باسمه تعالی

جمهوری اسلامی ایران

وزارت آموزش و پرورش

مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان و دانش پژوهان جوان

معاونت دانش پژوهان جوان

باشگاه دانش پژوهان جوان

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

دفترچه‌ی سؤالات مرحله‌ی اول

بیست و نهمین دوره‌ی المپیاد فیزیک سال ۱۳۹۴

صبح - ساعت : ۹:۰۰

کد دفترچه : ۱

تعداد سؤالات		مدت آزمون
چندگزینه‌ای	مسئله‌ی کوتاه	(دقیقه)
۳۲	۵	۲۴۰

نام: نام خانوادگی: شماره صندلی:

توضیحات مهم

استفاده از ماشین حساب ممنوع است.

۱. کد برگه‌ی سؤالات شما ۱ است. این کد را در محل مربوط روی پاسخ‌نامه علامت بزنید. در غیر این صورت پاسخ‌نامه‌ی شما تصحیح نخواهد شد.
توجه داشته باشید کد برگه‌ی سؤالات شما که در بالای هر یک از صفحه‌های این دفترچه نوشته شده است، با کد اصلی که در همین صفحه است یکی باشد.

۲. بلافاصله پس از آغاز آزمون تعداد سؤالات داخل دفترچه و وجود همه‌ی برگه‌های دفترچه‌ی سؤالات را بررسی نمایید. در صورت وجود هرگونه نقصی در دفترچه، در اسرع وقت مسئول جلسه را مطلع کنید.

۳. یک برگ پاسخ‌نامه در اختیار شما قرار گرفته که مشخصات شما بر روی آن نوشته شده است. در صورت نادرست بودن آن، در اسرع وقت مسئول جلسه را مطلع کنید. ضمناً مشخصات خواسته شده در پایین پاسخ نامه را با مداد مشکی بنویسید.

۴. برگه‌ی پاسخ‌نامه را دستگاه تصحیح می‌کند، پس آن را تا نکنید و تمیز نگه دارید و به علاوه، پاسخ هر پرسش را با مداد مشکی نرم در محل مربوط علامت بزنید. لطفاً خانه‌ی مورد نظر را کاملاً سیاه کنید.

۵. در سؤال‌های چهار گزینه‌ای به هر پاسخ درست ۳ نمره مثبت و به هر پاسخ نادرست ۱ نمره منفی تعلق می‌گیرد. در مسئله‌های کوتاه به هر پاسخ درست ۵ نمره مثبت تعلق می‌گیرد و پاسخ نادرست نمره منفی ندارد.

۶. همراه داشتن هرگونه کتاب، جزوه، یادداشت و لوازم الکترونیکی نظیر تلفن همراه و لپ‌تاپ ممنوع است. همراه داشتن این قبیل وسایل حتی اگر از آن استفاده نکنید یا خاموش باشد، تقلب محسوب خواهد شد.

۷. آزمون مرحله‌ی دوم برای دانش‌آموزان سال دوم دبیرستان صرفاً جنبه‌ی آزمایشی و آمادگی دارد و شرکت‌کنندگان در دوره‌ی تابستانی از بین دانش‌آموزان سال سوم دبیرستان انتخاب می شوند.

۸. داوطلبان نمی‌توانند دفترچه‌ی سؤالات را با خود ببرند (دفترچه باید همراه پاسخ نامه تحویل داده شود.)

کلیه‌ی حقوق این سؤالات برای باشگاه دانش پژوهان جوان محفوظ است.

۱) اطلاعات ژنتیک در سلول‌ها و بر روی ملکول‌های DNA ذخیره شده‌اند. ملکول DNA از زنجیره‌ای از اسید نوکلئیک‌ها ساخته شده است. ملکول DNA در داخل سلول به صورتی بسیار فشرده قرار گرفته است. در هر سلول انسان در حدود ۳ میلیارد اسید نوکلئیک وجود دارد. طول متوسط یک اسید نوکلئیک ۵ آنگستروم است. یک انسان به طور متوسط ۵۰ هزار میلیارد سلول دارد. اگر تمامی DNA های بدن انسان را باز کنیم و در پی یکدیگر قرار دهیم حدوداً چند برابر فاصله‌ی زمین تا ماه که در حدود ۳۸۴ هزار کیلومتر است، می‌شود؟ هر آنگستروم $۱۰^{-۱۰}$ متر است و هر میلیارد $۱۰^{۹}$ است.

