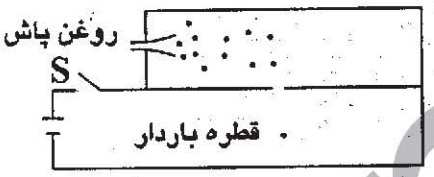
Institute Of Physics & Mathematics

حل سئوالهای مرحلهٔ اول

بخش اول - سئوال‌های چندگزینه‌ای

۱- میلیکان فیزیک دانی است که برای نخستین بار روشی را برای اندازه‌گیری بار الکترون ابداع کرد و به خاطر آن در سال ۱۹۲۳ جایزهٔ نوبل فیزیک را دریافت کرد. وی ابزاری مشابه آنچه در شکل (۱۵-۱۹) نشان داده شده است به‌کار برد. در قسمت بالا با یک روغن پاش تعدادی قطرهٔ ریز روغن پاشیده می‌شود. تعداد اندکی از قطره‌ها از سوراخ وسط می‌گذرند و به طرف پایین سقوط می‌کنند چون قطره‌ها در هوا سقوط می‌کنند، پس از مدتی که سرعتشان به حد معینی برسد، نیروی مقاومت هوا با نیروی وزن برابر می‌شود و سرعت سقوط قطره‌ها ثابت می‌ماند که به آن سرعت حد می‌گویند. با کمک یک میکروسکوپ می‌توان سرعت حد را اندازه‌گیری کرد. چون سرعت حد به قطر قطرهٔ روغن بستگی دارد، می‌توان از روی آن قطر و در نتیجه جرم قطره را به دست آورد. در مرحلهٔ بعد با تاباندن اشعهٔ x به قطره‌ها، آن‌ها یونیزه می‌شوند. با بستن کلید S، در فضایی که قطره‌ها سقوط می‌کنند، یک میدان الکتریکی به وجود می‌آید که به قطره‌های یونیزه، نیروی الکتریکی وارد می‌کنند. با تنظیم میدان الکتریکی می‌توان شرایطی را فراهم آورد که نیروی الکتریکی و نیروی وزن قطره با هم برابر شود و قطره ساکن بماند. با دانستن وزن قطره که از قسمت قبل به دست می‌آید و اندازه‌گیری میدان الکتریکی، می‌توان بار الکتریکی قطره را به دست آورد. با



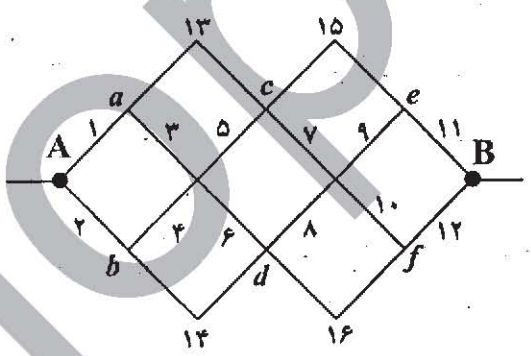
شکل (۱۵-۱۹)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

تاباندن اشعهٔ xبه قطره‌های روغن، ممکن است یک، دو، سه،... از الکترون‌های موجود در آن کنده شوند و در نتیجه بار قطرهٔ یونیزه برابر با بار الکتریکی یک، دو، سه،... الکترون باشد. چون کوچک‌ترین مقدار بار الکتریکی، برابر بار یک الکترون است، باید بار قطره‌ها مضرب درستی از بار الکترون باشد. بنابراین اگر به تعداد کافی بار قطره‌ها اندازه‌گیری شود، بزرگترین مقسوم علیه مشترک بارهای اندازه‌گیری شده، همان بار الکترون است. بزرگترین مقسوم علیه مشترک سه بار C ۱۰ $^{-19}$ × ۳/۹۰، C ۱۰ $^{-19}$ × ۶/۵۰ و C ۱۰ $^{-19}$ × ۹/۱۰، مقدار C ۱۰ $^{-19}$ × ۱/۳ است. بنابراین گزینهٔ (الف) درست است.

۲- مدار مورد نظر در شکل (۱۵-۲۰) نشان داده شده است. برای آن که بتوان میان این شکل مدار، با شکل (۱۵-۲۱) که معادل همان مدار است، ارتباط برقرار کرد، مقاومت‌های شاخه‌ها شماره گذاری شده‌اند. چون مدار نسبت به خط AB متقارن است، جریان در شاخه‌های قسمت بالا با شاخه‌های نظیر در قسمت پایین برابر است. بنابراین $V_{Aa}= V_{Ab}$ است. در نتیجه نقاط aو b پتانسیل یکسانی دارند و می‌توان بدون تغییر در شرایط مدار، آن دو نقطه را با یک سیم بدون مقاومت به هم وصل کرد. به

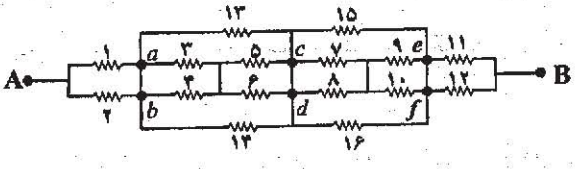


شکل (۱۵-۲۰)

iopm.ir

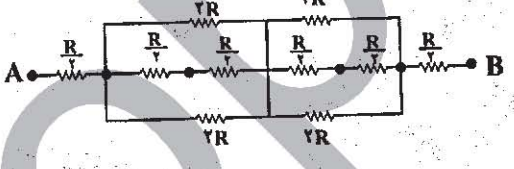
Institute Of Physics & Mathematics

همین ترتیب می‌توان دو نقطهٔ C و D و نیز دو نقطه e و f را با یک سیم بدون مقاومت به هم وصل کرد. پس از آن به سادگی پیداست که مدار شکل (۱۵-۲۱)، همان مدار شکل (۱۵-۲۰) است.



شکل (۱۵-۲۱)

با قرار دادن مقاومت معادل قسمت هایی از مدار، یک مرحله مدار ساده شده و شکل (۱۵-۲۲) به دست می‌آید. به دست آوردن مقاومت معادل میان دو نقطهٔ A و B از این شکل آسان است و مقدار $2R$ به دست می‌آید، بنابراین گزینهٔ (ب) درست است.



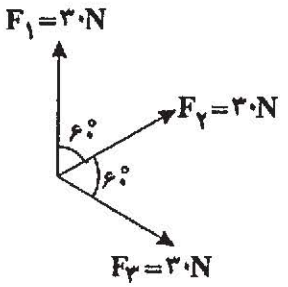
شکل (۱۵-۲۲)

۳- اگر در شکل (۱۵-۲) برآیند دو نیرویی را که در یک راستا قرار دارند، به دست آوریم، نیروهای وارد بر جسم مطابق شکل (۱۵-۲۳) خواهد شد. می‌دانیم برآیند دو

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

نیروی هم اندازه که با هم زاویهٔ ۱۲۰° می‌سازند، در راستای نیمساز آن بوده و اندازهٔ آن با اندازهٔ هر یک از دو نیرو برابر است.



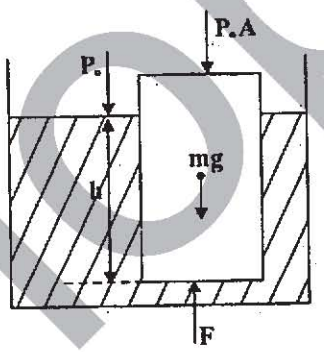
شکل (۱۵-۲۳)

بنابراین برآیند نیروی $F_۱$ و $F_۳$ در راستای نیروی $F_۲$ قرار گرفته و اندازه‌اش $۳۰N$ است اکنون می‌توان به آسانی دریافت که برآیند کل، برابر با $۶۰N$ بوده و در راستای $F_۲$ قرار دارد. چون راستای $F_۲$، همان راستای نیروی ۵۰ نیوتنی است، پس شتاب در آن راستا است. برای اندازهٔ شتاب داریم:

$$a=\frac{F}{m}=\frac{۶۰}{۴}=۱۵\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^۲}$$

بنابراین گزینهٔ (ب) درست است.

۴- هنگامی که تکه چوب روی آب شناور است، برآیند نیروهای وارد بر آن صفر است. در شکل (۱۵-۲۴) یک تکه چوب روی آب نشان داده شده است. فشار هوای بالای چوب و آب را $P_۰$ گرفته‌ایم. بر سطح بالایی چوب که در هوا است، نیروی $P_۰A$ به طرف پایین وارد می‌شود که در آن A



شکل (۱۵-۲۴)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

سطح مقطع چوب است. بر سطح زیرین چوب که در آب است، نیروی F به طرف بالا وارد می‌شود که مقدار آن از رابطهٔ زیر به دست می‌آید.

$$F = AP = A\,(P_{\circ} + \rho gh)$$

در رابطهٔ بالا ρ چگالی آب است. اگر مجموع نیروهای وارد بر چوب به طرف پایین را با نیروی وارد بر چوب به طرف بالا برابر قرار دهیم که شرط تعادل است، داریم:

$$mg + P_{\circ}A = A(P_{\circ} + \rho gh)$$

$$mg = A\rho gh$$

از این رابطه پیداست که بخشی از چوب که درون آب است، یعنی h، به فشار هوای بالا ظرف بستگی ندارد. هنگامی که در ظرف را می‌بندیم وفشار هوای درون ظرف را زیاد می‌کنیم، $P_{\circ}$، به P که از $P_{\circ}$ بیشتر است تبدیل می‌شود. چون h به P بستگی ندارد، بنابراین با افزودن فشار، h ثابت می‌ماند، یعنی چوب نه بالا می‌آید و نه پایین می‌رود. پس گزینهٔ (الف) درست است.

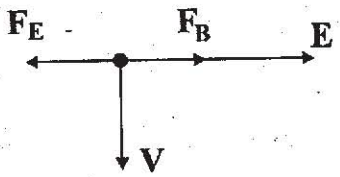
۵- آغاز ماه قمری، هنگامی است که پس از غروب خورشید در مغرب، برای زمان کوتاهی، ماه در مغرب دیده شود و سپس غروب کند. یعنی شب اول ماه قمری، غروب ماه مدت کوتاهی پس از غروب خورشید است. دراین صورت خورشید و ماه در افق مغرب نزدیک به هم هستند. شب‌های بعد به تدریج ماه از خورشید فاصله می‌گیرد، یعنی فاصلهٔ زمانی غروب ماه و غروب خورشید زیادتر می‌شود. شب هفتم ماه قمری، هنگام غروب خورشید، ماه تقریباً در وسط آسمان است. و به شکل نیم دایره‌ای روشن دیده می‌شود. چون ماه از خود نور ندارد و تنها نور خورشید را باز می‌تابد، قسمت روشن ماه باید رو به خورشید که در مغرب است باشد. در شب‌های بعد فاصلهٔ زمانی

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

غروب ماه و خورشید زیادتر می‌شود، در اواخر ماه این فاصلهٔ زمانی به حدود ۲۴ ساعت می‌رسد. بنابراین شب هفتم ماه که یک چهارم ماه قمری است، غروب ماه تقریباً ۶ ساعت پس از غروب خورشید است. به این ترتیب گزینهٔ (د) درست است.

