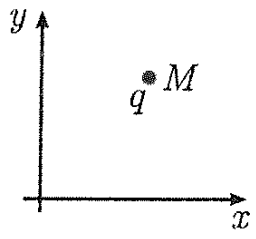
# فصل ۸

# مرحلهٔ اوّل بیست و دومین المپیاد فیزیک ایران

## ۱.۸ سؤالات چند گزینه‌ای

۱. بار نقطه‌ای مثبت $q$ در نقطهٔ $M$ قرار دارد. تا زمانی که بار $q$ ساکن است نیرویی به آن وارد نمی‌شود و هر گاه آن را در صفحهٔ $xy$ حرکت دهیم به سمت چپ خود منحرف می‌شود. کدام گزینه در مورد میدان‌ها در نقطهٔ $M$ درست است؟ (+۵, −۱)




*الف)* میدان مغناطیسی عمود بر صفحهٔ شکل و به سمت داخل است.

ب) میدان مغناطیسی عمود بر صفحهٔ شکل و به سمت خارج است.

ج) میدان الکتریکی در جهت $y+$ است.

د) میدان الکتریکی در جهت $x-$ است.

ه) میدان مغناطیسی در جهت $x-$ است.

و) میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی عمود بر هم وجود دارند.

۲. اگر $A$ و $B$ به ترتیب اندازه‌های بردارهای $\vec{A}$ و $\vec{B}$ باشند و $|\vec{A}+\vec{B}|=|\vec{A}-۲\vec{B}|$، زاویهٔ بین $\vec{A}$ و $\vec{B}$ کدام گزینه است؟ (+۴, −۱)

الف) $\arccos\left(\frac{-۳B}{۲A}\right)$ ب) $\arccos\left(\frac{-B}{۲A}\right)$

ج) $\arccos\left(\frac{B}{۲A}\right)$ د) $\arccos\left(\frac{۱}{۲}\right)$

ه) $\arccos\left(\frac{-A}{۲B}\right)$

۳. ذره‌ای در مسیری با معادلهٔ زیر حرکت می‌کند. طول قوسی که ذره از زمان $t=۰$ تا $t=\frac{۳\pi}{۲\omega}$ طی می‌کند، چقدر است؟ (+۳, −۱)

$$\begin{cases} x = R\cos\omega t - R \\ y = R\sin\omega t \end{cases}$$

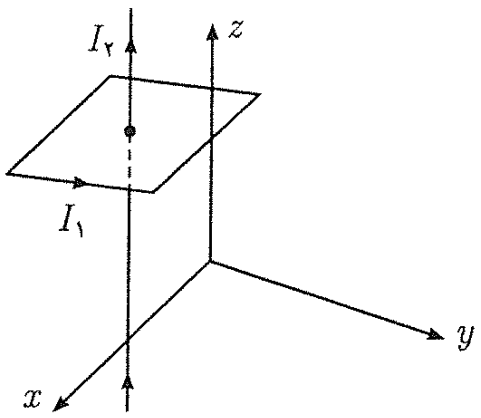
الف) $R\sqrt{۲}$ ب) $۲\pi R$ ج) $\frac{۳\pi R}{۴}$ د) $\frac{۳\pi R}{۲}$

۴. دو ساعت در نظر بگیرید که در آغاز عدد یکسانی را نشان می‌دهند و آهنگ کار آن‌ها هم یکی است. آهنگ کار یکی از ساعت‌ها نسبت به دیگری به‌طور یکنواخت کند می‌شود، به‌طوری که طول یک شبانه‌روز را در پایان هر سال ۲ میلی‌ثانیه از طول شبانه‌روز در ابتدای آن سال کمتر نشان می‌دهد. اختلاف بین اعدادی که این دو ساعت پس از یک قرن نشان می‌دهند، به کدام‌یک از اعداد زیر نزدیک‌تر است؟

(+۳, −۱)

الف) ۱ ثانیه ب) ۱ دقیقه ج) ۱ ساعت د) ۱ روز

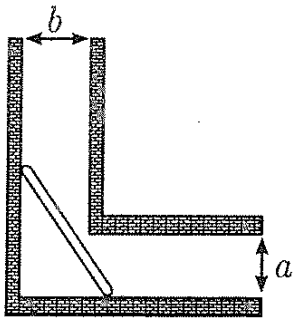
۵. مطابق شکل از حلقه‌ای به شکل مربع که صفحهٔ آن موازی صفحهٔ $xy$ است، جریان $I_۱$ می‌گذرد. از سیمی بسیار بلند عمود بر صفحهٔ مربع، که از مرکز آن می‌گذرد در جهت مثبت محور $z$ جریان $I_۲$ عبور می‌کند. نیروی مغناطیسی کل وارد بر حلقه کدام است؟ (+۳, −۱)




الف) صفر ب) $\frac{\mu_۰ I_۱ I_۲}{۲\pi}$ در صفحهٔ حلقه

ج) $\frac{\mu_۰ I_۱ I_۲}{۲\pi}$ و در جهت مثبت محور $z$ د) $\frac{\mu_۰ I_۱ I_۲}{۲\pi}$ و در جهت منفی محور $z$

۶. طول بلندترین میله‌ای که می‌توان آن را از مجرایی مانند شکل رد کرد چقدر است؟ مسئله را دوبعدی در نظر بگیرید و از ضخامت میله چشم‌پوشی کنید. (+۳, −۱)




الف) $\sqrt{a^۲ + b^۲}$ ب) $\frac{۱}{۴}(a^{\frac{۱}{۴}} + b^{\frac{۱}{۴}})^۳$

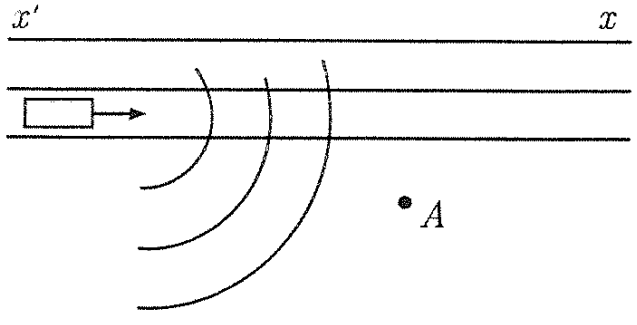
ج) $(a^{\frac{۲}{۴}} + b^{\frac{۲}{۴}})^{\frac{۲}{۴}}$ د) $a + b$

