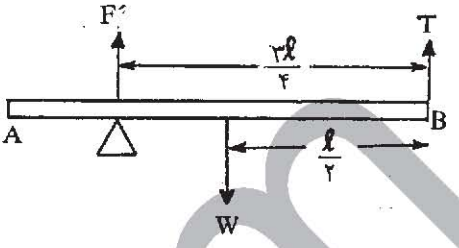
Institute Of Physics & Mathematics

پاسخ سئوالهای چهارگزینه‌ای

۱ ـ نیروهای وارد بر میله، در شکل (۱ ـ ۳۰) نشان داده شده است.

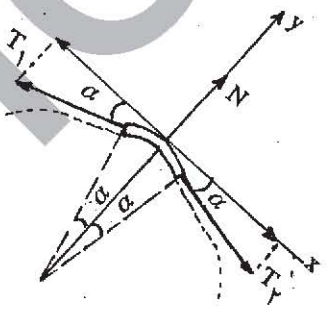


شکل (۱ ـ ۳۰)

در این شکل F' نیروی تکیه‌گاه و T نیرویی است که نخ در نقطهٔ B بر میله وارد می‌کند. چون میله همگن است، نیروی وزن آن W، بر وسط آن واردمی‌شود. میله در حال تعادل است، پس گشتاور نیروهای وارد بر آن نسبت به محوری که از تکیه‌گاه می‌گذرد، باید صفر باشد. داریم:

$$T \times 3\frac{1}{4} - W \times \frac{1}{4} = 0 \rightarrow T = W/3 \quad (۱ - ۱)$$

اکنون باید رابطهٔ میان T و وزن F را به دست آورد. در شکل (۱ ـ ۳۱) تکهٔ کوچکی از نخ که روی قرقره تکیه دارد به صورت کمانی روبه‌رو به زاویه مرکزی 2α، رسم شده است. نیرویی که به دو طرف نخ وارد می‌شود، T_1 و T_2 است. این دو نیرو که کشش نخ نام دارد از طرف دو قطعه نخی که در طرفین این تکهٔ کوچک هستند وارد می‌شود.



شکل (۱ ـ ۳۱)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

چون همواره نیروی واردبر نخ در راستای این دو نیرو بر قرقره مماس است.
علاوه بر این، از طرف قرقره نیز نیرویی بر تکه نخ وارد می‌شود. این نیرو را می‌توان به دو مؤلفه در راستای محور x یعنی مماس بر قرقره و محور y یعنی در راستای شعاع قرقره تجزیه کرد. نیرویی که مماس بر قرقره بر تکه نخ وارد می‌شود نیروی اصطکاک است.
اگر فرض کنیم که نیروی اصطکاک میان قرقره و تکه نخ صفر است، تنها نیروی شعاعی باقی می‌ماند که با N نشان داده شده است. نیروهای وارد بر تکه نخ را روی دو محور تجزیه می‌کنیم. داریم:

$$F_x = T_2 \cos\alpha - T_1 \cos\alpha$$

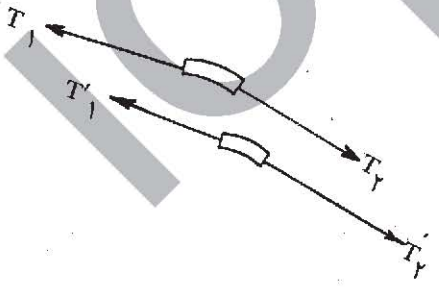
$$F_y = N - T_2 \sin\alpha - T_1 \sin\alpha$$

در رابطه‌های بالا از نیروی وزن تکه نخ چشم پوشیده‌ایم. چون تکه نخ در حال تعادل است، باید مجموع نیروهای وارد برآن صفر باشد. پس

$$T_2 \cos\alpha - T_1 \cos\alpha = 0 \rightarrow T_1 = T_2 \qquad (۲-۱)$$

$$N = (T_1 + T_2) \sin\alpha$$

به این ترتیب ملاحظه می‌شود که اگر نخ با قرقره اصطکاک نداشته باشد و بتوان از جرم آن چشم پوشید، نیروی کشش نخ در دو نقطهٔ نزدیک به هم یکسان است. در شکل (۱ ـ ۳۲) تکه نخ کوچک دیگری در کنار تکهٔ اولی در نظر گرفته شده است. برای سهولت نمایش نیروها، دو تکهٔ مجاور هم، کمی نسبت به هم جابه‌جا شده‌اند. دو نیروی T_2 و T'_1، کنش و واکنش‌اند (عمل و عکس‌العمل) بنابراین:



شکل (۱ ـ ۳۲)

$$T'_1 = T_2 \qquad (۳-۱)$$

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

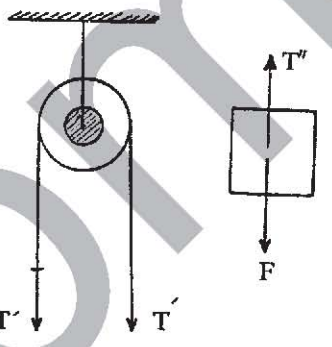
اگر همان استدلال را در مورد تکه نخ دوم به کار بریم داریم:

$$T'_1 = T'_2 \qquad (۴-۱)$$

از مقایسهٔ دو رابطهٔ (۱ ـ ۳) و (۱ ـ ۴) داریم:

$$T'_2 = T_1$$

اگر این کار را ادامه دهیم، این نتیجه به دست می‌آید که نیروی کشش نخ در شرایطی که اصطکاک آن با قرقره و نیز جرم آن قاب چشمپوشی باشد، در همهٔ نقاط آن یکسان است.
در شکل (۱ ـ ۳۳) نخ و قرقره و وزنهٔ آویخته به آن با کمی فاصله برای مشخص کردن نیرو نشان داده شده است.



شکل (۱ ـ ۳۳)

نیروی T' از شکل (۱ ـ ۳۳) با نیروی T از شکل (۱ ـ ۳۰) برابرند، زیرا کنش و واکنش‌اند.
پس از رابطهٔ (۱ ـ ۱) داریم:

$$T' = W/۳ \qquad (۵-۱)$$

چون وزنه در حال تعادل است، باید برآیند نیروهای وارد بر آن صفر باشد. پس :

$$F = T'' \qquad (۶-۱)$$

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

از طرفی T' و T'' کنش و واکنش‌اند و داریم:

$$T' = T \qquad (۷ - ۱)$$

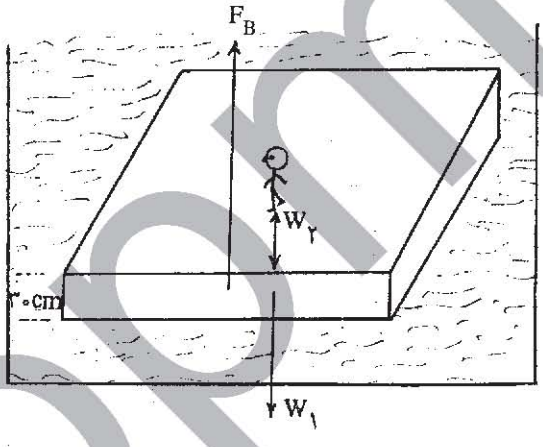
از رابطه‌های (۱ ـ ۵)، (۱ ـ ۶) و (۱ ـ ۷) داریم:

$$F = W/۳$$

به این ترتیب گزینهٔ (ج) درست است.

۲ ـ حالتی را در نظر می‌گیریم که تمام ضخامت تخته در آب قرار دارد. نیروهای وارد بر شخص و تخته مجموعاً در شکل (۱ ـ ۳۴) نشان داده شده است. در این شکل $W_۱$ و $W_۲$ وزن شخص و تخته است و F_B نیروی ارشمیدس است. در حالت تعادل باید برآیند این سه نیرو صفر باشد. یعنی

$$W_۱ + W_۲ = F_B$$



شکل (۱ ـ ۳۴)

چگالی چوب و آب در سیستم SI به ترتیب $\rho_{چ} = ۶۰۰\ Kg/m^۳$ و $\rho_{آ} = ۱۰۰۰\ kg/m^۳$ است.

اگر مساحت تخته را S فرض کنیم، داریم:

$$۶۰ \times g + S \times ۰/۳ \times ۶۰۰g = S \times ۰/۳ \times ۱۰۰۰ \times g$$

$$۱۲۰S = ۶۰$$

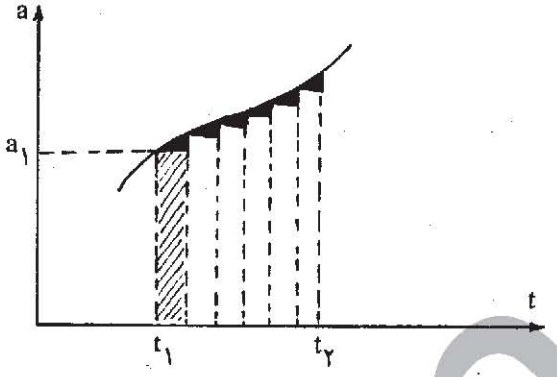
$$S = ۰/۵\ m^۲$$

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

اگر مساحت تخته بیشتر از این مقدار باشد، تمام ضخامت تخته در آب فرو نخواهد رفت و اگر مساحت تخته از این مقدار کمتر باشد، قادر به نگاهداری شخص روی آب نیست. بنابراین مقدار بدست آمده حداقل مساحت است. در نتیجه گزینهٔ (د) درست است.

۳ ـ در شکل (۱ ـ ۳۵) نمودار تغییرات شتاب یک جسم که روی یک خط راست حرکت می‌کند، نسبت به زمان نشان داده شده است. فرض کنید در لحظهٔ t_1، سرعت جسم V_1 باشد. در مدت زمان کوتاه Δt، شتاب مقدار ثابتی ندارد، بلکه از مقدار a_1 به تدریج زیادتر می‌شود. اگر Δt را خیلی کوچک بگیریم، می‌توان از تغییرات شتاب در این مدت چشم پوشید و آن را مقدار ثابت a_1 در نظر گرفت. در این صورت افزایش سرعت در این مدت، بنابه تعریف شتاب چنین است.



شکل (۱ ـ ۳۵)

$$\Delta V = a_1 \Delta t$$

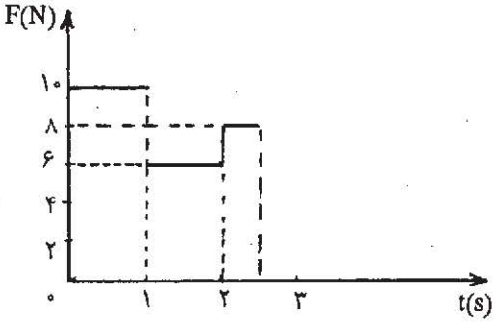
از شکل (۱ ـ ۳۵) پیداست که تغییر سرعت تقریباً با مساحت نواری به پهنای Δt و ارتفاع a_1 برابر است. اگر بازهٔ زمانی t_1 تا t_2 را به تعداد زیادی بازه‌های زمانی کوچک Δt تقسیم کنیم، افزایش تقریبی سرعت در هر یک از این بازه‌های کوتاه را می‌توان به همین روش پیدا کرد. در این صورت تغییر کل تقریبی سرعت که برابر است با مجموع مساحت نوارهای باریک، با مساحت زیر نمودار اختلاف کوچکی دارد. این اختلاف با مساحت قسمتهای سیاه شده در شکل (۱ ـ ۳۵) برابر است.

هر چه Δtها را کوچکتر بگیریم، تغییر سرعت دقیقتر محاسبه خواهد شد و در ضمن قسمتهای سیاه شده در شکل نیز کوچکتر می‌شود. در نتیجه می‌توان گفت، در حد تغییر سرعت جسم در بازهٔ زمانی t_1 تا t_2 با مساحت زیر نمودار شتاب ـ زمان در این بازهٔ زمانی برابر است.

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

اگر در شکل (۱ ـ ۳۵) به جای شتاب، نیرو بر حسب زمان رسم شود، چون $F = ma$ است، پس مساحت زیر منحنی m برابر تغییر سرعت خواهد بود.



شکل (۱ ـ ۳۶)

تغییرات نیروی وارد بر جسم بر حسب زمان در شکل (۱ ـ ۳۶) رسم شده است. مساحت زیر نمودار از لحظهٔ $t_1 = ۰$ تا $t_2 = ۲/۵s$ چنین است.

$$S = ۱ \times ۱۰ + ۱ \times s + ۰/۵ \times ۸ = ۲۰$$

چون $m = ۵kg$، پس این مقدار ۵ برابر تغییر سرعت در این مدت است. در نتیجه:

$$\text{تغییر سرعت} = \frac{۲۰}{۵} = ۴\ m/s$$

چون جسم از حال سکون راه افتاده است، پس سرعتش در پایان مدت همان ۴m/s خواهد بود. در نتیجه گزینهٔ (الف) درست است.

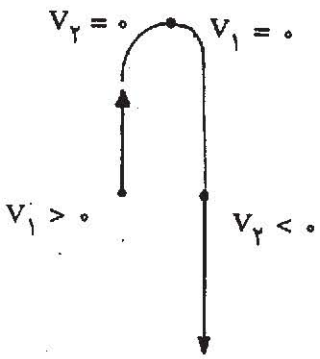
۴ – اولین طول یعنی ۱۳/۶ cm با وسیله‌ای که تا ۰/۱ cm دقت دارد اندازه گرفته شده است. دومین طول یعنی ۲۲۳، با وسیله‌ای با دقت ۱ cm و آخرین طول یعنی ۰/۰۸ cm با وسیله‌ای با دقت ۰/۰۱ cm اندازه گرفته شده است. اگر این سه طول را بدون توجه به دقت آنها بر هم بیافزاییم، عدد ۲۳۶/۶۸ cm بدست می‌آید. این عدد نشان دهنده آن است که دقت اندازه‌گیری تا ۰/۰۱ cm است که درست نیست. حاصل جمع نباید دقتی بهتر از ۱ cm داشته باشد. بنابراین باید ۰/۶۸ cm را به عدد بالاتر گرد کنیم و حاصل جمع را به صورت ۲۳۷ cm بنویسم. بنابراین گزینهٔ (د) درست است.

۵ – بر سنگی که در شرایط خلاء به طرف بالا پرتاب می‌شود تنها نیروی وزن W وارد می‌شود. شتاب این سنگ را می‌توان از قانون دوم نیوتن چنین بدست آورد.

$$F = ma \qquad W = mg = ma \rightarrow a = g$$

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics



شکل (۱ ـ ۳۷)

بر سنگی هم که رها شود، تنها نیروی وزن، یعنی همان W اثر می‌کند و در نتیجه شتابش همان g است. به‌این ترتیب شتاب سنگی که به طرف بالا پرتاب می‌شود با شتاب سنگی که رها می‌شود یکسان است. بنابراین گزینه (ب) درست است. گزینهٔ (د) نیز نادرست است زیرا، بر سنگی که به طرف بالا پرتاب می‌شود، در بالاترین نقطه نیز نیروی وزن وارد می‌شود و در نتیجه در آن نقطهٔ نیز شتاب آن g است.

برای توضیح بیشتر دربارهٔ گزینهٔ (د) به شکل (۱ ـ ۳۷) توجه کنید. سرعت جسم در بالاترین نقطه صفر است.

اگر محور مختصات را روبه بالا انتخاب کنیم، سرعت جسم قبل از رسیدن به بالاترین نقطه مثبت و پس از آن منفی است. برای به دست آوردن شتاب، باید سرعت را در دو لحظهٔ متفاوت در دست داشت و تغییر سرعت را بر گذشت زمان تقسیم کرد. به عبارت دیگر نمی‌توان تنها از سرعت در یک لحظه، شتاب را به دست آورد. اگر سرعت جسم راکمی قبل از رسیدن به بالاترین نقطه به عنوان اولین سرعت در محاسبهٔ شتاب در نظر بگیریم، سرعت بعدی صفر است و برای شتاب داریم:

$$\bar{a} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{0 - v_1}{\Delta t} < 0$$

اگر سرعت جسم راکمی بعد از رسیدن به بالاترین نقطه به عنوان دومین سرعت در محاسبهٔ شتاب بگیریم، اولین سرعت صفر است و برای شتاب داریم:

$$\bar{a} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{v_2 - 0}{\Delta t} < 0$$

ملاحظه می‌شود که در هر صورت شتاب جسم در بالاترین نقطه مقدار منفی به دست می‌آید. با توجه به جهت انتخابی محور قائم، شتاب روبه پائین است.

۶ ـ هنگامی که تاب در بیشترین ارتفاع از سطح زمین قرار دارد، سرعت آن صفر است. اگر این

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

طور نباشد، تاب با سرعتی که دارد، به ارتفاع بالاتری خواهد رفت. در این حالت تاب دارای بیشترین انرژی پتانسیل گرانشی است. اگر سطح زمین را به عنوان مبنای انرژی پتانسیل در نظر بگیریم، یعنی ارتفاع تاب را در هر لحظه از سطح زمین به حساب آوریم، انرژی پتانسیل تاب چنین است:

$$U_۲ = m\,g\,h_۲$$

که mg وزن تاب و افراد سوار بر آن و $U_۲$ انرژی پتانسیل و $h_۲ = ۲\ m$ است.
با حرکت تاب و کم شدن ارتفاع آن سرعت تاب و در نتیجه انرژی جنبشی آن زیاد می‌شود. اگر در یک حالت معین ارتفاع تاب به $h_۱$ و سرعت آن به $v_۱$ برسد، انرژی جنبشی آن $K_۱$ و انرژی پتانسیل آن $U_۱$ چنین است:

$$U_۱ = m\,g\,h_۱ \qquad K_۱ = \frac{۱}{۲}\,m\,v_۱^{۲}$$

اگر از نیروی مقاومت هوا در برابر حرکت تاب و نیز نیروی اصطکاک (مثلاً در محل اتصال طناب تاب به محور) بتوان چشم پوشید، مجموع انرژی جنبشی و پتانسیل، یعنی انرژی مکانیکی مقدار ثابتی خواهد ماند.
یعنی:

$$m\,g\,h_۲ + ۰ = m\,g\,h_۱ + \frac{۱}{۲}\,m\,v_۱^{۲}$$

اگر $h_۱$ را کمترین ارتفاع در نظر بگیریم، $v_۱$ بیشترین سرعت تاب خواهد بود.

$$v_۱^{۲} = ۲g\,(h_۲ - h_۱) = ۲ \times ۹/۸\,(۲ - ۰/۵) = ۲۹/۴$$

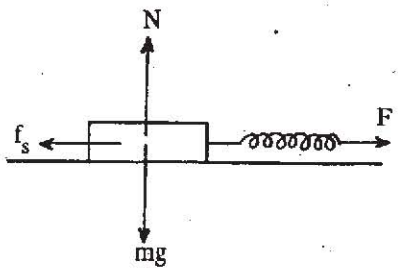
$$V_۱ = ۵/۴\ m/s$$

بنابراین گزینهٔ (الف) درست است. در عمل به علت وجود نیروی اصطکاک مقداری از انرژی مکانیکی به انرژی گرمایی تبدیل می‌شود و در نتیجه سرعت تاب از مقدار به دست آمده کمتر خواهد بود.

