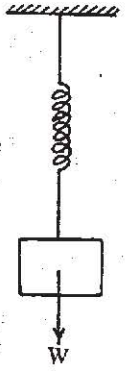
Institute Of Physics & Mathematics

پاسخ سؤالهای چهارگزینه‌ای

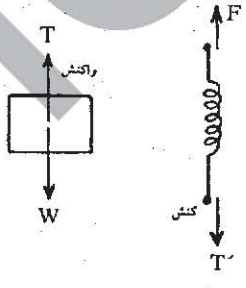
۱ ـ هنگامی که اتومبیل حرکت می‌کند، هوای جلوی آن فشرده شده و در پشت اتومبیل فشار هوا کم می‌شود. اگر پنجره‌های اتومبیل باز باشد، اختلاف فشار در اطراف اتومبیل ، هوای درون آن را نیز به حرکت می‌آورد. ولی اگر پنجره‌های اتومبیل بسته باشد، هوای داخل آن هیچ‌گونه حرکتی ندارد و از این نظر با اتومبیل ساکن تفاوتی ندارد. بنابراین همان‌طور که مگس می‌تواند در یک اتومبیل ساکن به هر طرف پرواز کند، در اتومبیل متحرک با پنجره‌های بسته نیز می‌تواند آزادانه حرکت کند. در نتیجه گزینهٔ (الف) درست است.

۲ ـ در شکل (۲ ـ ۱۸)، یک فنر متصل به سقف و وزنهٔ W که به انتهای آن بسته‌ایم، نشان داده شده است. چون وزنه در حال تعادل است، باید برآیند نیروهای وارد بر آن صفر باشد. پس علاوه‌بر نیروی وزن ، نیروی T نیز که با نیروی وزن هم‌اندازه است از طرف فنر بر آن وارد می‌شود. در شکل (۲ ـ ۱۹) وزنه و نیروهای وارد بر آن نشان داده شده است. واکنش نیروی T نیروی T' است که از طرف وزنه بر فنر وارد می‌شود. چون فنر نیز در حالت تعادل است، برآیند نیروهای وارد بر آن نیز باید صفر باشد

در شکل (۲ ـ ۱۹) نیروهای وارد بر فنر نیز نشان داده شده است. اگر بتوان از وزن فنر چشم پوشید، نیروی F نیز با T' هم اندازه است. بنابراین به دو طرف یک فنر کشیده دو نیروی هم‌اندازه وارد می‌شود. نیروی وارد بر یک سر فنر را نیروی کشش می‌نامند. هر چه نیروی کشش بیشتر باشد، افزایش طول فنر بیشتر است. طبق قانون هوک در صورتی که نیروی کشش از حد معینی تجاوز نکند، افزایش طول فنر با آن متناسب است.



شکل (۲ ـ ۱۸)



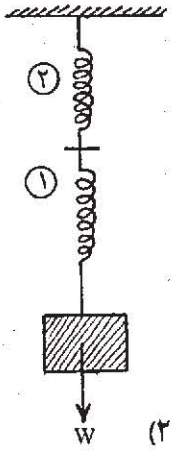
شکل (۲ ـ ۱۹)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

هنگامی که دو فنر به موازات هم قرار دارند، به هرکدام از آنها نیروی کشش $\frac{W}{۲}$ وارد می‌شود. اگر دو فنر را به دنبال هم و وزنه را به انتهای یکی از آنها ببندیم، هر دو فنر کش می‌آیند.

از شکل (۲ ـ ۲۰) پیداست که به پایین فنر شماره۱ نیروی W وارد می‌شود، پس به اندازه ۲×۴cm کشش می‌آید. آشکار است که به بالای فنر شماره ۱ نیز نیروی W وارد می‌شود. این نیرو از طرف فنر شماره ۲ وارد می‌شود. واکنش این نیرو، نیرویی است که از طرف فنر شماره ۱ بر فنر شماره ۲ وارد می‌شود. بنابراین بر فنر شماره ۲ نیز نیروی W وارد شده و آن را ۸cm کش می‌آورد.



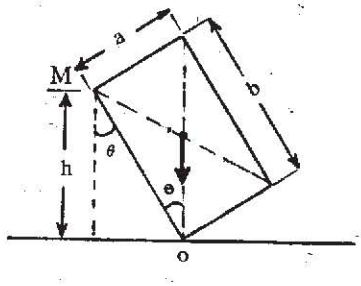
شکل (۲ ـ ۲۰)

به این ترتیب هر یک از دو فنر ۸ cm کش می‌آیند. در نتیجه گزینهٔ (ج) درست است.

۳ ـ در شکل (۲ ـ ۲۱)، مقطع مکعب مستطیل نشان داده شده است. مرکز ثقل مکعب مستطیل نیز در شکل مشخص شده است. در این حالت نیروی وزن از نقطهٔ O می‌گذرد.

اگر نقطهٔ M را کمی پایینتر بیاوریم، نیروی وزن از سمت چپ‌نقطهٔ O می‌گذرد و در این صورت با رها کردن مکعب مستطیل، چرخیده و روی همان یال قبلی بر زمین خواهد افتاد.

اگر نقطهٔ M را کمی بالاتر ببریم، نیروی وزن از سمت راست نقطهٔ O می‌گذرد و با رها کردن مکعب مستطیل، چرخیده و روی وجه دیگر بر زمین خواهد خورد. بنابراین حداقل یال MN باید به اندازهٔ h از زمین بلند شود. برای محاسبهٔ h داریم:



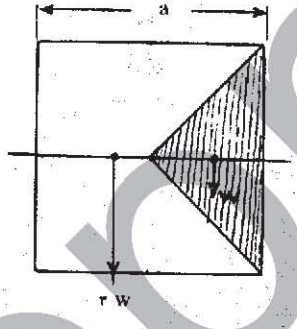
شکل (۲ ـ ۲۱)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

به دست آمده است. آشکار است که تعدادی از کتابها بیش از ۱۴۰ صفحه و تعدادی کمتر از ۱۴۰ صفحه دارند. به همین ترتیب آشکار است که وقتی سرعت متوسط اتومبیل ۶۰ k m/h است، گاهی سرعت اتومبیل بیش از آن و گاهی کمتر از آن بوده است. بنابراین سرعت اتومبیل حداقل یکبار از کمتر از ۶۰ k m/h به بیشتر از آن رسیده است (و یا برعکس) و در این صورت در گذر از سرعت کمتر به بیشتر، برای مدتی هر چند کوتاه سرعتش ۶۰km/h بوده است. در نتیجه گزینهٔ (د) درست است.

۶ـ در شکل (۲ـ۲۳)، قسمت بریده شده را در جای خود گذارده‌ایم تا صفحهٔ مربع کامل شود. در این صورت می‌توان برآیند نیروهای وزن دو قسمتی را که مربع را ساخته‌اند به دست آورد. این نیروی برآیند باید از مرکز مربع بگذرد. فرض می‌کنیم **فاصله** مرکز ثقل ورقهٔ باقیمانده از مرکز مربع d باشد. مرکز ثقل مثلث جداشده از مربع، به‌فاصلهٔ $\frac{۲}{۳}$ ارتفاع از رأس است. چون ارتفاع مثلث $\frac{a}{۲}$ است، پس فاصلهٔ مرکز ثقل مثلث از مرکز مربع $\frac{۲}{۳}\times\frac{a}{۲}=\frac{a}{۳}$ است. اگر وزن مثلث W فرض شود، وزن قسمت باقیمانده ۳ W است.



شکل (۲ـ۲۳)

برای یافتن محل برآیند دو نیروی موازی و هم جهت داریم:

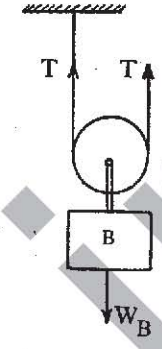
$$d\times ۳W=\frac{a}{۳}\times W\rightarrow d=\frac{a}{۹}$$

بنابراین گزینهٔ (ج) درست است.

۷ـ ابتدا وضعیت جسم B را بررسی می‌کنیم. قرقرهٔ متحرک و جسم B و نخهای آن در شکل (۲ـ۲۴) رسم شده است. پیشتر توضیح داده شد که اگر جرم نخ و نیز اصطکاک آن با قرقره قابل چشمپوشی باشد، نیروی کشش نخ در همهٔ نقاط آن یکسان است (به توضیحات مربوط به به سؤال چهارگزینه‌ای شماره ۱ اولین المپیاد مراجعه شود). همان‌طور که از شکل پیداست به دو طرف نخی که قرقرهٔ متحرک روی آن قرار دارد، دو نیروی مساوی T وارد شده است. یکی از آنها از طرف نقطهٔ آویز و دیگری از طرف قسمت دیگر نخ و نهایتاً از طرف جسم A وارد شده است. چون جسم B در حال تعادل است، باید برآیند نیروهای وارد بر آن صفر باشد. در نتیجه داریم:

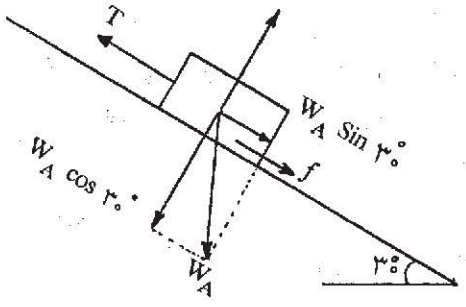
iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics



شکل (۲ ـ ۲۴)

$$۲T = W_B \rightarrow T = \frac{W_B}{۲} = ۲۲۵\ N$$



شکل (۲ ـ ۲۵)

اکنون وضعیت جسم A را بررسی می‌کنیم. نیروهای وارد بر جسم A در شکل (۲ ـ ۲۵) نشان داده شده است. نیروی وزن در راستای مماس بر سطح شیبدار و عمود بر آن تجزیه شده است. چون جسم A در حالت تعادل است، پس باید برآیند نیروهای وارد بر آن در هر دو راستای مماس و عمود بر سطح شیبدار صفر باشد. در راستای مماس بر سطح شیبدار داریم:

$$W_A \text{Sin}\ ۳۰ + f = T$$

$$۳۰۰ \times ۰/۵ + f = ۲۲۵ \rightarrow f = ۷۵\ N$$

بنابراین گزینهٔ (ب) درست است.

۸ـ اگر هر ضلع مکعب را l و مقدار خطای اندازه‌گیری آن را Δl فرض کنیم، حجم مکعب از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$V = (\ell \pm \Delta\ell)^۳ = \ell^۳ \pm ۳\ell^۲\Delta\ell + ۳\ell\Delta\ell^۲ \pm \Delta\ell^۳$$

چون $\Delta\ell$ کمیت کوچکی است، (برای کولیس معمولی $\Delta\ell = ۰/۱$ mm است) می‌توان از توانهای ۲ و بالاتر آن چشم پوشید. بنابراین داریم:

$$V = L^۳ \pm ۳L^۲\Delta L = ۸۰۰۰ \pm ۳ \times ۴۰۰ \times ۰/۱ = ۸۰۰۰ \pm ۱۲۰\ mm$$

بنابراین خطای مطلق در اندازه‌گیری حجم مکعب ۱۲۰ mm است و خطای نسبی چنین است:

$$\text{خطای نسبی} = \frac{\Delta V}{V} = \frac{۱۲۰}{۸۰۰۰} = ۰/۰۱۵$$

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

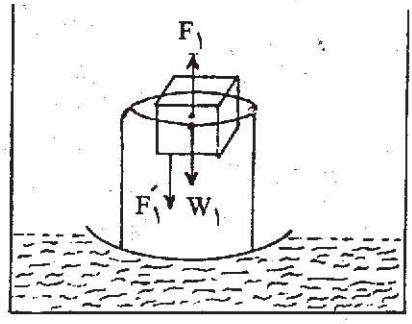
در نتیجه گزینهٔ (الف) درست است.

