا ضریب I^2 ، منفی است. $(-r)$ مختصات رأس سهمی:

$$I = -\frac{b}{2a} \xrightarrow{a=-r, b=\varepsilon} I = \frac{\varepsilon}{2r}, \quad P_{\text{max}} = -r\left(\frac{\varepsilon}{2r}\right)^2 + \varepsilon\left(\frac{\varepsilon}{2r}\right) \Rightarrow P_{\text{max}} = \frac{\varepsilon^2}{4r}$$



نمودار به صورت روبه‌رو خواهد شد:

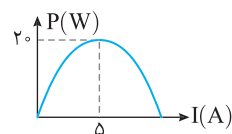
۳ در آخر با توجه به نمودار، مقاومت مدار را در هر یک از حالت‌های به‌دست آمده بررسی می‌کنیم:

$$P_{\text{خروجی}} = 0 \Rightarrow I = 0 \xrightarrow{I = \frac{\varepsilon}{R+r}} \frac{\varepsilon}{R+r} = 0 \Rightarrow R \rightarrow \infty, \quad P_{\text{خروجی}} = 0 \Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{r} \xrightarrow{I = \frac{\varepsilon}{R+r}} \frac{\varepsilon}{R+r} = \frac{\varepsilon}{r} \Rightarrow R = 0$$

$$P_{\text{خروجی}} = P_{\text{max}} \Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{2r} \xrightarrow{I = \frac{\varepsilon}{R+r}} \frac{\varepsilon}{R+r} = \frac{\varepsilon}{2r} \Rightarrow R = r$$

• تیپ ۴ - ۸: بررسی مسائل توان خروجی به کمک نمودار $P-I$

مثال ۳۹



در شکل روبه‌رو نمودار تغییرات توان خروجی یک باتری برحسب جریان نشان داده شده است. نیروی محرکه باتری و مقاومت داخلی آن را بیابید.

$$\frac{\varepsilon^2}{4r} = P_{\text{max}} = 20 \text{ W}, \quad \frac{\varepsilon}{2r} = \Delta \text{ A} \xrightarrow{(I) \div (II)} \frac{\varepsilon}{2} = 4 \Rightarrow \varepsilon = 8 \text{ V} \quad \text{است. بنابراین: } P_{\text{max}} = \frac{\varepsilon^2}{4r} = 20 \text{ W}, \quad \frac{\varepsilon}{2r} = \Delta \text{ A}$$

$$\frac{\varepsilon}{2r} = \Delta \Rightarrow \frac{8}{2r} = \Delta \Rightarrow r = 0.8 \Omega$$

مقاومت داخلی باتری را با استفاده از رابطه (II) به دست می‌آوریم:

در این بخش، نمونه سؤالاتی که احتمال طرح در امتحان نهایی دارند، برات آماده کردیم تا فوب تمرین کنی. شماره تیپ هر سؤال، کنارش اومده که آگه نتونستی حل کنی بتونی از درسنامه، اون تیپ رو مطالعه کنی.

تمرین‌های بخش چهارم

توان مصرفی در مقاومت

۲۵۰ جاهای خالی را پر کنید.

الف) قانون بیان می‌کند که گرمای تولیدشده ناشی از جریان عبوری I از یک مقاومت R در مدت t از رابطه به دست می‌آید.

ب) مقاومت یک لامپ خاموش به کمک وسیله‌ای به نام اندازه‌گیری می‌شود.

پ) در رابطه توان $P = I\Delta V$ اگر توان وسیله مثبت باشد، آن وسیله انرژی

از کتاب درسی

۲۵۱ به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

الف) مقاومت رشته سیم لامپ را هنگامی که لامپ خاموش است با اهم‌تر اندازه می‌گیریم. عدد به دست آمده از اهم‌تر را با مشخصات روی لامپ با هم مقایسه کنید و دلیل اختلاف اعداد را بنویسید.

ب) دو باتری مشابه A و B را به ترتیب به یک لامپ رشته‌ای و یک لامپ LED وصل می‌کنیم. لامپ‌ها روشن می‌شوند. کدام لامپ زودتر از دیگری خاموش می‌شود؟ علت را توضیح دهید.

از کتاب درسی

توان مصرفی در مقاومت

۲۵۲ الف) ششواوری به ولتاژ 220 V وصل است. از آن جریان 8 A می‌گذرد. توان مصرفی ششوار را حساب کنید. (تیپ ۴ - ۲)

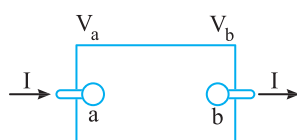
ب) آهنگ مصرف انرژی یک بلندگو هنگامی که از آن جریان I عبور می‌کند برابر 2 kW است. اگر مقاومت دستگاه 80Ω باشد، I را حساب کنید.

- ۲۵۳ الف) مقاومت الکتریکی قسمت گرماده یک گرم کن برابر 15Ω اهم است. اگر به دو سر این مقاومت اختلاف پتانسیل $450V$ وصل شود، گرمای ایجاد شده در این مقاومت در مدت نیم ساعت چند ژول است؟ (تیپ ۴ - ۲)
- ب) ولتاژ لامپی $220V$ است. در مدتی که 50 میلی کولن بار الکتریکی از این لامپ عبور می کند، انرژی الکتریکی مصرف شده در آن را حساب کنید.
- پ) از یک مقاومت 5Ω ، جریان الکتریکی ثابت عبور کرده و در نتیجه با عبور $200C$ الکتریسیته، $4000J$ گرما تولید شده است. زمان عبور این مقدار بار را به دست آورید.
- ت) به دو سر سیم نیکروم به طول $2m$ و سطح مقطع $2mm^2$ ، اختلاف پتانسیل $200V$ اعمال کردیم. در مدت 20 دقیقه چند کیلووات ساعت انرژی در این سیم مصرف می شود؟ ($\rho = 10^{-6}\Omega.m$)

مثال ۲ - ۸، صفحه ۶۷ کتاب درسی

- ۲۵۴ وقتی یک تلویزیون را به اختلاف پتانسیل $220V$ وصل کنیم، جریان $5A$ از آن می گذرد.
- الف) توان مصرفی تلویزیون را به دست آورید. (تیپ ۴ - ۳)
- ب) اگر این وسیله به مدت $10h$ هر روز کار کند، در مدت یک ماه پایداری هزینه برق مصرفی آن را به دست آورید. (هر کیلووات ساعت برق مصرفی 50 تومان است.)

- ۲۵۵ الف) دو سیم هم جنس و هم طول A و B در اختیار داریم. اگر شعاع سطح مقطع سیم A دو برابر شعاع سطح مقطع سیم B باشد و هر دو سیم را به ولتاژ یکسانی وصل کنیم، توان مصرفی مقاومت A چند برابر توان مصرفی مقاومت B می شود؟ (تیپ ۴ - ۴)
- ب) اگر جریان عبوری از یک مقاومت $3A$ افزایش یابد، توان مصرفی آن $2/25$ برابر حالت اول می شود، جریان گذرنده از این مقاومت در ابتدا چند آمپر بوده است؟ (دما ثابت است.)



- ۲۵۶ شکل روبه رو، یک جز از یک مدار الکتریکی است. در هر حالت، مشخص کنید که این جز انرژی می گیرد، یا انرژی می دهد؟ (تیپ ۴ - ۱) شکل ۲ - ۳۴، صفحه ۶۷ کتاب درسی
- الف) $V_b = 5V, V_a = 20V$ ب) $V_b = 25V, V_a = -5V$



- ۲۵۷ بر روی وسیله های الکتریکی زیر، مشخصات آنها نوشته شده است.
- الف) جریان عبوری از هر وسیله را بیابید.
- ب) مقاومت الکتریکی هر وسیله در حالت روشن چقدر است؟

$2400W, 220V$ ، کتری برقی

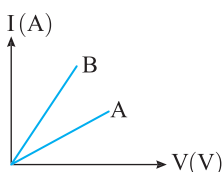
$850W, 220V$ ، اتوی برقی

- ۲۵۸ روی یک لامپ رشته ای مقدارهای $100W$ و $200V$ نوشته شده است. (تیپ ۴ - ۴)
- الف) اگر لامپ را با ولتاژ $200V$ روشن کنیم، مقاومت الکتریکی آن و جریانی که از آن می گذرد را حساب کنید.
- ب) اگر به دو سر لامپ، ولتاژ $150V$ اعمال کنیم، توان مصرفی آن چند وات می شود؟ (با فرض ثابت بودن مقاومت لامپ)

- ۲۵۹ روی لامپ چراغ جلوی اتومبیل مشخصات $20W$ و $12V$ نوشته شده است. اگر باتری اتومبیل $12V$ باشد و چراغ های اتومبیل روشن باشند، در مدت 2 ساعت چند ژول و چند کیلووات ساعت انرژی توسط هر یک از چراغ های جلو مصرف می شود؟

مشابه تجربی - دی ۸۶

- ۲۶۰ الف) روی یک لامپ، اعداد $110V$ و $100W$ نوشته شده است. چنانچه این لامپ را به ولتاژ $55V$ وصل کنیم، توان آن چند درصد و چگونه تغییر می کند؟ (تیپ ۴ - ۴)
- ب) روی یک اتوی برقی اعداد 200 وات و 250 ولت نوشته شده است. اگر به علت افت ولتاژ، 19% از توان مصرفی اتو کاهش یابد. ولتاژ دو سر اتو چند درصد کاهش یافته است؟ (با فرض ثابت بودن مقاومت اتو)



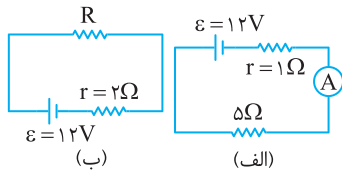
- ۲۶۱ الف) شکل روبه رو، نمودار $I-V$ را برای دو نوع رسانای A و B نشان می دهد. با ذکر دلیل بیان کنید کدام یک به عنوان سیم گرماده مناسب تر است؟
- ب) رشته های انتهایی دو لامپ L_1 و L_2 که برای اتصال به برق شهر ساخته شده اند، هر دو از جنس تنگستن و هم طول اند، فقط سیم تنگستن مربوط به لامپ L_1 ضخیم تر از دیگری است. روشنایی کدام لامپ بیشتر است؟ توضیح دهید.

ریاضی - شهریور ۹۲

مسئله ۱۵، صفحه ۸۰ کتاب درسی

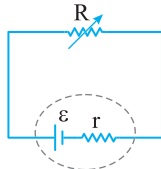
- ۲۶۲ لامپ یک چراغ قوه معمولی با ولتاژ $3V$ کار می کند و توان مصرفی آن $9W$ است. اگر رشته لامپ از جنس تنگستن با ضریب دمایی $4/5 \times 10^{-3} C^{-1}$ باشد و مقاومت این سیم در دمای $20^\circ C$ ، 1Ω باشد، دمای رشته لامپ هنگام روشن بودن چقدر است؟ (تیپ ۴ - ۵)

مسئله ۱۷، صفحه ۸۱ کتاب درسی



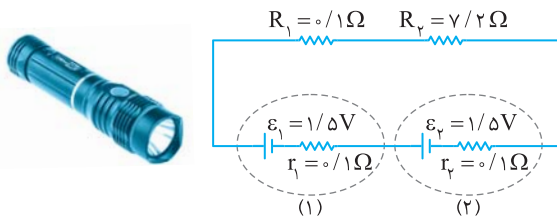
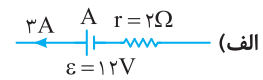
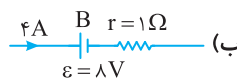
- ۲۶۳ الف) در مدار شکل (الف)، انرژی الکتریکی مصرفی در مقاومت 5Ω را در مدت یک دقیقه به دست آورید.
- ب) در مدار شکل (ب)، اگر توان تلف شده در مقاومت درونی باتری $8W$ باشد، مقاومت R چقدر است؟

توان در باتری

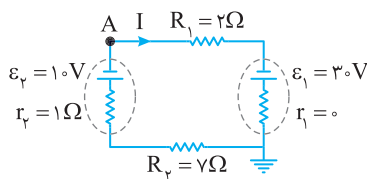


- ۲۶۴ در شکل زیر، اگر توان خروجی باتری به ازای جریان $2A$ ، برابر $4W$ و به ازای جریان $3A$ ، برابر $3W$ باشد، نیروی محرکه و مقاومت درونی باتری را به دست آورده و نمودار $V-I$ باتری را رسم کنید. (تیپ ۴-۶)

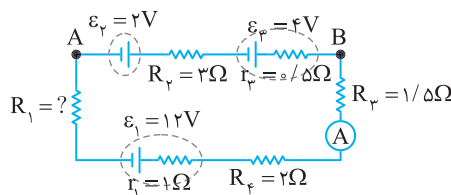
- ۲۶۵ در باتری A توان خروجی و در باتری B توان ورودی را حساب کنید. (تیپ ۴-۷)



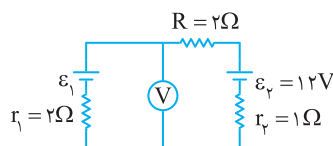
- ۲۶۶ شکل روبه‌رو، مدار مربوط به یک چراغ‌قوه را نشان می‌دهد. (تیپ ۴-۷)
- الف) توان تلف شده در لامپ R_p را به دست آورید.
- ب) توان خروجی از باتری (۱) را حساب کنید.
- پ) توان اتلافی در باتری (۲) را به دست آورید.
- ت) توان تولیدی توسط باتری (۲) چند ولت است؟



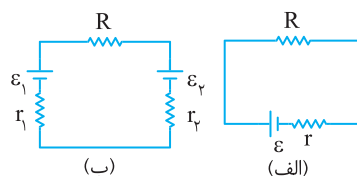
- ۲۶۷ شکل مقابل یک مدار الکتریکی را نشان می‌دهد. ریاضی - شهریور ۸۷
- الف) جریان مدار (I) چند آمپر است؟
- ب) پتانسیل نقطه A چند ولت است؟
- پ) توان تولیدی مولد با نیروی محرکه $\mathcal{E}_1$ چند وات است؟ (تیپ ۴-۶)
- ت) انرژی الکتریکی مصرف شده در مقاومت R_p در مدت 30 ثانیه چند ژول است؟



- ۲۶۸ در مدار شکل روبه‌رو، جریانی که از آمپرسنج می‌گذرد، 0.5 آمپر است. شهریور ۹۴
- الف) مقاومت R_1 چند اهم است؟
- ب) اختلاف پتانسیل بین دو نقطه A و B ($V_B - V_A$) چند ولت است؟
- پ) توان خروجی باتری $\mathcal{E}_1$ چند وات است؟ (تیپ ۴-۶)



- ۲۶۹ در مدار شکل روبه‌رو، ولت‌سنج $8/4V$ را نشان می‌دهد. ($\mathcal{E}_2 > \mathcal{E}_1$)
- الف) توان خروجی باتری (۲) را به دست آورید.
- ب) توان ورودی باتری (۱) را به دست آورید.
- پ) توان مصرفی مقاومت R را حساب کنید.



