باسمه تعالی
جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش
مرکز ملّی پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان
معاونت دانش‌پژوهان جوان

مرکز ملّی پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان

مبارزهٔ علمی برای جوانان، زنده‌کردن روح جست‌وجو و کشف واقعیّت‌هاست. «امام خمینی(ره)»

دفترچهٔ سؤالات مرحلهٔ اوّل سال ۱۳۹۶

سی و یکمین دورهٔ المپیاد فیزیک

ساعت: ۰۹:۰۰ صبح

کد دفترچه: ۱

تعداد سؤالات		مدّت آزمون
چهار گزینه‌ای	مسئله کوتاه	
۲۷	۵	۲۱۰ دقیقه

نام: نام خانوادگی: شمارهٔ صندلی:

توضیحات مهم

استفاده از ماشین‌حساب ممنوع است.

۱ - کد دفترچهٔ سؤالات شما ۱ است. این کد را در محلّ مشخص شده روی پاسخ‌نامه با مداد پر کنید. در غیر این صورت پاسخ‌نامهٔ شما تصحیح نخواهد شد. توجّه داشته باشید کد دفترچهٔ سؤالات شما که در بالای هر یک از صفحه‌های این دفترچه نوشته شده است، با کد دفترچه که در همین صفحه است، یکی باشد.

۲ - بلافاصله پس از آغاز آزمون، تعداد سؤالات داخل دفترچه و وجود همهٔ برگه‌های دفترچهٔ سؤالات را بررسی نمایید. در صورت وجود هرگونه نقصی در دفترچه، در اسرع وقت مسئول جلسه را مطّلع کنید.

۳ - یک برگه پاسخ‌نامه در اختیار شما قرار گرفته که مشخّصات شما بر روی آن نوشته شده است. در صورت نادرست بودن آن، در اسرع وقت مسئول جلسه را مطّلع کنید. ضمناً مشخّصات خواسته شده در پایین پاسخ‌نامه را با مداد مشکی بنویسید.

۴ - برگهٔ 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 محلّ مربوطه علامت بزنید. لطفاً خانهٔ مورد نظر را کاملاً سیاه کنید.

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

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

۷ - آزمون مرحلهٔ دوّم برای دانش‌آموزان پایهٔ دهم، صرفاً جنبهٔ آزمایشی و آمادگی دارد و شرکت‌کنندگان در دورهٔ تابستانی از بین دانش‌آموزان پایهٔ یازدهم انتخاب می شوند.

۸ - داوطلبان نمی‌توانند دفترچهٔ سؤالات را با خود ببرند. دفترچه باید همراه پاسخ‌نامه تحویل داده شود.

کلّیهٔ حقوق این سؤالات برای مرکز ملّی پرورش استعدادهای درخشان و دانش‌پژوهان جوان محفوظ است.
آدرس سایت اینترنتی : www.ysc.sampad.medu.ir

۰) کد دفترچهٔ سؤالات شما ۱ است. این کد را در محل مشخص شده روی پاسخ‌نامه با مداد پر کنید.

---

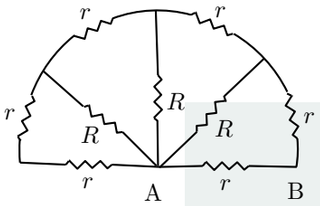
۱) ذره‌ای به جرم m و بار الکتریکی q تحت تأثیر نیروی گرانش زمین و نیروی الکتریکی روی مسیری افقی با شتاب ثابت g حرکت می‌کند. اندازهٔ نیروی الکتریکی کدام گزینه است؟

۱) صفر ۲) $\frac{\sqrt{۲}}{۲}mg$ ۳) mg ۴) $\boxed{\sqrt{۲}mg}$

---

۲) مقاومت الکتریکی بین دو نقطه‌ی A و B در شکل چقدر است؟

$R = ۶۰\ \Omega$ و $r = ۳۰\ \Omega$.



۱) ۹۰ Ω ۲) ۶۰ Ω ۳) ۳۰ Ω ۴) $\boxed{۲۰\ \Omega}$

---

۳) در یک دنیای فرضی چهار نوع بار قرمز، آبی، سبز و زرد وجود دارد به طوری که دو بار هم‌رنگ یکدیگر را دفع و دو بار غیر هم‌رنگ یکدیگر را جذب می‌کنند. فرض کنید برای تشخیص نوع بار معینی در این دنیای فرضی از ابزاری شبیه برق‌نما (الکتروسکوپ) استفاده می‌کنیم که کلاهک آن را می‌توان قبلاً با هر یک از بارهای چهارگانهٔ قرمز، آبی، سبز و زرد باردار کرد. برای تعیین نوع این بار حداکثر به چند تا از برق‌نماهای فوق نیاز داریم؟

۱) یک ۲) دو ۳) $\boxed{\text{سه}}$ ۴) چهار

ذهن زیبا

---

۴) جاده‌ای شیب ۲۰٫۰ درصد دارد، یعنی در هر ۱۰۰ متر روی جاده خودرو ۲۰ متر بالاتر می‌رود. یک خودرو در یک روز برفی در کنار این جاده توقف می‌کند و راننده ترمز دستی آن را می‌کشد. خودرو به طرف پایین جاده شروع به سُر خوردن می‌کند بدون این که چرخ‌ها بچرخند. اگر این خودرو در همین روز برفی بخواهد در یک خیابان افقی از حال سکون شروع به حرکت کند حداقل چه زمانی برای رسیدن به سرعت ۹۰٫۰ km/h نیاز دارد؟ $g = ۹٫۸۰\ \mathrm{m/s^۲}$.

