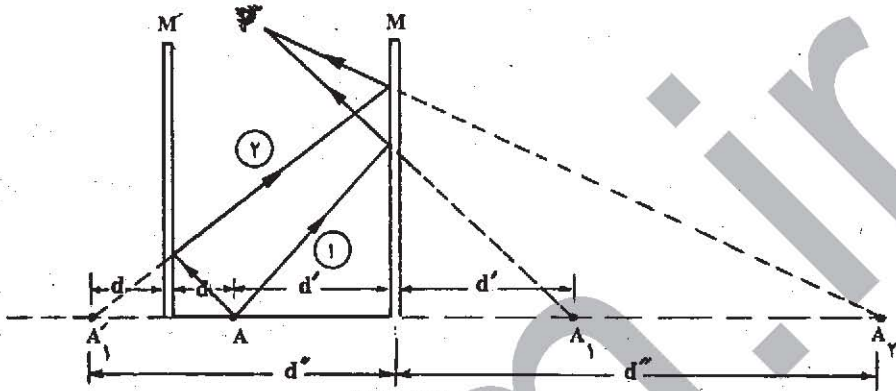


پاسخ سؤال‌های چندگزینه‌ای

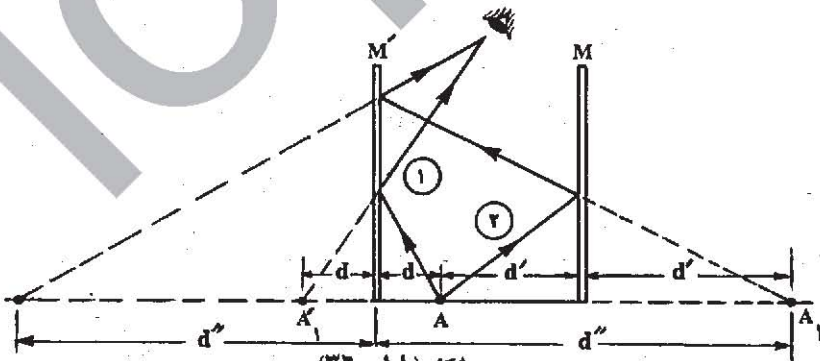
۱- ظرف مکعب مستطیل که دو دیواره‌ی متقابل آن آینه است در شکل (۱۱-۳۵) نشان داده شده است.



شکل (۱۱-۳۵)

همان‌طور که از شکل پیداست، پرتو ۱ از نقطه‌ی A به آینه‌ی M تابیده و پس از بازتاب از آن، به چشم ناظر رسیده است و ناظر با دریافت این پرتو، تصویر A_۱ را می‌بیند. پرتو ۲ ابتدا به آینه‌ی M' تابیده و پس از بازتاب از آن و سپس بازتاب از آینه‌ی M، به چشم ناظر رسیده است و تصویر A_۲ به وجود آمده است. می‌توان A_۳ را تصویر نقطه‌ی A در آینه‌ی M دانست، زیرا اگر به فرض در نقطه‌ی A_۳، یک جسم نورانی وجود داشت، همین تصویر را در آینه‌ی M به دست می‌داد. تصویرهای دیگری نیز ممکن است در آینه‌ی M دیده شود که با تعداد بیشتری بازتاب از دو آینه‌ی M و M' به وجود می‌آید.

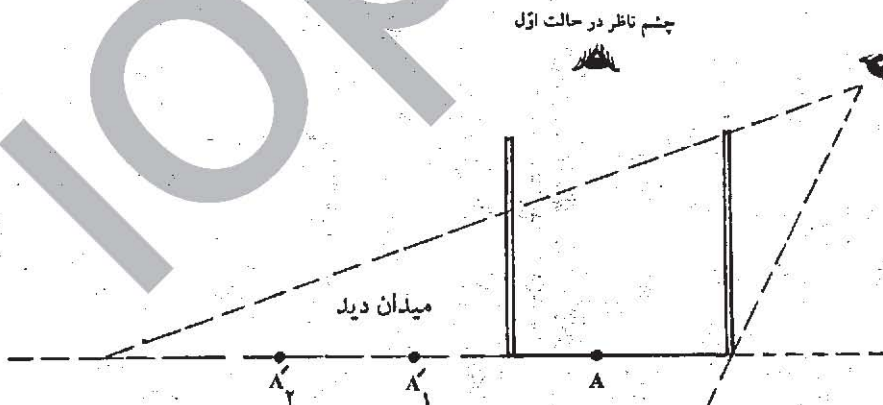
در شکل (۱۱-۳۶) طرز تشکیل تصویرهایی که در آینه‌ی M' دیده می‌شود، نشان داده شده است.



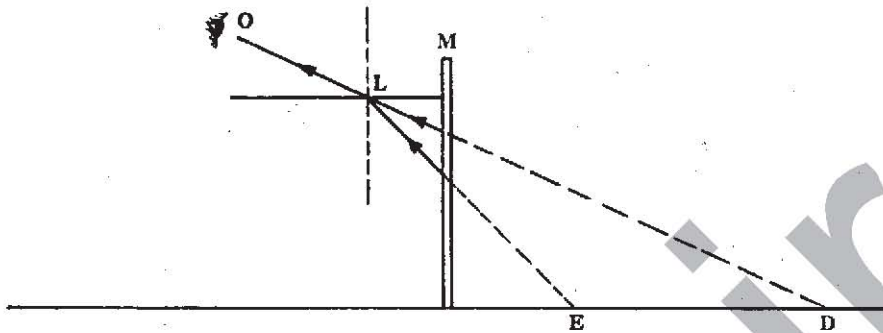
شکل (۱۱-۳۶)

در شکل (۱۱-۳۶) پرتو ۱ پس از بازتاب از آینه‌ی M' سبب دیده شدن تصویر A'_1 شده است و پرتو ۲ پس از بازتاب از آینه‌ی M و سپس بازتاب از آینه‌ی M' تصویر A'_2 را به وجود آورده است. می‌توان گفت A'_2 ، تصویر A_1 در آینه‌ی M' است، زیرا اگر در محل A_1 نقطه‌ی نورانی بود، تصویر آن در آینه‌ی M' ، در محل A'_2 تشکیل می‌شد. به این ترتیب تصویرهای A_1 و A_2 و ... در آن آینه است. همچنین تصویرهای A'_1 و A'_2 و ... که در آینه‌ی M' دیده می‌شود، تصویر نقطه‌ی A و نیز نقاط A_1 و A_2 و ... در آن آینه است. اگرچه تعداد تصویرها در دو آینه محدود نیست، اما همه‌ی آنها دیده نمی‌شوند. برای آنکه معلوم شود چه تعداد تصویر در آینه‌ی M دیده می‌شود، به شکل (۱۱-۳۷) توجه کنید. در این شکل محل چشم ناظر برای دیدن تصویرها در آینه‌ی M مشخص شده است. اگر از محل چشم به کناره‌های آینه‌ی M وصل کنیم، میدان دید آینه‌ی M مشخص می‌شود. تعداد از تصویرهای A'_1 و A'_2 و ... که داخل میدان دید قرار می‌گیرند، در آینه‌ی M دیده می‌شوند و بقیه‌ی آنها که خارج از میدان دید هستند، توسط ناظر دیده نخواهد شد.

در شکل (۱۱-۳۸) فرض شده است که پرتو LO آخرین پرتویی است که از آینه‌ی M به چشم می‌رسد. راستای این پرتو از نقطه D می‌گذرد و تمام تصویرهایی که قبل از نقطه‌ی D هستند دیده می‌شود. هنگامی که طرف را از آب پر می‌کنیم، پرتویی که راستای آن از نقطه‌ی E می‌گذرد، پس از شکسته شدن در سطح آب به چشم ناظر می‌رسد. بنابراین آخرین نقطه‌ای که ناظر می‌بیند به جای نقطه‌ی D ، نقطه‌ی E خواهد بود.



شکل (۱۱-۳۷)

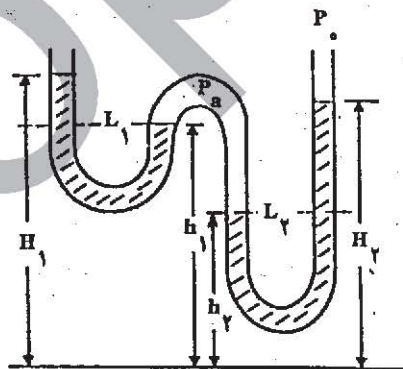


شکل (۱۱ - ۳۸)

اگر در فاصله ED تصویری از نقطه‌ی A قرار داشته باشد، آن تصویر دیگر دیده نمی‌شود و بنابراین تعداد تصویرهایی که در آینه دیده می‌شود کمتر می‌شود. اما اگر در این فاصله تصویری از نقطه‌ی A نباشد تعداد تصویرها تغییر نخواهد کرد. بنابراین گزینه‌ی (ه) درست است.

۲ - لوله‌ی خمیده موردنظر در شکل (۱۱ - ۳۹) نشان داده شده است. فشار هوایی را که در خمیدگی لوله گیر افتاده است P می‌گیریم. در این شکل سطح افقی L_1 را در نظر می‌گیریم. در لوله‌ی سمت راست، فشار از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$P_2 = P_0 + \rho g (H_2 - h_2)$$



شکل (۱۱ - ۳۹)

در رابطهی فوق P_0 فشار هوا و ρ چگالی مایع درون لوله است. چون مایع درون لوله در حال تعادل است، فشار در دو لوله در هر سطح افقی یکسان است و داریم:

$$P_a = P_\gamma = P_0 + \rho g (H_\gamma - h_\gamma) \quad (۱-۱۱)$$

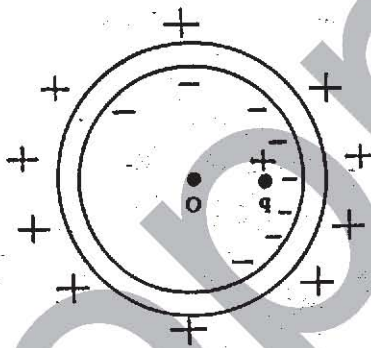
با همین استدلال فشار درون دو لوله در سطح افقی L_1 یکسان است و داریم:

$$P_a = P_1 = P_0 + \rho g (H_1 - h_1) \quad (۲-۱۱)$$

از دو رابطهی (۱-۱۱) و (۲-۱۱)، رابطهی زیر به دست می‌آید.

$$H_\gamma - h_\gamma = H_1 - h_1$$

این رابطه همان است که در گزینهی (ج) آمده است. بنابراین گزینهی (ج) درست است.



شکل (۱۱-۳۰)

۳- فرض می‌کنیم بار نقطه‌ای q مثبت باشد.