۷ - جسمی را مطابق شکل (۱ ـ ۳۸) روی یک میز افقی قرار داده و یک فنر را که ثابت k آن معلوم است، به آن بسته‌ایم. فرض کنید شخصی به سر دیگر فنر نیروی کمی وارد می‌کند به طوری که جسم حرکت نمی‌کند. نیرویی را که فنر به جسم وارد می‌کند، می‌توان از روی

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics



شکل (۱ – ۳۸)

تغییر طول فنر و ثابت آن به دست آورد. چون جسم ساکن است باید برآیند نیروهای وارد بر آن صفر باشد. در راستای قائم باید علاوه بر نیروی وزن، نیروی N و در راستای افقی نیز علاوه بر نیروی فنر، نیروی f_s و هر دو از طرف میز بر جسم وارد شده باشد. نیروی f_s راکه مماس بر سطح تماس بر جسم وارد می‌شود، نیروی اصطکاک می‌نامند.

دست آورد. چون جسم ساکن است باید برآیند نیروهای وارد بر آن صفر باشد. در راستای قائم باید علاوه بر نیروی وزن، نیروی N و در راستای افقی نیز علاوه بر نیروی فنر، نیروی f_s و هر دو از طرف میز بر جسم وارد شده باشد. نیروی f_s راکه مماس بر سطح تماس بر جسم وارد می‌شود، نیروی اصطکاک می‌نامند.

اگر نیروی فنر یعنی F را زیادتر کنیم، تا مدتی جسم روی سطح ساکن می‌ماند. آشکار است که در این مدت f_s نیز باید همراه F زیادتر شده باشد. در یک شرایط معین، اگر مقدار F به حد معینی برسد، جسم شروع به حرکت می‌کند. از این موضوع می‌توان نتیجه گرفت که f_s از حد معینی که آن را f_{max} می‌نامیم بیشتر نشده است و پس از رسیدن به این مقدار، با افزایش F، برآیند نیروهای وارد بر جسم در راستای افقی دیگر صفر نبوده و جسم حرکت کرده است. آشکار است که در تمام مدت چون جسم در راستای قائم شتاب نداشته است، نیروی N همواره با نیروی وزن هم اندازه بوده است.

آزمایش نشان می‌دهد که:

$$f_{max} = \mu_s N$$

که μ_s ضریب ثابتی است و به شرایط دو سطح بستگی دارد و ضریب اصطکاک حالت سکون نام دارد. از آنچه گفته شد می‌توان نوشت:

$$f_s \leqslant \mu_s N \qquad (۸-۱)$$

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

در این رابطه، علامت «کوچکتر از» مربوط به تمام حالتهایی است که f_s به بیشترین مقدار خود نرسیده است و علامت «مساوی» مربوط به حالتی است که f_s به مقدار f_{max} رسیده است. ملاحظه می‌شود که نیروی اصطکاک در حالتی که دو جسم روی یکدیگر نمی‌لغزند، مقدار ثابتی ندارد و می‌تواند مقادیر متفاوتی داشته باشد. از آزمایشی که توضیح داده شد پیداست که f_s را با دانستن F می‌توان به دست آورد.

هنگامی که جسم به راه می‌افتد، باز هم نیروی اصطکاک در خلاف جهت حرکت جسم بر آن اثر می‌کند. اگر این نیروی اصطکاک را f_k بنامیم، آزمایش نشان می‌دهد که با نیروی عمودی سطح متناسب است، یعنی:

$$f_k = \mu_k N$$

μ_k ضریب اصطکاک لغزشی نامیده می‌شود.

اکنون به توضیح سئوال می‌پردازیم. در شکل (۱ ـ ۳۹) نیروهای وارد بر کتاب نشان داده شده است. هنگامی که کتاب ساکن است، باید برآیند نیروهای وارد بر آن در راستای افقی و قائم صفر باشد.

پس:

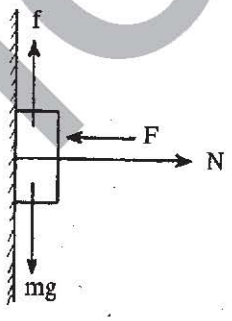
$mg = f_s$ در راستای قائم (۱ ـ ۹)

$F = N$ در راستای افقی (۱ ـ ۱۰)

با توجه به رابطه‌های (۱ ـ ۸)، (۱ ـ ۹) و (۱ ـ ۱۰) داریم:

$$mg = f_s < \mu_s F \qquad (۱ - ۱۱)$$

ضریب اصطکاک حالت سکون کتاب با دیوار، یعنی μ_s مقدار معینی است. بنابراین برای اینکه نیروهای اصطکاک به اندازهٔ وزن شود، F باید حداقلی داشته باشد. پس از آن زیاد کردن F، تأثیری در نیروی اصطکاک ندارد و همان طور که رابطهٔ (۱ ـ ۹) نشان می‌دهد، نیروی اصطکاک همواره برابر با وزن است. بنابراین گزینهٔ (ب) درست است.



شکل (۱ – ۳۹)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

۸ – قانون عمومی گازها برای گاز کامل به شکل زیر است:

$$\frac{PV}{T} = C \qquad (۱۲-۱)$$

که C مقدار ثابتی است. نشان داده می‌شود که C متناسب با تعداد مولهای گاز است.
اگر رابطهٔ (۱ ـ ۱۲) را برای دو گاز ئیدروژن و اکسیژن بنویسیم داریم:

$$\frac{P_H V_H}{T_H} = C_H \qquad (۱۳-۱) \qquad \frac{P_O V_O}{T_O} = C_O \qquad (۱۴-۱)$$

چون پیستونی که دو قسمت اکسیژن و ئیدروژن را از هم جداکرده در حال تعادل است، پس $p_H = p_O$ و با تقسیم رابطهٔ (۱ ـ ۱۳) بر (۱ ـ ۱۴) داریم:

$$\frac{V_H T_O}{V_O T_H} = \frac{C_H}{C_O}$$

چون جرم گاز ئیدروژن و اکسیژن برابر است، با توجه به جرم ملکولی ئیدروژن و اکسیژن، تعداد مولهای ئیدروژن ۱۶ برابر تعداد مولهای اکسیژن است. پس:

$$\frac{V_H \times ۴۰۰}{V_O \times ۳۰۰} = \frac{۱۶}{۱} \rightarrow V_H = ۱۲ V_O$$

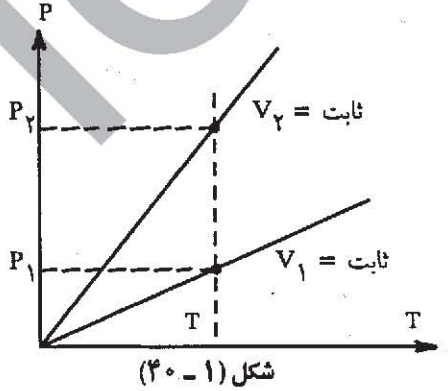
چون حجم کل متناسب با طول استوانه است، پس:

$$۶۵ - x = ۱۲ x \rightarrow x = ۵ \text{ cm}$$

بنابراین گزینهٔ (الف) درست است.

۹ – نمودار تغییرات فشار بر حسب دمای مطلق برای دو حجم در شکل (۱ ـ ۴۰) رسم شده است. خطی به موازات محور p رسم می‌کنیم تا دو خط را در فشارهای p_1 و p_2 قطع کند. چون دمای گاز یکسان است، پس:

$$p_1 v_1 = p_2 v_2 \qquad (۱۵-۱)$$

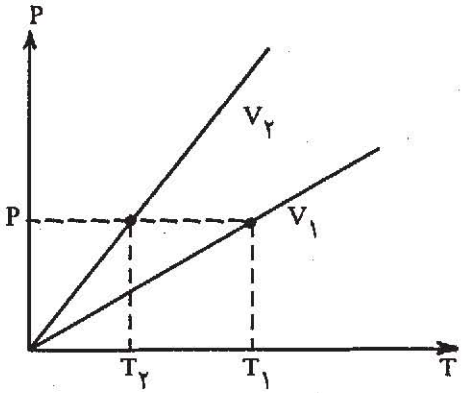


شکل (۱ ـ ۴۰)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

چون در شکل (۱ ـ ۴۰) $p_2 > p_1$ است، پس از رابطهٔ (۱ ـ ۱۵) $v_2 > v_1$ می‌باشد.
نمودار تغییرات فشار بر حسب دمای مطلق برای دو حجم مجدداً در شکل (۱ ـ ۴۰) رسم شده است. خطی به موازات محور T رسم می‌کنیم تا دو خط را در دماهای T_1 و T_2 قطع کند. چون فشار گاز ثابت است، پس:

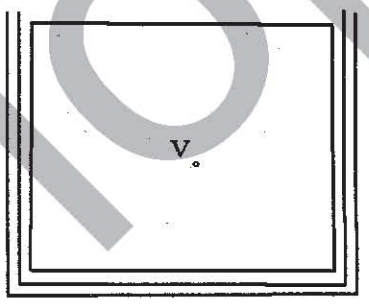


شکل (۱ – ۴۱)

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \qquad (۱۶ - ۱)$$

چون در شکل (۱ ـ ۴۱) $T_2 < T_1$، از رابطه (۱ ـ ۱۶) داریم $V_1 > V_2$ به این ترتیب از هر دو راه پاسخ یکسانی به دست می‌آید. بنابراین گزینهٔ (ب) درست است.

۱۰ – پیش از پاسخ به سئوال، درباره انبساط حجم ظرفها توضیح خواهیم داد. هنگامی که دمای یک جسم بالا می‌رود، تمام ابعاد آن زیاد می‌شود و در نتیجه مساحت سطحهای مختلف آن و نیز حجم آن زیاد می‌شود. اکنون یک ظرف مثلاً استوانه شکل در نظر بگیرید. اگر دمای ظرف بالا برود، آیا حجم داخل ظرف هم که ماده‌ای در آن وجود ندارد، افزایش می‌یابد؟ در شکل (۱ ـ ۴۲) یک ظرف استوانه‌ای نشان داده شده است که حجم داخل آن را V_0 می‌گیریم. فرض کنید داخل ظرف از همان ماده‌ای که ظرف از آن ساخته شده است، پر شده باشد. اگر دمای ظرف و محتوی آن را بالا ببریم، حجم ماده‌ای که درون ظرف ریخته‌ایم، چنین خواهد بود:



شکل (۱ – ۴۲)

$$V = V_0 (1 + a\Delta)$$

a ضریب انبساط حجمی ماده و $\Delta\theta$ افزایش دماست. چون این ماده همچنان در ظرف جا که گرفته است، پس حجم درون ظرف هم به همان اندازه زیاد شده است. به این ترتیب حجم داخل ظرف هم که ماده‌ای در آن نیست، با همان ضریب انبساط حجمی ماده‌ای که از آن ساخته شده است منبسط می‌شود. اکنون به توضیح

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

سئوال می‌پردازیم. ظرف و مایع درون آن هر دو در اثر افزایش دما منبسط می‌شوند. حجم مایع در دمای بالاتر چنین است:

$$V = V_0 (1 + a\Delta\theta) \qquad (۱۷-۱)$$

سطح قاعدهٔ ظرف نیز در دمای بالاتر چنین است:

$$S = S_0 (1 + \frac{2}{3} k\Delta\theta) \qquad (۱۸-۱)$$

چون ضریب انبساط حجمی سه برابر و ضریب انبساط سطحی دو برابر ضریب انبساط طولی است، در رابطهٔ (۱ ـ ۱۸) به جای ضریب انبساط حجمی $\frac{2}{3}$ گذارده شده است. ارتفاع مایع در دمای بالاتر از تقسیم رابطهٔ (۱ ـ ۱۷) بر رابطهٔ (۱ ـ ۱۸) به دست می‌آید. داریم:

$$h = \frac{V}{S} = \frac{V_0}{S_0} \times \frac{1 + a\Delta\theta}{1 + \frac{2}{3} k\Delta\theta} \qquad (۱۹-۱)$$

چون ضریب انبساط حجمی بسیار کوچک است، داریم:

$$\frac{1}{1 + \frac{2}{3} k\Delta\theta} = \approx 1 - \frac{2}{3} k\Delta\theta \qquad (۲۰-۱)$$

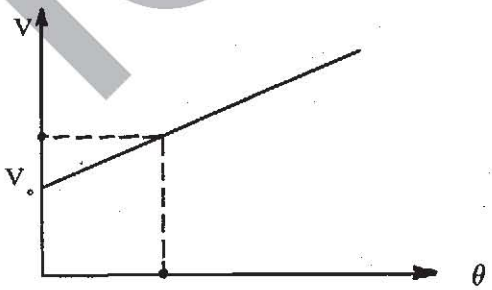
از رابطهٔ (۱ ـ ۱۹) و (۱ ـ ۲۰) داریم:

$$h = h_0 (1 + a\Delta\theta)(1 - \frac{2}{3} k\Delta\theta) = h_0 [1 + (a - \frac{2}{3} k)\Delta\theta - \frac{2}{3} a k \Delta\theta^2]$$

$$h \approx h_0 [1 + (a - \frac{2}{3} k)\Delta\theta] = h_0 (1 + b\Delta\theta)$$

زیرا a و k هر دو کوچک هستند و می‌توان از حاصل ضرب آنها در برابر جملهٔ درجه اول از این ضرایب صرفنظر کرد. بنابراین گزینه (ب) درست است.

۱۱ – در دماسنج جیوه‌ای فاصلهٔ درجات متوالی یکسان است، زیرا انبساط جیوه با افزایش دما متناسب است. به عبارت دیگر اگر حجم مقدار معینی جیوه را بر حسب دما رسم کنیم، نموداری مانند شکل (۱ ـ ۴۳)



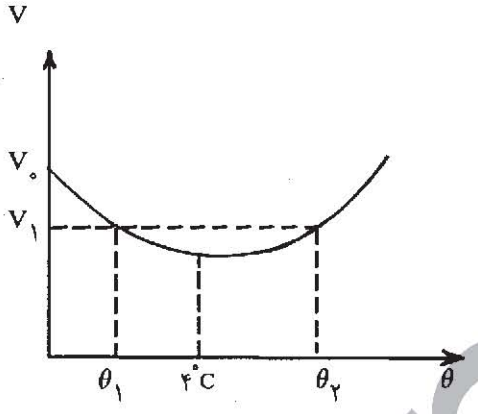
شکل (۱ ـ ۴۳)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

به دست می‌آید. از این نمودار پیداست که هر حجمی از جیوه که با ارتفاع آن در لولهٔ مویین معین می‌شود، دقیقاً وابسته به دمای معینی است. علاوه بر آن افزایش دماهای مساوی، افزایش حجم‌های مساوی رابه دنبال دارد.

همهٔ مواد این طور نیستند. به عنوان مثال نمودار تغییرات حجم مقدار معینی آب بر حسب دما مانند شکل (۱ ـ ۴۴) است.



شکل (۱ ـ ۴۴)

اگر مایع دماسنج را آب انتخاب کنیم از این نمودار پیداست که حجم معینی از آب که با ارتفاع آن در لولهٔ مویین معلوم می‌شود، دقیقاً وابسته به دمای معینی نیست. مثلاً به ازای حجم V_1، دو دمای θ_1 و θ_2 وجود دارد. علاوه بر آن افزایش دماهای مساوی، افزایش حجم‌های مساوی را در پی ندارد.

چون معلوم نیست چه مایعی را در دماسنج به کار برده‌ایم، گزینهٔ (الف)، الزاماً درست نیست. چون در دماسنج جدید احتمال دارد فاصلهٔ درجات متوالی یکسان نباشد و ممکن است این دماسنج دو دمای مختلف را در یک نقطه نشان دهد، پس گزینهٔ (د) درست است.

۱۲ – در شکل (۱ـ۴۵) ناظر A با نقطهٔ A که در فاصلهٔ h_A از سطح آب قرار گرفته، نشان داده شده است. ناظر B، ناظر A را در محل A' که به سطح آب نزدیکتر است می‌بیند. اگر شعاعهای نورانی که از A به ناظر B می‌رسد، تقریباً بر سطح آب عمود باشد، نسبت عمق حقیقی، یعنی h_A به عمق ظاهری یعنی h'_A، چنین است.

$$\frac{h_A}{h'_A} = n$$

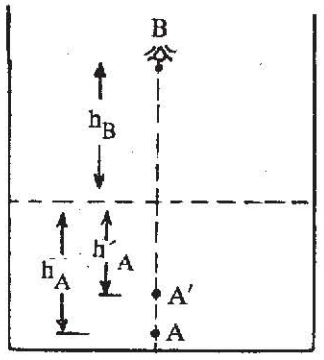
که n ضریب شکست آب نسبت به هواست.