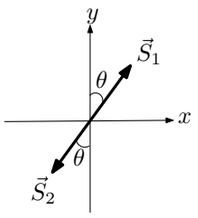
۱) ۱۱٫۴ s ۲) $\boxed{۱۲٫۵\ \mathrm{s}}$ ۳) ۴۰٫۱ s ۴) ۴۵٫۰ s

---

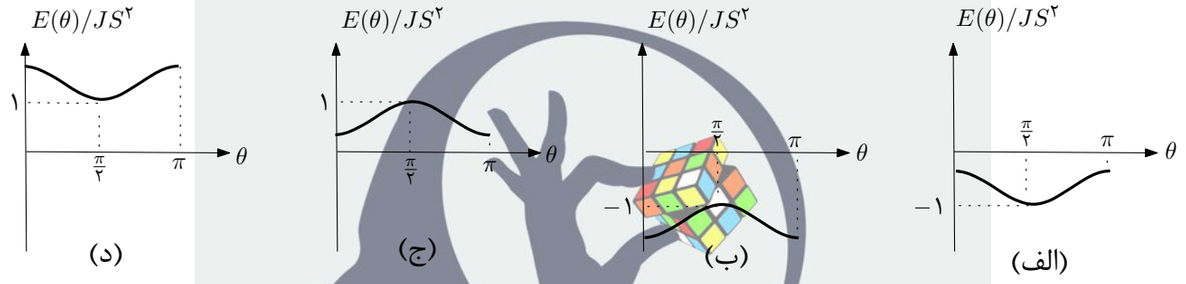
۵) هر دوقطبی مغناطیسی با برداری موسوم به مُمان دوقطبی مغناطیسی، $\vec{S}$، مشخص می‌شود. انرژی دستگاهی متشکل از دو دوقطبی مغناطیسی را به صورت زیر بگیرید

$$E(\theta) = J[S_{۱x}S_{۲x} + S_{۱y}S_{۲y} + \lambda S_{۱y}S_{۲y} + \frac{\mu}{۲}(S_{۱y}^{۲} + S_{۲y}^{۲})],$$

که در آن J، λ و μ ثابت‌های مثبت هستند ($\lambda < ۱$ و $\mu < ۱$). همچنین $S_{۱x}$ و $S_{۱y}$ مؤلفه‌های بردار $\vec{S}_۱$، و $S_{۲x}$ و $S_{۲y}$ مؤلفه‌های بردار $\vec{S}_۲$ هستند.



دو قطبی‌های $\vec{S}_۱$ و $\vec{S}_۲$ را مطابق شکل در صفحهٔ $y - x$ در نظر بگیرید. اندازهٔ هر ممان S است. هر یک از نمودارهای زیر ممکن است انرژی دستگاه را بر حسب θ نشان دهد.



کدام گزینه درست است؟

۱) شکل (الف) برای $\lambda > \mu$ و شکل (ب) برای $\lambda < \mu$ **۲)** شکل (ج) برای $\lambda > \mu$ و شکل (د) برای $\lambda < \mu$

۳) شکل (ب) برای $\lambda > \mu$ و شکل (الف) برای $\lambda < \mu$ **۴)** شکل (د) برای $\lambda > \mu$ و شکل (ج) برای $\lambda < \mu$

---

۶) با در نظر گرفتن مقادیر تقریبی مناسب برای کمیت‌های مرتبط، مرتبهٔ بزرگی تعداد ملکول‌های نیتروژن جو زمین به کدام گزینه نزدیک‌تر است؟

۱) $۱۰^{۳۹}$ **۲)** $۱۰^{۴۴}$ **۳)** $۱۰^{۴۹}$ **۴)** $۱۰^{۵۴}$

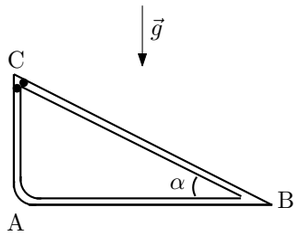
---

۷) هستهٔ عناصر مانند یک جسم سخت نیست که سطح آن مرز مشخصی دارد. به هسته‌ای با عدد جرمی A شعاع متوسط R نسبت داده می‌شود که رابطهٔ آن با A به صورت $R = R_۰A^{\frac{۱}{۳}}$ است که $R_۰ = ۱٫۲\ \text{fm}$. جرم یک پروتون یا نوترون $۱٫۶۷ \times ۱۰^{-۲۷}\ \text{kg}$ است. چگالی مادهٔ هسته‌ای کدام گزینه است؟

۱) $۲٫۳ \times ۱۰^{۸}\ \text{kg/m}^۳$ **۲)** $۲٫۳ \times ۱۰^{۱۱}\ \text{kg/m}^۳$ **۳)** $۲٫۳ \times ۱۰^{۱۴}\ \text{kg/m}^۳$ **۴)** $۲٫۳ \times ۱۰^{۱۷}\ \text{kg/m}^۳$