۹ ـ تغییر نیرویی را که به هر یک از دو کفه وارد می‌شود، جداگانه بررسی می‌کنیم. در شکل(۲ـ۲۶)، چوب روی آب شناور مانده است. بر چوب دو نیروی W_1، وزن آن و نیروی ارشمیدس F_1 وارد می‌شود. اگر حجم قسمتی از چوب که در آب قرار دارد V' باشد، نیروی F_1 برابر با وزن آبی به حجم V' است. نیروی ارشمیدس از طرف آب بر چوب وارد می‌شود و واکنش آن از طرف چوب بر آب وارد می‌شود که در شکل (۲ ـ ۲۶) با F'_1 نشان داده شده است. بنابراین با قرار دادن چوب در آب، به اندازهٔ وزن آن بر آب نیرو وارد می‌شود و معادل این نیرو بر ظرف و نهایتاً بر کفهٔ ترازو وارد می‌شود. نیروهای وارد بر سنگ که ته ظرف آب قرار دارد در شکل (۲ ـ ۲۷) نشان داده شده است. نیروی N_2 از ته ظرف و نیروی F_2 از طرف آب بر سنگ وارد می‌شود. واکنش این‌دو نیرو N'_2 بر ظرف و F'_2 بر آب وارد می‌شود. چون سنگ در حال تعادل است، برآیند نیروهای وارد بر آن صفر است و داریم:

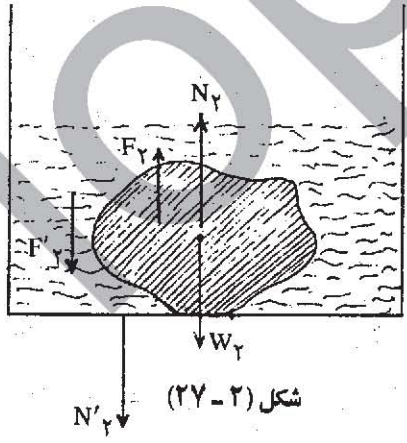
$$\left.\begin{aligned} W_2 &= N_2 + F_2 \\ N'_2 + F'_2 &= N_2 + F_2 \end{aligned}\right\} \rightarrow W = F'_2 +$$

ازو نیرویی معادل وزن سنگ وارد می‌شود.

نگ نیروی اضافه وارد می‌شود.



شکل (۲ ـ ۲۶)



شکل (۲ ـ ۲۷)

iopm.ir

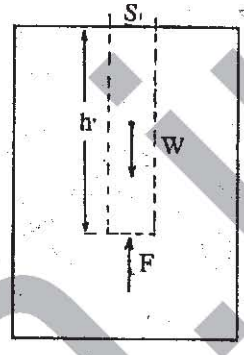
Institute Of Physics & Mathematics

باید از مایع زیر این ستون نیرویی معادل وزن آن بر آن وارد شده باشد. اگر این نیرو را F بنامیم، داریم:

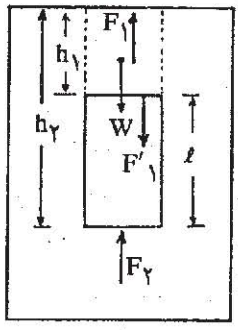
$$F = W = S h \rho g$$

فشار بر سطح پایین ستون مایع چنین است.

$$P = \frac{F}{S} = h \rho g$$



شکل (۲ ـ ۲۹)



شکل (۲ ـ ۳۰)

بنابراین در عمق h از سطح مایع، فشار مایع $\rho g h$ است. بر ستون مایع، نیروهای دیگری از پهلو نیز در راستای افقی وارد می‌شود ولی این نیروها مجموعاً یکدیگر را خنثی می‌کنند. اکنون اگر به جای ستون مایع، جسم جامدی نیز قرارگرفته باشد، همان نیروی F بر آن وارد می‌شود. در شکل (۲ ـ ۳۰)، جسمی به ارتفاع l و سطح مقطع S که درمایعی به چگالی ρ قرار دارد نشان داده شده است. با استفاده از آنچه گفته شد، داریم:

$$F_۲ = \rho g h_۲ S$$

وزن ستون مایع بالای جسم W چنین است:

$$W = \rho g h_۱ S$$

چون این ستون مایع در حال تعادل است، باید نیرویی به اندازهٔ وزن آن و روبه بالا بر آن وارد شده باشد. این نیرو با $F_۱$ نشان داده شده است و از طرف جسم بر ستون مایع وارد شده است. واکنش این نیرو از طرف مایع بر جسم وارد می‌شود و داریم:

$$F'_۱ = F_۱ = W = \rho g h_۱ S$$

بنابراین برآیند نیروهای وارد بر جسم از طرف مایع چنین است.

$$F = F_۲ - F'_۱ = \rho g S (h_۲ - h_۱)$$

این نیرو را نیروی ارشمیدس می‌نامند و آشکار است که علت آن بستگی داشتن فشار به عمق

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

مایع می‌باشد. بنابراین گزینهٔ (الف) درست است.

۱۱ ـ مقدار معینی جیوه به جرم m را که در دمای صفر دارای حجم V_0 است در نظر می‌گیریم. در دمای t چگالی جیوه چنین است.

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{V_0 (1 + a t)}$$

در رابطهٔ بالا a ضریب انبساط حجمی جیوه است. اگر جرم قطعهٔ آهن شناور بر جیوه m' و حجم قسمتی از آن که داخل جیوه است V' باشد، داریم:

$$\rho V' = m' g$$

اکنون اگر جیوه را در دو دمای t_1 و t_2 در نظر بگیریم، چگالی آن به ترتیب چنین است.

$$\rho_1 = \frac{m}{V_0 (1 + a t_1)} \qquad \rho_2 = \frac{m}{V_0 (1 + a t_2)}$$

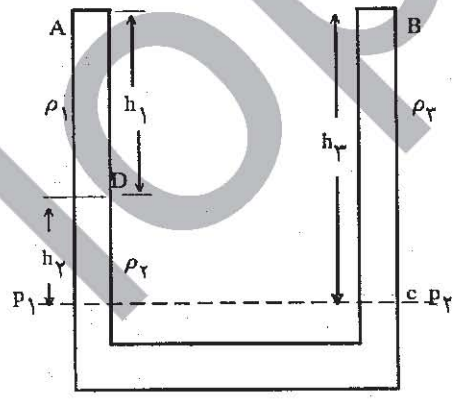
حجم قسمتی از آهن را که در هر یک از دو دما داخل جیوه است به ترتیب V'_1 و V'_2 می‌گیریم. با توجه به اینکه وزن آهن ثابت است داریم:

$$\rho_1 V'_1 = \rho_2 V'_2$$

$$\frac{V'_2}{V'_1} = \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{1 + a t_2}{1 + a t_1}$$

چون $t_2 < t_1$ است ($t_1 = 30^\circ c$, $t_2 = 15^\circ c$)، پس $V'_2 < V'_1$ و در نتیجه حجم قسمت غوطه‌ور آهن در جیوه کمتر می‌شود. در نتیجه گزینهٔ (ب) درست است.

۱۲ ـ مطابق شکل (۲ ـ ۳۱)، یک سطح افقی که از نقطهٔ C بگذرد، در نظر می‌گیریم. فشار مایع در دو ستون در این سطح یکسان است. اگر فشار دو ستون در این سطح یکسان نبود، مایع زیر این سطح، بر اثر اختلاف فشار در دو طرف، از حال تعادل خارج می‌شد.



شکل (۲ – ۳۱)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

$$P_1 = P_2 \rightarrow (\rho_1 h_1 + \rho_2 h_2) g = \rho_3 h_3$$

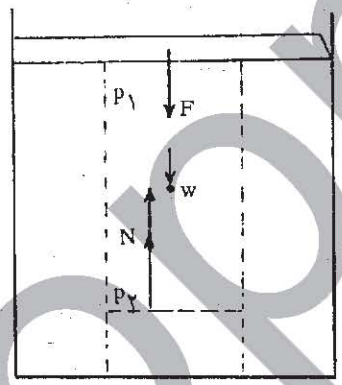
$$\rho_1 \times ۱۰ + \rho_2 \times ۵ = \rho_3 \times ۱۵$$

$$۲\rho_1 + \rho_2 = ۳\rho_3$$

بنابراین گزینهٔ (ج) درست است.

۱۳ ـ وقتی کیسهٔ پلاستیک از هوا با فشار محیط پر می‌شود، به اندازهٔ وزن هوای درون آن سنگینتر می‌شود. چون کیسهٔ پر شده، در هوا قرار دارد، نیروی ارشمیدس بر آن وارد می‌شود و آنرا سبکتر می‌کند. چون نیروی ارشمیدس، برابر وزن هوای هم حجم کیسهٔ پر شده است، با وزن هوای وارد شده در کیسه برابر است. بنابراین افزایش وزن کیسه با کاهش آن به علت نیروی ارشمیدس برابر است و نیروسنج همان وزن کیسهٔ خالی یعنی P را نشان می‌دهد. در نتیجه گزینهٔ (ج) درست است.

۱۴ ـ ظرفی که در آن مایع تراکم ناپذیر ریخته و به‌وسیله پیستون آن را مسدود کرده‌ایم، در شکل (۲ ـ ۳۲) نشان داده شده است. ستونی از مایع از زیر پیستون تا ارتفاع معینی را در نظر می‌گیریم. چون این مایع در حال تعادل است، برآیند نیروهای وارد بر آن باید صفر باشد. نیروی F از طرف پیستون، نیروی وزن W از طرف زمین و نیروی N از طرف مایع زیر ستون مورد نظر برآن وارد می‌شود.



شکل (۲ ـ ۳۲)

داریم: $F + W = N$

اگر فشار مایع زیر پیستون را P_1 و فشار مایع در انتهای ستون را P_2 بنامیم، داریم:

$$P_1 A + W = P_2 A$$

در رابطهٔ بالا A سطح مقطع ستون مزبور است. اکنون اگر P_1 را مثلاً با قرار دادن وزنه روی پیستون به مقدار معینی مثلاً P'_1 زیادکنیم، فشار P_2 نیز باید تغییر کند. با توجه به در حال تعادل بودن ستون مایع داریم: $(P_1 + P'_1) A + W = (P_2 + P'_2) A$

$$P'_1 = P'_2$$

بنابراین اگر فشار یک نقطه از مایع مقدار معینی زیاد شود، فشار نقطه‌های دیگر نیز به همان

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

اندازه زیاد می‌شود. این نتیجه همان قانون پاسکال است که در حالت خاص که فشارها مربوط به نیروهای قائم است، اثبات شد.

اگر قبل از قرار دادن وزنه روی پیستون، اختلاف فشار مایع در کف ظرف و مرکز ثقل مجموعه P باشد، پس از قرار دادن وزنه روی پیستون، به فشار هر کدام از دو نقطهٔ، مقدار ثابتی افزوده می‌شود. در نتیجه تفاوت فشار دو نقطه همان مقدار خواهد ماند. بنابراین گزینهٔ (ج) درست است.

۱۵ ـ در شکل (۲ ـ ۳۳) جسم شناور بر ستون مایع A نشان داده شده است. در این شکل قسمتی از کف ظرف در ستون A راکه زیر جسم قرار دارد با n و قسمتی راکه تنها مایع قرار دارد با m نشان داده‌ایم. فشار مایع در قسمت m از کف ظرف و نیز فشار در کف ظرف در ستون B به ترتیب چنین است.

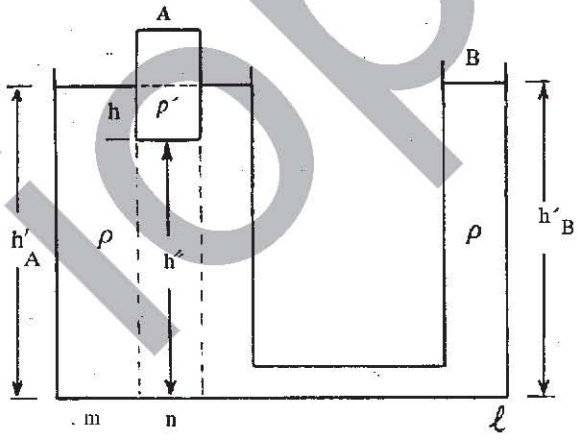
$$P\ell = h'_B \rho g$$

$$P_m = h'_A \rho g$$

چون مایع در حال تعادل است، باید فشار در تمام نقاط یک سطح افقی یکسان باشد، پس:

$$P\ell = P_m \Rightarrow h'_A = h'_B$$

اگر فشار مایع در قسمت n از کف ظرف در نظر گرفته شود، باید علاوه‌بر فشاری که وزن ستون مایع ایجاد می‌کند، فشار ناشی از وزن جسم را نیز بر آن بیفزاییم. اما چون جسم روی مایع شناور است وزن جسم با وزن مایع جابجا شده یعنی وزن ستونی از مایع به ارتفاع h برابر است. بنابراین فشار مربوط به نیروی وزن جسم به همان اندازه‌ای است که ستونی از مایع به ارتفاع h وارد می‌کند. با توجه به شکل داریم:



شکل (۲ ـ ۳۳)

$$h + h'' = h'_A$$

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

پس فشار کف ظرف در قسمت n نیز با فشار ستونی از مایع به ارتفاع h'_A برابر است.
در نتیجه گزینهٔ (ج) درست است.