- ۲۷۰ الف) در مدار (الف) توان مصرفی در مقاومت خارجی $16W$ است. توان خروجی باتری را به دست آورید.
- ب) در مدار (ب) توان خروجی باتری (۱)، $36W$ و توان مصرفی مقاومت R برابر $10W$ است. توان ورودی باتری (۲) را به دست آورید. (تیپ ۴-۷)

باتری $\mathcal{E}_1$ منبع نیروی محرکه است.

$$V_1 = \mathcal{E}_1 - Ir_1 \Rightarrow V_1 = 2.0 - 1 \times 0.5 \Rightarrow V_1 = 1.5 \text{ V}$$

باتری $\mathcal{E}_2$ به مدار جریان نمی‌دهد و مصرف کننده است.

$$V_2 = \mathcal{E}_2 + Ir_2 \Rightarrow V_2 = 1.0 + 1 \times 0.5 = 1.5 \text{ V}$$

(ب) چون $\mathcal{E}_1 > \mathcal{E}_2$ و جریان دو

باتری ناهمسو است بنابراین
جریان مدار پادساعتگرد است.
ابتدا از نقطه A در مسیر باتری
 $\mathcal{E}_2$ و مقاومت 8Ω به سمت
اتصال زمین می‌رویم و قاعده حلقه

را می‌نویسیم. (چون در خلاف جهت جریان قدم می‌زنیم هنگام گذر از مقاومت، IR و Ir را مثبت می‌نویسیم)

$$V_A + Ir_2 + \mathcal{E}_2 + IR_1 = 0 \Rightarrow -1.5 + 2I + 6 + 8I = 0$$

بار دیگر از مسیر مقاومت R و باتری $\mathcal{E}_1$ در سوی جریان از A به سوی اتصال زمین

$$V_A - IR - Ir_1 + 3.0 = 0 \Rightarrow -1.5 - (1/2 \times R) - (1/2 \times 1) + 3.0 = 0$$

$$R = \frac{1.0/8}{1/2} \Rightarrow R = 9\Omega$$

(پ) باتوجه به فرض مسئله، جریان

مدار ساعتگرد است، یعنی
 $\mathcal{E}_1 > \mathcal{E}_2$ است. از مسیر باتری $\mathcal{E}_1$
از A به B می‌رویم و قاعده حلقه
(قانون ولتاژها) را می‌نویسیم: (دقت

کنید چون خلاف جهت جریان از مقاومت داخلی r_1 عبور می‌کنیم Ir_1 باید مثبت

$$V_A - \mathcal{E}_1 + Ir_1 = V_B \Rightarrow V_A - V_B = \mathcal{E}_1 - Ir_1 \Rightarrow 1.0/8 = 1.5 - I \times 1$$

$$I = 1.2 - 1.0/8 \Rightarrow I = 1/2 \text{ A}$$

حال از مسیر R_1 و R_2 از A به B می‌رویم.

$$V_A - 1/2 \times 2 - \mathcal{E}_2 - 1/2 \times 0.5 - 1/2 \times 1/5 = V_B$$

$$V_A - V_B - 4/8 = \mathcal{E}_2 \Rightarrow 1.0/8 - 4/8 = \mathcal{E}_2 \Rightarrow \mathcal{E}_2 = 6 \text{ V}$$

۲۴۸ در حالت اول داریم:

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1}{r_1 + r_2 + R}$$

در حالت دوم داریم:

$$I_2 = \frac{\mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_1}{r_1 + r_2 + R}$$

با توجه به صورت سوال $I_2 = 2I_1$ بنابراین:

$$I_2 = 2I_1 \Rightarrow \frac{\mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_1}{r_1 + r_2 + R} = 2 \frac{\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1}{r_1 + r_2 + R} \Rightarrow \mathcal{E}_2 = 3\mathcal{E}_1 \Rightarrow \frac{\mathcal{E}_1}{\mathcal{E}_2} = \frac{1}{3}$$

۲۴۹ الف) نیروی محرکه باتری عرض از مبدأ نمودار V-I است. با توجه

$$\mathcal{E}_A = 12 \text{ V}, \mathcal{E}_B = 2 \text{ V}$$

به نمودار سؤال خواهیم داشت:

شیب نمودار V-I برای منبع نیروی محرکه برابر منفی مقاومت داخلی باتری

$$-r_A = \frac{1.0 - 1.2}{4} \Rightarrow r_A = 0.5\Omega$$

است بنابراین

اما باتری B یک باتری مصرف کننده است و معادله ولتاژ - جریان آن به صورت
 $V = \mathcal{E} + Ir$ بوده یعنی شیب نمودار برابر مقاومت داخلی باتری است.

$$r_B = \frac{6 - 2}{4} \Rightarrow r_B = 1\Omega$$

(ب) جریان مدار خواهد شد

$$I = \frac{\mathcal{E}_A - \mathcal{E}_B}{R + r_A + r_B} \Rightarrow I = \frac{12 - 2}{8/5 + 0.5/5 + 1} \Rightarrow I = \frac{1}{10} = 0.1 \text{ A}$$

۲۵۰ الف) ژول - $U = RI^2 t$ (ب) اهم متر (پ) به مدار می‌دهد.

۲۵۱ الف) وقتی با اهم متر مقاومت رشته لامپ خاموش را اندازه گیری

می‌کنیم، دمای رشته لامپ پایین و در حدود دمای اتاق است و بنابراین مقاومت رشته لامپ کم است، اما وقتی لامپ را روشن می‌کنیم، دمای رشته لامپ به طور قابل توجهی بالا می‌رود و مقاومت آن افزایش می‌یابد. مشخصاتی که روی لامپ در کارخانه نوشته می‌شود بر اساس مقاومت لامپ روشن است و همین دلیل اختلاف عددهاست. (ب) بخش زیادی از انرژی که لامپ رشته‌ای دریافت می‌کند به صورت گرما هدر می‌رود، بنابراین میزان مصرف لامپ رشته‌ای از میزان مصرف لامپ LED بیشتر است و لامپ رشته‌ای با سرعت بیشتری سبب تخلیه باتری شده و زودتر خاموش می‌شود.

۲۵۲ الف) با توجه به داده‌های مسئله $V = 220 \text{ V}$ و $I = 8 \text{ A}$ است. برای

یافتن توان از رابطه مقابل استفاده می‌کنیم.

$$P = VI \Rightarrow P = 220 \times 8 \Rightarrow P = 1760 \text{ W}$$

(ب) آهنگ مصرف انرژی، همان توان مصرفی ($P = 2000 \text{ W}$) است. مقاومت

دستگاه $R = 80\Omega$ است. بنابراین:

$$P = RI^2 \Rightarrow 2000 = 80 \cdot I^2 \Rightarrow I^2 = 25 \Rightarrow I = 5 \text{ A}$$

۲۵۳

۲۵۴ یادآوری انرژی مصرفی در یک وسیله الکتریکی از روابط زیر به دست

می‌آید که با توجه به داده‌های مسئله از یکی از آنها استفاده می‌شود.

$$U = qV, U = VIt, U = \frac{V^2}{R} t, U = RI^2 t$$

الف) گرمای ایجاد شده همان انرژی مصرفی در مقاومت است. بنابراین:

$$U = \frac{V^2}{R} t \xrightarrow[V=450 \text{ V}, R=150\Omega]{t=0.5 \text{ h}=1800 \text{ s}} U = \frac{450^2 \times 1800}{150} \times 10^{-6} = 1.8 \times 10^6 \text{ J}$$

گرمای تولید شده: $\Rightarrow U = 2.43 \times 10^6 \text{ J} \Rightarrow U = 2/43 \times 10^6 \text{ J}$

(ب) در صورت مسئله $V = 220 \text{ V}$ و $q = 50 \text{ mC}$ داده شده، بنابراین:

$$U = qV \Rightarrow U = 50 \times 10^{-3} \times 220 \Rightarrow U = 11 \text{ J}$$

(پ) ابتدا اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت را حساب می‌کنیم.

$$U = qV \xrightarrow[U=4000 \text{ J}]{q=200 \text{ C}} 4000 = 200 \times V \Rightarrow V = 20 \text{ V}$$

جریان مدار را به کمک قانون اهم به دست می‌آوریم.

$$I = \frac{V}{R} \xrightarrow[R=5\Omega]{V=20} I = \frac{20}{5} \Rightarrow I = 4 \text{ A}$$

$$I = \frac{q}{t} \Rightarrow 4 = \frac{200}{t} \Rightarrow t = 50 \text{ s}$$

زمان عبور جریان خواهد شد:

(ت) به کمک رابطه ساختمانی مقاومت، ابتدا مقاومت سیم را حساب می‌کنیم.

$$R = \rho \frac{L}{A} \xrightarrow[\rho=10^{-6} \Omega \text{ m}, L=2 \text{ m}]{A=2 \text{ mm}^2 = 2 \times 10^{-6} \text{ m}^2} R = 10^{-6} \times \frac{2}{2 \times 10^{-6}} = 1\Omega$$

انرژی مصرفی را به دست می‌آوریم.

$$U = \frac{V^2}{R} t \xrightarrow[V=200 \text{ V}, t=2 \text{ min}]{R=1\Omega} U = \frac{200^2 \times 200}{1} \times 10^{-6} = 8 \times 10^6 \text{ J}$$

$$\Rightarrow U = 4/8 \times 10^6 \text{ J} \Rightarrow U = 480000 \text{ J}$$

۲۵۵ یادآوری کیلووات ساعت، یکای مصرف انرژی است و هر 1 kWh برابر

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} \times 3600 \text{ s} \Rightarrow 1 \text{ kWh} = 3/6 \times 10^6 \text{ J}$$

است با:

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow R_{\text{انو}} = \frac{220}{\frac{484}{85}} = \frac{484}{22} \Rightarrow R = 22 \Omega$$

(ب) مقاومت اتو:

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow R_{\text{کتری}} = \frac{220}{\frac{11}{12}} \Rightarrow R_{\text{کتری}} = 20 \Omega$$

مقاومت کتری برقی:

۲۵۸ الف) مقاومت لامپ را حساب می‌کنیم.

$$P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow \frac{P=100W, V=220V}{R} \Rightarrow 100 = \frac{220^2}{R} \Rightarrow R = 484 \Omega$$

$$I = \frac{V}{R} \Rightarrow I = \frac{220}{484} \Rightarrow I = 0.45 A$$

جریان عبوری از لامپ خواهد شد:

(ب) با فرض اینکه مقاومت لامپ ثابت است:

$$P' = \frac{V'^2}{R} \Rightarrow \frac{V'=110V}{R} \Rightarrow P' = \frac{110^2}{484} \Rightarrow P' = 25 W$$

۲۵۹ اعداد روی لامپ، توان و ولتاژ هستند. این اعداد به این معنی هستند که اگر لامپ به ولتاژ ۱۲ ولت وصل شود، توان مصرفی آن ۲۰ وات می‌شود. باتری اتومبیل ۱۲ ولت است. پس توان مصرفی چراغ، ۲۰ وات است.

$$W = Pt = 20 \times 2 \times 3600 \Rightarrow W = 144000 J$$

$$W = Pt = 20 \times 2 \times 3600 \Rightarrow W = 144000 J$$

۲۶۰ الف) با فرض ثابت بودن مقاومت لامپ در اثر تغییر ولتاژ، ابتدا مقاومت لامپ را حساب می‌کنیم.

$$P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow \frac{V=110V, P=100W}{R} \Rightarrow 100 = \frac{110^2}{R} \Rightarrow R = 121 \Omega$$

حال اگر این لامپ به ولتاژ ۵۵V وصل شود، توان مصرفی لامپ خواهد شد:

$$P' = \frac{V'^2}{R} \Rightarrow P' = \frac{55^2}{121} \Rightarrow P' = 25 W$$

درصد تغییرات توان را حساب می‌کنیم.

$$\text{درصد تغییرات توان} = \frac{\Delta P}{P} \times 100 = \frac{25-100}{100} \times 100 = -75\%$$

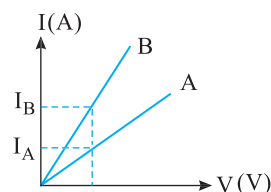
توان ۷۵ درصد کاهش می‌یابد.