۶- هنگامی اندازه و جهت سرعت الکترون‌ها در یک میدان مغناطیسی و میدان الکتریکی ثابت می‌ماند که برآیند نیروهای وارد بر آن از طرف دو میدان مزبور صفر باشد. نیروی وارد بر الکترون از طرف میدان الکتریکی در راستای میدان الکتریکی است، پس نیروی میدان مغناطیسی نیز باید در راستای میدان الکتریکی باشد. در شکل (۱۵-۲۵) دو نیروی وارد بر باریکهٔ الکترون نشان داده شده است. چون نیروی مغناطیسی بر سرعت بار عمود است، پس سرعت بار باید مانند شکل عمود بر F_B و نیز F_E باشد. پس میدان الکتریکی حتماً بر باریکهٔ الکترون عمود است. نیروی مغناطیسی F_B باید بر میدان مغناطیسی نیز عمود باشد. اگر از V صفحه‌ای عمود بر F_B بگذرانیم (این صفحه، بر صفحه کاغذ عمود است)، میدان مغناطیسی باید روی این صفحه باشد، زیرا تنها در این صورت نیروی F_B هم بر V و هم بر میدان مغناطیسی عمود خواهد بود. میدان مغناطیسی که به این ترتیب مشخص می‌شود، ممکن است بر باریکهٔ الکترون عمود باشد و یا نباشد. بنابراین گزینهٔ (الف) درست است.



شکل (۱۵-۲۵)

۷- وقتی دو ماده از جنس مختلف در تماس نزدیک با یکدیگر قرار می‌گیرند، یکی از آن‌ها از دیگری الکترون می‌گیرد. ماده‌ای که الکترون دریافت کرده است، بار منفی پیدا

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

کرده و دیگری که الکترون از دست داده است، بار مثبت خواهد داشت. به این ترتیب در مرز تماس دو جسم با جنس‌های مختلف، یک اختلاف پتانسیل به وجود می‌آید. عبور الکترون‌ها از یکی به دیگری تا آنجا ادامه خواهد داشت که اختلاف پتانسیل ایجاد شده در مرز به حد معینی برسد. این مقدار به جنس دو جسم که با هم در تماس قرار گرفته‌اند بستگی دارد. از این خاصیت برای ساخت باتری استفاده می‌کنند. در شکل (۱۵-۲۶) دو الکترود که میان آنها یک الکترولیت قرار دارد، نشان داده شده است. در این شکل، فرض شده است جنس الکترود B و الکترولیت چنان است که الکترون‌ها از الکترولیت به الکترود می‌روند. الکترود A چنان انتخاب شده است که الکترون‌های آن به الکترولیت می‌روند. بارهای مثبت و منفی نشان داده شده در شکل، انتقال الکترون‌ها را از یک ماده به دیگری مشخص کرده است. اگر دو الکترود A و B باتری از طریق یک مدار خارجی به هم وصل نباشند، انتقال الکترون‌ها به حالت تعادل می‌رسد و میان دو الکترود اختلاف پتانسیل معینی برقرار می‌شود. در این شکل الکترود A که پتانسیل بالاتری نسبت به الکترود B دارد، قطب مثبت باتری و الکترود B قطب منفی باتری خواهد بود.

شکل (۱۵-۲۶)

هنگامی که دو قطب باتری با یک مقاومت به هم وصل شود، جریانی در مدار به وجود می‌آید. این جریان که بنا به قرارداد، از قطب مثبت باتری خارج می‌شود، در حقیقت جریان الکترون هایی است که از الکترود B خارج شده و به طرف الکترود A می‌روند. با

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

پس از یک ثانیه مستطیل هایی که در انتهای راهرو قرار دارند و در هر کدام یک مسافر قرار دارد، از راهرو خارج می‌شوند. بنابراین در هر ثانیه ۴ مسافر از راهرو می‌گذرند. پس گزینهٔ (ب) درست است.

۹- برای محاسبهٔ چگالی متوسط جهان لازم است حجم و جرم آن را به دست آوریم. داریم:

$$V=\frac{۴}{۳}\pi R^{۳}=\frac{۴}{۳}\times ۳/۱۴\,(۱۰^{۱۰}\times ۳۶۵\times ۲۴\times ۶۰\times ۶۰\times ۳\times ۱۰^{۸})^{۳}=$$

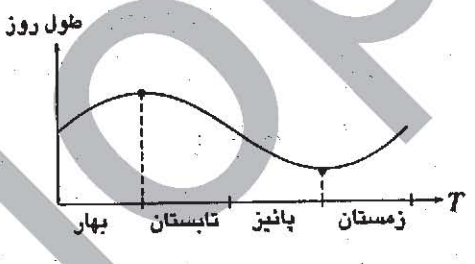
$$۳۴\times ۱۰^{۷۷}\ \mathrm{m}^{۳}$$

$$M=۲\times ۱۰^{۳۰}\times ۱۰^{۱۱}\times ۱۰^{۱۱}=۲\times ۱۰^{۵۲}\ \mathrm{kg}$$

$$\rho=\frac{M}{V}=\frac{۲\times ۱۰^{۵۲}}{۴۳\times ۱۰^{۷۷}}\simeq ۱۰^{-۲۶}\ \mathrm{kg/m}^{۳}$$

به این ترتیب گزینهٔ (ج) درست است.

۱۰- روزهای آخر بهار و روزهای اول تابستان در ایران بلندترین روزهای سال است. بر عکس روزهای آخر پاییز و روزهای اول زمستان کوتاه‌ترین روزهای سال است. شکل (۱۵-۲۸) تغییرات طول روز را در طی فصل‌های سال به طور تقریبی نشان می‌دهد. این نمودار دارای یک ماگزیمم و یک می‌نیمم است. می‌دانیم که تغییرات یک کمیت در این نقاط کمترین است. پس تغییرات طول روز در ایران که در



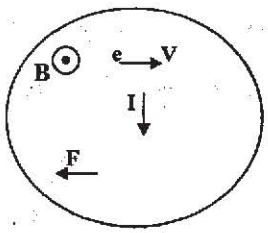
شکل (۱۵-۲۸)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

نیم کرهٔ شمالی واقع است، در این دو موقعیت از سال کندتر از هر موقع دیگری از سال است. پس گزینهٔ (د) درست است.

۱۱- در شکل (۱۵-۲۹) ناحیه‌ای از قرص فلزی که میان قطب‌های آهنربای الکتریکی است نشان داده شده است. فرض کنید قطب A از آهنربای شکل (۱۵-۴) جنوب باشد. در این صورت میدان مغناطیسی در شکل (۱۵-۲۹) به طرف بیرون کاغذ است که با علامت ⊙ مشخص شده است. هنگامی که قرص فلزی میان قطب‌های نا همنام آهنربا می‌چرخد، الکترون‌های آزاد موجود در قرص فلزی نیز با آن می‌چرخد. از طرف میدان مغناطیسی بر این بارهای متحرک نیرویی وارد می‌شود و آن‌ها را راه می‌اندازد. اگر قرص فلزی شکل (۱۵-۴) در جهت ۱ بگردد، سرعت الکترون‌ها در شکل (۱۵-۲۹)، در جهت V خواهد بود. با قاعدهٔ دست راست می‌توان دریافت که میدان مغناطیسی B، این الکترون‌های متحرک را به طرف بالا می‌راند. رانده شدن الکترون‌ها معادل با جریانی است که در شکل (۱۵-۲۹) با I نشان داده شده است. می‌دانیم میدان مغناطیسی بر جریان نیرو وارد می‌کند که آن هم با قاعدهٔ دست راست مشخص می‌شود و در شکل (۱۵-۲۹) با F نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که نیروی F در خلاف جهت سرعت چرخش قرص است و آن را کند می‌کند. حال فرض کنید قطب A از آهنربا شمال باشد. در این صورت الکترون‌ها به طرف پایین رانده می‌شوند و جریان معادل آن‌ها به طرف بالا



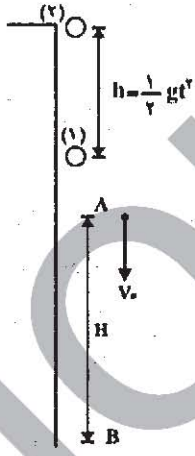
شکل (۱۵-۲۹)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

خواهد بود. چون هم جهت جریان و هم جهت میدان مغناطیسی عوض شده است، جهت نیروی F بدون تغیر می‌ماند، یعنی باز هم چرخ ترمز می‌شود. اکنون فرض کنید قرص در جهت مخالف بگردد. در این صورت جهت V و در نتیجه جهت I عوض می‌شود. چون جهت میدان مغناطیسی تغییر نکرده است، ولی جهت جریان تغییر کرده است، جهت نیرو نیز تغییر خواهد کرد و باز هم در خلاف جهت V قرار می‌گیرد، یعنی چرخ را ترمز می‌کند. ملاحظه می‌شود که هر نوع قطب بندی آهنرباهای الکتریکی و هر یک از دو جهت چرخش در نتیجهٔ کار بی‌تأثیر است و در هر صورت چرخ ترمز می‌شود. پس گزینهٔ (ه) درست است.