در این حالت ناظر B ناظر A را به فاصلهٔ H_2 از خود می‌بیند که:

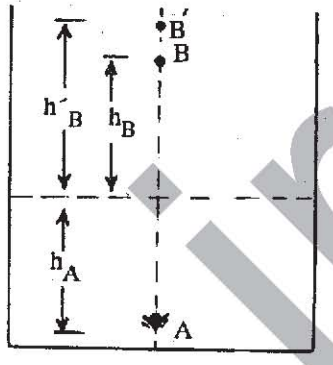
iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

$$H_۲ = h_B + h'_A = h_B + \frac{۳}{۴} h_A.$$



شکل (۱ ـ ۴۵)



شکل (۱ ـ ۴۶)

در شکل (۱ ـ ۴۶) ناظر B با نقطهٔ B نشان داده شده است. ناظر A، ناظر B را در محل B′ که از سطح آب دورتر است می‌بیند. با همان شرایط قبلی، نسبت عمق حقیقی یعنی h_B به عمق ظاهری یعنی h'_B چنین است

$$\frac{h_B}{h'_B} = n'$$

که n' ضریب شکست هوا نسبت به آب است. چون که $n' = \frac{۱}{n} = \frac{۳}{۴}$ است، در این حالت ناظر A ناظر B را در فاصلهٔ $H_۱$ از خود می‌بیند که:

$$H_۱ = h_A + h'_B = h_A + \frac{۴}{۳} h_B$$

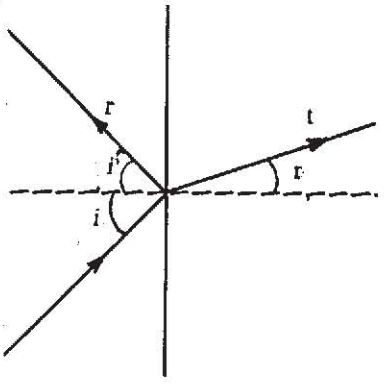
$$\frac{H_۱}{H_۲} = \frac{h_A + \frac{۴}{۳} h_B}{h_B + \frac{۳}{۴} h_A} = \frac{\frac{(۳h_A + ۴h_B)}{۳}}{\frac{(۴h_B + ۳h_A)}{۴}} = \frac{۴}{۳}$$

بنابراین گزینهٔ (الف) درست است.

۱۳ – دو محیط شفاف مجاور هم را مانند شکل (۱ ـ ۴۷) در نظر بگیرید که مرز مشترکشان یک صفحه است. این دو محیط با شماره‌های (۱) و (۲) مشخص شده است. اگر یک باریکهٔ نور

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

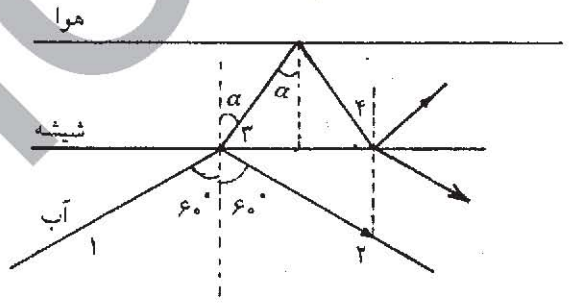


(۱) به طرف مرز مشترک بتابد، در محیط قسمتی از آن از روی مرز باز تابیده و قسمتی وارد محیط (۲) می‌شود. این دو باریکه با شماره‌های r و t مشخص شده‌اند. نسبتی از نور تابیده که بازمی‌تابد و نسبتی که وارد محیط دوم می‌شود، بستگی به ضریب شکست دو محیط و زاویهٔ تابش و عامل دیگری به نام قطبش دارد و در فیزیک پیشرفته این نسبت‌ها را محاسبه می‌کنند.

شکل (۱ ـ ۴۷)

اگر از بیرون به پنجرهٔ یک اتاق نگاه کنید، می‌توانید تصویر اجسام اطراف را در شیشهٔ آن ببینید. این تصویر در حقیقت مربوط به نوری است که از اجسام اطراف به شیشهٔ پنجره می‌تابد و از آن بازتاب می‌کند. شخصی که درون اتاق است، نیز همان اجسام را از پشت پنجره می‌بیند. دیدن اجسام از پشت پنجره به علت نوری است که از اجسام اطراف به شیشه می‌تابد و از آن می‌گذرد. به این ترتیب ملاحظه می‌شود که قسمتی از نوری که از اجسام به شیشهٔ پنجره می‌تابد باز تابیده و قسمت دیگری از شیشه می‌گذرد.

در شکل (۱ ـ ۴۸) تیغهٔ شیشه‌ای روی سطح آب نشان داده شده است. در این شکل باریکهٔ نور (۱) به مرز مشترک شیشه و آب تابیده است. باریکهٔ نور (۲) باز تابیده و باریکهٔ نور (۳) وارد شیشه شده است.



شکل (۱ ـ ۴۸)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

اگر قانون شکست نور را در مرز تماس شیشه و آب به کار بریم، داریم:

$$\sin ۶۰^\circ = \frac{۱/۵}{\frac{۴}{۳}} \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{۸}{۹} \sin ۶۰ = \frac{۴\sqrt{۳}}{۹} \approx ۰/۷۷ \quad \alpha \approx ۵۰^\circ$$

از شکل (۱ ـ ۴۸) پیداست که باریکهٔ نور (۳) با همان زاویهٔ α به مرز تماس شیشه با هوا می‌تابد. برای زاویهٔ حد نوری که از شیشه به هوا می‌تابد داریم:

$$\sin c = \frac{۱}{۱/۵} \approx ۰/۶۶ \quad c \approx ۴۱/۸^\circ$$

چون باریکهٔ نور (۳) با زاویهٔ α که بیش از زاویهٔ حد است به مرز تماس شیشه با هوا می‌تابد، بازتابش کلی رخ داده و باریکهٔ نور (۴) وارد شیشه می‌شود و هیچ نوری به هوا وارد نمی‌شود. باریکهٔ نور (۴) در بازتابهای متوالی روی دو سطح بالایی و پایینی شیشه، همواره همین وضع را خواهد داشت. در هر بار مقداری از نور از سطح پایینی شیشه وارد آب می‌شود و چون همواره زاویهٔ باریکهٔ نور در سطح بالایی شیشه از زاویهٔ حد بزرگتر است، هیچ نوری وارد هوا نمی‌شود. بنابراین گزینهٔ (ب) درست است.

۱۴ - رابطهٔ میان فاصلهٔ جسم و تصویر از عدسی و فاصلهٔ کانونی چنین است.

$$\frac{۱}{x} + \frac{۱}{y} = \frac{۱}{f} \qquad (۲۱ ـ ۱)$$

این رابطه در تمام حالتهای ممکن جسم، تصویر و عدسی با قراردادهای زیر به کار می‌رود.

الف) اگر جسم مجازی باشد فاصلهٔ آن از عدسی، با علامت منفی در رابطهٔ (۱ـ۲۱) گذارده می‌شود.

ب) اگر تصویر مجازی باشد، فاصلهٔ آن از عدسی، با علامت منفی در رابطهٔ (۱ـ۲۱) گذارده می‌شود.

ج) اگر عدسی همگرا باشد، فاصلهٔ کانونی آن با علامت مثبت و اگر واگرا باشد با علامت منفی در رابطهٔ (۱ ـ ۲۱) گذارده می‌شود.

اگر یکی از سه کمیت یاد شده مجهول باشد و مقدار آن از رابطهٔ (۱ ـ ۲۱) به دست آید، علامت کمیت موردنظر نیز بر همین اساس تعبیر می‌شود.

تغییرات فاصلهٔ تصویر از عدسی بر حسب فاصلهٔ جسم از عدسی، از رابطهٔ (۱ ـ ۲۱) به دست می‌آید. داریم:

$$\frac{۱}{y} = \frac{۱}{f} - \frac{۱}{x} = \frac{x - f}{f x} \rightarrow y = \frac{f x}{x - f} \qquad (۲۲ ـ ۱)$$

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

اگر جسم حقیقی باشد، یعنی $x > 0$، در صورتیکه $x > f$ باشد، از رابطهٔ (۱ ـ ۲۲) $y > 0$ خواهد بود، یعنی تصویر حقیقی است. در نمودار y بر حسب x، چون نمودار برای $x > 0$ رسم شده است، پس جسم حقیقی بوده است. در حالت جسم حقیقی ($x > 0$) و تصویر حقیقی ($y > 0$) از رابطهٔ (۱ ـ ۲۱) نتیجه می‌شود که $f > 0$، یعنی عدسی همگراست. از رابطهٔ (۱ ـ ۲۲) داریم:

$$x = f \rightarrow y = \infty$$

$$x = \infty \rightarrow y = f$$

همچنین از رابطهٔ (۱ ـ ۲۱) داریم:

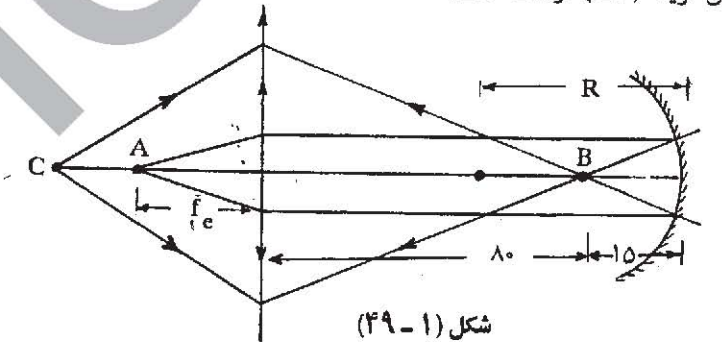
$$x = y \rightarrow f = \frac{x}{2} = \frac{y}{2}$$

از نمودار y بر حسب x و یکی از حالتهای بالا فاصلهٔ کانونی $f = 10\ cm$ به دست می‌آید. بنابراین گزینهٔ (الف) درست است.

۱۵ – در شکل (۱ – ۴۹) آرایش عدسی و آینهٔ مقعر نشان داده شده است. چون نقطهٔ نورانی که آن را با A مشخص می‌کنیم، روی کانون عدسی است، پس نور خارج شده از عدسی، به موازات محور آن است. چون عدسی و آینه هم محور هستند، پس نور تابیده به آینه به موازات محور آن است و نورهای باز تابیده، از کانون آینه، نقطهٔ B می‌گذرند. این نقطه به فاصلهٔ ۱۵ cm از آینه($f_m = \frac{R}{2} = \frac{30}{2} = 15\ cm$) و در سمت راست عدسی و به فاصلهٔ $p = 95 - 15 = 80\ cm$ از آن قرار دارد. تصویر این نقطه، C را می‌توان در عدسی به دست آورد. داریم:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f_\ell} \rightarrow \frac{1}{80} + \frac{1}{q} = \frac{1}{20} \qquad q = \frac{80}{3} \simeq 26/7\ cm$$

بنابراین گزینهٔ (الف) درست است.

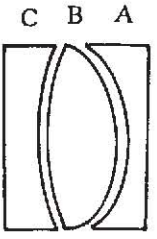


شکل (۱ ـ ۴۹)

iopm.ir

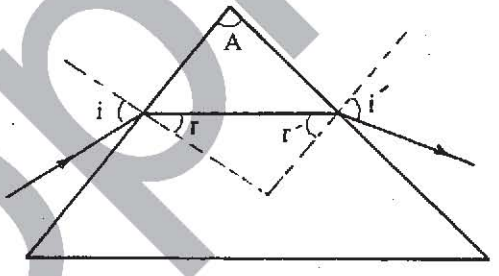
Institute Of Physics & Mathematics

۱۶ - اگر جای دو عدسی A و C را با هم عوض کنیم، شکل (۱ ـ ۵۰) به دست می‌آید. دو رخ عدسی A و B که مجاور یکدیگرند، هر دو دارای شعاع انحنای ۱۰۰ cm هستند، پس کاملاً به یکدیگر می‌چسبند. همین وضعیت در مورد دو سطحی از عدسیهای B و C که با هم در تماس‌اند، اتفاق می‌افتد زیرا هر دو دارای شعاع انحنای ۲۰۰ cm هستند. به این ترتیب مجموعهٔ سه عدسی یک تکه شیشهٔ تخت می‌سازند که همگرایی آن صفر است. بنابراین گزینهٔ (ج) درست است.



شکل (۱ - ۵۰)

۱۷ - مسیر یک باریکهٔ نور در منشور، در شکل (۱ ـ ۵۱) نشان داده شده است. نور با زاویه تابش i به منشور تابیده و با زاویه i' از رخ دیگر خارج شده است.



شکل (۱ - ۵۱)

هر چه زاویهٔ تابش کوچکتر باشد، زاویهٔ r نیز کوچکتر خواهد بود. چون $r' = A - r$ است، پس r' بزرگتر خواهد شد. در نتیجه برای یافتن کوچکترین زاویهٔ تابش، باید بزرگترین زاویهٔ r' ممکن را به دست آورد. بزرگترین زاویهٔ r' ممکن زاویهٔ حد است و داریم:

$$\sin r'_{max} = \sin c = \frac{1}{n} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$r'_{max} = 45^\circ$$

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

$$r_{min} = A - r'_{max} = ۷۵ - ۴۵ = ۳۰^\circ$$

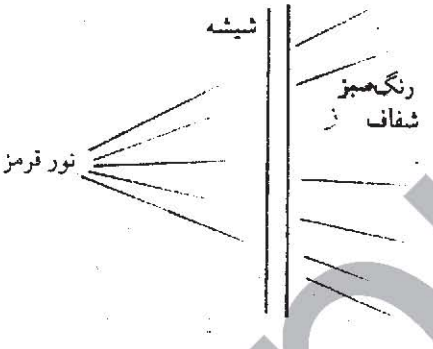
$$\sin i_{min} = n \sin r_{min} = \sqrt{۲} \sin ۳۰ = \frac{\sqrt{۲}}{۲}$$

$$i_{min} = ۴۵^\circ$$

بنابراین گزینهٔ (د) درست است.

۱۸ - در شکل (۱ ـ ۵۲) مقطع یک شیشه که قسمتی از آن به عنوان یک لایه رنگی شفاف سبز رنگ مشخص شده، نشان داده شده است.

چون شیشه بی‌رنگ است، نور به هر رنگی از آن می‌گذرد ولی لایهٔ شفاف سبز رنگ تنها نور سبز را از خود عبور می‌دهد و نور به هر رنگ دیگری در آن جذب می‌شود. نور لامپ قرمزی که پشت شیشه قرار گرفته است، از همه جای شیشه به جز آن قسمتی که رنگ سبز زده شده است می‌گذرد. پس از جملهٔ نوشته شده روی شیشه، نور قرمز نمی‌گذرد و جمله سیاه دیده می‌شود. بنابراین گزینهٔ (ج) درست است.



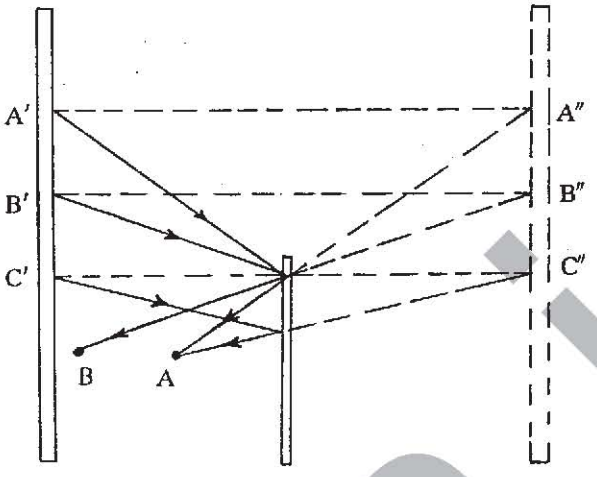
شکل (۱ ـ ۵۲)

۱۹ - آینه، دیوار و تصویر آن در آینه در شکل (۱ ـ ۵۳) نشان داده شده است. اگر چشم شخص در نقطهٔ A باشد، یک شعاع نورانی راکه از لبهٔ بالایی آینه باز تابیده است دریافت می‌کند. امتداد این شعاع نور، از نقطه A'' روی تصویر دیوار می‌گذرد. بنابراین شخص نقطهٔ A'' را که تصویر نقطهٔ A' از دیوار است می‌بیند. نقطه‌ای مانند C' از دیوار که از A' پائین‌تر است، با دریافت بازتاب نوری از نقطه‌ای پائین‌تر از لبهٔ آینه، دیده می‌شود. اگر فاصلهٔ شخص از دیوار زیادتر شود و چشم او در نقطهٔ B قرار بگیرد، آخرین نقطه‌ای که از تصویر دیوار توسط وی دیده می‌شود، نقطهٔ B'' است که از نقطهٔ A'' پائین‌تر است.

به این ترتیب هر چه فاصلهٔ شخص تا دیوار کمتر باشد، بالاترین نقطه‌ای از دیوار که دیده می‌شود، بالاتر خواهد بود. در نتیجه هر چه شخص به دیوار نزدیک‌تر باشد، مساحت بیشتری از دیوار را خواهد دید.

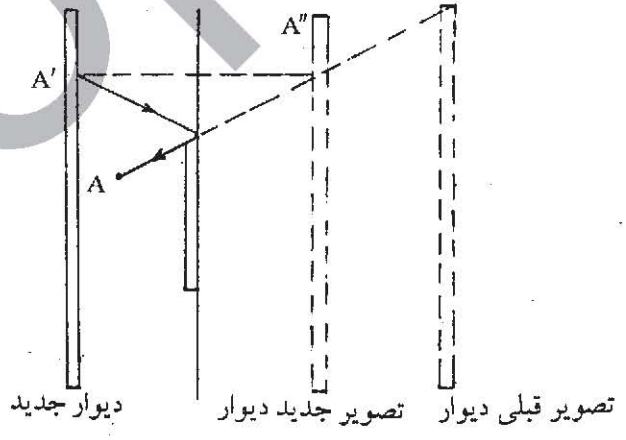
iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics



شکل (۱ ـ ۵۳)

در شکل (۱ ـ ۵۴) فاصلهٔ دیوار با آینه کمتر شده است. برای مقایسه با حالت قبل، تصویر قبلی دیوار نیز در شکل رسم شده است. چشم شخص را در نقطهٔ A در نظر گرفته‌ایم. امتداد نوری که از لبهٔ بالایی آینه بازتاب می‌کند، از نقطهٔ A'' ، تصویر جدید دیوار می‌گذرد و شخص می‌تواند حداکثر نقطهٔ A' از دیوار را ببیند. از شکل پیداست که شخص در این محل نقاط پایینتری از دیوار را می‌بیند، زیرا امتداد نوری که از لبهٔ بالایی آینه باز می‌تابد، نسبت به تصویر قبلی دیوار از نقطه پایینتری می‌گذرد. بنابراین هر چه دیوار به آینه نزدیک شود، مساحت کمتری از دیوار دیده خواهد شد.