(ب) توان را در دو حالت نوشته بر هم تقسیم می‌کنیم:

$$P_1 = \frac{V_1^2}{R}, P_2 = \frac{V_2^2}{R} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{P_2=81P_1}{P_1} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = 81$$

$$81 = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 \Rightarrow V_2 = 9V_1$$

$$\frac{\Delta V}{V_1} = \frac{9V_1 - V_1}{V_1} \times 100 \Rightarrow \frac{\Delta V}{V_1} = 800\%$$



۲۶۱ الف) روش اول: با توجه به

شکل، در یک ولتاژ معین، جریان مقاومت B از جریان مقاومت A بیشتر است و با توجه به رابطه $P = VI$ ، توان گرمادهی مقاومت B در ولتاژ ثابت بیشتر است و رسانای B برای سیم گرماده مناسب‌تر است.

روش دوم: شیب نمودار $I-V$ یک مقاومت اهمی برابر وارون مقاومت است، یعنی، هر چه شیب نمودار بیشتر باشد، مقاومت کمتر است. بنابراین:

$$R_B < R_A \Rightarrow \text{شیب } B > \text{شیب } A$$

با تناسب مسئله را حل می‌کنیم.

$$\frac{3/6 \times 10^6 J}{4/8 \times 10^6 J} = \frac{1 kWh}{?} \Rightarrow ? = \frac{4/8}{3/6} kWh = \frac{4}{3} kWh$$

۲۵۴ الف) توان مصرفی خواهد شد:

$$P = VI \Rightarrow V=220V, I=5A \Rightarrow P=220 \times 5 \Rightarrow P=1100 W$$

(ب) هر ماه پاییزی، ۳۰ روز است و در هر روز، تلویزیون به مدت ۱۰h روشن بوده است، یعنی مدت استفاده از تلویزیون $t=30 \times 10 = 300 h$ بوده است. بنابراین، انرژی الکتریکی مصرفی تلویزیون برابر است با:

$$U = Pt \Rightarrow U = \frac{1100}{1000} \times 300 \Rightarrow U = 330 kWh$$

برای تبدیل به kW

هزینه برق مصرفی به ازای هر ۱ kWh برابر ۵۰ تومان است. از این رو:

تومان $330 \times 50 = 16500$ هزینه برق مصرفی در یک ماه

۲۵۵ الف) هر دو سیم، هم جنس و هم طول هستند.

($\rho_A = \rho_B, L_A = L_B$) نسبت مساحت سطح مقطع آنها را حساب می‌کنیم.

$$\left\{ \begin{aligned} A_B &= \pi r_B^2 \Rightarrow \frac{A_B}{A_A} = \left(\frac{r_B}{r_A}\right)^2 \xrightarrow{r_A=r_B} \frac{A_B}{A_A} = \left(\frac{r_B}{r_B}\right)^2 \\ A_A &= \pi r_A^2 \end{aligned} \right. \Rightarrow \frac{A_B}{A_A} = 1 \Rightarrow A_A = 4 A_B$$

به کمک $R = \rho L / A$ نسبت مقاومت‌ها را به دست می‌آوریم.

$$\frac{R_B}{R_A} = \frac{\rho_B}{\rho_A} \times \frac{L_B}{L_A} \times \frac{A_A}{A_B} \Rightarrow \frac{R_B}{R_A} = 1 \times 1 \times \frac{4}{1} \Rightarrow R_B = 4 R_A$$

ولتاژ دو سیم یکسان است. از این رو با توجه به $P = V^2 / R$ خواهیم داشت:

$$\frac{P_A}{P_B} = \frac{R_B}{R_A} \Rightarrow \frac{P_A}{P_B} = 4$$

(ب) با تغییر جریان عبوری، مقاومت تغییر نمی‌کند، بنابراین، در دو حالت داریم:

$$P_1 = RI_1^2 (1), P_2 = RI_2^2 \Rightarrow 2/25 P_1 = R(I_1 + 3)^2 (2)$$

با تقسیم معادله (۲) بر معادله (۱) داریم:

$$\frac{(2)}{(1)} = \frac{R(I_1 + 3)^2}{RI_1^2} = \frac{2/25 P_1}{P_1} \Rightarrow \left(\frac{I_1 + 3}{I_1}\right)^2 = 2/25$$

$$\Rightarrow \frac{I_1 + 3}{I_1} = 1/5 \Rightarrow I_1 + 3 = 1/5 I_1 \Rightarrow I_1 = 6 A$$

۲۵۶ با توجه به جهت جریان، $\Delta V = V_b - V_a$ و برای توان داریم:

$$P = I \Delta V = I(V_b - V_a)$$

همچنین می‌دانیم که اگر توان جزئی از مدار، مثبت باشد، ($P > 0$) آن جزء به مدار انرژی می‌دهد و اگر توان جزئی از مدار منفی باشد ($P < 0$) آن جزء از مدار انرژی می‌گیرد.

الف) $P = I(V_b - V_a) = I(25 - (-5)) = 30 I$ ، پس در این قسمت $P > 0$ است و این جزء انرژی می‌دهد.

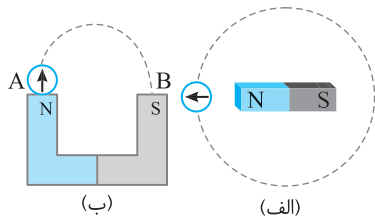
ب) $P = I(V_b - V_a) = I(5 - 20) = -15 I$ ، پس در این قسمت $P < 0$ است و این جزء انرژی می‌گیرد.

$$P = VI \Rightarrow 850 = 220 I \Rightarrow I_{\text{انو}} = \frac{85}{22} A$$

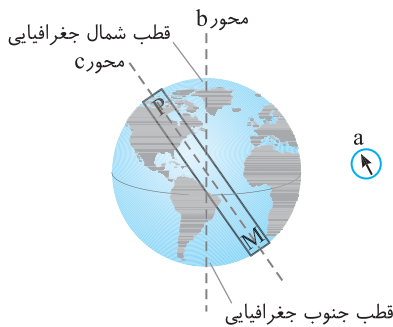
۲۵۷ الف) جریان اتو:

$$P = VI \Rightarrow 2400 = 220 I \Rightarrow I_{\text{کتری}} = \frac{120}{11} A$$

جریان کتری برقی:



۳۷۲ الف) در شکل (الف) یک عقربه مغناطیسی را روی یک مسیر دایره‌ای به دور یک آهنربای میله‌ای به آرامی حرکت می‌دهیم، پس از یک دور چرخش کامل، عقربه چند درجه می‌چرخد؟ با رسم شکل توضیح دهید. (تیب ۱-۳)
ب) در شکل (ب) یک عقربه مغناطیسی به صورت ساعتگرد از نقطه A تا B جابه‌جا می‌شود. در این جابه‌جایی عقربه چند درجه و چگونه می‌چرخد؟



شکل ۳-۷، صفحه ۸۷ کتاب درسی

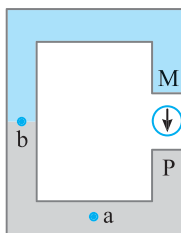
۳۷۳ در شکل (ب) فرض کرده‌ایم کره زمین یک آهنربای بزرگ است. الف) نام قطب‌های M و P را مشخص کنید.
ب) اگر عقربه مغناطیسی را در نقطه a قرار دهیم، عقربه چگونه قرار می‌گیرد؟
پ) خطوط میدان اطراف کره زمین را به صورت ساده رسم کنید.
ت) محورهای b و c را نامگذاری کنید.

۳۷۴ در شکل‌های زیر میدان‌های مغناطیسی یکنواخت و غیریکنواخت را مشخص کنید. (تیب ۱-۴)



۳۷۵ شکل روبه‌رو یک آهنربای C شکل را نشان می‌دهد. (تیب ۱-۴)

الف) با توجه به جهت‌گیری عقربه مغناطیسی نام قطب‌های M و P را مشخص کنید.
ب) جهت میدان مغناطیسی در نقطه‌های a و b داخل آهنربا را مشخص کنید.



شکل ۳-۸، صفحه ۸۷ کتاب درسی

بخش دوم: نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی

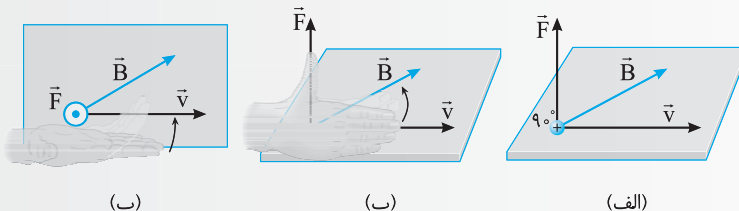
هرگاه ذره‌ای با بار q با سرعت $\vec{v}$ در میدان مغناطیسی $\vec{B}$ حرکت کند، توسط میدان مغناطیسی بر ذره نیرو وارد می‌شود. البته بار نباید موازی خطوط میدان حرکت کند. به این نیرو، نیروی مغناطیسی می‌گویند.

نکته

نیروی مغناطیسی همواره بر راستای سرعت $\vec{v}$ و راستای میدان عمود است.

عکس‌ومکث کتاب

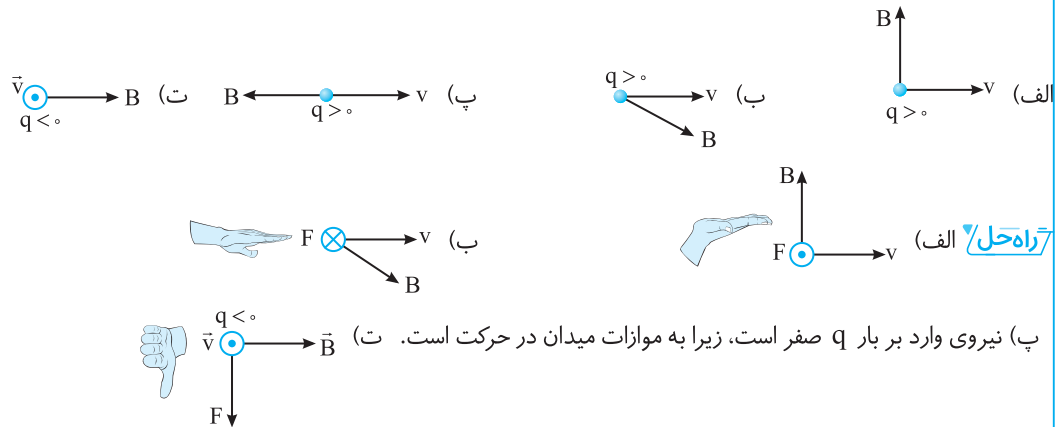
قاعده دست راست: برای یافتن جهت نیروی مغناطیسی، چهار انگشت باز دست راست خود را در جهت حرکت بار مثبت به گونه‌ای قرار می‌دهیم که خم کردن آنها جهت میدان مغناطیسی را نشان دهد، در این صورت انگشت باز شست جهت نیروی مغناطیسی را نشان می‌دهد.
هرگاه ذره دارای بار منفی باشد، جهت نیرو را قرینه می‌کنیم و یا از ابتدا از دست چپ استفاده می‌کنیم.
هرگاه جهت یک بردار عمود بر صفحه به طرف بیرون صفحه باشد، آن را برونسو می‌نامیم و با نماد $\odot$ نمایش می‌دهیم.
هرگاه جهت یک بردار عمود بر صفحه به طرف درون صفحه باشد، آن را درونسو می‌نامیم و با نماد $\otimes$ نمایش می‌دهیم.



• تیپ ۲ - ۱: قاعده دست راست

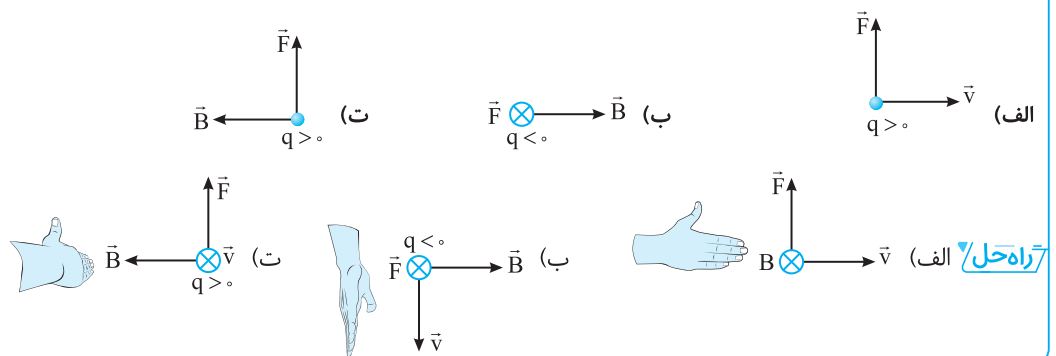
مثال ۷

در هر یک از شکل‌های زیر جهت نیروی وارد بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی را مشخص کنید.



مثال ۸

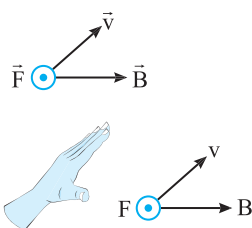
در هر یک از شکل‌های زیر جهت کمیت مجهول را مشخص کنید. (فرض کنید بردارهای $\vec{v}$ و $\vec{B}$ بر هم عمود هستند.)



• تیپ ۲ - ۲: تعیین نوع بار

مثال ۹

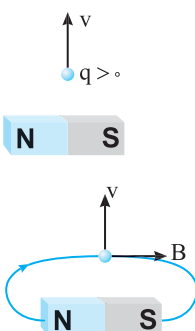
در شکل داده شده، مثبت یا منفی بودن بار ذره متحرک در میدان مغناطیسی را مشخص کنید.