۱۶ ـ در شکل (۲ ـ ۳۴) دو حالت گاز نشان داده شده است. در حالت (۱) فشار گاز چنین است:

$$P_1 = P_A + \frac{W}{۲۰ \times ۱۰^{-۴}} = ۱۰^۵ + ۵۰۰\,W$$

در حالت (۲) فشار گاز برابر است با:

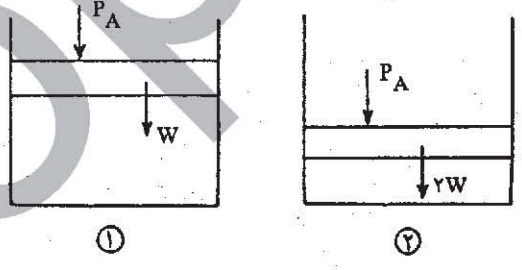
$$P_۲ = P_A + \frac{۳\,W}{۲۰ \times ۱۰^{-۴}} = ۱۰^۵ + ۱۵۰۰\,W$$

چون دما ثابت مانده است، داریم: $P_1 V_1 = P_۲ V_۲$

$$(۱۰^۵ + ۵۰۰\,W)\,V_1 = (۱۰^۵ + ۱۵۰۰\,W)\frac{V_1}{۲}$$

$$۱۰^۵ + ۵۰۰\,W = \frac{۱۰^۵}{۲} + ۷۵۰\,W$$

$$W = ۲۰۰\,N$$



شکل (۲ ـ ۳۴)

بنابراین گزینهٔ (ج) درست است.

۱۷ ـ در شکل (۲ ـ ۳۵) میلهٔ مسی و خط‌کش آهنی در دمای θ_1 نشان داده شده‌اند. اگر واحد تقسیم‌بندی خط‌کش آهنی را u (مثلاً سانتیمتر) در نظر بگیریم، طول میلهٔ مسی در دمای θ_1،

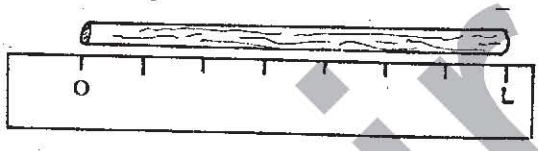
iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

Lu_1 خواهد بود.

اگر دمای خط‌کش آهنی زیاد نمی‌شد و تنها دمای میله مسی بالا می‌رفت، طول جدید میلهٔ مسی چنین بود.

$$L' = Lu_1 (1 + \lambda_{cu} \Delta \theta)$$



شکل (۲ ـ ۳۵)

اما با افزایش دمای خط‌کش آهنی، طول خط‌کش نیز زیاد می‌شود و در نتیجه تقسیم‌بندیهای آن نیز بزرگ می‌شود. بنابراین عددی که روی خط‌کش می‌خوانیم، L' نخواهد بود، بلکه عدد کوچکتری است. اگر تقسیم‌بندی خط‌کش را در دمای θ_2 با u_2 نشان دهیم داریم:

$$u_2 = u_1 (1 + \lambda_{Fe} \Delta \theta)$$

طول میلهٔ مسی در دمای θ_2 بر حسب واحد u_2 به دست می‌آید. به عبارت دیگر باید معین شود که طول میلهٔ مسی چند برابر u_2 است.

$$L_2 = \text{طول جدید میلهٔ مسی} = \frac{L'}{u_2} = \frac{L' u_1 (1 + \lambda_{cu} \Delta \theta)}{u_1 (1 + \lambda_{Fe} \Delta \theta)}$$

اما چون λ_{Fe} عدد کوچکی است، داریم: $\frac{1}{1 + \lambda_{Fe} \Delta \theta} = 1 - \lambda_{Fe} \Delta \theta$

$$L_2 = L (1 + \lambda_{cu} \Delta \theta)(1 - \lambda_{Fe} \Delta \theta)$$

$$L_2 = L [1 + (\lambda_{cu} - \lambda_{Fe}) \Delta \theta - \lambda_{cu} \lambda_{Fe} \Delta \theta^2]$$

می‌توان از حاصلضرب دو ضریب انبساط حرارتی در برابر توان اول آن به علت کوچکی چشم پوشید و داریم: $L_2 = L [1 + (\lambda_{cu} - \lambda_{Fe}) \Delta \theta]$

بنابراین گزینهٔ (ب) درست است.

۱۸ ـ در شکل (۲ ـ ۳۶) دو دماسنج و درجه‌های معلوم از هر کدام نشان داده شده است. در

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

دماسنج‌های مایعی، ارتفاع مایع در لولهٔ مویین متناسب با دما است. مثلاً اگر تغییر دما دو برابر شود، تغییر ارتفاع مایع نیز دو برابر خواهد شد. فرض کنید دمای مورد نظر که هر دو دماسنج آنرا یک عدد نشان می‌دهند، θ باشد.

در دماسنج سلسیوس، هنگامی که دما از ۵ به θ می‌رسد، تغییر ارتفاع مایع در لولهٔ مویین را h_1 و هنگامی که دما از ۲۰ - به θ می‌رسد، تغییر ارتفاع مایع را h_2 می‌گیریم. داریم:

$$\frac{\theta - 5}{\theta - (-20)} = \frac{h_1}{h_2} \qquad (۱-۲)$$

در دماسنج دیگر، هنگامی که دما از θ به ۵۰ می‌رسد، تغییر ارتفاع مایع در لولهٔ مویین را h'_1 و هنگامی که دما از θ به ۱۰ می‌رسد، تغییر در ارتفاع مایع را h'_2 می‌گیریم. داریم:

$$\frac{\theta - 50}{\theta - 10} = \frac{h'_1}{h'_2} \qquad (۲-۲)$$

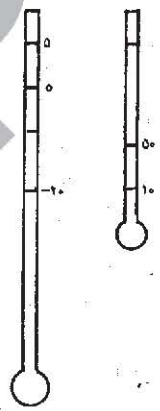
چون افزایش ارتفاع مایع در دماسنج با افزایش دما متناسب است، دو نسبت ارتفاعها در رابطه‌های (۲ - ۱) و (۲ - ۲) با هم برابر است، یعنی:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{h'_1}{h'_2}$$

با استفاده از دو رابطهٔ بالا داریم:

$$\frac{\theta - 5}{5 - (-20)} = \frac{\theta - 50}{50 - 10}$$

$$\theta = -70$$



شکل (۲ - ۳۶)

بنابراین گزینهٔ (ج) درست.

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

۱۹ ـ هنگامی که یخ را حرارت می‌دهیم، دمای یخ بالا می‌رود. وقتی دمای یخ به صفر سلسیوس رسید، گرمای داده شده صرف آب کردن یخ می‌شود و تا هنگامی که همه یخ آب نشود، در شرایطی که یخ و آب درحال تعادل باشند، دمای آن بالا نخواهد رفت. بنابراین در مدت معینی دما ثابت خواهد ماند. پس از آب شدن تمام یخ، دما بالا خواهد رفت. بنابراین گزینهٔ (الف) درست است.

۲۰ ـ انرژی درونی یک جسم با دما و جرم آن متناسب است. یعنی هرچه دما و جرم جسم بیشتر باشد، انرژی درونی آن بیشتر است. البته ممکن است انرژی درونی یک جسم کوچک ولی با دمای بالا مثلاً یک سکّه داغ با انرژی درونی یک جسم بزرگ ولی با دمای پایین مثلاً یک لیوان آب یکسان باشد.

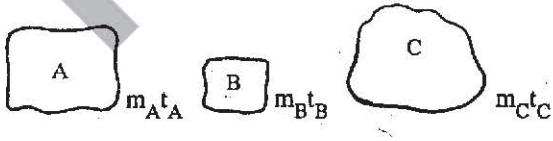
از آن طرف دو جسم که در حال تعادل گرمایی باشند، دمای یکسانی دارند. بنابراین دو جسم A و C دمای یکسانی دارند، یعنی $t_A = t_C$ می‌باشد. در اینجا بهتر است هر چهار گزینه توضیح داده شده و از این راه گزینهٔ درست مشخص شود.

الف) چون الزاماً m_A و m_B برابر نیستند، t_B و t_A نیز الزاماً برابر نیستند. چون $t_A = t_C$ است، در نتیجه t_B و t_C الزاماً برابر نیستند. به عبارت دیگر جسم B و C الزاماً در تعادل گرمایی نیستند.

ب) چون علاوه‌بر دما جرم دو جسم B و C نیز الزاماً با هم برابر نیست، در نتیجه دو جسم B و C الزاماً دارای انرژی درونی یکسانی نیستند.

ج) اگر A و B مشابه باشند، یعنی جرم آنها یکسان است. چون A و B انرژی درونی یکسانی دارند. در نتیجه $t_B = t_A$ خواهد بود و چون $t_A = t_C$ است، پس $t_B = t_C$ خواهدبود و جسم B با جسم C در تعادل گرمایی خواهدبود. بنابراین، این‌گزینه‌درست است.

د) چون دو جسم A و B الزاماً مشابه نیستند، نمی‌توانند با انرژی درونی مساوی الزاماً دمای یکسانی داشته باشند. در نتیجه این گزینه نیز درست نیست. به این ترتیب تنها گزینهٔ (ج) درست است.



۲۱ ـ با توجه به تعریف ضریب انبساط طولی با افزایش دمای میله‌ها، داریم:

$$\Delta L_A = L_A \lambda_A \Delta \theta$$

$$\Delta L_B = L_B \lambda_B \Delta \theta$$

iopm.ir

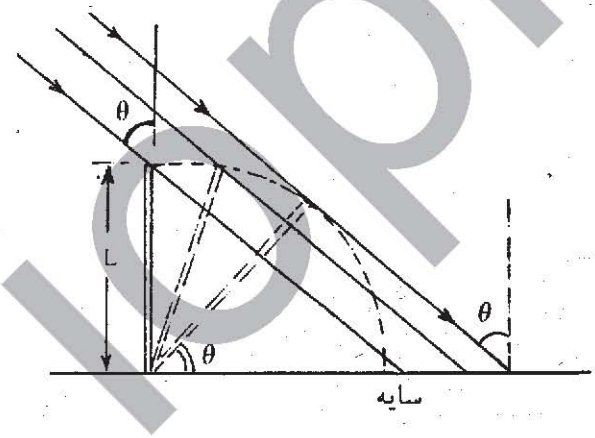
Institute Of Physics & Mathematics

اگر بخواهیم تفاوت طول دو میله همواره مقدار ثابتی بماند، باید افزایش طول آن دو یکی باشد، پس: $\Delta L_A = \Delta L_B \rightarrow L_A \lambda_A = L_B \lambda_B$

بنابراین گزینهٔ (ب) درست است. $\frac{L_A}{L_B} = \frac{\lambda_B}{\lambda_A}$

۲۲ ـ اگر از انبساط شیشه در برابر انبساط روغن چشمپوشی کنیم، گرم یا سرد کردن لوله، تغییری در حجم آن نمی‌دهد. بنابراین مجموع حجم روغن وحباب ثابت می‌ماند. چون گازها تراکم پذیرند، ولی مایعات متراکم نمی‌شوند، در هر دمایی، روغن آزادانه منبسط می‌شود و حباب تا حد ضرورت فشرده می‌شود. اگر لوله را سرد کنیم، عکس این عمل اتفاق می‌افتد. گزینه‌های (ب) و (د) درست نیستند زیرا با سرد کردن لوله، حجم روغن زیاد نمی‌شود. گزینهٔ الف نیز درست نیست، زیرا مجموع حجم روغن و حباب باید ثابت بماند. گزینهٔ (ج) درست است، زیرا با گرم کردن لوله روغن منبسط شده و بر حجمش افزوده می‌شود و گاز فشرده شده، حجم حباب کم می‌شود.