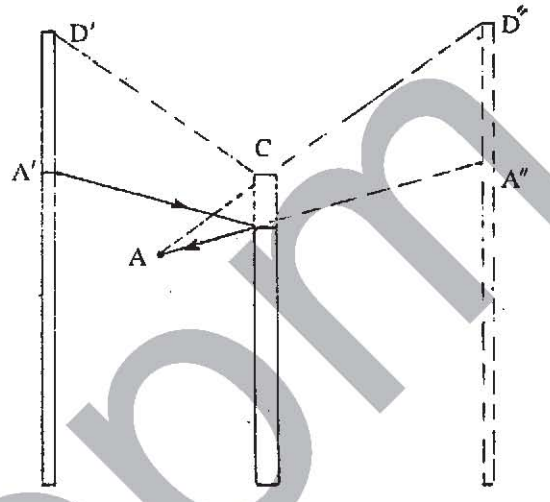


شکل (۱ ـ ۵۴)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

در شکل (۱ ـ ۵۵) فاصلهٔ دیوار و آینه، مانند شکل (۱ ـ ۵۳) در نظر گرفته شده است ولی اندازهٔ آینه کوچکتر شده است. مانند قبل بالاترین نقطه‌ای از دیوار که دیده می‌شود، مشخص شده است که نقطه A' است. اگر آینه بزرگتر بود، به طوریکه لبهٔ بالایی آن در نقطهٔ C بود، نقطهٔ D' نیز که از نقطهٔ A' بالاتر است دیده می‌شد. به این ترتیب هر چه مساحت آینه بزرگتر باشد، مساحت بیشتری از دیوار دیده می‌شود. بنابراین فاصلهٔ شخص تا آینه، مساحت آینه و فاصلهٔ دیوار تا آینه در مقدار مساحتی از دیوار که در آینه دیده می‌شود، تأثیر دارد. بنابراین گزینهٔ (د) درست است.



شکل (۱ ـ ۵۵)

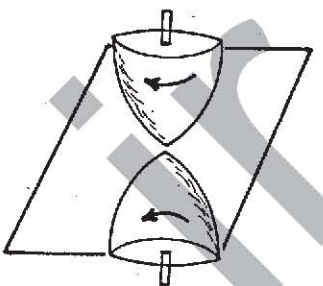
۲۰ – در شکل (۱ ـ ۵۶) فرفره و تصویر آن در آینه‌ای عمود بر محور فرفره نشان داده شده است.
در شکل (۱ ـ ۵۷) فرفره و تصویر آن در آینه‌ای به موازات محور آن نشان داده شده است.
روی هر کدام از فرفره‌ها علامتی برای نشان دادن جهت چرخش آن رسم شده است. تصویر این علامت نیز روی تصویر فرفره مشخص شده است. از شکل (۱ ـ ۵۶) پیداست که جهت چرخش فرفره و تصویرش یکسان است.

در حالی که از شکل (۱ ـ ۵۷) پیداست که چرخش فرفره و تصویرش در خلاف جهت یکدیگرند. به این ترتیب تصویر فرفرهٔ راستگرد در آینه‌ای که عمود بر محور فرفره است، راستگرد و در آینه‌ای که به موازات محور فرفره است، چپگرد می‌باشد. بنابراین گزینهٔ

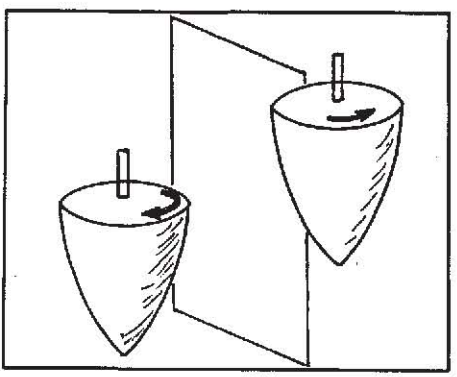
iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

(الف) درست است.



شکل (۱ ـ ۵۶)



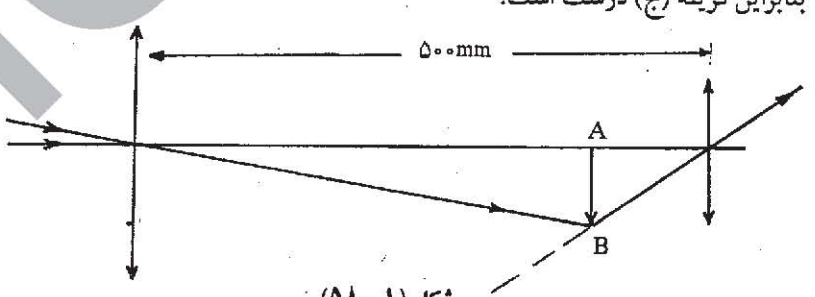
شکل (۱ ـ ۵۷)

۲۱ – در شکل (۱ ـ ۵۸) مسیر نور در یک دوربین نجومی نشان داده شده است. یک دسته نور موازی از جسمی که در فاصلهٔ بسیار دور قرار دارد، وارد عدسی شیئی می‌شود و تصویر حقیقی آن AB، روی کانون عدسی تشکیل می‌شود. عدسی چشمی را طوری تنظیم می‌کنند، که تصویر AB، مقدار بسیار کمی جلوتر از کانون آن باشد. در این صورت از تصویر AB به عنوان یک جسم حقیقی، تصویری مجازی و در فاصلهٔ بسیار دور از عدسی چشمی تشکیل می‌شود. در این حالت چشم سالم بدون تطابق این تصویر نهایی را می‌بیند. فاصلهٔ دو عدسی شیئی و چشمی دراین حالت برابرمجموع دو فاصله کانونی عدسیهاست. داریم:

$$F + f = ۵۰۰ \rightarrow F = ۵۰۰ - ۲۰ = ۴۸۰ \text{ m}$$

$$\gamma = \frac{F}{f} = \frac{۴۸۰}{۲۰} = ۲۴$$

بنابراین گزینهٔ (ج) درست است.



شکل (۱ ـ ۵۸)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

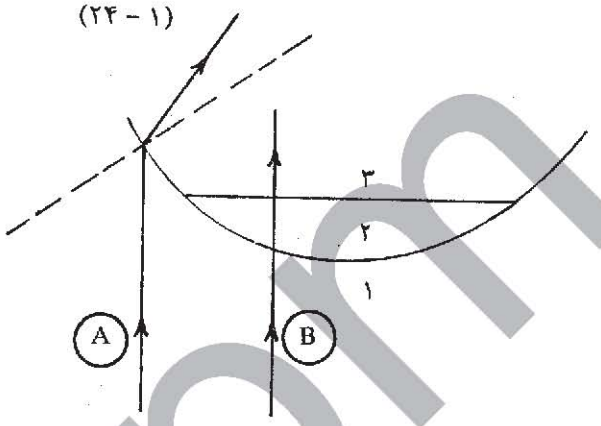
۲۲ - مسیر پرتوها در سه محیط در شکل (۱ ـ ۵۹) نشان داده شده است.

پرتو A درگذر از محیط ۱ به محیط ۳، به خط عمود بر مرز جدایی دو محیط نزدیکتر شده است، یعنی زاویهٔ شکست از زاویهٔ تابش کوچکتر شده است. پس داریم:

$$n_3 > n_1 \qquad (۲۳ - ۱)$$

پرتو B درگذر از محیط ۱ به محیط ۲ تغییر مسیر نداده است. یعنی، محیط ۱ و ۲ یکسان هستند. پس داریم:

$$n_1 = n_2 \qquad (۲۴ - ۱)$$



شکل (۱ ـ ۵۹)

پرتو B درگذر از محیط ۲ به ۳ نیز تغییر مسیر نداده است، ولی چون پرتو D بر مرز جدایی دو محیط ۲ و ۳ عمود است، یعنی زاویهٔ تابش صفر است، در هر صورت، زاویهٔ شکست صفر خواهد شد. در نتیجه نمی‌توان از این راه دربارهٔ ضریب شکست محیط‌های ۲ و ۳ اظهارنظر کرد. ولی از رابطهٔ (۱ ـ ۲۳) و (۱ ـ ۲۴) داریم:

$$n_3 > n_2 \qquad (۲۵ - ۱)$$

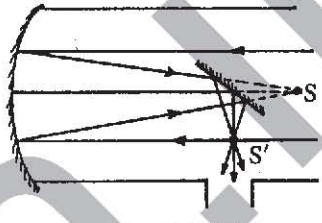
رابطه‌های (۱ ـ ۲۴) و (۱ ـ ۲۵) درگزینهٔ (ج) آمده است. پس گزینهٔ (ج) درست است.

۲۳ - آینهٔ مقعر تلسکوپ انعکاسی از یک ستاره، تصویری روی کانون به دست می‌دهد. باید با وسیله‌ای این تصویر را برای چشم ناظر آشکار ساخت. در شکل (۱ ـ ۶۰)، یک آینهٔ تخت برای این منظور به کار رفته است. نور ستاره به موازات محور آینه به آن می‌تابد و پس از

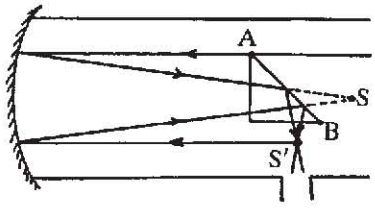
iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

بازتاب در نقطهٔ S جمع می‌شود. وقتی آینهٔ تخت را سر راه نورهای باز تابیده قرار می‌دهیم، نقطه S به عنوان یک جسم مجازی برای آینهٔ تخت به حساب می‌آید و تصویری حقیقی در محل S' از آن تشکیل می‌شود. نقطهٔ S' مانند یک منبع نور عمل می‌کند، یعنی شعاعهای نورانی باز تابیده از آینهٔ تخت پس از رسیدن به S' ادامه می‌یابند و به چشم ناظر می‌رسند، زیرا اگر یک منبع نورانی در محل S' قرار داشت، نیز همین کار اتفاق می‌افتاد.



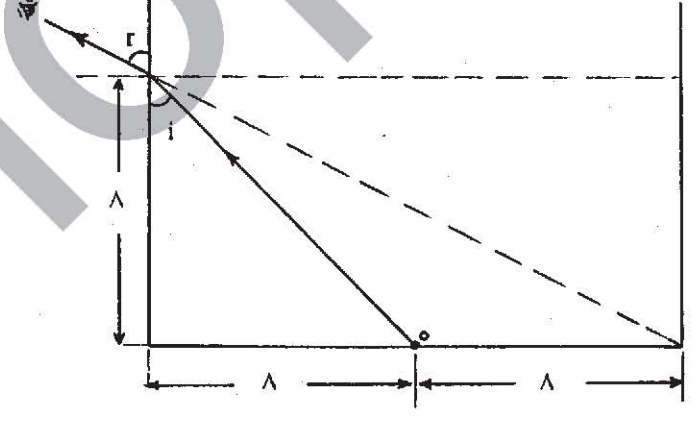
شکل (۱ ـ ۶۰)



شکل (۱ ـ ۶۱)

در شکل (۱ ـ ۶۱) همین کار با یک منشور بازتاب کلی انجام شده است. در این حالت، شعاعهای نورانی که به‌رخ AB منشور رسیده‌اند،از آن بازتاب‌کلی کرده ودر نقطهٔ S' جمع شده‌اند. چون آینهٔ مقعر نمی‌تواند چنین کاری را انجام دهد، بنابراین تنها آینه تخت و یا منشور بازتاب کلی، تلسکوپ راکامل می‌کند. در نتیجه گزینهٔ (ج) درست است.

۲۴ – در شکل (۱ ـ ۶۲) ظرفی که از مایع پر شده نشان داده شده است. برای دیدن نقطهٔ O، باید نوری از آن به چشم برسد. مسیر نور از نقطهٔ O تا لبهٔ ظرف وچشم ناظر در شکل نشان داده شده است. از روی شکل داریم:



شکل (۱ ـ ۶۲)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

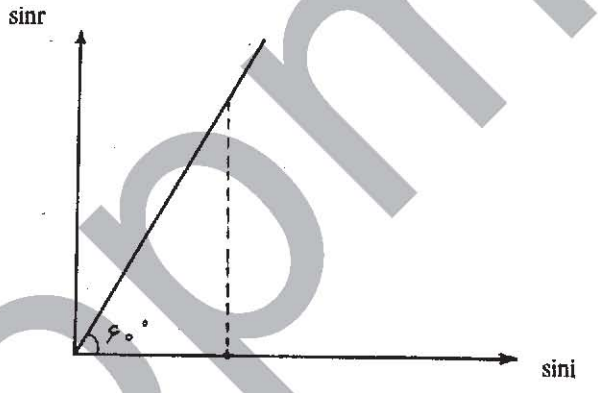
$$\sin i = \frac{۸}{\sqrt{(۸)^۲ + (۸)^۲}} = \frac{\sqrt{۲}}{۲}$$

$$\sin r = \frac{۱۶}{\sqrt{(۱۶)^۲ + (۸)^۲}} = \frac{۲}{\sqrt{۵}}$$

$$n = \frac{\sin r}{\sin i} = \frac{\frac{۲}{\sqrt{۵}}}{\frac{\sqrt{۲}}{۲}} = \frac{۴}{\sqrt{۱۰}} = \sqrt{\frac{۸}{۵}}$$

بنابراین گزینهٔ (ج) درست است.

۲۵ – نمودار تغییرات sin r بر حسب sin i در شکل (۱ ـ ۶۳) رسم شده است. نقطهٔ معینی را روی محور افقی در نظر می‌گیریم. در این زاویهٔ تابش، برای sin r از روی شکل داریم:



شکل (۱ ـ ۶۳)

$$\sin r = \text{tg}\, ۶۰^\circ \sin c^\circ = \sqrt{۳} \sin i \qquad (۲۶ - ۱)$$

چون $\sin r > \sin i$ است، پس $r > i$ است. با توجه به این که زاویهٔ i در محیط A و زاویهٔ r در محیط B است، در نتیجه محیط A از محیط B غلیظ‌تر است. چون سرعت نور در محیط غلیظ کمتر است، پس سرعت نور در محیط A کمتر است. پس گزینهٔ (الف) درست نیست.

با استفاده از قانون شکست نور داریم:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{V_A}{V_B} = \frac{\sqrt{۳}}{۳} \qquad (۲۷ - ۱)$$

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

در رابطهٔ (۱ ـ ۲۷) V_A و V_B به ترتیب سرعت نور در محیط A و B است.
از رابطهٔ (۱ ـ ۲۷) داریم:

$$V_A = \sqrt{\frac{۳}{۳}}\, V_B \qquad (۲۸ - ۱)$$

باتوجه به‌رابطهٔ (۱ـ۲۸)،گزینهٔ (ب)نیز نادرست‌است. باتوجه به‌تعریف‌ضریب‌شکست‌داریم:

ضریب شکست محیط A نسبت به B $= \frac{V_B}{V_A} = \sqrt{۳}$

به این ترتیب گزینهٔ (ج) نیز نادرست است. برای ضریب شکست مطلق دو محیط داریم:

$$n_A = \frac{C}{V_A} \quad n_B = \frac{C}{V_B} \qquad (۲۹ - ۱)$$

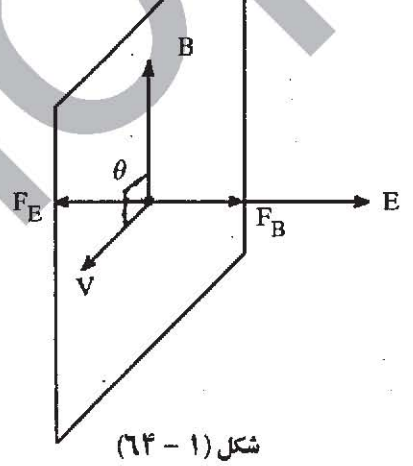
در رابطهٔ (۱ ـ ۲۹)، C سرعت نور در خلاء است. داریم:

$$\frac{n_A}{n_B} = \frac{v_B}{v_A} = \sqrt{۳}$$

$$n_A = \sqrt{۳}\, n_B \qquad (۳۰ - ۱)$$

از رابطهٔ (۱ ـ ۳۰) پیداست که ضریب شکست مطلق محیط A از ضریب شکست مطلق محیط B بزرگتر است. بنابراین گزینهٔ (د) درست است.

۲۶ ـ برای آن که سرعت الکترون ثابت بماند، باید نیروی وارد بر آن صفر باشد. در غیر این صورت نیروی وارد بر الکترون به آن شتاب داده و سرعتش را تغییر می‌دهد. در شکل (۱ ـ ۶۴) میدان الکتریکی E و میدان مغناطیسی B که بر هم عمودند، نشان داده شده است. سرعت الکترون به هر ترتیبی که باشد، نیروی وارد بر الکترون از طرف میدان الکتریکی، در راستای میدان و چون بار الکتریکی الکترون منفی است در خلاف جهت آن است. این نیرو در شکل با F_E نشان داده شده است. برای آن که برآیند نیروی وارد بر الکترون صفر باشد، باید نیروی وارد بر الکترون از طرف میدان مغناطیسی هم راستا، هم اندازه



شکل (۱ ـ ۶۴)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

و در خلاف جهت نیروی الکتریکی باشد. این نیرو با F_B در شکل نشان داده شده است. نیروی طرف میدان مغناطیسی هم بر میدان مغناطیسی و هم بر سرعت بار عمود است. اگر صفحه‌ای عمود بر میدان الکتریکی در نظر بگیریم، سرعت الکترون باید روی این صفحه باشد. در این صورت F_B هم بر B و هم بر V عمود خواهد بود. آشکار است که V بر E نیز عمود است. اگر زاویهٔ B با V مطابق شکل برابر با θ باشد، اندازهٔ نیروی مغناطیسی چنین است:

$$F_B = e\, v\, B \sin\theta \qquad (۳۱-۱)$$

از رابطهٔ (۱ ـ ۳۱) پیداست. اگر θ برابر π و یا صفر باشد، یعنی V با B موازی باشد، $F_B = ۰$ است. بنابراین نباید V با B موازی باشد. اندازهٔ نیروی الکتریکی وارد بر الکترون چنین است.

$$F_E = e\, E \qquad (۳۲-۱)$$

برای آن که برآیند نیروی وارد بر الکترون صفر باشد، باید

$$F_E = F_B \rightarrow V\, B \sin\theta = E$$

$$V = \frac{E}{B \sin\theta} \qquad (۳۳-۱)$$

در حالت خاصی که $\theta = \frac{\pi}{۲}$ باشد، سرعت الکترون بر B عمود است و مقدار آن چنین است

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

بنابراین اگر سرعت الکترون بر E و بر B عمود باشد و مقدارش $\frac{E}{B}$ باشد، سرعت الکترون ثابت می‌ماند. به این ترتیب گزینهٔ (د) درست است.