۱) ۲×۱۰^{-۱} ۲) ۲×۱۰^{۱} ۳) ۲×۱۰^{۳} ۴) ۲×۱۰^{۵}

۲) هلیوم در دمای اتاق گاز است. با کاهش دما هلیوم تغییر فاز می‌دهد و به مایع تبدیل می‌شود. به طور معمول اگر مایعی در حرکت باشد، به دلیل اتلاف انرژی، با گذشت زمانی معین از حرکت می‌ایستد. اما اگر هلیوم را بسیار سرد کنیم و دمای آن از یک دمای بحرانی، T_c، کمتر شود به فاز ابرشارگی می‌رود. در این حالت شاره می‌تواند برای زمان‌های بسیار طولانی بدون اتلاف انرژی به حرکت ادامه دهد. دمای بحرانی به کمیت‌های ثابت پلانک h، جرم ذرات تشکیل‌دهنده مایع m، تعداد ذرات بر واحد حجم n، و ثابت بولتزمن $k = R/N_A$ (که R ثابت جهانی گازها و N_A عدد آووگادرو است) بستگی دارد. دمای بحرانی با کدام گزینه متناسب است؟

۱) $\frac{h^۲}{km} n^{۲/۳}$ ۲) $\frac{km}{h^۲} n^{-۴/۳}$ ۳) $\frac{h}{km} n^{۲/۳}$ ۴) $\frac{km}{h} n^{-۲/۳}$

۳) چه کسری از الکترون‌های بدن انسان کاهش یابد تا نیروی الکتریکی که دو نفر در فاصله‌ی ۱۰ متری از یکدیگر به هم وارد می‌کنند، یک نیوتن باشد؟ فرض کنید فروریزش اتفاق نمی‌افتد و تقریباً همه جرم انسان از آب است. جرم هر مول آب ۱۸ g است.

۱) $۱۰^{-۱۷}$ ۲) $۱۰^{-۱۴}$ ۳) $۱۰^{-۱۱}$ ۴) $۱۰^{-۸}$

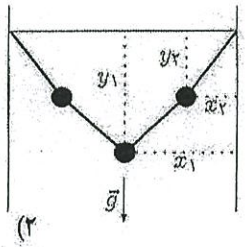
۴) قایقی درون رودخانه مستقیمی که سرعت آب آن ثابت است در جهت آب به پیش می‌رود. پارویی که به قایق متصل است هنگام گذشتن قایق از زیر یک پل از قایق جدا می‌شود و به آب می‌افتد. پس از گذشت نیم ساعت قایقران متوجه می‌شود و با همان توان قایق را در جهت مخالف آب می‌راند و در فاصله‌ی ۳ کیلومتری پل به پارو می‌رسد. سرعت آب رودخانه چند کیلومتر بر ساعت است؟

۱) ۳ ۲) ۴/۵ ۳) ۶ ۴) ۷/۵

۵) کوتاه‌ترین فاصله بین دو نقطه روی یک کره طول کمان کوتاه‌تر بین دو نقطه، روی دایره‌ای است که مرکز آن مرکز کره باشد. هواپیمایی می‌خواهد از بخارست با طول جغرافیایی ۲۲ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۴۵ درجه شمالی به اولان‌باتور با طول جغرافیایی ۱۱۲ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۴۵ درجه شمالی پرواز کند. اگر ارتفاع پرواز هواپیما را در مقایسه با شعاع زمین بسیار کوچک فرض کنیم، کوتاه‌ترین مسافت بین مبدأ و مقصد که هواپیما طی می‌کند چقدر است؟ (R_e شعاع زمین است.)

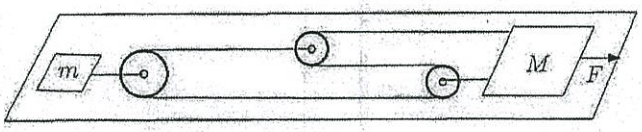
۱) $\frac{\pi}{3}R_e$ ۲) $\frac{\pi\sqrt{2}}{4}R_e$ ۳) $\frac{\pi}{2}R_e$ ۴) R_e

۶) مطابق شکل، سه گوی کوچک مشابه به وسیله‌ی چهار نخ با طول یکسان و جرم ناچیز بین دو دیوار قائم آویخته شده‌اند. مجموعه در حال تعادل است. نسبت $\frac{x_1}{x_2}$ کدام گزینه است؟



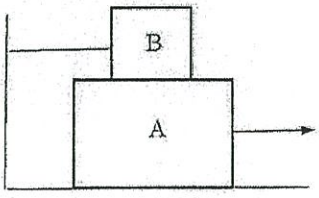
۱) $\frac{2}{3}-\frac{y_1}{3y_2}$ ۲) $\frac{y_2}{3y_1}$
۳) $\frac{3y_1}{y_2}-2$ ۴) $\frac{3y_1}{y_2}$

۷) دستگاه شکل زیر روی میز افقی بدون اصطکاکی قرار گرفته است و با نیروی ثابت F به سمت راست کشیده می‌شود. نخ‌ها و قرقره‌ها بدون جرم‌اند. اندازه‌ی شتاب جرم‌های M و m در وضعیت نشان داده شده (قبل از رسیدن قرقره‌ها به هم) به ترتیب کدام است؟



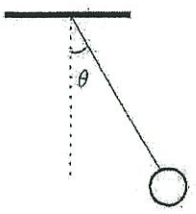
۱) $\frac{F}{M}$ و صفر ۲) $\frac{F}{M}$ و $\frac{F}{m}$ ۳) $\frac{F}{M}$ و $\frac{2F}{m}$ ۴) $\frac{F}{M+m}$ و $\frac{F}{M+m}$