۱۲- در شکل (۱۵-۳۰) محل رها شدن و محل اشخاص A و B نشان داده شده است. هنگام رها شدن گلولهٔ دوم، گلولهٔ اول به اندازهٔ h سقوط کرده است. چون گلولهٔ دوم t ثانیه پس از گلولهٔ اول رها شده است، پس $h=\frac{1}{2}gt^2$. حرکت گلولهٔ دوم، کاملاً مانند حرکت گلولهٔ اول است، ولی تمام مراحل حرکت آن t ثانیه بعد اتفاق می‌افتد. یعنی گلولهٔ اول به هرجایی برسد، گلولهٔ دوم درست t ثانیه بعد به همان جا خواهد رسید. مثلاً گلولهٔ دوم t ثانیه بعد، به اندازهٔ h سقوط می‌کند. این وضع در مورد نقاط دیگر و از جمله نقطهٔ A نیز درست است. چون فاصلهٔ زمانی رسیدن دو گلوله به نقطهٔ A، T ثانیه است، آشکار است که $T=t$ خواهد بود و داریم $h=\frac{1}{2}gT^2$. هنگامی که یکی از



شکل (۱۵-۳۰)

iopm.ir

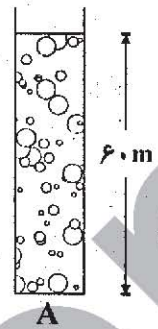
Institute Of Physics & Mathematics

گلوله‌ها مثلاً گلولهٔ اول به نقطهٔ A برسد، دارای سرعت اولیه‌ای است که آن را V_0 می‌گیریم. فاصلهٔ زمانی رسیدن این گلوله از A به B، همان T است، زیرا بنا به فرض هنگامی که گلولهٔ اول به B می‌رسد، گلولهٔ دوم در A است و فاصلهٔ زمانی رسیدن گلوله‌ها به یک نقطه معین همواره مقدار ثابت t ثابت است. پس داریم:

$$H=\frac{1}{2}gt^2+V_0t>h$$

به این ترتیب گزینهٔ (د) درست است.

۱۳- مطابق شکل (۱۵-۳۱) ستونی به سطح مقطع A و ارتفاع ۶۰ m در نظر می‌گیریم. چون قطره‌های باران با سرعت $1\frac{m}{s}$ سقوط می‌کنند، تمام قطره‌های باران موجود در این ستون پس از ۶۰ s به ته ستون رسیده‌اند، اما قطره هایی که فاصلهٔ آن‌ها از ته ستون بیش از ۶۰ m است، برای رسیدن به انتهای ستون به زمانی بیش از ۶۰ s نیاز دارند. بنا به فرض در مدت ۱۰۰ دقیقه ۶۰ mm باران جمع شده است، پس در مدت یک دقیقه، ارتفاع باران جمع شده ۰/۶ mm است. این مقدار باران از جمع قطره هایی است که ابتدا در ستون مورد نظر موجود و پس از یک دقیقه به ته ستون رسیده‌اند. آشکار است که بقیهٔ حجم ستون هوا بوده است. بنابراین نسبت حجم قطره‌های باران به هوا چنین است.



شکل (۱۵-۳۱)

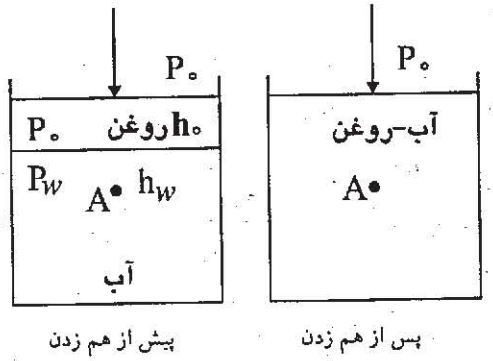
$$\eta=\frac{0/6\times A}{60\times10^3\times A}=10^{-5}$$

پس گزینهٔ (د) درست است.

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

۱۴- در شکل (۱۵-۳۲)، ظرف آب و روغن پیش از هم زدن و پس از هم زدن نشان داده شده است. برای فشار نقطهٔ A در ظرف سمت چپ داریم:

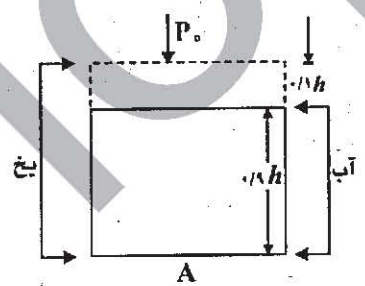


شکل (۱۵-۳۲)

$$P = P_{\circ} + g(\rho_{\circ} h_{\circ} + \rho_W h_W)$$

در این حالت تمام روغن‌ها که چگالی آن کمتر از چگالی آب است، بالای نقطهٔ A قرار دارد. پس از هم زدن آب و روغن و تشکیل مخلوط معلق تقریباً یک نواخت، بخشی از روغن‌ها پایین نقطهٔ A رفته و جای آن‌ها را آب که چگالی بیشتری دارد، گرفته است. این کار معادل آن است که از ارتفاع $h_{\circ}$ کم شده و بر ارتفاع h_W اضافه شده باشد. چون چگالی آب بیش از چگالی روغن است، اثر افزایش ارتفاع آب بیش از اثر کاهش ارتفاع روغن است. در نتیجه حتماً فشار در نقطهٔ A زیادتر از قبل خواهد شد. در ضمن محل نقطه A در این نتیجه‌گیری اهمیت ندارد، یعنی نقطهٔ A هر کجا باشد، با هم زدن آب و روغن، فشار آن نقطه زیادتر می‌شود. پس گزینهٔ (ب) درست است.

۱۵- مطابق شکل (۱۵-۳۳)، قطعه یخی به ارتفاع h و سطح مقطع A در نظر می‌گیریم.



شکل (۱۵-۳۳)

چگالی آب را $\rho_W = ۱۰^۳ \ \frac{kg}{m^۳}$ می‌گیریم.

چون جرم آب با یخی که از ابتدا داشتیم برابر است، داریم:

$$\rho_W A(۰/۹h) = \rho_i Ah$$

$$\rho_i = ۰/۹\rho_W = ۹۰۰ \ \frac{kg}{m^۳}$$

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

گرمای داده شده به یخ چنین است.

$$Q=mL=\rho_i AhL=۹\times ۱۰^{۲}\times ۳۳۰\times ۱۰^{۳}Ah$$

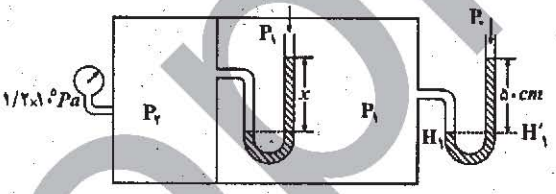
بر اثر فشار هوا روی یخ، نیرویی به آن وارد می‌شود و تغییر مکان این نیرو بر اثر کاهش حجم یخ، روی یخ کار انجام می‌دهد. داریم:

$$W=Fd=P_{.}A(۰/۱h)$$

$$\frac{W}{Q}=\frac{۰/۱P_{.}Ah}{۹\times ۳۳\times ۱۰^{۶}Ah}=\frac{۱۰^{۵}\times ۰/۱}{۲۹۵\times ۱۰^{۶}}=۳\times ۱۰^{-۵}$$

بنابراین گزینهٔ (الف) درست است.

۱۶- مخزن‌های شکل (۱۵-۵)، مجدداً در شکل (۱۵-۳۴) رسم شده‌اند. فشار در مخزن سمت راست را $P_۱$ و در مخزن سمت چپ $P_۲$ گرفته‌ایم. می‌دانیم در مایعات به حالت تعادل فشار در تمام نقاط یک سطح افقی یکسان است. زیرا اگر این طور نباشد، یعنی فشار در یک نقطه از سطح افقی در مایع، بیشتر از نقطه دیگری باشد، فشار بیشتر سبب می‌شود مایع حرکت کند و حالت تعادل وجود نداشته باشد. بر این اساس فشار سطح افقی $H_۱H'_۱$ در دو شاخهٔ لولهٔ U شکل یکسان است. سمت چپ این لوله به مخزن سمت راست ارتباط دارد و در نتیجه فشار در آنجا $P_۱$ است. در شاخهٔ سمت راست این لوله،



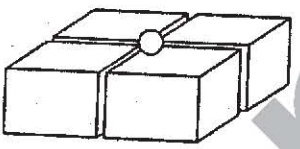
شکل (۱۵-۳۴)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

به موازات محور اصلی عدسی بگذرد، پس از عبور از عدسی باید به نوک I برسد و از کانون عدسی نیز بگذرد. به این ترتیب کانون عدسی نیز مشخص می‌شود. برای به دست آوردن تصویر جسم x، می‌توان پرتوی از نوک آن به مرکز عدسی تاباند. این پرتو بدون شکست از عدسی می‌گذرد و نوک تصویر باید روی آن قرار داشته باشد. در شکل (۱۵-۳۵) این پرتو رسم شده است و تنها تصویر D بر آن منطبق است. بنابراین گزینهٔ (د) درست است.

۱۸- در شکل (۱۵-۳۶) چهار مکعب از ساختار بلوری مس نشان داده شده است. در محلی که ۴ رأس این مکعب‌ها پهلوی هم قرار گرفته‌اند، یک اتم در نظر گرفته شده است. بالای این چهار مکعب، ۴ مکعب دیگر قرار دارند که برای پیچیده نشدن شکل نشان داده نشده‌اند. اتم مورد نظر در محلی است که یک رأس از ۸ مکعب در آن محل قرار دارد. هنگامی که مکعب‌ها از هر طرف ادامه پیدا کنند، اطراف هر اتم ۸ مکعب قرار خواهد داشت. هنگامی که یک اتم را در نظر می‌گیریم، می‌توان فرض کرد به هر مکعب $\frac{1}{8}$ اتم تعلق می‌گیرد. از طرفی هر مکعب ۸ رأس دارد که سهم هر رأس آن $\frac{1}{8}$ اتم است. بنابراین می‌توان گفت در مجموع سهم هر مکعب از اتم هایی که در رأس مکعب‌ها قرار دارد، یک اتم است.



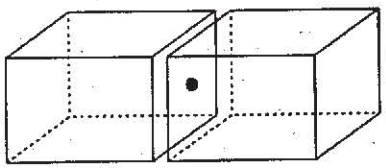
شکل (۱۵-۳۶)

در شکل (۱۵-۳۷) دو مکعب مجاور هم نشان داده شده است که در وجه مشترکشان یک اتم وجود دارد. می‌توان فرض کرد ازاین اتم، به هر کدام از مکعب‌ها ۰/۵ اتم تعلق

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

دارد. هنگامی که این ساختار از همه طرف ادامه پیدا کند، از هر اتمی که در مرکز هر وجه قرار دارد، به هر کدام از دو مکعب طرفین آن ۰/۵ اتم سهم می‌رسد. چون مکعب دارای ۶ وجه است، پس سهم هر مکعب از اتم هایی که در مرکز وجوه مکعب‌ها قرار دارند، ۳ اتم خواهد شد. به این ترتیب به هر مکعب جمعاً ۴ اتم سهم می‌رسد. بنابراین گزینه (ب) درست است.



