

## فصل ۶

# مرحله‌ی اوّل بیستمین المپیاد فیزیک ایران

### ۱.۶ سوالات چند گزینه‌ای

توجه: سوالات ۱ تا ۳۶ چند گزینه‌ای هستند و به هر گزینه که درست علامت زده شود، نمره مثبت و به گزینه‌ای که نادرست علامت زده شود، نمره منفی داده خواهد شد. هر سوال فقط یک گزینه درست دارد و انتخاب بیش از یک گزینه معادل با پاسخ نادرست است.

۱. یک مدل برای تشکیل سیاره‌های منظومه‌ی شمسی این است که این سیاره‌ها از یک قرص پیش سیاره‌ای تشکیل شده‌اند که دور خورشید می‌گشته است. شعاع این قرص را  $40$  واحد نجومی ( $40$  برابر فاصله‌ی زمین تا خورشید) و جرم آن را  $500$  برابر جرم زمین بگیرید. زمین کره‌ای به شعاع  $6400 \text{ km}$  و چگالی میانگین  $5500 \text{ kg/m}^3$  است، و  $50 \text{ s}$  طول می‌کشد تا نور از خورشید به زمین برسد. چگالی سطحی (جرم بر مساحت) این قرص به کدام یک از این مقادارها نزدیک‌تر است؟  
الف)  $0.3 \text{ kg/m}^2$  ب)  $30 \text{ kg/m}^2$  ج)  $3000 \text{ kg/m}^2$  د)  $3 \times 10^5 \text{ kg/m}^2$

۲. یک هواپیما با سرعت ثابت روی یک خط راست به طرف بالا حرکت می‌کند. این خط از نقطه‌ی  $O$  روی زمین می‌گذرد و با سطح افقی زاویه‌ی  $\theta$  می‌سازد. از این هواپیما در زمان‌های  $t_0$ ،  $t_1$  و  $2t_1$  بسته‌هایی رها می‌شود. این بسته‌ها در فاصله‌های به ترتیب  $x_0$ ،  $x_1$  و  $x_2$  از نقطه‌ی  $O$  به زمین می‌رسند. کدام گزینه درست است؟

الف)  $x_2 - x_1 < x_1 - x_0$

ب)  $x_2 - x_1 = x_1 - x_0$

ج)  $x_2 - x_1 > x_1 - x_0$

۳. یک حباب صابون باردار را در نظر بگیرید. این حباب یک انرژی سطحی دارد متناسب با مساحت حباب، و یک انرژی الکتروستاتیک متناسب با مجذور بار و عکس شعاع حباب. وضعیت تعادل وضعیتی است که انرژی پتانسیل کل (مجموع این دو انرژی) کمینه است. شعاع حباب در حالت تعادل متناسب با  $Q^\alpha$  است، که  $Q$  بار حباب و  $\alpha$  یک ثابت است.  $\alpha$  چه قدر است؟

- الف) ۳      ب)  $\frac{4}{3}$       ج) ۱      د)  $\frac{2}{3}$

۴. یک حباب صابون باردار را در نظر بگیرید. این حباب یک انرژی سطحی دارد متناسب با مساحت حباب، و یک انرژی الکتروستاتیک متناسب با مجذور بار و عکس شعاع حباب. وضعیت تعادل وضعیتی است که انرژی پتانسیل کل (مجموع این دو انرژی) کمینه است. این حباب به دو حباب یکسان تفکیک می‌شود. انرژی پتانسیل کل حباب اولیه (در حالت تعادل) را با  $U$  و مجموع انرژی پتانسیل کل دو حباب حاصل (در حالت تعادل) را با  $U'$  نشان می‌دهیم. رابطه‌ی  $U'$  با  $U$  کدام است؟

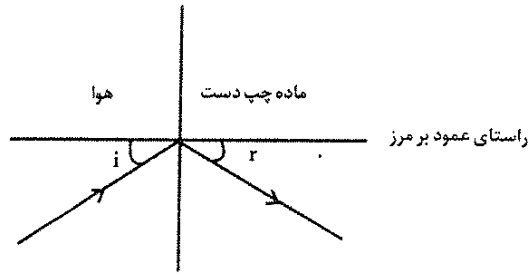
- الف)  $U' = \frac{1}{2}U$       ب)  $U' = 2^{-1/3}U$   
 ج)  $U' = U$       د)  $U' = 2^{1/3}U$

۵. یک ماده را در فشار ثابت گرم می‌کنیم. گرمایی که این ماده می‌گیرد را با  $Q$  و تغییر انرژی درونی آن را با  $\Delta U$  نشان می‌دهیم. کدام گزینه درست است؟

- الف) حتماً  $Q < \Delta U$   
 ب) حتماً  $Q = \Delta U$   
 ج) حتماً  $Q > \Delta U$   
 د) اگر ضریب انبساط حجمی این ماده مثبت باشد  $Q < \Delta U$   
 ه) اگر ضریب انبساط حجمی این ماده مثبت باشد  $Q > \Delta U$

۶. موادی ساخته‌اند که به آن‌ها چپ‌دست می‌گویند. ویژگی این مواد این است که نور

را در خلاف جهت مواد معمولی می‌شکنند.



یک ماده‌ی چپ‌دست در نظر بگیرید با این ویژگی که برای باریکه‌ای که از هوا وارد آن می‌شود  $i = r$ . یک لایه از این ماده با کلفتی  $D$  در نظر بگیرید. یک نقطه‌ی نورانی به فاصله‌ی  $L$  از این لایه‌است. دو طرف این لایه هواست. این لایه از این نقطه یک تصویر می‌سازد، یعنی باریکه‌هایی که از طرف دیگر این لایه (نسبت به نقطه‌ی نورانی) بیرون می‌روند، یا خودشان یا امتدادشان از یک نقطه می‌گذرند. کدام گزینه درست است؟

- (الف) این تصویر همیشه حقیقی است و فاصله‌اش از نقطه‌ی نورانی  $2D$  است.
- (ب) این تصویر همیشه حقیقی است و فاصله‌اش از نقطه‌ی نورانی  $2L$  است.
- (ج) این تصویر همیشه مجازی است و فاصله‌اش از نقطه‌ی نورانی  $2D$  است.
- (د) این تصویر همیشه مجازی است و فاصله‌اش از نقطه‌ی نورانی  $2L$  است.
- (ه) این تصویر مجازی است اگر  $D < L$ ، و حقیقی است اگر  $D > L$ ، و به هر حال فاصله‌اش از نقطه‌ی نورانی  $2D$  است.
- (و) این تصویر مجازی است اگر  $D < L$ ، و حقیقی است اگر  $D > L$ ، و به هر حال فاصله‌اش از نقطه‌ی نورانی  $2L$  است.