۸) در شکل مقابل جسم B به جرم ۴ kg روی جسم A به جرم ۶ kg قرار دارد. دستگاه ساکن است و شتاب گرانش $g = 10\ \mathrm{m/s^2}$ است. ضرایب اصطکاک ایستایی و جنبشی بین سطوح به ترتیب ۰٫۲ و ۰٫۱ است. کدام گزینه برای F اندازه‌ی نیروی F و اندازه‌ی نیروی کشش نخ T بر حسب نیوتن درست است. $g = 10\ \mathrm{m/s^2}$



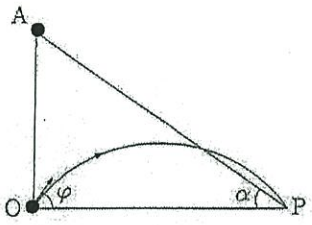
۱) $T = 0$ و $0 \le F \le 20$
۲) $0 \le T \le 8$ و $0 \le F \le 20$
۳) $T = 8$ و $0 \le F \le 28$
۴) $0 \le T \le 8$ و $0 \le F \le 28$

۹) گلوله‌ای به انتهای نخی بسته شده و می‌تواند در صفحه‌ی قائم نوسان کند. نخ را تا زاویه‌ی θ از امتداد قائم منحرف و دستگاه را از حالت سکون رها می‌کنیم. اگر نیروی کشش نخ در انتهای مسیر T_1 و در نقطه‌ی دارای بیشینه سرعت T_2 باشد، کدام گزینه نسبت T_2/T_1 است؟ لازم به ذکر است که در حرکت دایره‌ای غیریکنواخت (مانند حرکت دایره‌ای یکنواخت) اندازه‌ی شتاب جانب مرکز $\frac{v^2}{R}$ است.



۱) $\frac{2}{\cos\theta} - 1$ ۲) $\frac{2}{\cot\theta} + 1$ ۳) $\frac{3}{\cos\theta} - 2$ ۴) $\frac{3}{\cot\theta} - 2$

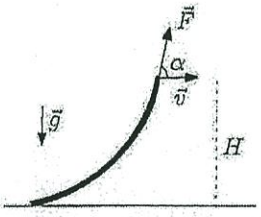
۱۰) دو جسم به طور هم‌زمان یکی از حالت سکون از نقطه‌ی A سطح شیب‌دار بدون اصطکاک سُر می‌خورد و دیگری از نقطه‌ی O پرتاب می‌شود. هر دو جسم به طور هم‌زمان به نقطه ی P می‌رسند. چه رابطه‌ای بین زاویه پرتاب φ و زاویه شیب سطح، α، برقرار است؟ خط OA قائم است.



۱) $2\cot\varphi = \sin 2\alpha$ ۲) $\tan\varphi = \frac{2}{\cos\alpha}$

۳) $\cot\varphi = \sin 2\alpha$ ۴) $\tan\varphi = \frac{1}{\cos\alpha}$

۱۱) با اعمال نیروی ثابت F که با افق زاویه‌ی α می‌سازد مطابق شکل طنابی را می‌کشیم. نقطه اثر نیرو تا سطح زمین فاصله H دارد و طول طناب L است به طوری که $(H < L)$. انتهای دیگر طناب روی زمین است. سطح مقطع طناب دایره‌ای به شعاع r و چگالی طناب ρ است و با سرعت ثابت v حرکت می‌کند. طناب تحت اثر نیروی مقاومت هوا نیز قرار دارد.

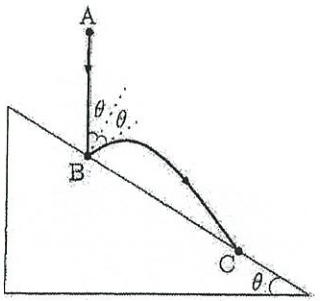


نیروی مقاومت هوا با رابطه‌ی $f = kv^2A$ داده می‌شود که v سرعت طناب، A سطح تصویر طناب روی صفحه‌ای است که بر سرعت عمود است و k ضریب ثابتی است. حداکثر سرعت طناب چقدر باشد تا انتهای طناب از سطح زمین جدا نشود؟

۱) $\sqrt{\frac{\rho r L g}{kH\tan\alpha}}$ ۲) $\sqrt{\frac{\pi\rho r L g}{kH\tan\alpha}}$

۳) $\sqrt{\frac{\rho r L g}{2kH\tan\alpha}}$ ۴) $\sqrt{\frac{\pi\rho r L g}{2kH\tan\alpha}}$

۱۲) گلوله‌ی کوچکی از نقطه‌ی A در بالای سطح شیب‌داری که زاویه‌ی شیب آن θ است از حالت سکون رها می شود. گلوله در نقطه‌ی B به سطح برخورد می‌کند. اندازه‌ی سرعت گلوله بعد از برخورد با قبل از برخورد برابر است و زاویه‌ی راستای سرعت با خط عمود بر سطح شیب‌دار در نقطه‌ی برخورد بعد از برخورد با قبل از برخورد برابر است. اگر گلوله در نقطه‌ی C مجدداً به سطح شیب‌دار برخورد کند نسبت $\frac{BC}{AB}$ کدام گزینه است؟