• تیپ ۲ - ۳: ذره باردار در مجاورت آهنربا

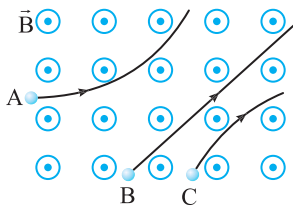
مثال ۱۰

در شکل داده شده جهت نیروی وارد بر ذره باردار را در لحظه نشان داده شده مشخص کنید.



تیپ ۲ - ۴: تعیین نوع بار با توجه به مسیر حرکت ذره باردار

مثال ۱۱



در شکل روبه‌رو سه ذره وارد میدان مغناطیسی یکنواخت برونسوی B شده‌اند، با توجه به مسیر حرکت آنها نوع بار هر ذره را مشخص کنید.

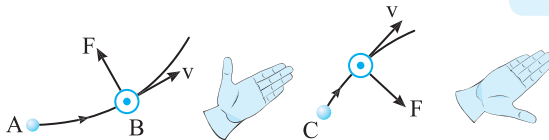
راه‌حل نکته سمتی که ذره منحرف می‌شود همان جهت نیروی وارد بر ذره است.

بردار سرعت بر مسیر حرکت مماس است.

مسیر ذره A در قاعده دست چپ صدق می‌کند و بار ذره منفی است.

ذره B بدون انحراف از میدان عبور کرده بنابراین، ذره B بدون بار است.

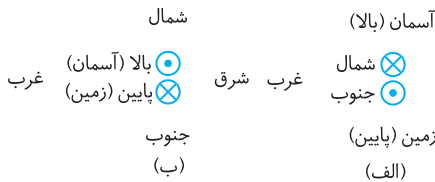
مسیر ذره C در قاعده دست راست صدق می‌کند و بار ذره مثبت است.



چگونگی رسم شش جهت در صفحه کاغذ

چهار جهت جغرافیایی شمال، جنوب، شرق، غرب و دو جهت بالا و پایین جمعاً شش جهتی هستند که با آن سروکار داریم. در درس جغرافیا فرا می‌گیریم که پیش رویمان، جهت شمال و پشت سرمان جهت جنوب، است. همچنین اگر دست‌هایمان را باز کنیم، دست راستمان به سمت شرق و دست چپمان به سمت غرب، است. برای رسم این جهت‌ها دو روش داریم.

۱ جهت رو به شمال را درونسو فرض کنیم. در این صورت شش جهت مطابق شکل (الف) است.

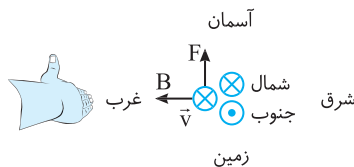


۲ سمت رو به پایین را درونسو و سمت رو به بالا (آسمان) را برونسو فرض کنیم. در این صورت شش جهت مطابق شکل (ب) است.

تیپ ۲ - ۵: مسائلی که در آن جهت جغرافیایی داده می‌شود.

مثال ۱۲

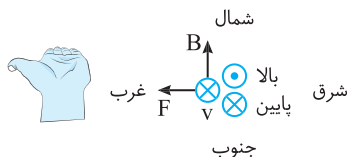
الف) ذره‌ای با بار مثبت که با سرعت v رو به شمال در حرکت است، وارد میدان مغناطیسی یکنواختی در جهت شرق به غرب می‌شود. جهت نیروی وارد بر ذره را مشخص کنید. / ب) الکترونی در امتداد قائم از بالا به پایین در حرکت است، در اثر میدان مغناطیسی زمین، این الکترون به کدام سمت منحرف می‌شود؟



راه‌حل الف) جهت رو به شمال را درونسو می‌گیریم. در این حالت جهت سرعت ذره نیز درونسو خواهد شد.

چهار انگشت باز دست راست خود را عمود بر صفحه کاغذ و رو به داخل آن (درونسو) در جهت v قرار دهید و کف دست خود را به سمت چپ (رو به غرب) در جهت میدان B بگیرید، انگشت باز شست شما قطعاً رو به بالای صفحه کاغذ است، بنابراین ذره با بار مثبت رو به بالا منحرف می‌شود.

راستی اگر نمی‌خواهید روی کاغذ چیزی بنویسید کافی است چهار انگشت باز دست راست خود را رو به جلو (شمال) به گونه‌ای بگیرید که کف دست شما به سوی چپ باشد. در این حالت چهار انگشت باز شست شما رو به بالاست، یعنی نیروی F رو به بالا بر ذره وارد می‌شود و آن را رو به بالا منحرف می‌کند. ب) الکترون دارای بار منفی است.

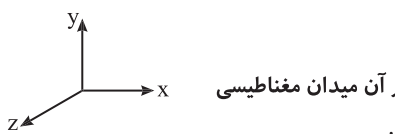


نکته جهت میدان مغناطیسی زمین از جنوب به شمال است. این بار، رو به آسمان را برونسو و رو به زمین را درونسو رسم می‌کنیم. جهت سرعت الکترون از بالا به پایین است، یعنی درونسو است. با استفاده از دست چپ مشخص می‌شود که F به سمت غرب است. یعنی الکترون به سوی غرب منحرف می‌شود.

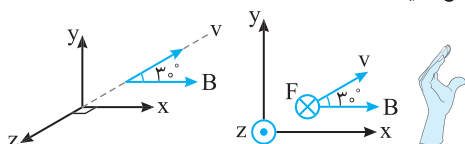
راستی اگر خواستید می‌توانید بدون رسم روی کاغذ مسئله را حل کنید. چهار انگشت باز دست چپ خود را رو به پایین بگیرید به گونه‌ای که کف دست شما رو به جلو (شمال) در جهت B قرار بگیرید. در این حالت انگشت باز شست شما به سمت چپ است، یعنی نیرو رو به غرب است و الکترون به سمت غرب منحرف می‌شود.

تیپ ۲ - ۶: مسائلی که به جای جهت‌های شش‌گانه، جهت X و Y و Z در آن‌ها بیان می‌شود.

مثال ۱۳



ذره‌ای با بار مثبت با سرعت v در جهتی که با محور X زاویه 30° می‌سازد وارد ناحیه‌ای می‌شود که در آن میدان مغناطیسی یکنواخت B در جهت مثبت محور X برقرار است. جهت نیروی مغناطیسی وارد بر ذره را مشخص کنید.

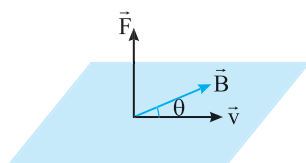


راه‌حل باید از مسئله یک دید سه بعدی داشته باشید و با استفاده از قاعده دست راست جهت نیروی F را مشخص کنید. اما برای سادگی می‌توانید شکل محورها را به صورت

روبه‌رو رسم کنید که در آن محور Z برونسوست. در این صورت با توجه به قاعده دست راست نیروی F درونسو بوده و نیروی F در خلاف جهت محور Z است.

اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر بار متحرک

آزمایش نشان می‌دهد که نیروی وارد بر بار متحرک در میدان مغناطیسی از رابطه زیر به دست می‌آید.



سرعت بار برحسب متر بر ثانیه
زاویه بین بردار سرعت و بردار میدان
نیروی وارد بر بار برحسب نیوتون
میدان مغناطیسی برحسب تسلا
اندازه بار ذره متحرک در میدان برحسب کولن

$$F = |q| v B \sin \theta$$

نکته

۱. بردار نیرو همواره بر راستای سرعت و میدان عمود است.

۲. اگر بار به موازات میدان حرکت کند نیروی وارد بر آن صفر می‌شود.

$$\theta = 0^\circ \text{ یا } 180^\circ \Rightarrow \sin \theta = 0 \Rightarrow F = 0$$

خطبه خط کتاب

$$\theta = 90^\circ \Rightarrow \sin \theta = 1 \Rightarrow F_{\max} = qvB$$

اگر بار عمود بر میدان مغناطیسی حرکت کند نیروی مغناطیسی وارد بر آن بیشینه می‌شود.

$$1T = 1 \frac{N}{C \cdot m/s} = 1N/A \cdot m$$

یکای میدان مغناطیسی در SI تسلا نامگذاری شده است.

$$1G = 10^{-4}T$$

تسلا یکای بزرگی است، به همین دلیل از یکای قدیمی (غیر SI) میدان مغناطیسی به نام گaus استفاده می‌شود.

• تیپ ۲ - ۷: مسائل ساده محاسباتی برای یافتن کمیت مجهول

مثال ۱۴

الف) ذره‌ای با بار $q = 4mC$ با تندی $2 \times 10^3 m/s$ در جهتی که با خطوط میدان $B = 400G$ زاویه 37° می‌سازد، وارد میدان مغناطیسی می‌شود.

اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر ذره را بیابید. (ب) ذره‌ای با بار $q = -3\mu C$ در جهتی که با میدان مغناطیسی یکنواخت $B = 0.2T$ زاویه 60° می‌سازد وارد میدان مغناطیسی می‌شود و بر آن نیروی مغناطیسی $5/1N$ وارد می‌شود. تندی ذره را حساب کنید. (ب) $(\sin 60^\circ = 0.85)$

کافی است در رابطه $F = |q| v B \sin \theta$ داده‌های مسئله را قرار دهیم و مجهول مسئله را به دست می‌آوریم.

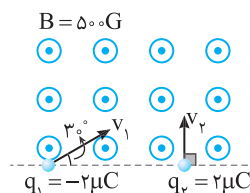
$$F = 4 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^3 \times 400 \times 10^{-4} \times 0.6 \Rightarrow F = 0.192N$$

(الف)

$$F = |q| v B \sin \theta \Rightarrow 5/1 = 3 \times 10^{-6} \times v \times 0.2 \times 0.85 \Rightarrow v = 10^7 m/s$$

(ب)

مثال ۱۵



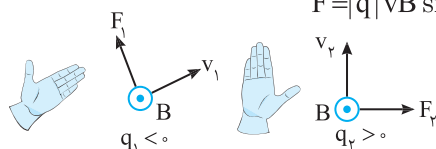
در شکل مقابل جهت و اندازه نیروی وارد بر هر ذره را به دست آورده با هم مقایسه کنید. ($v_1 = v_2 = 2 \times 10^3 m/s$)

مهمترین نکته‌ای که در حل این مسئله باید به آن توجه کنیم زاویه بین بردار سرعت و بردار میدان مغناطیسی

است که این زاویه برای هر دو ذره $\theta = 90^\circ$ است. اندازه بارها و تندی آنها برابر بوده و اندازه نیروها یکسان است.

$$F = |q| v B \sin \theta \Rightarrow F_1 = F_2 = 2 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^3 \times 5 \times 10^{-2} \times 1 \Rightarrow F_1 = F_2 = 2 \times 10^{-4} N$$

جهت نیروی وارد بر هر بار را با استفاده از قاعده دست راست مشخص می‌کنیم.



• تیپ ۲ - ۸: مسائل ترکیبی با قانون دوم نیوتون ($F = ma$)

مثال ۱۶

ذره‌ای به جرم $2mg$ دارای بار الکتریکی $5\mu C$ با تندی $2 \times 10^4 m/s$ وارد میدان مغناطیسی یکنواخت $200G$ می‌شود، اندازه بیشینه شتاب ذره را

بیابید. (از تأثیر نیروی وزن صرف نظر شود.)

بیشینه شتاب وقتی اتفاق می‌افتد که بیشینه نیروی مغناطیسی بر جسم وارد می‌شود. یعنی ذره عمود بر خطوط میدان مغناطیسی وارد میدان

$$F = |q| v B \sin \theta \Rightarrow F_{\max} = 5 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^4 \times 2 \times 10^{-2} \times 1 \Rightarrow F_{\max} = 2 \times 10^{-3} N$$

شود. ($\theta = 90^\circ$)

$$F = ma \Rightarrow 2 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-3} \times 10^{-3} a \Rightarrow a_{\max} = 1000 m/s^2$$

شتاب ذره خواهد شد:

• تیپ ۲ - ۹: مسائل ترکیبی نیروی مغناطیسی و نیروهای وزن و الکتریکی

مثال ۱۷

ذره‌ای باردار به جرم 2 mg با تندی $5 \times 10^3 \text{ m/s}$ در راستای افقی در جهت شرق به غرب وارد یک میدان مغناطیسی یکنواخت رو به شمال به بزرگی 400 گاوس می‌شود و بدون انحراف از میدان می‌گذرد. نوع و مقدار بار الکتریکی ذره را بیابید. ($g = 10 \text{ m/s}^2$ و از تأثیر میدان مغناطیسی زمین در محل صرف نظر شود).

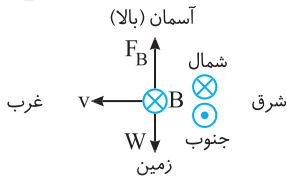
راه‌حل/نکته نیروی وزن: بزرگی نیروی وزن از رابطه $W = mg$ به دست می‌آید و جهت این نیرو همواره رو به پایین است.

برای آنکه ذره بدون انحراف از میدان بگذرد، باید نیروهای وارد بر ذره متوازن باشند، یعنی نیروی وزن رو به پایین و نیروی مغناطیسی رو به بالا هم‌اندازه باشند.