۷. نیروی اصطکاک وارد بر یک خودرو  $Av^\alpha$  است، که  $A$  یک ثابت است که به اندازه و شکل خودرو بستگی دارد،  $v$  سرعت خودرو است، و  $\alpha$  هم یک ثابت دیگر است. بیشینه‌ی توان این خودرو  $P$  است. خودروهایی را در نظر بگیرید که  $\alpha$  و  $P$  برایشان یکسان است، اما  $A$  برایشان متفاوت است. بیشینه‌ی سرعت ثابت این خودروها با  $A^\beta$  متناسب است.  $\beta$  چه قدر است؟

- (الف)  $-(\alpha + 1)$
- (ب)  $-\alpha$
- (ج)  $-\frac{1}{\alpha}$
- (د)  $-\frac{1}{\alpha + 1}$

۸. یک جسم به جرم  $m$  روی یک خط راست حرکت می‌کند. نیروی اصطکاک وارد بر این جسم  $(-mav)$  است، که  $v$  سرعت جسم و  $\alpha$  یک ثابت است. سرعت جسم در زمان صفر را با  $v_i$  و سرعت جسم در زمان  $t$  را با  $v_f$  نمایش می‌دهیم. برای  $t$  های کوچک، یک تقریب خوب برای بررسی حرکت این جسم آن است که شتاب آن را ثابت و برابر میانگین شتاب در زمان صفر و در زمان  $t$  بگیریم. با این تقریب، کدام گزینه درست است؟

$$v_f = v_i \frac{1}{1 + \alpha t} \quad (\text{ب})$$

$$v_f = v_i (1 - \alpha t) \quad (\text{الف})$$

$$v_f = v_i \sqrt{1 - 2\alpha t} \quad (\text{د})$$

$$v_f = v_i \frac{1 - (\alpha t/2)}{1 + (\alpha t/2)} \quad (\text{ج})$$

$$v_f = v_i \frac{1}{\sqrt{1 + 2\alpha t}} \quad (\text{ه})$$

۹. یک چشمه‌ی صوت که نسبت به هوا ساکن است، صوتی با بسامد  $f_s$  می‌گسیلد. یک جسم با سرعت ثابت به طرف این چشمه حرکت می‌کند و صوت حاصل از چشمه را باز می‌تاباند. در محل چشمه هم یک بازتابنده‌ی دیگر هست که صوت بازتابنده را دوباره به جسم باز می‌تاباند. این صوت پس از  $n$  بار رفتن و  $n$  بار برگشتن، در محل چشمه با آشکارگری که نسبت به هوا ساکن است آشکار می‌شود. بسامد دریافت‌شده در آشکارگر  $f_o$  است. نسبت سرعت جسم به سرعت صوت  $\alpha$  است. نسبت  $(f_o/f_s)$  کدام است؟

$$(1 - \alpha)^{-n} \quad (\text{ب})$$

$$(1 + \alpha)^n \quad (\text{الف})$$

$$(1 - n\alpha)^{-1} \quad (\text{د})$$

$$1 + n\alpha \quad (\text{ج})$$

$$(1 + n\alpha)(1 - n\alpha)^{-1} \quad (\text{و})$$

$$(1 + \alpha)^n (1 - \alpha)^{-n} \quad (\text{ه})$$

۱۰. در حرکت اجسام درون شاره‌ها، در وضعیت‌های خاصی  $\vec{v}$  (بردار سرعت) برابر است با  $\alpha \vec{F}$ ، که  $\vec{F}$  بردار نیرو و  $\alpha$  یک ثابت است. فرض کنید این وضعیت برقرار است و  $\vec{F}$  در هر نقطه در راستای بردار مکان آن نقطه (نسبت به یک مبدأ ثابت) است. کدام گزینه درست است؟

الف) حرکت این جسم حتماً روی یک خط راست است. این خط ممکن است از مبدأ بگذرد یا نگذرد.

ب) حرکت این جسم حتماً روی یک خط راست است که از مبدأ می‌گذرد.

ج) حرکت این جسم حتماً روی یک دایره به مرکز مبدأ است.

د) هم حرکت دایره‌ای و هم حرکت روی خط راست برای این جسم ممکن‌اند.

۱۱. یک پرتابه از روی دامنه‌ی یک تپه پرتاب می‌شود. تپه را مثل یک مخروط بگیرد و فرض کنید صفحه‌ی شامل بردار سرعت اولیه‌ی پرتاب و آن مولد مخروط که از نقطه‌ی پرتاب می‌گذرد، قائم است. فاصله‌ی نقطه‌ی پرتاب تا پای تپه را بسیار بزرگ‌تر از  $\frac{v^2}{g \cos^2 \alpha}$  بگیرید، که  $v$  سرعت اولیه‌ی پرتاب،  $g$  شتاب گرانش، و  $\alpha$  زاویه‌ی یال تپه (مولد مخروط) با افق است. کدام گزینه درست است؟

الف) این پرتابه با تپه برخورد نخواهد کرد.

ب) شرایط اولیه‌ای هست که این پرتابه با تپه برخورد خواهد کرد، و شرایط اولیه‌ای

هست که این پرتابه با تپه برخورد نخواهد کرد.  
 (ج) این پرتابه حتماً با تپه برخورد خواهد کرد.