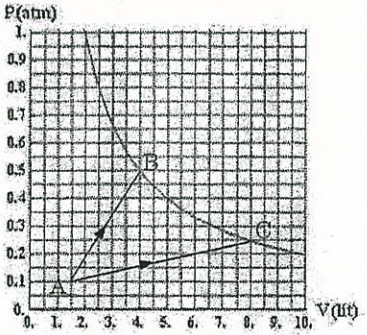
۱) $۴\sin\theta$ ۲) $۴\sin\theta\cos\theta$ ۳) $۸\sin\theta$ ۴) $۸\sin\theta\cos\theta$

۱۳) دو چشمه‌ی موج سوزنی شکل در سطح آب، موج تولید می‌کنند. صفحه‌ی $x-y$ را منطبق بر سطح آب ساکن در نظر بگیرید. یکی از دو چشمه در نقطه‌ی $(a,۰)$ و دیگری در نقطه‌ی $(-a,۰)$ قرار دارد. دو چشمه عمود بر سطح آب نوسان می‌کنند و دامنه و بسامد آن‌ها با یکدیگر برابر است. در فاصله‌های دور از دو چشمه، موج ناشی از دو چشمه را به ترتیب $u_۱ = A\sin(\omega t - kr_۱)$ و $u_۲ = A\sin(\omega t - kr_۲)$ بگیرید که $r_۱$ و $r_۲$ فاصله از دو چشمه است. معادله‌ی مکان هندسی نقاط هم‌فاز ناشی از برهم‌نهی این امواج (جبهه‌های موج) کدام است؟ (m یک پارامتر است.) لازم به یادآوری است $\sin\alpha+\sin\beta = ۲\sin\frac{\alpha+\beta}{۲}\cos\frac{\alpha-\beta}{۲}$.

۱) $\frac{x^۲}{a^۲+m^۲}+\frac{y^۲}{m^۲}=۱$ ۲) $\frac{x^۲}{a^۲}+\frac{y^۲}{a^۲+m^۲}=۱$

۳) $\frac{x^۲}{a^۲+m^۲}-\frac{y^۲}{m^۲}=۱$ ۴) $\frac{x^۲}{a^۲}-\frac{y^۲}{a^۲+m^۲}=۱$

۱۴) مقداری گاز ایده‌آل طی دو فرآیند متفاوت یک بار از A به B و بار دیگر از A به C تحول می‌یابد. نقاط B و C روی یک نمودار هم‌دما قرار دارند. $Q_{AC}-Q_{AB}$ تقریباً چند ژول است؟



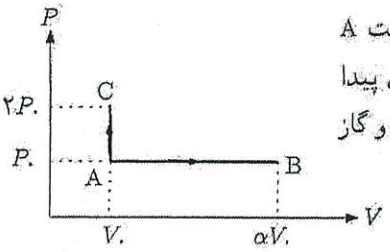
۱) ۳۸٫۸- ۲) ۳۸٫۸

۳) ۱۵۵ ۴) ۱۵۵-

۱۵) دو ظرف به حجم‌های ۵ لیتر و ۳ لیتر به وسیله‌ی یک لوله‌ی نازک به هم وصل شده‌اند و از یک گاز کامل (آرمانی) در دمای ۲۷ °C و فشار یک اتمسفر پر شده‌اند. دمای ظرف بزرگتر را به ۱۲۷ °C می‌رسانیم و ظرف کوچکتر را در همان دمای قبلی نگه می‌داریم. فشار گاز چند اتمسفر خواهد شد؟

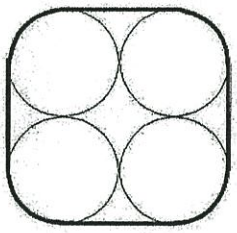
۱) $\frac{۴}{۳}$ ۲) $\frac{۵}{۳}$ ۳) $\frac{۲۰}{۹}$ ۴) $\frac{۳۲}{۲۷}$

۱۶) در نمودار شکل مقابل گاز ایده‌آلی از وضعیت A یک بار در مسیر AB و یک بار در مسیر AC تحول پیدا می‌کند. گرمای مبادله شده در دو مسیر یکسان است و گاز تک اتمی است. مقدار α چقدر است؟



۱) $\frac{۸}{۳}$ ۲) $\frac{۸}{۵}$ ۳) $\frac{۱۲}{۵}$ ۴) $\frac{۱۲}{۷}$

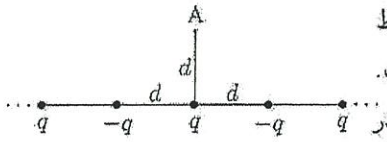
۱۷) چهار لوله‌ی مشابه به ضریب انبساط طولی λ و شعاع R را در دمای صفر درجه سانتیگراد با تسمه‌ی بدون اصطکاکی که ضریب انبساط طولی آن $\frac{\lambda}{۳}$ است به هم می‌بندیم، طوری که مقطع دستگاه مطابق شکل باشد. در این حالت تسمه نه کشیده شده است و نه به حالت شُل قرار گرفته است.