ذهن زیبا

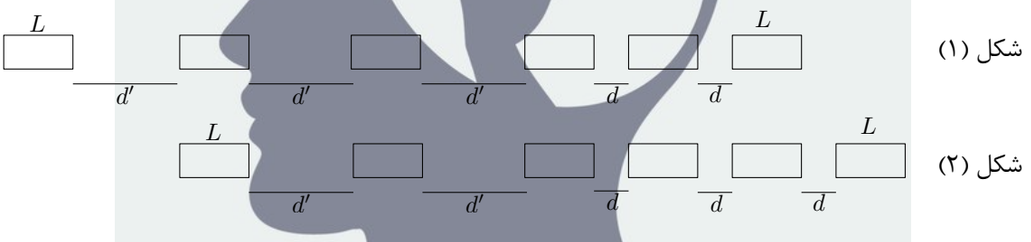
۸) دو جسم کوچک از نقطهٔ C بدون سرعت اولیه رها می‌شوند و روی مسیرهای بدون اصطکاک CB و CAB به نقطهٔ B می‌رسند. جسمی که از مسیر CAB می‌رود در نقطهٔ A بدون آن که اندازهٔ سرعت‌اش تغییر کند منحرف می‌شود و در مسیر AB به حرکت ادامه می‌دهد. زاویهٔ A قائمه و شتاب گرانش مطابق شکل است. $\cos\alpha$ چقدر باشد تا دو گلوله هم‌زمان به نقطهٔ B برسند؟



۱) $\boxed{\frac{۴}{۵}}$ ۲) $\frac{۲}{۳}$ ۳) $\frac{۳}{۵}$ ۴) $\frac{۱}{۲}$

---

۹) تصویر هوایی لحظه‌ای از یک بزرگ‌راه مطابق شکل (۱) است. در لحظهٔ تصویربرداری خودروهای جلویی، به فاصلهٔ $d = ۲\ \text{m}$ از یکدیگر، با سرعت $v_۱ = ۵\ \text{m/s}$ و خودروهای عقبی به فاصلهٔ d' از یکدیگر، با سرعت $v_۲ = ۲۵\ \text{m/s}$ حرکت می‌کنند. طول همهٔ خودروها را $L = ۵\ \text{m}$ بگیرید. نخستین خودرو از مجموعهٔ عقبی به محض آن که به فاصلهٔ d از آخرین خودرو مجموعهٔ جلویی می‌رسد سرعت خود را به طور آنی از $v_۲$ به $v_۱$ می‌رساند و در همین لحظه یک تصویر هوایی دیگر از بزرگ‌راه گرفته می شود که مطابق شکل (۲) است. d' چقدر است؟



۱) ۱۰ m ۲) ۲۵ m ۳) $\boxed{۳۰\ \text{m}}$ ۴) ۳۵ m

---

۱۰) در شکل مقابل دو بالون به شعاع‌های $R_۱$ و $R_۲$ داریم که به ترتیب از گازهایی به چگالی $\rho_۱$ و $\rho_۲$ پر شده‌اند. بالون‌ها از دو سمت یک ترازوی ساده که طول بازوهای آن مساوی است آویخته شده و دستگاه در حالت تعادل است. چگالی هوا $\rho_۰$ است و داریم $\rho_۰ < \rho_۱ < \rho_۲$.

کدام گزینه در مورد $R_۲/R_۱$ درست است؟ جرم بالون‌های خالی با یکدیگر برابر است.

۱) $\frac{R_۲}{R_۱} = \left(\frac{\rho_۱(\rho_۲ - \rho_۰)}{\rho_۲(\rho_۱ - \rho_۰)}\right)^{۱/۳}$ ۲) $\frac{R_۲}{R_۱} = \left(\frac{\rho_۲ - \rho_۰}{\rho_۱ - \rho_۰}\right)^{۱/۳}$

۳) $\frac{R_۲}{R_۱} = \left(\frac{\rho_۱}{\rho_۲}\right)^{۱/۳}$ ۴) $\boxed{\frac{R_۲}{R_۱} = \left(\frac{\rho_۱ - \rho_۰}{\rho_۲ - \rho_۰}\right)^{۱/۳}}$

ذهن زیبا

۱۱) در یک دستگاه از واحدها، موسوم به واحدهای طبیعی، یکای طول $l_p = ۱/۶ \times ۱۰^{-۳۵}\ \mathrm{m}$ و یکای دما $T_p = ۱/۴ \times ۱۰^{۳۲}\ \mathrm{K}$ است که به آن‌ها به ترتیب طول پلانک و دمای پلانک گفته می‌شود. در این دستگاه از واحدها تعداد فوتون‌ها بر واحد حجم عالم بر حسب دما با رابطهٔ $n = ۰/۱۸T^۳$ داده می‌شود. اگر دمای میانگین عالم در حال حاضر $۲/۷\ \mathrm{K}$ باشد تعداد فوتون‌ها بر واحد حجم چند **فوتون بر سانتی‌متر مکعب** است؟

۱) $\boxed{۳/۲ \times ۱۰^۲}$ ۲) $۱/۴ \times ۱۰^۴$ ۳) $۳/۲ \times ۱۰^۸$ ۴) $۱/۴ \times ۱۰^{۱۰}$

---

۱۲) یک بالون پر از هیدروژن با جرم کل M و حجم ثابت V در ارتفاع h از سطح زمین در حال تعادل است. جو در شرایطی ایده‌آل فرض می‌شود که در آن چگالی هوا در ارتفاع h از رابطهٔ $\rho = \rho_۰(۱ - \frac{h}{h_۰})^{۱/(\gamma-۱)}$ به دست می‌آید که $\rho_۰$ چگالی هوا در ارتفاع صفر و γ ضریب اتمیسیتهٔ هوا است. فرض کنید به آرامی جرم m از بالون به بیرون ریخته شود. بالون بالا رفته در ارتفاع h' می‌ایستد. h' کدام است؟

یادآوری: اگر x خیلی کوچک‌تر از ۱ باشد ($x \ll ۱$) آنگاه $(۱+x)^\alpha \approx ۱ + \alpha x$.