۲۳ ـ میله و سایهٔ آن روی زمین در شکل (۲ ـ ۳۷) نشان داده شده است. وقتی میله می‌افتد، نقطهٔ بالایی آن روی یک دایره به شعاع L حرکت می‌کند. وضعیتهای میله به صورت نقطه‌چین نشان داده شده است. از شکل پیداست که در وضعیتی که نور خورشید بر دایرهٔ مسیر نقطهٔ بالایی میله مماس باشد، طول سایه بیشترین است. در این وضعیت میله با سطح افقی زمین زاویهٔ θ می‌سازد و طول سایه چنین است. $L' = \frac{\theta}{L} \cos$



شکل (۲ ـ ۳۷)

بنابراین گزینهٔ (ب) درست است.

۲۴ ـ خورشید، زمین و مخروط سایهٔ زمین در شکل (۲ ـ ۳۸) نشان داده شده است (مقیاس رعایت نشده است) اگر قرار باشد، هیچگاه ماه گرفتگی رخ ندهد، باید ماه بیرون مخروط

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

سایهٔ زمین باشد. از شکل پیداست که

$$\frac{d}{R_e} = \frac{d + d'}{R_s}$$

چون بزرگی زاویه‌ای خوشید کوچک است، داریم:

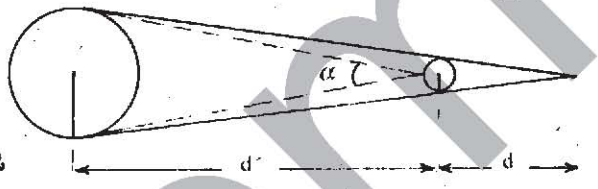
$$\alpha \text{ (برحسب رادیان)} = \frac{۲R_s}{d'} \rightarrow \frac{d'}{R_s} = \frac{۲}{\alpha}$$

$$\frac{۱}{۲} \text{ (برحسب درجه)} = \frac{۱}{۱۱۴} \text{ برحسب رادیان}$$

$$d\left[\frac{۱}{R_e} - \frac{۱}{R_s}\right] = \frac{d'}{R_s} = \frac{۲}{\alpha} \rightarrow d = \frac{R_e R_s}{R_s - R_e}\frac{۲}{\alpha} \simeq \frac{۲R_e}{\alpha}$$

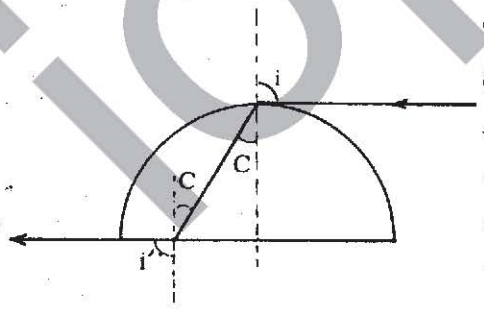
$$d = \frac{۲ \times ۶/۴ \times ۱۰^{۳}}{\frac{۱}{۱۱۴}} = ۱/۴۵۹ \times ۱۰^{۶} \text{ km}$$

نزدیکترین عددبه پاسخ، گزینهٔ (الف) است.



شکل (۲ - ۳۸)

۲۵ ـ نیمکرهٔ شیشه‌ای در شکل (۲ ـ ۳۹) نشان داده شده است. خط عمود بر سطح نیمکره از مرکز کره می‌گذرد. از شکل پیداست که زاویهٔ تابش از هوا برابر ۹۰° است، پس نور با زاویه حد وارد نیمکره می‌شود. در محلی که شعاع نور به سطح تخت نیمکره بر می‌خورد، خط عمود بر سطح رسم شده است تا زاویهٔ تابش مشخص شود. آشکار است که زاویه تابش در نیمکره برابر زاویهٔ حد است ، پس باید زاویهٔ خروجی ۹۰° باشد. در نتیجه نور مماس بر سطح تخت نیمکره خارج می‌شود. بنابراین گزینه (ب) درست است.



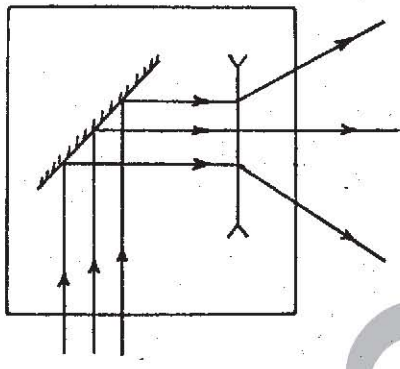
شکل (۲ ـ ۳۹)

iopm.ir

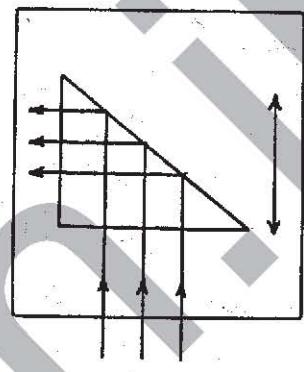
Institute Of Physics & Mathematics

۲۶ ـ نوری که از هر یک از چهار ترکیب وسایل خارج می‌شود. به ترتیب در شکلهای (۲ ـ ۴۰) تا (۲ ـ ۴۳) رسم شده است.

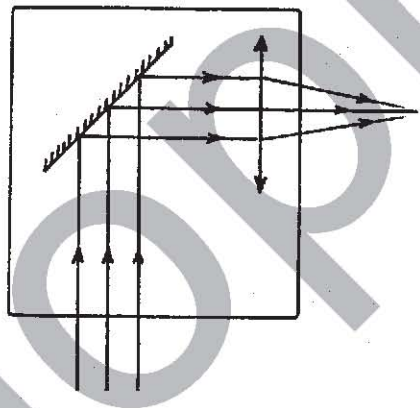
آشکار است که تنها ترکیب شکل (۲ ـ ۴۲) انحراف مورد نظر را در پرتوها به وجود می‌آورد. بنابراین گزینهٔ (ج) درست است.



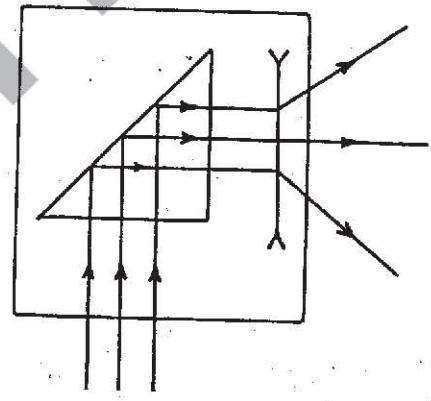
شکل (۲ ـ ۴۰)



شکل (۲ ـ ۴۱)



شکل (۲ ـ ۴۲)



شکل (۲ ـ ۴۳)

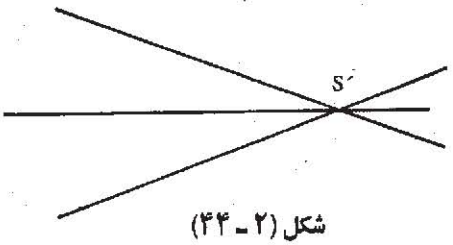
۲۷ ـ تصویر حقیقی S' از تلاقی شعاعهای نوری که از S آمده و از عدسی گذشته‌اند تشکیل شده است و در شکل (۲ ـ ۴۴) نشان داده شده است. برای آنکه تصویر نهایی بر روی S بیفتد، باید شعاعهای نور به همان ترتیب به طرف عدسی برگردند. اگر یک آینهٔ مقعر را در فاصلهٔ R از S' قرار دهیم شعاعهای نور پس از برخورد به آینه روی خودشان باز می‌تابند و

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

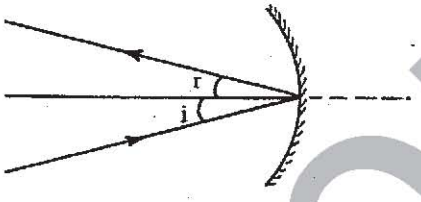
از S' می‌گذرند. این حالت در شکل (۲ ـ ۴۵) نشان داده شده است.

اگر رأس آینه مقعر را در محل S' قرار دهیم و آینه و عدسی هم محور باشند، زاویهٔ تابش هر شعاع نور، زاویه‌ای است که با محور آینه می‌سازد. در این صورت مطابق شکل (۲ ـ ۴۶) زاویهٔ بازتاب نیز زاویه‌ای است که نور بازتابیده با محور آینه می‌سازد. بنابراین تمام شعاعهای نور که زیر محور آینه قرار دارند پس از بازتاب بالای محور می‌روند و بر عکس. به این ترتیب نورهایی که به طرف آینه می‌تابد به همان شکل از آینه به طرف عدسی باز می‌تابد.

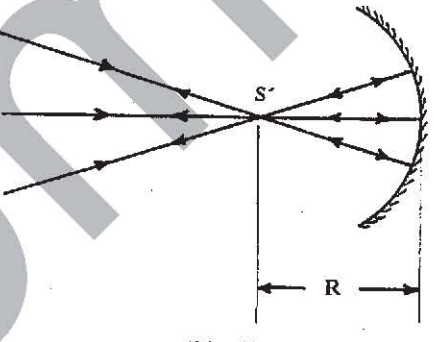


شکل (۲ ـ ۴۴)

در نتیجه گزینهٔ (الف) درست است.



شکل (۲ ـ ۴۶)



شکل (۲ ـ ۴۵)

۲۸ ـ مایع شفافی که در گودی یک عدسی هلالی شکل ریخته می‌شود، مانند یک عدسی همگرا عمل می‌کند، زیرا از یک سطح برآمده و یک سطح تخت تشکیل شده است. بنابراین دو عدسی همگرای به هم چسبیده تشکیل می‌شود. چون همگرایی دو عدسی به هم چسبیده مجموع همگراییهای دو عدسی است، پس همگرایی زیاد می‌شود و در نتیجه فاصلهٔ کانونی کم می‌شود. بنابراین گزینهٔ (ب) درست است.

۲۹ ـ در شکل (۲ ـ ۴۷) جسم، عدسی و محل تشکیل تصویر نشان داده شده است. چون طول تصویر دو برابر طول جسم است، پس:

$$q = ۲p = ۲ \times ۱۸ = ۳۶ \text{ cm}$$

در رابطهٔ عدسیها، یعنی:

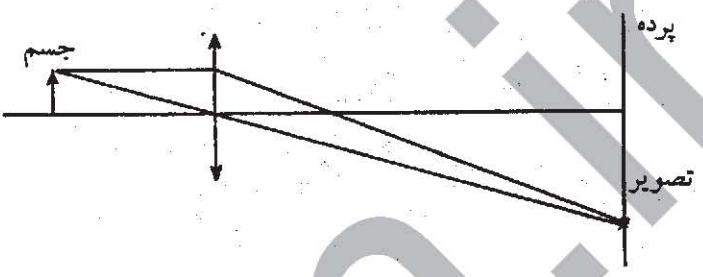
$$\frac{۱}{p} + \frac{۱}{q} = \frac{۱}{f}$$

iopm.ir

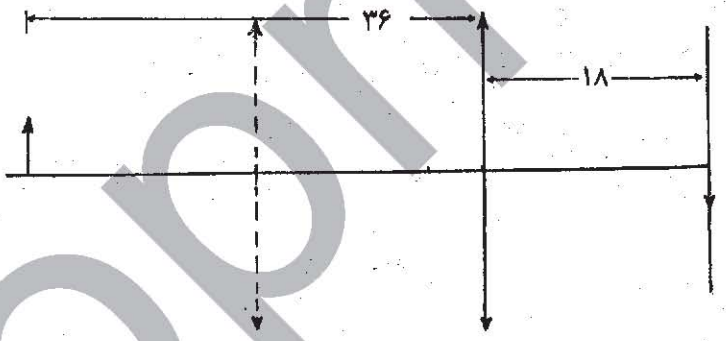
Institute Of Physics & Mathematics

اگر جای p و q عوض شود، بازهم رابطهٔ بالا برقراراست. بنابراین اگر $q = 18cm$ و $p = 36\ cm$ باشد، باز هم تصویر جسم روی پرده تشکیل می‌شود. این حالت در شکل (۲ ـ ۴۸) نشان داده شده است. از شکل (۲ ـ ۴۸) پیداست که تغییر مکان عدسی $18\ cm$ است.

بنابراین گزینهٔ (ج) درست است.