وقتی تسمه تحت کشش قرار گیرد مشابه فنری با ثابت k عمل می‌کند. وقتی دمای محیط به اندازه‌ی θ بالا رود، نیروی کشش در تسمه $\alpha kR\lambda\theta$ است. با فرض این که ضریب کشسانی تسمه با افزایش دما تغییر نمی‌کند، ضریب α کدام است؟

۱) $\frac{۲}{۳}$ ۲) $\frac{۴}{۳}$ ۳) $\frac{۲}{۳}(\pi+۴)$ ۴) $\frac{۴}{۳}(\pi+۴)$

۱۸) مطابق شکل، تعداد نامتناهی بارهای مثبت و منفی با اندازه‌ی یکسان به صورت یک در میان روی یک خط راست قرار گرفته‌اند. فاصله‌ی هر دو بار متوالی d است. نقطه‌ی A را در فاصله‌ی d از یک بار مثبت درست در بالای آن در نظر بگیرید. کدام گزینه درست است؟



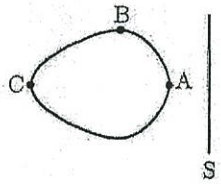
۱) میدان الکتریکی در A رو به بالا است.

۲) میدان الکتریکی در A رو به پایین است.

۳) میدان الکتریکی در A صفر است.

۴) چون تعداد بارها نامتناهی است تعیین جهت میدان در A ممکن نیست.

۱۹) بین جسم دوکی شکل فلزی و سطح فلزی S اختلاف پتانسیل V برقرار است. بار آزمون q_0 از نقطه‌ای روی جسم دوکی شکل کنده شده و به سطح S می‌رسد. در کدام حالت سرعت بار q_0 هنگام رسیدن به سطح S بیشتر است.



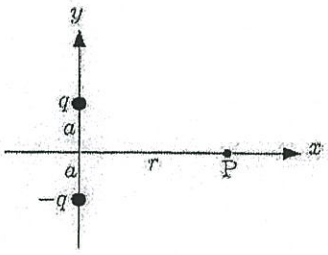
۱) در صورتی که از A کنده شود.

۲) در صورتی که از B کنده شود.

۳) در صورتی که از C کنده شود.

۴) برای همه‌ی حالت‌ها یکسان است.

۲۰) مطابق شکل دو بار نقطه‌ای q و $-q$ روی محور y در فاصله‌ی a دو طرف مبدأ مختصات قرار دارند. اندازه‌ی میدان الکتریکی در نقطه‌ی P به فاصله‌ی r از مبدأ $E(r)$ است. اگر $\lim_{r\to\infty} r^n E(r)$ کمیتی متناهی و مخالف صفر باشد، کدام گزینه برای n درست است؟

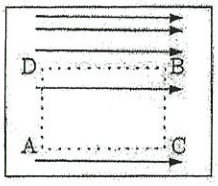


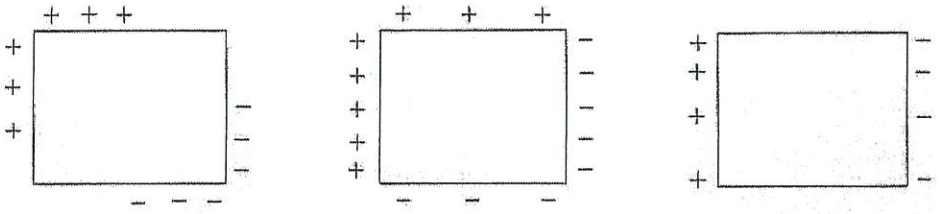
۱) $n=۲$ ۲) $۲<n<۳$ ۳) $n=۳$ ۴) $n>۳$

۲۱) نوری که از تخلیه‌ی الکتریکی در گاز هیدروژن تابش می‌شود پس از عبور از فیلتر نوری خاصی که تنها یک خط نوری را عبور می‌دهد به سطح یک فلز می‌تابد. انرژی جنبشی سریع‌ترین فوتوالکترون‌هایی که از فلز بیرون می‌آیند ۰٫۷۳ eV و تابع کار فلز ۱٫۸۲ eV است. شماره‌ی دو مداری که به این خط طیفی مربوط می‌شوند چند است؟

۱) ۲ و ۳ ۲) ۲ و ۴ ۳) ۳ و ۴ ۴) ۳ و ۵

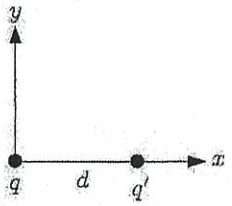
۲۲) در شکل مقابل خطوط میدان الکتریکی مستقل از زمان در داخل یک اتاقک رسم شده است. اختلاف پتانسیل $V_A - V_B$ را یک بار از مسیر ACB و بار دیگر از مسیر ADB با استفاده از رابطه‌ی $\Delta V = \frac{W}{q}$ حساب کنید که W کار انجام شده توسط نیروی خارجی در جابجایی از A به B است. کدام گزینه در مورد توزیع بار الکتریکی روی دیواره‌ها صحیح است؟





۱) الف ۲) ب ۳) ج ۴) هیچ توزیع بار فیزیکی نمی‌تواند میدان الکتریکی فوق را ایجاد کند.