در این صورت مطابق شکل (۱۱-۴۰)

بار الکتریکی منفی بر سطح داخلی

پوسته‌ی کروی فلزی القا می‌شود. علت

القای بار الکتریکی آن است که پوسته‌ی

فلزی بارهای الکتریکی آزاد (الکترون)

دارد و این الکترونها بر اثر نیرویی که بار

مثبت q به آنها وارد می‌کند، حرکت

می‌کنند و روی سطح داخلی کره قرار می‌گیرند. سطح بیرونی کره به علت از دست دادن

الکترونها، بار مثبت پیدا می‌کند.

چگالی بار القایی در قسمتهایی از کره که به بار q نزدیک است، بیشتر است، اما می‌توان

نشان داد که بار الکتریکی مثبت بر سطح بیرونی کره، به طور یکنواخت توزیع می‌شود.

نیرویی که از طرف کره بر بار q وارد می‌شود، همان نیرویی است که بارهای القایی بر آن وارد

می‌کنند. از تقارن مسئله پیداست که چگالی بارهای القایی بر سطح داخلی کره، نسبت به

محور کره که از بار q می‌گذرد، متقارن است. بنابراین نیرویی هم که از طرف این بارها بر q

وارد می‌شود، روی همین محور قرار می‌گیرد. چون نیروی جاذبه بارهای منفی نزدیک به q با

چگالی بیشتر، از نیروی جاذبه بارهای منفی دور از q با چگالی کمتر، بزرگتر است، برآیند نیروی وارد بر q ، به طرف خارج از کره است. اما برآیند نیروی بارهای مثبت سطح بیرونی کره بر بار q ، به علت توزیع یکنواخت بارهای مثبت بر سطح کره صفر است. به عبارت دیگر بارهای مثبت بیرونی، در صورتی که به طور یکنواخت بر سطح کره توزیع شوند، هیچ اثری بر باری که درون کره قرار گیرد، ندارند. چنین کره‌ای برای بارهای درون خود مانند یک حفاظ عمل می‌کند، یعنی بارهای درون خود را از تأثیر بارهای بیرون حفظ می‌کند. بنابراین تنها نیروی وارد بر بار q ، از طرف بارهای القایی منفی است که آن‌هم روی شعاع w به طرف بیرون کره است. در نتیجه گزینه‌ی (ج) درست است.

۴- هر کدام از دو مقاومت در دمای θ مقاومتی دارند که از رابطه‌های زیر به دست می‌آید.

$$R = R_0 (1 + \alpha\theta)$$

$$R' = R'_0 (1 + \alpha'\theta)$$

هنگامی که این دو مقاومت را به طور سری به هم می‌بندیم، مقاومت معادل آن‌ها به ترتیب زیر خواهد بود:

$$R_e = R + R' = R_0 (1 + \alpha\theta) + R'_0 (1 + \alpha'\theta)$$

$$R_e = (R_0 + R'_0) + (R_0\alpha + R'_0\alpha')\theta$$

$$R_e = (R_0 + R'_0) \left[1 + \frac{R_0\alpha + R'_0\alpha'}{R_0 + R'_0} \theta \right] \quad (3-11)$$

رابطه (۳-۱۱) را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$R_e = R_{e0} [1 + \alpha_e \theta] \quad (4-11)$$

رابطه (۴-۱۱) تغییرات مقاومت معادل با دما را نشان می‌دهد. در این صورت ضریب دمایی مقاومت مطابق رابطه زیر خواهد بود:

$$\alpha_e = \frac{R_0\alpha + R'_0\alpha'}{R_0 + R'_0}$$

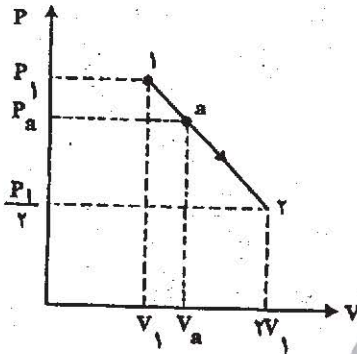
به این ترتیب ملاحظه می‌شود که گزینه‌ی (د) درست است.

۵- نمودار تغییرات فشار گاز بر حسب حجم آن در شکل (۱۱-۴۱) نشان داده شده است. با

استفاده از معادله‌ی گاز کامل در نقطه‌های ۱ و ۲ داریم:

$$P_1 V_1 = nRT_1 \quad (۵-۱۱)$$

$$\frac{P_1}{\gamma} (2 V_1) = nRT_2 \quad (۶-۱۱)$$



شکل (۱۱-۴۱)

از دو معادله‌ی بالا مشاهده می‌شود که دمای گاز در ابتدا و انتهای فرآیند یکسان است. برای مشخص کردن تغییرات دما میان دو نقطه‌ی ۱ و ۲ نقطه‌ی a را در نظر می‌گیریم. فرض کنید فشار گاز در این نقطه $P_a = 0/9 P_1$ باشد.

با استفاده از نمودار خطی میان دو نقطه‌ی ۱ و ۲ می‌توان حجم گاز را در این نقطه به آسانی به دست آورد، داریم:

$$V_a = 1/2 V_1$$

اکنون معادله‌ی حالت گاز کامل را برای نقطه‌ی a به کار می‌بریم. داریم:

$$P_a V_a = (0/9 P_1) (1/2 V_1) = 1/20 P_1 V_1 = nRT_a \quad (۷-۱۱)$$

از مقایسه دو رابطه‌ی (۶-۱۱) و (۷-۱۱) نتیجه می‌شود که $T_a = 1/20 T_1$. در نتیجه دمای گاز در فرآیند از نقطه‌ی ۱ تا a بالا رفته است.

برای توضیح بیشتر دو نقطه دیگر را مطابق شکل (۱۱-۴۲) در نظر می‌گیریم. با استفاده از شکل داریم:

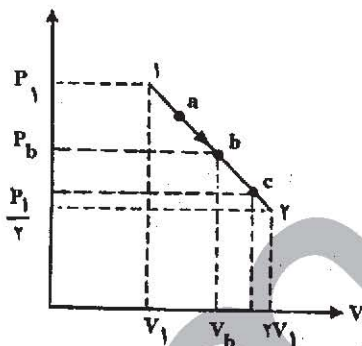
$$P_b = 0/75 P_1$$

$$V_b = 1/5 V_1$$

معادله‌ی حالت گاز کامل در نقطه‌ی b، دمای آن را به دست آورد. داریم:

$$P_b V_b = (0.75 P_1) (1/5 V_1) = 1/125 P_1 V_1 = nRT_b$$

در نتیجه دمای گاز در نقطه b باز هم بالا رفته است.

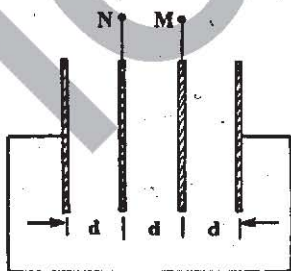


شکل (۱۱ - ۴۲)

نقطه c را چنان انتخاب کرده‌ایم که $P_c = 0.6 P_1$ باشد. به آسانی می‌توان دریافت که $V_c = 1/8 V_1$ است داریم:

$$P_c V_c = (0.6 P_1) (1/8 V_1) = 1/0.8 P_1 V_1 = nRT_c$$

مشاهده می‌شود که دمای گاز پایین‌تر از دمای آن در نقطه‌ی b است، اما هم‌چنان از دمای آن در نقطه‌ی ۲ بیشتر است. به این ترتیب دمای گاز در فرایند میان دو نقطه‌ی ۱ و ۲ افزایش یافته به یک دمای بیشینه رسیده و سپس کم شده و به همان دمای اولیه رسیده است. در نتیجه گزینه‌ی (د) درست است.



شکل (۱۱ - ۴۳)

۶ - صفحه‌های رساانا در شکل

(۱۱ - ۴۳) نشان داده شده‌اند. در این

شکل هر کدام از صفحه‌ها به صورت

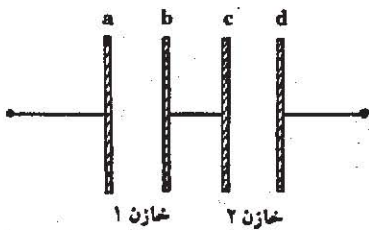
یک خط رسم شده‌اند تا توضیحات

مربوط به آن آسان‌تر باشد.

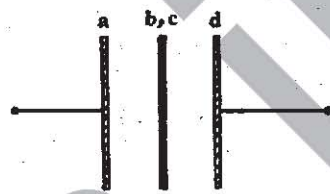
در شکل (۱۱ - ۴۴)، دو خازن که به طور

سری به هم بسته شده‌اند، نشان داده شده است. برای بستن خازن‌ها، یک تکه سیم که مقاومت

آن بسیار کوچک فرض می‌شود، صفحه‌ی b از خازن ۱ را به صفحه‌ی c از خازن ۲ متصل کرده است. اگر این تکه سیم را کوتاه و کوتاه‌تر کنیم، سرانجام طول آن صفر شده و دو صفحه به یکدیگر می‌چسبند و مانند شکل (۱۱-۴۵) خواهد شد.



شکل (۱۱-۴۴)

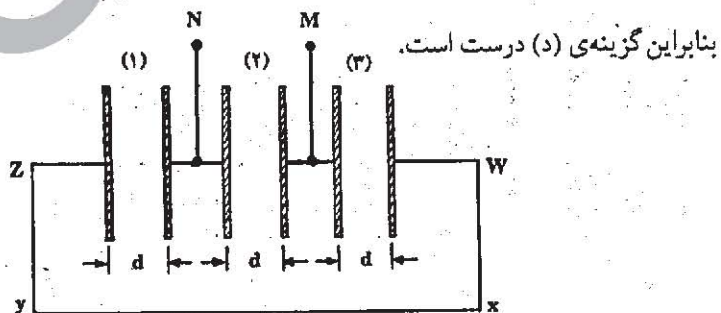


شکل (۱۱-۴۵)

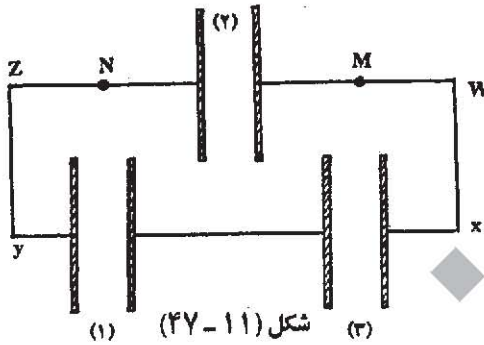
با توجه به این توضیحات می‌توان صفحه‌های شکل (۱۱-۴۳) را با آنچه که در شکل (۱۱-۴۶) آمده است معادل دانست. با اندکی دقت معلوم می‌شود که مدار شکل (۱۱-۴۶) و (۱۱-۴۷) معادل یکدیگرند. در این مدار خازن ۱ و ۳ با یکدیگر سری و خازن ۲ با آن‌ها موازی بسته شده است. اگر ظرفیت هر کدام از خازن‌ها را C بگیریم، ظرفیت معادل هر سه خازن چنین است.