۱) $h + h_۰ \frac{۱}{\gamma - ۱} \frac{m}{M}$ ۲) $h + (h_۰ - h) \frac{۱}{\gamma - ۱} \frac{m}{M}$

۳) $h + h_۰(\gamma - ۱) \frac{m}{M}$ ۴) $\boxed{h + (h_۰ - h)(\gamma - ۱) \frac{m}{M}}$

---

۱۳) ذره‌ای با بار q و جرم m در میدان مغناطیسی یکنواخت B روی دایره‌ای می‌چرخد. بر اثر این چرخش ذره تابشی با طول موج λ انجام می‌دهد. با توجه به یکای کمیت‌ها کدام یک از روابط زیر می‌تواند طول موج تابش را بیان کند. $\epsilon_۰$ ضریب گذردهی الکتریکی خلأ و $\mu_۰$ تراوایی مغناطیسی خلأ است.

۱) $\lambda = \frac{qB}{m\sqrt{\epsilon_۰ \mu_۰}}$ ۲) $\lambda = \frac{qB\sqrt{\epsilon_۰ \mu_۰}}{m}$ ۳) $\boxed{\lambda = \frac{m}{qB\sqrt{\epsilon_۰ \mu_۰}}}$ ۴) $\lambda = \frac{m\sqrt{\epsilon_۰ \mu_۰}}{qB}$

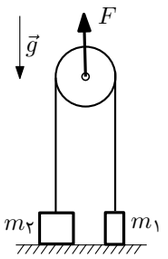
---

۱۴) یک لامپ $۲/۵\ \mathrm{W}$ نور زرد سدیم با طول موج $\lambda = ۵۸۹۰\ \text{Å}$ تابش می‌کند. فرض کنید چشم انسان در تاریکی مطلق قادر است با دریافت حداقل ۱۰ فوتون بر ثانیه یک منبع نور را تشخیص دهد. در این حال مردمک چشم کاملاً باز است و قطر آن به $۶\ \mathrm{mm}$ می‌رسد. با توجه به این که انرژی فوتون‌ها از رابطهٔ پلانک، $\varepsilon = hf$، به دست می‌آید و با فرض آن که هیچ منبع نور دیگری نباشد و فوتون‌ها در مسیر خود پراکنده نشوند، این لامپ حداکثر از چه فاصله‌ای قابل تشخیص است؟ $h = ۶/۶۳ \times ۱۰^{-۳۴}\ \mathrm{J.s}$ و $c = ۳ \times ۱۰^۸\ \mathrm{m/s}$.

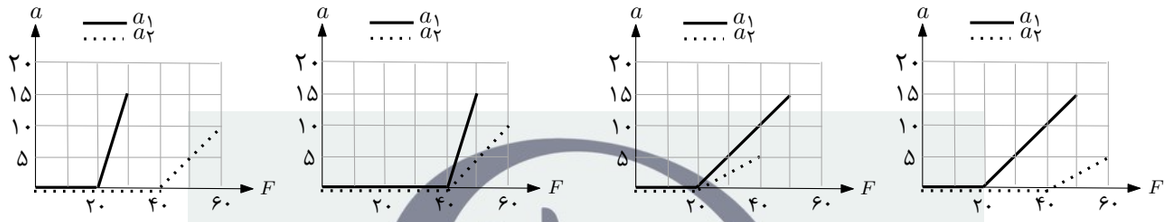
۱) $۱/۳ \times ۱۰^۳\ \mathrm{m}$ ۲) $۲/۵ \times ۱۰^۳\ \mathrm{m}$ ۳) $\boxed{۱/۳ \times ۱۰^۶\ \mathrm{m}}$ ۴) $۲/۵ \times ۱۰^۶\ \mathrm{m}$

ذهن زیبا

۱۵) مطابق شکل دو جسم به جرم‌های $m_۱ = ۱\ \text{kg}$ و $m_۲ = ۲\ \text{kg}$ به دو سر ریسمانی که از روی قرقره‌ای گذشته است وصل شده‌اند. جرم قرقره و ریسمان قابل چشم‌پوشی است. در حالی که دو جسم روی یک سطح افقی به عنوان تکیه‌گاه قرار دارند، نیروی متغیر F را به سمت بالا به محور قرقره وارد می‌کنیم. اندازهٔ F را از صفر به تدریج زیاد می‌کنیم.



کدام یک از نمودارهای زیر شتاب جرم‌های $m_۱$ و $m_۲$ را بر حسب F به درستی بیان می‌کند؟ شتاب $a_۱$ را با خط توپر و شتاب $a_۲$ را با خط‌چین نشان داده‌ایم. اعداد روی محور افقی بر حسب نیوتن و اعداد روی محور قائم بر حسب متر بر مجذور ثانیه است. $g = ۱۰\ \text{m/s}^۲$.