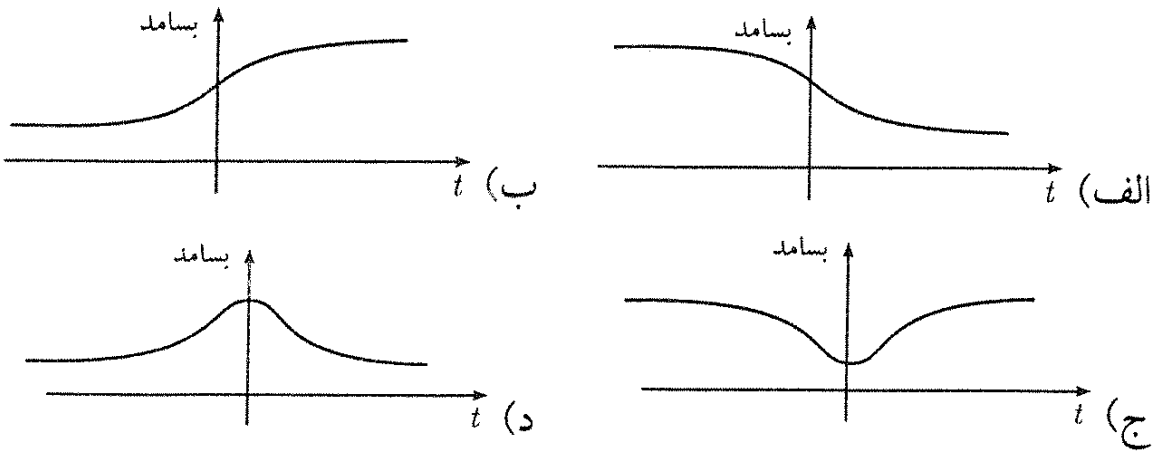
۷. دو خودروی $A$ و $B$ به ترتیب با سرعت‌های ۱۶ m/s و ۸ m/s روی یک خط راست به سمت یک‌دیگر در حرکت‌اند. هنگامی که فاصلهٔ دو خودرو از هم ۴۵ m است خودروی $A$ با شتاب $۲\ m/s^۲$ و خودروی $B$ با شتاب $۴\ m/s^۲$ ترمز می‌کنند. چند ثانیه پس از ترمز دو خودرو به هم می‌خورند و سرعت خودروی $B$ در لحظهٔ برخورد چقدر است؟ (+۳, −۱)

الف) ۲٫۸ s و صفر ب) ۱۳٫۲ s و صفر

ج) ۳ s و ۴ m/s د) ۵ s و ۱۲ m/s

۸. آمبولانسی روی جادهٔ $x'x$ با سرعت $v$ (به سمت مثبت $x$ یعنی از $x'$ به سمت $x$) حرکت می‌کند. شخصی در نقطهٔ $A$ کنار جاده ایستاده است. آژیر آمبولانس روشن است و صدایی با بسامد ثابت تولید می‌کند. شخصی که در $A$ ایستاده، صدای آژیر را می‌شنود. اگر این شخص بسامد صدایی را که می‌شنود برحسب زمان رسم کند نموداری که به‌دست می‌آورد به کدام شکل نزدیک‌تر است؟ (+۳, −۱)





۹. جسم $m_2$ به کمک فنری از جسم $m_1$ آویزان است و جسم $m_1$ را نگه داشته‌ایم. جسم $m_1$ را رها می‌کنیم. بلافاصله پس از رها شدن اندازهٔ شتاب جسم‌های $m_1$ و $m_2$ را به ترتیب $a_1$ و $a_2$ می‌گیریم. کدام گزینه در مورد $a_1$ و $a_2$ درست است؟ $g$ شتاب گرانش است. (+۳, −۱)

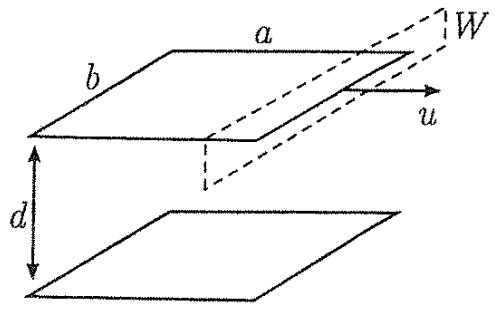
الف) $a_2 = a_1 = g$

ب) $a_2 = a_1 < g$

ج) $a_2 = 0$ و $a_1 > g$

د) $a_2 = 0$ و $a_1 < g$

۱۰. خازنی از دو صفحهٔ تخت، هر یک به طول $a$ و عرض $b$ تشکیل شده است. فاصلهٔ بین صفحه‌ها $d$ است. این خازن را با اختلاف پتانسیل $V$ پر می‌کنیم. سپس این خازن را در امتداد طول $a$ با سرعت $u$ حرکت می‌دهیم.