۲۳) پتانسیل الکتریکی ناشی از یک بار نقطه‌ای q در فاصله‌ی r از آن $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r}$ است. مطابق شکل دو بار الکتریکی q و $q' = \alpha q$ (ضریب α منفی است) به فاصله‌ی d از یکدیگر هستند. مبدأ مختصات روی بار q قرار دارد و محور x در امتداد خط واصل بین این دو بار است. مکان هندسی نقاطی از صفحه‌ی $x-y$ که پتانسیل کل ناشی از دو بار q و q' برابر صفر است کدام است؟



۱) $(x - \frac{d}{1-\alpha^2})^2 + y^2 = (\frac{d}{1-\alpha^2})^2$

۲) $\frac{(x - \frac{d}{1-\alpha^2})^2}{(\frac{d}{1-\alpha^2})^2} + \frac{y^2}{d^2} = 1$

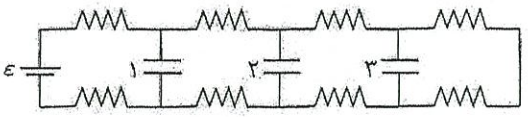
۳) $(x - \frac{d}{1-\alpha^2})^2 + y^2 = (\frac{d\alpha}{1-\alpha^2})^2$

۴) $\frac{(x - \frac{d}{1-\alpha^2})^2}{(\frac{d\alpha}{1-\alpha^2})^2} + \frac{y^2}{d^2} = 1$

۲۴) بر طبق مدل اتمی بور، در اتم هیدروژن، به دلیل نیروی جاذبه الکتریکی پروتون و الکترون، الکترون می‌تواند در مدارهای دایره‌ای با شعاع مشخص دور پروتون بچرخد. شعاع این مدارها گسسته و به صورت $r_n = n^2 a$ است که a شعاع بور، شعاع کوچکترین مدار و n عددی طبیعی است. فرض کنید سرعت الکترون در کوچکترین مدار v باشد. سرعت در n امین مدار $v_n = n^\alpha v$ است. α کدام است؟

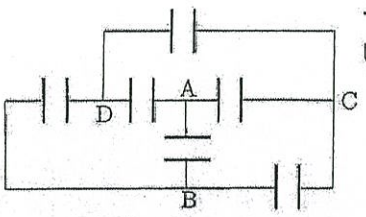
۱) $-\frac{1}{2}$ ۲) -1 ۳) $\frac{1}{2}$ ۴) 1

۲۵) در مدار شکل زیر تمام مقاومت‌ها و خازن‌ها یکسان هستند. اگر q_1 بار خازن ۱ و q_2 بار خازن ۲ در حالت تعادل باشد نسبت $\frac{q_1}{q_2}$ کدام گزینه است؟



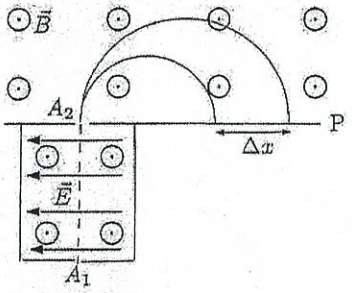
۱) ۱ ۲) $\frac{۴}{۳}$ ۳) $\frac{۳}{۲}$ ۴) ۲

۲۶) در مدار شکل مقابل همه‌ی خازن‌ها در ابتدا بی‌بارند. در کدام شاخه از مدار یک باتری اضافه کنیم تا تمام خازن‌ها باردار شوند. ظرفیت خازن‌ها برابر است.



۱) بین A و B ۲) بین A و C ۳) بین A و D ۴) چنین چیزی امکان‌پذیر نیست.

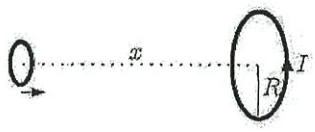
۲۷) در یک طیف‌سنج جرمی، یون‌های دارای بار $+e$ از روزنه‌ی A_1 با سرعت‌های مختلف وارد منطقه‌ای می‌شوند که در آن میدان الکتریکی یکنواخت E و میدان مغناطیسی یکنواخت B عمود بر هم وجود دارند. جهت حرکت یون‌ها نیز بر جهت میدان‌های $\vec{E}$ و $\vec{B}$ عمود است. تنها یون‌هایی با سرعت خاص از روزنه‌ی A_2 که درست مقابل A_1 است عبور می‌کنند. این یون‌ها پس از عبور از روزنه‌ی A_2 فقط تحت میدان مغناطیسی B هستند. جرم ایزوتوپ‌های این یون‌ها به ترتیب m_1 و m_2 است. این ایزوتوپ‌ها به فاصله‌ی Δx از یکدیگر با صفحه‌ی P برخورد می‌کنند. اندازه‌ی میدان الکتریکی کدام گزینه است؟



۱) $\frac{eB^2\Delta x}{|m_2 - m_1|}$ ۲) $\frac{2eB^2\Delta x}{|m_2 - m_1|}$

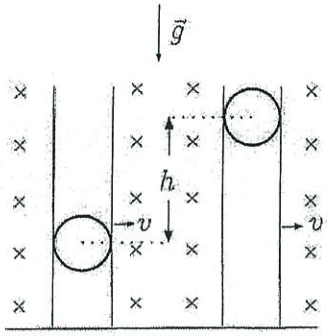
۳) $\frac{eB^2\Delta x}{2|m_2 - m_1|}$ ۴) $\frac{4eB^2\Delta x}{|m_2 - m_1|}$