۱۲. دو پرتابه‌ی ۱ و ۲ با سرعت‌های اولیه‌ی  $v_1$  و  $v_2$  از یک نقطه از سطح زمین پرتاب می‌شوند. سرعت‌های اولیه‌ی این دو پرتابه با هم موازی‌اند. نقطه‌ی اوج این دو پرتابه را  $H_1$  و  $H_2$  می‌نامیم. محل تقاطع خطی که از نقطه‌ی پرتاب می‌گذرد و با سرعت اولیه موازی است با خط‌های قائمی که از  $H_1$  و  $H_2$  می‌گذرند را  $H'_1$  و  $H'_2$  می‌نامیم. طول خط‌های  $H_1H'_1$  و  $H_2H'_2$  را با  $L_1$  و  $L_2$  نمایش می‌دهیم. نسبت  $\frac{L_1}{L_2}$  کدام است؟

الف)  $\left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2$  (ب)  $\frac{v_2}{v_1}$  (ج) ۱ (د)  $\frac{v_1}{v_2}$  (ه)  $\left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2$

۱۳. یک جسم به یکر فتر بسته شده و یک نیروی اصطکاک متناسب با سرعت هم به آن وارد می‌شود. علاوه بر این یک نیروی  $F$  سینوسی با بسامد  $f$  هم به آن وارد می‌شود. تحت اثر این نیروها این جسم یک حرکت نوسانی با بسامد  $f$  دارد. توان میانگینی که نیروی  $F$  به این جسم می‌دهد با  $a^\alpha$  متناسب است: که  $a$  دامنه‌ی نوسان و  $\alpha$  یک ثابت است.  $\alpha$  چه قدر است؟

الف) ۲ (ب) ۱ (ج) صفر (د) -۱ (ه) -۲

۱۴. یک جسم به جرم  $m$  روی یک سطح افقی است. این جسم از طریق یک ریسمان به یک دیوار متصل است. به این ریسمان در نقطه‌ی  $A$  یک نیروی قائم  $F$  رو به بالا وارد می‌شود. بخشی از ریسمان که بین  $A$  و دیوار است افقی است، و بخشی دیگر که بین  $A$  و جسم است با راستای قائم زاویه‌ی  $\theta$  می‌سازد. از سطح افقی به جسم یک نیروی عمود بر سطح وارد می‌شود، که آن را با  $N$  نشان می‌دهیم. فرض کنید جسم روی سطح می‌ماند. شتاب گرانش  $g$  است.  $N$  چه قدر است؟

الف)  $mg - F \cos^2 \theta$  (ب)  $mg - F \cos \theta$  (ج)  $mg - F$  (د)  $mg - \frac{F}{\cos \theta}$  (ه)  $mg - \frac{F}{\cos^2 \theta}$

۱۵. روی لبه‌های یک چرخ  $N$  لکه‌ی مشابه با فاصله‌ی برابر با هم هست. این چرخ با بسامد ثابت  $f$  می‌چرخد. یک چراغ این چرخ را روشن می‌کند و فقط وقتی چراغ روشن است می‌شود این چرخ و لکه‌های آن را دید. این چراغ روشن و خاموش می‌شود و هر بار مدت بسیار کوتاهی روشن می‌ماند. بسامد این روشن و خاموش شدن  $F$  است. کسی که به این چرخ نگاه می‌کند به نظرش می‌رسد چرخ با بسامد  $f'$

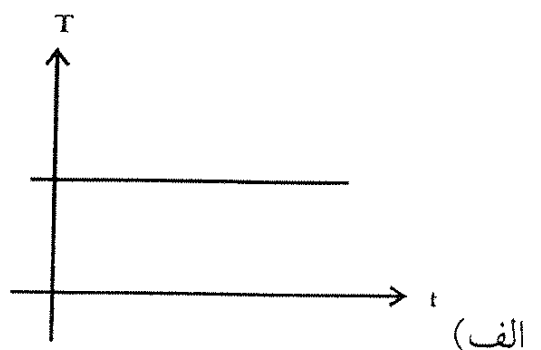
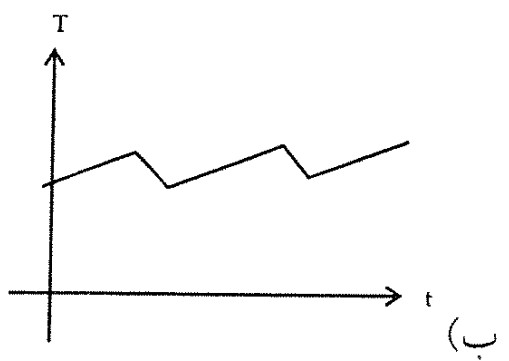
می چرخد.  $f'$  بر اساس زاویه‌ی ظاهری چرخش چرخ بین دو بار روشن شدن متوالی چرخ ( $\Delta\theta$ ) محاسبه می‌شود.  $\Delta\theta$  چنان است که اگر چرخ را از حالت اولیه به اندازه‌ی  $\Delta\theta$  بچرخانیم، لکه‌ها بر لکه‌های چرخ در حالت بعدی منطبق می‌شوند. البته این کار با زاویه‌های چرخش مختلفی ممکن است. منظور آن زاویه‌ای است که قدر مطلق آن از همه کوچک‌تر است.  $\Delta\theta$  منفی هم می‌تواند باشد. با فرض  $\frac{2}{3}Nf < F < 2Nf$ ، مقدارهای  $f'_1$  (کمینه‌ی  $f'$ ) و  $f'_2$  و  $f'_3$  (بیشینه‌ی  $f'$ ) کدام است؟