شکل (۱۵-۳۷)

۱۹- شکل (۱۵-۸) مجدداً در شکل (۱۵-۳۸) نشان داده شده است. بخشی از مساحت مدار که شار میدان مغناطیسی از آن می‌گذرد، هاشورخوردهاست که قطاعی به زاویهٔ مرکزی θ است. اگر مساحت این قسمت را S فرض کنیم، داریم:

$$S=\frac{1}{2}R^2\theta$$

شاری که از این مساحت می‌گذرد چنین است:

$$\phi=BS=\frac{1}{2}R^2\theta B$$

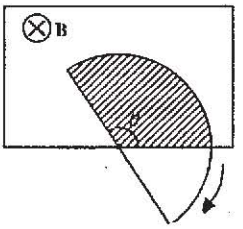
می‌دانیم نیروی محرکهٔ القایی، برابر با آهنگ تغییر شار مغناطیسی است که از یک مسیر بسته می‌گذرد، داریم:

$$\varepsilon=-\frac{d\phi}{dt}=\frac{-d}{dt}\left(\frac{1}{2}R^2\theta B\right)=\frac{-1}{2}R^2B\frac{d\theta}{dt}$$

iopm.ir

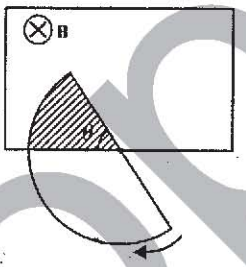
Institute Of Physics & Mathematics

چون نیم دایره به طور یک نواخت به دور محور می‌چرخد، بنابراین $\frac{d\theta}{dt}$ مقدار ثابتی است و چون بقیهٔ کمیت‌ها نیز ثابت‌اند، پس نیروی محرکهٔ القایی در مدت زمانی که S از مساحت نیم دایره به صفر می‌رسد، مقدار ثابتی است. در این حالت چون θ در حال کم شدن است، پس $\frac{d\theta}{dt} < 0$ و در نتیجه $\varepsilon > 0$ است.



شکل (۱۵-۳۸)

پس از آن که تمام نیم دایره از حوزهٔ میدان مغناطیسی خارج شد، یعنی $\theta = 0$، نیم دایره از سوی دیگر وارد میدان مغناطیسی می‌شود. در این حالت نیز همان طور که از شکل (۱۵-۳۹) پیداست، شار مغناطیسی که از مدار می‌گذرد و در نتیجه نیروی محرکهٔ القایی مانند قبل است، با این تفاوت که در این حالت θ در حالت زیاد شدن است، یعنی $\frac{d\theta}{dt} > 0$ در نتیجه $\varepsilon > 0$ است.



شکل (۱۵-۳۹)

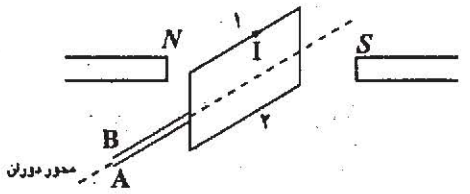
پس نیروی محرکهٔ القایی در یک نیم دور چرخش مدار مثبت و مقدار ثابت و در نیم دور دیگر چرخش منفی و همان مقدار ثابت است که با نمودار گزینهٔ (ب) سازگار است. بنابراین گزینهٔ (ب) درست است.

۲۰- در شکل (۱۵-۴۰) یک پیچه که در میدان مغناطیسی قرار دارد نشان داده شده است.

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

فرض کنید در یک حالت معین، جهت جریان در ضلع ۱ پیچه، I باشد. پس از آن که پیچه نیم دور بچرخد، جای سیم ۱ و سیم ۲ با یکدیگر عوض خواهد شد و چون جریان در یک ضلع، در یک وضعیت مشخص نسبت به میدان مغناطیسی در جهت



شکل (۱۵-۴۰)

معینی است، آشکار است که جهت جریان در ضلع ۲ نیز همان I خواهد بود. اما هنگامی که ضلع ۱ در بالا قرار دارد، جریان از نقطهٔ B وارد پیچه شده و از نقطهٔ A خارج خواهد شد. در حالی که وقتی ضلع ۲ بالا قرار می‌گیرد، جریان از نقطهٔ A وارد پیچه شده و از نقطه B خارج می‌شود. یعنی با نیم دور چرخیدن جهت جریان در پیچه عوض می‌شود. بنابراین بسامد نیروی محرکهٔ القایی با بسامد چرخیدن پیچه یکسان است.

به نحو دیگری نیز می‌توان این مسئله را توضیح داد. فرض کنید هنگامی که رویهٔ سمت راست پیچه مقابل قطب S است، جریان در پیچه I باشد. این وضعیت هنگامی تکرار می‌شود که رویهٔ سمت راست پیچه مجدداً مقابل قطب S قرار گیرد. یعنی پس از یک دور چرخیدن پیچه مجدداً وضعیت قبلی تکرار می‌شود. بنابراین بسامد نیروی محرکهٔ القایی با بسامد قرارگرفتن یک رویهٔ پیچه مقابل یک قطب معین، مثلاً S، یکسان است.

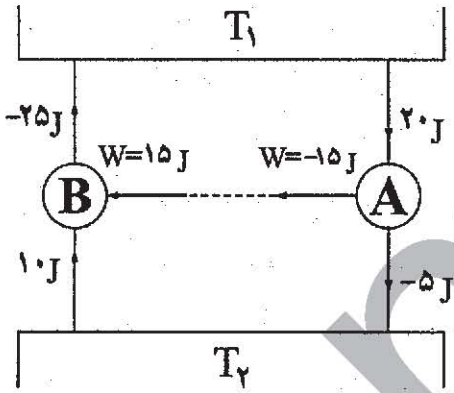
در شکل (۱۵-۹) به جای یک جفت قطب N و S، از سه آهنربا که سه جفت قطب N و

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

S دارند استفاده شده است. به این ترتیب با هر بار چرخش کامل پیچه، وضعیت قرار گرفتن یک رویهٔ پیچه نسبت به یک قطب معین، مثلاً S، سه بار تکرار می‌شود. بنابراین بسامد نیروی محرکهٔ القایی سه برابر بسامد چرخش پیچه، یعنی ۳۰ Hz است. پس گزینهٔ (د) درست است.

۲۱- در شکل (۱۵-۴۱) چشمه‌های ۱ و ۲ و ماشین گرمایی A و یخچال B نشان داده شده است. گرمای داده شده به ماشین A مثبت و کار و گرمای گرفته شده از آن منفی است. در مورد یخچال B نیز همین قرارداد رعایت شده است، یعنی کار و گرمای داده شده به یخچال مثبت و گرمای گرفته شده از آن منفی است. اگر کار تولید شده در هر چرخه توسط ماشین A، به یخچال داده شود، یخچال نیز یک چرخه را دور می‌زند. بنابراین ماشین فرضی که از ترکیب ماشین گرمایی A و یخچال B تشکیل شده است، از بیرون کار دریافت نمی‌کند و به بیرون کار نیز نمی‌دهد. این ماشین مرکب تنها با دو چشمهٔ ۱ و ۲ مبادلهٔ گرما دارد. از شکل پیداست که حاصل کار این ماشین فرضی در هر چرخه، گرفتن ۵J=۵-۱۰ گرما از چشمهٔ سرد و دادن آن به چشمهٔ گرم است، بدون این که از خارج کار بگیرد. می‌دانیم طبق قانون دوم ترمودینامیک گرما از چشمهٔ گرم به طور خودکار به چشمهٔ سرد شارش می‌کند، اما عکس آن بدون



شکل (۱۵-۴۱)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

انجام کار روی ماشین میسر نیست. بنابراین ساخت ماشین مرکب فرضی به دلیل نقض قانون دوم ترمودینامیک ممکن نیست. دقت در مبادله گرما میان ماشین گرمایی A و یخچال B با چشمه‌های ۱ و ۲ نشان می‌دهد که قانون اول ترمودینامیک که با بقای انرژی سازگار است، نقض نشده است. پس گزینهٔ (ج) درست است.

۲۲- برای بالا بردن دمای یک جسم باید به آن انرژی داد. اگر افزایش دما با تغییر حالت همراه نباشد، یعنی به عنوان مثال، جامد به مایع تبدیل نشود، تمام انرژی داده شده به جسم صرف افزایش انرژی جنبشی مولکول‌های آن خواهد شد. به عبارت دیگر انرژی جنبشی متوسط مولکول‌های یک جسم معرف دمای آن است که هر چه بالاتر باشد، دمای جسم نیز بالاتر خواهد بود. در یک جسم در دمای معین، مولکول‌های آن علاوه بر انرژی جنبشی، انرژی پتانسیل نیز دارند. این انرژی مربوط به نیروهایی است که مولکول‌های جسم به هم وارد می‌کنند و سبب می‌شود که مولکول‌ها آرایش معینی به خود بگیرند. چون نیروهایی که مولکول‌های یک جسم به هم وارد می‌کنند، مربوط به بارهای الکتریکی ذرات تشکیل دهنده مولکول هاست، این انرژی پتانسیل از نوع الکتریکی است.

هنگامی که یک جسم را در دمای ثابت در جسمی دیگر حل می‌کنیم و فرضاً فرآیند انحلال گرماگیر است، گرمای داده شده که نوعی انرژی است، صرف افزایش انرژی پتانسیل مولکول‌های محلول شده است، زیرا این گرما بدون تغییر دما به محلول داده شده است. این به آن معنی است که آرایش مولکول‌های محلول نسبت به آرایش مولکلول‌های دو جسمی که محلول را می‌سازند، چنان تغییر کرده است، که مجموع انرژی پتانسیل مولکول‌های محلول بیشتر شده است. فرض کنید در دمای معین θ

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

مقداری از جسم B با ظرفیت گرمایی C_B را در مقداری از جسم A با ظرفیت گرمایی C_A حل کرده‌ایم و در فرآیند انحلال گرمای Q به محلول داده‌ایم. اگر بخواهیم دمای محلول را به اندازه $\Delta\theta$ افزایش دهیم، انرژی‌های زیر باید به محلول داده شود:

- $C_B\,\Delta\theta$: این انرژی صرف افزایش انرژی جنبشی مولکول‌های جسم B می‌شود، به طوری که دمای آن یک واحد افزایش یافته باشد.

- $C_A\,\Delta\theta$: این انرژی صرف افزایش انرژی جنبشی مولکول‌های جسم A می‌شود، به طوری که دمای آن یک واحد افزایش یافته باشد.

- ΔQ : با این فرض که ΔQ مثبت باشد، این انرژی صرف افزایش انرژی پتانسیل مولکول‌های موجود در محلول شده است. در این صورت فرض شده است که Q، گرمای لازم در فرآیند انحلال، نسبت به دما صعودی است، یعنی در دمای بالاتر، انرژی پتانسیل مولکول‌های محلول بیشتر است.