میدان B رو به شمال و جهت سرعت در امتداد شرق به غرب است، یعنی v بر B عمود است ($\theta = 90^\circ$ و $\sin \theta = 1$) از این رو خواهیم داشت:

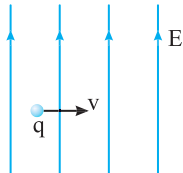
$$F_B = W \Rightarrow |q|vB = mg \Rightarrow |q| \times 5 \times 10^3 \times 4 \times 10^{-2} = 2 \times 10^{-6} \times 10 \Rightarrow |q| = 10^{-7} \text{ C}$$

برای یافتن نوع بار باید به سراغ قاعده دست راست برویم. جهت رو به شمال را درون‌سو در نظر می‌گیریم. نیرو رو به بالا، سرعت به سمت چپ (غرب) و جهت میدان درون‌سو (شمال) است بنابراین ذره در قاعده دست چپ صدق می‌کند یعنی بار ذره منفی است.



مثال ۱۸

ذره‌ای با جرم ناچیز و دارای بار الکتریکی مثبت q مطابق شکل با تندی 10^6 m/s وارد یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی 10^5 N/C می‌شود. می‌خواهیم با یک میدان مغناطیسی مانع انحراف ذره شویم. کمینه مقدار و جهت میدان مغناطیسی را بیابید.



راه‌حل/نکته نیروی الکتریکی: اندازه این نیرو از رابطه $F = Eq$ به دست می‌آید.

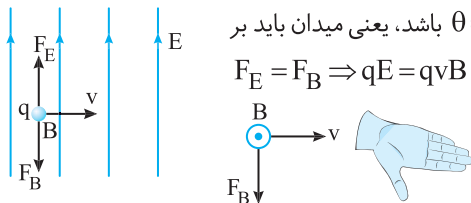
الف) اگر بار مثبت باشد، F و E هم‌جهت‌اند. ب) اگر بار منفی باشد، F و E خلاف جهت‌هم‌اند.

بار الکتریکی q مثبت است و بر بار مثبت در میدان الکتریکی نیرویی در جهت میدان الکتریکی وارد می‌شود. یعنی F_E به سمت بالا است، بنابراین

نیروی مغناطیسی باید پایین‌سو باشد. وقتی B کمینه است که $\sin \theta = 1$ باشد، یعنی $\theta = 90^\circ$ باشد، یعنی میدان باید بر سرعت حرکت عمود باشد.

$$F_E = F_B \Rightarrow qE = qvB \Rightarrow E = vB \Rightarrow 10^5 = 10^6 B \Rightarrow B = 0.1 \text{ T}$$

با توجه به قاعده دست راست میدان مغناطیسی باید برون‌سو باشد.

• تیپ ۲ - ۱۰: مسائل نمایش بردارها بر حسب بردارهای یک $\vec{i}$ و $\vec{j}$

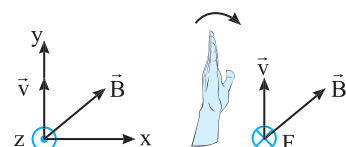
مثال ۱۹

ذره‌ای با بار الکتریکی $q = +2\mu\text{C}$ با سرعت $\vec{v} = 2 \times 10^5 \vec{j}$ وارد میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B} = (4\vec{i} + 2\vec{j}) \times 10^{-2}$ تسلا می‌شود، اندازه و جهت نیروی وارد بر ذره را بیابید. (تمام یکاها در SI)

راه‌حل/نکته هرگاه بردارهای سرعت و میدان برحسب $\vec{i}$ و $\vec{j}$ داده شوند. نیروی وارد از طرف مؤلفه B_x که موازی مؤلفه v_x است، بر ذره، صفر است.

همچنین مؤلفه $\vec{B}_y$ که موازی مؤلفه $\vec{v}_y$ است نیز، بر ذره نیرو وارد نمی‌کند. از این رو $\vec{B}_x$ بر $\vec{v}_y$ و $\vec{B}_y$ بر $\vec{v}_x$ نیرو وارد می‌کنند. در این مسئله، $v_x = 0$ است، بنابراین تنها B_x بر v_y نیرو وارد می‌کند.

$$F = qv_y B_x \Rightarrow F = 2 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^5 \times 4 \times 10^{-2} \Rightarrow F = 16 \times 10^{-3} \text{ N} \Rightarrow F = 1/6 \times 10^{-2} \text{ N}$$



جهت مثبت محور z را برون‌سو فرض می‌کنیم. چهار انگشت باز دست راست خود را در جهت v قرار دهید به گونه‌ای که اگر آنها را ساعتگرد بچرخانیم روی بردار $\vec{B}$ قرار گیرند. در این حالت انگشت شست باز دست شما عمود بر صفحه و به طرف داخل کاغذ است یعنی نیروی F در خلاف جهت محور z ‌هاست.

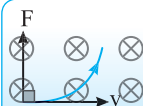
کار نیروی مغناطیسی - تغییر انرژی جنبشی ذره باردار در میدان مغناطیسی

$$W = Fd \cos \theta$$

یادآوری ۱: بنابه تعریف کار نیروی ثابت برابر است با:

$$W = \Delta K \Rightarrow W_t = \frac{1}{2} mv_t^2 - \frac{1}{2} mv_i^2$$

۲: قضیه کار و انرژی جنبشی: تغییر انرژی جنبشی جسم برابر کار خالص نیروهای وارد بر جسم



همانطور که گفته شد، نیروی مغناطیسی بر سرعت و میدان مغناطیسی عمود است، پس نیروی مغناطیسی بر مسیر حرکت ذره

$$W_{F_B} = F_B d \cos \theta \xrightarrow{\theta=90^\circ} W_{F_B} = 0$$

عمود بوده و کار این نیرو صفر است:

• تیپ ۲ - ۱۱: تندی ذره هنگام ورود و خروج از میدان مغناطیسی

مثال ۲۰

ذره‌ای با بار $q = 3mC$ با تندی $2 \times 10^5 \text{ m/s}$ وارد میدان مغناطیسی یکنواخت $15G$ می‌شود. اگر جهت حرکت ذره با خطوط میدان در لحظه ورود به میدان زاویه 30° و در لحظه خروج از میدان، زاویه 60° بسازد، الف) کار نیروی مغناطیسی را حساب کنید. / ب) تندی ذره هنگام خروج از میدان را به دست آورید.

راه حل ۱: الف) اعداد داده شده در مسئله، مهم نیستند، زیرا نیروی مغناطیسی همواره بر سرعت (مسیر حرکت) عمود است. $\theta = 90^\circ$ و $\cos \theta = 0$ می‌شود یعنی کار میدان مغناطیسی صفر است.

$$\Delta K = W \xrightarrow{W=0} \Delta K = 0 \Rightarrow K_f = K_i \Rightarrow \frac{1}{2} mv_f^2 = \frac{1}{2} mv_i^2 \Rightarrow v_f = v_i$$

ب) با توجه به قضیه کار و انرژی جنبشی:

بنابراین تندی ذره هنگام خروج از میدان مغناطیسی برابر تندی ذره هنگام ورود به میدان است. ($v = 2 \times 10^5 \text{ m/s}$)

جمع‌بندی

مقایسه نیروی الکتریکی و نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار

میدان الکتریکی	میدان مغناطیسی
هم بر بار متحرک و هم بر بار ساکن نیرو وارد می‌کند.	بر بار ساکن نیرو وارد نمی‌کند. بر بار متحرکی که به موازات میدان حرکت می‌کند نیرو وارد نمی‌کند
نیروی الکتریکی هم‌راستا با میدان الکتریکی است.	نیروی مغناطیسی هم بر راستای سرعت و هم بر راستای میدان مغناطیسی، عمود است. (نیروی مغناطیسی، بر صفحه شامل بردارهای $\vec{B}$ و $\vec{v}$ عمود است.)
نیروی الکتریکی به اندازه و جهت سرعت ذره باردار بستگی ندارد.	نیروی مغناطیسی به اندازه و جهت سرعت ذره باردار بستگی دارد.
کار میدان الکتریکی به جهت حرکت و اندازه جابه‌جایی بار در میدان بستگی دارد.	کار نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار صفر است. $W_B = 0$
نیروی الکتریکی می‌تواند انرژی جنبشی و تندی ذره باردار را تغییر دهد.	نیروی مغناطیسی به تنهایی هرگز باعث تغییر انرژی جنبشی و تندی ذره باردار نمی‌شود.

در این بخش نمونه سؤالاتی که احتمال طرح در امتحان نهایی دارند، برات آماده کردیم تا فوب تمرین کنی. شماره تیپ هر سؤال کنارش اومره که آله نتونستی حل کنی بتونی از درسنامه اون تیپ رو مطالعه کنی.

تمرین‌های بخش دوم

۳۷۶: درستی یا نادرستی گزاره‌های زیر را مشخص کنید.

الف) نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی همواره بر سرعت و میدان مغناطیسی عمود است.

ب) تسلا یکای کوچکی است و در برخی موارد از یکای قدیمی میدان یعنی گاوس نیز استفاده می‌شود.

پ) تسلا برابر $N/A.m$ است.

ت) در یک میدان مغناطیسی نیروی مغناطیسی وارد بر ذره‌ای متحرک با بار منفی خلاف جهت نیروی مغناطیسی وارد بر آن ذره با بار مثبت (در همان شرایط حرکت) است.

ث) نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار درون میدان مغناطیسی هنگامی بیشینه است که سرعت ذره و میدان مغناطیسی بر هم عمود باشند.

جهت نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی

ریاضی - دی ۹۳

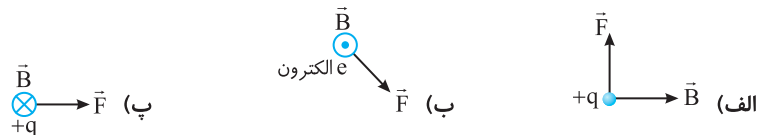
۳۷۷ در هر یک از شکل‌های زیر جهت نیروی مغناطیسی وارد بر بار الکتریکی داده شده را تعیین کنید. (تیپ ۲-۱)



۳۷۸ در شکل‌های زیر نیروی الکترومغناطیسی وارد بر ذره باردار که عمود بر میدان مغناطیسی B از میدان می‌گذرد رسم شده است. جهت سرعت

مسئله ۷، صفحه ۱۰۵ کتاب درسی

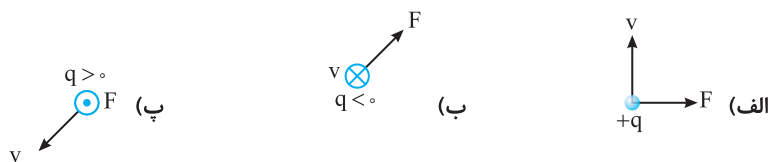
در هر شکل را رسم کنید. (تیپ ۲-۱)



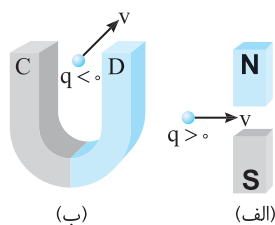
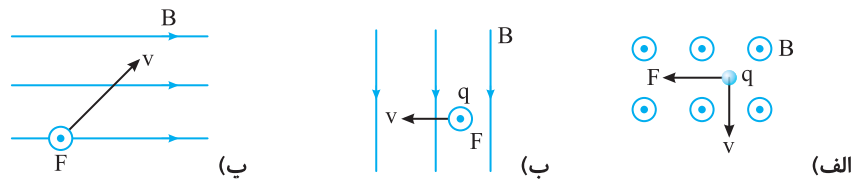
۳۷۹ در شکل‌های زیر نیروی وارد بر ذره باردار از طرف میدان مغناطیسی و جهت حرکت ذره مشخص شده است. در هر یک از حالت‌ها جهت میدان

پرسش ۳-۴، صفحه ۹۰ کتاب درسی

مغناطیسی را مشخص کنید. (با فرض عمود بودن بردار میدان مغناطیسی بر بردار سرعت) (تیپ ۲-۱)



۳۸۰ در هر یک از شکل‌های زیر با توجه به جهت نیروی مغناطیسی، جهت میدان مغناطیسی و جهت حرکت ذره‌ها، نوع بار q را مشخص کنید. (تیپ ۲-۲)



۳۸۱ (الف) در شکل (الف) جهت نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار را مشخص کنید. (تیپ ۲-۳)

(ب) در شکل (ب) توسط میدان مغناطیسی به ذره نیروی مغناطیسی رو به پایین وارد می‌شود. در محل‌های C و D نوع قطب‌های آهنربا را مشخص کنید.

۳۸۲ (الف) سه ذره الکترون، پروتون و نوترون با سرعت افقی و ثابت v در هنگام عبور از میدان مغناطیسی

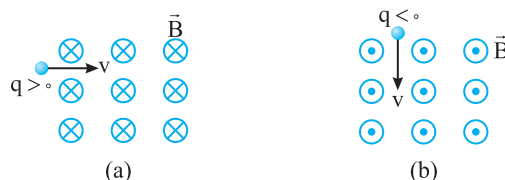
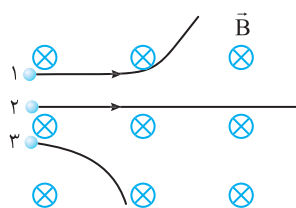
درونسوی $\vec{B}$ ، مسیریابی مطابق شکل روبه‌رو می‌پیمایند. ذره‌های (۱)، (۲) و (۳) را نام‌گذاری کنید.

ریاضی - شهریور ۹۴

(تیپ ۲-۴)

(ب) در هر یک از شکل‌های زیر مسیر حرکت ذره باردار در میدان مغناطیسی را نشان دهید.