$$C_e = C + \frac{1}{\frac{1}{C} + \frac{1}{C}} = \frac{3}{2}C$$

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d} \rightarrow C_e = \frac{3\epsilon_0 A}{2d}$$



شکل (۱۱-۴۶)



۷. قطره‌ی

باران کروی

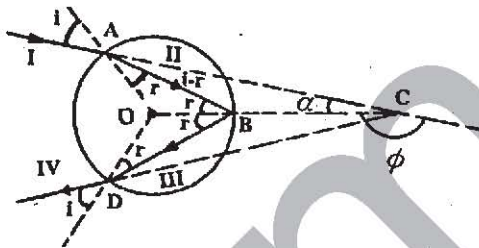
در شکل

(۱۱ - ۴۸)

رسم شده

است. پرتو

I با زاویه‌ی



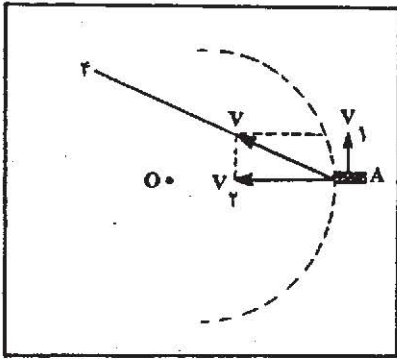
شکل (۱۱-۴۸)

تابش I به قطره تابیده و با زاویه‌ی شکست r وارد قطره می‌شود. پرتو II درون قطره، با زاویه‌ی I در نقطه‌ی B به سطح قطره تابیده و با همان زاویه‌ی I بازتاب می‌کند. پرتو III در نقطه‌ی D به سطح قطره برخورد کرده و با زاویه‌ی I از قطره خارج می‌شود. چون خط عمود بر سطح قطره در نقاط A، B و D از مرکز کره می‌گذرد، زاویه‌ی شکست در نقطه‌ی A و زاویه‌ی تابش در نقاط B و D، برابر I است. در نتیجه مسیر پرتوها نسبت به خط OC متقارن است. زاویه‌ی انحراف پرتو خروجی نسبت به پرتو ورودی در شکل با زاویه‌ی phi مشخص شده است. در مثلث ABC، داریم:

$$r = \alpha + (i - r) \rightarrow \alpha = 2r - i$$

$$\phi = \pi - 2\alpha = \pi - 2[2r - i] = \pi + 2i - 4r$$

بنابراین گزینه‌ی (ج) درست است.



شکل (۱۱ - ۴۹)

۸ - میز افقی در شکل (۱۱ - ۴۹) نشان داده شده است. تپانچه و گلوله‌ی درون آن به علت حرکت یک‌نواخت روی دایره، سرعت v_1 مماس بر دایره دارد. چون جهت لوله‌ی تپانچه همواره به طرف مرکز دایره است، سرعت گلوله‌ای که شلیک می‌شود، بر شعاع دایره منطبق خواهد بود. در نقطه‌ی A که گلوله شلیک می‌شود، سرعت آن نسبت به تپانچه v_2 است. بنابراین سرعت گلوله نسبت به میز ساکن افقی که تپانچه روی آن قرار دارد، جمع برداری v_1 و v_2 یعنی v است. چون پس از شلیک گلوله، نیرویی عمود بر راستای سرعت v

بر آن وارد نمی‌شود، (نیرویی که در این حالت بر گلوله وارد می‌شود اصطکاک است که آن را کند می‌کند ولی مسیر آن را از خط راست، تغییر نمی‌دهد.) و گلوله به خط راست روی میز افقی حرکت می‌کند، مسیر آن بر خطی که در شکل (۱۱ - ۷) با شماره ۴ مشخص شده، منطبق است. بنابراین گزینه‌ی (د) درست است.

۹ - در شکل (۱۱ - ۵۰) سطح افقی

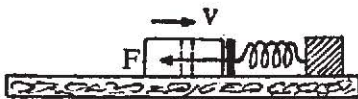
بدون اصطکاک و جسمی که با سرعت v_0 روی آن حرکت می‌کند نشان داده شده است. تا زمانی که جسم به انتهای چپ فنر نرسیده است، سرعتش تغییر نمی‌کند، زیرا



شکل (۱۱ - ۵۰)

سطح افقی که جسم روی آن حرکت می‌کند اصطکاک ندارد.

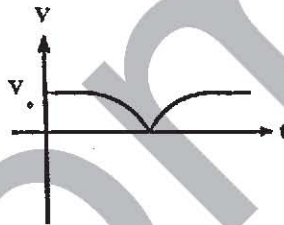
هنگامی که جسم به فنر می‌رسد، به علت سرعتی که دارد آنرا می‌فشارد. با فشرده شدن



شکل (۱۱ - ۵۱)

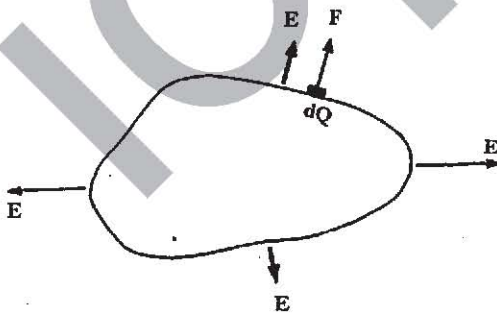
فنر، نیرویی افقی از طرف فنر به جسم وارد می‌شود که در شکل (۱۱ - ۵۱) با F مشخص شده است. این نیرو شتابی به طرف چپ به جسم می‌دهد و سرعت

جسم را که به طرف راست است، کم می‌کند. اما جسم همچنان به طرف راست سرعت دارد و فنر را بیشتر فشرده می‌کند و در نتیجه نیروی F بیشتر شده و میزان کاهش سرعت بیشتر می‌شود. این روند تا جایی که جسم متوقف شود، ادامه می‌یابد. در این حالت فنر دارای بیشترین فشردگی است و نیروی فنر بر جسم بزرگ‌ترین مقدار را دارد. اما توقف جسم ادامه نمی‌یابد، زیرا نیروی فنر بر جسم سبب می‌شود که جسم به طرف چپ شتاب پیدا کرده و به آن طرف سرعت بگیرد. با پس زدن جسم توسط فنر، فشردگی فنر و در نتیجه نیروی وارد بر جسم کم شده و میزان افزایش سرعت آن کم می‌شود. سرانجام هنگامی که فنر طول اولیه خود را به دست می‌آورد، با این فرض که هیچ مقدار از انرژی جسم به گرما تبدیل نشده است، سرعت جسم به همان مقدار اولیه V_0 می‌رسد. بنابراین تغییرات زمانی اندازه سرعت مطابق شکل (۱۱ - ۵۲) خواهد بود که مانند نموداری است که در گزینه‌ی (الف) آمده است، بنابراین گزینه‌ی (الف) درست است.



شکل (۱۱ - ۵۲)

۱۰ - در شکل (۱۱ - ۵۳) یک پوسته‌ی فلزی با شکل اختیاری نشان داده شده که بار Q روی



شکل (۱۱ - ۵۳)

سطح آن پخش شده است. به علت شکل غیرمتمقارن پوسته، توزیع بار روی سطح آن یکنواخت نیست، بلکه چگالی سطحی بار، در نقاط مختلف آن متفاوت است. به همین دلیل میدان الکتریکی در نقاط مختلف از سطح پوسته که با چگالی سطحی بار در آن نقطه متناسب است، متفاوت است و در شکل با بردار با طولهای مختلف نشان داده شده است. اگر Q کم یا

زیاد شود، چگالی سطحی بار در هر نقطه از سطح پوسته نیز به همان میزان کم یا زیاد خواهد شد. در نتیجه میدان الکتریکی در نقاط مختلف سطح پوسته با Q متناسب است. اگر قسمت کوچکی از این پوسته به مساحت dA را در نظر بگیریم، این قسمت دارای بار الکتریکی dQ خواهد بود که از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$dQ = dA\sigma$$

در رابطه بالا σ چگالی سطحی بار روی آن قسمت از پوسته است. چون σ با بار کل Q متناسب است، پس $dQ \propto Q$ خواهد بود. براین قسمت کوچک از طرف میدان الکتریکی پوسته نیروی $F = EdQ$ وارد می‌شود. چون میدان الکتریکی نیز با بار کل Q متناسب است پس داریم:

$$F \propto Q^2$$

در شکل (۱۱ - ۵۳) فرض شده است که بار Q مثبت است، زیرا میدان الکتریکی به طرف بیرون پوسته نشان داده شده است. آشکار است که از طرف این میدان، بر بار dQ که آن‌هم مثبت است، نیرویی به طرف بیرون پوسته وارد می‌شود. اگر بار Q منفی باشد، میدان الکتریکی به طرف داخل پوسته بوده و از طرف این میدان الکتریکی، بر بار dQ که منفی است، باز هم نیرویی به طرف بیرون پوسته وارد می‌شود. بنابراین صرف‌نظر از نوع بار نیرو به طرف بیرون پوسته بود و با Q^2 متناسب است. در نتیجه گزینه‌ی (ج) درست است.

۱۱ - مقاومت رسانایی به طول L و سطح مقطع a^2 از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$R = \rho \frac{L}{a^2}$$

در رابطه‌ی بالا ρ مقاومت ویژه است. هنگامی که این رسانا را به شکل فنر در می‌آوریم، با همان طول L تعدادی حلقه که محیط هر کدام $2\pi r$ است ساخته‌ایم. تعداد حلقه‌ها n از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

$$n = \frac{L}{2\pi r}$$

اگر این فنر را بفشاریم تا حلقه‌های آن به هم بچسبند، استوانه‌ای به طول l به دست می‌آید.

چون ضخامت هر حلقه a است، طول استوانه چنین است.

$$l = na = \frac{La}{2\pi r}$$

اگر این استوانه را به عنوان یک مقاومت به کار ببریم، سطح مقطع آن حلقه‌ای به شعاع r و

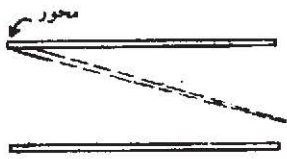
ضخامت a خواهد بود. چون $a \ll r$ است، می‌توان این حلقه را نواری به طول $2\pi r$ و پهنای a

در نظر گرفت و در نتیجه سطح مقطع این رسانا $A = \pi r a$ خواهد بود. به این ترتیب مقاومت این رسانای لوله‌ای شکل از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$R' = \rho \frac{La / \pi r^2}{\pi r a} = \rho L / \pi r^2$$

$$\frac{R'}{R} = \frac{\rho L / \pi r^2}{\rho L / a^2} = \frac{a^2}{\pi^2 r^2}$$

بنابراین گزینه‌ی (ب) درست است.