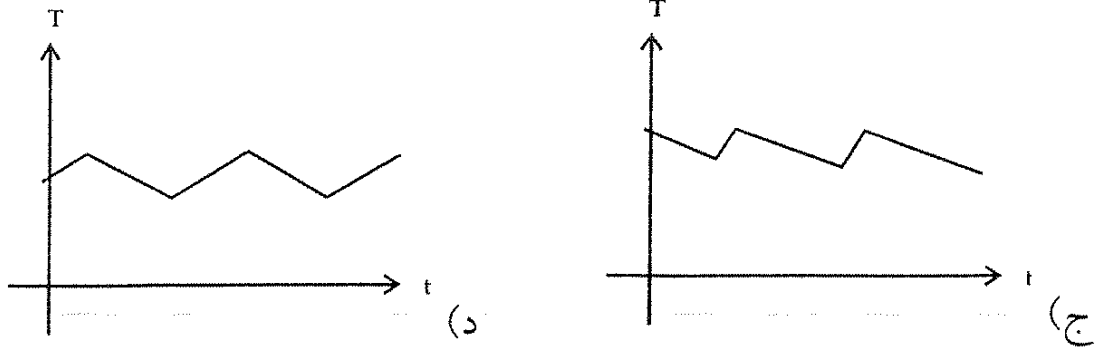
- |   |   |
|---|---|
| (الف) $f'_1 = f, f'_2 = f$                    | (ب) $f'_1 = 0, f'_2 = f$                      |
| (ج) $f'_1 = -f, f'_2 = f$                     | (د) $f'_1 = -f, f'_2 = \frac{f}{3}$           |
| (ه) $f'_1 = -\frac{f}{3}, f'_2 = \frac{f}{3}$ | (و) $f'_1 = -\frac{f}{2}, f'_2 = \frac{f}{2}$ |

۱۶. یک آدم به جرم  $M$  به یک طناب وصل است. طناب از روی قرقره‌ی ثابتی گذشته و به یک وزنه به جرم  $m$  وصل است. این آدم نقطه‌ای از طناب بین قرقره و وزنه را با نیروی  $T$  به طور قائم به طرف پایین می‌کشد. شتاب گرانش  $g$  است.  $T$  چه قدر باشد تا آدم با شتاب  $a$  بالا برود؟

- |                                   |                       |
|-----------------------------------|-----------------------|
| (الف) $\frac{M(a+g) + m(a-g)}{2}$ | (ب) $M(a+g) + m(a-g)$ |
| (ج) $M(a+g)$                      | (د) $(M+m)(a+g)$      |
| (ه) $\frac{(M+m)(a+g)}{2}$        |                       |

۱۷. در یک ظرف تمیز با دیوارهای صاف، آب به طور یکنواخت نمی‌جوشد. پدیده‌ای که دیده می‌شود این است که اگر ظرف را به طور یکنواخت گرم کنیم، به مدت کوتاهی حباب‌های بزرگی از بخار تولید می‌شوند، بعد ظرف مدتی از جوشش می‌افتد. سپس دوباره حباب‌های بزرگی تولید می‌شوند و این روند ادامه می‌یابد. نمودار  $T$  (دمای آب چنین ظرفی) بر حسب  $t$  (زمان) کدام است؟





۱۸. با بررسی دقیق دو تراز انرژی یک اتم، معلوم می‌شود یکی از این ترازها از  $m$  تراز نزدیک به هم و دیگری از  $n$  تراز نزدیک به هم تشکیل شده. تعداد گذارهای ممکن بین همه‌ی این ترازها که طی آن‌ها نور گسیل می‌شود کدام است؟

- الف)  $mn$       ب)  $m + n$   
 ج)  $m + n - 1$       د)  $\frac{(m + n)(m + n - 1)}{2}$

۱۹. یک متحرک با سرعت ثابت روی یک خط راست حرکت می‌کند. این متحرک با فاصله‌های زمانی ثابت  $T$  علامت‌های صوتی می‌فرستد. یک ناظر ساکن این علامت‌ها را می‌گیرد. علامت  $1 + n$  به اندازه‌ی  $\tau_n$  بعد از علامت  $n$  دریافت می‌شود. فاصله‌ی متحرک با ناظر ابتدا کم و بعد زیاد می‌شود. کدام گزینه درست است؟

- الف)  $\tau_n$  ثابت است.  
 ب)  $\tau_n$  بر حسب  $n$  صعودی است.  
 ج)  $\tau_n$  بر حسب  $n$  نزولی است.  
 د)  $\tau_n$  بر حسب  $n$  ابتدا صعودی و بعد نزولی است.  
 ه)  $\tau_n$  بر حسب  $n$  ابتدا نزولی و بعد صعودی است.

۲۰. یک باریکه‌ی نور عمود بر یک تیغه‌ی نازک می‌تابد. وقتی باریکه به سطح جلویی تیغه می‌رسد، بخشی از آن باز می‌تابد و بخشی از آن وارد تیغه می‌شود. باریکه‌ای که وارد تیغه شده هم به سطح پشتی تیغه می‌رسد، بخشی از آن باز می‌تابد و بخشی وارد هوا می‌شود. توان موج‌های بازتابیده از این دو وجه را یک‌سان بگیرید و از بازتابش‌های بعدی چشم‌پوشید. مشاهده می‌شود وقتی کلفتی این تیغه به صفر می‌گراید، نسبت توان بازتابیده از تیغه به توان فرودی بر آن به صفر می‌گراید. اختلاف فاز باریکه‌ی بازتابیده نسبت به باریکه‌ی فرودی در سطح‌های بازتابنده را به ترتیب با  $\phi_1$  و  $\phi_2$  و تفاضل آن‌ها را با  $\phi$  نمایش می‌دهیم. فرض کنید باریکه‌ای که وارد تیغه می‌شود، نسبت به باریکه‌ی فرودی در سطح بازتابنده اختلاف فاز ندارد. مقدار  $\phi$  کدام است؟

- الف) صفر      ب)  $\frac{\pi}{4}$       ج)  $\frac{\pi}{2}$       د)  $\frac{3\pi}{4}$       ه)  $\pi$

۲۱. زمین در گذشته‌ی دور داغ‌تر از حالا بوده است. یک جسم به دمای  $T$  با توان  $\sigma T^4 S$  انرژی از دست می‌دهد، که  $S$  مساحت سطح بیرونی جسم و  $\sigma$  یک ثابت است. در یک تقریب، می‌شود  $\sigma$  را  $6 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$  گرفت. فرض کنید زمین از بیرون انرژی نمی‌گرفته، دمای آن یکنواخت بوده و فقط از طریق سطح بیرونی‌اش انرژی از دست می‌داده. آهنگ از دست دادن انرژی متغیر است. اما می‌شود نشان داد اگر دمای اولیه ( $T_i$ ) بسیار بزرگ‌تر از دمای نهایی ( $T_f$ ) باشد، میانگین توان  $3\sigma T_i T_f^3 S$  است. شعاع زمین  $6400 \text{ km}$  و چگالی میانگین زمین  $5500 \text{ kg/m}^3$  است. گرمای ویژه‌ی زمین را  $1000 \text{ J/kg K}$  بگیرید. با این فرض‌ها، چه مدتی لازم است تا یک زمین بسیار داغ به دمای  $400 \text{ K}$  برسد؟