شکل (۲ ـ ۴۷)



شکل (۲ ـ ۴۸)

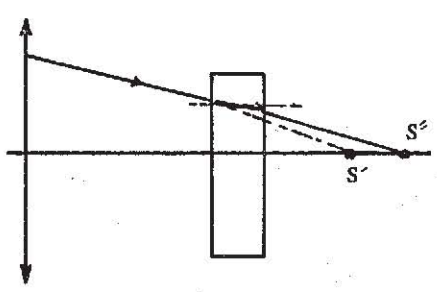
۳۰ ـ در شکل (۲ ـ ۴۹) تیغهٔ متوازی‌السطوح میان عدسی و جسم قرارگرفته است. نوری که از S وارد تیغه می‌شود، به موازات خود جابه جا شده و امتداد آن از نقطهٔ S' می‌گذرد. بنابراین برای عدسی مانند آن است که جسم در نقطهٔ S' قرار دارد. چون تصویری که در عدسی تشکیل می‌شود حقیقی است، با نزدیک شدن جسم به عدسی، فاصله تصویر از عدسی زیادتر می‌شود.

در شکل (۲ ـ ۵۰) تیغه میان عدسی و تصویر قرارگرفته است. در این‌جا نیز نوری که محور عدسی را در نقطهٔ S' قطع می‌کرد و تصویر را تشکیل می‌داد، به موازات خود جابه‌جا شده و در نقطهٔ S'' تصویر تشکیل می‌شود. بنابراین در این حالت نیز تصویر از عدسی دور

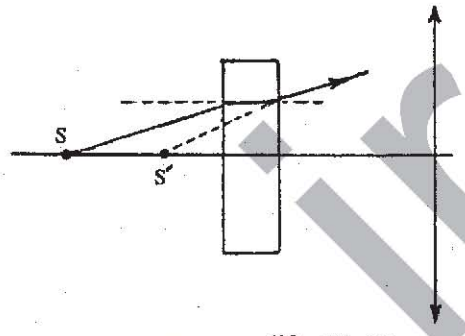
iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

می‌شود. درنتیجه در هر دو حالت فاصلهٔ تصویر از عدسی زیادتر می‌شود و گزینهٔ (ج) درست است.



شکل (۲ ـ ۴۹)



شکل (۲ ـ ۵۰)

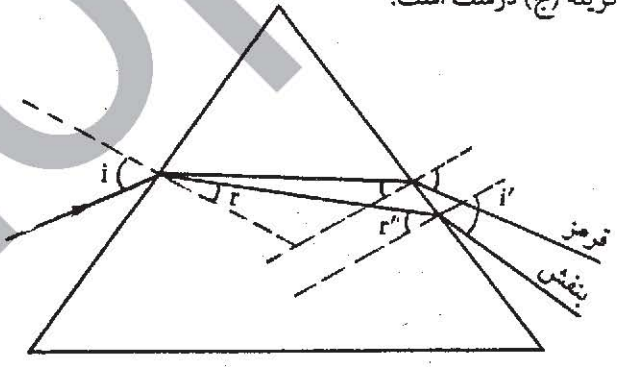
۳۱ – در شکل (۲ ـ ۵۱) نور سفیدی وارد منشور شده و از طرف دیگر به صورت تجزیه شده خارج شده است.

از شکل پیداست که زاویهٔ خروجی i' و نیز زاویه تابش داخل r برای رنگهای مختلف،باهم تفاوت دارند. در منشور داریم: $A = r + r'$

چون زاویهٔ رأس A ثابت است. پس تفاوت زاویهٔ r' برای رنگ‌های مختلف، سبب تفاوت زاویهٔ r برای رنگها مختلف می‌شود. از طرفی زاویه تابش i برای همهٔ رنگها یکسان است.

با توجه به رابطهٔ $\text{Sin } i = n \text{ Sin } r$

چون r برای هر رنگ مقدار معینی است، پس n نیز برای رنگهای مختلف متفاوت است. بنابراین گزینهٔ (ج) درست است.



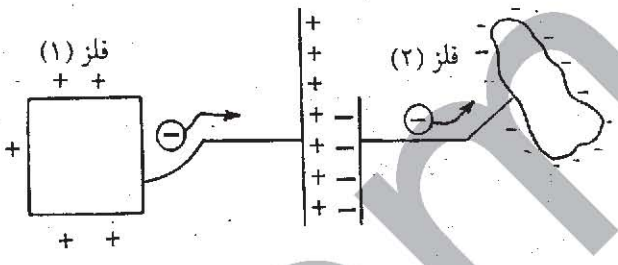
شکل (۲ ـ ۵۱)

۳۲ ـ یک باتری که قطبهای آن به دو فلز وصل شده است، در شکل (۲ ـ ۵۲) نشان داده شده است. در قطب مثبت باتری، بارهای مثبت تجمع کرده‌اند و به همین علت آن قطب مثبت شده است. قطب منفی باتری نیز محل تجمع بارهای منفی است و به همین دلیل قطب

iopm.ir

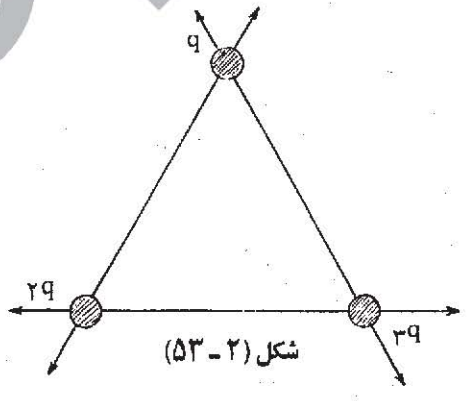
Institute Of Physics & Mathematics

منفی شده است. این آرایش بارها اختلاف پتانسیل معینی میان دو قطب به وجود می‌آورد. هنگامی که فلزهای ۱ و ۲ را به دو قطب باتری وصل می‌کنیم، بارهای منفی فلز ۱ به طرف باتری کشیده می‌شوند و تعدادی از بارهای مثبت قطب مثبت را خنثی می‌کنند. با این کار تعادل داخل باتری بر هم می خورد و در الکترولیت داخل آن، تعدادی بار منفی از قطب مثبت جدا شده و به طرف قطب منفی می‌رود و همزمان به همان تعداد بار منفی به طرف فلز ۲ می‌روند. به این ترتیب باتری سبب می‌شود که تعدادی بار منفی از فلز ۱ جدا شده پس از عبور از باتری بر روی فلز ۲ جمع شوند. بنابراین بار مثبت فلز ۱ هم اندازهٔ بار منفی فلز ۲ خواهد بود. این آرایش را خازن می‌نامند و هر کدام از دو فلز جوشن خازن نام دارد و همواره بار جوشنها هم‌اندازه است. بنابراین بارالکتریکی چاقو و دیگ زودپز، هم اندازه است و گزینهٔ (ج) درست است.



شکل (۲ ـ ۵۲)

۳۳ ـ گلوله‌ها در شکل (۲ ـ ۵۳) نشان داده شده‌اند. همان‌طور که از شکل پیداست، هر دو بار الکتریکی نیروهایی هم‌اندازه ، هم راستا و در سوی مخالف، به هم وارد می‌کنند. بنابراین برآیند هر دو نیرویی که دوبار الکتریکی بر هم وارد می‌کنند صفر است. درنتیجه برآیند کل نیروها نیز صفر است. بنابراین گزینهٔ (د) درست است.



شکل (۲ ـ ۵۳)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

۳۴ ـ درشکل (۲ ـ ۵۴) یک خازن مسطح که یک تیغهٔ دی‌الکتریک با ضخامت کمتر از فاصلهٔ دو صفحهٔ خازن، میان دو صفحه قرار دارد، نشان داده شده است. چون تیغهٔ دی‌الکتریک تمام فضای میان دو صفحه را پر نکرده است، نمی‌توان از رابطهٔ $C = \varepsilon_0 K \frac{A}{(d + d')}$ ظرفیت آن را حساب کرد و باید روش دیگری به کار برد. می‌توان نشان داد که اگر یک صفحهٔ فلزی بسیار نازک در کنار دی‌الکتریک قرار دهیم، شرایط الکتریکی و در نتیجه ظرفیت خازن تغییر نمی‌کند. نازک بودن این صفحه برای آن است که چیزی از ضخامت تیغهٔ دی‌الکتریک و یا لایهٔ هوا نکاهد. با قرار دادن این تیغهٔ نازک، اکنون دو خازن که یک صفحه از هرکدام به هم وصل شده است، در دست داریم. این دو خازن به ترتیب زیر است.

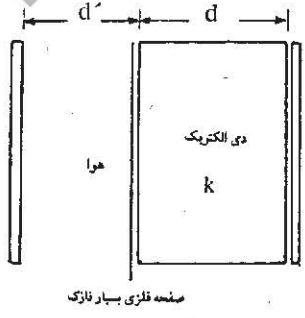
۱ ـ خازنی بافاصلهٔ صفحه‌های d که یک دی‌الکتریک میان صفحات آن قرار دارد.

۲ ـ خازنی با فاصلهٔ صفحه‌های d' که دی‌الکتریک آن هواست.

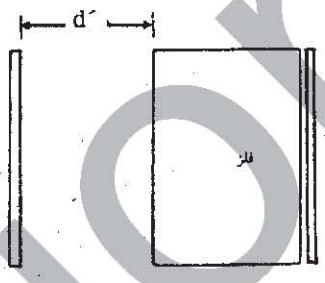
آشکار است‌که این دو خازن به‌طور سری به‌هم وصل شده‌اند. ظرفیت معادل دوخازن چنین‌است:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{\varepsilon_0 \frac{A}{d'}} + \frac{1}{\varepsilon_0 K \frac{A}{d}}$$

$$C = \frac{\varepsilon_0 K A}{K d' + d} = \varepsilon_0 \frac{A}{d' \frac{d}{K} +}$$



شکل (۲ ـ ۵۴)



شکل (۲ ـ ۵۵)

اکنون فرض کنید مطابق شکل (۲ ـ ۵۵) به جای دی‌الکتریک، یک تیغهٔ فلزی به همان ضخامت قرار داده‌ایم. دراین صورت خازنی با فاصلهٔ صفحات d' و دی‌الکتریک هوا در اختیار داریم. ظرفیت این خازن چنین است. $C' = \varepsilon_0 \frac{A}{d'}$

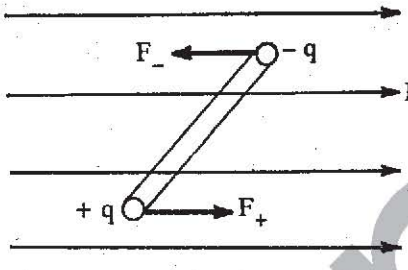
مقایسهٔ ظرفیت خازن در دو حالت، نشان می‌دهد که همواره $C' > C$ است. همچنین از

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

این مقایسه معلوم می‌شود که اگر بخواهیم تیغهٔ فلزی را نیز مانند یک دی‌الکتریک به حساب آوریم، باید ثابت دی‌الکتریک آن را بینهایت فرض کنیم. بنابراین قرار دادن آلومینیوم میان دو صفحهٔ خازن، ظرفیت را بیشتر افزایش می‌دهد. در نتیجه گزینهٔ (الف) درست است.

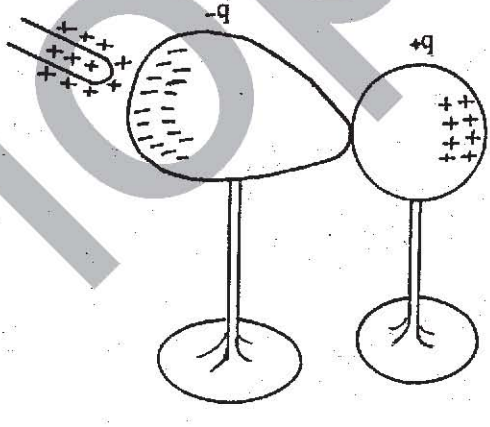
۳۵ ـ در شکل (۲ ـ ۵۶) دوقطبی الکتریکی در میدان الکتریکی نشان داده شده است. نیروی وارد بر بار مثبت در جهت میدان و نیروی بار منفی در خلاف جهت میدان بر دو قطبی وارد می‌شود. چون میدان الکتریکی یکنواخت است، E همه‌جا یک اندازه دارد. در نتیجه به علت تساوی اندازهٔ بارها، دو نیروی F_+ و F_- هم اندازه، هم راستا و در خلاف جهت هم‌اند. بنابراین برآیند دو نیروی وارد بر دو قطبی الکتریکی صفراست و دوقطبی به‌سمت چپ و راست حرکت نمی‌کند. اما دو نیروی F_+ و F_- بر دو قطبی گشتاور وارد کرده و آن را در جهت خلاف عقربه‌های ساعت می‌چرخانند. در نتیجه گزینهٔ (د) درست است.



