

باسمه تعالی

وزارت آموزش و پرورش
باشگاه دانش‌پژوهان جوان

مبارزه‌ی علمی برای جوانان، زنده کردن روح جست‌وجو و کشف واقعیت‌هاست.
«امام خمینی (ره)»

بیستمین المپیاد فیزیک کشور

مرحله‌ی اول

۲۶ بهمن ۱۳۸۵ (۹:۰۰ تا ۱۳:۰۰)

مدت آزمون: ۴ ساعت

کد برگه‌ی سؤال‌ها: ۲

تذکرها:

ضمن آرزوی موفقیت برای شما داوطلب گرامی، خواهشمنداست به موارد زیر دقیقاً توجه فرمایید.

- کد برگه‌ی سؤال‌های شما ۲ است. لازم است این کد را در محل مربوط روی پاسخ‌نامه بنویسید. در غیر این صورت پاسخ‌نامه‌ی شما تصحیح نخواهد شد. توجه داشته باشید کد برگه‌ی سؤالات شما، که در بالای هر یک از صفحه‌های این کتابچه نوشته شده است، با کد اصلی که در همین صفحه است یکسان باشد.
- این آزمون ۳۶ سؤال چندگزینه‌ای و ۱۰ مسئله‌ی کوتاه دارد و وقت آن ۴ ساعت است.
- در سؤال‌های چندگزینه‌ای به هر پاسخ درست امتیاز مثبت و به هر پاسخ غلط امتیاز منفی تعلق می‌گیرد. نمره‌ی مثبت و منفی هر سؤال در پراوتزی مقابل همان سؤال نوشته شده است.
- هر سؤال چندگزینه‌ای فقط یک گزینه‌ی درست دارد و انتخاب بیش از یک گزینه معادل با پاسخ نادرست است.
- مشخصات خواسته شده را «به طور کامل» بر روی برگه‌ی پاسخ‌نامه بنویسید.
- لطفاً پاسخ‌نامه را تمیز نگه دارید و آن را تا نکنید، زیرا پاسخ‌نامه‌ها با دستگاه علامت‌خوان تصحیح می‌شوند.
- استفاده از ماشین حساب ممنوع است.
- نتیجه‌ی این آزمون در اواخر اسفندماه اعلام خواهد شد.
- پذیرفته‌شده‌های آزمون مرحله اول، در اردیبهشت ۱۳۸۶ در آزمون مرحله‌ی دوم شرکت خواهند کرد.

© کلیه حقوق این سؤالات برای باشگاه دانش‌پژوهان جوان محفوظ است.

کد برگه‌ی سؤال‌ها ۲

۱) یک ماده را در فشار ثابت گرم می‌کنیم. گرمایی که این ماده می‌گیرد را با Q و تغییر انرژی درونی آن را با ΔU نشان می‌دهیم. کدام گزینه درست است؟

(-۱, +۴)

الف) حتماً $Q < \Delta U$

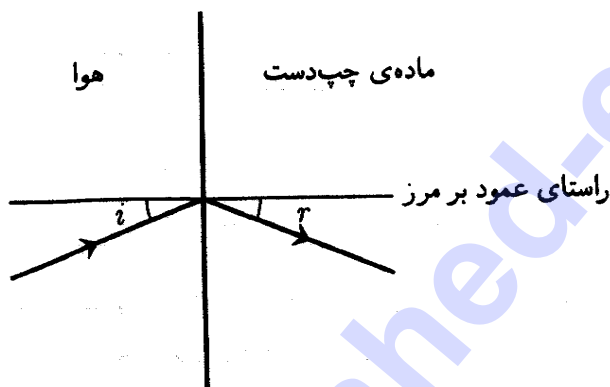
ب) حتماً $Q = \Delta U$

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 $Q > \Delta U$

۲) موادی ساخته‌اند که به آن‌ها چپ‌دست می‌گویند. ویژه‌گی این مواد این است که نور را در خلاف جهت مواد معمولی می‌شکنند.



یک ماده‌ی چپ‌دست در نظر بگیرید با این ویژه‌گی 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 لایه است. دو طرف این لایه هوا است. این لایه از این نقطه یک تصویر می‌سازد، یعنی باریکه‌هایی که از طرف دیگر این لایه (نسبت به نقطه‌ی نورانی) بیرون می‌روند، با خودشان یا امتدادشان از یک نقطه می‌گذرند. کدام گزینه درست است؟

(-۱, +۵)

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.

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

(+۳, -۱)

(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 ممکن اند.

(۴) 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 $\frac{v^2}{g \cos^2 \alpha}$ بگیرد، که v سرعت اولیه‌ی پرتاب، g شتاب گرانش، و α زاویه‌ی یال تپه (مولد مخروط) با افق است. کدام گزینه درست است؟

(+۲, -۱)

(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.

(۵) 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 موازی اند. 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 $H_1 H'_1$ و $H_2 H'_2$ را با L_1 و L_2 نمایش می‌دهیم. نسبت $\frac{L_1}{L_2}$ کدام است؟

(+۴, -۱)

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

(۶) یک جسم به یک فنربسته 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 α متناسب است، که α دامنه‌ی نوسان و α یک ثابت است. α چه قدر است؟

(+۴, -۱)

(الف) ۲ (ب) ۱ (ج) صفر (د) -۱ (ه) -۲

(۷) 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 افقی‌یی 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؟

(+۳, -۱)

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 $V = v$

(۸) رابطه‌ی فاصله‌ی 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 بسته‌گی 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؟

(+۳, -۱)

الف) DN

ب) AN

ج) $\frac{D^2}{A} N$

د) $\frac{A^2}{D} N$

(۹) یک جسم به یک فنر بسته شده و یک حرکت سینوسی با بس‌آمد زاویه‌ای ω دارد. در یک لحظه جابه‌جایی این جسم از نقطه‌ی تعادل x و سرعت آن v است. دامنه‌ی حرکت این جسم کدام است؟

(+۴, -۱)

الف) $x + (v/\omega)$

ب) $|x| + |v/\omega|$

ج) $|x + (v/\omega)|$

د) $\sqrt{x^2 + (v/\omega)^2}$

ه) $\sqrt{|xv/\omega|}$

(۱۰) 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 θ 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؟ $(+۴, -۱)$