۲۷ – هنگامی که کلید k را می‌بندیم، مقاومت $R_۲$ از مدار حذف می‌شود و تنها مقاومتهای $R_۱$ و $R_۳$ در مدار می‌مانند. چون مقاومت مدار کم شده است، شدت جریان مدار زیادتر می‌شود. به این ترتیب ولتمتر $V_۲$، عدد بزرگتری را نشان می‌دهد. چون باتریها مقاومت داخلی دارند، عبور جریان از باتریها افت داخلی به وجود می‌آورد و هنگامی که جریان مدار زیادتر می‌شود، افت داخلی نیز بیشتر می‌شود.

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

اختلاف پتانسیل دو سر باتریها که توسط ولتمتر V_1 نشان داده می‌شود، به اندازهٔ افت داخلی از مجموع نیروی محرکهٔ آنها کمتر است. پس با افزایش افت داخلی، اختلاف پتانسیل دو سر باتریها کمتر می‌شود و V_1 عدد کمتری خواهد شد. بنابراین گزینهٔ (ج) درست است.

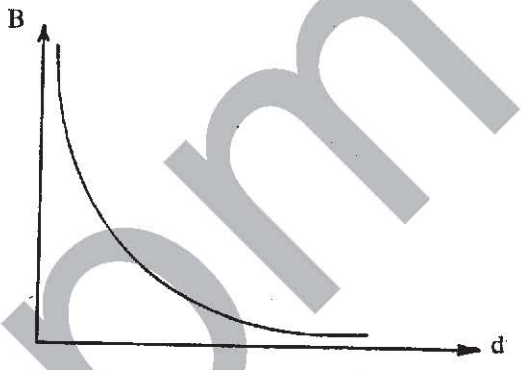
۲۸ – میدان مغناطیسی در اطراف یک سیم راست با فاصله از سیم نسبت عکس دارد، یعنی

$$B \propto \frac{1}{d} \rightarrow B = \frac{A}{d}$$

که ،

رسم شود، شکلی مانند شکل

(۱ -



شکل (۱ - ۶۵)

۲۹ – نقطه‌ای از رشتهٔ درون لامپ را در نظر می‌گیریم. برای آن که از رشتهٔ لامپ جریان ۰/۱ آمپر بگذرد، باید از این نقطه در هر ثانیه ۰/۱ کولن بار الکتریکی بگذرد. هر الکترون که از این نقطه می‌گذرد، $۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}$ کولن بار از آن نقطه گذشته است. اگر در یک میلی ثانیه (۰/۰۰۱ ثانیه) تعداد الکترونها که گذشته‌اند، n باشد، داریم:

$$n \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} = ۰/۱ \times ۰/۰۰۱$$

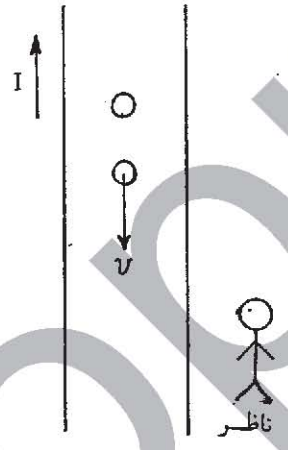
$$n = ۶/۲۵ \times ۱۰^{۱۴}$$

بنابراین گزینهٔ (الف) درست است.

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

۳۰ - یک سیم حامل جریان، مطابق شکل (۱ ـ ۶۶) در نظر بگیرید. جریان الکتریکی در سیم، به علت حرکت الکترونهای آزاد سیم است. چون بار الکتریکی الکترون منفی‌است، سرعت الکترونها در خلاف جهت قراردادی جریان است. بنابراین سرعت الکترونها در این سیم رو به پایین است. ناظری که بیرون سیم قرار دارد، الکترونها را در حرکت می‌بیند. اگر یک ناظر همراه الکترونها حرکت کند، این ناظر الکترونها را ساکن می‌انگارد، ولی به نظرش می‌رسد که ناظر بیرونی حرکت دارد. برای توضیح بیشتر، فرض کنید شخصی کنار خیابان ایستاده است و به مسافرینی که در یک اتوبوس هستند نگاه می‌کند. هنگامی که اتوبوس حرکت دارد، مسافرین نیز با آن حرکت می‌کنند و به نظر آن شخص می‌رسد که مسافرین با سرعت معینی نسبت به او حرکت دارند. از طرف دیگر به نظر مسافرین می‌رسد که خودشان ساکن هستند و شخص کنار خیابان با سرعت معینی نسبت به آنان حرکت دارد. به این ترتیب دو جسم که نسبت به هم حرکت دارند، هر کدام ممکن است خود را ساکن انگاشته و نظر دهد که دیگری در حرکت است. الکترونهای متحرک در سیم حامل جریان و ناظری که بیرون سیم قرار دارد نیز همین وضعیت را نسبت به هم دارند. بنابراین می‌توان گفت جریان الکتریکی هنگامی است که ناظری نسبت به الکترونها حرکت داشته باشد. می‌دانید که یک سیم حامل جریان در اطراف خود میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند. بنابراین وقتی ناظر نسبت به الکترون حرکت می‌کند، به علت حرکت، میدان مغناطیسی مشاهده خواهد کرد. علاوه بر آن هر بار الکتریکی، در اطراف خود میدان الکتریکی ایجاد می‌کند. به این ترتیب این ناظر هم میدان الکتریکی و هم میدان مغناطیسی مشاهده خواهد کرد. در نتیجه گزینهٔ (ج) درست است.



شکل (۱ ـ ۶۶)

۳۱ ـ مدار موردنظر با کلید بسته در شکل (۱ ـ ۶۷) نشان داده شده است. خازن ۸ و ۲ میکرو فاراد با یکدیگر موازی‌اند و می‌توان به جای آنها یک خازن ۱۰ میکرو فاراد قرار داد. هم چنین خازنهای ۶ و ۴ میکروفاراد نیز موازی‌اند و می‌توان به جای آنها یک خازن ۱۰ میکروفاراد قرار داد.

iopm.ir

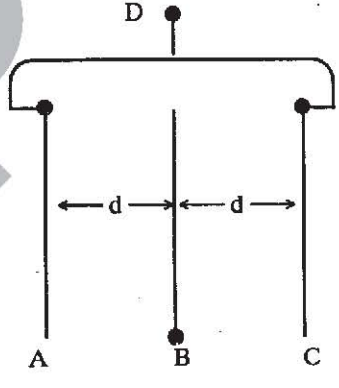
Institute Of Physics & Mathematics

صفحه‌ها را که مخالف آن هستند جذب می‌کنند. در نتیجه مقداری از بارهای مثبت پخش شده روی الکتروسکوپ به صفحهٔ B بر می‌گردد. به این ترتیب بار ورقه‌های الکتروسکوپ کم می‌شود و انحراف ورقه‌ها کمتر می‌شود. در نتیجه گزینهٔ (الف) درست است.

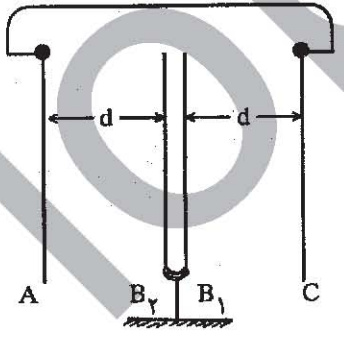
۳۳ - سه صفحهٔ فلزی موازی مطابق شکل (۱ - ۷۰) در نظر بگیرید که دو صفحهٔ A و C به یکدیگر وصل شده‌اند. فرض کنید دو سر یک باتری را به نقطهٔ D و صفحهٔ B وصل کرده‌ایم. برای توضیح نقش این صفحه‌ها، صفحهٔ B را با دو صفحهٔ B_1 و B_2 که به هم متصل‌اند، جایگزین می‌کنیم که در شکل (۱ - ۷۱) رسم شده است. صفحهٔ A و صفحهٔ B_2، یک خازن و صفحهٔ C و صفحهٔ B_1 یک خازن دیگر تشکیل می‌دهند. از این دو خازن صفحه‌های مشابه به هم وصل شده و دو سر باتری به دو نقطه‌ای که از اتصال صفحه‌ها ایجاد شده متصل شده است. به این ترتیب دو خازن موازی هم بسته شده‌اند. اگر مساحت صفحه‌ها s باشد، ظرفیت هر خازن چنین است:

$$C_1 = \varepsilon_0 \frac{s}{d} \qquad (۳۴ - ۱)$$

اگر صفحهٔ میانی را از جای خود حرکت دهیم به طوریکه بخشی از مساحت آن مقابل صفحه‌های کناری باشد، باید در رابطهٔ (۱ - ۳۴) به جای s، مساحت مقابل به هم صفحه‌ها را قرار داد. اکنون تعداد صفحه‌ها را زیادتر می‌کنیم.



شکل (۱ - ۷۰)



شکل (۱ - ۷۱)

در شکل (۱ - ۷۲) ۴ صفحهٔ A_1، A_2، A_3، A_4 به هم وصل شده‌اند و سه صفحهٔ B_1، B_2، B_3 میان آنها قرار گرفته است. ملاحظه می‌شود که ۶ خازن ایجاد می‌شود که یک صفحه از

iopm.ir

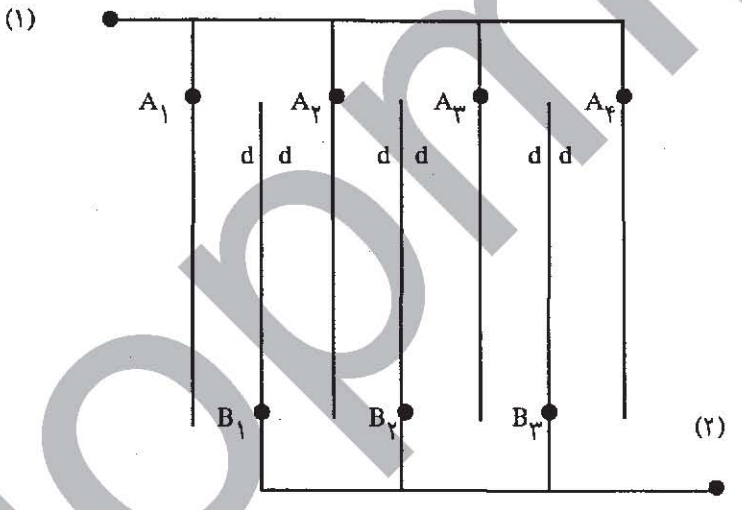
Institute Of Physics & Mathematics

همهٔ آنها به یک نقطه متصل شده است (نقطهٔ ۱) و یک صفحهٔ دیگر از همهٔ آنها به نقطهٔ دیگری (نقطهٔ ۲) متصل شده است. بنابراین ۶ خازن که به طوری موازی به هم بسته شده‌اند، به دست آمده است. ظرفیت مجموعه، ۶ برابر ظرفیت یک خازن که در رابطهٔ (۱ ـ ۳۴) آمده است می‌باشد. یعنی:

$$C = ۶\, C_۱ = ۶\varepsilon_۰ \frac{s}{d}$$

بنابراین گزینهٔ (ج) درست است.

برای تغییر ظرفیت می‌توان صفحه‌های B را مانند کشو از میان صفحه‌های A بیرون کشید و یا آنها را مانند شکلی که در صورت مسئله آمده است دور محوری چرخاند به طوری که بخشی از مساحت صفحه‌های B بیرون صفحه‌های A قرار بگیرند.



شکل (۱ ـ ۷۲)

۳۴ ـ میدان مغناطیسی را که در شکل با بردار **B** نشان داده شده است می‌توان به دو بردار $\mathbf{B}_n$ عمود بر صفحهٔ قاب و $\mathbf{B}_T$ مماس بر صفحهٔ قاب تجزیه کرد. آشکار است که تنها مؤلفهٔ $\mathbf{B}_n$ میدان مغناطیسی شار از صفحهٔ قاب می‌گذراند. به عبارت دیگر تنها این مؤلفهٔ از میدان مغناطیسی است که خطوط میدان مربوط به آن از یک طرف صفحهٔ قاب به طرف دیگر آن

iopm.ir

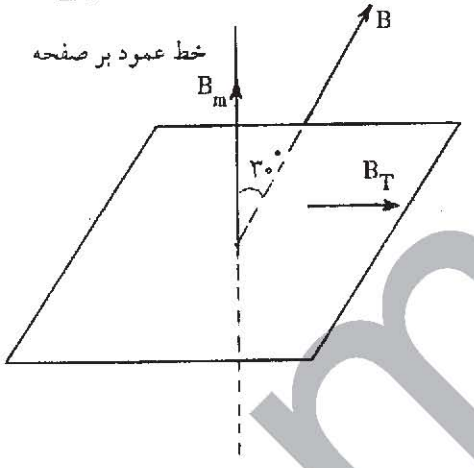
Institute Of Physics & Mathematics

می‌رود. بنابراین شار مغناطیسی که از صفحهٔ قاب می‌گذرد، چنین است:

$$\phi = B_n S = S B \cos ۳۰$$

نیروی محرکهٔ الکتریکی القا شده در قاب چنین است:

$$E = \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = \frac{\Delta (S B \cos ۳۰)}{\Delta t}$$



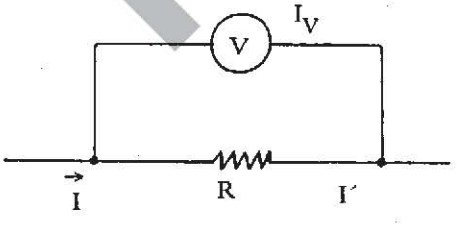
در رابطهٔ بالا، تنها کمیت متغیر، B است و کمیت‌های مساحت و زاویه ثابت هستند. پس داریم:

$$E = S \cos ۳۰ \frac{\Delta B}{\Delta t} = ۴ \times ۱۰^{-۴} \times \frac{\sqrt{۳}}{۲} \times \frac{۰/۵ - ۰}{۲۰۰ \times ۱۰^{-۶}} = ۳/۴۷ \text{ V}$$

پس گزینهٔ (د) درست است.

۳۵ ـ فرض کنید می‌خواهیم اختلاف پتانسیل دو سر یک مقاومت را که جریان I از آن می‌گذرد، مطابق شکل (۱ ـ ۷۳) اندازه بگیریم.

آشکار است که باید دو سر ولتمتر را به دو سر مقاومت وصل کنیم. در این حالت بخشی ازجریان I از ولتمتر گذشته و مقدار کمتری از مقاومت R می‌گذرد. ملاحظه می‌شود که عمل اندازه‌گیری، در آنچه می‌خواهیم اندازه بگیریم، یعنی



شکل (۱ – ۷۳)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت، تأثیر گذارده و آنرا تغییر داده است. هر چه مقاومت درونی ولتمتر، R_v، کوچکتر باشد، جریان بیشتری از آن می‌گذرد. فرض کنید پس از اتصال ولتمتر، جریان I به دو قسمت I' و I_v در مقاومت و ولتمتر تقسیم شود. داریم:

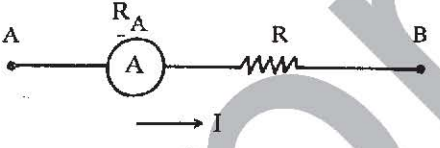
$$I' R = R_v I_v = R_v (I - I')$$

$$I' = \frac{R_v}{R_v + R} I \qquad (۳۵ - ۱)$$

پیش از اتصال ولتمتر، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت $V = I R$ بوده است ولی پس از آن $V' = I' R$ می‌شود که از V کوچکتر است.

$$V' = I' R = \frac{R_v}{R_v + R} I R = \frac{R_v}{R_v + R} V \qquad (۳۶ - ۱)$$

آشکار است که عمل اندازه‌گیری باید حتی‌المقدور اثر کمتری بر نتیجه اندازه‌گیری بگذارد، یعنی V' به V تا حدی که ممکن است نزدیک باشد. از رابطهٔ (۱ ـ ۳۶) پیداست که برای این منظور باید $R_v >> R$ باشد. در نتیجه مقاومت درونی ولتمتر معمولاً بسیار بزرگ انتخاب می‌شود.



شکل (۱ ـ ۷۴)

اکنون فرض کنید می‌خواهیم شدت جریان را در یک مقاومت اندازه بگیریم. برای این کار باید آمپرمتر مطابق شکل (۱ ـ ۷۴) سر راه جریان قرار گیرد.

پیش از قرار دادن آمپرمتر، میان دو نقطهٔ A و B تنها مقاومت R قرار داشت ولی پس از آن مقاومت درونی آمپر، R_A، نیز به آن اضافه می‌شود. اگر اختلاف پتانسیل میان دو نقطهٔ A و B مقدار V فرض شود، قبل از قرار دادن آمپرمتر، داریم:

$$I = \frac{V}{R} \qquad (۳۷ - ۱)$$

پس از قرار دادن آمپرمتر، جریانی که از مقاومت می‌گذرد، I' بوده که مقدار آن از رابطهٔ زیر به دست می‌آید.

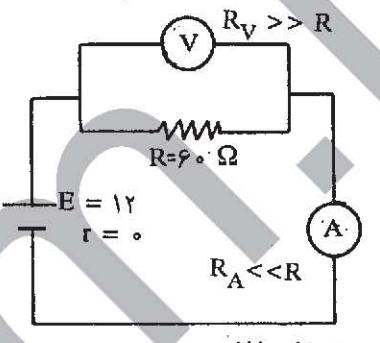
$$I' = \frac{V}{R + R_A} \qquad (۳۸ - ۱)$$

iopm.ir

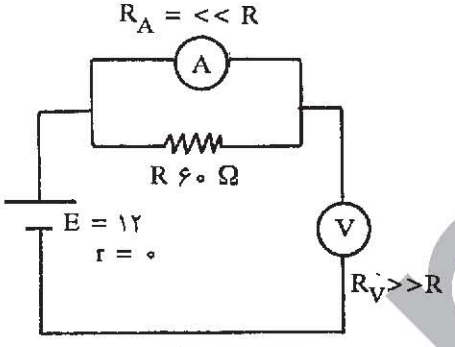
Institute Of Physics & Mathematics

برای آن که عمل اندازه‌گیری کمترین تأثیر را در نتیجهٔ اندازه‌گیری داشته باشد، یعنی تا حدی که ممکن است I' به I نزدیک باشد از مقایسهٔ دو رابطه (۱ ـ ۳۷)) و (۱ ـ ۳۸) معلوم می‌شود که باید $R >> R_A$ باشد. در نتیجه مقاومت درونی آمپرمتر معمولاً بسیار کوچک انتخاب می‌شود.