شکل (۲ ـ ۵۶)

۳۶ ـ پیش از نزدیک کردن میلهٔ شیشه‌ای به دو جسم رسانا، مجموع بارهای الکتریکی آنها صفر است. با نزدیک کردن میله شیشه‌ای با بار مثبت، بارهای دو جسم از هم جدا می‌شوند و مطابق شکل (۲ ـ ۵۷) q + روی کره و q - روی رسانای گلابی شکل جمع می‌شود، به‌طوری که باز هم مجموع آنها صفر باشد.

پس از جداکردن دو جسم رسانا از یکدیگر و دورکردن میلهٔ شیشه‌ای، بارهای الکتریکی جمع شده روی هر کدام، روی آن می‌ماند. بنابراین اندازهٔ بار القا شده درهر دو جسم رسانا یکسان است. درنتیجه گزینهٔ (ج) درست است.



شکل (۲ ـ ۵۷)

iopm.ir

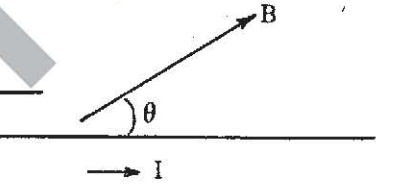
Institute Of Physics & Mathematics

۳۷ ـ هر گاه از یک سیم جریان الکتریکی بگذرد، در اطراف آن میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود. میدان مغناطیسی در یک فضا را با خطوط میدان نشان می‌دهند. اگر در این فضا سیم دیگری که جریان الکتریکی از آن می‌گذرد، باشد، از طرف میدان مغناطیسی سیم اول بر جریان سیم دوم نیرو وارد می‌شود.

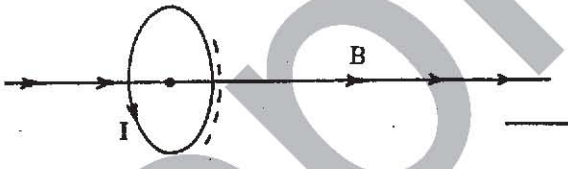
در شکل (۲ ـ ۵۸) یک سیم حامل جریان و میدان مغناطیسی B نشان داده شده است (این میدان به ترتیبی که در اینجا با آن کار نداریم، ایجاد شده است). نیروی وارد بر تکه‌ای از سیم به طول l، چنین است:

$$F = I\ell B \sin\theta = I\ell(B\sin\theta) = I\ell B_{\perp}$$

در رابطهٔ بالا منظور از $B_{\perp}$، مؤلفهٔ B عمود بر راستای سیم است. بنابراین هنگامی بر سیم حامل جریان‌از طرف میدان مغناطیسی نیرو وارد می‌شود که بردار القای‌مغناطیسی B مؤلفه‌ای عمود برسیم حامل جریان داشته باشد.



شکل (۲ ـ ۵۸)

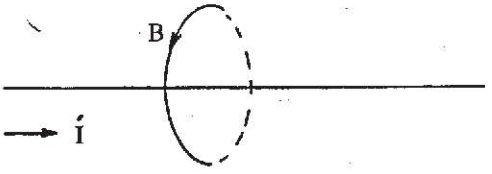


شکل (۲ ـ ۵۹)

میدان مغناطیسی یک حلقهٔ جریان، در نقاط واقع بر محور آن، همان‌طورکه در شکل(۲ـ۵۹) نشان داده شده است، بر محور منطبق است. این میدان مغناطیسی مؤلفه‌ای عمود بر سیم راست حامل جریان (که بر محور حلقه منطبق است) ندارد تا بر آن نیرو وارد کند. بنابراین از طرف حلقه، بر سیم راست نیرویی وارد نمی‌شود. بنابه قانون عمل و عکس‌العمل، از سیم راست هم بر حلقهٔ جریان، نیرویی وارد نمی‌شود. می‌توان این مطلب را مستقیماً هم به دست آورد. در شکل (۲ ـ ۶۰) خطوط میدان یک سیم راست در اطراف آن نشان داده شده است. خطوط میدان در اطراف سیم راست به صورت حلقه‌هایی که مرکز آن بر سیم منطبق است می‌باشد. این خطوط میدان مؤلفه‌ای عمود بر حلقهٔ جریان ندارد و در نتیجه از طرف

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics



شکل (۲ ـ ۶۰)

میدان مغناطیسی سیم راست بر حلقهٔ جریان (محور حلقه بر سیم راست منطبق است) نیرویی وارد نمی‌شود. بنابراین حلقه ساکن می‌ماند و گزینهٔ (د) درست است.

۳۸ ـ در شکل (۲ ـ ۶۱) خازن در دو حالت بدون دی‌الکتریک و با دی‌الکتریک نشان داده شده است. در هر دو حالت اختلاف پتانسیل میان دو صفحهٔ خازن برابر اختلاف پتانسیل دو سر باتری است. چون میدان الکتریکی میان دو صفحهٔ خازن یکنواخت است، رابطهٔ زیر میان شدت میدان الکتریکی E، اختلاف پتانسیل صفحات V و فاصلهٔ صفحات d وجود دارد.

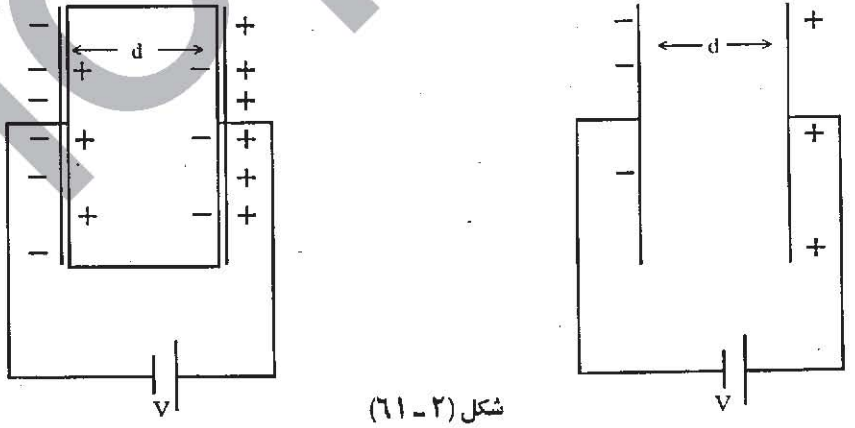
$$\frac{V}{d} = E$$

بنابراین در دو حالت شدت میدان الکتریکی یکسان است.

در اینجا توضیح یک نکته سودمند است. چون وارد کردن دی‌الکتریک کائوچو ظرفیت خازن را زیاد می‌کند، در این حالت بار الکتریکی خازن زیادتر خواهد شد، زیرا داریم:

$$Q = C V$$

همان‌طور که در شکل نشان داده شده است، بارهای الکتریکی صفحات خازن، بارهای الکتریکی با علامت مخالف در دی‌الکتریک القا می‌کند. بنابراین بار خالص در هر دو حالت یکسان است و در نتیجه میدان الکتریکی دو حالت نیز یکسان است. به این ترتیب گزینهٔ (ب) درست است.



شکل (۲ ـ ۶۱)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

۳۹ ـ نیروی میان دو گلوله قبل از تماس با هم، چنین است: $F_1 = K\frac{q_1 q_2}{r^2}$

پس از تماس دو گلوله، چون گلوله‌ها مشابه‌اند، کل بار میان آن دو به تساوی تقسیم می‌شود. و برای نیروی میان آنها داریم:

$$F_2 = K\frac{q'^2}{r^2}$$

که در آن $q' = \frac{1}{2}(q_1 + q_2)$ است، زیرا به دلیل بقای بار، مجموع بار در دو حالت یکسان است.

اکنون فرض کنید مجموع بارهای الکتریکی دو کره را q فرض کنیم. داریم: $q' = \frac{q}{2}$

$$q_1 = \frac{q}{2} + \delta$$

$$q_2 = \frac{q}{2} - \delta$$

$$q_1 q_2 = (\frac{q}{2} + (\frac{q}{\delta)2} - \delta) = \frac{q^2}{4} - \delta^2$$

$$q'^2 = \frac{q^2}{4} > q_1 q_2$$

پس در حالت دوم نیروی الکتریکی میان دو کره بیشتر است. در نتیجه گزینهٔ (ب) درست است.

۴۰ ـ انرژی تولید شده در یک سیم به مقاومت R که به اختلاف پتانسیل V بسته شود، در مدت t چنین است.

$$W = R I^2 t = R\frac{V^2}{R^2}t = \frac{V^2}{R}t$$

چون اختلاف پتانسیل در دو حالت یکسان است، پس:

$$\frac{W_2}{W_1} = \frac{R_1}{R_2}\frac{t_2}{t_1} = 1 \rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{t_1}{t_2}$$

زیرا مقدار گرمای تولید شده نیز یکسان است. اما مقاومت سیمها از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$R = \rho\frac{\ell}{A}$$

$$\frac{\rho\frac{\ell_1}{A}}{\rho\frac{\ell_2}{A}} = \frac{t_1}{t_2} \rightarrow \frac{\ell_1}{\ell_2} = \frac{t_1}{t_2} \rightarrow \ell_2 = \frac{t_2}{t_1}\ell_1$$

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

$$l_۲ = \frac{۱۵}{۲۵} \times ۱۲ \rightarrow l_۲ = ۷/۲ \text{ m}$$

بنابراین گزینهٔ (ب) درست است.

۴۱ ـ اگر از یک نقطه، مثلاً نقطهٔ A در جهت معینی روی مدار بچرخیم و مجموع اختلاف پتانسیلهای دو سر هرکدام از باتریها را با هم جمع کنیم، هنگامی که به نقطه A می‌رسیم، باید مجموع اختلاف پتانسیلها صفر باشد. یعنی:

$$\sum_{i=۱}^{۸} V_i = ۰$$

چون باتریها مشابه هستند، پس اختلاف پتانسیل دو سر همهٔ آنها باید یکسان باشد. در نتیجه باید $V = ۰$ باشد.

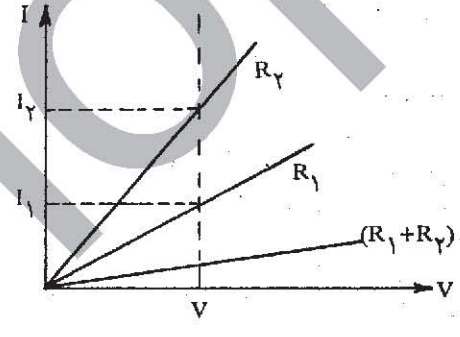
می‌توان این نتیجه را از راه محاسبه جریان نیز به دست آورد. داریم:

$$I = \frac{\Sigma E}{\Sigma r} = \frac{۸E}{۸r} = \frac{E}{r}$$

$$V = E - Ir = ۰$$

بنابراین گزینهٔ (ج) درست است.

۴۲ ـ نمودار تغییرات شدت جریان برحسب اختلاف پتانسیل دو سر مقاومتهای $R_۱$ و $R_۲$ در شکل (۲ ـ ۶۲) رسم شده است. روی نمودار یک خط به موازات محور I رسم می‌کنیم تا دو نمودار را در نقاط $I_۱$ و $I_۲$ قطع کند. از روی نمودار پیداست که چون شدت جریان $I_۲$ از $I_۱$ بیشتر است، پس مقاومت $R_۲$ از $R_۱$ کمتر است. بنابراین هر چه مقاومت بیشتر باشد، شیب آن در این نمودار باید کمتر باشد. هنگامی که دو مقاومت را به‌طور سری دنبال هم می‌بندیم، مقاومت مجموع باید بیشتر شود پس شیب مقاومت معادل باید از هر دو کمتر باشد. مقاومت معادل نیز در شکل نشان داده شده است. در نتیجه گزینهٔ (ب) درست است.



شکل (۲ ـ ۶۲)

۴۳ ـ وضعیت صفحات خازن پس از جابه‌جا کردن آنها، در شکل (۲ ـ ۶۳) نشان داده شده است.