الف) $mg - F \cos^2 \theta$

ب) $mg - F \cos \theta$

ج) $mg - F$

د) $mg - \frac{F}{\cos \theta}$

ه) $mg - \frac{F}{\cos^2 \theta}$

(۱۱) 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' می‌چرخد. 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 $2Nf < F < \frac{2}{3}Nf$ ، مقادیرهای f'_1 (کمینه‌ی f') و f'_2 (بیشینه‌ی f') کدام است؟ $(+۵, -۱)$

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) $f'_1 = -\frac{f}{3}, f'_2 = \frac{f}{3}$

۱۲) 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 برمی‌گردانیم. تغییر کل انرژی درونی این ماده را با ΔU نمایش می‌دهیم. کدام گزینه درست است؟

(+۳, -۱)

الف) $\Delta U < 0$

ب) $\Delta U = 0$

ج) $\Delta U > 0$

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

۱۳) از مبدأ مختصات گلوله‌هایی با سرعت اولیه‌ی یکسان v_0 ، با زاویه‌های مختلف α ، 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؟

(+۳, -۱)

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

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

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

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

۱۴) 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 Δh و تغییر شعاع قاعده را ΔR می‌نامیم. هر کدام از این‌ها، بسته به این که جسم کش بیاید یا کوچک بشود مثبت یا منفی اند. برای تغییرهای کوچک نسبت پواسن (ν) را این طور تعریف می‌کنیم.

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

برای نوعی شیشه نسبت پواسن 0.23 است. اگر یک استوانه‌ی شیشه‌ای از این نوع را آن قدر بکشیم که ارتفاعش $1 + \lambda$ برابر شود، حجمش $1 + \kappa$ برابر می‌شود. اگر λ عدد بسیار کوچکی باشد کدام گزینه درست است؟

راه‌نمایی: اگر x و y کوچک باشند، به تقریب داریم: $(1+x)^n (1+y)^m \simeq 1 + nx + my$ (+۳, -۱)

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

(۱۵) یک جسم روی یک دایره حرکت می‌کند. اندازه‌ی نیروی وارد بر جسم را با F ، و جهت آن را با \hat{n} نشان می‌دهیم. کدام گزینه درست است؟

(+۳, -۱)

الف) همیشه F ثابت و \hat{n} به طرف مرکز دایره است.

ب) همیشه F ثابت است، اما مواردی هست که \hat{n} به طرف مرکز دایره نیست.

ج) همیشه \hat{n} به طرف مرکز دایره است، اما مواردی هست که F ثابت نیست.

د) مواردی هست که F ثابت نیست، و مواردی هست که \hat{n} به طرف مرکز دایره نیست.

(۱۶) نیمه‌ی بالایی یک عدسی را سیاه می‌کنیم. تصویر چه‌گونه می‌شود؟

(+۳, -۱)



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.

(۱۷) نسبت مقدار بارش سالانه‌ی باران در زمین به آب اقیانوس‌ها به کدام مقدار نزدیک‌تر است؟

(+۳, -۱)

د) ۱

ج) 10^{-4}

ب) 10^{-8}

الف) 10^{-12}

(۱۸) یک صفحه عمود بر محور x است و از $x = d$ می‌گذرد. تعدادی آینه‌ی کوچک تخت این

صفحه را قطع می‌کنند. این آینه‌ها چنان اند که اگر یک باریکه‌ی موازی با محور x به آن‌ها

بخورد 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 θ می‌نامیم. کدام گزینه درست است؟

(+۳, -۱)

د) $\sin 2\theta = \frac{r}{d}$

ج) $\sin \theta = \frac{r}{d}$

ب) $\tan 2\theta = \frac{r}{d}$

الف) $\tan \theta = \frac{r}{d}$

۱۹) یک مدل برای تشکیل سیاره‌های منظومه‌ی شمسی این است که این سیاره‌ها از یک قرص پیش‌سیاره‌ای تشکیل شده‌اند که دور خورشید می‌گشته است. شعاع این قرص را ۴۰ واحد نجومی (۴۰ برابر فاصله‌ی زمین تا خورشید) و جرم آن را ۵۰۰ برابر جرم زمین بگیرید. زمین کره‌ای به شعاع ۶۴۰۰ km و چگالی میانگین $\frac{kg}{m^3}$ ۵۵۰۰ است، و ۵۰۰ 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؟

(+۳، -۱)

- الف) $0.3 \frac{kg}{m^2}$ (ب) $30 \frac{kg}{m^2}$ (ج) $3000 \frac{kg}{m^2}$ (د) $3 \times 10^5 \frac{kg}{m^2}$

۲۰) 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 θ می‌سازد. از این هواپیما در زمان‌های ۰، T و ۲T 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؟

(+۲، -۱)

الف) $x_2 - x_1 < x_1 - x_0$

ب) $x_2 - x_1 = x_1 - x_0$

ج) $x_2 - x_1 > x_1 - x_0$

۲۱) 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^α است، که Q بار حباب و α یک ثابت است. α چه قدر است؟

(+۳، -۱)

- الف) ۲ (ب) $\frac{4}{3}$ (ج) ۱ (د) $\frac{2}{3}$

۲۲) 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؟

(+۳، -۱)

- الف) $U' = \frac{1}{4} U$ (ب) $U' = 2^{-1/2} U$ (ج) $U' = U$ (د) $U' = 2^{1/2} U$

(۲۳) نیروی اصطکاک وارد بر یک خودرو Av^α است، که A یک ثابت است که به اندازه و شکل خودرو بستگی دارد، v سرعت خودرو است، و α هم یک ثابت دیگر است. پیشینه‌ی توان این خودرو P است. خودروهایی را در نظر بگیرید که α و P برایشان یکسان است، اما A برایشان متفاوت است. پیشینه‌ی سرعت ثابت این خودروها با A^β متناسب است. β چه قدر است؟

(+۳, -۱)

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

(۲۴) یک جسم به جرم m روی یک خط راست حرکت می‌کند. نیروی اصطکاک وارد بر این جسم $(-m\alpha v)$ است، که v سرعت جسم و α 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؟

(+۴, -۱)