مدار اصلی و مداری که از جابجایی آمپرمتر و ولتمتر به دست می‌آید، به ترتیب در شکلهای (۱ ـ ۷۵) و (۱ ـ ۷۶) نشان داده شده است.

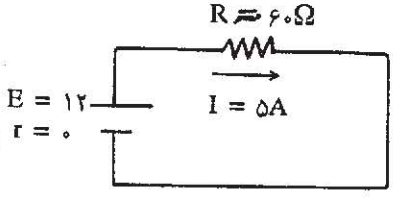


شکل (۱ ـ ۷۵)

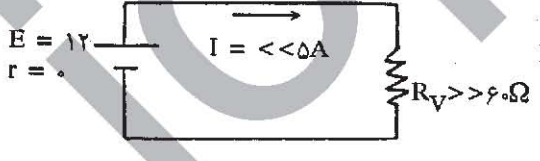


شکل (۱ ـ ۷۶)

با توضیحاتی که داده شد، می‌توان مدار معادل این دو مدار را به دست آورد. مدار معادل شکلهای (۱ ـ ۷۵) و (۱ ـ ۷۶) به ترتیب در شکلهای (۱ ـ ۷۷) و (۱ ـ ۷۸) رسم شده است.



شکل (۱ ـ ۷۷)



شکل (۱ ـ ۷۸)

در شکل (۱ ـ ۷۷) به جای مقاومتهای R و R_v، معادل آنها که تقریباً برابر با R است قرار داده و از مقاومت R_A چشم پوشیده‌ایم. بنابراین در این حالت جریان مدار $I \simeq ۵\ A$ می‌شود. در شکل (۱ ـ ۷۸) به جای مقاومتهای موازی R و R_A، یک سیم بدون مقاومت قرار داده‌ایم.

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

در این حالت $I << 5\ A$ است. چون جریانی که از دو مقاومت موازی می‌گذرند، به نسبت عکس مقاومتهاست تقریباً تمامی این جریان از آمپرمتر می‌گذرد و از مقاومت R که موازی با آن است تقریباً جریانی نمی‌گذرد. به این ترتیب با عوض کردن جای آمپرسنج و ولت‌سنج، جریان بسیار کم شده و جریان در مقاومت R از جریان در آمپرسنج کمتر است. بنابراین گزینهٔ (ب) درست است.

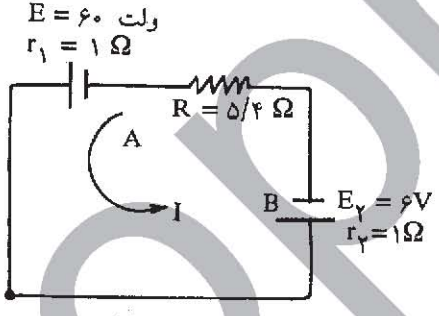
۳۶ - به جای دو مقاومت موازی ۳ Ω و ۶ Ω می‌توان معادل آن را قرار داد. داریم:

$$\frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{1}{2} \rightarrow R_1 = 2\ \Omega$$

اکنون می‌توان به جای دو مقاومت R_1 و مقاومت ۳/۴ Ω که متوالی هستند، معادل آن را گذارد. داریم:

$$R = R_1 + 3/4 = 2 + 3/4 = 5/4\ \Omega$$

به این ترتیب مدار به صورت شکل (۱ ـ ۷۸) خواهد شد. در این مدار دو باتری قرار دارد که قطب‌های مثبت آنها به یکدیگر متصل است. در این حالت جهت جریان در مدار، مطابق شکل (۱ ـ ۷۹) است، یعنی جهتی که باتری با نیروی محرکهٔ بزرگتر در مدار ایجاد می‌کند. برای به دست آوردن جریان از یک نقطهٔ مدار مثلاً o آن را دور می‌زنیم. جهت دور زدن روی مدار می‌تواند در جهت جریان و یا خلاف جهت آن باشد. در این دور زدن در برخی قسمتها، اختلاف پتانسیل مثبت است، یعنی نقطهٔ بعدی پتانسیل بالاتری از نقطهٔ قبلی دارد. در برخی قسمتها عکس آن اتفاق می‌افتد، یعنی نقطهٔ بعدی پتانسیل پایینتری از نقطهٔ قبلی دارد. منظور از نقطهٔ قبلی نقطه‌ای است که هنگام دور زدن ابتدا به آن می‌رسیم. در مداری که تنها دارای باتری و مقاومت باشد، مثبت یا منفی بودن پتانسیل به این ترتیب است.



شکل (۱ ـ ۷۹)

الف) قطب مثبت باتری پتانسیل بالاتری از قطب منفی آن دارد.

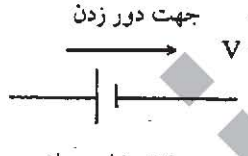
ب) جهت جریان در یک مقاومت به طرف پتانسیل پایینتر است.

به این ترتیب اگر در دور زدن مدار، از قطب مثبت به طرف قطب منفی باتری برویم، بر طبق

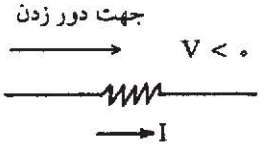
iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

قاعدهٔ (الف) اختلاف پتانسیل منفی است. اگر در دور زدن مدار، در جهت جریان حرکت کنیم، بر طبق قاعدهٔ (ب) اختلاف پتانسیل در یک مقاومت و از جمله مقاومت داخلی باتری منفی است. این دو قاعده در شکلهای (۱ ـ ۸۰) و (۱ ـ ۸۱) نشان داده شده است.



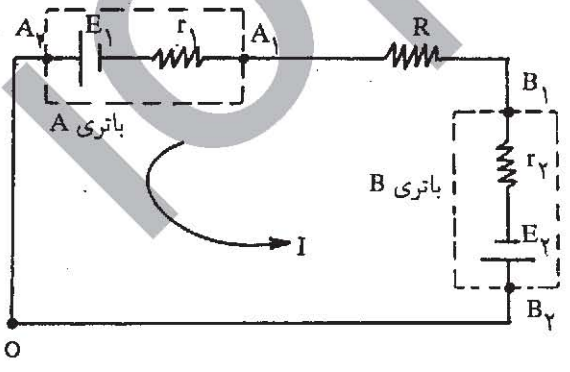
شکل (۱ ـ ۸۰)



شکل (۱ ـ ۸۱)

قاعدهٔ (الف) و (ب) کاملاً مستقل از یکدیگرند، به این معنی که جهت جریان در باتری، نقشی در تعیین علامت اختلاف پتانسیل در باتری نقشی ندارد و قطب‌های باتری نیز در تعیین علامت اختلاف پتانسیل مربوط به مقاومت داخلی باتری نقشی ندارد. هنگامی که مدار را به طور کامل دور می‌زنیم، چون به جای اول می‌رسیم، باید مجموع اختلاف پتانسیل قسمتهای مختلف صفر باشد و یا مجموع اختلاف پتانسیلهای مثبت، با مجموع اختلاف پتانسیلهای منفی هم اندازه باشد. مدار شکل (۱ ـ ۷۹) مجدداً در شکل (۱ ـ ۸۲) رسم شده است.

در این شکل برای توضیح بهتر، مقاومت درونی باتریها نیز رسم شده است ولی باید توجه کرد که دو سر مقاومت داخلی به تنهایی در دسترس نیست. به عبارت دیگر دو نقطه‌ای از مدار که به مستطیل‌های خط‌چین خارج وصل می‌شود، دو سر باتری است.



شکل (۱ ـ ۸۲)

اکنون در جهت جریان مدار را دور می‌زنیم و اختلاف پتانسیل را در هر قسمت با استفاده از دو قاعدهٔ یاد شده تعیین می‌کنیم.

الف) در باتری B، از قطب مثبت به قطب منفی، اختلاف پتانسیل E_2 – است.

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

ب) در مقاومت r_2 ، در جهت جریان، اختلاف پتانسیل $-r_2 I$ است

ج) در مقاومت R ، در جهت جریان، اختلاف پتانسیل $-R I$ است

د) در مقاومت r_1 ، در جهت جریان، اختلاف پتانسیل $-r_1 I$ است

هـ) در باتری A ، از قطب منفی به قطب مثبت، اختلاف پتانسیل E_1 است.

اگر مجموع اختلاف پتانسیلها را برابر صفر قرار دهیم، داریم:

$$E_1 - E_2 - r_2 I - I R - r_1 I = 0$$

$$I = \frac{E_1 - E_2}{r_1 + r_2 + R} = \frac{60 - 6}{1 + 1 + 5/4} = \frac{54}{7/4} = 7/3\ A$$

این نکته را باید تذکر داد که پیش‌بینی جهت جریان از ابتدا ضرورتی ندارد و می‌توان به دلخواه جهتی را برای جریان فرض و مسئله را بر آن اساس حل کرد.

اگر جریات مثبت به دست آمد، جهت پیش‌بینی شده درست و در صورتی که جریان منفی به دست آمد، مقدار آن درست ولی جهت آن باید وارون شود.

اختلاف پتانسیل دو سر باتریها را نیز با همان دو قاعدهٔ یاد شده می‌توان تعیین کرد. در مورد باتری A ، اگر از نقطهٔ A_1 به نقطهٔ A_2 برویم، داریم:

$$V_A = E_1 - I r_1 = 60 - 7/3 \times 1 = 52/7\ V$$

در مورد باتری B ، اگر از نقطهٔ B_1 به نقطهٔ B_2 برویم، داریم

$$V_B = E_2 + I r_2 = 6 + 7/3 \times 1 = 13/3\ V$$

به این ترتیب گزینهٔ (د) درست است.

۳۷ - هنگامی که کلید k باز است جریان سیم‌پیچ B و در نتیجه میدان مغناطیسی آن صفر است. در این حالت هیچ شار مغناطیسی از سیم‌پیچ A نمی‌گذرد. با بستن کلید، جریان و در نتیجه میدان مغناطیسی در سیم‌پیچ از صفر به مقدار معینی می‌رسد. در این حالت شار مغناطیسی که از سیم‌پیچ A می‌گذرد نیز از صفر به مقدار معینی می‌رسد. چون در سیم‌پیچ A تغییر شار مغناطیسی به وجود آمده است نیروی محرکهٔ الکتریکی در آن القا شده و جریانی از گالوانومتر می‌گذرد. در تمام مدتی که کلید بسته است، جریان الکتریکی که از سیم B می‌گذرد، میدان مغناطیسی آن و نیز شار مغناطیسی که از سیم‌پیچ A می‌گذرد ثابت هستند.

iopm.ir

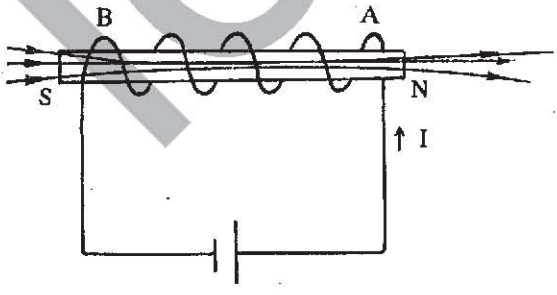
Institute Of Physics & Mathematics

در نتیجه نیروی محرکهٔ القایی در سیم‌پیچ A صفر است و گالوانومتر در تمام مدتی که کلید بسته است انحرافی نشان نمی‌دهد. با قطع کلید k ، جریان در سیم‌پیچ B و نیز میدان مغناطیسی آن از مقدار معینی به صفر می‌رسد و شار مغناطیسی نیز که از سیم‌پیچ A می‌گذرد از مقدار معینی به صفر می‌رسد. به علت تغییر شار مغناطیسی در سیم‌پیچ A، نیروی محرکهٔ الکتریکی در آن القا و گالوانومتر منحرف می‌شود. چون تغییر شار در دو حالت خلاف یکدیگر است (بار اول شار مغناطیسی از صفر به مقدار معینی می‌رسد و بار دیگر شار مغناطیسی از مقدار معینی به صفر می‌رسد) نیروی محرکهٔ القایی و در نتیجه انحراف گالوانومتر در دو جهت است. به این ترتیب نمودار گزینهٔ (الف) پاسخ درست است.

۳۸ - با دقت در مدار، آشکار است که هر سه خازن موازی هستند. وقتی کلید k' قطع و کلید k وصل است، هر سه خازن پر می‌شوند. پس از قطع کلید k ، هر سه خازن از باتری جدا می‌شوند و هنگامی که کلید k' را می‌بندیم، دو سر هر سه خازن به یکدیگر وصل و در نتیجه بار هر سه خازن خالی می‌شود. بنابراین گزینهٔ (ج) درست است.

۳۹ - سیم اصلی دارای حجم AL است. در کلیهٔ حالتها نیز که در چهار گزینه آمده است. حجم سیم همان AL است که البته همین طور هم باید باشد. چون مقاومت یک سیم متناسب با طول و متناسب با عکس سطح مقطع است، هر چه طول سیم کوچکتر و در نتیجه مقطع آن بزرگتر باشد، مقاومت آن کمتر است. پس گزینهٔ (د) که طول سیم $\frac{L}{3}$ و سطح مقطع آن $3A$ است، از همهٔ حالتها کمتر است. به این ترتیب گزینهٔ (د) درست است.

۴۰ - گزینهٔ (الف) در شکل (۱ ـ ۸۳) نشان داده شده است. با قاعدهٔ چهار انگشت دست راست (چهار انگشت در جهت جریان سیم‌پیچ، انگشت شست در جهت میدان مغناطیسی) جهت میدان مغناطیسی از B به A خواهد بود که در شکل (۱ ـ ۸۳) مشخص شده است. در یک تیغهٔ آهنربا، خطوط میدان مغناطیسی از قطب N خارج و به قطب S وارد می‌شود. به این ترتیب سر A ، قطب N خواهد بود و در نتیجه گزینهٔ (الف) درست نیست.

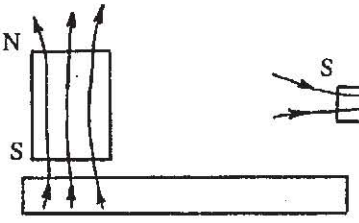


شکل (۱ ـ ۸۳)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

گزینهٔ (ب) در شکل (۱ ـ ۸۴) رسم شده است. همان‌طور که گفته شد، خطوط میدان مغناطیسی از قطب N خارج می‌شوند. میلهٔ آهنی وقتی در میدان مغناطیسی آهنربا قرار می‌گیرد، طوری آهنربا می‌شود که خطوط میدان حاصل از آن، در همان جهت خطوط میدان آهنربا باشد. به این ترتیب خطوط میدان مغناطیسی میلهٔ AB از سر B وارد شده و از سر A خارج می‌شود. پس سر A قطب N خواهد شد. بنابراین گزینهٔ (ب) نیز درست نیست.

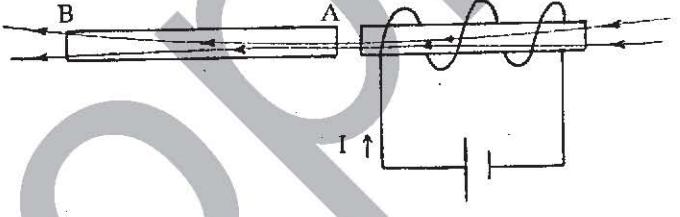


شکل (۱ ـ ۸۵)

شکل (۱ ـ ۸۴)

گزینهٔ (ج) در شکل (۱ ـ ۸۵) رسم شده است. با همان توضیح آشکار است که لبهٔ زیری میلهٔ AB قطب S و لبهٔ بالایی آن قطب N خواهد شد.

گزینهٔ (د) در شکل (۱ ـ ۸۶) رسم شده است. با استفاده از قاعدهٔ چهار انگشت دست راست



شکل (۱ ـ ۸۶)

جهت خطوط میدان مغناطیسی در هسته و سیم‌پیچ را می‌توان به دست آورد که در شکل (۱ـ۸۶) مشخص شده است. چون خطوط میدان مغناطیسی در میلهٔ AB نیز در همان جهت است، خطوط میدان مغناطیسی از سر A وارد و از سر B خارج می‌شود. به این ترتیب سر A قطب S خواهد بود. بنابراین گزینهٔ (د) درست است.

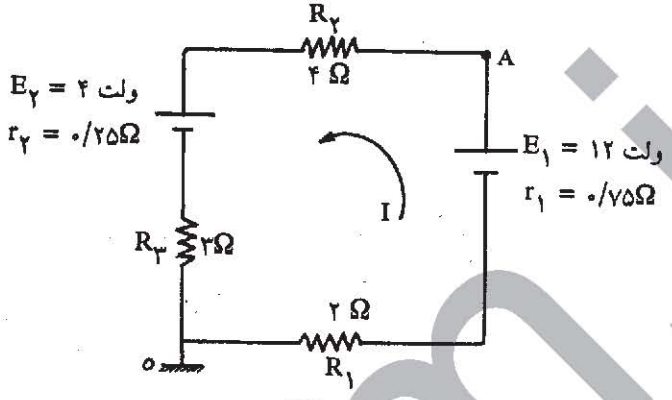
۴۱ ـ مدار موردنظر در شکل (۱ ـ ۸۷) رسم شده است. اگر مدار را از نقطهٔ o در جهت جریان که روی مدار مشخص شده است، دور بزنیم و مجموع اختلاف پتانسیلها را برابر صفر قرار دهیم داریم:

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

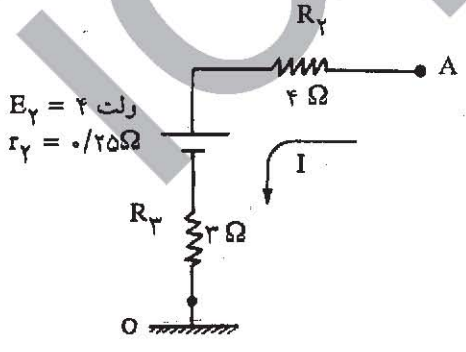
$$-R_1 I - r_1 I + E_1 - R_2 I - E_2 - r_2 I - R_3 I = 0$$

$$I = \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_2 + R_3 + r_1 + r_2} = \frac{۱۲ - ۴}{۲ + ۴ + ۳ + ۰/۷۵ + ۰/۲۵} = ۰/۸\ A$$

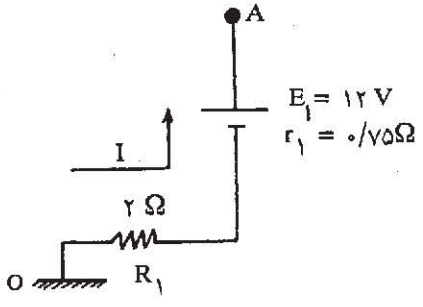


شکل (۱ ـ ۸۷)

چون جریان به دست آمده مثبت است، پس جهت پیش‌بینی شده درست بوده است. منظور از پتانسیل نقطهٔ A اختلاف پتانسیل آن نقطه با نقطهٔ معینی است که پتانسیل آن را صفر فرض می‌کنیم. در این پتانسیل نقطهٔ o را که اصطلاحاً به زمین متصل شده است، صفر فرض کرده‌ایم. برای یافتن پتانسیل نقطهٔ A باید از نقطهٔ o به نقطهٔ A برویم و اختلاف پتانسیل را با رعایت دو قاعده‌ای که گفته شد محاسبه کنیم. این کار را می‌توان از دو مسیر انجام داد که در شکلهای (۱ ـ ۸۸) و (۱ ـ ۸۹) نشان داده شده است.