(الف) (ب) (ج) (د)

کدام نمودار درست است؟

۱) الف ۲) ب ۳) ج ۴) د

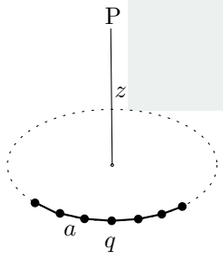
---

۱۶) اگر دو مقاومت را با هم سری کنیم، مقاومت معادل p می‌شود و اگر همان دو مقاومت را با هم موازی ببندیم، مقاومت معادل q است. فرض کنید $p = nq$ است، حداقل مقدار ممکن برای n چیست؟

۱) ۵ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

---

۱۷) $۲n$ بار الکتریکی نقطه‌ای q مطابق شکل بر روی رأس‌های یک $۲n$ ضلعی منتظم که طول ضلع آن a است قرار داده شده‌اند. نقطهٔ P به فاصلهٔ z از مرکز $۲n$ ضلعی منتظم روی خط راستی که بر صفحهٔ $۲n$ ضلعی منتظم عمود است قرار دارد. اندازهٔ میدان الکتریکی در نقطهٔ P بر حسب $u = \frac{۲z}{a}\sin(\frac{\pi}{۲n})$ کدام گزینه است؟



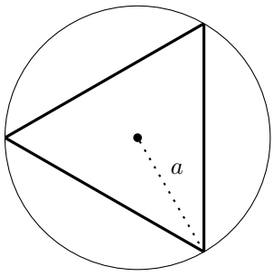
۱) $\frac{qn}{۴\pi\epsilon_۰ z^۲}\frac{u^۲}{۴+u^۲}$

۲) $\frac{qn}{۴\pi\epsilon_۰ z^۲}\frac{u^۳}{(۴+u^۲)^{۳/۲}}$

۳) $\frac{qn}{۲\pi\epsilon_۰ z^۲}\frac{u^۲}{۱+u^۲}$

۴) $\frac{qn}{۲\pi\epsilon_۰ z^۲}\frac{u^۳}{(۱+u^۲)^{۳/۲}}$

۱۸) سطح مقطع یک سیملولهٔ طویل استوانه‌ای به شعاع a که در واحد طول آن n دور سیم پیچیده شده در شکل نشان داده شده است. یک حلقهٔ رسانای روکش‌دار به شکل مثلث متساوی‌الاضلاع داخل سیملوله در دایره به شعاع a که عمود بر محور استوانه است محاط شده است. فرض کنید شدت جریان سیملوله، $I(t)$، با زمان تغییر کند. اگر مقاومت الکتریکی حلقهٔ رسانا R باشد جریان الکتریکی القاء شده در آن کدام گزینه است؟ اثر خودالقایی حلقه را نادیده بگیرید.



۱) $\frac{\sqrt{۳}}{۴}\frac{a^۲}{R}\mu_۰ n\frac{dI(t)}{dt}$

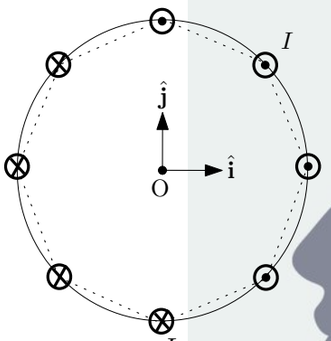
۲) $\boxed{\frac{۳\sqrt{۳}}{۴}\frac{a^۲}{R}\mu_۰ n\frac{dI(t)}{dt}}$

۳) $(\pi-\frac{\sqrt{۳}}{۴})\frac{a^۲}{R}\mu_۰ n\frac{dI(t)}{dt}$

۴) $(\pi-\frac{۳\sqrt{۳}}{۴})\frac{a^۲}{R}\mu_۰ n\frac{dI(t)}{dt}$

---

۱۹) هشت سیم مستقیم و طویل به موازات یکدیگر طوری قرار دارند که مقطع آن‌ها مطابق شکل، یک هشت‌ضلعی منتظم محاط در دایره‌ای به شعاع r است. جریان الکتریکی در همهٔ آن‌ها I است که در چهارتا از آن‌ها به سمت داخل شکل و در چهارتای دیگر به سمت بیرون شکل است. بردار میدان مغناطیسی این مجموعه در نقطهٔ O، مرکز هشت‌ضلعی منتظم، بر حسب بردارهای یکهٔ $\hat{\mathbf{i}}$ و $\hat{\mathbf{j}}$ کدام گزینه است؟



یادآوری می‌شود اندازهٔ میدان مغناطیسی یک سیم طویل حامل جریان I در فاصلهٔ R از آن $\frac{\mu_۰ I}{۲\pi R}$ است.

۱) $\boxed{\frac{\mu_۰ I}{۲\pi r}[۲\hat{\mathbf{i}}-۲(۱+\sqrt{۲})\hat{\mathbf{j}}]}$

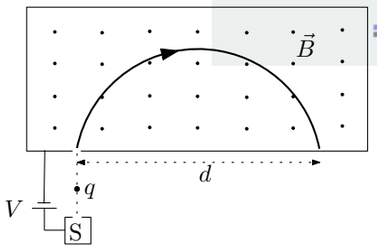
۲) $\frac{\mu_۰ I}{۲\pi r}[۲(۱+\sqrt{۲})\hat{\mathbf{i}}+۲\hat{\mathbf{j}}]$

۳) $\frac{\mu_۰ I}{۲\pi r}[۲\hat{\mathbf{i}}+۲(۱+\sqrt{۲})\hat{\mathbf{j}}]$

۴) $\frac{\mu_۰ I}{۲\pi r}[۲(۱+\sqrt{۲})\hat{\mathbf{i}}-۲\hat{\mathbf{j}}]$

---

۲۰) در شکل، نمایی از یک دستگاه جداکنندهٔ جرم که برای اندازه‌گیری جرم یون‌ها به کار می‌رود، نشان داده شده است. در این دستگاه یون‌هایی که در چشمهٔ S تولید شده‌اند، تحت تأثیر پتانسیل الکتریکی $V = ۱۰۰۰\ \mathrm{V}$ شتاب می‌گیرند و وارد اتاقکی می‌شوند که در آن میدان مغناطیسی $B = ۰/۰۸\ \mathrm{T}$، عمود بر صفحهٔ شکل، برقرار است.