مطابق شکل پنجرهٔ $W$ در مسیر یکی از صفحه‌ها قرار دارد. هنگام عبور صفحه از سطح پنجره، چه جریانی از سطح پنجره می‌گذرد؟ (+۳, −۱)

الف) $\frac{\epsilon_0 aVu}{d}$

ب) $\frac{\epsilon_0 bVu}{d}$

ج) $\frac{\epsilon_0 dVu}{a}$

د) $\frac{\epsilon_0 dVu}{b}$

۱۱. هواپیمایی روی خط افقی در ارتفاع $h$ با شتاب ثابت $a$ پرواز می‌کند. این هواپیما شروع به رها کردن بسته‌هایی می‌کند. فرض کنید اولین بسته از نقطهٔ $(x=۰, y=h)$ در زمان $t=۰$ رها شده و در آن زمان سرعت هواپیما $v_۰$ است. در زمان $T$ از بسته‌ها یک منحنی می‌گذرانیم. معادلهٔ این منحنی کدام است؟ در زمان $T$ هنوز هیچ‌کدام از بسته‌ها به زمین نرسیده است. از مقاومت هوا چشم بپوشید. (+۳, −۱)

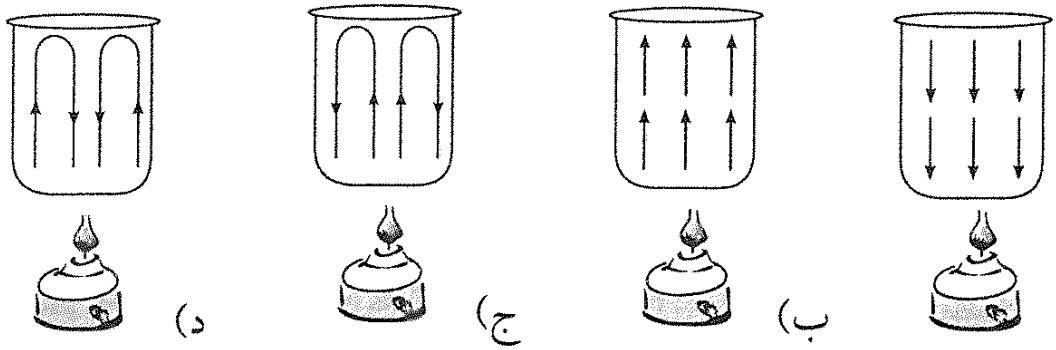
الف) $x+\frac{a(h-y)}{g}=v_۰t$ ب) $x-\frac{a(h-y)}{g}-v_۰\sqrt{\frac{۲(h-y)}{g}}=۰$

ج) $x-\frac{a(h-y)}{g}=\frac{aT^۲}{۲}+v_۰T$ د) $x+\frac{a(h-y)}{g}=\frac{aT^۲}{۲}+v_۰T$

۱۲. دو بار یکسان $q$ در فاصلهٔ $۲\ell$ از هم هستند. بار $Q$ درست در وسط خط واصل دو بار قرار دارد. اگر بار $Q$ را روی خط واصل دو بار $q$ به اندازهٔ $\epsilon\ell$ جابه‌جا کنیم، نیرویی به اندازهٔ $F_۱$ به آن وارد می‌شود. اگر بار $Q$ به اندازهٔ $\epsilon\ell$ در صفحهٔ عمودمنصف دو بار $q$ منحرف شود، نیرویی به اندازهٔ $F_۲$ به آن وارد می‌شود. در هر دو حالت $\epsilon$ خیلی کوچک‌تر از ۱ است. اگر اندازهٔ $x$ خیلی کوچک‌تر از ۱ باشد، برای $n$ دلخواه داریم $(۱+x)^n \simeq ۱+nx$). نسبت $\frac{F_۱}{F_۲}$ کدام است؟ (+۳, −۱)

الف) ۱ ب) ۲ ج) $\frac{۱}{۲}$ د) $\frac{۱}{۳}$

۱۳. مایع داخل یک بشر استوانه‌ای را مطابق شکل با چراغ الکلی به آرامی گرم می‌کنیم. کدام شکل می‌تواند نشان‌دهندهٔ طرح جریان همرفتی در داخل مایع باشد؟ (+۳, −۱)



الف) ب) ج) د)

۱۴. وجوه داخلی یک اتاقک مکعب را با رنگ‌های سفید، خاکستری و سیاه رنگ کرده‌ایم. وجوه یاد شده طی مدت زمانی طولانی با یکدیگر انرژی گرمایی مبادله می‌کنند. پس از این زمان دمای وجوه سفید را $T_۱$، دمای وجوه خاکستری را $T_۲$ و دمای وجوه سیاه را $T_۳$ می‌نامیم. کدام گزینه درست است؟ (+۳, −۱)

الف) $T_۱=T_۲=T_۳$ ب) $T_۳<T_۲<T_۱$

ج) $T_۱<T_۲<T_۳$ د) $T_۱<T_۳<T_۲$

۱۵. در مبداء زمان آسانسوری با سرعت ۴ m/s رو به پایین در حرکت است و با شتاب ۲ $m/s^2$ سرعتش کند می‌شود. ۱ s بعد شخصی که درون آسانسور ایستاده است، گلولهٔ کوچکی را از ارتفاع ۱ m از کف آسانسور آزادانه رها می‌کند. در لحظهٔ برخورد گلوله به کف آسانسور، سرعت آن نسبت به کف آسانسور چند m/s است؟ (+۳, −۱)

الف) ۲ ب) ۴ ج) $۲\sqrt{۵}$ د) $۲\sqrt{۶}$

۱۶. جاندارانی هستند که مواد غذایی را از سطح پوست‌شان جذب می‌کنند. این موجودات را تقریباً به شکل کره بگیرید. فرض کنید بیشترین مقدار غذایی که چنین موجوداتی می‌توانند در واحد زمان از واحد سطح پوست‌شان جذب کنند $\alpha$ باشد و کمترین مقدار غذای لازم در واحد زمان برای واحد حجم این موجودات که زنده بمانند $\beta$ باشد. بزرگ‌ترین موجود از این نوع شعاعش چقدر است؟ (+۳, −۱)

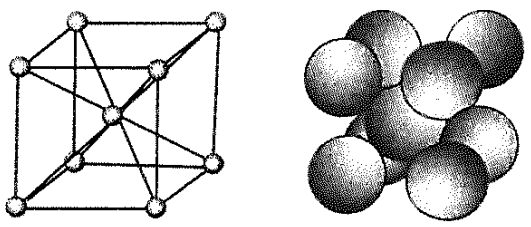
الف) $\frac{۳\alpha}{\beta}$ ب) $\frac{۳\alpha}{۴\beta}$ ج) $\frac{۴\alpha}{۳\beta}$ د) $\frac{\alpha}{۳\beta}$