شکل (۱ ـ ۸۹)



شکل (۱ ـ ۸۸)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

مسیر اول $v_A = -R_1 I - r_1 I + E_1 = -۲ \times ۰/۸ - ۰/۷۵ \times ۰/۸ + ۱۲ = ۹/۸\ v$

مسیر دوم $v_A = R_۳ I + r_۲ I + E_۲ = ۳ \times ۰/۸ + ۰/۲۵ \times ۰/۸ + ۴ \times ۰/۸ + ۴ = ۹/۸\ v$

بنابراین گزینهٔ (ب) درست است.

۴۲ - در لامپ اشعه کاتدیک، کاتد داغ شده و از خود الکترون بیرون می‌دهد. اختلاف پتانسیل میان آند و کاتد به این الکترونها شتاب داده و آنها به طرف آند می‌روند. هر چه کاتد داغتر باشد، تعداد الکترونهای خارج شده از آن بیشتر است و در نتیجه شدت جریان بیشتر می‌شود. به این ترتیب گزینهٔ (الف) درست است. هر چه اختلاف پتانسیل میان آند و کاتد بیشتر باشد، الکترونها شتاب و در نتیجه سرعت بیشتری به دست می‌آورند و سبب افزایش شدت جریان می‌شود. در نتیجه گزینه‌های (ب) و (ج) نیز درست است. هنگامی که الکترونهای سدیم به آنتی کاتد می‌خورد، انرژی آن به الکترونهای اتمهای آنتی کاتد داده شده و این الکترونها به تراز انرژی بالاتر می‌روند. الکترونهای اتمهای آنتی کاتد در این تراز پایدار نبوده و به تراز انرژی پایینتر می‌روند و انرژی دریافتی به صورت اشعه (x) تابش می‌شود. بنابراین اشعه (x) به هستهٔ اتمهای آنتی کاتد ارتباطی ندارد و جمله‌ای که در گزینهٔ (د) آمده، نادرست است.

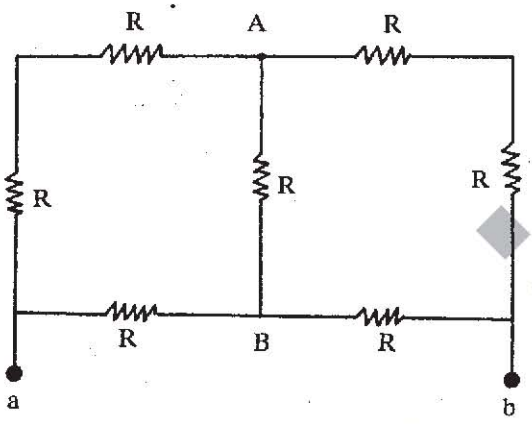
۴۳ - ظرفیت خازن مسطح با مساحت مقابل به هم به دو صفحهٔ آن متناسب است. وقتی یکی از صفحه‌های خازن را نصف کنیم، مساحتی از دو صفحه که مقابل هم قرار دارند، نصف شده و ظرفیت خازن نصف می‌شود. چون بار الکتریکی خازن، متناسب با ظرفیت آن است (با اختلاف پتانسیل معین) بنابراین بار خازن نصف حالت قبلی می‌کنیم، مساحتی از دو صفحه که مقابل هم قرا دارند، نصف شده و ظرفیت خازن نصف می‌شود. در نتیجه گزینهٔ (ج) درست است.

۴۴ - اگر اختلاف پتانسیل معینی را به دو نقطهٔ a و b در مدار شکل (۱ - ۹۰) متصل کنیم، به علت تقارن مدار، اختلاف پتانسیل دو نقطهٔ A و b با اختلاف پتانسیل دو نقطهٔ B و b یکسان است. بنابراین نقطهٔ A و B دارای پتانسیل یکسان هستند، یعنی اختلاف پتانسیل میان آنها صفر است. در نتیجه از مقاومت R که میان A و B بسته شده است جریانی نمی‌گذرد و می‌توان آن را از مدار حذف کرد. پس این مدار از دو شاخه با مقاومتهای ۲ R و ۴ R که موازی یکدیگرند تشکیل شده است و مقاومت معادل آن چنین است:

$$\frac{۱}{R_e} = \frac{۱}{۲R} + \frac{۱}{۴R} = \frac{۲+۱}{۴R} = \frac{۳}{۴R} \qquad R_e = \frac{۴}{۳}R$$

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics



شکل (۱ ـ ۹۰)

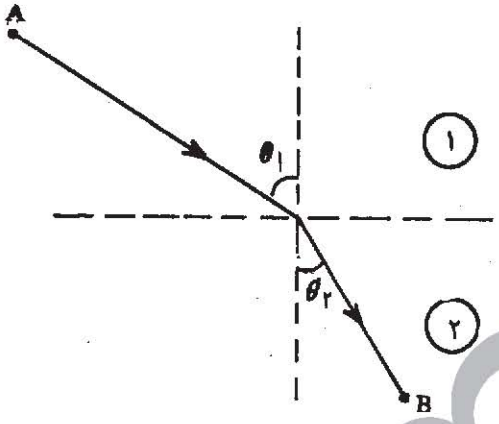
بنابراین گزینهٔ (ب) درست است.

۴۵ - وقتی اجسام راگرم می‌کنیم، ابتدا نوری از آنها تابش نمی‌شود. به تدریج که دمای جسم بالا می‌رود، جسم شروع به تابش نور قرمز می‌کند و هنگامیکه آن را بسیار گرم کنیم، نور زرد و سایر رنگها را تابش می‌کند و در دماهای بالا جسم همه رنگها را با شدت زیاد تابش می‌کند به طوریکه سفید دیده‌می‌شود. بنابراین تفاوت اتو و لامپ روشنایی که اولی تنها گرما و دومی نور ایجاد می‌کند، در دمای سیمی است که در آنها به کار رفته است. دمای سیم اتو پایین و دمای رشتهٔ درون لامپ بالاست. از طرفی در هر جسم مولکولها دارای انرژی جنبشی هستند و هر چه دمای جسم بالاتر باشد، انرژی جنبشی متوسط مولکولهای آن بالاتر است. بنابراین مولکولهای سیم اتو دارای انرژی جنبشی متوسط کمتری از انرژی جنبشی متوسط مولکولهای رشتهٔ درون لامپ هستند. مولکولها انرژی جنبشی خود را از برخورد با الکترونهای سریع که جریان الکتریکی را می‌سازند، به دست می‌آورند. پس در اتو سرعت الکترونها کم است و پس از برخورد با مولکولها انرژی جنبشی کمی را به آنها منتقل می‌کنند ولی در رشتهٔ درون لامپ، الکترونها با سرعت حرکت می‌کنند و در اثر برخورد، با مولکولها انرژی جنبشی زیادی به آنها می‌دهند. بنابراین گزینهٔ (ج) درست است.

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

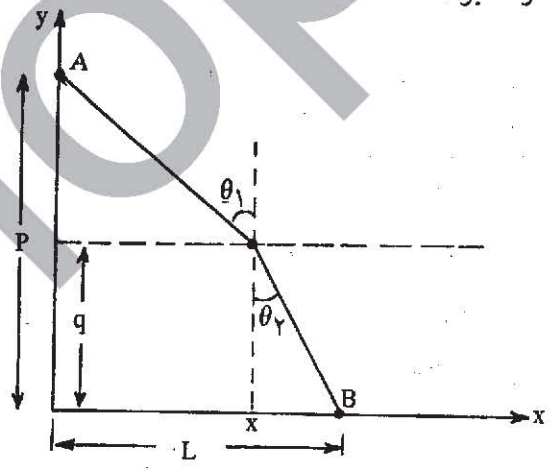
پاسخ مسئله‌ها



شکل (۱ ـ ۹۱)

۱ ـ اگر مطابق شکل (۱ ـ ۹۱) یک پرتو نور از نقطهٔ A در محیط ۱ به نقطه B در محیط ۲ برود، طبق قانون شکست نور داریم: $\frac{\text{Sin}\,\theta_1}{\text{Sin}\,\theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$

در این رابطه v_1 و v_2 به ترتیب سرعت نور در محیط ۱ و ۲ است. طبق اصل کمترین زمان فرما، نور برای رسیدن از نقطهٔ ۱ به نقطهٔ ۲ کمترین زمان در راه خواهد بود. اکنون اگر یک اتومبیل از نقطهٔ A در همان مسیر مشخص شده در شکل (۱ ـ ۹۱) به نقطهٔ B برود و سرعتش در محیط ۱ ، v_1 و در محیط ۲ ، v_2 باشد، با استفاده از اصل کمترین زمان فرما، اتومبیل کمترین مدت در راه خواهد بود.



شکل (۱ ـ ۹۲)

در این قسمت با استفاده از اصل کمترین زمان فرما، قانون شکست نور را اثبات می‌کنیم. فرض کنید قرار است مطابق شکل(۱ـ ۹۲)، نور از نقطهٔ A در محیط (۱)، به نقطهٔ B در محیط (۲) برسد. طبق اصل فرما، نور مسیری را می‌پیماید که در کمترین زمان، از نقطهٔ A

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

به نقطهٔ B برسد. فرض کنید محل فرود نور به مرز دو محیط، نقطه‌ای به مختصات x باشد. مدت زمانی که نور در راه است، چنین است:

$$t = \frac{\sqrt{x^2 + (p - q)^2}}{v_1} + \frac{\sqrt{(L - x)^2 + q^2}}{v_2} \qquad (۳۹ - ۱)$$

از رابطهٔ (۱ ـ ۳۹) پیداست که مدت زمان به t مقدار x یعنی محل فرود نور به مرز دو محیط بستگی دارد. طبق اصل کمترین زمان فرما، باید x چنان باشد که t کمترین مقدار را داشته باشد. برای یافتن این زمان، از t نسبت به x مشتق می‌گیریم. داریم:

$$t' = \frac{x}{v_1\sqrt{x^2 + (p - q)^2}} + \frac{-x}{v_2\sqrt{(L - x)^2 + q^2}} = 0$$

با توجه به شکل (۱ ـ ۹۱) داریم:

$$\frac{x}{\sqrt{x^2 + (p - q)^2}} = \sin\theta_1$$

$$\frac{x}{\sqrt{(L - x)^2 + q^2}} = \sin\theta_2$$

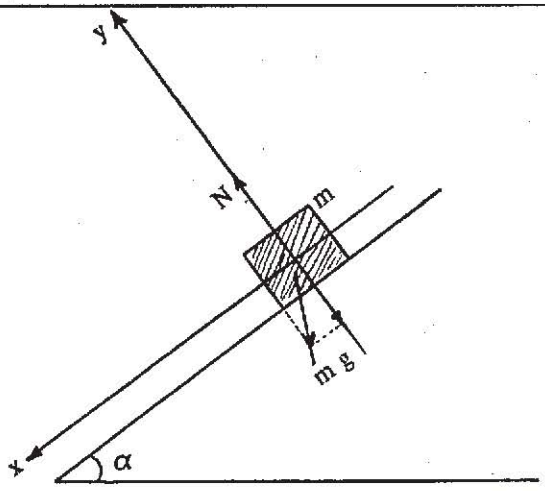
$$\frac{\sin\theta_2}{v_1} = \frac{\sin\theta_2}{v_2} \rightarrow \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

به این ترتیب با پذیرفتن اصل کمترین زمان فرما، می‌توان قانون شکست نور را اثبات کرد.

۲ ـ ابتدا جسمی به جرم m را روی سطح شیبدار به زاویهٔ α در نظر می‌گیریم. اگر جسم m با سطح شیبدار اصطکاک نداشته باشد، دو نیروی وزن و نیروی عمودی سطح بر آن وارد می‌شود. مطابق شکل (۱ ـ ۹۳)، دو محور مختصات عمود بر هم x و y مماس بر سطح شیبدار و عمود بر آن در نظر می‌گیریم و نیروها را روی آنها تجزیه می‌کنیم. همان‌طور که از شکل (۱ ـ ۹۳) پیداست، روی محور y، دو نیروی N در جهت مثبت و نیروی $mg\cos\alpha$ رو به پایین، و روی محور x تنها نیروی $mg\sin\alpha$ وجود دارد. چون جسم مقید است که روی سطح شیبدار حرکت کند پس در راستای محور y حرکتی ندارد. در نتیجه

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics



شکل (۱ ـ ۹۳)

شتاب جسم در راستای محور y صفر است و باید برآیند نیروهای وارد بر آن در راستای محور y صفر باشد. داریم:

$$N = m g \cos \alpha$$

شتاب جسم در راستای محور x، یعنی شتاب آن روی سطح شیبدار چنین است.

$$m g \sin \alpha = m a_x$$

$$\rightarrow a_x = g \sin \alpha$$

بنابراین جسمی که روی سطح شیبدار بدون اصطکاک قرار دارد، با شتاب $g\sin\alpha$ پایین می‌آید.

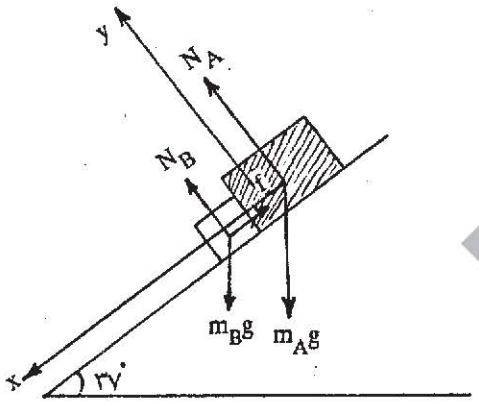
اگر جسم m با سطح شیبدار اصطکاک داشته باشد، در حالتی که جسم روی سطح شیبدار لغزیده و پایین بیاید، چون نیروی اصطکاک خلاف جهت حرکت جسم است، نیروی اصطکاک به سمت بالا بوده و شتاب جسم از $g \sin \alpha$ کمتر خواهد بود.

اگر جسم B نیز مانند جسم A، با سطح شیبدار اصطکاک نداشت، هر دو جسم با شتاب $g \sin \alpha$ پایین می‌آمدند و در نتیجه با گذشت زمان سرعت هر دو به یک اندازه اضافه می‌شد. اما چون جسم B با سطح شیبدار اصطکاک دارد، شتابش از $g \sin \alpha$ کمتر خواهد بود. در نتیجه جسم B نمی‌تواند تندتر از جسم A پایین بیاید و دو جسم از هم فاصله بگیرند. به این ترتیب هر دو جسم با شتاب یکسانی پائین خواهند آمد. در شکل (۱ ـ ۹۴) نیروهای وارد بر دو جسم نشان داده شده است. همان‌طور که پیشتر توضیح داده شد، برآیند نیروهای وارد بر جسم در راستای y صفر است و داریم:

$$N_B + N_A = m_A g \cos \alpha + m_B g \cos \alpha$$

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics



شکل (۱ ـ ۹۴)

و در راستای x داریم:

$$m_B g \sin\alpha + m_A g \sin\alpha - f = (m_B + m_A) a_x \qquad (۴۰ ـ ۱)$$

جسم A و B در محل تماس بر هم نیرو وارد می‌کنند و آشکار است که این نیرو در راستای محور x است. بنابراین در راستای y به جز دو نیروی N_B ، $m_B g \cos\alpha$ نیروی دیگری بر جسم B وارد نمی‌شود و چون جسم B نیز مقید به حرکت بر روی سطح شیبدار است، پس برای جسم B به تنهایی نیز رابطهٔ زیر وجود دارد.

$$N_B = m_B g \cos\alpha$$

اکنون می‌توان نیروی f را حساب کرد. داریم:

$$f = \mu m_B g \cos\alpha \qquad (۴۱ ـ ۱)$$

از رابطهٔ (۱ ـ ۴۰) و (۱ ـ ۴۱) داریم:

$$a_x = \frac{m_B g \sin\alpha + m_A g \sin\alpha - \mu m_B g \cos\alpha}{m_B + m_A}$$

$$a_x = \frac{۲ \times ۰/۶ + ۵ \times ۰/۶ - ۰/۲ \times ۲ \times ۰/۸}{۲ + ۵} \times ۱۰ = ۵/۴۵ \ m/s^۲$$

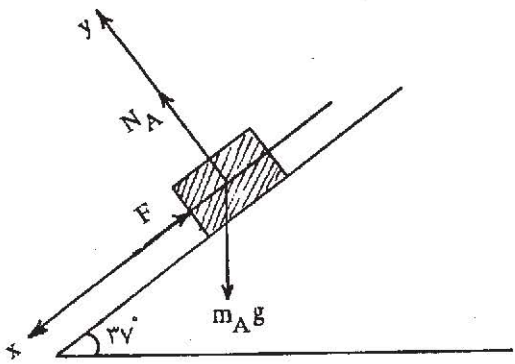
برای یافتن نیرویی که دو جسم A و B در محل تماس به هم وارد می‌کنند، حرکت دو

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

جسم را جداگانه در نظر می‌گیریم.

در شکل (۱ ـ ۹۵) تنها جسم A و نیروهای وارد بر آن نشان داده شده است. علاوه‌بر نیروی وزن و نیروی عمودی سطح، جسم B نیز بر آن نیرو وارد می‌کند. این نیرو در راستای محور x و رو به بالاست. نیروهای وارد بر جسم در راستای x و شتاب آن با رابطهٔ زیر به هم مربوط‌اند.