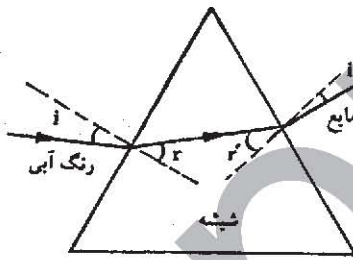


شکل (۱۱-۵۴)

۱۲- مقطع دو صفحه‌ی خازن در شکل (۱۱-۵۴) نشان داده شده است. هنگامی که یکی از صفحه‌ها را چرخانده و یک طرف آن‌ها را به هم نزدیک می‌کنیم، ظرفیت خازن تغییر

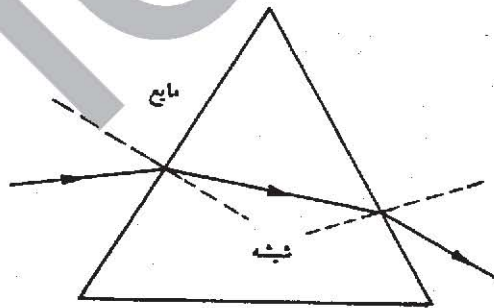
می‌کند. در این حالت فاصله‌ی دو صفحه خازن در همه‌جا یکسان نیست که بتوان از رابطه‌ی معمول برای خازن با صفحات تخت استفاده کرد. اگر روی هر یک از دو صفحه دو نوار باریک مقابل هم که به موازات محور هستند، در نظر بگیریم، این دو نوار یک خازن کوچک می‌سازند که ظرفیت آن تقریباً از همان رابطه‌ی خازن با صفحات تخت به دست می‌آید. می‌توان دو صفحه‌ی خازن شکل (۱۱-۵۴) را به صورت تعداد زیادی از این نوارها در نظر گرفت و تعدادی خازن به دست آورد. نوارهایی که سمت چپ شکل هستند، فاصله‌ی بیشتری از یکدیگر دارند تا نوارهایی که در سمت راست قرار می‌گیرند. بنابراین ظرفیت این خازنهای کوچک، به ترتیب از چپ به راست زیادتر می‌شود، زیرا ظرفیت خازن با فاصله دو صفحه نسبت عکس دارد. این خازنهای کوچک با یکدیگر موازی بسته شده‌اند، زیرا یک صفحه از تمام خازنها به هم بسته شده و صفحه دیگر نیز به هم متصل شده‌اند. هنگامی که لبه دو صفحه را به هم نزدیک نکرده بودیم، باز هم می‌توانستیم دو صفحه را به صورت نوارهای باریک در نظر بگیریم و تعداد زیادی خازن به دست آوریم که ظرفیت همه آن‌ها مانند هم بوده. اما با نزدیک کردن دو لبه‌ی صفحه‌ها، ظرفیت تعدادی از این خازنهای کوچک بزرگ‌تر می‌شود و در نتیجه ظرفیت خازن به دست آمده زیادتر از حالتی است که دو صفحه کاملاً موازی باشد. بنابراین خازنی با ظرفیت بزرگ‌تر در اختیار داریم. اگر خازن به باتری وصل باشد، اختلاف پتانسیل دو سر آن همان اختلاف پتانسیل دو سر باتری است که مقدار

ثابتی است. با بزرگ شدن ظرفیت و ثابت ماندن اختلاف پتانسیل، بار روی خازن زیاد می‌شود. با توجه به رابطه $U = \frac{1}{2} CV^2$ آشکار است که انرژی خازن نیز زیاد می‌شود. در گزینه‌های (الف) و (ب) که فرض شده است خازن به باتری وصل است، شرایط بیان شده برای بار و انرژی درست نیست. اگر خازن به باتری وصل نباشد، بار روی آن با نزدیک کردن لبه‌ی صفحه‌ها، ثابت می‌ماند، اما با زیاد شدن ظرفیت، با توجه به $Q = CV$ ، اختلاف پتانسیل میان دو صفحه کم می‌شود. با استفاده از رابطه $U = \frac{Q^2}{2C}$ ، آشکار است که در این حالت انرژی کم می‌شود و این حالت در گزینه‌ی (د) آمده است. بنابراین گزینه‌ی (د) درست است. اشاره به نکته‌ای در این جا سودمند است. اگر صفحه‌ی بالایی بتواند دور محور بچرخد، چون دو صفحه دارای بارهای مخالف هم هستند، یکدیگر را جذب می‌کنند و سرعت چرخش صفحه بالایی به تدریج زیاد می‌شود و انرژی جنبشی به دست می‌آورد. بنا به قانون بقای انرژی، انرژی جنبشی صفحه، به بهای کاهش انرژی الکتریکی خازن تأمین می‌شود.



شکل (۱۱-۵۵)

۱۳- نور سفیدی که به منشور تابانده‌ایم، ترکیبی از رنگهای مختلف است که به علت تفاوت ضریب شکست منشور و مایع برای رنگهای مختلف، هر کدام به نحو خاصی از منشور عبور می‌کنند. در شکل (۱۱-۵۵) مسیر رنگ آبی در مایع و منشور نشان داده شده است. چون ضریب شکست منشور برای نور آبی از ضریب

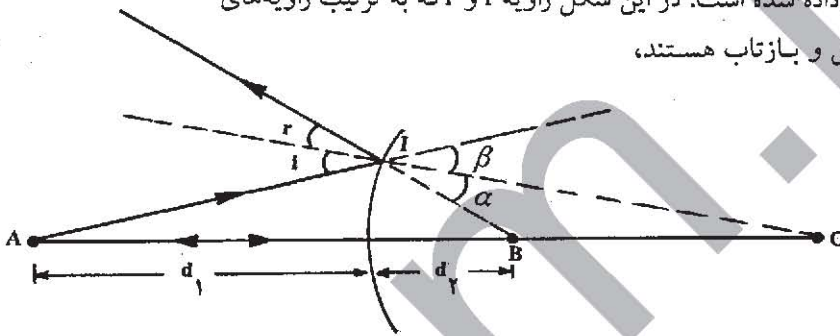


شکل (۱۱-۵۶)

در شکل (۱۱-۵۶) مسیر نور قرمز در منشور و مایع اطراف آن نشان داده شده است. چون برای نور قرمز ضریب شکست شیشه از ضریب شکست مایع بیشتر است، نور قرمز در ورود به منشور به خط عمود نزدیک و هنگام خروج از رخ دیگر، از خط عمود دور می‌شود. بنابراین

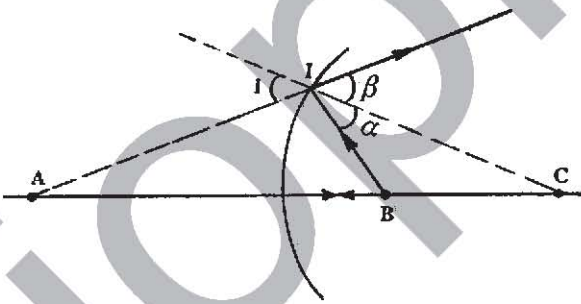
نور قرمز موجود در نور سفید، به طرف قاعده منشور منحرف می‌شود. چون ضریب شکست نور زرد موجود در نور سفید برای شیشه و مایع یکسان است، نور زرد از مسیر اصلی منحرف نمی‌شود. با توضیحات بالا مشاهده می‌شود که روی پرده، نور آبی در بالا، نور قرمز در پایین و نور زرد میان آن دو خواهد بود. این ترتیب در گزینه‌ی (پ) آمده است و به این ترتیب گزینه‌ی (پ) درست است.

۱۴- در شکل (۱۱-۵۷) طرز تشکیل تصویر مجازی B از نقطه‌ی نورانی A با رسم پرتوها نشان داده شده است. در این شکل زاویه i و r که به ترتیب زاویه‌های تابش و بازتاب هستند،



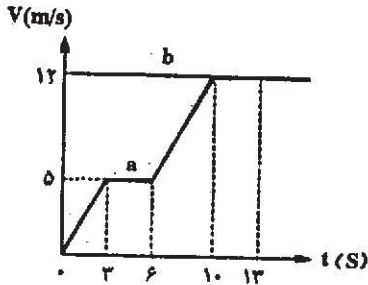
شکل (۱۱-۵۷)

با یکدیگر برابرند. (خط IC که بر سطح آینه عمود است، از مرکز آینه می‌گذرد) در شکل (۱۱-۵۸) نقطه‌ی نورانی را در B گرفته‌ایم. از این نقطه یک پرتو نورانی به همان نقطه‌ی I از آینه تابیده است، یعنی زاویه‌ی تابش



شکل (۱۱-۵۸)

همان α است و زاویه‌ی بازتاب β خواهد بود. اگر پرتو بازتابیده را در سمت راست آینه ادامه دهیم، از نقطه‌ی A می‌گذرد. یعنی تصویر مجازی است و در همان نقطه‌ی A و به همان فاصله‌ی d_1 از آینه تشکیل می‌شود. در نتیجه گزینه‌ی (ج) درست است.



شکل (۱۱ - ۵۹)

سرعت 12 m/s پیموده ولی متحرک a سرعت‌های کمتری داشته است. بنابراین در فاصله زمانی $t = 0$ تا $t = 10 \text{ s}$ ، متحرک b بیشتر جلو رفته است. چون از این پس دو متحرک جا به جایی یکسانی دارند، فاصله‌ای را که در این زمان دارند، برای همیشه حفظ خواهند کرد. بنابراین متحرک a هیچ‌گاه به متحرک b نمی‌رسد. در نتیجه گزینه‌ی (د) درست است.

۱۶ - برای ذوب نیمی از 20 گرم یخ، گرمای زیر لازم است:

$$Q = m L_f = 0.01 \times 333 \times 10^3 = 3/33 \text{ kJ}$$

بنابراین یخ هنگام رسیدن به سطح دریاچه باید بیش از این مقدار انرژی جنبشی داشته باشد. چون انرژی جنبشی یخ هنگام رسیدن به سطح دریاچه، حداقل برابر انرژی پتانسیل گرانشی آن هنگام شروع به سقوط است، پس داریم:

$$mgH > \frac{1}{2} m V^2 > Q$$

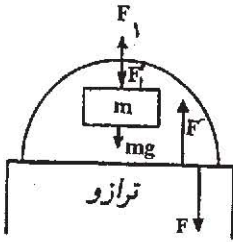
در رابطه بالا H ارتفاع سقوط و V سرعت یخ هنگام رسیدن به سطح آب است.

$$H > \frac{Q}{mg} = \frac{3/33 \times 10^3}{0.02 \times 10} = 16/65 \times 10^3 \text{ m}$$

$$H > 16/65 \text{ km}$$

بنابراین گزینه‌ی (الف) درست است.