مسئله ۵، صفحه ۱۰۵ کتاب درسی



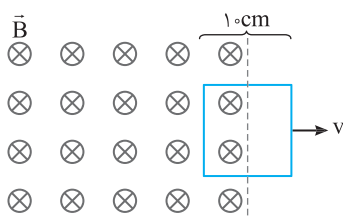
۳۸۳ (الف) ذره باردار در راستای افقی از جنوب رو به شمال در حرکت است که وارد یک میدان مغناطیسی یکنواخت و افقی که سوی آن از شرق به

غرب است، می‌شود. اگر نیروی الکترومغناطیسی وارد بر آن، قائم رو به بالا باشد، نوع بار الکتریکی ذره را مشخص کنید. (تیپ ۲-۵)

(ب) یک ذره کیهانی با بار مثبت از بالای خط استوا به طور عمود به سمت کره زمین در حرکت است. در آن لحظه، نیرویی که از طرف میدان مغناطیسی زمین بر آن وارد می‌شود، به کدام جهت است؟

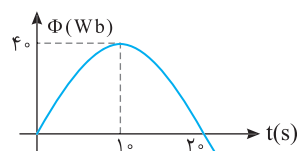
در این قسمت، برای مفکرم‌کاری سؤالاتی که کمی سطح بالاتری از آزمون نهایی دارند، آورده‌ایم؛ آنگاه فکر می‌کنی که سؤالات بخش‌های قبلی رو کامل بلدی و دنبال سؤال سفت‌تر هستی، همتا این قسمت رو حل کن.

۵۹۰ سیمی به طول ۶۰ متر را به صورت یک پیچۀ مسطح که ۲۰۰ دور دارد، در می‌آوریم و آن را به گونه‌ای درون میدان مغناطیسی قرار می‌دهیم که سطح پیچه با خطوط میدان زاویه 30° بسازد، اگر بزرگی میدان مغناطیسی برابر با $4/^\circ$ تسلا باشد، شار مغناطیسی عبوری از پیچه چند میلی وبر است؟ ($\pi = 3$)

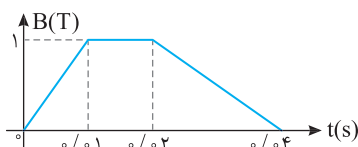


۵۹۱ مطابق شکل نیمی از یک حلقه مربع شکل به طول ضلع ۱۰ cm درون یک میدان مغناطیسی با بزرگی $2/^\circ$ قرار دارد. اگر این حلقه را با تندی 1 cm/s از میدان بیرون بکشیم، شار گذرنده از حلقه در هر ثانیه چند وبر کاهش می‌یابد؟

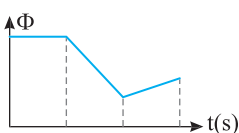
۵۹۲ شار مغناطیسی گذرنده از پیچۀ مسطحی که دارای ۱۰۰ حلقه است، با تابع $\Phi = 8/2t + 4$ به زمان بستگی دارد. در این رابطه t برحسب ثانیه و Φ برحسب وبر است. نیروی محرکه القا شده در پیچه را در لحظه $t = 10 \text{ s}$ محاسبه کنید. (یکای SI)



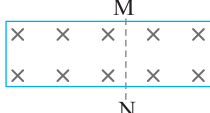
۵۹۳ نمودار شار عبوری برحسب زمان از یک پیچه با ۱۰۰ دور سیم و مقاومت 4Ω به صورت سهمی مقابل است. جریان القایی متوسط را در بازه $t_1 = 10 \text{ s}$ تا $t_2 = 15 \text{ s}$ حساب کنید.



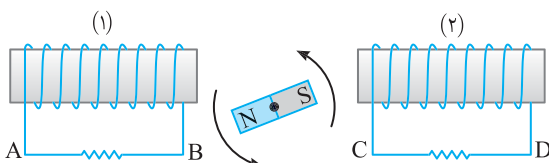
۵۹۴ در شکل روبه‌رو نمودار میدان مغناطیسی برحسب زمان در ناحیه‌ای از فضا رسم شده است. اگر یک حلقه مربع شکل به ابعاد ۱۰ cm با مقاومت 5Ω عمود بر این میدان قرار داشته باشد. نمودار آهنگ تولید انرژی گرمایی در حلقه برحسب زمان را رسم کنید.



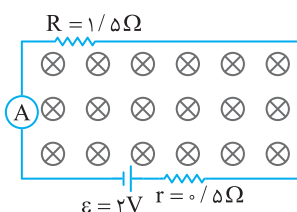
۵۹۵ شکل روبه‌رو نمودار شار - زمان یک حلقه را نشان می‌دهد. نمودار کیفی نیروی محرکه القایی بر حسب زمان آن را رسم کنید.



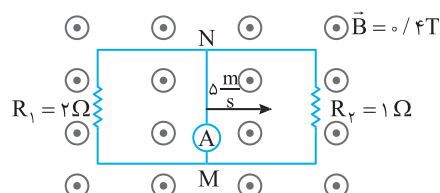
۵۹۶ در شکل روبه‌رو اگر میله MN را از حال سکون با شتاب ثابت به سمت راست بکشیم:
(الف) جهت جریان القایی در میله MN را مشخص کنید.
(ب) اندازه جریان القایی چگونه تغییر می‌کند؟



۵۹۷ در شکل مقابل آهنربا در جهت نشان داده شده، حول محوری عمود بر صفحه کاغذ که از وسط آهنربا می‌گذرد می‌چرخد، جهت جریان القایی را در دو سیم‌لوله (۱) و (۲) مشخص کنید.



۵۹۸ مطابق شکل مساحت کل مدار 500 cm^2 است و مدار درون میدان مغناطیسی درونسویی قرار دارد. اگر بزرگی میدان در SI برابر $B = 4t + 3$ باشد، آمپرسنج چند آمپر را نشان می‌دهد؟



۵۹۹ مطابق شکل میله رسانا به طول ۱۰ cm متکی بر دو سیم رسانا با تندی 5 m/s به سمت راست حرکت می‌کند. اگر مقاومت‌های R_1 و R_2 به ترتیب برابر 2Ω و 1Ω باشند، آمپرسنج چند آمپر را نشان می‌دهد؟



انتگرالگو

تمرین

تمرین امتحان

گام نهایی



پاسخ‌های
تشریحی

آزمون‌های
شبیه‌ساز نهایی

آزمون‌های
میان‌سال

آزمون‌های
فصل به فصل

کتاب درسی
در یک قاب

بار بنیادی

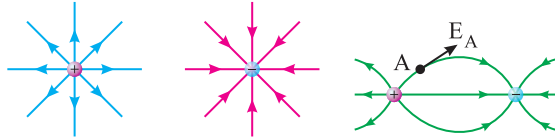
اندازه بار الکتریکی الکترون یا پروتون: $e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$

اصل پایداری بار: بار به وجود نمی آید و از بین نمی رود، بلکه از جسمی به جسم دیگر منتقل می شود.

اصل کوانتیده بودن بار: بار الکتریکی مضرب درستی از بار بنیادی است:

جسم الکترون از دست دهد: $q > 0$
جسم الکترون بگیرد: $q < 0$
 $q = \pm ne$

خطوط میدان از بار مثبت خارج و به بار منفی وارد می شوند. هر جا تراکم خطوط بیشتر باشد، میدان در آن ناحیه قوی تر است. میدان در هر نقطه بر خط میدان مماس است.



انرژی پتانسیل الکتریکی و کار میدان الکتریکی

$$\Delta U = -W_E = -E|q|d \cos \theta \quad \theta: \text{زاویه بین } \vec{d} \text{ و } \vec{F}_E$$

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q}, \quad |\Delta V| = |Ed \cos \theta| \quad \text{پتانسیل الکتریکی:}$$

میدان الکتریکی یکنواخت بین دو صفحه رسانا:

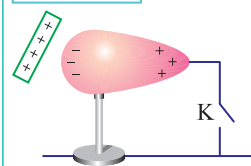
$$E = \frac{\Delta V}{d}$$

- ۱- اگر ذره با بار مثبت در جهت خطوط میدان جابه جا شود و یا ذره با بار منفی خلاف جهت خطوط حرکت کند: $\Delta U < 0, W > 0$
- ۲- اگر ذره با بار مثبت در خلاف جهت خطوط میدان جابه جا شود و یا ذره با بار منفی در جهت خطوط حرکت کند: $\Delta U > 0, W < 0$
- ۳- با حرکت در جهت خطوط میدان، پتانسیل الکتریکی نقاط کاهش و با حرکت در خلاف جهت خطوط میدان، پتانسیل الکتریکی نقاط افزایش می یابد.

روش باردار کردن اجسام

- مالش: به کمک جدولی مشابه روبه رو علامت بار جسم مشخص می شود. مثلاً با مالش A و B به هم، بار A مثبت و بار B منفی می شود.

انتهای مثبت
A
B
انتهای منفی



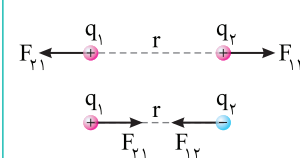
- القا: در این روش با نزدیک شدن یک جسم باردار به جسم رسانا، به دلیل جاذبه بین بارهای ناهم نام، در سمت چپ رسانا بار ناهم نام با جسم باردار القا می شود.

حال با اتصال رسانا به زمین بار هم نام با جسم باردار خنثی شده و رسانا دارای بار ناهم نام با جسم باردار می شود.

- تماس: اگر دو جسم مشابه رسانا را با هم تماس دهیم، بار دو جسم با هم برابر می شود: $q'_A = q'_B = \frac{q_A + q_B}{2}$

قانون کولن

$$F = \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \quad \text{اندازه نیروی کولنی با بار ذره رابطه مستقیم دارد.}$$



اندازه نیروی کولنی با مربع فاصله دو بار رابطه وارون دارد. دو بار هم نام یکدیگر را دفع و دو بار ناهم نام یکدیگر را جذب می کنند.

چگالی سطحی بار

الف) بار روی سطح خارجی رسانا توزیع می شود.
ب) توزیع بار در رسانا به گونه ای است که «میدان داخل رسانا صفر است و پتانسیل الکتریکی در تمام نقاط آن یکسان است.»
پ) توزیع بار در نقاط نوک تیزتر بیشتر است:

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

خازن

ظرفیت خازن:

$$C = \frac{Q}{V}$$

ظرفیت خازن به Q و V بستگی ندارد:

$$C = \frac{\kappa \epsilon_0 A}{d} \quad \text{ضریب دی الکتریک قرار گرفته بین صفحات خازن}$$

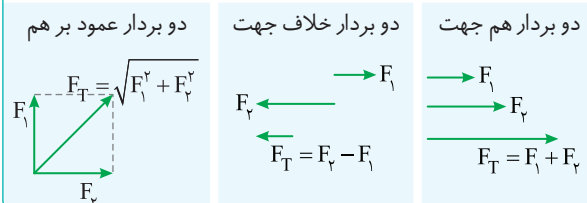
$$E = \frac{V}{d}$$

میدان بین صفحات خازن:

انرژی ذخیره شده در خازن:

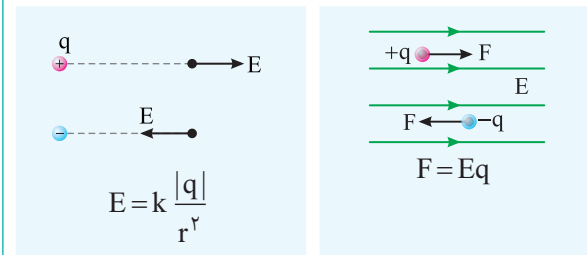
$$U = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

برایند دو بردار



میدان الکتریکی

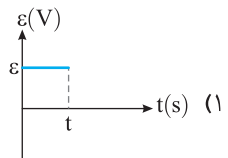
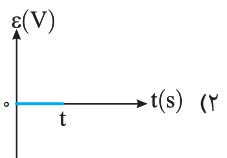
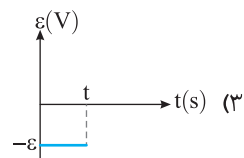
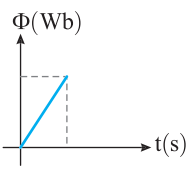
خاصیتی از فضا که در اثر وجود بار الکتریکی ایجاد می شود.