الف) $v_f = v_i(1 - \alpha t)$

ب) $v_f = v_i \frac{1}{1 + \alpha t}$

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

د) $v_f = v_i \sqrt{1 - 2\alpha t}$

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

(۲۵) یک چشمه‌ی صوت که نسبت به هوا ساکن است، صوتی با بس آمد f_s می‌گسیلد. یک جسم با سرعت ثابت به طرف این چشمه حرکت می‌کند و صوت حاصل از چشمه را بازمی‌تاباند. در محل چشمه هم یک بازتابنده‌ی دیگر هست که صوت بازتابیده را دوباره به جسم بازمی‌تاباند. این صوت پس از n بار رفتن و n بار برگشتن، در محل چشمه با آشکارگری که نسبت به هوا ساکن است آشکار می‌شود. بس آمد دریافت‌شده در آشکارگر f_o است. نسبت سرعت جسم به سرعت صوت α است. نسبت (f_o/f_s) کدام است؟

(+۵, -۱)

الف) $(1 + \alpha)^n$

ب) $(1 - \alpha)^{-n}$

ج) $1 + n\alpha$

د) $(1 - n\alpha)^{-1}$

ه) $(1 + \alpha)^n (1 - \alpha)^{-n}$

و) $(1 + n\alpha)(1 - n\alpha)^{-1}$

(۲۶) 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؟ (+۴, -۱)

(الف) $\frac{M(a+g) + m(a-g)}{2}$

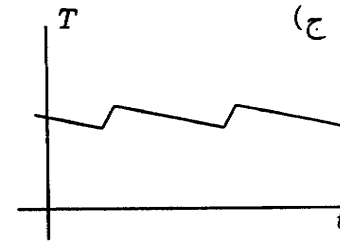
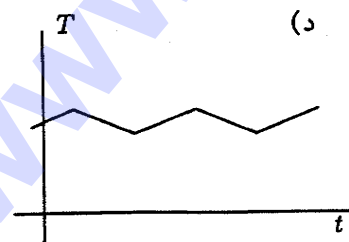
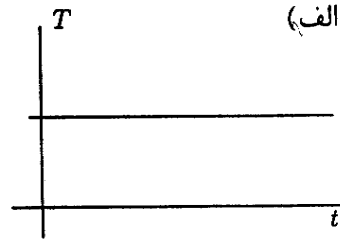
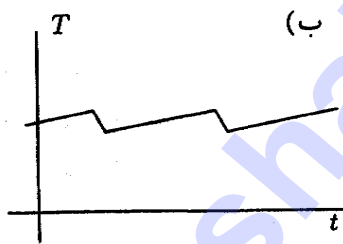
(ب) $M(a+g) + m(a-g)$

(ج) $M(a+g)$

(د) $(M+m)(a+g)$

(ه) $\frac{(M+m)(a+g)}{2}$

(۲۷) در یک ظرف تمیز با دیواره‌های 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؟ (+۳, -۱)



(۲۸) 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؟ (+۳, -۱)

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

۲۹) 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 Δ ، و قدرمطلق چگالی بار در هر یک از این دو ناحیه هم ثابت و برابر m است. به خاطر این بارها، دو سر این دو ناحیه اختلاف پتانسیل V درست می‌شود. با فرض این که V ثابت است، Δ با m^α متناسب است، که α ثابت است. α چه قدر است؟

(+۵, -۱)

- الف) -۲ (ب) -۱ (ج) $-\frac{1}{3}$ (د) $\frac{1}{3}$ (ه) ۱ (و) ۲

۳۰) وقتی می‌خواهیم سیمی را با قیچی ببریم، می‌بینیم سیم اول روی تیغه‌های قیچی سُرمی خورد، و وقتی زاویه‌ی بین تیغه‌های قیچی θ می‌شود متوقف می‌شود. از گرانش صرف نظر کنید. ضریب اصطکاک ایستایی بین تیغه و سیم چه قدر است؟

(+۳, -۱)

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

۳۱) یک ذره‌ی باردار در یک میدان مغناطیسی حرکت می‌کند. میدان مغناطیسی تقریباً در راستای محور z است و B_z (مؤلفه‌ی z میدان مغناطیسی) به‌کندی 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 این دایره به‌کندی 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 α ثابت است. α چه قدر است؟

(+۴, -۱)

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

۳۲) یک ذره‌ی باردار در یک میدان مغناطیسی حرکت می‌کند. میدان مغناطیسی تقریباً در راستای محور z است و B_z (مؤلفه‌ی z میدان مغناطیسی) به‌کندی 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 به‌کندی 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،

(+۳, -۱)

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

(۳۳) 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 $n + 1$ به اندازه‌ی τ_n بعد از علامت n دریافت می‌شود. فاصله‌ی متحرک با ناظر ابتدا کم و بعد زیاد می‌شود. کدام گزینه درست است؟

(+۴, -۱)

الف) τ_n ثابت است.

ب) τ_n بر حسب n صعودی است.

ج) τ_n بر حسب n نزولی است.

د) τ_n بر حسب n ابتدا صعودی و بعد نزولی است.

ه) τ_n بر حسب n ابتدا نزولی و بعد صعودی است.

(۳۴) 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 با به ترتیب ϕ_1 و ϕ_2 ، و تفاضل آن‌ها را با ϕ نمایش می‌دهیم. فرض کنید باریکه‌ای که وارد تیغه می‌شود، نسبت به باریکه‌ی فرودی در سطح بازتابنده اختلاف فاز ندارد. مقدار ϕ کدام است؟

(+۴, -۱)

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

(۳۵) 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 σ یک ثابت است. در یک تقریب، می‌شود σ را $6 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$ گرفت. فرض کنید زمین از بیرون انرژی نمی‌گرفته، دمای آن یک‌نواخت بوده، و فقط از طریق سطح بیرونی یش 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 $\sigma T_i T_f^3 S$ است. شعاع زمین 6400 km ، و چگالی میانگین زمین $5500 \frac{kg}{m^3}$ است. گرمای ویژه‌ی زمین را $1000 \frac{J}{kg K}$ بگیرید. با این فرض‌ها، چه مدتی لازم است تا یک زمین بسیار داغ به دمای 400 K برسد؟

(+۳, -۱)

الف) 10^9 s ب) 10^{12} s ج) 10^{15} s د) 10^{18} s

(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 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 درمی‌آید. در این صورت،

(۱-، ۳+)

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

(۱) یک بطری پلاستیکی خالی را گرم می‌کنیم تا دمای هوای درون آن 90°C شود. در این حالت در بطری را می‌بندیم. پیشینه‌ی 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 درجه‌ی سلسیوس است؟