۱۷- وزنه‌ی آویخته m و ظرف شیشه‌ای که روی ترازو قرار دارند، در شکل (۱۱ - ۶۰) نشان داده شده است. هنگامی که نخ نگه‌دارنده پاره نشده است، از طرف نخ نیروی F'_1 به ظرف شیشه‌ای وارد می‌شود. این نیرو عکس‌العمل نیرویی است که ظرف شیشه‌ای به نخ وارد کرده و سبب نگاه‌داشتن نخ و وزنه‌ی آویخته به آن می‌شود. از کف ترازو نیز بر ظرف شیشه‌ای نیروی F' وارد می‌شود. به علت تعادل ظرف شیشه‌ای،

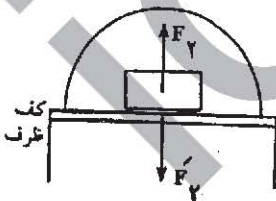


شکل (۱۱ - ۶۰)

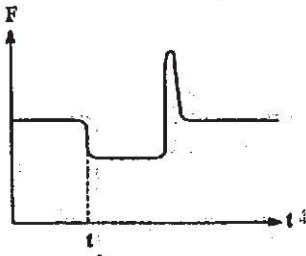
مجموع نیروهای وارد بر آن صفر است. عکس‌العمل نیروی F' ، نیروی F است که از ظرف شیشه‌ای بر کف ترازو وارد می‌شود و عددی که ترازو نشان می‌دهد، همین نیروهای هنگامی که نخ پاره شود، نیروی F'_1 و در نتیجه نیروی F_1 حذف می‌شود، چون از نیروهای رو به پایین وارد بر ظرف شیشه‌ای مقداری کم شده است، از نیروهای رو به بالای وارد بر آن یعنی F' نیز باید همان مقدار کم شود. در نتیجه نیروی F نیز کم شده و ترازو عدد کمتری را نشان خواهد داد.

هنگام رسیدن وزنه به کف ظرف، باید نیروی رو به بالای F_1 از طرف کف ظرف بر آن وارد شود تا سرعت آن را به صفر برساند.

در شکل (۱۱ - ۶۱) نیروهای وارد بر ظرف و جسم هنگام برخورد نشان داده شده است. عکس‌العمل نیروی F_1 ، نیروی F'_1 است که به طرف پایین بر کف ظرف وارد می‌شود. چون نیروی رو به پایین وارد بر کف ظرف زیاد شده است این بار باید ترازو عدد بیشتری را نشان دهد. از آن‌جا که مدت توقف جسم کوتاه است، مدت زمانی که ترازو عدد بیشتر را نشان می‌دهد، نیز کوتاه



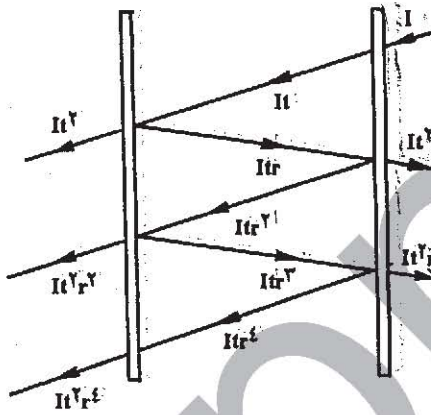
شکل (۱۱ - ۶۱)



شکل (۱۱-۶۲)

است. پس از توقف جسم، نیروهای وارد بظرف و ترازو، مانند زمانی است که جسم از سقف ظرف آویخته بود. بنابراین تغییرات نیروی F که بر ترازو وارد می شود به طور کیفی مانند شکل (۱۱ - ۶۲) است که مانند گزینه‌ی (د) است. بنابراین گزینه‌ی (د) درست است.

۱۸ - دو سطح نیم آینه‌ای در شکل (۱۱ - ۶۳)



شکل (۱۱-۶۳)

نشان داده شده است. ضریب عبور از نیم آینه‌ها را $t = 0/5$ و ضریب بازتاب را $r = 0/5$ می‌گیریم.

چون نور میان دو تیغه به تعداد زیاد بازتاب می‌کند و هر بار مقداری از آن از دو تیغه عبور می‌کند، برای سهولت نمایش پرتوها، در شکل (۱۱ - ۶۳) پرتو ورودی را به طور مایل و به شدت I به تیغه سمت راست تابانده‌ایم. این پرتو در عبور از هر تیغه در

ضریب t و در بازتاب از هر تیغه در ضریب r ضرب می‌شود. در شکل (۱۱ - ۶۳) عبور نور از تیغه دوم تا مرتبه معینی نشان داده شده است. آشکار است که هر کدام از پرتوهایی که از تیغه سمت چپ عبور کرده‌اند میان دو تیغه، دو بار بیش از پرتو قبلی بازتاب کرده‌اند. بنابراین مجموع نور خروجی از تیغه سمت چپ، جمع تعداد زیادی پرتو است که از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$I' = I t^2 (1 + r^2 + r^4 + r^6 + \dots)$$

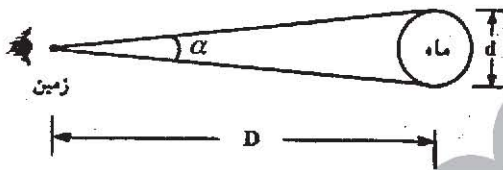
چون $r^2 = \frac{1}{3}$ است، جمع اعداد داخلی پراکنز محدود است و داریم:

$$I' = I \left(\frac{1}{4}\right) \left[\frac{1}{1 - \frac{1}{3}}\right] = \frac{I}{3}$$

بنابراین $\frac{1}{3}$ نور تابیده به تیغه سمت راست، از تیغه سمت چپ می‌گذرد. در نتیجه گزینه‌ی

(ب) درست است.

۱۹- پس از ریختن مقداری مایع به وزن u از هر ظرف در ظرف دیگر، وزن مایع هر کدام از ظرفها همان w است. اگر در ظرف اول مقداری از مایع b به وزن x موجود باشد، بقیه‌ی مایع درون ظرف اول، یعنی $w - x$ مایع a خواهد بود. چون وزن مایع a در ظرف اول از ابتدا w بود، پس وزن مقداری از مایع a که درون ظرف دوم رفته است، نیز x است. بنابراین وزن مایع b در ظرف اول به وزن مایع a در ظرف دوم برابر و نسبت آنها ۱ است. در نتیجه گزینه‌ی (ج) درست است.



شکل (۱۱- ۶۴)

۲۰- در شکل (۱۱- ۶۴) ماه و قطر ظاهری آن از زمین نشان داده شده است. به علت کوچکی زاویه‌ی α ، می‌توان مقدار آن را بر حسب رادیان از رابطه‌ی زیر به دست آورد:

$$\alpha = \frac{d}{D} = \frac{0/5}{57} \text{ rad}$$

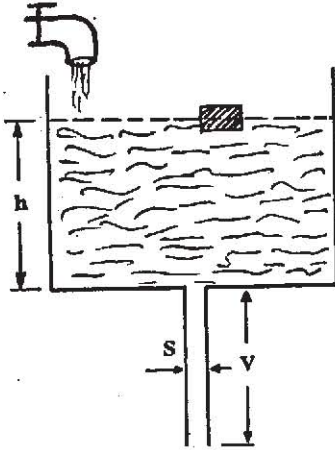
رابطه‌ی بالا بر این اساس نوشته شده است که هر رادیان تقریباً ۵۷ درجه است. هنگامی که نور از زمین به ماه رفته و برمی‌گردد، مسافت $2D$ را در مدت $2/5$ s می‌پیماید پس:

$$2/5 = \frac{2D}{3 \times 10^8} \rightarrow D = \frac{3/5 \times 10^8}{2} = 3/75 \times 10^8 \text{ m}$$

$$d = \alpha D = \frac{0/5}{57} \times 3/75 \times 10^8 = 32 \times 10^5 \text{ m}$$

$$m = \rho V = 5 \times 10^3 \times \frac{4}{3} \times 3/14 (32 \times 10^5)^3 \approx 6/8 \times 10^{23} \text{ kg}$$

در رابطه‌ی بالا چگالی ماه برابر با چگالی صخره‌های زمین در نظر گرفته شده است. عدد به دست آمده به 10^{23} نزدیک‌تر است و در نتیجه گزینه‌ی (ب) درست است.



شکل (۱۱-۶۵)

۲۱- هنگامی که ارتفاع آب در ظرف به حالت تعادل می‌رسد، میزان آب ورودی به ظرف با مقدار آبی که از دریچه خارج می‌شود، برابر است. در شکل (۱۱-۶۵) ظرف آب مورد نظر نشان داده شده است که آب از دریچه زیر آن خالی می‌شود. فرض کنید آب با سرعت v از دریچه خارج شود. اگر یک لوله‌ی فرضی به سطح مقطع s و طول v زیر دریچه در نظر بگیریم، پس از یک ثانیه این لوله فرضی پر خواهد شد. پس حجم آب خروجی در واحد زمان با حجم این لوله برابر است و چون ارتفاع آب درون ظرف ثابت است، این مقدار با D ، یعنی حجم آب ورودی در واحد زمان برابر است. داریم:

$$D = SV$$

اگر حجم کوچکی از آب را در ارتفاع h از دریچه و بالای آن در نظر بگیریم که سرعت آن صفر است، با رسیدن به دریچه سرعت v پیدا کرده است. اگر از اتلاف انرژی مکانیکی چشم‌پوشی کنیم، یعنی انرژی پتانسیل گرانشی آن را در سطح آب، با انرژی جنبشی آن در دریچه یکسان بگیریم، داریم:

$$\Delta mgh = \frac{1}{2} \Delta m v^2$$

از این دو رابطه داریم:

$$h = \frac{1}{2g} \frac{D^2}{S^2}$$

ملاحظه می‌شود که h ، با $\left(\frac{D}{S}\right)^2$ متناسب است. پس گزینه‌ی (د) درست است.

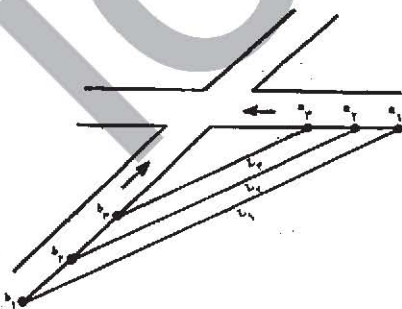
۲۲- نقطه انجماد آب خالص صفر درجه سلسیوس است. در این دما یخ و آب مجاور آن در حالت تعادل هستند، یعنی مقدار یخ و آب هر کدام ثابت می‌ماند. این به آن معنا نیست که هیچ مولکولی از یخ به آب و یا از آب به یخ تبدیل نمی‌شود. بلکه اگر یک مولکول یخ به آب تبدیل شود و بر مقدار آب بیفزاید، یک مولکول آب یخ می‌زند و دوباره همان مقدار آب و یخ به وجود می‌آید. برای آب شدن یک مولکول یخ، باید به آن گرما داد. این گرما از مولکولهای آب مجاور یخ گرفته می‌شود و در نتیجه یک مولکول آب به یخ تبدیل می‌شود. هنگامی که نمک روی یخ می‌ریزیم، در سطح یخ آب نمک به وجود می‌آید. همان طور که

گفته شد، ممکن است یک مولکول یخ آب شود و گرمای لازم برای این کار را از آب نمک مجاور یخ بگیرد. اما این گرما از آب نمک، سبب یخ زدن یک مولکول آب نمک نمی‌شود، زیرا نقطه‌ی انجماد آب نمک پایین‌تر از صفر درجه سلسیوس است، بلکه گرفتن این گرما دمای آب نمک را پایین می‌آورد. این کار آن قدر ادامه پیدا می‌کند تا دمای آب نمک و یخ مجاور آن به دمای تعادل پایین‌تر از صفر درجه سلسیوس برسد. در این حالت هر مولکول از یخ که آب شود، متقابلاً یک مولکول از آب نمک (در دمای زیر صفر) یخ می‌زند. بنابراین پاشیدن نمک روی یخ سبب کاهش دما و آب شدن مقداری از یخ می‌شود. در مجموع گرمای داده شده برای آب کردن یخ از مایع مجاور گرفته شده و گرفتن این گرما دمای مخلوط یخ و نمک را پایین می‌آورد. در نتیجه گزینه‌ی (ب) درست است.