مجموع این انرژی‌ها که دمای محلول را $\Delta\theta$ بالا برده است، برابر با $C\Delta\theta$ است که C ظرفیت گرمایی محلول است. داریم:

$$C\Delta\theta = C_B\,\Delta\theta + C_A\,\Delta\theta + \Delta Q$$

$$C = C_B + C_A + \frac{\Delta Q}{\Delta\theta}$$

با این فرض که گرمای Q نسبت به دما صعودی باشد، ملاحظه می‌شود که:

$$C > C_B + C_A$$

در نتیجه گزینهٔ (ج) درست است.

۲۳- گلوله‌ای که در هوا سقوط می‌کند، هنگامی به سرعت حد می‌رسد که برآیند

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

نیروهای وارد بر آن صفر شود، زیرا در این صورت شتاب گلوله صفر شده و سرعت آن ثابت می‌ماند. داریم:

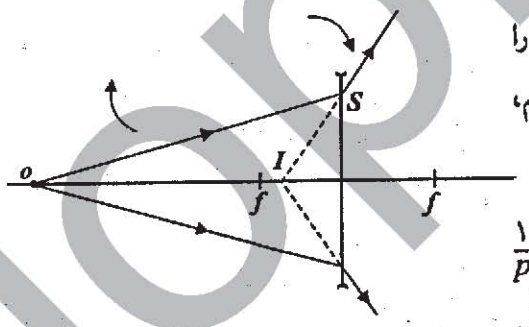
$$mg=\alpha V^{۲}R^{۲}$$

$$\frac{۴}{۳}\pi R^{۳}\rho g=\alpha V^{۲}R^{۲}$$

$$V=\sqrt{\frac{۴\pi\rho g}{۳\alpha}R}$$

در رابطهٔ بالا α ضریب تناسب و ρ چگالی گلوله است. از رابطهٔ بالا پیداست که برای گلوله هایی از یک جنس یعنی چگالی مشخص، سرعت حد با توان $\frac{۱}{۲}$ شعاع متناسب است. بنابراین گزینهٔ (ب) درست است.

۲۴- در شکل (۱۵-۴۲) یک عدسی واگرا نشان داده شده است که از یک نقطهٔ نورانی روی محور اصلی، تصویری مجازی داده است. اگر فاصلهٔ O تا عدسی را p و فاصله I تا عدسی را q بگیریم، داریم:



شکل (۱۵-۴۲)

$$\frac{۱}{p}+\frac{۱}{-q}=+\frac{۱}{-f}$$

علامت منفی جلوی q به علت آن است که تصویر مجازی است و جلوی f به علت آن است که عدسی

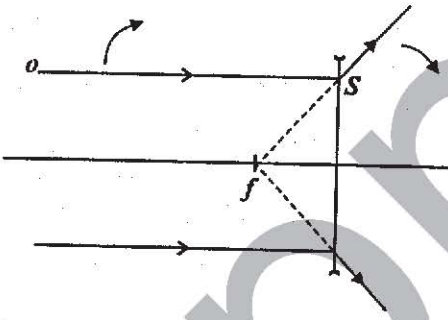
iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

واگرا است. در این صورت q و f مقادیر مثبت هستند و اندازهٔ فاصلهٔ تصویر تا عدسی و اندازهٔ فاصلهٔ کانونی است.

$$\frac{1}{q}=\frac{1}{f}+\frac{1}{p}$$

از رابطهٔ بالا پیداست که اگر O از عدسی دور شود، یعنی p زیاد شود، q نیز باید زیاد شود، یعنی تصویر I نیز از عدسی دور شود. اگر O را از عدسی دور کنیم، مانند آن است که پرتو OS را حول محوری که از S می‌گذرد، در جهت عقربه‌های ساعت چرخانده‌ایم. برای آن که تصویر I از عدسی دور شود، لازم است پرتو خارج شده از عدسی نیز حول محوری که از S می‌گذرد، در همان جهت عقربه‌های ساعت بچرخد. در شکل (۱۵-۴۳) یک عدسی واگرا که یک دسته پرتو موازی با محور اصلی به آن تابیده شده، نشان داده شده است. این پرتوها طوری از عدسی خارج می‌شوند که امتداد آن‌ها از کانون می‌گذرد.



شکل (۱۵-۴۳)

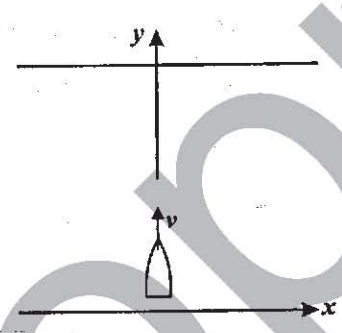
برای آن پرتوهای تابیده به عدسی مانند شکل (۱۵-۱۰) شود، باید پرتو تابیده OS در شکل (۱۵-۴۳) را حول محوری که از S می‌گذرد، در جهت عقربه‌های ساعت بچرخانیم. در این صورت باید پرتوهای خارج شده از عدسی نیز حول محوری که از S می‌گذرد، در همان جهت عقربه‌های ساعت بچرخد. با چرخش پرتوهای خروجی از عدسی، امتداد آن‌ها در نقطه‌ای دورتر از کانون عدسی، یکدیگر را قطع می‌کنند. یعنی

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

در شکل (۱۵-۱۰) پرتوهای خروجی از عدسی جایی به هم رسیده‌اند که فاصلهٔ آن نقطه از عدسی از فاصله کانونی بیشتر است. پس $d_2 > f$ و در نتیجه گزینهٔ (ه)'درست است.

۲۵- در شکل (۱۵-۴۴) قایقی که در عرض رودخانه پارو می‌زند نشان داده شده است. در کناره‌های رودخانه، سرعت آب نسبتاً کم است و هر چه به وسط رودخانه نزدیک‌تر شویم، سرعت آب بیشتر خواهد شد. در این جا فرض شده است که سرعت آب در کناره‌ها صفر است و متناسب با فاصله از کناره‌ها، سرعت آب بیشتر می‌شود، یعنی در وسط رودخانه سرعت آب بیشترین است. اگر آب رودخانه ساکن بود، قایقی که در عرض رودخانه پارو می‌زد، در نقطهٔ مقابل شروع حرکت به ساحل می‌رسید. اما هم زمان با پارو زدن، آب قایق را به طرف راست می‌برد. بنابراین قایق همان طور که در جهت محور y حرکت می‌کند، در جهت محور x نیز جابه جا می‌شود. در یک مدت زمان کوتاه، جا به جایی در جهت محور x و y به ترتیب متناسب با سرعت در این دو جهت است. بنابراین باید در کناره‌های رودخانه جابه جایی در جهت محور x صفر باشد و در وسط رودخانه جابه جایی در آن جهت بیشترین باشد. جابه جایی در جهت محور y نیز باید به طور یک نواخت انجام شود، زیرا سرعت پاروزدن در آب ساکن ثابت فرض شده است. با این ملاحظات مسیر حرکت قایق مانند نمودار گزینهٔ



شکل (۱۵-۴۴)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

(الف) خواهد بود. نمودار گزینهٔ (ج) تا حدودی شبیه نمودار گزینهٔ (الف) است، اما نادرست است. زیرا در کناره‌ها که باید جابه جایی در راستای محور x صفر باشد، یعنی مسیر بر محور y مماس باشد، این طور نیست و علاوه بر آن در وسط رودخانه جابه جایی فقط در راستای x است و این به معنی آن است که در وسط رودخانه سرعت پاروزدن در راستای محور y صفر است که آن هم با فرض ثابت بودن سرعت پاروزدن سازگار نیست. بنابراین گزینهٔ (الف) درست است.

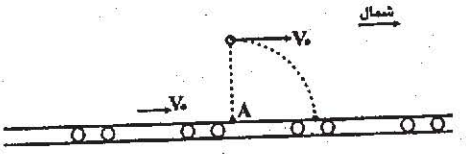
۲۶- ابتدا فرض می‌کنیم قطار شتاب نداشته باشد. در لحظهٔ رها شدن توپ، سرعت نقطه‌ای از کف قطار که زیر توپ قرار دارد، با سرعت توپ یکسان است. زیرا شخصی که توپ را در دست دارد، با همان سرعت قطار حرکت می‌کند. پس از رها شدن توپ، تنها نیروی وزن بر آن وارد می‌شود و این نیرو شتابی در راستای قائم به توپ می‌دهد. چون توپ شتابی در راستای افقی ندارد، مولفهٔ افقی سرعت آن تغییر نمی‌کند و چون فرض کرده‌ایم قطار نیز شتاب ندارد، پس توپ و قطار، هر دو در فاصلهٔ زمانی رسیدن توپ به کف قطار، جا به جایی یکسانی نسبت به زمین داشته‌اند و در نتیجه توپ درست به نقطه‌ای از کف قطار که زیر آن قرار داشت می‌رسد.

از آن جا که توپ کمی جلوتر به کف قطار رسیده است، پس حتماً قطار شتاب داشته است. چون جابه جایی افقی توپ در راستای شمال - جنوب بوده است، شتاب قطار نیز باید در همان راستای شمال - جنوب باشد. چون قطار روی یک ریل مستقیم حرکت می‌کرده است، سرعت آن نیز باید در راستای شمال - جنوب باشد. در این صورت بردارهای سرعت اولیه، سرعت بعدی و شتاب همگی در راستای شمال - جنوب هستند و غیر از این برای قطاری که روی یک ریل مستقیم حرکت می‌کند، متصور نیست.

iopm.ir

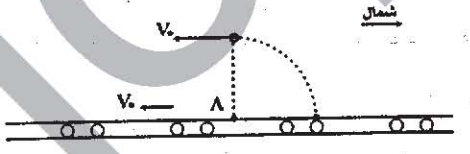
Institute Of Physics & Mathematics

در شکل (۱۵-۴۵) حرکت قطار به طرف شمال فرض شده است. همان طور که پیشتر توضیح داده شد، مولفهٔ افقی سرعت توپ، پس از رها شدن، تغییر نمی‌کند. چون شخصی که توپ را رها می‌کند، رو به شمال ایستاده است و توپ جلوتر از او به کف قطار می‌رسد، پس توپ به طرف شمال نقطهٔ A جابه جا شده است. این به آن معنی است که در مدت زمان رسیدن توپ به کف قطار، توپ از قطار جلو افتاده است. از این جا می‌توان نتیجه گرفت که سرعت قطار رو به شمال از V_0 که هنگام رها شدن توپ داشت کمتر شده است. آشکار است که شتابی که سرعت رو به شمال را کاهش دهد، رو به جنوب است.