شکل (۱ ـ ۹۵)

$$m_A g \sin\alpha - F = m_A a_x \qquad (۴۲ - ۱)$$

$$F = m_A (g \sin\alpha - a_x) = ۵ (۱۰ \times ۰/۶ - ۵/۵۴) = ۲/۳ \text{ N}$$

در اینجا جهت نیروی F را از قبل پیش‌بینی و آن را رو به بالا فرض کرده‌ایم. پیش بینی جهت نیرو ضرورتی ندارد و می‌توان از حل معادله نیز آن را به دست آورد. فرض کنید بدون توجه، نیروی F را رو به پایین فرض می‌کردیم. در این صورت رابطهٔ (۱ ـ ۴۲) به صورت زیر در می‌آمد:

$$m_A g \sin\alpha + F = m_B a_x \qquad (۴۳ - ۱)$$

از رابطهٔ (۱ ـ ۴۳) برای F مقدار ۲/۳ N – به دست می‌آید. علامت منفی برای نیرویی که جهت مشخص را برای آن در نظر گرفته‌ایم، به معنی وارونه بودن جهت در نظر گرفته شده است. ملاحظه می‌شود که از حل معادله می‌توان جهت صحیح را به دست آورد.

این نیرو را می‌توان از بررسی حرکت جسم B نیز به دست آورد. نیروهای وارد بر جسم B در شکل (۱ ـ ۹۶) نشان داده و نیروی F′ از طرف جسم A بر جسم B وارد شده است. ملاحظه می‌شود که از حل معادله می‌توان جهت صحیح را به دست آورد.

نیروهای وارد بر جسم B در راستای سطح شیبدار و شتاب آن چنین است.

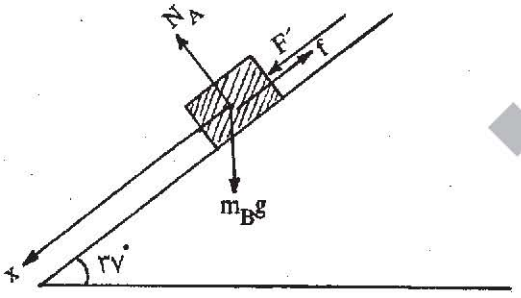
$$m_B g \sin\alpha + F - f = m_B a_x$$

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

$$F = m_B a_x + \mu m_B g \cos \alpha - m_B g \sin \alpha$$

$$F = ۲ \times ۵/۵۴ + ۰/۲ \times ۲ \times ۱۰ \times ۰/۸ - ۲ \times ۱۰ \times ۰/۶ = ۲/۲۸ N$$



شکل (۱ ـ ۹۶)

تفاوت دو عدد به دست آمده به علت گردکردن شتاب a_x است. ملاحظه می‌شود که نیرویی که جسم A بر جسم B وارد می‌کند با نیرویی که جسم B بر جسم A وارد می‌کند اندازهٔ یکسانی دارد ولی در دو جهت مخالف هم هستند. دلیل آن این است که این دو نیرو کنش و واکنش (عمل و عکس‌العمل) هستند.

هنگامی که جسم B پایین می‌آید، نیروی اصطکاک کار انجام می‌دهد و کار آن به گرما تبدیل می‌شود. اندازهٔ کار نیروی اصطکاک چنین است.

$$W_f = f \ell = ۰/۲ \times ۲ \times ۱۰ \times ۰/۸ \times ۵۰ = ۱۶۰ J = ۳۲/۳ cal$$

۳ ـ فاصلهٔ کانونی یک عدسی از رابطهٔ زیر بدست می‌آید.

$$\frac{۱}{f} = (n - ۱)\left(\frac{۱}{R_۱} + \frac{۱}{R_۲}\right) \qquad (۴۴ - ۱)$$

در رابطهٔ (۱ ـ ۴۴)، f فاصلهٔ کانونی، n ضریب شکست عدسی نسبت به محیط اطراف و $R_۱$ و $R_۲$ شعاعهای انحنای دو طرف عدسی است. برای سطحهای برآمده شعاع انحنا مثبت و برای سطحهای گود منفی خواهد بود. اولاً فاصله کانونی عدسی در هوا چنین است:

$$\frac{۱}{f_a} = (۱/۵ - ۱)\left(\frac{۱}{۳۰} + \frac{۱}{۳۰}\right) = \frac{۱}{۳۰} \rightarrow f_a = ۳۰ cm$$

ثانیاً ـ هنگامی که عدسی را در مایعی به ضریب شکست ۱/۶ قرار می‌دهیم، ضریب شکست

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

عدسی نسبت به مایع چنین است: $n = \frac{n_g}{n_\ell} = \frac{۱/۵}{۱/۶}$

فاصلهٔ کانونی عدسی در مایع چنین است:

$$\frac{۱}{f_\ell} = (\frac{۱/۵}{۱/۶} - ۱)(\frac{۱}{۳۰} + \frac{۱}{۳۰}) = \frac{-۱}{۲۴۰} \rightarrow f = -۲۴۰ \text{ cm}$$

علامت منفی به معنای آن است که عدسی در این حالت یک عدسی واگراست. برای یافتن تصویر از رابطهٔ زیر استفاده می‌کنیم. $\frac{۱}{p} + \frac{۱}{q} = \frac{۱}{f}$

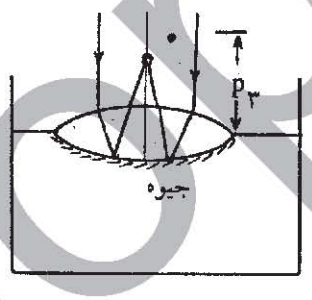
$$\frac{۱}{q} = \frac{۱}{-۲۴۰} \frac{۱}{۶۰} \rightarrow q = -۴۸ \text{ cm}$$

علامت منفی به معنی آن است که تصویر مجازی است. اندازهٔ تصویر چنین است.

$$\frac{i}{o} = \frac{q}{p} \rightarrow i = \frac{-۴۸}{۶۰} \times ۱۰ = -۸ \text{ cm}$$

علامت منفی نشان می‌دهد که تصویر مستقیم است.

ثانیاً ـ در شکل (۱ ـ ۹۷) عدسی روی سطح آزاد جیوه نشان داده شده است. برای یافتن همگرایی عدسی، یک دسته نور موازی با محور عدسی به آن می‌تابانیم و محل نهایی تصویر را به دست می‌آوریم.



شکل (۱ ـ ۹۷)

سطح جیوه‌ای که با عدسی در تماس است، مانند یک آینهٔ مقعر به شعاع ۳۰ cm عمل می‌کند. بنابراین دستگاه نوری از یک عدسی به فاصلهٔ کانونی ۳۰ cm و یک آینهٔ مقعر به فاصلهٔ کانونی ۱۵cm تشکیل شده است. برای پیدا کردن تصویر نهایی، ابتدا محل تصویر را در عدسی به دست می‌آوریم. اگر آینهٔ مقعر وجود نداشت، دسته نوری موازی، در کانون عدسی به هم می‌رسید و یک نقطهٔ نورانی و به فاصلهٔ ۳۰ cm از عدسی به‌عنوان تصویر داشتیم که آن را تصویر شماره ۱ می‌نامیم. اما وجود آینهٔ مقعر مانع از تشکیل این تصویر می‌شود. تصویر شماره ۱ به عنوان جسم مجازی برای آینه به کار می‌رود و در آن تصویری می‌دهد که آن را با شماره ۲ مشخص می‌کنیم. محل این تصویر از رابطهٔ زیر به

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

دست می‌آید.

$$\frac{۱}{-۳۰} + \frac{۱}{p_۲} = \frac{۱}{۱۵} \rightarrow p_۲ = ۱۰ \text{ cm}$$

در رابطهٔ بالا چون جسم مجازی بوده است، فاصلهٔ آن تا آینه را با علامت منفی گذارده‌ایم. علامت مثبت برای $p_۲$ نشان می‌دهد که تصویر حقیقی است، یعنی جلوی آینه تشکیل می‌شود، اما وجود عدسی در برابر آینه، مانع از تشکیل تصویر در این محل می‌شود. تصویر شماره ۲ برای عدسی به‌عنوان جسم مجازی به کار می‌رود و عدسی از آن تصویری به دست می‌دهد که آن را شماره ۳ می‌نامیم. فاصلهٔ تصویر شمارهٔ ۳ از عدسی از رابطهٔ زیر به دست می‌آید.

$$\frac{۱}{-۱۰} + \frac{۱}{p_۳} = \frac{۱}{۳۰} \rightarrow p_۳ = ۷/۵ \text{ cm} = ۷/۵ \times ۱۰^{-۲} \text{ m}$$

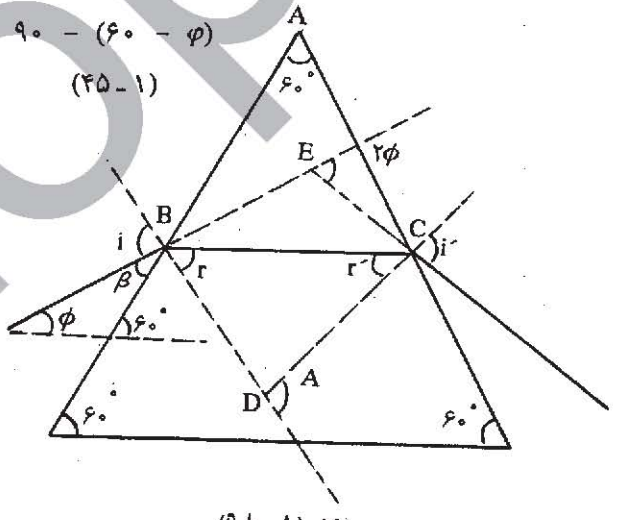
بنابراین یک دسته نور موازی که به عدسی بتابد، نهایتاً در نقطه‌ای به فاصلهٔ ۷/۵ cm از آن جمع می‌شود که به منزله کانون عدسی است. برای همگرایی این عدسی داریم:

$$C = \frac{۱}{f'} = \frac{۱}{۷/۵ \times ۱۰^{-۲}} = ۱۳/۳ \quad \text{دیوپتر}$$

۴ـ از شکل (۱ـ۹۸) پیداست که $\beta + \varphi = ۶۰$ و چون زاویهٔ تابش i متمم زاویهٔ β است، داریم:

$$i = ۹۰ - \beta = ۹۰ - (۶۰ - \varphi)$$

$$i = \varphi + ۳۰ \qquad (۴۵ـ۱)$$



شکل (۱ـ۹۸)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

از مثلث BCE برای زاویهٔ انحراف داریم:

$$۲\varphi = (i - r)\,(i' + - r') = i + i' - r + r'$$

از مثلث BCD با توجه به اینکه زاویهٔ خارجی D با زاویهٔ رأس منشور برابر است (اضلاع آنها بر هم عمودند) داریم:

$$r + r' = A = ۶۰ \qquad (۴۶ - ۱)$$

پس

$$۲\varphi = i + i' - A \qquad (۴۷ - ۱)$$

اگر رابطه‌های (۱ ـ ۴۵) و (۱ ـ ۴۶) را در رابطهٔ (۱ ـ ۴۷) بگذاریم داریم:

$$۲\varphi = \varphi + ۳۰ + i' - ۶۰ \rightarrow i' = \varphi + ۳۰$$

پس زاویهٔ تابش و زاویهٔ خروجی با هم برابرند و در نتیجه داریم:

$$r = r' = \frac{A}{۲} = ۳۰^\circ$$

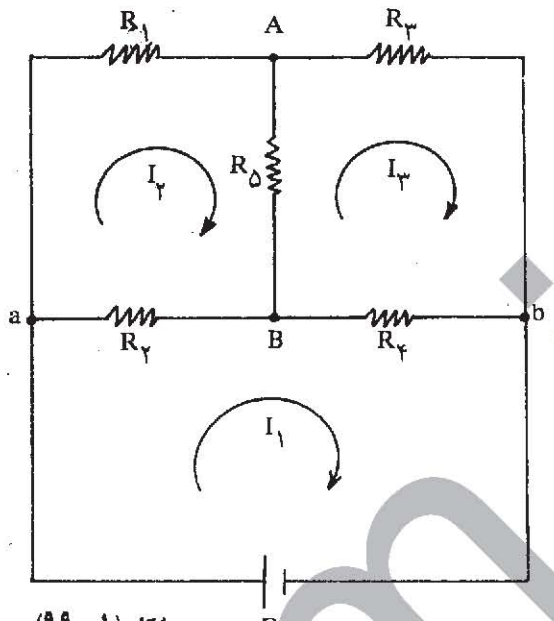
$$\text{Sin } i = n \text{ Sin } r \rightarrow \text{Sin } (\varphi + ۳۰) = \sqrt{۳}\ \text{Sin } ۳۰ = \frac{\sqrt{۳}}{۲}$$

$$\varphi + ۳۰ = ۶۰^\circ \rightarrow \varphi = ۳۰^\circ$$

۵ ـ برای سهولت در نمادگذاری روی شکل، آن را بدون تغییر در مشخصات مدار، کمی متفاوت در شکل (۱ ـ ۹۹) کشیده‌ایم. در این مدار نقطه‌هائی که بیش از دو عنصر به آن وصل شده باشد را گره و عنصری از مدار که میان هر دو گرهٔ مجاور وجود دارد را شاخه و یک مسیر بسته که از شاخه‌ها تشکیل می‌شود را حلقه می‌نامند. در این مدار ۴ گره و ۶ شاخه و تعدادی حلقه وجود دارد. جریان در هر شاخه مقدار معینی دارد که باید با استفاده از قانونهای مربوط آنها را به دست آورد.

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics



شکل (۱ ـ ۹۹)

برای به دست آوردن جریان در هر شاخه، نمادگذاری متفاوتی را به کار می‌بریم. به این ترتیب که در هر حلقه یک جریان که همهٔ حلقه را دور می‌زند فرض می‌کنیم. جهت این جریان کاملاً اختیاری است. این جریانها در شکل با I_1، I_2 و I_3 مشخص شده است. جریان در شاخه‌ای که میان دو حلقه مشترک است، جمع جبری جریان دو حلقهٔ مجاور خواهد بود. از روی شکل پیداست که با در دست داشتن جریانهای I_1، I_2، I_3، جریان تمام شاخه‌ها قابل محاسبه است. برای به دست آوردن این سه جریان، باید سه معادله نوشت. برای نوشتن معادله‌ها از یک نقطهٔ یک حلقه، آن را دور می‌زنیم و مجموع اختلاف پتانسیل‌ها را با استفاده از دو قاعده‌ای که پیشتر گفته شد می‌نویسیم و این کار را برای هر سه حلقه انجام می‌دهم. اگر حلقه‌ها را در جهت عقربه‌های ساعت دور بزنیم داریم:

$$E = R_2 (I_1 - I_2) + R_4 (I_1 - I_3)$$

$$0 = R_1 I_2 + R_5 (I_2 - I_3) + R_2 (I_2 - I_1)$$

$$0 = R_3 I_3 + R_4 (I_3 - I_1) + R_5 (I_3 - I_2)$$

در معادله‌های بالا در طرف چپ اختلاف پتانسیل‌های مثبت و در طرف راست مجموع اختلاف پتانسیل‌های منفی را نوشته‌ایم. اگر معادله‌ها را ساده کنیم، داریم:

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

$$E = I_1 (R_2 + R_4) - I_2 R_2 - I_3 R_4$$

$$0 = -I_1 R_2 + I_2 (R_1 + R_2 + R_5) - I_3 R_5$$

$$0 = -I_1 R_4 - I_2 R_5 + I_3 (R_3 + R_4 + R_5)$$

با حل معادله‌های بالا، جریانهای I_1، I_2 و I_3 به دست خواهد آمد.

$$I_1 = \frac{(R_1 + R_2 (R_3 + R_4 + R_5) + R_5 (R_3 + R_4)}{R_1 [R_2 (R_3 + R_4 + R_5) + R_4 (R_3 + R_5) + R_3 [R_2 (R_4 + R_5) + R_4 R_5]} E$$

$$I_2 = \frac{R_2 (R_3 + R_4 + R_5) + R_4 R_5}{R_1 [R_2 (R_3 + R_4 + R_5) R_4 + (R_3 + R_5)] + R_3 [R_2 (R_4 + R_5) + R_4 R_5]} E$$

$$I_3 = \frac{R_4 (R_1 + R_5) + R_2 (R_4 + R_5)}{R_1 [R_2 (R_3 + R_4 + R_5) + R_4 (R_3 + R_5)] + R_3 [R_2 (R_4 + R_5) + R_4 R_5]} E$$

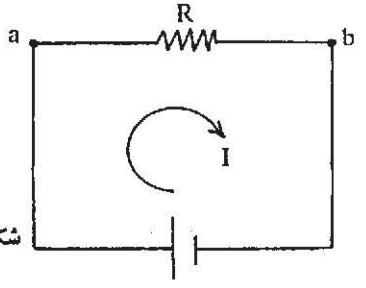
جریانی که از مقاومت R_5 می‌گذرد، تفاضل دو جریان I_2 و I_3 است، یعنی:

$$i_5 = I_2 - I_3$$

$$i_5 = \frac{R_1 R_4 - R_2 R_3}{R_1 [R_2 (R_3 + R_4 + R_5) + R_4 (R_3 + R_5)] + R_3 [R_2 (R_4 + R_5) + R_4 R_5]} E$$

منظور از مقاومت معادل مدار، مقاومتی است که اگر آن را میان دو نقطهٔ a و b ببندیم، همان جریانی که در مدار اصلی از باتری می‌گذرد، در مدار معادل هم همان جریان از باتری بگذرد. مدار معادل در شکل (۱ ـ ۱۰۰) رسم شده است. در مدار معادل جریانی که از باتری می‌گذرد، چنین است:

$$I = \frac{E}{R}$$



شکل (۱ ـ ۱۰۰)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

با برابر قراردادن جریان باتری در دو حالت داریم:

$$I = I_1$$

$$R = \frac{R_1 [R_2 (R_3 + R_4 + R_5) + R_4 (R_3 + R_5)] + R_3 [R_2 (R_4 + R_5 +) R_4 R_5|}{(R_1 + R_2)(R_3 R + _4 + R_5) + R_5 (R_3 + R_4)}$$

در حالتی که اختلاف پتانسیل دو سر مقاومتهای R_3 و R_4 برابر باشد، پتانسیل نقاط A و B یکسان است. به عبارت دیگر اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R_5 صفر است و جریانی که از آن می‌گذرد، صفر خواهد بود.

$$i_5 = \rightarrow R_1 R_4 - R_2 R_3 = 0$$

$$R_1 R_4 = R_2 R_3$$

iopm.ir

iopm.ir