(۱۰ نمره)

(۲) رابطه‌ی مقاومت یک رسانا با دما $R = R_0 [1 + \beta (T - T_0)]$ است، که R مقاومت و T دما است، و β و T_0 و R_0 ثابت اند. این رابطه به شرطی درست است که $|\beta (T - T_0)|$ بسیار کوچک‌تر از یک باشد. رابطه‌ی دمای این رسانا با توان الکتریکی‌ی که در آن تلف می‌شود هم $T - T_0 = \alpha P$ است، که P توان و α یک ثابت است. این هم به شرطی درست است که αP بسیار کوچک‌تر از T_0 باشد. با فرض این که هر دوی این رابطه‌ها برقرار باشند، مقدار $\left(\frac{R}{R_0} - 1\right)$ به 10^6 به ازای $\alpha = 100 \text{ K/W}$ ، $\beta = 10^{-4} / \text{K}$ ، $R_0 = 22 \Omega$ ، و $I = 0.02 \text{ A}$ چه قدر است؟ I جریان گذرنده از مقاومت است.

(۱۰ نمره)

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

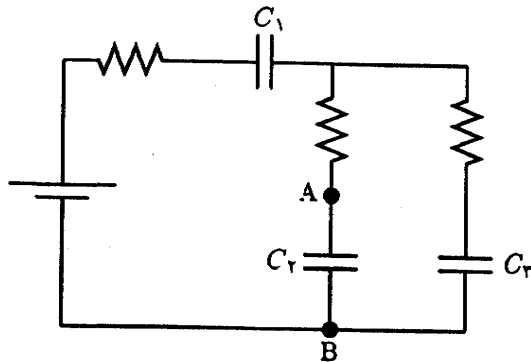
(۳) یک وزنه درون یک شاره سقوط می‌کند. چگالی شاره بسیار کم‌تر از چگالی وزنه است، چنان که نیروی وارد بر وزنه ناشی از فقط وزن آن و اصطکاک با شاره است. در اثر اصطکاک شاره، سرعت این وزنه به یک مقدار ثابت (سرعت حد) می‌رسد. فرض کنید به خاطر این اصطکاک فقط وزنه گرم می‌شود. گرمای ویژه‌ی وزنه را 200 J/(kg K) ،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

(۱۰ نمره)

(۴) یک عنصر الکترونیکی این ویژه‌گی 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. به ازای $V_0 = 308 \text{ V}$ ، $V_1 = 154 \text{ V}$ ، و $V_2 = 220 \text{ V}$ ، در چند درصد زمان این عنصر وصل است؟

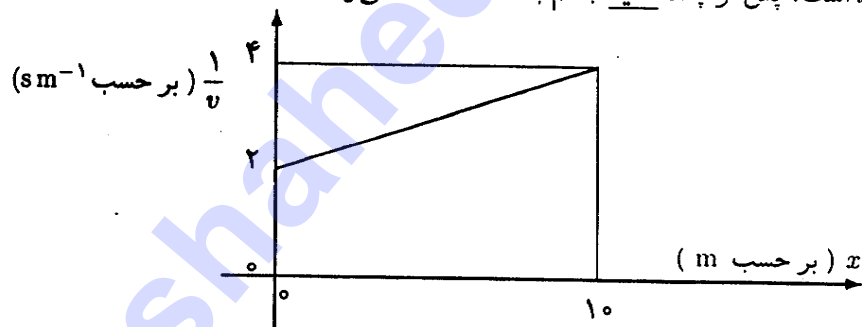
(۱۰ نمره)

۸) در مدار شکل مقدار همگی مقاومت‌ها 33Ω ، ظرفیت C_1 برابر $10 \mu F$ ، ظرفیت C_2 و C_3 برابر $20 \mu F$ ، ولتاژ باتری $5 V$ است. در زمان صفر C_1 و C_2 بی‌باراند و بار C_3 برابر $10 \mu C$ است، چنان‌که ولتاژ A بیش از ولتاژ B است. پس از گذشتن زمانی طولانی، بار C_3 چند میکروکولن است؟ (۱۰ نمره)



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 θ می‌سازد. هر درجه 3600 ثانیه‌ی قوس است. θ چند ثانیه‌ی قوس است؟ (۱۰ نمره)

۱۰) برای جسمی، نمودار عکس سرعت $(\frac{1}{v})$ بر حسب مکان مطابق شکل است. در زمان صفر، جسم در $x = 0$ است. پس از چند ثانیه جسم به $x = 10 m$ می‌رسد؟ (۱۰ نمره)



باسمه تعالی

مبارزه‌ی علمی برای جوانان، زنده کردن روح جست‌وجو و کشف واقعیت‌هاست.

«امام خمینی (ره)»

وزارت آموزش و پرورش

باشگاه دانش‌پژوهان جوان

بیستمین المپیاد فیزیک کشور

مرحله‌ی دوم

آزمون عملی: ۲۰ اردیبهشت‌ماه ۱۳۸۶

شروع ۹:۰۰

مدت آزمون: ۴۵ دقیقه

تذکرات:

ضمن آرزوی موفقیت برای شما داوطلب گرامی، خواهشمند است به نکات زیر دقیقاً توجه فرمایید:

- ۱- قبل از شروع آزمون دقت کنید که وسایل ذکرشده در صورت سؤال عملی، که در پشت همین برگه چاپ شده است، به طور کامل در اختیار شما قرار گرفته باشد. در صورت بروز مشکل مسئول حوزه را مطلع کنید.
- ۲- این قسمت از آزمون از یک سؤال تشکیل شده و مدت پاسخ‌گویی به آن ۴۵ دقیقه است. پس از پایان این مدت پاسخ‌نامه‌های آزمون عملی جمع‌آوری و آزمون نظری شروع خواهد شد.
- ۳- از آن جاکه ممکن است تا پایان آزمون عملی به وسایلی که در اختیار شما قرار داده شده نیاز داشته باشید، هنگام کار با آن‌ها دقت کنید. در صورت وجود مشکل در ابزارهای آزمایش، از مسئول حوزه درخواست کنید آن را تعویض نماید.
- ۴- در پایان آزمون می‌توانید این وسایل و سؤال عملی را به همراه ببرید.
- ۵- کارت معرفی‌نامه و کارنامه‌ی خود را در دسترس نگه دارید تا مسئول مربوط بتواند آن‌ها را ملاحظه و جمع‌آوری کند.
- ۶- هنگام آزمون همراه داشتن تلفن همراه (خاموش یا روشن) تخلف محسوب می‌شود. لذا تلفن همراه خود را قبل از شروع آزمون خاموش کنید و به مسئول حوزه تحویل دهید.