الف)  $10^9 \text{ s}$  (ب)  $10^{12} \text{ s}$  (ج)  $10^{15} \text{ s}$  (د)  $10^{18} \text{ s}$

۲۲. حرکت یک نوار نقاله به این شکل است که نوار به مدت  $T_1$  ساکن است، به مدت  $T_2$  با سرعت  $v$  حرکت می‌کند، و این روند تکرار می‌شود. نوار افقی است. روی این نوار یک جسم هست که تنها نیروی افقی‌ای که به آن وارد می‌شود نیروی اصطکاک با نوار است. جسم و نقاله از حالت سکون شروع به حرکت می‌کنند. دیده می‌شود پس از زمانی طولانی، سرعت این جسم نسبت به زمین یک تابع دوره‌ای از زمان می‌شود، و در این وضعیت این سرعت هرگز صفر نمی‌شود. بیشینه‌ی این سرعت را  $V$  می‌نامیم. کدام گزینه درست است؟

الف)  $T_2 \leq T_1$  و  $V < v$  (ب)  $T_2 \geq T_1$  و  $V < v$   
ج)  $T_2 \leq T_1$  و  $V = v$  (د)  $T_2 \geq T_1$  و  $V = v$

۲۳. رابطه‌ی فاصله کانونی یک عدسی ( $f$ ) با ضریب شکست ماده‌ی سازنده‌ی آن ( $n$ ) به شکل  $f \frac{A}{n-1}$  است، که  $A$  یک ثابت است که به شکل عدسی بستگی دارد. یک جسم در فاصله‌ی  $D$  از این عدسی است و با سرعت  $v$  حرکت می‌کند (به عدسی نزدیک یا از آن دور می‌شود). می‌توان با تغییر دادن ضریب شکست، جای تصویر را ثابت نگه داشت. قدرمطلق مشتق زمانی ضریب شکست، نمی‌تواند از مقدار  $N$  بیش‌تر شود. بیشینه‌ی سرعت جسم برای این که بشود تصویر آن را ثابت نگه داشت چه قدر است؟

الف)  $DN$  (ب)  $AN$  (ج)  $\frac{D^2}{A}N$  (د)  $\frac{A^2}{D}N$

۲۴. یک جسم به یک فنر بسته شده و یک حرکت سینوسی با بسامد زاویه‌ای  $\omega$  دارد. در یک لحظه جابه‌جایی این جسم از نقطه‌ی تعادل  $x$  و سرعت آن  $v$  است. دامنه‌ی حرکت این جسم کدام است؟



الف)  $x + (v/\omega)$  (ب)  $|x| + |v/\omega|$  (ج)  $|x + (v/\omega)|$   
 د)  $\sqrt{x^2 + (v/\omega)^2}$  (ه)  $\sqrt{|xv/\omega|}$

۲۵. در یک پیوندگاه  $pn$  دو ناحیه درست می‌شود که در یکی چگالی بار منفی و در دیگری چگالی بار مثبت است. مجموع بار کل این دو ناحیه صفر است. فرض کنید کلفتی هر یک از این دو ناحیه  $\Delta$ ، و قدرمطلق چگالی بار در هر یک با این دو ناحیه هم ثابت و برابر  $\rho$  است. به خاطر این بارها، دو سر این دو ناحیه اختلاف پتانسیل  $V$  درست می‌شود. با فرض این که  $V$  ثابت است،  $\Delta$  با  $\rho^\alpha$  متناسب است، که  $\alpha$  ثابت است.  $a$  چه قدر است؟

الف) -۲ (ب) -۱ (ج)  $-\frac{1}{4}$  (د)  $\frac{1}{4}$  (ه) ۱ (و) ۲

۲۶. وقتی می‌خواهیم سیمی را با قیچی ببریم، می‌بینیم سیم اول روی تیغه‌های قیچی سر می‌خورد و وقتی زاویه بین تیغه‌های قیچی  $\theta$  می‌شود متوقف می‌شود. از گرانس صرف نظر کنید. ضریب اصطکاک ایستایی بین تیغه و سیم چه قدر است؟

الف)  $\tan \theta$  (ب)  $\cot \theta$  (ج)  $\tan \frac{\theta}{4}$  (د)  $\cot \frac{\theta}{4}$

۲۷. یک ذره باردار در یک میدان مغناطیسی حرکت می‌کند. میدان مغناطیسی تقریباً در راستای محور  $z$  است و  $B_z$  (مؤلفه  $z$  میدان مغناطیسی) به کندی با  $z$  تغییر می‌کند. سرعت ذره در راستای  $z$  کوچک است و مسیر حرکت ذره تقریباً یک دایره در صفحه‌ای عمود بر محور  $z$  است. مرکز و شعاع دایره به کندی تغییر می‌کند، چنان که شار مغناطیسی گذرنده از دایره ثابت می‌ماند. اندازه‌ی تصویر سرعت این ذره بر صفحه‌ی عمود بر محور  $z$  با  $|B_z|^\alpha$  متناسب است، که  $\alpha$  ثابت است.  $\alpha$  چه قدر است؟

الف) -۱ (ب)  $-\frac{1}{4}$  (ج) صفر (د)  $\frac{1}{4}$  (ه) ۱

۲۸. یک ذره باردار در یک میدان مغناطیسی حرکت می‌کند. میدان مغناطیسی تقریباً در راستای محور  $z$  است و  $B_z$  (مؤلفه  $z$  میدان مغناطیسی) به کندی با  $z$  تغییر می‌کند. سرعت ذره در راستای  $z$  کوچک است و مسیر حرکت ذره تقریباً یک دایره در صفحه‌ای عمود بر محور  $z$  است. مرکز و شعاع دایره به کندی تغییر می‌کند، چنان که شار مغناطیسی گذرنده از دایره ثابت می‌ماند. اندازه‌ی تصویر سرعت این ذره بر محور  $z$  را با  $|v_z|$  نشان می‌دهیم. وقتی ذره به جاهایی می‌رود که اندازه‌ی  $B_z$  بزرگ می‌شود،

الف)  $|v_z|$  کم می‌شود.