۱۷. هوای داخل لولهٔ باریکی که یک طرف آن بسته است، به وسیلهٔ ستونی از جیوه از هوای بیرون جدا شده است. وقتی لوله افقی است، طول هوای محبوس $\ell_۱$ است و هنگامی که لوله را قائم نگه می‌داریم، طول هوای محبوس در زیر ستون جیوه $\ell_۲$ است. اگر لوله را از وضعیت قائم به اندازهٔ ۶۰° کج کنیم، طول هوای محبوس در زیر جیوه چقدر خواهد شد؟ از چسبندگی جیوه با لوله صرف‌نظر کنید. (+۳, −۱)

الف) $\frac{\ell_۱\ell_۲}{\ell_۱+\ell_۲}$ ب) $\frac{۱}{۲}(\ell_۱+\ell_۲)$

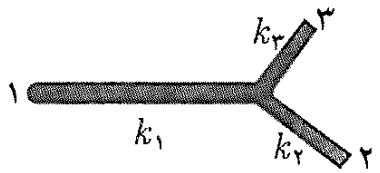
ج) $\frac{۲\ell_۱\ell_۲}{\ell_۱+\ell_۲}$ د) $\frac{۲\ell_۱\ell_۲}{\ell_۱-\ell_۲}$

۱۸. بسیاری از جامدها ساختار منظم دارند. یکی از این ساختارها شبکهٔ «مکعبی مرکز پُر» است. در این ساختار در هر رأس مکعب و در مرکز مکعب یک اتم است. اتم‌ها را با کره‌های توپر هم‌اندازه جایگزین می کنیم. بیشترین کسر حجم داخل مکعب را که می‌توان با کره‌ها یا بخش‌هایی از کره پُر کرد چقدر است؟ (+۳, −۱)



الف) $\frac{\pi}{۶}$ ب) $\frac{\pi\sqrt{۲}}{۶}$ ج) $\frac{\pi\sqrt{۳}}{۸}$ د) $\frac{\pi}{۴}$

۱۹. سه میله به طول‌های $\ell_1$، $\ell_2$ و $\ell_3$ و همگی با سطح مقطع یکسان، مطابق شکل به هم وصل شده‌اند.




طول و ضریب رسانندگی گرمایی میله‌ها به ترتیب زیر است:

$$\ell_1 = ۲۳\ \text{cm}, \quad \ell_2 = ۶/۵\ \text{cm}, \quad \ell_3 = ۶\ \text{cm},$$
$$K_1 = ۹۲\ \text{W/mK}, \quad K_2 = ۲۶\ \text{W/mK}, \quad K_3 = ۱۲\ \text{W/mK}$$

اگر انتهای میلهٔ ۱ در دمای ۱۰۰°C و انتهای میله‌های ۲ و ۳ در دمای ۰°C ثابت نگه داشته شود، در حالت پایا، یعنی هنگامی که دمای هر نقطه ثابت شده، دمای نقطهٔ اتصال سه میله چقدر است؟ میله‌ها پوشش عایق دارند و گرما فقط در طول میله‌ها منتقل می‌شود. $(+۳, -۱)$

*الف)* ۳۳°C

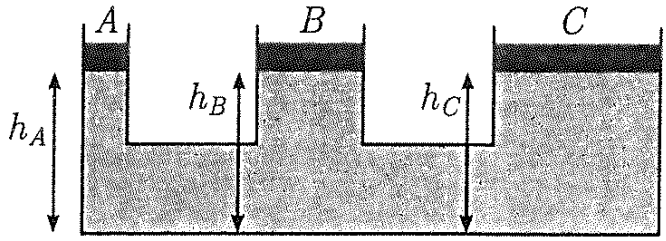
ب) ۴۰°C

ج) ۵۰°C

د) ۶۵°C

۲۰. در ظرفی مانند شکل زیر مایع تراکم‌ناپذیری قرار دارد. پیستون‌های $A$، $B$ و $C$ می‌توانند بدون اصطکاک در لوله‌های مربوط حرکت کنند. در ابتدا ارتفاع مایع از کف ظرف در هر سه لوله برابر است؛ $h_A = h_B = h_C = h_0$. حال وزنه‌های یکسان $m$ را روی هر یک از پیستون‌ها می‌گذاریم. بعد از برقراری تعادل کدام گزینه درست است؟