مسئله‌ی عملی اندازه‌گیری چگالی

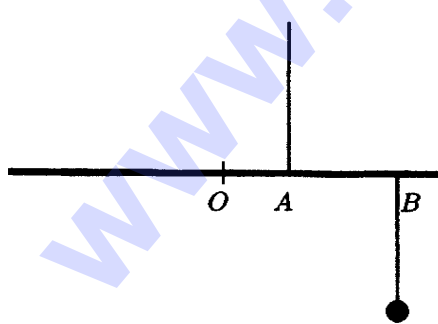
اگر جسمی به طور کامل در شاره‌ای غوطه‌ور شود، علاوه بر وزن یک نیروی شناوری هم به جسم وارد می‌شود که رو به بالا است و مقدارش $\rho V g$ است، که ρ چگالی شاره، V حجم جسم، و g شتاب گرانش زمین است. در این آزمایش می‌خواهیم نسبت چگالی یک جسم به چگالی آب را تعیین کنیم.

وسایل آزمایش: یک میله فلزی باریک، یک خط‌کش، یک لیوان، نخ، جسم، آب
روش آزمایش:

(۱) یک تکه نخ را در نقطه‌ی A به میله گره بزنید. یک تکه نخ را هم به جسم ببندید و سر دیگر آن را در نقطه‌ی B به میله گره بزنید و یک ترازو بسازید. نخ اول را بگیرید و A و B را جابه‌جا کنید تا میله افقی شود. a (فاصله‌ی A از وسط میله) و b (فاصله‌ی B از A) را بسنجید. در این حالت $M g a = W b$ است، که W وزن جسم و M جرم میله است. این آزمایش را سه بار انجام دهید و در هر حالت مقدار a و b را بسنجید و $\alpha = \frac{b}{a}$ را حساب کنید. همه‌ی مقادارها را در جدول بنویسید. میانگین α برای این سه حالت را هم حساب کنید و در جدول بنویسید.

(۲) حالا جسم را وارد آب کنید، چنان که جسم کاملاً در آب غوطه‌ور شود و با لیوان هم تماس نداشته باشد. باز هم نقطه‌های A و B را چنان تغییر دهید تا میله افقی شود. a' (فاصله‌ی A از وسط میله) و b' (فاصله‌ی B از A) در این حالت را بسنجید. در این حالت $M g a' = W' b'$ است که W' وزن ظاهری جسم (یعنی وزن آن منهای نیروی شناوری) است. این آزمایش را هم سه بار انجام دهید و در هر حالت مقدار a' و b' را بسنجید و $\alpha' = \frac{b'}{a'}$ را حساب کنید. همه‌ی مقادارها را در جدول بنویسید. میانگین α' برای این سه حالت را هم حساب کنید و در جدول بنویسید.

(۳) چگالی جسم را ρ_0 می‌نامیم. عبارتی برای $\frac{\rho_0}{\rho}$ بر حسب α و α' به دست آورید و در کادر بنویسید. مقدار $\frac{\rho_0}{\rho}$ را حساب کنید و در کادر بنویسید.



$$\rho \cdot \left(\frac{a'}{a}\right) - \rho \frac{a'}{a} = \rho$$

$$\rho \cdot \left(\frac{a'}{a} - 1\right) = \rho \frac{a'}{a}$$

$$\alpha' = \frac{Mg}{W'}$$

$$\alpha = \frac{Mg}{W}$$

$$\rho \cdot \left(\frac{a'}{a} - \alpha\right) = \rho \frac{a'}{a}$$

$$\rho \cdot \left(\frac{a'}{a} - \alpha\right) = \rho \frac{a'}{a} \cdot \left(\frac{\alpha' - \alpha}{\alpha}\right) = \rho \frac{a'}{a} \cdot \frac{\alpha'}{\alpha}$$

$$\rho \cdot \left(\frac{a'}{a} - \alpha\right) = \rho \frac{a'}{a} \cdot \frac{\alpha'}{\alpha}$$

$$\alpha' = \frac{Mg}{W'} = \frac{20 \text{ g}}{1.8 \text{ g}}$$

$$\alpha = \frac{Mg}{W} = \frac{20 \text{ g}}{2.5 \text{ g}}$$

$$\alpha' = \frac{Mg}{W'} = \frac{20 \text{ g}}{1.8 \text{ g}}$$

$$\alpha = \frac{Mg}{W} = \frac{20 \text{ g}}{2.5 \text{ g}}$$

$$\alpha' = \frac{\rho_0 V g}{\rho_0 V g - \rho V g}$$

$$\alpha = \frac{\rho_0 V g}{\rho_0 V g}$$

$$\frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{W}{W'}$$

$$\frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{\rho_0}{\rho_0 - \rho}$$

$$\rho \cdot \frac{a'}{a} - \rho \frac{a'}{a} = \rho$$

$$\rho \cdot \frac{a'}{a} - \rho \frac{a'}{a} = \rho \alpha$$

$$\rho \cdot (\alpha' - \alpha) = \rho \alpha'$$

$$\frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{W}{W'}$$

$$\frac{\rho_0}{\rho_0 - \rho} = \frac{\rho_0}{\rho_0 - \rho}$$

باسمه تعالی

مبارزه‌ی علمی برای جوانان، زنده کردن روح جست‌وجو و کشف واقعیت‌هاست.

«امام خمینی (ره)»

وزارت آموزش و پرورش

باشگاه دانش‌پژوهان جوان

بیستمین المپیاد فیزیک کشور

مرحله‌ی دوم

آزمون نظری: ۲۰ اردیبهشت ماه ۱۳۸۶

شروع: ۱۰:۰۰

مدت آزمون: ۳ ساعت و ۳۰ دقیقه

تذکرات:

ضمن آرزوی موفقیت برای شما داوطلب گرامی، خواهشمند است به نکات زیر دقیقاً توجه فرمایید:

۱- این قسمت از آزمون شامل ۱۰ سؤال و وقت آن ۳ ساعت و ۳۰ دقیقه است.