۲۸) مطابق شکل، جریان I از یک حلقه‌ی ساکن به شعاع R می‌گذرد. حلقه‌ی دیگری که شعاع آن بسیار کوچک‌تر است با سرعت ثابت به حلقه‌ی حامل جریان نزدیک می‌شود. صفحه‌ی دو حلقه همواره با یکدیگر موازی و محور دو حلقه مشترک است. میدان مغناطیسی حلقه‌ی حامل جریان در فاصله‌ی x روی محورش $B(x) = \frac{\mu_0 I R^2}{2(x^2+R^2)^{\frac{3}{2}}}$ است. میدان مغناطیسی در سطح حلقه‌ی کوچکتر تقریباً یکنواخت است. به ازای چه مقداری از x نیروی محرکه القایی در حلقه‌ی کوچک‌تر بیشینه است؟



۱) صفر ۲) $\frac{R}{2}$ ۳) $\frac{R}{\sqrt{6}}$ ۴) $\frac{R}{4}$

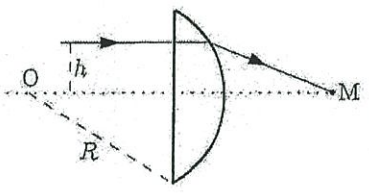
۲۹) مطابق شکل یک کره‌ی باردار نارسانا با بار $+q$ و جرم m درون استوانه‌ای قرار دارد. شعاع کره و استوانه برابر و اصطکاک بین آن‌ها ناچیز است. استوانه و کره در یک میدان مغناطیسی ثابت B که جهت آن عمود بر صفحه‌ی کاغذ است قرار دارند. استوانه با سرعت ثابت v رو به راست حرکت می‌کند. در مدتی که گلوله به اندازه‌ی h در طول استوانه بالا می‌رود کل کار نیروی مغناطیسی و تغییر انرژی جنبشی گلوله به ترتیب کدام است؟



۱) صفر و $-mgh$ ۲) صفر و $qvBh - mgh$

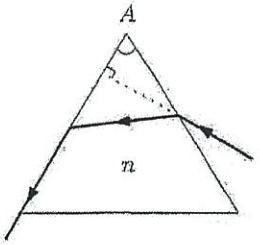
۳) $qvBh$ و $-mgh$ ۴) $qvBh - mgh$ و $qvBh$

۳۰) پرتو نور موازی محور یک عدسی تخت ـ کوژ و به فاصله‌ی h از آن به سطح تخت برخورد می‌کند. این پرتو پس از خروج از عدسی در نقطه‌ی M محور عدسی را قطع می‌کند. اگر شعاع سطح کروی عدسی R و مرکز آن O باشد، فاصله‌ی OM چقدر است؟ ضریب شکست عدسی n است.



۱) $\frac{n\sqrt{R^2-n^2h^2}+\sqrt{R^2-h^2}}{n-1}$ ۲) $\frac{n\sqrt{R^2-n^2h^2}+n^2\sqrt{R^2-h^2}}{n^2-1}$

۳) $\frac{n\sqrt{R^2-n^2h^2}+n^2\sqrt{R^2-h^2}}{n-1}$ ۴) $\frac{n\sqrt{R^2-n^2h^2}+\sqrt{R^2-h^2}}{n^2-1}$



۳۱) مطابق شکل یک پرتو نور به منشوری به ضریب شکست n و زاویه‌ی رأس A می‌تابد. راستای پرتو تابیده شده به وجه اول بر وجه دیگر عمود است. چه رابطه‌ای بین ضریب شکست و زاویه رأس منشور برقرار باشد تا پرتو خروجی از منشور مماس بر وجه منشور باشد؟

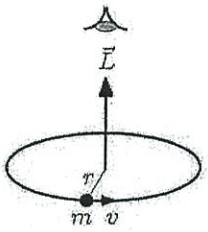
۱) $\cot A = n - \sqrt{n^2 - 1}$

۲) $\tan A = n - \sqrt{n^2 - 1}$

۳) $\cot A = \sqrt{n^2 - 1} - 1$

۴) $\tan A = \sqrt{n^2 - 1} - 1$

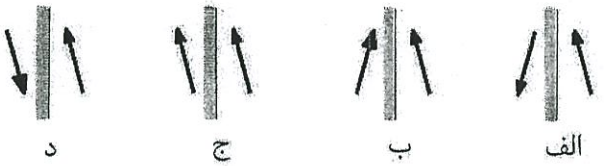
۳۲) هر گاه ذره‌ای به جرم m روی دایره‌ای به شعاع r بچرخد و اندازه‌ی سرعت آن v باشد به این ذره برداری با اندازه‌ی $L = rmv$ نسبت داده می‌شود که تکانه‌ی زاویه‌ای نام دارد. بردار $\vec{L}$ بر صفحه حرکت ذره عمود است و جهت آن مطابق شکل ۱ به سمت ناظری است که حرکت ذره را پادساعتگرد می‌بیند.