$(+۳, -۱)$



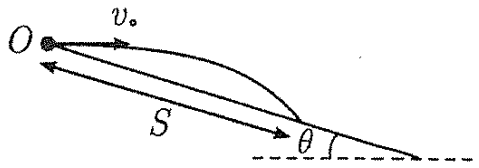

الف) $h_A = h_B = h_C = h_0$

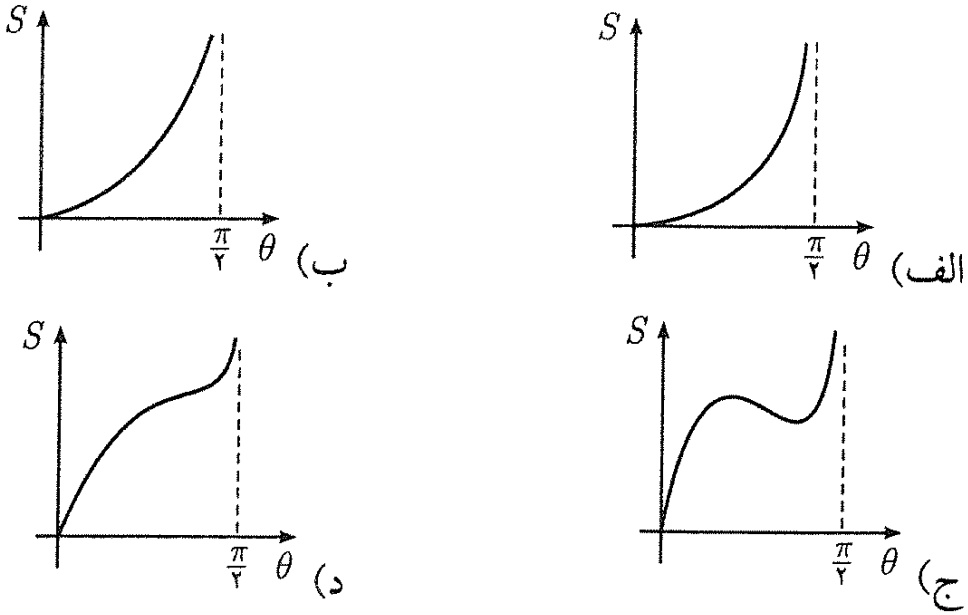
ب) $h_A = h_B = h_C < h_0$

ج) $h_A < h_B < h_C$

د) $h_A > h_B > h_C$

۲۱. سطح شیب‌دار طویلی در نقطهٔ $O$ لولایی دارد که توسط آن می‌توان شیب سطح را تغییر داد. از نقطهٔ $O$ گلوله‌ای را با سرعت اولیهٔ افقی $v_0$، پرتاب می‌کنیم. گلوله در فاصلهٔ $S$ از نقطهٔ $O$ به سطح برخورد می‌کند. $S$ با تغییر شیب سطح، تغییر می‌کند. کدام گزینه می‌تواند نمودار $S$ برحسب $\theta$ باشد؟ (+۳, −۱)




۲۲. سطح آینه‌ای با افق زاویهٔ $\theta$ می‌سازد. در زمان $t = 0$ گلوله‌ای با سرعت اولیهٔ $v_0$ و با زاویهٔ $\varphi$ نسبت به سطح آینه پرتاب می‌شود. مسیر حرکت در صفحهٔ عمود بر نقاط آینه و سطح افق است. در چه زمانی، فاصلهٔ گلوله از تصویرش در آینه، بیشترین مقدار است؟ (+۳, −۱)

الف) $\dfrac{v_0 \sin(\varphi+\theta)}{g\cos\theta}$

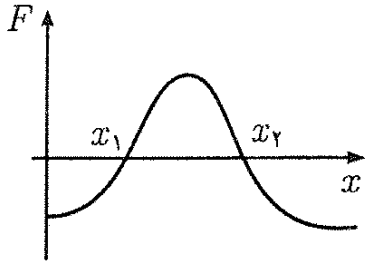
ب) $\dfrac{v_0 \sin\varphi}{g\cos\theta}$

ج) $\dfrac{v_0 \sin\varphi}{g\cos(2\theta)}$

د) $\dfrac{v_0 \sin(2\varphi)}{g\cos(\varphi+\theta)}$

۲۳. اگر نیروی وارد بر ذره صفر باشد، می‌گوییم ذره در حال تعادل است. فرض کنید ذرهٔ ساکنی در حال تعادل است. در این حالت ذره را کمی از نقطهٔ تعادل جابه‌جا می‌کنیم. اگر جسم به نقطهٔ تعادل برگردد این نقطه را نقطهٔ تعادل پایدار می‌گوییم؛ و اگر جسم پس از جابه‌جایی کوچک از نقطهٔ تعادل دور شود، به آن نقطهٔ تعادل ناپایدار می‌گوییم. نیروی وارد به ذره‌ای برحسب $x$ به‌صورت شکل روبرو است. کدام گزینه

در مورد دو نقطهٔ $x_1$ و $x_2$ می‌تواند درست باشد؟ $(+۳, -۱)$



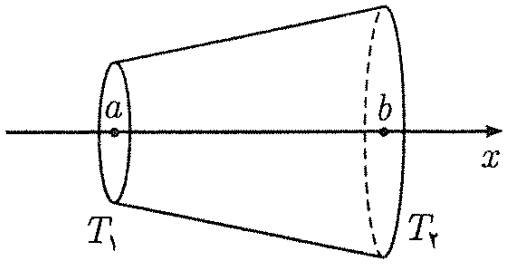

*الف)* در هر دو نقطه تعادل پایدار است.

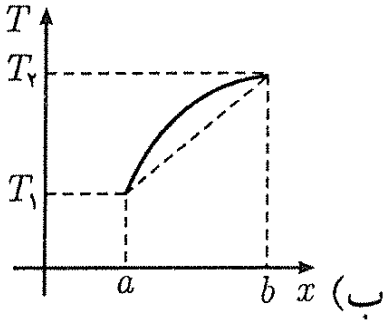
ب) در هر دو نقطه تعادل ناپایدار است.

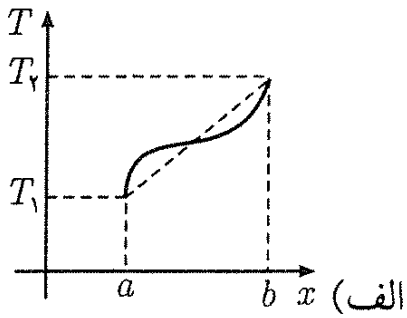
ج) تعادل در $x_1$ پایدار، و در $x_2$ ناپایدار است.

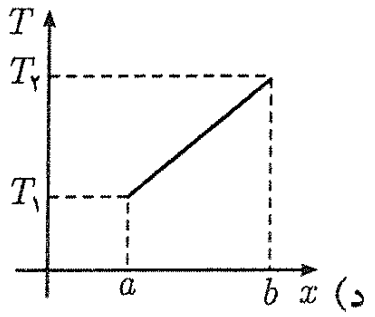
د) تعادل در $x_1$ ناپایدار، و در $x_2$ پایدار است.