۲- همه‌ی سؤال‌ها نمره‌ی مساوی دارد.

۳- بر روی هر برگ پیش‌نویس که به شما داده می‌شود نام و نام خانوادگی خود را حتماً بنویسید.

۴- نتایج این آزمون در اواخر خردادماه اعلام خواهد شد.

۵- هنگام آزمون همراه داشتن تلفن همراه (خاموش یا روشن) تخلف محسوب می‌شود. لذا تلفن همراه خود را

قبل از شروع آزمون خاموش کنید و به مسئول حوزه تحویل دهید.

۱
۲
(۱) یک ذره‌ی باردار در یک میدان الکتریکی و در میدان گرانشی زمین حرکت می‌کند. اندازه‌ی میدان الکتریکی ثابت است، اما جهت آن ممکن است روبه‌بالا یا روبه‌پایین باشد. اندازه‌ی نیروی الکتریکی وارد بر ذره تقسیم بر جرم آن e و شتاب گرانشی زمین g است. a کوچک‌تر از g است.

یک ذره با سرعت اولیه‌ای با اندازه‌ی v و زاویه‌ی θ نسبت به افق، در زمان صفر از زمین به بالا پرتاب می‌شود. نیروی الکتریکی وارد بر ذره، از زمان صفر تا t روبه‌پایین و پس از آن روبه‌بالا است.

الف) شرط این را به دست آورید که تغییر جهت میدان الکتریکی پیش از زمانی باشد که ذره به زمین می‌رسد.

ب) با فرض این که شرط الف برقرار است، برد این ذره (فاصله‌ی نقطه‌ی فرود تا نقطه‌ی پرتاب) را حساب کنید.

ج) با فرض این که شرط الف برقرار است، ارتفاع اوج این پرتابه را حساب کنید.

www.Shahed-eman.ir

(۲) یک چرخ به شعاع r که محور آن افقی و ثابت است، چنان می چرخد که لبه‌ی زیرین آن با زمین تماس دارد. سرعت هر یک از نقطه‌های لبه‌ی چرخ v است. نقطه‌ی تماس چرخ با زمین (پایین چرخ) را با P ، و مرکز چرخ را با O نشان می‌دهیم. سنگی به لبه‌ی چرخ چسبیده و با آن می‌چرخد. در یک لحظه سنگ از چرخ جدا می‌شود. در این لحظه سنگ در نقطه‌ی Q است، چنان که زاویه‌ی OP با OQ برابر θ است. این سنگ در نقطه‌ی S به زمین می‌خورد. شتاب گرانش را g بگیرید. تعریف می‌کنیم $\alpha = (rg/v^2)$ و $L = (v^2/g)$.

الف) برد این پرتابه (طول PS) را بر حسب L و α و θ حساب کنید.

ب) در L و α ی ثابت، برد به ازای $\theta = \theta_0$ بیشینه می‌شود. معادله‌ای برای θ_0 به دست آورید.

(۳) یک قرص در صفحه‌ای افقی است و با سرعت زاویه‌ای ثابت ω در جهت پادساعت‌گرد حول مرکزش (نقطه‌ی O) می‌چرخد. شخصی که روی این قرص دوار ایستاده و با آن می‌چرخد، در زمان صفر جسمی را با سرعت v از روی قرص به طور قائم به بالا پرتاب می‌کند. در زمان پرتاب، مختصات دکارتی شخص $(x = r, y = 0)$ است. این مختصات نسبت به زمین سنجیده شده‌اند و مبدأ مختصات نقطه‌ی O است. شتاب گرانش g است. جسم در زمان t به قرص می‌خورد. در این زمان جسم در نقطه‌ی P و شخص در نقطه‌ی Q است. تعریف می‌کنیم $\theta = (2\omega v/g)$.

الف) t را حساب کنید.

ب) مختصات دکارتی P را بر حسب r و θ حساب کنید.

ج) مختصات دکارتی Q را بر حسب r و θ حساب کنید.

د) فاصله‌ی P با Q را بر حسب r و θ حساب کنید.

ه) زاویه‌ی بردار OQ با بردار PQ را با α نشان می‌دهیم. تانژانت α را بر حسب θ حساب کنید.

(۴) یک عدسی هم‌گرا در نظر بگیرید که کانون نقطه‌ای ندارد. این عدسی در مبدأ است و پرتوی نوری که موازی محور x به فاصله‌ی h از این محور به این عدسی بتابد، در نقطه‌ای به فاصله‌ی $f(h)$ از مبدأ محور x را قطع می‌کند. داریم $f(h) = A + Bh$ که A و B دو ثابت مثبت اند. در نتیجه باریکه‌ای موازی با محور x که به این عدسی می‌تابد، پس از گذشتن از عدسی در یک نقطه جمع نمی‌شود.

باریکه‌ای موازی محور x به این عدسی می‌تابد. این باریکه از پرتوهایی ساخته شده که فاصله‌یشان تا محور x بین صفر و D است. به این ترتیب اگر سرراه این باریکه به عدسی یک پرده عمود بر محور x بگذاریم، لکه‌ای نورانی به شعاع D روی پرده تشکیل می‌شود. اگر چنین پرده‌ای را بعد از عدسی بگذاریم، باز هم لکه‌ای نورانی روی پرده تشکیل می‌شود، اما شعاع این لکه به فاصله‌ی پرده از عدسی (x) بستگی دارد. هدف محاسبه‌ی کمینه‌ی این شعاع است. به‌سادگی دیده می‌شود برای این که شعاع لکه کمینه شود باید x بین A و $f(D)$ باشد. علت آن است که در $x < A$ ، هیچ یک از پرتوهای سازنده‌ی باریکه به محور x نرسیده‌اند و به همین خاطر با افزایش x شعاع لکه کم می‌شود. در $x > f(D)$ هم همه‌ی پرتوهای سازنده‌ی باریکه به محور x رسیده‌اند و از آن گذشته‌اند. پس با افزایش x شعاع لکه زیاد می‌شود.

الف) پرتویی را در نظر بگیرید که پیش از رسیدن به عدسی در فاصله‌ی h از محور x است. این پرتو بعد از گذشتن از عدسی روی پرده‌ای می‌افتد که به فاصله‌ی x از عدسی است. فاصله‌ی محل برخورد این پرتو با پرده از محور x را $y(x, h)$ می‌نامیم. $y(x, h)$ را برای هر یک از حالت‌های $x < f(h)$ و $x > f(h)$ حساب کنید.