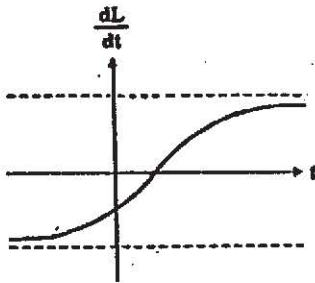
۲۳ - مدت زمان پخت یک غذا، به دما بستگی دارد. هر چه دمای غذا بالاتر باشد، زودتر می‌پزد. در دیگ زودپز نیز از همین نکته استفاده می‌کنند. هنگامی که در دیگ زودپز را می‌پنندند، بخار آب در آن جمع می‌شود و فشار داخل دیگ از فشار جو بالاتر می‌رود. در فشار بالاتر از جو، آب در دمای بالاتر از ۱۰۰ درجه سلسیوس می‌جوشد و در نتیجه غذا در آب جوش با دمای بالاتر، زودتر می‌پزد. در ظرفهای معمولی، چون بخارها از ظرف خارج می‌شود، فشار درون ظرف ثابت می‌ماند و آب در دمای معمولی (حدود ۱۰۰ درجه سلسیوس) می‌جوشد. زیادتر کردن شعله زیر ظرف، کمکی به زودتر پختن غذا نمی‌کند، بلکه آب درون ظرف غذا زودتر تبخیر می‌شود. از میان ۴ ظرف شکل (۱۱ - ۱۷)، دمای جوش آب درون ظرف چهارم از بقیه ظرفها بیشتر است. زیرا در سه ظرف ۱ تا ۳ آب خالص قرار دارد و در ظرف ۴ آب نمک ریخته‌اند. بنابراین تخم‌مرغ درون ظرف ۴ زودتر می‌پزد و زمان پختن تخم‌مرغ ظرفهای دیگر، با هم برابر است. پس گزینه‌ی (د) درست است.

۲۴ - دو جاده مستقیم متقاطع در شکل (۱۱ - ۶۶)

نشان داده شده و روی آن محل اتومبیلها در فواصل زمانی مساوی روی دو جاده مشخص شده است. در ابتدا که دو اتومبیل به طرف محل تقاطع می‌روند، دائماً از فاصله‌ی آنها کم می‌شود. بنابراین $\frac{dL}{dt}$ منفی است. هنگامی که فاصله‌ی دو اتومبیل از یکدیگر خیلی زیاد است، کاهش فاصله‌ی آنها در فواصل زمانی مساوی تقریباً یکسان است، یعنی در این حالت

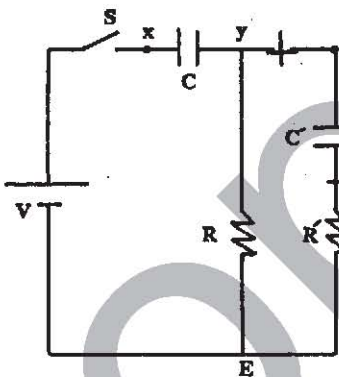


شکل (۱۱ - ۶۶)



شکل (۱۱-۶۷)

به مقدار ثابتی نزدیک می شود. با این توضیحات تغییرات $\frac{dL}{dt}$ مانند شکل (۱۱-۶۷) خواهد بود. که در گزینه‌ی (ج) آمده است. بنابراین گزینه‌ی (ج) درست است.



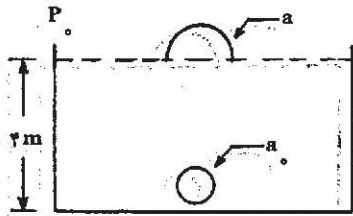
شکل (۱۱-۶۸)

افزایش پتانسیل نقطه‌ی y ، سبب ایجاد جریان در خازن C' و مقاومت R' می شود و خازن C' نیز شروع به پر شدن می کند. با پر شدن تدریجی خازن C ، جریانی که از R می گذرد کم می شود و پتانسیل نقطه‌ی y که در ابتدا همان مقدار V بوده (اختلاف پتانسیل خازن هنگام بستن کلید، به علت خالی بودن آن صفر است) به تدریج کم می شود و در نتیجه جریانی که از خازن C' و مقاومت R' می گذرد، کاهش می یابد. با گذشت زمان طولانی خازن C کاملاً پر می شود و جریانی که از مقاومت R می گذرد، صفر می شود. در نتیجه پتانسیل نقطه‌ی y نیز صفر خواهد شد. در نتیجه در شاخه‌ی C' و R' نیز جریان صفر می شود. چون در این حالت

$\frac{dL}{dt}$ تقریباً ثابت است. به تدریج فاصله‌ی دو اتومبیل کم می شود و L به کم ترین مقدار می رسد. از آن پس فاصله دو اتومبیل یعنی L شروع به زیاد شدن می کند، و $\frac{dL}{dt}$ که تا این لحظه منفی بوده، مثبت خواهد شد. هنگامی که دو اتومبیل خیلی از یکدیگر دور می شوند، مجدداً افزایش فاصله‌ی آن‌ها در فواصل زمانی مساوی، یکسان خواهد شد، یعنی $\frac{dL}{dt}$ تقریباً

۲۵- مدار مورد نظر در شکل (۱۱-۶۸) رسم شده است. پتانسیل نقطه‌ی E را صفر می گیریم و پتانسیل همه نقاط را نسبت به آن می سنجیم. هنگامی که کلید را می بندیم، پتانسیل نقطه‌ی x که قبلاً صفر بوده، بالا می رود و جریانی از خازن C و مقاومت R می گذرد. این جریان علاوه بر آنکه خازن C را پر می کند، به علت عبور از مقاومت R ، پتانسیل نقطه‌ی y را نیز بالا می برد.

دو نقطه‌ی y و z هم پتانسیل هستند (هر دو دارای پتانسیل صفر هستند، زیرا از مقاومت R' جریانی نمی‌گذرد) پس اختلاف پتانسیل خازن C' صفر است. بنابراین گزینه‌ی (الف) درست است.



شکل (۱۱-۶۹)

۲۶- در شکل (۱۱-۶۹)، استخر آب و حباب هوا نشان داده شده است. در کف استخر، فشار برابر با مجموع فشار هوای بیرون و فشار ستونی از آب به ارتفاع $۴m$ است. داریم:

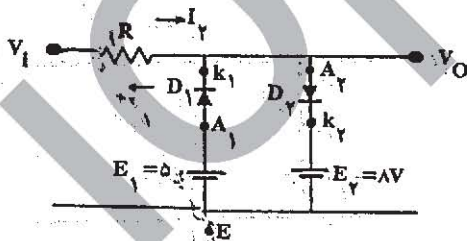
$$p = p_0 + \rho gh = 1.0^5 + 1.0^3 \times 10 \times 4 = 1/4 \times 1.0^5 \text{ pa}$$

چون دما در تمام استخر تقریباً ثابت است، با استفاده از معادله‌ی حالت گاز کامل داریم:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$1/4 \times 1.0^5 \times \frac{4}{3} \pi a^3 = 1.0^5 \times \frac{1}{3} \times \frac{4}{3} \pi a^3$$

$$\frac{a^3}{3} = 3 \times 1/4 \rightarrow \frac{a}{a_0} = \sqrt[3]{3/4} \approx 1/4$$



شکل (۱۱-۷۰)

پس گزینه‌ی (د) درست است.

۲۷- مدار مورد نظر

در شکل (۱۱-۷۰) رسم

شده است. نمودار

تغییرات ولتاژ ورودی نیز

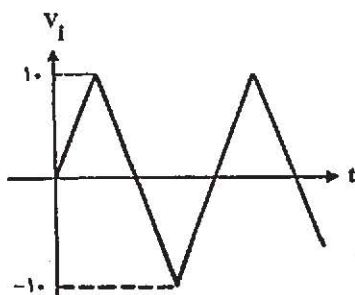
در شکل (۱۱-۷۱) نشان

داده شده است. پتانسیل

نقطه‌ی E را صفر فرض

می‌کنیم و پتانسیل

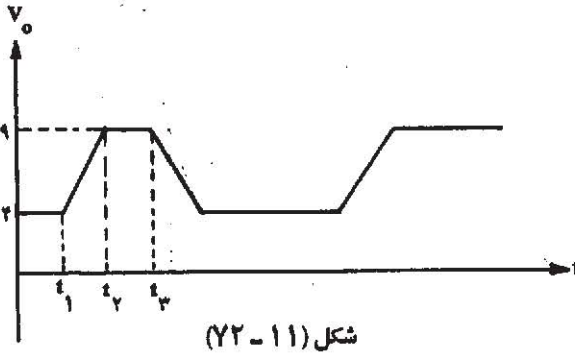
همه‌ی نقاط را نسبت به آن



شکل (۱۱-۷۱)

می‌سنجیم. پتانسیل نقطه‌ی A_1 به علت اتصال به باتری مقدار ثابت $5V$ است. ولتاژ ورودی از صفر به تدریج زیاد می‌شود و ممکن است از مقاومت R جریانی بگذرد و یا ننگذرد. اگر جریانی از مقاومت بگذرد، یعنی از یکی از دو دیود جریان می‌گذرد. در این صورت پتانسیل V_0 از V_i کمتر است، زیرا مقداری در مقاومت R افت