ب)  $|v_z|$  تغییر نمی‌کند.

ج)  $|v_z|$  زیاد می‌شود.

د) مواردی هست که  $|v_z|$  کم می‌شود، و مواردی هست که  $|v_z|$  زیاد می‌شود.

۲۹. می‌دانیم برای همه‌ی مواد گرمای ویژه در فشار ثابت از گرمای ویژه در حجم ثابت بزرگ‌تر است. یک ماده را در نظر بگیرید که ضریب انبساط حجمی آن در فشار ثابت منفی است. دمای این ماده را در فشار ثابت از  $T_1$  به  $T_2$  افزایش می‌دهیم. بعد دمای همین ماده را در حجم ثابت از  $T_2$  به  $T_1$  بر می‌گردانیم. تغییر کل انرژی درونی این ماده را با  $\Delta U$  نمایش می‌دهیم. کدام گزینه درست است؟

الف)  $\Delta U < 0$

ب)  $\Delta U = 0$

ج)  $\Delta U > 0$

د) مواردی هست که  $\Delta U < 0$  و مواردی هست که  $\Delta U > 0$ .

۳۰. از مبدأ مختصات گلوله‌هایی با سرعت اولیه‌ی یکسان  $v_0$ ، با زاویه‌های مختلف  $\alpha$ ، و همگی در صفحه‌ی  $xy$  به بالا پرتاب می‌کنیم. گرانش در جهت  $-y$ ، و اندازه‌ی شتاب گرانش  $g$  است. تعریف می‌کنیم  $a = \frac{v_0^2}{4g}$ . مختصات نقاط اوج این گلوله‌ها در کدام یک از این معادله‌ها صدق می‌کند؟

$$\frac{x^2}{4a^2} + \frac{(y-a)^2}{a^2} = 1 \quad \text{ب)}$$

$$\frac{(x-a)^2}{4a^2} + \frac{y^2}{a^2} = 1 \quad \text{د)}$$

$$\frac{x^2}{4a^2} + \frac{y^2}{a^2} = 1 \quad \text{الف)}$$

$$\frac{x^2}{2a^2} + \frac{(y-a)^2}{a^2} = 1 \quad \text{ج)}$$

۳۱. استوانه‌ای به ارتفاع  $h$  و شعاع  $R$  از یک ماده‌ی جامد در نظر بگیرید. اگر دو قاعده‌ی این استوانه را بکشیم یا فشار دهیم، هم ارتفاع استوانه و هم شعاع آن تغییر می‌کند. تغییر ارتفاع را  $\Delta h$  و تغییر شعاع قاعده را  $\Delta R$  می‌نامیم. هر کدام از این‌ها، بسته به این که جسم کش بیاید یا کوچک بشود مثبت یا منفی‌اند. برای تغییرهای کوچک نسبت پواسن ( $\nu$ ) را این‌طور تعریف می‌کنیم.

$$\nu = \frac{-h\Delta R}{R\Delta h}$$

برای نوعی شیشه نسبت پواسن  $\nu = 0/23$  است. اگر یک استوانه‌ی شیشه‌ای از این نوع را آنقدر بکشیم که ارتفاعش  $1 + \lambda$  برابر شود. حجمش  $1 + \kappa$  برابر می‌شود. اگر  $\lambda$  عدد بسیار کوچکی باشد کدام گزینه درست است؟

راه‌نمایی: اگر  $x$  و  $y$  کوچک باشند، به تقریب داریم:

$$(1+x)^n(1+y)^m \simeq 1+nx+my$$

الف)  $\kappa = 2\lambda$       ب)  $\kappa = 3\lambda$       ج)  $\kappa = 0.54\lambda$       د)  $\kappa = 1.46\lambda$

۳۲. یک جسم روی یک دایره حرکت می‌کند. اندازه‌ی نیروی وارد بر جسم را با  $F$ ، و

جهت آن را با  $n$  نشان می‌دهیم. کدام گزینه درست است؟

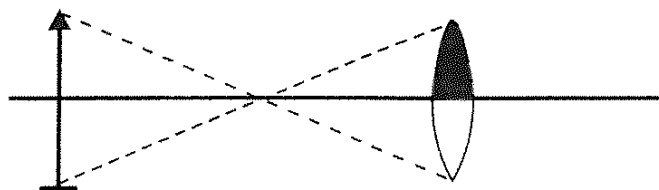
الف) همیشه  $F$  ثابت و  $n$  به طرف مرکز دایره است.

ب) همیشه  $F$  ثابت است، اما مواردی هست که  $n$  به طرف مرکز دایره نیست.

ج) همیشه  $n$  به طرف مرکز دایره است، اما مواردی هست که  $F$  ثابت نیست.

د) مواردی هست که  $F$  ثابت نیست و مواردی هست که  $n$  به طرف مرکز دایره نیست.

۳۳. نیمه‌ی بالایی یک عدسی را سیاه می‌کنیم. تصویر چگونه می‌شود؟



الف) تنها تصویر بخش بالایی جسم تشکیل می‌شود.

ب) تنها تصویر بخش پایینی جسم تشکیل می‌شود.

ج) تصویر عوض نمی‌شود.

د) شکل تصویر عوض نمی‌شود، ولی تصویر کم‌نور می‌شود.