شکل ۱

حال فرض کنید ذره‌ای در مقابل یک آینه تخت قرار گرفته و بردار تکانه‌ی زاویه‌ای آن مطابق شکل ۲ است. کدام یک از شکل‌های زیر بردار تکانه‌ی زاویه‌ای ذره و تصویر آن را درست نشان می‌دهد؟

شکل ۲



۱) الف ۲) ب ۳) ج ۴) د

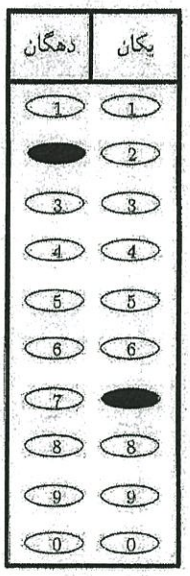
مسئله‌های کوتاه

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

در این مسئله‌ها باید پاسخ را برحسب واحدهای مورد نظر (مثلاً میلی‌آمپر، متر، کیلوگرم، دقیقه و غیره) که در صورت مسئله 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.

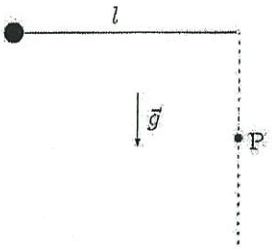
مثال: فرض کنید ظرفیت خازنی برحسب میکروفاراد خواسته شده باشد و شما عدد $۲۶/۷\,\mu F$ را به دست آورده باشید. ابتدا آن را به نزدیک‌ترین عدد صحیح گرد کنید تا عدد ۲۷ میکروفاراد به دست آید. سپس مطابق شکل پاسخ خود را در پاسخ‌نامه وارد کنید.

پاسخ نادرست در این بخش نمره‌ی منفی ندارد.

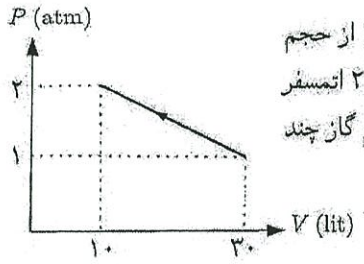


۱) خرگوشی روی خط مستقیم از دست گرگی در حال فرار است. گرگ نیز که روی همان خط حرکت می‌کند در لحظه‌ای که در فاصله‌ی ۴۵ متری خرگوش است سرعت ۱۴ m/s دارد، اما به دلیل خستگی، از این به بعد هر ۱۰ ثانیه ۱ m/s از سرعت‌اش کاسته می‌شود. حداقل سرعت خرگوش چند **متر بر ثانیه** باشد تا هیچ‌گاه به دام گرگ نیفتد.

۲) مطابق شکل یک سر نخ سبکی به طول $l = ۵۴\ \text{cm}$ به گلوله‌ای متصل شده و سر دیگر نخ به نقطه‌ای از یک دیوار قائم بسته شده است. این آونگ می‌تواند در صفحه‌ی قائمی در مجاورت دیوار نوسان کند. نقطه‌ی P زیر نقطه‌ی آویز و به فاصله‌ی $\frac{l}{۲}$ از آن میخی به دیوار زده شده که نخ آونگ هنگام نوسان می‌تواند به آن گیر کند. اگر آونگ از وضعیت افقی نشان داده شده در شکل رها شود پس از گیر کردن نخ به میخ بیشترین ارتفاع قائم گلوله از میخ چند **سانتی‌متر** خواهد بود؟ لازم به ذکر است که در حرکت دایره‌ای غیریکنواخت نیز اندازه‌ی شتاب جانب مرکز $\frac{v^۲}{R}$ است.



۳) مطابق شکل، مقداری گاز کامل (آرمانی) را از حجم ۳۰ لیتر و فشار ۱ اتمسفر تا حجم ۱۰ لیتر و فشار ۲ اتمسفر متراکم می‌کنیم. وقتی دمای گاز بیشینه است حجم گاز چند **لیتر** است؟



۴) یک عدسی واگرا در فاصله‌ی ۲۵ cm از یک آینه‌ی مقعر با فاصله‌ی کانونی ۲۰ cm قرار دارد. محورهای اصلی آینه و عدسی بر هم منطبق اند. در فاصله‌ی ۶۰ cm از عدسی یک چشمه‌ی نور نقطه‌ای روی محور اصلی آن قرار می‌دهیم. تصویر نهایی چشمه نور بر خودش منطبق می شود. اندازه‌ی فاصله‌ی کانونی عدسی چند **سانتی‌متر** است؟

۵) یک پرتو نور شامل دو طول موج ۴۹۶ nm و ۶۲۰ nm با شدت $۳/۶ \times ۱۰^{-۳}\ \mathrm{W/m^۲}$ است که به طور مساوی بین طول موج‌ها تقسیم شده است. پرتو به طور عمود به سطح یک فلز به مساحت $۱\ \mathrm{cm^۲}$ می‌تابد. تابع کار فلز ۲/۳ eV است. حداکثر تعداد فوتوالکترون‌ها در مدت ۲ s برابر است با $k \times ۱۰^n$ که k عددی بین ۱ و ۱۰ است. n چند است؟ $e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}\ \mathrm{C}$ و $hc = ۱۲۴۰\ \mathrm{eV \cdot nm}$.