شکل (۱۵-۴۵)

در شکل (۱۵-۴۶) حرکت قطار به طرف جنوب فرض شده است. با این فرض نیز توپ به طرف شمال نقطهٔ A جا به جا شده است، زیرا در هر صورت شخص رو به شمال ایستاده است و مشاهده می‌کند که توپ جلوتر از او به کف قطار می‌رسد. این به آن معنی است که در مدت زمان رسیدن توپ به کف قطار، توپ از قطار که به سمت



شکل (۱۵-۴۶)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

جنوب حرکت می‌کند، عقب افتاده است. از این جا می‌توان نتیجه گرفت که سرعت قطار رو به جنوب، از V_0 که هنگام رها شدن توپ داشت، بیشتر شده است. چنین شتابی که سرعت رو به جنوب قطار را افزایش دهد، رو به جنوب خواهد بود. ملاحظه می‌شود که جهت حرکت قطار می‌تواند رو به شمال و یا جنوب باشد، اما حتماً شتاب آن رو به جنوب است. پس گزینهٔ (د) درست است.

۲۷- در جانوران چهار پا مانند اسب و یا گوسفند، معمولاً وزن پاها در مقابل وزن بدن قابل چشم پوشی است. وقتی قد جانوری دو برابر جانور مشابه خود باشد، سایر ابعاد بدن آن نیز دو برابر خواهد شد. در این صورت جرم و در نتیجه وزن جانور اول که متناسب با مکعب ابعاد زیاد می‌شود، ۸ برابر جانور کوچک‌تر خواهد شد. برای آن که فشار وارد بر پاهای آن دو یکی باشد، باید مساحت کف پاهای جانور اول نیز ۸ برابر مساحت کف پاهای جانور دوم باشد. چون مساحت کف پاها با مربع قطر پاها متناسب است، پس باید نسبت قطر پاهای آن دو $\sqrt{8}$ باشد. به این ترتیب گزینهٔ (د) درست است.

۲۸- فرض کنید بخواهیم جسمی به قطر D را در حالی که در نزدیک‌ترین فاصله است، واضح ببینیم. در این صورت باید آن را در فاصلهٔ r قرار دهیم و در این حالت بزرگی ظاهری جسم چنین است.

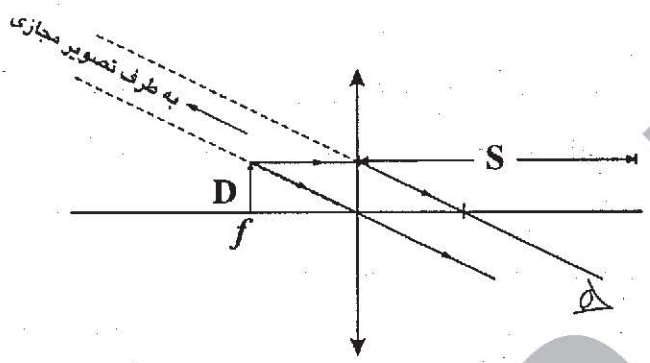
$$r = \frac{D}{r}$$

در شکل (۱۵-۴۷) همان جسم که تقریباً در کانون یک عدسی همگرا به فاصلهٔ کانونی f قرار دارد، نشان داده شده است. برای آن که بتوان تصویری هر چه بزرگتر از جسم دید، باید آن را در فاصلهٔ کانونی عدسی و بسیار نزدیک به کانون قرار داد. در این

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

وضعیت تصویر مجازی بزرگی در عدسی تشکیل می‌شود و چشم با دریافت نورهای عبور کرده از عدسی که در شکل نشان داده شده است، تصویر مجازی را می‌بیند. فرض کنید



شکل (۱۵-۴۷)

فاصلهٔ تصویر تا عدسی q و طول تصویر I باشد. برای بزرگی ظاهری تصویر داریم:

$$r' = \frac{I}{q+s}$$

اگر جسم به کانون عدسی بسیار نزدیک باشد تصویر مجازی در فاصلهٔ دوری از عدسی تشکیل می‌شود و $q >> s$ خواهد بود. داریم:

$$r' \simeq \frac{I}{q} = \frac{D}{f}$$

$$\frac{r'}{r} = \frac{\frac{D}{f}}{\frac{D}{r}} = \frac{r}{f}$$

پس گزینهٔ (الف) درست است.

۲۹- طرح وارهٔ جک روغنی در شکل (۱۵-۴۸) نشان داده شده است. می‌دانیم در

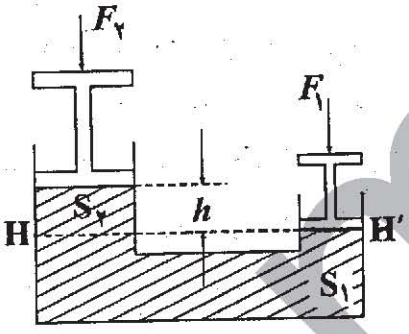
iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

شاره‌های در حال تعادل، فشار در یک سطح افقی در تمام نقاط شاره یکسان است. در سطح افقی HH' فشار در دو استوانهٔ راست و چپ با هم برابر است. با فرض چشم پوشی از وزن پیستون‌ها در برابر نیروهای F_1 و F_2 داریم:

$$\frac{F_1}{S_1}=\frac{F_2}{S_2}+\rho g h$$

$$F_2=F_1\frac{S_2}{S_1}-\rho g S_2 h$$



شکل (۱۵-۴۸)

از این رابطه پیداست که با فرض ثابت بودن نیروی F_1، تغییرات نیروی F_2 بر حسب h، یک خط راست با شیب منفی است. اگر این خط را رسم کنیم، نموداری مشابه آن چه در گزینهٔ (ب) آمده است، خواهد شد. پس گزینهٔ (ب) درست است.

۳۰- اگر در دیگ زودپز را محکم ببندیم، بخاری که بالای آن درون زودپز ایجاد می‌شود، پیش از آن که فشارش به حد معینی برسد، راهی برای خروج از زودپز ندارد. بخارهای جمع شده بالای آب، فشار بر سطح آب را به تدریج زیاد می‌کنند. چون هر چه فشار بر سطح آب بیشتر باشد، آب در دمای بالاتری به جوش می‌آید، در چنین زودپزی برای به جوش آمدن آب، باید مدت بیشتری آن را روی شعله گذارد. بسته به نوع دریچه‌ای که برای خروج بخار از زودپز روی آن گذارده‌اند تا زودپز بر اثر ازدیاد فشار

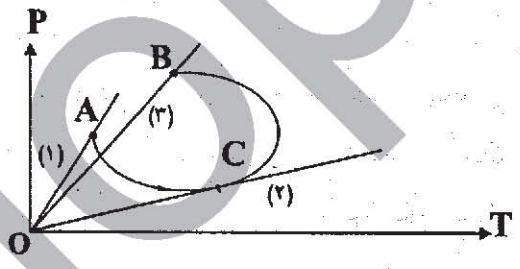
iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

بخار منفجر شود، تفاوت نقطهٔ جوش آب درون زودپز با $100\ ^\circ C$ مقدار کم و یا زیاد خواهد بود. اگر در زودپز را محکم نبندیم، بخار آب ایجاد شده می‌تواند از زودپز خارج شود و در نتیجه فشار روی سطح آب بالاتر از فشار جو نمی‌رود و آب در دمای $100^\circ C$ به جوش می‌آید. بنابراین آب در زودپزی که در آن را محکم نبسته‌ایم زودتر از حالتی که در زودپز را محکم کرده‌ایم به جوش خواهد آمد.

اگر در زودپز را نگذاریم، خروج بخار از زودپز به مراتب بیشتر خواهد بود. بیش از آن که آب به جوش آید، تبخیر سطحی، مقداری آب را به بخار تبدیل می‌کند و بخشی از گرمای اجاق صرف این کار می‌شود و مقدار کمتری از گرمای اجاق برای جوش آوردن آب باقی می‌ماند. در نتیجه آب در زودپزی که در آن را نگذارده‌ایم از آب زودپزی که در آن را بسته ولی محکم نکرده‌ایم دیرتر جوش خواهد آمد. به این ترتیب گزینهٔ (ب) درست است.

۳۱- نمودار فشار بر حسب دما در فرآیند مورد نظر در شکل (۱۵-۴۹) رسم شده است. با توجه به معادلهٔ حالت در یک گاز کامل داریم:



شکل (۱۵-۴۹)

$$PV = nRT$$

$$\frac{P}{T} = nR\frac{1}{V}$$

از این رابطه پیداست که $\frac{P}{T}$، یعنی شیب خطی که از مبدأ O در شکل (۱۵-۴۹) رسم

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

شود، با حجم گاز نسبت عکس دارد. یعنی هر چه شیب این خط کوچک‌تر شود، حجم گاز بیشتر است. در شکل (۱۵-۴۹) از مبدأ O سه خط راست رسم شده است که با شماره‌های ۱، ۲ و ۳ مشخص شده است. شیب خط (۱)، باعکس حجم گاز در نقطهٔ A متناسب است. در طی فرآیند از A تا C شیب خط مرتب کم می‌شود و در نتیجه حجم گاز مرتب افزایش می‌یابد. در طی فرآیند، در نقطهٔ C، حجم گاز بیشینه است. از آن پس و تا نقطهٔ B شیب خط مرتب زیاد می‌شود و در نتیجه حجم گاز مرتب کم می‌شود. بنابر این در طی فرایند مورد نظر، از نقطهٔ A تا C حجم گاز زیاد می‌شود از C تا B حجم گاز کم می‌شود. در نتیجه گزینهٔ (د) درست است.

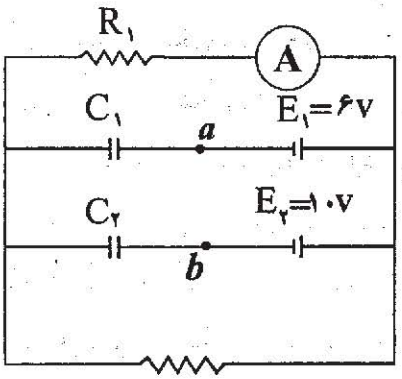
۳۲- می‌دانیم آب در دمای $4\,^{\circ}C$ بالاترین چگالی را دارد. بنابراین هنگامی که آب با دمای $8\,^{\circ}C$ را سرد می‌کنیم تا یخ بزند، به تدریج و تا دمای $4\,^{\circ}C$ چگالی آن زیاد می‌شود و پس از آن تا صفر درجهٔ سلسیوس که آب یخ می‌زند، چگالی آب کم می‌شود. اما چگالی یخ از چگالی آب در هر دمایی کمتر است و به همین است که دلیل اگر یخ را داخل آب بیاندازیم، یخ روی آب شناور می‌ماند. بنابراین در دمای صفر درجهٔ سلسیوس، با یخ زدن آب، چگالی باز هم پایین می‌آید. پس از آن با سردتر کردن یخ، چگالی آن اندکی افزایش می‌یابد. این تغییرات با آنچه در نمودار (ب) آمده است، سازگار است. پس گزینهٔ (ب) درست است.