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

چون خازن از منبع جدا شده است، بار الکتریکی آن ثابت می‌ماند ولی پس از جابه‌جایی صفحات، تغییر آرایش داده و در قسمتی از صفحات که مقابل هم قرار دارند، جمع می‌شود. بار خازن چنین است.

$$Q = CV = ۱۰^{-۶} \times ۲۰۰ = ۲ \times ۱۰^{-۴} \text{ Coul}$$

ظرفیت جدید خازن به علت نصف شدن مساحت صفحات $۰/۵\mu F$ خواهد بود و انرژی خازن در این حالت چنین است:

$$U_۲ = \frac{۱}{۲}\frac{Q^۲}{c_۲} = \frac{۱}{۲}\frac{۴ \times ۱۰^{-۸}}{۰/۵ \times ۱۰^{-۶}} = ۴ \times ۱۰^{-۲} j$$

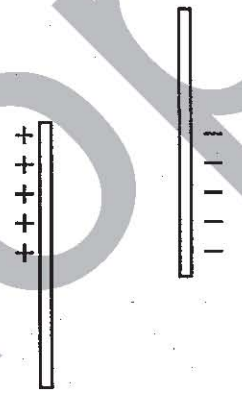
انرژی قبلی خازن چنین است: $U_۱ = \frac{۱}{۲}\frac{Q^۲}{c_۱} = \frac{۱}{۲}\frac{۴ \times ۱۰^{-۸}}{۱۰^{-۶}} = ۲ \times ۱۰^{-۲} j$

تغییر انرژی چنین است.

$$U_۲ - U_۱ = ۴ \times ۱۰^{-۲} - ۲ \times ۱۰^{-۲} = ۲ \times ۱۰^{-۲} j = ۲۰ mj$$

انرژی خازن ۲۰ mj بیشتر شده است. پس گزینهٔ (الف) درست است.

توضیح این نکته سودمند است که انرژی اضافه شده به علت کاری است که یک عامل خارجی برای جابه‌جا کردن صفحات انجام داده است. چون دو بار ناهمنام صفحات خازن یکدیگر را جذب می‌کنند، عامل خارجی باید نیرویی به صفحات وارد کند تا آنرا جابه‌جا کند و در این جابه‌جایی کار مثبت انجام دهد.



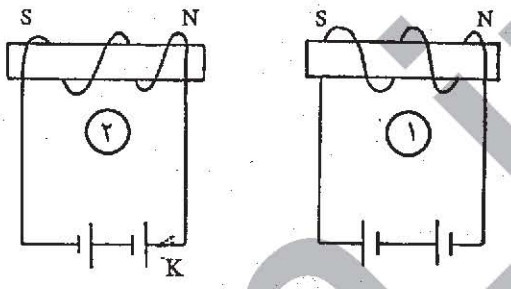
شکل (۲ ـ ۶۳)

۴۴ ـ پیش از بستن کلید K ، هسته شماره ۱ آهنربا بوده ولی هسته شماره ۲ آهنربا نیست. در

iopm.ir

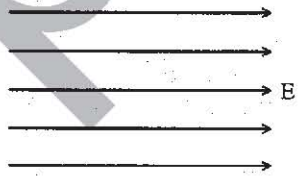
Institute Of Physics & Mathematics

این حالت آهنربا بر آهن نیروی معینی وارد می‌کند. پس از بستن کلید، هسته شماره ۲ نیز آهنربا می‌شود و دو قطب مخالف دو آهنربا مقابل هم قرار دارند و نیرویی بیش از آنچه یک آهنربا برآهن وارد می‌کند، بر هم وارد می‌آورند. (به شکل ۲ ـ ۶۴ نگاه کنید) بنابراین نیروی وارد بر هسته‌ها افزایش می‌یابد و در نتیجه گزینهٔ (ج) درست است.



شکل (۲ ـ ۶۴)

۴۵ ـ نیروی وارد بر الکترون از طرف میدان مغناطیسی هم بر سرعت بار و هم بر میدان مغناطیسی عمود است. بنابراین باید نیروی وارد بر الکترون یا به طرف بالا و یا به طرف پایین باشد. با توجه به قاعده دست راست نیروی وارد بر الکترون به طرف بالاست. (به شکل ۲ ـ ۶۵ نگاه کنید) در نتیجه گزینهٔ (د) درست است.



شکل (۲ ـ ۶۵)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

پاسخ مسئله‌ها

۱ ـ معلومات مسئله چنین است:

جرم بطری = ۲۶۵ g

جرم بطری و گلوله‌های شیشه‌ای = ۶۱۵ g

جرم بطری و گلوله‌های شیشه‌ای و آب = ۹۷۰ g

جرم بطری پر از آب = ۷۶۰ g

جرم گلوله‌های شیشه‌ای = ۶۱۵ − ۲۶۵ = ۳۵۰ g

جرم آب هم حجم بطری = ۷۶۰ − ۲۶۵ = ۴۹۵ g

حجم بطری = $V_1 = \frac{۴۹۵}{۱} = ۴۹۵\ cm^3$

جرم آب همراه گلوله‌ها = ۹۷۰ − ۶۱۵ = ۳۵۵ g

حجم آب همراه گلوله‌ها = $V' = \frac{۳۵۵}{۱} = ۳۵۵\ cm^3$

حجم گلوله‌ها $V_2 = V_1 - V' = ۴۹۵ - ۳۵۵ = ۱۴۰\ cm^3$

چگالی گلوله‌ها = $\rho = \frac{m}{V_2} = \frac{۳۵۰}{۱۴۰} = ۲/۵\ g/cm^3$

۲ ـ فرض کنید مطابق شکل (۲ ـ ۶۶) مایعی درون یک لوله به سطح مقطع S و با سرعت v جریان دارد. می‌خواهیم حجم مایعی که در یک ثانیه از مقطع معینی مثلاً A از لوله می‌گذرد را حساب کنیم. روی لوله طول V را در نظر می‌گیریم.

پس از یک ثانیه تمام مایعی که در قسمت مشخص شدهٔ لوله قرار دارد، از مقطع A می‌گذرد. بنابراین حجم مایعی که در واحد زمان از مقطع معینی می‌گذرد چنین است:

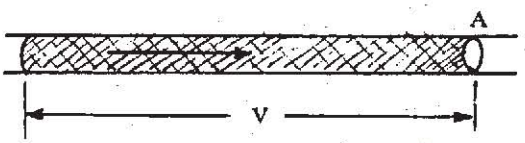
$v = S V$

اکنون مطابق شکل (۲ ـ ۶۷) یک شیر آب را در نظر بگیرید. حجم آبی که در یک ثانیه از

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

دهانهٔ شیر خارج می‌شود، عبارت است از: $v = S_1 V_1$

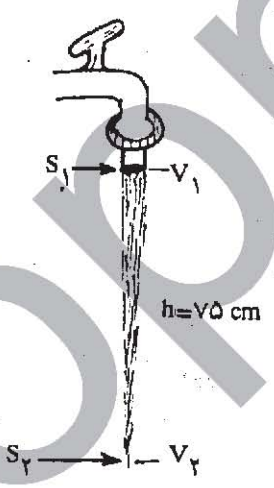


شکل (۲ ـ ٦٦)

هنگامی که آب پایین می‌رود، بر سرعتش افزوده می‌شود و به $V_2 > V_1$ می‌رسد و چون از مقطع S_2 نیز باید همان مقدار آب در ثانیه بگذرد، پس باید S_2 از S_1 کوچکتر شود. از تساوی مقدار آبی که در ثانیه از هر مقطعی می‌گذرد، داریم:

$$S_1 V_1 = S_2 V_2$$

$$S_2 = \frac{V_1}{V_2} S_1$$



شکل (۲ ـ ٦٧)

میان سرعت در دو ارتفاع مختلف رابطهٔ زیر برقرار است:

$$V_2^2 - V_1^2 = 2gh$$

$$V_2^2 = 2 \times 10 \times 0/75 + 1 = 16$$

$$V_2 = 4 \text{ m/s}$$

$$S_2 = \frac{\pi}{4} D_2^2 = \frac{V_1}{V_2} \frac{\pi}{4} D_1^2$$

$$D_2 = \sqrt{\frac{1}{4}} D_1 = \frac{1}{2} \text{ cm}$$

۳ ـ در هر ثانیه، همراه قطره‌های باران، 10^{-2} Coul بارالکتریکی به هر متر مربع از سطح زمین می‌رسد. اگر بار الکتریکی در واحد سطح زمین را σ بگیریم مدتی که لازم است تا بارهای رسیده به زمین، بار سطحی زمین را خنثی کنند، چنین است. $\sigma = It$

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

$$t = \frac{۹ \times ۱۰^{-۱۱}}{۱۰^{-۱۲}} = ۹۰\ s$$

باری که در اثر جریان، در شبانه روز به زمین می‌رسد، چنین است:

$$q = I t' = ۱۰^{-۱۲} \times ۸۶۴۰۰ = ۸/۶۴ \times ۱۰^{-۸}\ Coul$$

باری که در شبانه روز به تمام سطح زمین می‌رسد چنین است:

$$Q = qS = ۸/۶۴ \times ۱۰^{-۸} \times ۴\pi \times (۶/۴ \times ۱۰^{۶})^{۲}$$

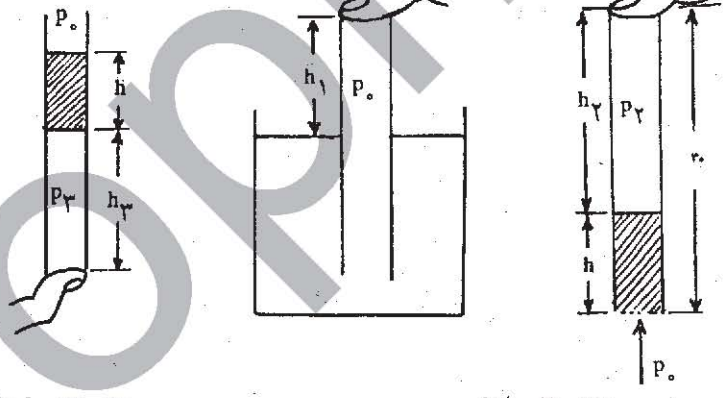
$$Q = ۴/۵ \times ۱۰^{۷}\ Coul$$

این مقدار بار توسط ۴۰۰۰۰ صاعقه خنثی می‌شود تا بار زمین محفوظ بماند. بار هر صاعقه چنین است.

$$Q' = \frac{۴/۵ \times ۱۰^{۷}}{۴۰۰۰۰} = ۱/۱ \times ۱۰^{۳}\ Coul$$

۴ ـ در شکل (۲ ـ ۶۸) لوله در ظرف جیوه و نیز بیرون آن نشان داده شده است. فشار و حجم هوای بالای جیوه در دو حالت با رابطهٔ زیر به هم مربوط‌اند. در تمام رابطه‌ها سطح مقطع لوله حذف شده است و در نتیجه به جای حجم ارتفاع نوشته شده است. $p_۰ h_۱ = p_۲ h_۲$.

$$۷۰ \times ۱۵ = p_۲ h_۲ \qquad (۱ ـ ۲)$$



شکل (۲ ـ ۶۸) شکل (۲ ـ ۶۹)

از طرفی فشار هوا و جیوهٔ باقیمانده در لوله باید با فشار هوای بیرون برابر باشد. پس داریم:

$$p_۲ + (۳۰ - h_۲) = p_۰ \qquad (۲ ـ ۲)$$

از دو معادلهٔ (۲ ـ ۱) و (۲ ـ ۲) بالا داریم:

$$h_۲^{۲} + ۴۰ h_۲ - ۱۰۵۰ = ۰$$

$$h_۲ = ۲۰ \pm \sqrt{۴۰۰ + ۱۰۵۰}$$

$$h_۲ = ۱۸$$

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

$h = ۳۰ - ۱۸ = ۱۲ \text{ cm}$

$p_۲ = ۴۰ + h_۲ = ۴۰ + ۱۲ = ۵۲ \text{ cm Hg}$

در شکل (۲ ـ ۶۹) لولهٔ وارونه شده نشان داده شده است.