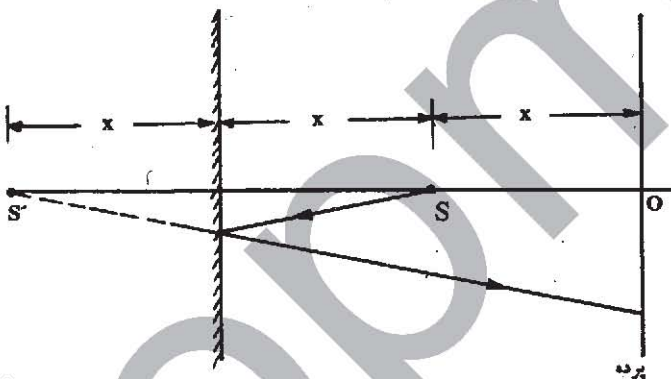
کرده است. هنگامی که $V_i < 4V$ باشد، فرض می‌کنیم از دیود D_1 و نیز مقاومت R جریانی می‌گذرد (جهت این جریان از A_1 به طرف K_1 و در مقاومت R در جهت I_1 است) و در این صورت $V_{K_1} = 4V$ است. و V_0 نیز برابر با $4V$ خواهد بود. هر چه اختلاف V_i با $4V$ بیشتر باشد، جریان I_1 نیز بیشتر خواهد بود و از دیود D_1 نیز جریانی بیشتری می‌گذرد. هنگامی که $V_i = 4V$ شود، جریان I_1 به صفر می‌رسد. این توضیحات نشان می‌دهد که فرض عبور جریانی از دیود D_1 در شرایطی که $V_i < 4V$ باشد درست است. چون A_1 و K_1 پتانسیل یکسانی دارند، بنابراین در این شرایط $V_{A_1} = 4V$ است و از دیود D_2 جریانی نمی‌گذرد، زیرا برای آن که از این دیود جریان بگذرد، باید $V_{A_2} = 9V$ باشد. اگر $4V > V_i > 9V$ باشد با توجه به این که V_{K_1} مقدار ثابت $8V$ است، از هیچ‌کدام از دیودها و در نتیجه از مقاومت R جریانی نمی‌گذرد. در این شرایط $V_0 = V_i$ است. اگر $9V > V_i$ شود، فرض می‌کنیم از دیود D_2 و نیز مقاومت R جریانی می‌گذرد (جهت این جریان از A_2 به طرف K_2 و در مقاومت R در جهت I_2 است) و در این صورت $V_{A_2} = 9V$ است و V_0 نیز برابر با $9V$ خواهد بود. هر چه اختلاف V_i با $9V$ بیشتر باشد، جریان I_2 نیز بیشتر خواهد بود و از دیود D_2 نیز جریانی بیشتری می‌گذرد. در این شرایط چون $V_{K_1} > 4V$ است، از دیود D_1 جریانی نمی‌گذرد.



شکل (۱۱ - ۷۲)

با این توضیحات تغییرات اختلاف پتانسیل خروجی V_0 مانند شکل (۱۱ - ۷۲) خواهد بود. تا زمان t_1 از

دیود D_1 جریان می‌گذرد ولی دیود D_2 مانند اتصال باز است. از زمان t_1 تا t_2 هر دو دیود مانند اتصال باز عمل می‌کنند و از زمان t_2 تا t_3 دیود D_1 مانند اتصال باز عمل می‌کند ولی از دیود D_2 جریان می‌گذرد. با توجه به مشابهت شکل (۱۱ - ۷۲) و آنچه در گزینه‌ی (الف) آمده است، می‌توان دریافت که گزینه‌ی (الف) درست است.



شکل (۱۱ - ۷۳)

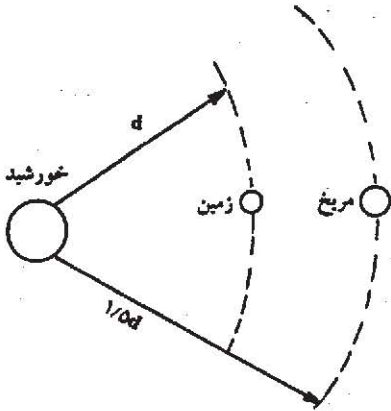
۲۸ - در شکل (۱۱ - ۷۳) چشمه‌ی نقطه‌ای نور و پرده نشان داده شده است. در ابتدا که آینه در طرف دیگر چشمه وجود ندارد، روشنایی در نقطه‌ی O از پرده تنها به علت

پرتوهای است که مستقیماً از چشمه‌ی S به پرده می‌رسند. پس از قرار دادن آینه، پرتوهای بازتابیده از آینه نیز به نقطه O از پرده می‌رسند و روشنایی آن نقطه از پرده زیادتر می‌شود. قرار دادن آینه مانند آن است که در نقطه S' چشمه‌ی مشابهی گذارده باشیم. فاصله‌ی این چشمه از پرده سه برابر فاصله‌ی چشمه‌ی S از پرده است، بنابراین شدت روشنایی آن در نقطه‌ی O، $\frac{1}{9}$ شدت روشنایی چشمه‌ی S در نقطه‌ی O یعنی $\frac{1}{4}$ واحد است. بنابراین با قرار دادن آینه در طرف دیگر چشمه، شدت روشنایی کل در نقطه‌ی O چنین است.

$$I = \frac{3}{6} + \frac{1}{4} = 4 \text{ واحد}$$

در نتیجه گزینه‌ی (ب) درست است.

پاسخ مسأله‌های کوتاه

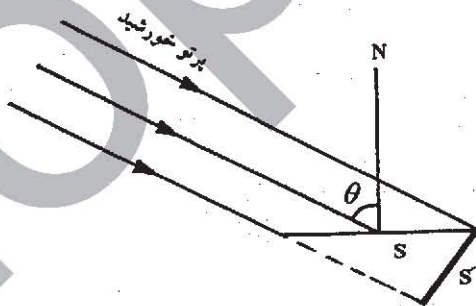


شکل (۱۱-۷۴)

۱- در شکل (۱۱-۷۴) موقعیت نسبی خورشید، زمین و مریخ نشان داده شده است. تمام انرژی تابش شده از خورشید، در فاصله d از آن یعنی در جایی که زمین قرار دارد، به سطح کره‌ای به شعاع d می‌رسد. همین مقدار انرژی در فاصله $1/5d$ ، یعنی جای قرار گرفتن مریخ روی سطح کره‌ای به شعاع $1/5d$ خواهد رسید. چون مساحت کره متناسب با مجذور شعاع است، چگالی سطحی انرژی، یعنی انرژی دریافت

شده توسط واحد سطح که بر راستای پرتو خورشید عمود باشد، $\left(\frac{1}{1/5}\right)^2$ برابر شده است. به این ترتیب توانی را که به واحد سطح مریخ و در راستای عمود بر پرتو خورشید می‌رسد، می‌توان به دست آورد. داریم:

$$P_M = \frac{1/4}{(1/5)^2} = 0.62 \text{ kW/m}^2$$



شکل (۱۱-۷۵)

اکنون باید اثر گردش مریخ را که سبب تغییر زاویه میان پرتوهای خورشید و خط عمود بر سطح باتریهای خورشیدی می‌شود در نظر گرفت. در شکل (۱۱-۷۵) سطح S

پرتو خورشید با خط عمود بر آن، زاویه θ می‌سازد، نشان داده شده است. از شکل پیداست که انرژی دریافت شده توسط سطح S ، یا آنچه به سطح فرض S' می‌رسد برابر است. داریم:

$$S' = S \cos \theta$$

زاویه‌ی θ متغیر است، اما متوسط $\cos \theta$ را $\frac{1}{3}$ فرض کرده‌ایم. به این ترتیب متوسط توان دریافت شده توسط باتریهای خورشیدی چنین است:

$$\bar{P}_t = 0.62 \times 10^3 \times 0.2 \times \frac{1}{3} = 37/3 \text{ W}$$

این عدد را گرد کرده و 37 W می‌نویسیم.

۲- بخشی از گرمای داده شده به آب برای گرم کردن آب و رساندن آن به دمای 100°C است. این گرما چنین است:

$$Q_1 = mc \Delta \theta = 0.06 \times 4200 \times 100 = 25/2 \text{ kJ}$$

بقیه‌ی گرما سبب تبخیر آب شده است. جرم آب بخار شده از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$m_v = \frac{Q_2}{L_v} = \frac{39 \times 10^3 - 25/2 \times 10^3}{2/3 \times 10^6} = 6 \times 10^{-2} \text{ kg} = 6 \text{ g}$$

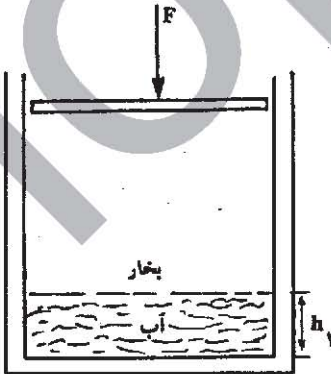
چون جرم مولی آب 18 g است، ملاحظه می‌شود که $\frac{1}{3}$ مول بخار آب ایجاد شده است. فشار این بخار برابر با فشار هوای بیرون است، زیرا وزن پیستونی که روی بخار را گرفته، ناچیز فرض شده است. حجم این بخار چنین است:

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{\frac{1}{3} \times 8/3 \times 373}{1.05} = 1/03 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

این حجم از بخار در استوانه‌ای به مساحت 250 cm^2 جا گرفته است. ارتفاع این استوانه چنین است:

$$h = \frac{V}{S} = \frac{1/03 \times 10^{-2}}{250 \times 10^{-4}} = 0/412 \text{ m} = 41/2 \text{ cm}$$

اگر آن را گرد کنیم، عدد 41 cm به دست می‌آید.



شکل (۱۱-۷۶)

در این محاسبه از دو قسمت انرژی چشم پوشیده‌ایم. در شکل (۱۱-۷۶) استوانه و پیستونی که روی بخار را پوشانده، نشان داده شده است. از طرف هوای بیرون، نیروی $F_P = S$ بر پیستون وارد می‌شود. بخار آب هنگام انبساط و بالا راندن پیستون، روی هوا کار انجام می‌دهد و این کار نیز از همان گرمایی که به آب داده شده تأمین می‌شود. مقدار این کار از رابطه زیر به

دست می‌آید:

$$W_1 = Fh = P_0 Sh = P_0 V = 1.0^5 \times 1/0.3 \times 10^{-2} = 1/0.3 \text{ kJ}$$

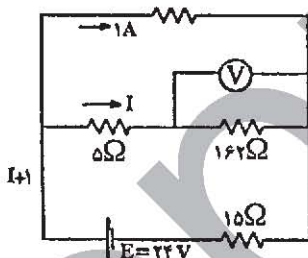
علاوه بر آن گرانیگاه آب و بخار، از گرانیگاه آب اولیه بالاتر رفته است و این به منزله افزایش انرژی پتانسیل گرانشی آب و بخار است و این مقدار انرژی نیز از همان گرمایی که به آب داده شده باید تأمین شود. آبی که بخار شده است، قبلاً در ارتفاع h_1 از کف ظرف قرار داشته است. با توجه به کمی آب بخار شده نسبت به کل آب، برای m داریم:

$$h_1 = \frac{V_w}{S} = \frac{60}{250} = 0/24 \text{ cm}$$

پس از بخار شدن، گرانیگاه بخار در ارتفاع $h_2 \approx \frac{h}{\rho}$ قرار دارد و افزایش انرژی پتانسیل گرانشی بخار چنین است:

$$\Delta U_g = m_V gh_2 = 6 \times 10^{-3} \times 10 \times 20/5 \times 10^{-2} = 12/3 \times 10^{-3} \text{ J}$$

با توجه به این که ΔU_g در مقابل گرمای داده شده به آب بسیار کوچک است و W_1 نیز در برابر آن کوچک است، در محاسبه ارتفاع پیستون، از آن‌ها چشم پوشیدیم.