۳۴. نسبت مقدار بارش سالانه‌ی باران در زمین به آب اقیانوس‌ها به کدام مقدار نزدیک‌تر است؟

الف)  $10^{-12}$       ب)  $10^{-8}$       ج)  $10^{-4}$       د) ۱

۳۵. یک صفحه عمود بر محور  $x$  است و از  $x = d$  می‌گذرد. تعدادی آینه‌ی کوچک

تخت این صفحه را قطع می‌کنند. این آینه‌ها چنان‌اند که اگر یک باریکه‌ی موازی با

محور  $x$  به آن‌ها برخورد بازتابش باریکه از مبدأ می‌گذرد. آینه‌ای را در نظر بگیرید که

فاصله‌اش از محور  $x$  برابر  $r$  است. زاویه‌ی راستای عمود بر این آینه با محور  $x$  را  $\theta$

می‌نامیم. کدام گزینه درست است؟

الف)  $\tan \theta = \frac{r}{d}$       ب)  $\tan 2\theta = \frac{r}{d}$       ج)  $\sin \theta = \frac{r}{d}$       د)  $\sin 2\theta = \frac{r}{d}$

۳۶. یک جسم روی یک سطح افقی ساکن است. محورهای  $x$ ،  $y$ ، و  $z$  را عمود بر هم می‌گیریم، چنان که محور  $z$  قائم است. این جسم با سطح اصطکاک دارد. یک نیروی غیرصفر به اندازه‌ی  $F_1$  در راستای محور  $x$  به جسم وارد می‌شود و دیده می‌شود که جسم روی سطح ساکن می‌ماند. وقتی علاوه بر این نیرو یک نیرو با اندازه‌ی  $F_2$  در راستای محور  $y$  هم به جسم وارد می‌شود، جسم به حرکت در می‌آید. در این صورت:

(الف) حرکت جسم در راستای محور  $y$  است.

(ب) حرکت جسم در راستای محور  $x$  است.

(ج) حرکت جسم نه در راستای محور  $x$  است و نه در راستای محور  $y$ .

(د) مواردی هست که حرکت جسم در راستای محور  $x$  است، مواردی هست که حرکت جسم در راستای محور  $y$  است، و مواردی هست که حرکت جسم نه در راستای محور  $x$  است و نه در راستای محور  $y$ .

## ۲.۶ مسأله‌های کوتاه

پیش از شروع به حل مسأله‌های کوتاه توضیح زیر را به دقت بخوانید.

در این مسأله‌ها باید پاسخ را برحسب واحدهای مورد نظر (مثلاً میلی‌آمپر، متر، کیلوگرم، دقیقه و غیره) که در صورت مسأله خواسته شده، با دو رقم به دست آورید. سپس خانه‌های مربوط به رقم‌های این عدد را در پاسخ‌نامه سیاه کنید. توجه کنید که رقم یکان عدد در ستون یکان، و رقم دهگان در ستون دهگان علامت زده شود.

مثال: فرض کنید ظرفیت خازنی برحسب میکروفاراد خواسته شده باشد و شما عدد  $26/7 \mu F$  را به دست آورده باشید. ابتدا آن را به نزدیک‌ترین عدد صحیح گرد کنید تا عدد  $27$  میکروفاراد به دست آید. سپس مطابق شکل پاسخ خود را در پاسخ‌نامه وارد کنید. پاسخ نادرست در این بخش نمره‌ی منفی ندارد.

۱. یک بطری پلاستیکی خالی را گرم می‌کنیم تا دمای هوای درون آن  $90^\circ C$  شود. در این حالت در بطری را می‌بندیم. بیشینه‌ی اختلاف فشار دو سوی دیواره‌ی این بطری برای این که به آن صدمه نخورد  $0/2$  فشار آن محیط است. بطری را سرد می‌کنیم. کمینه‌ی دمای بطری برای این که به آن صدمه نخورد چند درجه سلسیوس است؟

۲. رابطه‌ی مقاومت یک رسانا با دما  $R = R_0 [1 + \beta(T - T_0)]$  است، که  $R$  مقاومت و  $T$  دما است، و  $\beta$  و  $T_0$  و  $R_0$  ثابت‌اند. این رابطه به شرطی درست است که  $|\beta(T - T_0)|$  بسیار کوچک‌تر از یک باشد. رابطه‌ی دمای این رسانا با توان

الکتریکی‌ای که در آن تلف می‌شود هم  $(T - T_0) = \alpha P$  است، که  $P$  توان و  $\alpha$  یک ثابت است. این هم به شرطی درست است که  $\alpha P$  بسیار کوچک‌تر از  $T_0$  باشد. با فرض این که هر دوی این رابطه‌ها برقرار باشند، مقدار  $10^6 \left( \frac{R}{R_0} - 1 \right)$  به‌ازای  $\alpha = 100 \text{ K/W}$ ،  $\beta = 10^{-4} / \text{K}$ ،  $R_0 = 22 \Omega$  و  $I = 0.02 \text{ A}$  چه قدر است؟  $I$  جریان گذرنده از مقاومت است.

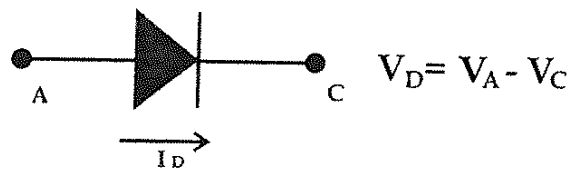
راهنمایی: اگر  $x$  و  $y$  بسیار کوچک‌تر از یک باشند،  $(1+x)^a(1+y)^b \simeq 1+ax+by$

۳. یک وزنه درون یک شاره سقوط می‌کند. چگالی شاره بسیار کم‌تر از چگالی وزنه است، چنان که نیروی وارد بر وزنه ناشی از فقط وزن آن و اصطکاک با شاره است. در اثر اصطکاک شاره، سرعت این وزنه به یک مقدار ثابت (سرعت حد) می‌رسد. فرض کنید به خاطر این اصطکاک فقط وزنه گرم می‌شود. گرمای ویژه‌ی وزنه را  $200 \text{ J/kg K}$ ، جرم آن را  $2 \text{ kg}$ ، شتاب گرانش را  $10 \text{ m/s}^2$ ، و سرعت حد را  $0.7 \text{ m/s}$  بگیرید. مشتق دمای این وزنه نسبت به زمان چند میلی‌کلوین بر ثانیه است؟