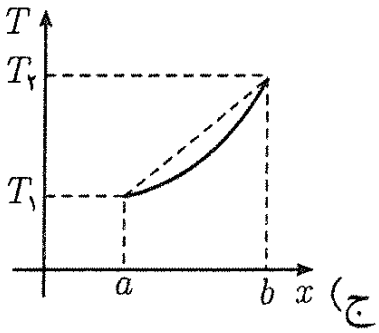
۲۴. یک مخروط ناقص، که زاویهٔ رأس آن کوچک است، رسانای گرما است. مطابق شکل قاعدهٔ این جسم را در دماهای ثابت $T_1$ و $T_2$ که $T_2 > T_1$ است، قرار می‌دهیم تا گرما در طول آن شارش یابد، طوری که $T(b) = T_2$ و $T(a) = T_1$ است. سطح جانبی مخروط عایق‌پوش شده، طوری که از آن گرما هدر نمی‌رود. در حالت پایا دمای نقطهٔ $x$ روی محور جسم را $T(x)$ می‌نامیم. کدام منحنی نشان‌دهندهٔ رفتار $T(x)$ برحسب $x$ است؟ $(+۳, -۱)$



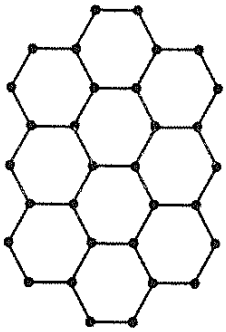



۲۵. گرافیت، شکلی از کربن است که اتم‌های آن روی لایه‌هایی قرار دارند. هر لایه روی یک صفحهٔ تخت است و لایه‌ها با هم موازی‌اند. هر لایه مطابق شکل از سلول‌هایی تشکیل شده که هر سلول یک شش‌ضلعی منتظم است. روی رأس‌های هر سلول یک اتم قرار دارد. اگر اتم‌های یک سلول روی یک لایه را به اتم‌های سلولی که در لایهٔ مجاور درست زیر یا بالای آن است به هم وصل کنیم، یک منشور مایل به‌دست می‌آید. فرض کنید یک حجم مشخص از گرافیت $n$ اتم داشته باشد. این $n$ اتم در $k$ منشور قرار دارند. نسبت $\frac{n}{k}$ چیست؟ (+۳, −۱)

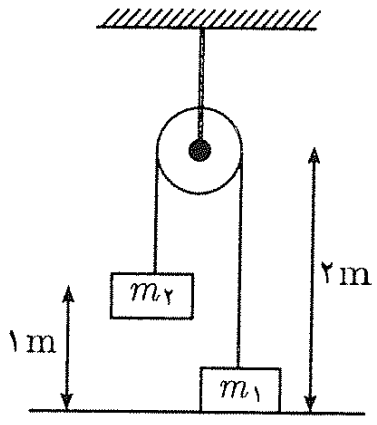


الف) ۱ ب) ۲ ج) ۳ د) ۴

۲۶. در مسئلهٔ قبل، فرض کنید طول ضلع قاعدهٔ منشورها (شش‌ضلعی‌های منتظم) برابر $d$ و فاصلهٔ بین هر دو لایهٔ مجاور تقریباً $2d$ باشد. اگر چگالی گرافیت $3\ \mathrm{g/cm^3}$ باشد، مقدار $d$ تقریباً چند نانومتر است؟ (+۳, −۱)

الف) ۰٫۱۴ nm ب) ۰٫۹ nm ج) ۰٫۷ nm د) ۰٫۲۲ nm

۲۷. دو وزنهٔ کوچک به جرم‌های $m_1 = 2\ \mathrm{kg}$ و $m_2 = 3\ \mathrm{kg}$ به دو سر نخی بسته شده‌اند و نخ از بالای قرقرهٔ بدون اصطکاکی (مطابق شکل) عبور داده شده است. هنگامی که وزنهٔ $m_1$ روی زمین است نخ کاملاً کشیده و وزنهٔ $m_2$ را در ارتفاع ۱ m نگه می‌داریم. وزنهٔ $m_2$ را رها می‌کنیم. وزنهٔ $m_1$ تا چه ارتفاعی بالا می‌رود؟ (+۳, −۱)




الف) ۱٫۰ m ب) ۱٫۲ m ج) ۱٫۵ m د) ۱٫۷ m

۲۸. بار و جرم الکترون، ضریب $K$ در قانون کولن و ضریب $G$ در قانون گرانش در واحدهای SI به‌صورت زیر است:

$$e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}\ \mathrm{C}, \qquad m = ۹/۱ \times ۱۰^{-۳۱}\ \mathrm{kg},$$
$$K = \frac{۱}{۴\pi\epsilon_۰} = ۹/۰ \times ۱۰^{۹}\ \frac{\mathrm{Nm}^۲}{\mathrm{C}}, \qquad G = ۶/۷ \times ۱۰^{-۱۱}\ \frac{\mathrm{Nm}^۲}{\mathrm{kg}^۲}$$

نسبت نیروی الکتریکی به نیروی گرانشی دو الکترون به کدام گزینه نزدیک‌تر است؟

$(+۳, -۱)$

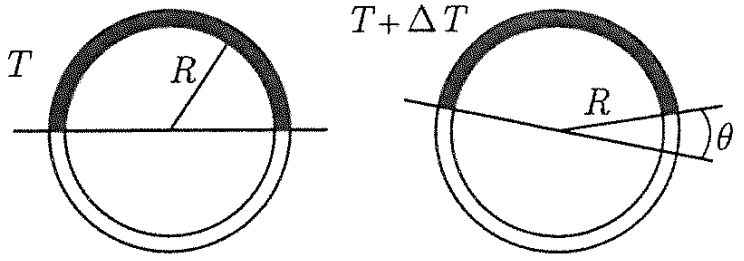
الف) $۱۰^{۴۵}$ ب) $۱۰^{۴۲}$ ج) $۱۰^{۳۹}$ د) $۱۰^{۳۶}$

۲۹. وقتی میله‌ای به طول $L$ و سطح مقطع $A$ تحت فشار $\frac{F}{A}$ قرار می‌گیرد، طولش به اندازهٔ $\Delta L$ تغییر می‌کند، به‌طوری که $\frac{F}{A} = E\frac{\Delta L}{L}$. در اینجا $E$ ضریب ثابتی است که به جنس میله بستگی دارد و مدول یانگ نامیده می‌شود. دو میله از دو جنس مختلف ولی با طول یکسان و سطح مقطع یکسان مطابق شکل به‌صورت دو نیم‌دایره به شعاع $R$ به هم متصل شده‌اند و داخل یک تکیه‌گاه سخت در محیطی با دمای $T$ قرار دارند. در این دما فشار بر میله‌ها صفر است. دمای محیط را به اندازهٔ $\Delta T$ بالا می‌بریم. فرض کنید تکیه‌گاه همچنان میله‌ها را به‌صورت دایره‌ای به شعاع $R$ نگه می‌دارد. اگر مدول یانگ و ضریب انبساط طولی میله‌ها $(E, ۳\alpha)$ و $(۲E, \alpha)$ باشد، زاویهٔ $\theta$ چقدر ست؟ $\Delta T$ را کوچک بگیرید.