برای هوای زیر جیوه داریم: $p_۳ h_۳ = p_۰ h_۱$

$p_۳ = p_۰ + h = ۷۰ + ۱۲ = ۸۲ \text{ cm Hg}$

$h_۳ = \frac{p_۰ h_۱}{p_۳} = \frac{۱۵ \times ۷۰}{۸۲} = ۱۲/۸ \text{ cm}$

۵ ـ الف ـ میلهٔ a b بر اثر نیروی وزن سقوط می‌کند و مساحت a b c d که شار مغناطیسی از آن می‌گذرد تغییر می‌کند. (به شکل ۲ ـ ۷۰ نگاه کنید) این تغییر شار نیروی محرکهٔ القایی به وجود می‌آورد و این نیروی محرکه در مدار بستهٔ a b c d جریان القایی به وجود می‌آورد. از طرف میدان مغناطیسی بر میلهٔ a b که جریان از آن می‌گذرد نیرویی وارد می‌شود که مطابق قانون لنز این نیرو باید رو به بالا باشد تا با عامل ایجاد نیروی محرکه یعنی سقوط میله مخالفت کند. ابتدا که سرعت کم است، نیروی محرکهٔ القایی، جریان و نیروی روبه بالا کم است و به تدریج زیاد می‌شود. هنگامی که این نیرو با وزن برابر شد، شتاب میله صفر شده و سرعت ثابت می‌ماند.

ب ـ در سرعت حد نیروی وارد بر جریان با وزن برابر است.

$m g = i_m \ell B$

$i_m = \frac{m g}{\ell B}$

جهت جریان با قاعدهٔ دست راست به‌دست می‌آید که از a به‌طرف b است.

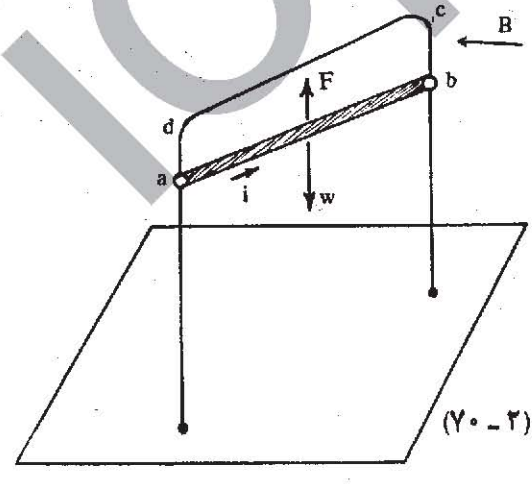
اگر در هر لحظه نیروی محرکهٔ القایی را E و سرعت را V فرض کنیم، داریم:

$E = B \ell V$

هنگامی که میله به سرعت حد می‌رسد، E و V بیشترین مقدار را خواهد داشت.

$E = i_m R = B \ell V_m$

$V_m = \frac{i_m R}{B \ell} = \frac{m g R}{B^۲ \ell^۲}$



شکل (۲ ـ ۷۰)

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

ج ـ چون سرعت ثابت است (پس از رسیدن به سرعت حد)، میله در مدت t به اندازهٔ $h = V_m t$ سقوط می‌کند و کاهش انرژی پتانسیل گرانشی چنین است.

$$\text{کاهش انرژی پتانسیل گرانشی} = mgh = mgV_m t = \frac{m^2 g^2 R t}{B^2 \ell^2}$$

انرژی گرمایی تولید شده در میله در همین مدت چنین است.

$$\text{انرژی گرمایی تولید شده در میله} = R i_m^2 t = R \frac{m^2 g^2}{\ell^2 B^2} t$$

ملاحظه می‌شود که کاهش انرژی پتانسیل گرانشی با انرژی گرمایی تولید شده در میله یکسان است.

۶ ـ الف ـ افزایش طول میلهٔ آلومینیومی AB بر اثر افزایش دمای یک درجهٔ سلسیوس چنین است:

$$\Delta \ell = \ell \lambda \Delta \theta = ۴۰ \times ۲/۶ \times ۱۰^{-۵} \times ۱ = ۱/۰۴ \times ۱۰^{-۳} \text{ cm} \quad (۳ ـ ۲)$$

با افزایش طول میلهٔ AB، مطابق شکل (۲ ـ ۷۱) آینه دور لولای C به اندازهٔ زاویهٔ α می‌چرخد. چون زاویهٔ α کوچک است، داریم:

$$\alpha = \frac{\Delta \ell}{BC} = \frac{۱/۰۴ \times ۱۰^{-۳}}{۲} = ۰/۵۲ \times ۱۰^{-۳} \text{ Rad} \quad (۴ ـ ۲)$$

هنگامی که آینه به اندازهٔ زاویهٔ α می‌چرخد، نور بازتابیده به اندازهٔ زاویهٔ ۲α می‌چرخد و باتوجه به شکل (۲ ـ ۷۲) برای فاصلهٔ نقطهٔ روشن P از چشمهٔ S داریم:

$$SP = ۲\alpha \times MS \quad (۵ ـ ۲)$$

$$SP = ۱/۰۴ \times ۱۰^{-۳} \times MS$$

SP تغییر لکه نورانی برای یک درجهٔ سلسیوس افزایش دما است. میخواهیم این مقدار از

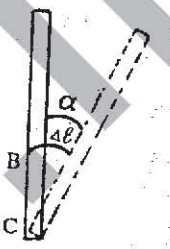
iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

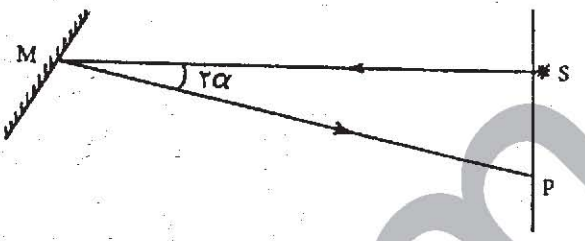
۰/۵ cm کمتر نباشد، زیرا دقت اندازه‌گیری طول روی پرده حداکثر ۰/۵ cm است. پس:

$$MS)_{min} = \frac{۰/۵}{۱/۰۴ \times ۱۰^{-۳}} = ۴۸۰ \text{ cm} = ۴/۸ \text{ m}$$

ب ـ برای دقت بیشتر در اندازه‌گیری دما، به ازای افزایش دمای معین باید جابه‌جایی لکهٔ نورانی بیشتر باشد.



شکل (۲ ـ ۷۱)



شکل (۲ ـ ۷۲)

از رابطه‌های (۲ ـ ۳) و (۲ ـ ۴) و (۲ ـ ۵) برای انحراف لکهٔ نورانی داریم:

$$SP = ۲\frac{\Delta \ell}{BC} \times MS = ۲\frac{\ell \lambda \Delta \theta}{BC} \times MS \qquad (۶ ـ ۲)$$

فاصلهٔ SP از حد معینی نباید کمتر باشد ولی می‌خواهیم $\Delta\theta$ هر چه ممکن است کوچکتر باشد، یعنی اندازه‌گیری دما با دقت بیشتری انجام شود. از رابطهٔ (۲ ـ ۶) پیداست که باید:

ـ طول میلهٔ AB تا حد مقدور بزرگ باشد.

ـ طول آینهٔ BC تا حد مقدور کوچک باشد.

ـ ضریب انبساط حرارتی میلهٔ AB تا حد مقدور بزرگ باشد.

ـ فاصلهٔ پرده از آینه، MS تا حد مقدور بزرگ باشد.

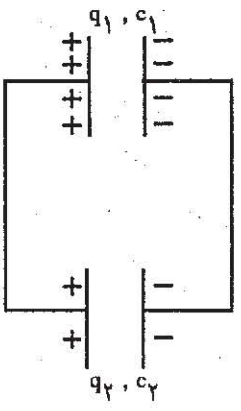
۷ ـ خازنها در شکل (۲ ـ ۷۳) نشان داده شده است:

الف ـ اگر $V_۱ = V_۲$ باشد، اختلاف پتانسیل دو خازن یکسان است و با $\frac{q_۱}{c_۱} = \frac{q_۲}{c_۲}$ اتصال صفحات همنام، نقاط هم پتانسیل به هم وصل شده‌اند و در اینصورت اتفاقی نخواهد

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

افتاد. ولی اگر $V_1 \neq V_2$ باشد، دو نقطه با پتانسیل‌های متفاوت به هم وصل شده‌اند. در اینحالت بارهای الکتریکی از پتانسیل بالاتر به طرف پتانسیل پایینتر حرکت می‌کنند و کاهش انرژی پتانسیل بارهای الکتریکی، در سیم به حرارت تبدیل می‌شود. پس خازنها پس از اتصال به هم انرژی کمتری خواهند داشت.



شکل (۲ ـ ۷۳)

ب ـ پس از اتصال خازنها به هم، می‌توان آنرا معادل یک خازن با ظرفیت $c = c_1 + c_2$ دانست که بار آن $q = q_1 + q_2$ است. در این صورت انرژی بعدی چنین است.

$$U_2 = \frac{1}{2}\frac{(q_1 + q_2)^2}{c_1 + c_2}$$

برای انرژی قبلی در خازن داریم:

$$U_1 = \frac{1}{2}\frac{q_1^2}{c_1} + \frac{1}{2}\frac{q_2^2}{c_2}$$

تغییر انرژی چنین است:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{1}{2}\left[\frac{(q_1 + q_2)^2}{c_1 + c_2} - \frac{q_1^2}{c_1} - \frac{q_2^2}{c_2}\right]$$

$$2\Delta U (c_1 + c_2) = q_1^2 + q_2^2 + 2q_1 q_2 - \frac{c_1 + c_2}{c_1} q_1^2 - \frac{c_1 + c_2}{c_2} q_2^2$$

$$= -\left[\frac{c_2}{c_1} q_1^2 + \frac{c_1}{c_2} q_2^2 - 2q_1 q_2\right]$$

$$= -\frac{c_2}{c_1}\left[q_1^2 + \left(\frac{c_1}{c_2} q_2\right)^2 - 2q_1 \frac{c_1}{c_2} q_2\right]$$

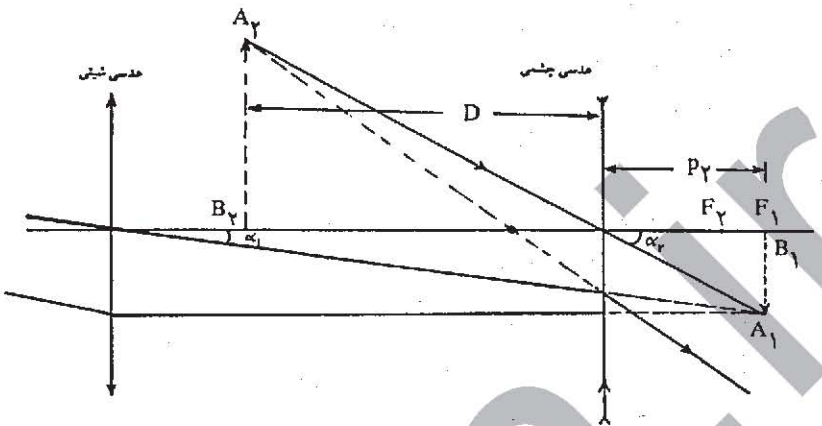
$$= -\frac{c_2}{c_1}\left[q_1 - \frac{c_1}{c_2} q_2\right]^2 < 0$$

چون $\Delta U < 0$ است، پس انرژی خازنها پس از اتصال به هم کاهش یافته است.

iopm.ir

Institute Of Physics & Mathematics

۸ ـ الف ـ مسیر پرتوهای نور در شکل (۲ ـ ۷۴) نشان داده شده است.



شکل (۲ – ۷۴)

ب ـ از جسمی که بسیار دور است، تصویری در کانون عدسی شیئی تشکیل می‌شود. بزرگی زاویه‌ای α_1 را می‌توان با توجه به کوچک بودن آن چنین نوشت:

$$\alpha = \frac{A_1 B_1}{f_1}$$

که در آن f_1 فاصلهٔ کانونی عدسی شیئی است.

برای عدسی چشمی داریم:

$$\frac{1}{-p_2} + \frac{1}{-D} = \frac{1}{-f_2}$$

و با توجه به کوچکی α_2، داریم:

$$p_2 = \frac{f_2 D}{D - f_2}$$

$$\alpha_2 = \frac{A_1 B_1}{f_2} = \frac{A_1 B_1 (D - f_2)}{f_2 D}$$

بنابه تعریف درشتنمایی نسبت دو بزرگی زاویه‌ای است.

$$G = \frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \frac{A_1 B_1 (D - f_2)}{f_2 D} \times \frac{f_1}{A_1 B_1} = \frac{f_1}{f_2}\left(1 - \frac{f_2}{D}\right) = \frac{f_1}{f_2} - \frac{f_1}{D}$$

ج ـ در چشم سالم، حداکثر رؤیت بینهایت است، با قراردادن $D = \infty$ در رابطهٔ بالا داریم:

$$G = \frac{f_1}{f_2}$$

iopm.ir