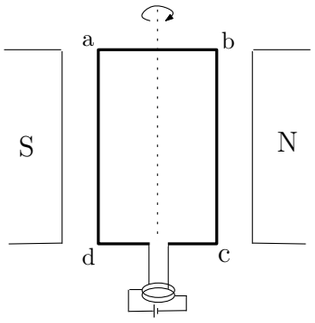


فرض کنید یون‌هایی با بار $e = ۱/۶۰\times۱۰^{-۱۹}\ \mathrm{C}$ در این دستگاه وارد شده و در فاصلهٔ $d = ۳۰/۲\ \mathrm{cm}$ فرود آمده‌اند. اگر واحد جرم اتمی $\mathrm{u} = ۱/۶۷\times۱۰^{-۲۷}\ \mathrm{kg}$ باشد، این یون‌ها مربوط به کدام عنصر هستند؟

۱) ${}^{۹}_{۴}\mathrm{Be}$ ۲) $\boxed{{}^{۷}_{۳}\mathrm{Li}}$ ۳) ${}^{۴}_{۲}\mathrm{He}$ ۴) ${}^{۱}_{۱}\mathrm{H}$

ذهن زیبا

۲۱) موتور الکتریکی ساده از یک قاب abcd که می‌تواند دور محورش بچرخد درست شده است. دور این قاب چند دور سیم نازک روکش‌دار پیچیده شده و قاب میان دو قطب آهنربا قرار دارد. دو سر سیم‌های پیچیده دور قاب به یک باتری وصل می‌شود و جریانی در سیم‌پیچ به وجود می‌آید. نیروی ناشی از تأثیر میدان مغناطیسی بر جریان الکتریکی، قاب را می‌چرخاند.



در یک موتور الکتریکی یک بار سیمی که شعاع سطح مقطع آن $r_۱$ است انتخاب می‌کنیم و $N_۱$ دور از آن را دور قاب می‌پیچیم. در این وضعیت، جریان $I_۱$ از سیم‌پیچ می‌گذرد. بار دیگر سیمی از همان جنس به شعاع سطح مقطع $r_۲$ برمی‌داریم و $N_۲$ دور از آن را دور قاب می‌پیچیم. در این وضعیت، جریان $I_۲$ از سیم‌پیچ می‌گذرد. می‌خواهیم نیروی وارد بر هر جزء از سیم‌ها و جرم کل قاب سیم‌پیچی شده در دو وضعیت تغییر نکند. میدان مغناطیسی را ثابت فرض کنید. $r_۲$ و $N_۲$ بر حسب $r_۱$، $N_۱$، $I_۱$ و $I_۲$ کدام گزینه است؟

۱) $N_۲ = N_۱\sqrt{\frac{I_۱}{I_۲}}$ و $r_۲ = r_۱\frac{I_۲}{I_۱}$

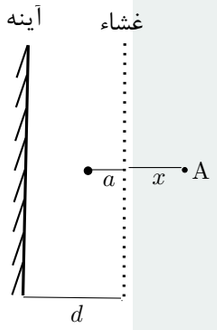
۲) $\boxed{N_۲ = N_۱\frac{I_۱}{I_۲}}$ و $\boxed{r_۲ = r_۱\sqrt{\frac{I_۲}{I_۱}}}$

۳) $N_۲ = N_۱\sqrt{\frac{I_۲}{I_۱}}$ و $r_۲ = r_۱\frac{I_۱}{I_۲}$

۴) $N_۲ = N_۱\frac{I_۲}{I_۱}$ و $r_۲ = r_۱\sqrt{\frac{I_۱}{I_۲}}$

---

۲۲) یک غشاء نازک در فاصلهٔ d جلوی یک آینهٔ تخت و موازی آن قرار دارد. در فاصلهٔ a از غشاء، بین غشاء و آینه، یک چشمهٔ امواج رادیویی نقطه‌ای قرار دارد. این چشمه تپی در بازهٔ زمانی کوتاه به سوی غشاء می‌فرستد. غشاء دارای این خاصیت است که هر تپ را به دو تپ تقسیم می‌کند، یک تپ را عبور می‌دهد و تپ دیگر را بازمی‌تاباند. آینه نیز هر تپ که به آن می‌رسد را کاملاً بازمی‌تاباند.



مطابق شکل درنقطهٔ A به فاصلهٔ x از غشاء یک دریافت‌کنندهٔ امواج رادیویی قرار دارد. فرض کنید چشمه در لحظهٔ $t = ۰$ یک تپ به سمت غشاء می‌فرستد. تعیین کنید بعد از زمان T چند تپ به دریافت‌کننده می‌رسد. c سرعت نور است و علامت $[y]$ جزء صحیح عدد اعشاری y را نشان می‌دهد.