*راهنمایی:* اگر $|x|$ و $|y|$ خیلی کوچک‌تر از ۱ باشد و $\alpha$ و $\beta$ دو عدد دلخواه باشند:

$$(۱ + x)^{\alpha}(۱ + y)^{\beta} \simeq ۱ + \alpha x + \beta y$$

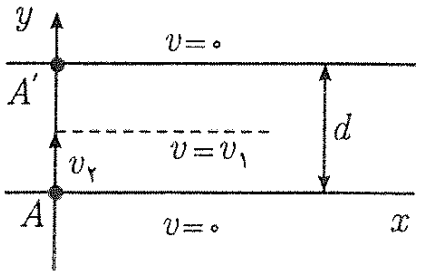
$(+۳, -۱)$




الف) $\frac{\pi}{۳}\alpha\Delta T$ ب) $\pi\alpha\Delta T$ ج) $\frac{۵\pi}{۳}\alpha\Delta T$ د) $۲\pi\alpha\Delta T$

۳۰. در رودخانه‌ای به عرض $d$ آب در امتداد محور $x$ جریان دارد. سرعت آب در عرض رودخانه ثابت نیست. در وسط رودخانه سرعت $v_۱$ است و به‌طور یکنواخت کاهش می‌یابد و در کناره‌ها به صفر می‌رسد. قایقرانی از نقطهٔ $A$ با سرعت ثابت $v_۲$ (نسبت به آب) در امتداد محور $y$ حرکت می‌کند، طوری که اگر ساکن بود به نقطهٔ $A'$

می‌رسید. معین کنید به دلیل حرکت آب، قایقران در چه فاصله‌ای از نقطهٔ $A'$ به ساحل مقابل می‌رسد؟ $(+۵, -۱)$




الف) $\frac{v_۲}{v_۱}d$ ب) $\frac{v_۲}{۲v_۱}d$

ج) $\frac{v_۱}{v_۲}d$ د) $\frac{v_۱}{۲v_۲}d$

ه) $\frac{v_۲}{\sqrt{v_۱^۲+v_۲^۲}}d$ و) $\frac{v_۱}{\sqrt{v_۱^۲+v_۲^۲}}d$

۳۱. جسمی به جرم $m$ روی یک سطح افقی ساکن است و با نیروی $F$ آن را می‌کشیم. ضریب اصطکاک بین سطح افقی و جسم $\mu_۰$ است. کمترین اندازهٔ نیرویی که جسم را در آستانهٔ حرکت قرار می‌دهد چقدر است؟ شتاب گرانش را $g$ بگیرید. $(+۳, -۱)$

الف) $\frac{\mu_s mg}{۱+\mu_s}$ ب) $\mu_s mg$ ج) $\frac{\mu_s mg}{\sqrt{۱+\mu_s^۲}}$ د) $\frac{mg}{\sqrt{۱+\mu_s^۲}}$

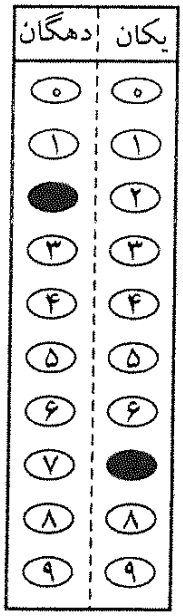
## ۲.۸ مسائل پاسخ کوتاه

پیش از شروع به حل مسئله‌های کوتاه، توضیح زیر را به دقت بخوانید:

در مسئله‌های شمارهٔ ۱ تا ۷ باید پاسخ را برحسب واحدهای مورد نظر (مثلاً میلی آمپر، متر، کیلوگرم، میکروفاراد و غیره) که در صورت مسئله خواسته شده، با دو رقم به‌دست آورید.

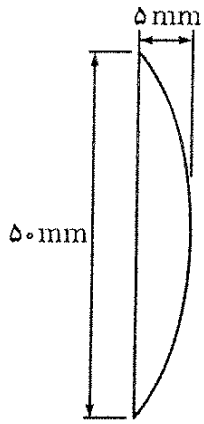
*مثال:* فرض کنید ظرفیت خازنی برحسب میکروفاراد خواسته شده باشد و شما عدد ۲۶٫۷ $\mu$F را به‌دست آورده باشید. آن را گرد کنید و به ۲۷ میکروفاراد تبدیل کنید.

*توجه:* هر مسئله ۱۰ نمره دارد. پاسخ نادرست در این بخش نمرهٔ منفی ندارد.




۱. در فیلم حرکت یک اتومبیل می‌بینیم در حالی که اتومبیل به سرعت به جلو می‌رود، به نظر می‌رسد که چرخ‌های آن در هر ثانیه یک دور به عقب می‌رود! این فیلم با دوربینی گرفته شده که هر ثانیه $n$ عکس می‌گیرد. فرض کنید سرعت اتومبیل ۳۶ m/s و محیط چرخ آن ۱٫۸ m باشد. بیشترین مقدار $n$ چیست؟

۲. یک عدسی مانند شکل در نظر بگیرید که یک سطح آن تخت و به شکل دایره، و سطح دیگر آن کروی باشد. قطر سطح دایره‌ای بخش تخت ۵۰ mm و ضخامت عدسی در وسط آن ۵ mm است. ضریب شکست عدسی $n = ۱٫۶$ است. موج تختی عمود بر وجه تخت عدسی به آن می‌تابد. زمان عبور جبههٔ موج از وسط عدسی چند پیکوثانیه بیشتر از زمان عبور از لبهٔ عدسی در طولی به اندازهٔ ۵ mm است؟
($1\ \text{ps} = ۱۰^{-۱۲}\ \text{s}$ و سرعت نور در خلاء $۳ \times ۱۰^{۸}\ \text{m/s}$ است.)