۳- مدار موردنظر در شکل (۱۱-۷۷) نشان داده شده است. قانون کیرشهف را برای

حلقه‌ی پایینی به کار می‌بریم. داریم:

$$E = 15(I+1) + 5I + V$$

$$22 = 15I + 15 + 5I + 8$$

$$I = 0/05 \text{ A}$$

شکل (۱۱-۷۷)

می‌توان به جای مقاومت 162Ω و ولت‌متر، مقاومت معادل آن‌ها R را در نظر گرفت که جریان I از آن می‌گذرد و اختلاف پتانسیل دو سر آن 8 V است. بنابراین داریم:

$$R = \frac{8}{0/05} = 160 \Omega$$

اگر مقاومت ولت‌متر را R_V بگیریم، مقاومت معادل آن و مقاومت 162Ω چنین است:

$$R = \frac{162 \times R_V}{162 + R_V} = 160$$

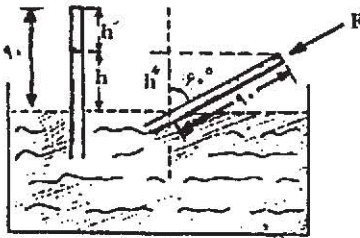
$$162 R_V = 160 R_V + 160 \times 162$$

$$2 R_V = 160 \times 162 \rightarrow R_V = 12960 \Omega \approx 13 \text{ K}\Omega$$

۴- ستون جیوه و ظرفی که در آن قرار گرفته، در شکل (۱۱ - ۷۸) نشان داده شده است. ابتدا ارتفاع ستون جیوه را در حالتی که لوله به طور قائم قرار گرفته است به دست می‌آوریم. داریم:

$$h' = \frac{V}{S} = \frac{۵۶}{۴} = ۱۴ \text{ cm}$$

$$h = ۹۰ - h' = ۹۰ - ۱۴ = ۷۶ \text{ cm}$$



شکل (۱۱-۷۸)

هنگامی که لوله را با زاویه‌ی ۶۰° نسبت به راستای قائم قرار می‌دهیم، جیوه تمام لوله را پر می‌کند و ارتفاع قائم آن از رابطهی زیر به دست می‌آید.

$$h'' = ۹۰ \cos ۶۰^\circ = ۴۵ \text{ cm}$$

اگر انتهای لوله باز بود و طول لوله به اندازه کافی بزرگ بود، جیوه در لوله‌ی مایل آن قدر بالا می‌رفت تا ارتفاع قائم آن به اندازه‌ی همان ۷۶ cm بشود. اما انتهای بستهی لوله مانع از بالا رفتن جیوه می‌شود. در این حالت فشاری که بر ته بستهی لوله وارد می‌شود، از رابطهی زیر به دست می‌آید:

$$P' = ۷۶ - ۴۵ = ۳۱ \text{ cmHg}$$

با توجه به این که فشار هوا یعنی $۱۰^۵ \text{ Pa}$ معادل فشار ستونی از جیوه به ارتفاع ۷۶ cm است، می‌توان P' را برحسب پاسکال به دست آورد.

$$P' = \frac{۳۱}{۷۶} \times ۱۰^۵ = ۰/۴ \times ۱۰^۵ \text{ Pa}$$

نیروی وارد بر ته لوله چنین است:

$$F = P'S = ۰/۴ \times ۱۰^۵ \times ۴ \times ۱۰^{-۴} = ۱۶ \text{ N}$$

۵ - فنرهای درون جعبه، در وضعیتی که

فنرها افقی هستند، در شکل (۱۱ - ۷۹)

نشان داده شده است. چون طول عادی

هر کدام از فنرها ۵ cm و طول جعبه

۱۰ cm است و پهنای جسم M نیز

۲ cm است، بنابراین هر دو فنر مقداری

فشرده شده‌اند و به همین علت از هریک

از فنرها نیرویی بر جسم M وارد

می‌شود که آن را با F_1 نشان

داده‌ایم. چون ثابت فنرها یکسان نیست،

فشرده‌گی فنرها نیز یکسان نخواهد بود. اکنون فرض کنید جعبه را طوری قرار می‌دهیم که

فنرها به صورت قائم قرار بگیرند و قاعده‌ی A

بالا باشد. این وضعیت در شکل (۱۱ - ۸۰)

نشان داده شده است.

به علت وزن جسم M که روبه پایین است، فنر

زیری بیشتر فشرده شده و نیروی F_2 را رو به بالا

بر جسم M وارد می‌کند و از فشرده‌گی فنر بالایی

و در نتیجه از نیروی قبلی آن کم می‌شود و یا

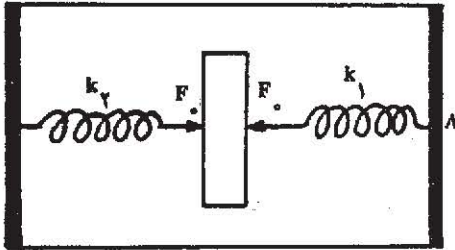
می‌توان گفت علاوه بر F_2 ، نیروی F_1 به طرف

بالا بر جسم M وارد می‌شود. چون جسم M در

حالت تعادل است. داریم: $F_1 + F_2 = mg$ اگر

جا به جایی جسم M در این حالت نسبت به

وضعیت آن در شکل (۱۱ - ۷۹) Δl باشد، داریم:



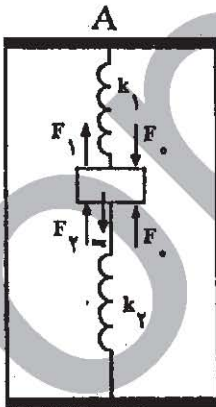
شکل (۱۱ - ۷۹)

فشرده‌گی فنرها نیز یکسان نخواهد بود. اکنون فرض کنید جعبه را طوری قرار می‌دهیم که

فنرها به صورت قائم قرار بگیرند و قاعده‌ی A

بالا باشد. این وضعیت در شکل (۱۱ - ۸۰)

نشان داده شده است.



شکل (۱۱ - ۸۰)

$$K_1 \Delta l + K_2 \Delta l = mg$$

$$(K_1 + K_2) \Delta l = mg$$

هنگامی که جعبه را وارونه می‌کنیم تا قاعده‌ی A در پایین قرار گیرد، این بار فشرده‌گی فنر K_1

که در پایین قرار می‌گیرد، نسبت به قبل بیشتر می‌شود و در نتیجه نیروی F'_1 را رو به بالا بر

جسم M وارد می‌کند. در این حالت فشردگی فنر K_p که در بالا قرار گرفته است کمتر می‌شود و می‌توان گفت علاوه بر نیروی قبلی نیروی F'_p رو به بالا بر جسم وارد می‌کند. اگر جا به جایی جسم M نسبت به حالتی که فنرها افقی هستند Δl_p باشد، داریم:

$$F'_1 + F'_p = mg$$

$$K_1 \Delta l'_1 + K_p \Delta l'_p = mg$$

$$(K_1 + K_p) \Delta l' = mg$$

از رابطه‌های بالا معلوم می‌شود که Δl و $\Delta l'$ با هم مساویند و جا به جایی کل جسم M در دو حالتی که قاعده‌ی A بالا و یا پایین باشد، $\Delta l + \Delta l' = 2 \Delta l$ است.

$$2 \Delta l = \frac{2 mg}{K_1 + K_p} = \frac{2 \times 40 \times 10^{-3} \times 10}{12 + 20} = 25 \times 10^{-3} \text{ m} = 25 \text{ mm}$$

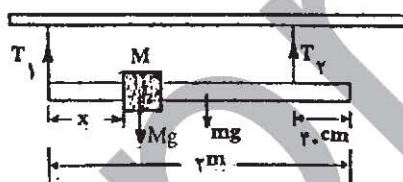
۶- میله‌ی موردنظر

که با دو نخ به سقف آویخته شده، در شکل

(۱۱-۸۱)

نشان داده شده

است. نیروی



(۱۱-۸۱)

کشش هریک از دو نخ در شکل مشخص شده است. هرچه وزنه M به طرف چپ حرکت داده شود، نیروی T_1 بزرگتر خواهد شد و هرچه به طرف راست برود، نیروی T_2 بزرگتر خواهد شد. فاصله‌ی وزنه تا انتهای چپ میله را x می‌گیریم. با توجه به توازنندی میله دو رابطه‌ی زیر میان نیروها وجود دارد:

$$T_1 + T_2 = mg + Mg$$

$$Mg x + mg \frac{1}{4} - T_2 (1 - 0/4) = 0$$

رابطه‌ی اول صفری بودن برآیند نیروها و رابطه‌ی دوم صفر بودن گشتاور نیروهای وارد بر میله‌ی ترازمند را نشان می‌دهد. از دو رابطه‌ی بالا می‌توان نیروهای کشش T_1 و T_2 را برحسب x ، موقعیت وزنه روی میله به دست آورد. اگر $T_1 = T_{\max}$ فرض شود، کمترین

مقدار x به دست خواهد آمد. زیرا اگر x از آن کمتر شود، $T_1 > T_{max}$ شده و نخ سمت چپ پاره می‌شود. اگر $T_1 = T_{max}$ فرض شود، بیشترین مقدار x به دست می‌آید، زیرا اگر x از آن بیشتر شود، $T_1 > T_{max}$ شده و نخ سمت راست پاره می‌شود. بنابراین داریم:

$$60 + T_1 = 40 + 50 \quad \Rightarrow x_1 = 0/16 \text{ m} = 16 \text{ cm}$$

$$50x_1 + 40 \times 1 - T_1 \times 1/6 = 0$$

$$T_1 + 60 = 40 + 50$$

$$50x_2 + 40 \times 1 - 60 \times 1/6 = 0$$

$$\Rightarrow x_2 = 1/12 \text{ m} = 112 \text{ cm}$$

بنابراین وزنه را می‌توان در فاصله‌ی ۱۶ سانتیمتری تا ۱۱۲ سانتیمتری نخ سمت چپ قرار داد بدون آن‌که هیچ‌کدام از نخها پاره شود. در نتیجه فاصله‌ی AB روی میله چنین است:

$$l_{AB} = 112 - 16 = 96 \text{ cm}$$

امام علی (ع):

«سئِلَ أميرُ المؤمنينَ (ع): أَيُّ الناسِ أكْبَرُ؟ قال: مَنْ

أَبْصَرَ رُشْدَهُ مِنْ غَيْبِهِ، فَمَالَ إِلَى رُشْدِهِ.

از امیرالمؤمنین (ع) پرسیدند: چه کسی

زیرک‌تر است؟ گفت: آن‌که راه رشد خویش را از

تباهی باز شناسد و بدان راه گام نهد.