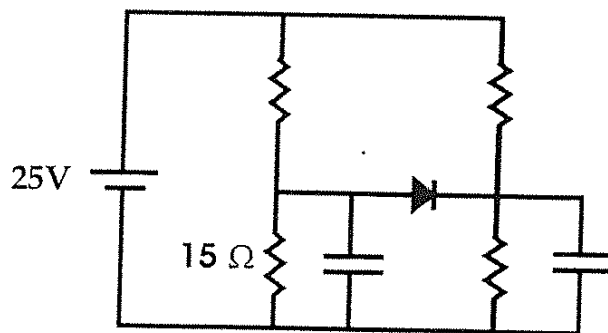
۴. یک عنصر الکترونیکی این ویژگی را دارد که یا در حالت قطع است یا در حالت وصل. اگر این عنصر در حالت قطع باشد، جریانی از آن نمی‌گذرد. اگر این عنصر در حالت قطع باشد و اختلاف پتانسیل دو سرش بخواهد از مقدار  $V_2$  بیش‌تر شود، عنصر به حالت وصل می‌رود. در حالت وصل، اختلاف پتانسیل دو سر این عنصر  $V_1$  است و جریانی که از آن می‌گذرد از سر با پتانسیل بیش‌تر به سر با پتانسیل کم‌تر است (مثل مقاومت‌ها). اگر این عنصر در حالت وصل باشد و جریان آن بخواهد تغییر علامت بدهد، عنصر به حالت قطع می‌رود. دو سر این عنصر هیچ فرقی با هم ندارند. یک منبع ولتاژ سینوسی با دامنه‌ی  $V_0$  را با این عنصر و یک مقاومت سری می‌کنیم. به‌ازای  $V_0 = 308 \text{ V}$ ،  $V_1 = 154 \text{ V}$  و  $V_2 = 220 \text{ V}$ ، در چند درصد زمان این عنصر وصل است؟

۵. در نقطه‌ی  $A$  در سطح زمین انفجاری رخ می‌دهد و موج این انفجار در نقطه‌ی  $B$  در سطح زمین آشکار می‌شود. این موج از دو راه به نقطه‌ی  $B$  می‌رسد. راه اول مسیر مستقیم از  $A$  تا  $B$  است، که در آن سرعت موج  $v_1$  است. زمان رسیدن موج از این طریق  $T_1$  است. راه دوم مسیر  $ACDB$  است، که سرعت موج در پاره‌خط‌های  $AC$  و  $DB$  برابر  $v_1$  و در پاره‌خط  $CD$  برابر  $v_2$  است. زمان رسیدن موج از این طریق  $T_2$  است.  $ABCD$  یک ذوزنقه‌ی متساوی‌الساقین است که  $AB \parallel CD$ ، و زاویه‌های  $\angle BAC$  و  $\angle DBA$  برابر  $\alpha$  اند. بین  $v_1$  و  $v_2$  و  $\alpha$  این رابطه هست که  $v_1 = v_2 \cos \alpha$ . طول قاعده‌ی  $AB$  برابر  $l$  و ارتفاع ذوزنقه  $d$  است. به‌ازای  $T_1 = 6 \text{ s}$ ،  $T_2 = 4 \text{ s}$ ،  $\sin \alpha = 0.8$  و  $d = 120 \text{ km}$ ، مقدار  $d$  چند کیلومتر است؟

۶. شکل ۱ عنصری به اسم دیود را نشان می‌دهد. ویژگی این عنصر آن است که یا  $V_D$  صفر است و  $I_D$  نامنفی، یا  $I_D$  صفر است و  $V_D$  نامثبت.

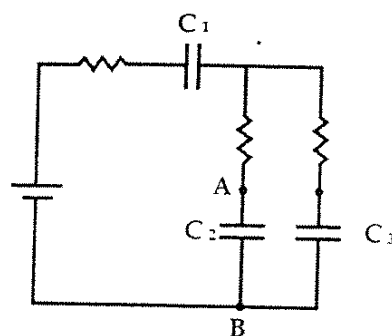


در مدار شکل ۲، مقدار هر یک از مقاومت‌ها جز مقاومتی که مقدارش در شکل آمده  $10\Omega$ ، و ظرفیت هر یک از خازن‌ها  $33\mu F$  است. پس از گذشتن زمانی طولانی، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت  $15\Omega$  چند ولت است؟



۷. خورشید کره‌ای به قطر  $1.4 \times 10^6 \text{ km}$  است. فاصله‌ی زمین تا خورشید  $1.5 \times 10^8 \text{ km}$  است. یک عدسی همگرا با فاصله‌ی کانونی  $40 \text{ cm}$  تصویری از خورشید ساخته است. با یک فیلم عکاسی به ابعاد  $(24 \text{ mm}) \times (24 \text{ mm})$  در محل کانون این عدسی، از خورشید عکس می‌گیریم. عکس را روی یک کاغذ چاپ می‌کنیم. چنان که تصویر کل فیلم روی این کاغذ  $(15 \text{ cm}) \times (15 \text{ cm})$  می‌شود. قطر تصویر خورشید روی این کاغذ چند میلی‌متر است؟

۸. در مدار شکل مقدار همه‌ی مقاومت‌ها  $33\Omega$ ، ظرفیت  $C_1$  برابر  $10\mu F$ ، ظرفیت  $C_2$  و  $C_3$  برابر  $20\mu F$ ، و ولتاژ باتری  $5V$  است. در زمان صفر  $C_1$  و  $C_2$  بی‌بارند و بار  $C_3$  برابر  $10\mu C$  است، چنان که ولتاژ A بیش از ولتاژ B است. پس از گذشتن زمانی طولانی، بار  $C_3$  چند میکروکولن است؟



۹. اگر ستاره‌ای درست در بالای سر (امتداد قائم) باشد، به علت حرکت زمین به دور خورشید این ستاره درست در راستای قائم دیده نمی‌شود، بلکه در جهتی دیده می‌شود که با راستای قائم زاویه‌ی  $\theta$  می‌سازد. هر درجه  $۳۶۰۰$  ثانیه‌ی قوس است.  $\theta$  چند ثانیه‌ی قوس است؟

۱۰. برای جسمی، نمودار عکس سرعت  $(\frac{1}{v})$  بر حسب مکان مطابق شکل است. در زمان صفر، جسم در  $x = ۰$  است. پس از چند ثانیه جسم به  $x = ۱۰\text{m}$  می‌رسد؟