۱) $\boxed{\left[\frac{Tc-(x+a)}{۲d}\right]+۱}$

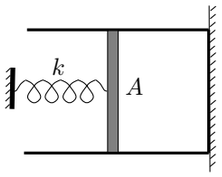
۲) $\left[\frac{Tc}{x+a}\right]+۱$

۳) $\left[\frac{Tc}{۲d}\right]+۱$

۴) $\left[\frac{Tc}{۲(d-a)}\right]+۱$

ذهن زیبا

۲۳) مقداری گاز در ظرفی محبوس است و به وسیلهٔ یک پیستون به جرم ناچیز، حجم آن قابل تغییر است. مطابق شکل پیستون به یک فنر که از قانون هوک پیروی می‌کند و ثابت آن k است وصل شده است. سرِ دیگر فنر به نقطهٔ ثابتی بسته شده است. مساحت سطح مقطع پیستون A است.



به آرامی به گاز گرما می‌دهیم طوری که از حجم و فشار اولیهٔ $(V_۱, P_۱)$ به حجم و فشار نهایی $(V_۲, P_۲)$ می‌رسد. کار انجام شده روی گاز کدام گزینه است؟

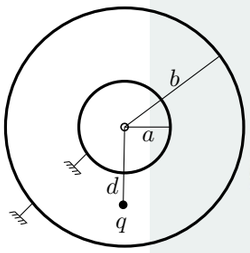
راهنمایی: به کمک تعادل نیروها در هر لحظه، نوع رابطهٔ P بر حسب V را تعیین کنید.

۱) $P_۱V_۱ - P_۲V_۲ + k(V_۲ - V_۱)^۲/۲A^۲$ **۲)** $(P_۲ + P_۱)(V_۱ - V_۲)/۲ + k(V_۲ - V_۱)^۲/۲A^۲$

۳) $\boxed{(P_۲ + P_۱)(V_۱ - V_۲)/۲}$ **۴)** $P_۱V_۱ - P_۲V_۲$

---

۲۴) دو کرهٔ رسانای هم‌مرکز به شعاع‌های a و b متصل به زمین هستند. بار نقطه‌ای q بین دو کره و به فاصلهٔ d از مرکز کره‌ها قرار دارد و بارهای $Q_۱$ و $Q_۲$ را به ترتیب روی کره‌های با شعاع a و b القاء می‌کند. می‌توان نشان داد $Q_۱ + Q_۲ = -q$. بارهای $Q_۱$ و $Q_۲$ کدام‌اند؟



توجه: اگر درون یک کرهٔ رسانا بار الکتریکی وجود نداشته باشد و فقط روی سطح آن بار وجود داشته باشد، پتانسیل الکتریکی همهٔ نقاط درون کره و سطح آن با هم برابراند. همچنین لازم به دقت است که پتانسیل الکتریکی بار نقطه‌ای q در فاصلهٔ r از آن $V = \frac{q}{۴\pi\epsilon_۰ r}$ است و برای مجموعه‌ای از بارها، پتانسیل الکتریکی در هر نقطه برابر با مجموع پتانسیل الکتریکی بارها در آن نقطه است.

۱) $Q_۱ = -q\frac{a(b-d)}{d(b-a)}$، $Q_۲ = -q\frac{b(d-a)}{d(b-a)}$ **۲)** $Q_۱ = -q\frac{a(d-a)}{d(b-a)}$، $Q_۲ = -q\frac{b(b-d)}{d(b-a)}$

۳) $\boxed{Q_۱ = -q\frac{a(b-d)}{d(b-a)}، \quad Q_۲ = -q\frac{b(d-a)}{d(b-a)}}$ **۴)** $Q_۱ = -q\frac{b(d-a)}{d(b-a)}$، $Q_۲ = -q\frac{a(b-d)}{d(b-a)}$

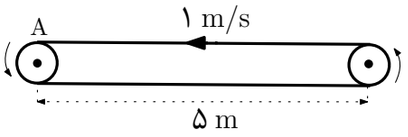
---

۲۵) چگالی آب مایع $۱\ \mathrm{g/cm^۳}$ و عدد آووگادرو $۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}$ است. فاصلهٔ میانگین دو اتم اکسیژن همسایه در آب مایع چقدر است؟

۱) $۳\times۱۰^{-۷}\ \mathrm{cm}$ **۲)** $\boxed{۳\times۱۰^{-۸}\ \mathrm{cm}}$ **۳)** $۳\times۱۰^{-۹}\ \mathrm{cm}$ **۴)** $۳\times۱۰^{-۱۰}\ \mathrm{cm}$

ذهن زیبا

۲۶) مطابق شکل تسمه نقاله‌ای با سرعت ثابت $1\ \mathrm{m/s}$ به طرف چپ در حرکت است. جسمی را از نقطهٔ A نزدیک سطح تسمه و در امتداد آن به صورت افقی و با سرعت v_0 نسبت به ناظر زمین به سمت راست پرتاب می‌کنیم.

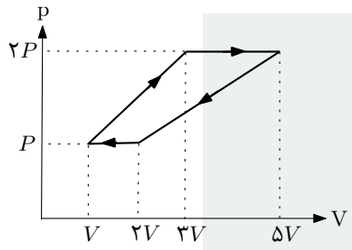


ضریب اصطکاک جنبشی بین تسمه و جسم ۰٫۲۵ و طول تسمه نقاله $5\ \mathrm{m}$ است. شتاب گرانش را $g = 10\ \mathrm{m/s^2}$ بگیرید. حداکثر v_0 چقدر باشد تا جسم از سمت مقابل A از روی تسمه نقاله پایین نیفتد.