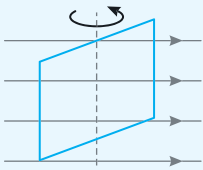
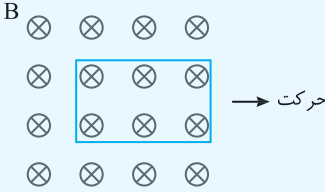
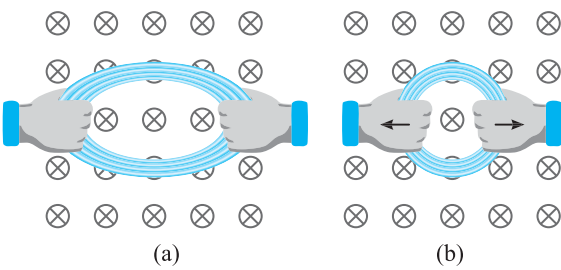
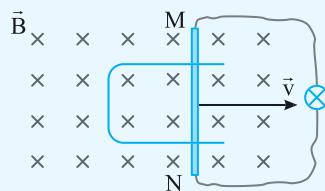


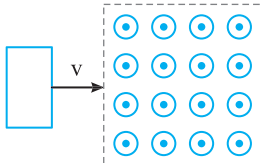
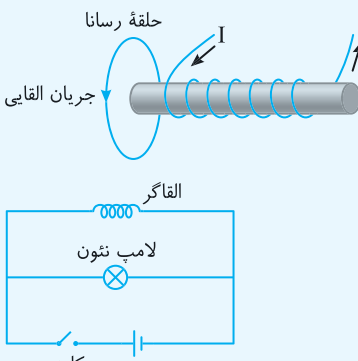
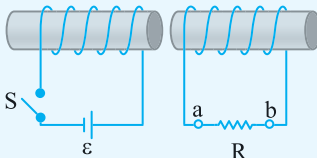
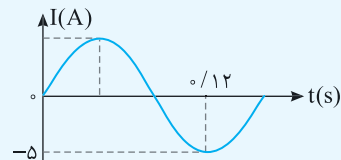
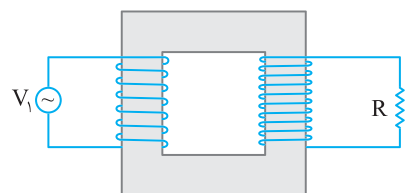
شبهه ساز امتحان نهایی فصل چهارم

پاسخ: صفحه ۳۶۲ تا ۳۶۴

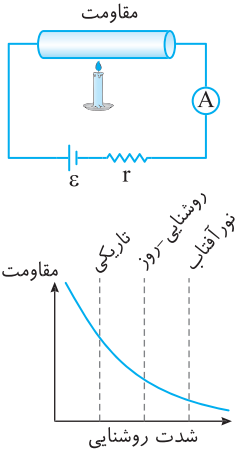
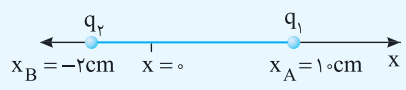
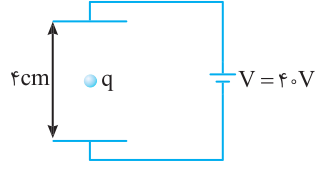
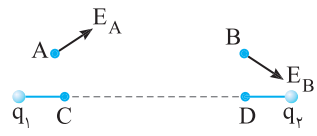
این قسمت جنبه جمع بندی داره و از هر قسمت پندتا سؤال خوب آوریم، مثل آزمون ها،
نمره هر قسمت از حل سؤال در پاسخ مشخص شده تا بتونی حساب کنی که چه نمره ای می گیری.

امتحان نهایی: فیزیک ۲	رشته: ریاضی فیزیک	تألیفی	مدت امتحان: ۱۲۰ دقیقه
ردیف	بارم		
۱	در جاهای خالی عبارت مناسب بنویسید: الف) یکای شار مغناطیسی در SI، است. ب) نیروی محرکه القایی در هر پیچه، با تعداد دورهای پیچه نسبت دارد. پ) در مولدهای صنعتی پیچه ها و آهنربای الکتریکی در حال هستند.	تجربی - شهریور ۹۳	۰/۲۵ ۰/۲۵ ۰/۵
۲	در جدول زیر، هر یک از عبارت های ستون A به کدام یک از عبارت های ستون B مربوط است؟ (در ستون B، یک مورد اضافی است). ستون A الف) به پدیده القایی که در آن جریان الکتریکی در یک رسانا القا می شود، می گویند. ب) با ۲ برابر شدن جریان عبوری از القاگر این کمیت ۴ برابر می شود. پ) به کمک آن می توان انرژی را از یک پیچه به پیچه دیگر منتقل کرد. ت) در این نوع مبدل ها، $N_2 > N_1$ است. ث) متداولترین روش تولید جریان القایی در پیچه است. ستون B ۱- افزایشده ۲- کاهشده ۳- پدیده القای متقابل ۴- پدیده القای الکترومغناطیسی ۵- انرژی ذخیره شده در القاگر ۶- تغییر زاویه بین سطح و میدان	تجربی - شهریور ۹۵	۰/۲۵ ۰/۲۵ ۰/۲۵ ۰/۲۵ ۰/۲۵
۳	به سؤال های زیر پاسخ کوتاه دهید. الف) اساس کار سرعت سنج دوچرخه چه پدیده ای می باشد؟ ب) از مبدل ها در مدار به چه منظور استفاده می شود؟ ج) با تغییر جریان در مدارهای شامل القاگر، مقدار چه کمیتی ثابت می ماند؟ د) به کمک چه پدیده ای می توان انرژی را از پیچه ای به پیچه دیگر منتقل کرد؟	ریاضی - دی ۹۶	۱
۴	با توجه به متن های زیر، گزینه مناسب را انتخاب کنید و در پاسخ برگ بنویسید: الف) ضریب القاوری یک القاگر در مدار به کدام یک از موارد زیر بستگی ندارد؟ ۱- جریان در مدار ۲- تعداد دورهای آن ۳- سطح مقطع آن ب) در القای متقابل، مابین دو پیچه مجاور هم کدام کمیت از یک پیچه به پیچه دیگر منتقل می شود؟ ۱- بار الکتریکی ۲- انرژی ۳- جریان الکتریکی پ) از مبدل ها برای تغییر این کمیت در مدار استفاده می کنند: ۱- جریان الکتریکی ۲- مقاومت الکتریکی ۳- ولتاژ ت) در مولدهای صنعتی برای تولید جریان متناوب: ۱- آهنربای الکتریکی ساکن و پیچه ها می چرخند. ۲- پیچه ها ساکن اند و آهنربای الکتریکی در آنها می چرخد. ۳- آهنربای الکتریکی و پیچه ها هر دو می چرخند. ث) نمودار تغییرات شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه رسانا برحسب زمان مطابق شکل روبه رو است. نمودار نیروی محرکه القاشده در حلقه برحسب زمان کدام گزینه است؟ ۱)  ۲)  ۳)  ۴) 	تجربی - شهریور ۹۶ تجربی - شهریور ۹۶	۱/۲۵

۵	 در شکل روبه‌رو، سطح یک قاب رسانا، به شکل مربع با طول با ضلع 20 cm است، عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی 25 G قرار دارد. (الف) اگر حلقه 90° بچرخد، اندازه تغییر شار عبوری از حلقه را به‌دست آورید. (ب) اگر حلقه 180° درجه بچرخد، اندازه تغییر شار عبوری از حلقه را به‌دست آورید.	۰/۷۵ ۰/۷۵
۶	حلقه‌ای به مساحت 5 cm^2 در یک میدان مغناطیسی یکنواخت به گونه‌ای قرار دارد که خط‌های میدان بر سطح حلقه عمودند. اگر بزرگی میدان مغناطیسی در بازه زمانی 0 s تا 18 T به 28 T افزایش یابد، اندازه نیروی محرکه القایی متوسط ایجاد شده در حلقه را محاسبه کنید.	۱/۲۵
۷	 در شکل زیر قاب مستطیل شکلی به مساحت 5 cm^2 عمود بر خط‌های میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی 4 T قرار گرفته است. در مدت 5 s ثانیه تمام قاب را به موازات سطح خود از میدان خارج می‌کنیم. (الف) اندازه نیروی محرکه القایی متوسط چند ولت است؟ (ب) جهت جریان القایی را رسم کنید.	۱/۲۵ دی ۹۰
۸	(الف) در شکل روبه‌رو جریان I در حال کاهش است. با ذکر دلیل بیان کنید جهت جریان القایی در قاب رسانا ساعتگرد است یا پادساعتگرد؟ (ب) پیچ‌های مسطح شامل 1000 دور سیم و مساحت سطح مقطع 4 m^2 به طور عمود در یک میدان مغناطیسی یکنواخت قرار دارد. اگر بزرگی میدان مغناطیسی با آهنگ 6 T/s تغییر کند، بزرگی نیروی محرکه القایی متوسط در پیچه چند ولت است؟	۰/۷۵ ۱
۹	(الف) در شکل‌های (۱) و (۲)، جهت جریان القایی روی هر حلقه را نشان دهید. (ب) هرگاه یک حلقه مطابق شکل (۳)، با سرعت ثابت درون میدان مغناطیسی یکنواخت حرکت کند، توضیح دهید، آیا جریان القایی در حلقه به وجود می‌آید یا خیر؟ (پ) حلقه رسانایی را مطابق شکل (۴)، به طرف راست می‌کشیم و از میدان مغناطیسی برونسویی خارج می‌کنیم، جهت جریان القایی را در حلقه تعیین کنید.	۰/۵ تجربی - شهریور ۸۷ ۰/۵ ۰/۲۵ ریاضی - خرداد ۹۵
۱۰	 پیچ‌های از چند دور سیم نازک انعطاف‌پذیر تشکیل شده و مطابق شکل (a) در میدان مغناطیسی یکنواخت درون‌سو قرار دارد. اگر مطابق شکل (b) پیچه را از دو سمت آن بکشیم و مساحت پیچه کاهش یابد: (الف) جریان القایی در پیچه در کدام جهت برقرار می‌شود؟ (ب) نام قانونی را که به کار می‌برید، بنویسید.	۰/۲۵ ۰/۲۵ دی ۸۹
۱۱	 مطابق شکل، میله رسانای MN روی قاب مستطیل شکل بدون روکش، با سرعت $\vec{v}$ به طرف راست کشیده شده و لامپ روشن می‌شود. علت را توضیح دهید و جهت جریان را در میله MN تعیین کنید.	۰/۷۵ ریاضی - خرداد ۸۹

۱۲	مطابق شکل، حلقه فلزی مستطیل شکلی با سرعت ثابت وارد میدان مغناطیسی یکنواخت برونسو شده و از طرف دیگر آن خارج می‌شود: الف) جهت جریان القایی را در حلقه، هنگام وارد شدن به میدان تعیین کنید. ب) نمودار کیفی تغییرات شار مغناطیسی را که از حلقه می‌گذرد بر حسب زمان رسم کنید. شهریور ۸۹		۰/۵ ۰/۷۵
۱۳	القاگری با ضریب القاوری ۰/۲۵ هانری و مقاومت ۴ اهم را به یک باتری ۱۲ ولتی وصل می‌کنیم. انرژی ذخیره شده در القاگر را حساب کنید. شهریور ۸۸	۱	۰/۷۵
۱۴	اگر طول سیم‌لوله بدون هسته‌ای را دو برابر کنیم، با فرض ثابت ماندن تعداد دورها و سطح مقطع، ضریب خودالقایی آن چند برابر می‌شود؟ ریاضی - دی ۹۴	۰/۷۵	۱۵
۱۵	الف) در شکل روبه‌رو به وسیله سیم‌لوله حامل جریانی، یک جریان القایی در جهت نشان داده شده در حلقه به‌وجود آمده است. دو راهکار برای آنکه جهت جریان القایی در حلقه مطابق شکل باشد، بیان کنید. ب) با یک لامپ نئون و یک القاگر با تعداد دور زیاد و یک باتری و مقداری سیم رابط مداری مطابق شکل بسته‌ایم. وقتی کلید بسته است، لامپ با نور ضعیفی روشن است. با باز کردن کلید، چه اتفاقی می‌افتد؟ توضیح دهید. ریاضی - خرداد ۹۶		۰/۵ ۱
۱۶	جریان متناوبی که بیشینه آن ۳A است و دوره آن ۰/۰۲s است، از سیم‌لوله‌ای به ضریب $H = 200 \times 10^{-2}$ می‌گذرد. ریاضی - دی ۹۶ الف) معادله جریان برحسب زمان را بنویسید. ب) بیشینه انرژی ذخیره شده در این سیم‌لوله چند ژول است؟	۰/۷۵ ۰/۵	۱۷
۱۷	الف) در مدار نشان داده شده در شکل روبه‌رو، جهت جریان القایی، در مقاومت R در لحظه بستن کلید S در چه جهتی است؟ ریاضی - خرداد ۹۷ ب) معادله جریان متناوبی در SI به صورت $I = 4 \sin 20\pi t$ است. جریان در لحظه $t = \frac{1}{60}$ s چند آمپر است؟ $(\sin 30^\circ = \frac{1}{2}, \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2})$		۰/۵ ۰/۵
۱۸	معادله جریان متناوبی در (SI) به صورت $I = 4 \sin 100\pi t$ است. الف) دوره جریان را محاسبه کنید. ب) نمودار جریان بر حسب زمان را به صورت کیفی در یک دوره رسم کنید. پ) مقدار جریان در لحظه $t = \frac{1}{600}$ s چقدر است؟ تجربی - خرداد ۹۶	۰/۵ ۰/۵ ۰/۵	۱۹
۱۹	نمودار تغییرات جریان متناوبی بر حسب زمان در شکل زیر رسم شده است، معادله جریان را به دست آورید. دی ۸۹		۱
۲۰	روی هسته آهنی دو پیچه به تعداد دورهای متفاوت بسته شده است. اگر پیچه اولیه با N_1 دور به یک مولد جریان متناوب با دوره ۰/۰۲s و بیشینه ۴ آمپر که دارای ولتاژ V_1 است، بسته شده باشد: الف) معادله جریان متناوب گذرنده از پیچه اولیه را بنویسید. ب) اگر بخواهیم ولتاژ $V_1 = 200V$ را به ولتاژ ۱۰ ولت تبدیل کنیم، نسبت تعداد دورهای پیچه ثانویه به تعداد دورهای پیچه اولیه این هسته را حساب کنید. تجربی - دی ۹۴		۱ ۰/۵

آزمون نیمسال اول (۱)

امتحان نهایی: فیزیک ۲	رشته: ریاضی فیزیک	تألیفی	مدت امتحان: ۱۲۰ دقیقه
ردیف	بارم		
۱	۱/۷۵	جای خالی را پر کنید. الف) خطوط میدان الکتریکی یکدیگر را قطع ب) تراکم توزیع بار در نقاط جسم رسانا بیشتر است. پ) با افزایش دما، مقاومت ویژه اجسام کاهش می‌یابد. ت) خازن معمولاً با مقدار و بیشینه قابل تحمل آن مشخص می‌شود. ث) بخار آب را از گازهای زائدی که از دودکش کارخانه‌ها بالا می‌آید، جدا می‌سازد. ج) سرعت الکترون‌های آزاد در یک رسانا، به کندی سرعت یک حلزون است.	
۲	۰/۷۵	گزینه مناسب را انتخاب کنید. الف) در این اجسام در دمای ثابت نسبت اختلاف پتانسیل به جریان عبوری از جسم، ثابت نیست. ۱) رسانای اهمی ۲) رسانای غیراهمی ۳) ابررسانا ب) در شکل روبه‌رو، مقاومت از جنس فلز است. با گذشت زمان عددی که آمپرسنج نشان می‌دهد، چگونه تغییر می‌کند؟ ۱) کاهش می‌یابد. ۲) افزایش می‌یابد. ۳) ثابت می‌ماند. پ) نمودار روبه‌رو مربوط به چه مقاومتی است؟ ۱) LED ۲) LDR ۳) ترمیستور 	
۳	۱ ۱	بارهای نقطه‌ای $q_1 = 3\mu C$ و $q_2 = 27\mu C$ مطابق شکل در فاصله 12 cm از هم قرار دارند: ($k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2 / \text{C}^2$) الف) میدان حاصل از بار q_1 در نقطه B را برحسب بردارهای یکه بنویسید. ب) در چه فاصله‌ای از بار q_2 میدان خالص صفر می‌شود؟ 	
۴	۱/۵	در شکل روبه‌رو، بار q به جرم 8 g در میدان بین دو صفحه خازن معلق است. اندازه و نوع بار q را به دست آورید. ($g = 10 \text{ N/kg}$) 	
۵	۱	روی خازنی دو عدد 400 V و $1\mu F$ نوشته است. بیشینه انرژی که خازن می‌تواند ذخیره کند را بیابید.	
۶	۰/۵ ۰/۵	در شکل روبه‌رو، میدان الکتریکی در نقاط A و B در اطراف دو بار q_1 و q_2 کشیده شده است. الف) نوع بار q_1 و q_2 را مشخص کنید. ب) پتانسیل الکتریکی در نقاط C و D را با هم مقایسه کنید. 	