۳۳- مدار شکل (۱۵-۱۳) مجدداً در شکل (۱۵-۵۰) رسم شده است ولی ولت سنج حذف شده است. پس از مدت طولانی که از بستن مدار گذشت، خازن‌های C_1 و C_2 پر می‌شوند و دیگر جریانی از آن‌ها نخواهد گذشت. از این پس از باتری‌ها نیز جریانی نمی‌گذرد، زیرا هر جریانی که بخواهد از باتری بگذرد، باید از خازن سری با آن نیز

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

بگذرد که بنا به فرض خازن‌ها پرشده‌اند و جریانی از آن‌ها نمی‌گذرد. هنگامی که از باتری‌ها جریان نگذرد، بدیهی است از مقاومت‌ها نیز جریانی نمی‌گذرد. بنابراین آمپرسنج صفر را نشان خواهد داد. ولت سنج میان دو نقطهٔ a و b بسته شده است در نتیجه اختلاف پتانسیل این دو نقطه را نشان



شکل (۱۵-۵۰)

خواهد داد. برای به دست آوردن آن از نقطهٔ b شروع می‌کنیم و با عبور از باتری E_2 و سپس E_1 به نقطهٔ a می‌رسیم. در عبور از باتری E_2، اختلاف پتانسیل به اندازهٔ نیروی محرکه، یعنی ۱۰ V زیاد می‌شود، زیرا از قطب منفی باتری به قطب مثبت آن رسیده‌ایم. با عبور از باتری E_1 برای رسیدن به نقطهٔ a، اختلاف پتانسیل به اندازهٔ نیروی محرکهٔ آن یعنی ۶ V کم می‌شود، زیرا از قطب مثبت به قطب منفی رسیده‌ایم. بنابراین داریم:

$$V_{ab} = ۱۰ - ۶ = ۴ \text{ V}$$

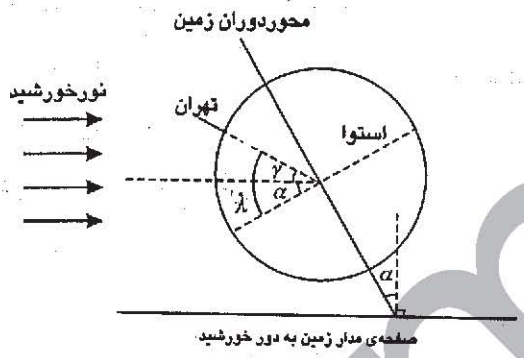
بنابراین اگر یک ولت سنج را به میان دو نقطهٔ a و b ببندیم، ولت سنج عدد ۴ V را نشان خواهد داد. در نتیجه گزینهٔ (د) درست است.

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

بخش دوم - مسئله‌های کوتاه

۱- در شکل (۱۵-۵۱) کرهٔ زمین نشان داده شده است. زاویهٔ α زاویه‌ای است که محور قطبی زمین، یعنی محوری که زمین در حرکت وضعی خود به دور آن می‌گردد، با خط عمود بر صفحهٔ مدار زمین به دور خورشید می‌سازد. از شکل پیداست که زاویهٔ میان پرتو خورشید و صفحهٔ استوای زمین نیز همان α است، زیرا دو ضلع این دو زاویه بر یکدیگر عمود است. در این شکل عرض جغرافیایی تهران، λ، نیز نشان داده شده است و آن زاویه‌ای است که



شکل (۱۵-۵۱)

خط عمود بر سطح زمین در تهران یعنی شعاع کرهٔ زمین که از تهران می‌گذرد، با صفحهٔ استوا می‌سازد. از شکل پیداست که زاویهٔ میان پرتوی خورشید با خط عمود بر سطح زمین در تهران از رابطهٔ زیر به دست می‌آید.

$$\gamma = \lambda - \alpha = ۳۶ - ۲۳ = ۱۳^\circ$$

۲- در شکل (۱۵-۵۲) وضعیت اتوبوس و شخص در لحظهٔ آغاز حرکت اتوبوس نشان داده شده است. مبدأ زمان را هنگامی می‌گیریم که شخص $۸\,\mathrm{m}$ از اتوبوس فاصله دارد و اتوبوس با شتاب $a = ۱\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^۲}$ شروع به حرکت می‌کند. محور x را منطبق بر جاده و مبدأ آن را محل شخص در لحظهٔ $t = ۰$ می‌گیریم. برای آن که شخص به اتوبوس برسد، باید لحظه‌ای وجود داشته باشد که دو شرط زیر برقرار باشد.

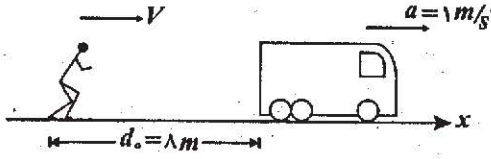
iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

– مکان شخص روی محور x، حداقل برابر با مکان اتوبوس باشد، در غیر این صورت اتوبوس جلوی شخص خواهد بود.

– سرعت شخص در لحظهٔ رسیدن به اتوبوس حداقل برابر با سرعت اتوبوس باشد.

مکان اتوبوس، x_b، و سرعت آن V_b در هر لحظه و نیز مکان شخص در هر لحظه x_m چنین است



شکل (۱۵-۵۲)

$$x_b=\frac{1}{2}at^2+d_\circ=\circ/\Delta t^2+\Lambda$$

$$V_b=at=t$$

$$x_m=Vt$$

$$\left.\begin{array}{l} x_m\geq x_b\rightarrow Vt\geq \circ/\Delta t^2+\Lambda \\ V_m\geq V_b\rightarrow V\geq t \end{array}\right\}\rightarrow V^2\geq \circ/\Delta V^2+\Lambda$$

$$V^2\geq 16\rightarrow V\geq 4\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

اگر شخص با سرعت $4\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ بدود، پس از ۴s به اتوبوس می‌رسد و در این حالت اتوبوس در مکان $x_b=16\,\mathrm{m}$ است. اگر فرضاً شخص باسرعت $5\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ بدود، پس از ۲s به اتوبوس می‌رسد و در این حالت در مکان $x_b=10\,\mathrm{m}$ است. اما اگر شخص با سرعتی کمتر از $4\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

بدود هرگز به اتوبوس نخواهد رسید. فرض کنید سرعت شخص به اندازه δ از $۴\frac{m}{s}$ کمتر باشد. در این صورت برای آن که مکان شخص حداقل با مکان اتوبوس برابر باشد باید رابطهٔ زیر برقرار باشد.

$$(۴-\delta)t \geq ۰/۵t^۲ + ۸$$

$$t^۲ - ۲(۴-\delta)t + ۱۶ \leq ۰$$

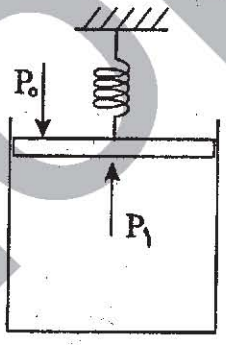
اگر عبارت بالا را مساوی صفر بگیریم، جواب معادلهٔ درجهٔ دوم چنین است.

$$t = (۴-\delta) \pm \sqrt{(۴-\delta)^۲ - ۱۶}$$

$$t = (۴-\delta) \pm \sqrt{\delta^۲ - ۲\delta}$$

چون δ عدد مثبت کوچکی است، $\delta^۲ < ۲\delta$ و در نتیجه مقدار زیر رادیکال منفی می‌شود و برای t هیچ عدد حقیقی وجود نخواهد داشت. یعنی هیچ زمان حقیقی وجود ندارد که در آن زمان شخص به اتوبوس برسد. پس باید $V \geq ۴\frac{m}{s}$ باشد.

۳- استوانهٔ محتوی گاز که با یک پیستون بدون وزن مسدود شده است و فنر متصل به آن در شکل (۱۵-۵۳) نشان داده شده است. فرض می‌کنیم در حالت اول که دمای گاز $T_۱ = ۲۷۳\ K$ و حجم آن $V_۱ = ۵ \times ۱۰^{-۳}\ m^۳$ و فشار آن $P_۱ = ۱۰^۵\ Pa$ است، فنر به اندازهٔ $x_۱$



شکل (۱۵-۵۳)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

فشرده شده باشد. در این صورت داریم:

$$(P_1 - P_0)S = kx_1 \qquad (1)$$

در رابطهٔ بالا، S سطح مقطع پیستون است. فرض کنید در دمای T_2، فشار گاز P_2 شود و فنر به اندازهٔ x_2 فشرده شود. مانند رابطهٔ قبلی داریم:

$$(P_2 - P_0)s = kx_2 \qquad (2)$$

اگر دو رابطهٔ (۱) و (۲) را از هم کم کنیم خواهیم داشت:

$$(P_2 - P_1)S = k(x_2 - x_1) = k\Delta x \qquad (3)$$

در رابطهٔ (۳)، تغییر فشردگی فنر، یعنی Δx، معادل تغییر در ارتفاع گاز است و بنابراین تغییر حجم گاز $S\Delta x$ خواهد بود.

$$P_2 = \frac{2\times 10^3 \Delta x}{0/01} + 10^5$$

$$P_2 = 10^5(2\Delta x + 1) \qquad (4)$$

از طرفی با توجه به معادلهٔ حالت گازهای کامل داریم:

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

$$\frac{10^5 \times 5 \times 10^{-3}}{273} = \frac{P_2(5\times 10^{-3} + 0/01\Delta x)}{273 + 27/3}$$

$$P_2 = \frac{5/5 \times 10^2}{5\times 10^{-3} \times 0/01\Delta x} \qquad (5)$$

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

با مساوی قرار دادن $P_۲$ از رابطهٔ (۴) با $P_۲$ از رابطهٔ (۵) داریم:

$$\frac{۵/۵\times ۱۰^{۲}}{۵\times ۱۰^{-۳}+۰/۰۱\Delta x}=۱۰^{۵}(۲\Delta x+۱)$$

$$۵/۵=۱۰\Delta x+۲۰\Delta x^{۲}+۵+۱۰\Delta x$$

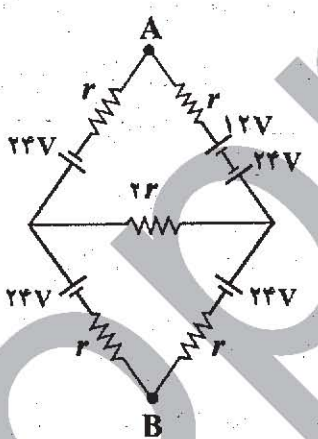
$$\Delta x^{۲}+\Delta x-۰/۰۲۵=۰$$

$$\Delta x=-۰/۵\pm\sqrt{(۰/۵)^{۲}+۰/۰۲۵}$$

$$\Delta x=۲۴/۴\times ۱۰^{-۳}\,\mathrm{m}=۲۴/۴\,\mathrm{mm}$$

این پاسخ را باید به عدد ۲۴ mm گرد کرد.