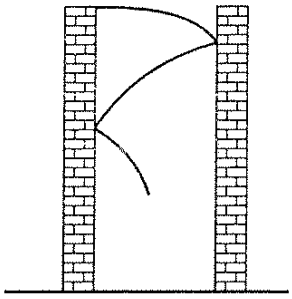



۳. در مسئلهٔ قبل جبههٔ موج تخت پس از عدسی به شکل قسمتی از سطح یک کره در می‌آید. با توجه به اطلاعات مسئلهٔ قبل شعاع جبههٔ موج بلافاصله پس از عدسی تقریباً چند سانتی‌متر است؟

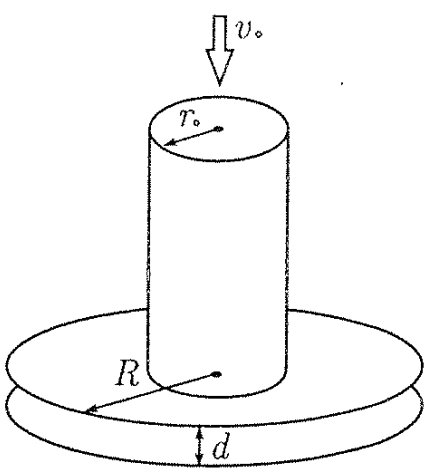
۴. چشم انسان می‌تواند دو جسم را از هم تفکیک کند به شرطی که زاویهٔ بین پرتوهایی که از آن دو جسم به چشم می‌رسند از یک حدی بزرگ‌تر باشد. این حد به طول

موج نور و قطر مردمک چشم ما بستگی دارد. اگر طول موج $\lambda$ و قطر مردمک چشم ما $D$ باشد این حد برحسب رادیان تقریباً $\frac{\lambda}{D}$ است. طول موج نور چراغ‌های جلوی اتومبیلی ۵۵۰ nm و فاصلهٔ بین چراغ‌ها ۲ m است. حداکثر فاصله‌ای که یک شخص می‌تواند از اتومبیل داشته باشد تا دو چراغ را از هم تشخیص بدهد تقریباً چند کیلومتر است؟ قطر مردمک چشم را ۳ mm بگیرید.

۵. دو ساختمان به ارتفاع ۲۰ m در فاصلهٔ ۲ m از هم هستند. توپی از بالای یکی از ساختمان‌ها با سرعت اولیهٔ افقی ۲ m/s پرتاب می‌شود. مطابق شکل این توپ حین پایین آمدن به‌طور مکرر به دیوار ساختمان برخورد می‌کند. فرض کنید برخورد توپ با دیواره‌ها کشسان باشد. در برخورد کشسان توپ با دیوار مؤلفهٔ سرعت در راستای دیوار ثابت می‌ماند و مؤلفهٔ سرعت عمود بر دیوار برعکس می‌شود. توپ قبل از برخورد با زمین چند برخورد با دیوارها دارد؟ ($g = ۹/۸\ \mathrm{m/s^2}$ است.)



۶. دو قرص دایره شکل هم‌محور به شعاع $R = ۳۰\ \mathrm{cm}$ به فاصلهٔ $d = ۲\ \mathrm{cm}$ در نظر بگیرید که افقی هستند. از وسط قرص بالایی یک دایره به شعاع $r_۰ = ۲\ \mathrm{cm}$ و هم‌مرکز با قرص بریده‌ایم. یک لوله به شعاع $r_۰$ به‌طور قائم به قرص بالایی و روی دایرهٔ خالی شده جوش داده‌ایم. آب با سرعت $v_۰ = ۵\ \mathrm{m/s}$ از بالای لوله وارد آن شده و میان دو قرص می‌رود. فرض کنید سرعت آب ورودی چنان است که فضای میان دو قرص را پر کرده و آب از اطراف آن بیرون می‌ریزد. سرعت آب میان دو قرص و در شعاع $r = ۱۰\ \mathrm{cm}$ چند سانتی‌متر بر ثانیه است؟



۷. اجسام گرم با توان $P = \sigma A T^{۴}$ تابش می‌کنند که در اینجا $A$ مساحت سطح جسم، $\sigma$ یک ثابت و $T$ دمای جسم است. در لامپ‌های التهابی، سیمی از جنس تنگستن بر اثر عبور جریان الکتریکی گرم می‌شود و از سطح جانبی آن تابش می‌کند. این سیم را می‌توان استوانه‌ای به طول $L$ و قطر قاعدهٔ $d$ در نظر گرفت. $L$ و $d$ باید چنان باشند که وقتی به دو سر سیم تنگستن اختلاف پتانسیل $E$ اعمال شود، با توان $P$ تابش کند. به‌علاوه، سعی بر آن است که دمای این سیم تنگستن برای همهٔ لامپ‌ها، در هنگام کار، مقدار مشخص $T_{۰}$ باشد. در این دمای $T_{۰}$ مقاومت ویژهٔ تنگستن $\rho_{۰}$ است.

دو لامپ با توان‌های $P_{۱} = ۱۰\ \mathrm{W}$ و $P_{۲} = ۸۰\ \mathrm{W}$ که هر دو برای کار در اختلاف پتانسیل $E = ۱۲\ \mathrm{V}$ طراحی شده‌اند در نظر بگیرید. جرم سیم لامپ ۱ را با $m_{۱}$ و جرم سیم ۲ را با $m_{۲}$ نشان می‌دهیم. نسبت $\dfrac{m_{۲}}{m_{۱}}$ چند است؟