۷	بار نقطه‌ای -2nC در میدان الکتریکی یکنواخت شکل زیر به بزرگی 30 V/m به اندازه 50 cm از نقطه A تا B جابه‌جایی شود. تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار در این جابه‌جایی را حساب کنید. ($k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$)	۱	
۸	مطابق شکل روبه‌رو، سه ذره باردار در سه رأس یک مربع به ضلع 20 cm ثابت شده‌اند. اندازه نیروی برابند وارد بر بار q_3 را حساب کنید. ($k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$)	۱/۵	
۹	مساحت هر یک از صفحه‌های خازن تختی، 1 m^2 است و دی‌الکتریکی به ثابت ϵ بین صفحه‌های آن قرار دارد. اگر این خازن دارای ظرفیت 90 nF باشد و خازن به ولتاژ 10 V وصل باشد، میدان بین صفحات خازن را حساب کنید. ($\epsilon_0 = 9 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N.m}^2$)	۱/۵	
۱۰	الف) طول سیم مسی A، ۲ برابر طول سیم مسی B است. اگر شعاع مقطع سیم A نصف شعاع مقطع سیم B باشد، مقاومت A چند برابر مقاومت B است؟ ب) در مدار روبه‌رو عددی که آمپرسنج و ولت‌سنج آرمانی نشان می‌دهند را حساب کنید.	۱ ۱	
۱۱	در مدار شکل مقابل: الف) اندازه جریان مدار را حساب کنید و سوی شارش جریان را مشخص کنید. ب) اختلاف پتانسیل بین نقطه‌های A و B را به دست آورید. پ) اختلاف پتانسیل دو سر باتری (۲) چند ولت است؟	۰/۷۵ ۱ ۰/۷۵	
۱۲	مقاومت ویژه یک رسانا در دمای 25°C برابر $1.6 \times 10^{-8} \Omega\text{.m}$ و ضریب دمایی مقاومت ویژه آن $8 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ است. در دمای 125°C مقاومت ویژه آن چند اهم.متر است؟	۱	
۱۳	آزمایشی طراحی کنید که تأثیر طول رسانا بر مقاومت الکتریکی آن را نشان دهد. (رسم مدار و بیان روابط الزامی است.)	۰/۷۵	
۱۴	در شکل روبه‌رو، پتانسیل الکتریکی نقطه A برابر 10 V است. اگر ذره‌ای به جرم 8 mg و بار 4 mC از نقطه A با تندی 20 m/s پرتاب شود، در نقطه B متوقف می‌شود. پتانسیل الکتریکی نقطه B را به دست آورید.	۱/۷۵	
	موفق و پیروز باشید	۲۰	جمع بارم

نیروی محرکه القایی متوسط را با قانون القای الکترومغناطیسی فاراده به دست می‌آوریم.

$$|\varepsilon_{av}| = N \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| \Rightarrow |\varepsilon_{av}| = 1 \times \frac{5 \times 10^{-4}}{0.1} \Rightarrow |\varepsilon_{av}| = 5 \times 10^{-3} \text{ V (0.25)}$$

۷ الف سطح قاب بر خطوط میدان عمود است و زاویه بین نیم خط عمود بر سطح و خطوط میدان $\theta = 0^\circ$ و $\cos \theta = 1$ است، بنابراین

$$\Delta\Phi = \Phi_f - \Phi_i = BA_f - BA_i \Rightarrow \Delta\Phi = B\Delta A$$

تغییر شار خواهد شد: به کمک قانون القای الکترومغناطیسی فاراده، اندازه نیروی محرکه القایی متوسط را به دست می‌آوریم:

$$|\varepsilon| = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow |\varepsilon| = -N \frac{B\Delta A}{\Delta t} \Rightarrow |\varepsilon| = -1 \times \frac{5 \times 10^{-4} \times 1}{0.1} \Rightarrow |\varepsilon| = -5 \times 10^{-3} \text{ V (0.25)}$$

$$|\varepsilon| = \frac{-1 \times 0.4 \times (-5 \times 10^{-4})}{0.1} \Rightarrow |\varepsilon| = 2 \times 10^{-3} \text{ V (0.25)}$$

ب ساعتگرد (0.25)

با خروج قاب از میدان، شار مغناطیسی کاهش می‌یابد و بنا به قانون لنز میدان مغناطیسی القایی در قاب باید درونسو باشد تا با کاهش شار مخالفت کند. با توجه به قاعده دست راست جهت جریان القایی ساعتگرد است.

۸ الف جهت جریان القایی پادساعتگرد است (0.25)

میدان مغناطیسی سیم راست در محل قاب برونسو است. با کاهش جریان شار مغناطیسی گذرنده از قاب کاهش می‌یابد. بنا به قانون لنز جهت جریان القایی به گونه‌ای است که میدان مغناطیسی القایی نیز برونسو باشد تا با کاهش شار مخالفت کند (0.25)

بنابراین جهت جریان پادساعتگرد است.

ب آهنگ تغییر میدان یعنی $\frac{\Delta B}{\Delta t}$ و بنا به فرض مسئله $\frac{\Delta B}{\Delta t} = 0.6 \text{ T/s}$

است. به کمک قانون القای الکترومغناطیسی فاراده نیروی محرکه القایی متوسط را به دست می‌آوریم. پیچ به میدان عمود است بنابراین $\cos \theta = 1$ و $\theta = 0^\circ$.

$$|\varepsilon_{av}| = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -N \frac{\Delta B}{\Delta t} A \cos \theta \Rightarrow |\varepsilon_{av}| = -1000 \times 0.6 \times 0.4 \times 1 \Rightarrow |\varepsilon_{av}| = 240 \text{ V (0.25)}$$

$$|\varepsilon_{av}| = -1000 \times 0.6 \times 0.4 \times 1 \Rightarrow |\varepsilon_{av}| = 240 \text{ V (0.25)}$$

۹ الف شکل (۱): با دور شدن آهنربا، در حلقه جریان القایی به وجود می‌آید. بنا به قانون لنز، جهت جریان به گونه‌ای است که می‌خواهد با دور شدن آهنربا مخالفت کند بنابراین سمت راست حلقه قطب S و سمت چپ آن قطب N

میدان مغناطیسی القایی است. در نتیجه با توجه به قاعده دست راست جهت جریان القایی مطابق شکل است.

شکل (۲): میدان مغناطیسی سیم راست در محل حلقه برونسو است. با کاهش جریان، میدان و در نتیجه شار مغناطیسی عبوری از حلقه کاهش می‌یابد و بنا به قانون لنز باید میدان مغناطیسی القایی نیز برونسو باشد تا با کاهش شار مخالفت کند و با توجه به قاعده دست راست جهت جریان القایی باید پادساعتگرد باشد. (0.25)

ب چون شار مغناطیسی عبوری مقداری ثابت دارد (0.25) پس جریان القایی به وجود نمی‌آید. (0.25)

شبیه‌ساز امتحان نهایی فصل چهارم

۱ الف و **ب** (0.25) مستقیم (0.25) ساکن اند (0.25) - چرخش (0.25)

۲ الف ۴ (0.25) **ب** ۵ (0.25) . با توجه به رابطه انرژی ذخیره شده در القاگر $(U = \frac{1}{2} LI^2)$ با دو برابر شدن جریان انرژی ذخیره شده در القاگر چهار برابر می‌شود.

۳ ب پدیده القای متقابل (0.25) **ت** ۱. افزایش در مبدل‌ها (0.25)

با توجه به رابطه $\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$ هرگاه $N_2 > N_1$ باشد آنگاه $V_2 > V_1$ یعنی ولتاژ ثانویه از ولتاژ اولیه بیشتر است و به این مبدل‌ها افزایشده گویند.

۴ ت ۶. تغییر زاویه بین سطح و میدان (0.25)

۳ الف القای الکترومغناطیسی (0.25) **ب** تبدیل ولتاژ (0.25) **پ** ضریب القاوری. (0.25)

(ضریب القاوری سیم‌لوله آرمانی بدون هسته از رابطه $L = \mu_0 \frac{AN^2}{\ell}$ به دست می‌آید و این ضریب به جریان مدار بستگی ندارد.) **ت** القای متقابل (0.25)

۴ الف ۱. (0.25) **ب** ۲. (0.25) **پ** ۳. (0.25) **ت** ۲. (0.25) **ث** ۳. (0.25)

الف ۱. (با توجه به رابطه $L = \mu_0 \frac{AN^2}{\ell}$ ضریب القاوری به تعداد دورها و

سطح مقطع حلقه‌های القاگر بستگی دارد اما به جریان بستگی ندارد.) **ب** ۲. در القای متقابل انرژی الکتریکی از مدار اولیه به مدار ثانویه منتقل می‌شود. **پ** ۳. **ت** ۲. **ث** ۳. (با توجه به قانون القای الکترومغناطیسی فاراده برای یک حلقه $\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ، شیب نمودار $\Phi - t$ برابر قرینه نیروی محرکه القایی است.

در این شکل شیب نمودار $\Phi - t$ مقدار ثابت و مثبت است. بنابراین نیروی محرکه القایی مقدار ثابت اما منفی است.)

۵ الف نیم خط عمود بر سطح را در جهت خطوط میدان در نظر می‌گیریم. در این حالت $\theta_1 = 0^\circ$ می‌شود، بعد از 90° چرخش زاویه بین نیم خط عمود بر سطح و خطوط میدان 90° می‌شود، $\theta_2 = 90^\circ$ بنابراین.

$$\Delta\Phi = \Phi_f - \Phi_i \Rightarrow \Delta\Phi = BA \cos \theta_f - BA \cos \theta_i$$

$$\Delta\Phi = BA (\cos \theta_f - \cos \theta_i) \Rightarrow \Delta\Phi = 250 \times 10^{-4} \times 400 \times 10^{-4} \times (-1) \Rightarrow |\Delta\Phi| = +10^{-3} \text{ Wb (0.25)}$$

$$\Delta\Phi = 250 \times 10^{-4} \times 400 \times 10^{-4} \times (-1) \Rightarrow |\Delta\Phi| = +10^{-3} \text{ Wb (0.25)}$$

ب با چرخش 180° تغییر شار خواهد شد:

$$\Delta\Phi = BA (\cos 180^\circ - \cos 0^\circ) \Rightarrow \Delta\Phi = 250 \times 10^{-4} \times 400 \times 10^{-4} \times (-1 - 1) \Rightarrow |\Delta\Phi| = +2 \times 10^{-3} \text{ Wb (0.25)}$$

$$\Delta\Phi = 250 \times 10^{-4} \times 400 \times 10^{-4} \times (-1 - 1) \Rightarrow |\Delta\Phi| = +2 \times 10^{-3} \text{ Wb (0.25)}$$

$$|\Delta\Phi| = +2 \times 10^{-3} \text{ Wb (0.25)}$$

۶ خط‌های میدان بر سطح عمودند، یعنی زاویه بین نیم خط عمود بر سطح و خط‌های میدان $\theta = 0^\circ$ است.

تغییر شار مغناطیسی را به دست می‌آوریم.

$$\Delta\Phi = \Phi_f - \Phi_i = B_f A \cos \theta - B_i A \cos \theta \Rightarrow \Delta\Phi = B_f A - B_i A$$

$$\Delta\Phi = B_f A - B_i A \Rightarrow \Delta\Phi = 1.8 \times 10^{-4} \times 50 \times 10^{-4} - 1.8 \times 10^{-4} \times 50 \times 10^{-4} \Rightarrow \Delta\Phi = 0 \text{ Wb (0.25)}$$

$$\Delta\Phi = (1.8 - 1.8) \times 10^{-4} \times 50 \times 10^{-4} \Rightarrow \Delta\Phi = 0 \text{ Wb (0.25)}$$