۴- در مدار شکل (۱۵-۱۵) سه باتری با نیروی محرکهٔ ۲۴ V و یک باتری با نیروی محرکهٔ ۱۲ V به کار رفته است. شکل (۱۵-۵۴) همین مدار را نشان می‌دهد که به جای باتری با نیروی محرکهٔ ۱۲ V از دوباتری یکی با نیروی محرکهٔ ۲۴ V و دیگری با نیروی محرکهٔ ۱۲ V استفاده شده است. نحوهٔ قرارگرفتن این دو باتری چنان است که نیروی محرکهٔ موثر آن‌ها همان ۱۲ V است. با دقت در این مدار مشاهده می‌شود که در هر شاخه یک باتری با نیروی محرکه ۲۴ V قرار دارد. طرز قرارگرفتن این ۴ باتری طوری است که هیچ جریانی در مقاومت‌ها به وجود نمی‌آورند. زیرا دو باتری

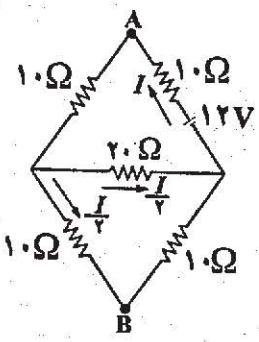


شکل (۱۵-۵۴)

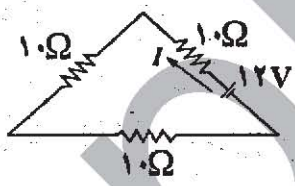
iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

که در دو شاخه چپ و راست قرار گرفته‌اند، با یکدیگر وارونه‌اند و دوباتری که در شاخه‌های بالا و پایین یک سمت قرار دارند، نیز وارونه هم‌اند. بنابراین می‌توان آن‌ها را حذف کرد بدون آن که شرایط مدار تغییر کند. این مدار معادل در شکل (۱۵-۵۵) رسم شده است. با استفاده از مقاومت معادل مقاومت‌های سری و یا موازی، مدار معادل شکل (۱۵-۵۶) به دست می‌آید. در این مدار داریم:



شکل (۱۵-۵۵)



شکل (۱۵-۵۶)

$$۱۲ = I(۱۰ + ۱۰ + ۱۰)$$

$$I = ۰/۴\,\mathrm{A}$$

چون در مدار شکل (۱۵-۵۵) دو شاخهٔ موازی مقاومت‌ها، هر کدام ۲۰ Ω است، بنابراین از هر کدام $\frac{I}{۲} = ۰/۲$ A جریان می‌گذرد. برای محاسبهٔ اختلاف پتانسیل میان دو نقطه A و B می‌توان در شاخهٔ سمت چپ مدار شکل (۱۵-۵۵) از نقطهٔ A به طرف نقطهٔ B رفت و اختلاف پتانسیل هر قسمت را محاسبه و با یکدیگر جمع کرد. داریم:

$$V_A - V_B = ۱۰ \times I + ۱۰ \times \frac{I}{۲} = ۱۰ \times ۰/۴ + ۱۰ \times ۰/۲ = ۶\ \mathrm{V}$$

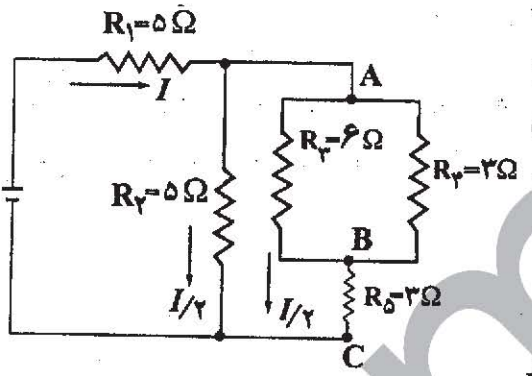
iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

اگر از نقطهٔ A روی شاخهٔ سمت راست به طرف نقطهٔ B برویم، بازهم همین مقدار به دست می‌آید. داریم:

$$V_A - V_B = ۱۰ \times I + ۱۲ - ۱۰ \times \frac{I}{۲} = ۶ \ V$$

۵- مدار شکل (۱۵-۱۶) مجدداً در شکل (۱۵-۵۷) رسم شده است. مقاومت معادل $R_۳$ و $R_۴$ چنین است.

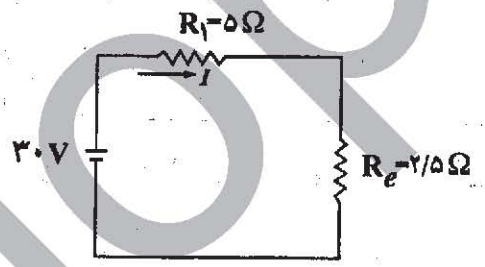


شکل (۱۵-۵۷)

$$\frac{۱}{R'} = \frac{۱}{۳} + \frac{۱}{۶} \rightarrow R' = ۲\Omega$$

این مقاومت با مقاومت $R_۵$ به طور متوالی بسته شده است و معادل آن‌ها چنین است.

$$R'' = R' + R_۵ = ۲ + ۳ = ۵\Omega$$



شکل (۱۵-۵۸)

به جای مقاومت R'' و $R_۲$ که موازی هستند، می‌توان معادل آن‌ها را که از رابطهٔ زیر به دست می‌آید قرار داد.

$$\frac{۱}{R_e} = \frac{۱}{R''} + \frac{۱}{R_۲} = \frac{۱}{۵} + \frac{۱}{۵}$$

$$R_e = ۲/۵\Omega$$

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

به این ترتیب مدار معادلی مانند شکل (۱۵-۵۸) به دست می‌آید. برای به دست آوردن جریان I داریم:

$$۳۰ = (R_۱ + R_e)I = (۵ + ۲/۵)I$$

$$I = ۴\,\mathrm{A}$$

چون مقاومت $R_۲$ و R مساوی هستند، پس از هر کدام $۲\ \mathrm{A} = \frac{I}{۲}$ می‌گذرد. اختلاف پتانسیل میان دو نقطهٔ A و B و نیز میان B و C چنین است.

$$V_{AB} = R'\frac{I}{۲} = ۲ \times ۲ = ۴\ \mathrm{V}$$

$$V_{BC} = R_۵ \times \frac{I}{۲} = ۳ \times ۲ = ۶\ \mathrm{V}$$

توان مصرف شده در هر مقاومت برابر با $\frac{V^۲}{R}$ است. پس هر چه اختلاف پتانسیل میان دو سر مقاومت کمتر و مقاومت بیشتر باشد، توان کمتری در آن مصرف می‌شود. چون اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت $R_۳$، برابر با $۴\ \mathrm{V}$ و از همه کمتر است و مقاومت آن از $R_۴$ که اختلاف پتانسیل دو سر آن نیز $۴\ \mathrm{V}$ است، بیشتر است، بنابراین توان مصرفی در مقاومت $R_۳$ از همهٔ مقاومت‌های دیگر کمتر است و اختلاف پتانسیل مورد نظر $۴\ \mathrm{V}$ است.

۶- مدار شکل (۱۵-۱۷) مجدداً در شکل (۱۵-۵۹) نشان داده شده است. اگر کلید K به مدت طولانی بسته باشد، خازن پر می‌شود و دیگر جریانی از آن نمی‌گذرد. بنابراین جریان در مقاومت $R_۱$ و $R_۲$ برابر است. داریم:

iopm.ir

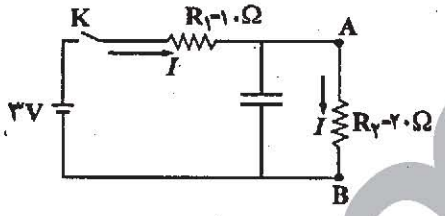
Institute Of Physics & Mathematics

$$E=(R_1+R_2)I$$

$$۳=(۱۰+۲۰)\times I\rightarrow I=۰/۱\ \text{A}$$

$$V_{AB}=V_C=۲۰\times ۰/۱=۲\ \text{V}$$

بنابراین اختلاف پتانسیل خازن پر شده ۲ V است. پس از قطع کلید، بارهای خازن تنها می‌توانند از طریق مقاومت R_2 بگذرند و چون خازن به تدریج خالی می‌شود، جریانی که از



شکل (۱۵-۵۹)

مقاومت R_2 می‌گذرد و در نتیجه اختلاف پتانسیل آن با گذشت زمان کم شده و نهایتاً به صفر می‌رسد که تغییرات آن در نمودار شکل (۱۵-۱۸) نشان داده شده است. اگر اختلاف پتانسیل دو سر R_2 را در هر لحظه برمقدار $R_2=۲۰\ \Omega$ تقسیم کنیم، جریانی که از آن می‌گذرد به دست می‌آید. اما مساحت زیر نمودار جریان - زمان برابر با باری است که از مقاومت گذشته است و این همان باری است که در ابتدا در خازن انباشته شده بوده است. بنابراین مساحت زیر نمودار شکل (۱۵-۱۸) R_2 برابر باری است که در خازن ذخیره شده بوده است. مساحت زیر نمودار را می‌توان با شمردن خانه‌های زیر نمودار با تقریب خوبی به دست آورد. تعداد خانه‌های زیر نمودار تقریباً ۶۴ تا است و مساحت هر کدام $۰/۱۲۵\times ۱۰^{-۳}\times ۰/۰۵$ است. داریم:

$$۶۴\times ۰/۰۵\times ۱۰^{-۳}\times ۰/۱۲۵=R_2\times q$$

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

$$q=\frac{۴\times ۱۰^{-۴}}{۲۰}=۲\times ۱۰^{-۵}$$

چون اختلاف پتانسیل خازن پر شده ۲ V بوده است، پس بار آن چنین است.

$$q=CV=C\times ۲=۲\times ۱۰^{-۵}$$

$$C=۱۰\times ۱۰^{-۶}\ \mathrm{F}=۱۰\,\mu\mathrm{F}$$

iopm.ir

iopm.ir