ب) بگیرید $A < x < f(D)$. بیشینه‌ی $y(x, h)$ (برای h های مختلف و x ثابت) را در حالت $f(h) < x$ و $f(h) > x$ ، به ترتیب $Y_1(x)$ و $Y_2(x)$ می‌نامیم. $Y_1(x)$ و $Y_2(x)$ را حساب کنید.

ج) شعاع لکه روی پرده‌ای به فاصله‌ی x از عدسی بیشینه‌ی $Y_1(x)$ و $Y_2(x)$ است. این شعاع را $Y(x)$ می‌نامیم. فرض کنید $A = BD$ باشد و (x/A) را چنان بیابید که $Y(x)$ کمینه شود. (می‌دانیم x بین A و $f(D)$ است). مقدار $Y(x)$ به ازای این x را R می‌نامیم. R/D را حساب کنید.

(۵) یک منبع آب به شکل استوانه‌ای با مساحت مقطع A است. ارتفاع آب در این منبع را با h نشان می‌دهیم. این منبع یک خروجی دارد که حجم آب خارج شده از آن بر زمان βh است، که β ثابت است. این منبع یک ورودی هم دارد که وقتی باز است، حجم آب وارد شده بر زمان $\alpha(H - h)$ است، که α و H ثابت اند. ورودی از زمان صفر تا T_1 باز، و از زمان T_1 تا $(T_1 + T_2)$ بسته است. بعد ورودی دوباره به مدت T_1 باز و به مدت T_2 بسته است و این روند ادامه می‌یابد. ارتفاع آب منبع در زمان $n(T_1 + T_2)$ را با u_n ، و در زمان $[n(T_1 + T_2) + T_1]$ را با v_n نشان می‌دهیم.

الف) مشتق h نسبت به زمان در حالتی که ورودی باز است را حساب کنید.

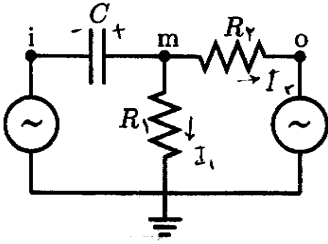
ب) مشتق h نسبت به زمان در حالتی که ورودی بسته است را حساب کنید.

ج) یک تقریب این است که مشتق h نسبت به زمان در حالتی که ورودی باز است را ثابت بگیریم. این مقدار ثابت را میانگین این مشتق در ابتدا و انتهای این زمان بگیرد. با استفاده از این تقریب یک رابطه بین v_n و u_n بیابید.

د) با تقریب مشابهی رابطه‌ای بین u_{n+1} و v_n بیابید.

ه) پس از گذشتن مدتی طولانی، u_n به مقدار ثابت u و v_n به مقدار ثابت v میل می‌کند. u و v را بیابید.

(6) در مدار شکل، $V_o = A V_m$ که A مقداری ثابت است، و داریم $V_1 = E \cos \omega t$ که E و ω ثابت اند و t زمان است. مقدار مقاومت‌ها و خازن روی شکل مشخص است. فرض کنید همگی جریان‌ها و ولتاژها سینوسی با بس‌آمد زاویه‌ای ω یابند و V_o را به شکل $V_o = a \cos \omega t + b \sin \omega t$ بگیرید.



الف) a و b را حساب کنید.

ب) V_o را در حد $A \rightarrow \infty$ حساب کنید.

www.Shahed-emam.ir

(۷) یک شتاب‌دهنده‌ی خطی از چند تونل پشت سر هم تشکیل شده. پتانسیل الکتریکی درون هر تونل ثابت است اما بین هر دو تونل مجاور یک اختلاف پتانسیل هست، به این شکل که پتانسیل تونل‌های با شماره‌ی فرد $V(t)$ و پتانسیل تونل‌های با شماره‌ی زوج صفر است، که t زمان است. $V(t)$ چنان تنظیم می‌شود که ذرات باردار از هر تونلی که بیرون می‌روند اختلاف پتانسیل آن تونل با تونل بعدی چنان باشد که سرعت ذرات در فاصله‌ی بین دو تونل زیاد شود. طول تونل n برابر l_n است، و از زمانی که ذرات باردار فاصله‌ی بین دو تونل مجاور را می‌پیمایند چشم می‌پوشیم. جرم هر ذره‌ی باردار m و بار هر ذره‌ی باردار q است. $V(t)$ یک تابع دوره‌ای با دوره‌ی $2T$ است، چنان که $V(t)$ بین $t = 0$ و $t = T$ برابر $(-V_0)$ و بین $t = T$ و $t = 2T$ برابر V_0 است. V_0 ثابت و (qV_0) مثبت است.

الف) فرض کنید همه‌ی ذرات باردار در $t = \frac{T}{4}$ از تونل صفر بیرون می‌روند و سرعت آن‌ها در این زمان v_0 است. فرض کنید طول تونل‌ها چنان است که برای هر n ، ذرات در $t = nT + \frac{T}{4}$ از تونل n بیرون می‌روند. سرعت ذرات درون تونل n را بیابید.

ب) فرض کنید همه‌ی ذرات باردار در $t = \frac{T}{4}$ از تونل صفر بیرون می‌روند و سرعت آن‌ها در این زمان v_0 است. l_n ‌ها را چنان بیابید که برای هر n ، ذرات در $t = nT + \frac{T}{4}$ از تونل n بیرون روند.

ج) در واقعیت سرعت اولیه‌ی همه‌ی ذرات یکسان نیست. ذره‌ای را در نظر بگیرید که انرژی جنبشی آن هنگام خروج از تونل صفر $(v_0^2 + \epsilon)$ است، که ϵ نسبت به v_0^2 کوچک است. فرض کنید برای هر k با $k \leq n$ ، اختلاف زمان خروج این ذره از تونل k با زمان خروج ذره‌ای که سرعت اولیه‌ی آن v_0 بوده کم‌تر از $\frac{T}{4}$ است. مدت حرکت این ذره در تونل k (با $k \leq n$) را به دست آورید.
راه‌نمایی: اگر α کوچک باشد، $(1 + \alpha)^\beta \simeq 1 + \beta\alpha$

د) ذره‌ای را در نظر بگیرید که انرژی جنبشی آن هنگام خروج از تونل صفر $(v_0^2 + \epsilon)$ است، که ϵ نسبت به v_0^2 کوچک است. شرطی برای ϵ بیابید که برای هر k با $k \leq n$ ، اختلاف زمان خروج این ذره از تونل k با زمان خروج ذره‌ای که سرعت اولیه‌ی آن v_0 بوده کم‌تر از $\frac{T}{4}$ باشد. این شرط را بر حسب تابع f با تعریف

$$f(n, s) = \frac{1}{1+s} + \frac{1}{2+s} + \dots + \frac{1}{n+s}$$

بنویسید.

(۸) ذره‌ای با بار q و جرم m در یک میدان مغناطیسی حرکت می‌کند. میدان مغناطیسی در محیط‌های ۱ و ۲ به ترتیب \vec{B}_1 و \vec{B}_2 است. این دو محیط با یک صفحه از هم جدا شده‌اند. \vec{B}_1 و \vec{B}_2 یک‌نواخت، موازی با هم و موازی با صفحه‌ی جداکننده، و هم‌جهت‌اند. ذره در صفحه‌ای عمود بر این میدان‌ها با سرعت v حرکت می‌کند. در زمان صفر، ذره در نقطه‌ی A_0 واقع بر صفحه‌ی جداکننده، وارد محیط ۱ می‌شود و در این زمان زاویه‌ی بردار سرعت آن با راستای عمود بر صفحه‌ی جداکننده α است. مسیر حرکت ذره در محیط ۱ بخشی از یک دایره (کوچک‌تر از نیم‌دایره) به شعاع r_1 است. ذره در زمان t_1 از محیط ۱ بیرون می‌رود و در نقطه‌ی A_1 واقع بر صفحه‌ی جداکننده، وارد محیط ۲ می‌شود. مسیر حرکت ذره در محیط ۲ بخشی از یک دایره (بزرگ‌تر از نیم‌دایره) به شعاع r_2 است. ذره در زمان t_2 از محیط ۲ بیرون می‌رود و در نقطه‌ی A_2 واقع بر صفحه‌ی جداکننده، وارد محیط ۱ می‌شود.

الف) r_1 و t_1 را حساب کنید.

ب) r_2 و t_2 را حساب کنید.

ج) D (فاصله‌ی A_2 از A_0) را حساب کنید.

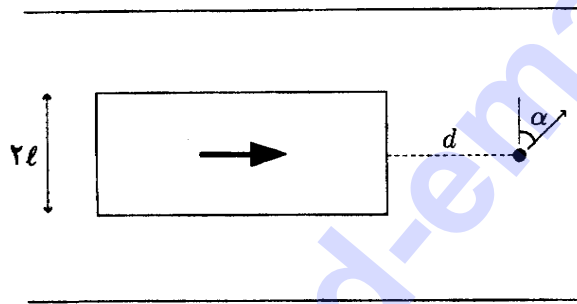
د) $\frac{D}{t_2}$ را سرعت سوق ذره می‌نامیم. سرعت سوق را حساب کنید.

۹) شخصی در حال عبور از عرض خیابان است. مطابق شکل، هنگامی که این شخص به وسط خیابان می‌رسد، خودرویی که در فاصله d از او قرار دارد و در وسط خیابان است، از حال سکون با شتاب ثابت a بر روی یک خط مستقیم در امتداد خیابان به سمت او حرکت می‌کند. عرض خودرو 2ℓ است. این شخص به خاطر این که زمان کافی برای ادامه‌ی مسیر قبل از تصادف با خودرو ندارد، مسیر خود را به سمت راست کج می‌کند و بر یک خط مستقیم ادامه‌ی مسیر می‌دهد. این خط با عرض خیابان زاویه‌ی α می‌سازد.

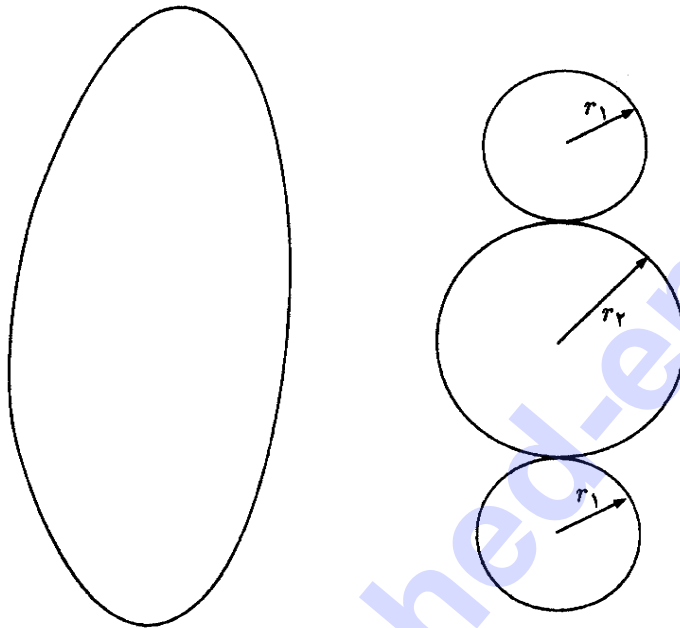
الف) $v(\alpha)$ (کمینه‌ی سرعت شخص برای این که برخورد با خودرو رخ ندهد) چه قدر است؟

ب) α چه قدر باشد تا $v(\alpha)$ کمینه شود؟

ج) کمینه‌ی $v(\alpha)$ چه قدر است؟



۱۰) مطابق شکل سمت چپ، یک حلقه سیم بستنی قابل انعطاف و دارای روکش عایق در اختیار داریم. مقاومت این سیم R است. بدون این که سیم را ببریم، با خم کردن یا از روی هم رد کردن سیم آن را به شکل سمت راست در می آوریم. هر سه قسمت دایره‌ای شکل، در یک صفحه واقع‌اند. شعاع دایره‌های کوچک r_1 و شعاع دایره‌ی بزرگ r_2 است. یک میدان مغناطیسی یکنواخت، عمود بر صفحه‌ای که سیم در آن قرار دارد بر سیم اعمال می‌کنیم. اگر میدان مغناطیسی با آهنگ $\Delta B/\Delta t$ با زمان تغییر کند، مقدار جریان‌های القایی ممکنه که می‌تواند در سیم به وجود آید چه قدر است؟



www.ShahedEmam.ir