۱) $4\ \mathrm{m/s}$ ۲) $\boxed{5\ \mathrm{m/s}}$ ۳) $6\ \mathrm{m/s}$ ۴) $10\ \mathrm{m/s}$

---

۲۷) یک ماشین گرمایی با یک مول گاز کامل تک اتمی طی فرایند چرخه‌ای آرمانی نشان داده شده در شکل کار انجام می‌دهد. بازدهٔ این ماشین گرمایی چند درصد است؟



۱) $\boxed{7}$ ۲) ۲۷ ۳) ۳۴ ۴) ۶۴

ذهن زیبا

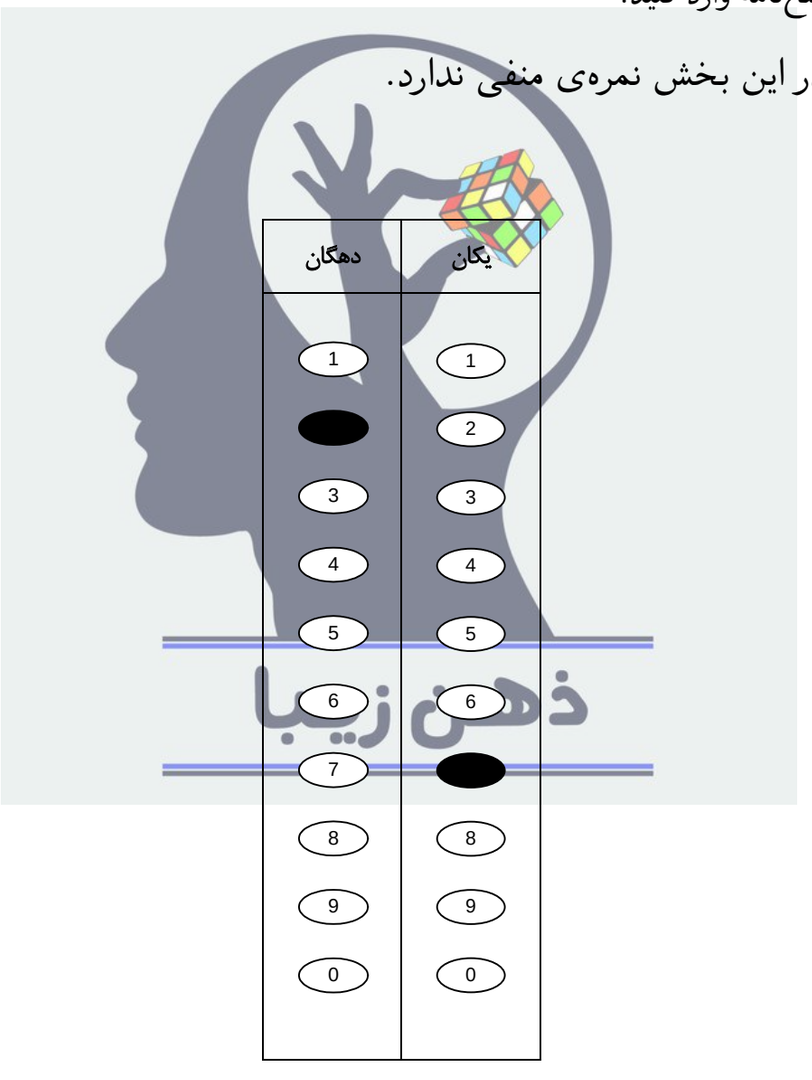
مسئله‌های کوتاه

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) قلب یک انسان بالغ تقریباً در هر ۰٫۸ ثانیه یک بار می‌زند و در هر بار $۷۰\ \text{cm}^۳$ خون را از سرخرگ آئورت عبور می‌دهد. قطر سرخرگ آئورت $۲\ \text{cm}$ است. سرعت خون عبوری از آئورت چند **سانتی‌متر بر ثانیه** است؟

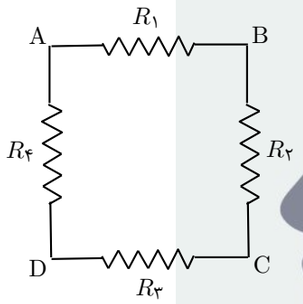
پاسخ: $۲۸\ \text{cm/s}$

---

۲) فرض کنید پشت چراغ قرمز تعداد زیادی اتومبیل که طول هر یک $۴\ \text{m}$ است پشت سر هم و چسبیده به هم توقف کرده‌اند. وقتی چراغ سبز شد اتومبیل اول که دقیقاً پشت چراغ قرار دارد با شتاب ثابت $۱\ \text{m/s}^۲$ به راه می‌افتد و پس از آن که $۸\ \text{m}$ از اتومبیل عقبی فاصله گرفت، اتومبیل دوم نیز با همان شتاب به راه می‌افتد. اتومبیل سوم نیز پس از آن که اتومبیل دوم $۸\ \text{m}$ از آن فاصله گرفت با همان شتاب شروع به حرکت می‌کند و به همین ترتیب ادامه می‌یابد. اگر چراغ $۱۲۰\ \text{s}$ ثانیه سبز بماند حداکثر چند اتومبیل می‌توانند از چراغ سبز عبور کنند؟ پاسخ: ۲۷

---

۳) در مدار مقابل اگر یک باتری را بین نقاط A و B یا بین نقاط C و D وصل کنیم توان الکتریکی مصرفی در مدار P است. اگر همان باتری بین نقاط A و D یا بین نقاط B و C بسته شود توان الکتریکی مصرفی $P' = \frac{۶۵}{۹}P$ است. نسبت $\frac{R_۱}{R_۲}$ چقدر است؟ پاسخ: ۱۳



---

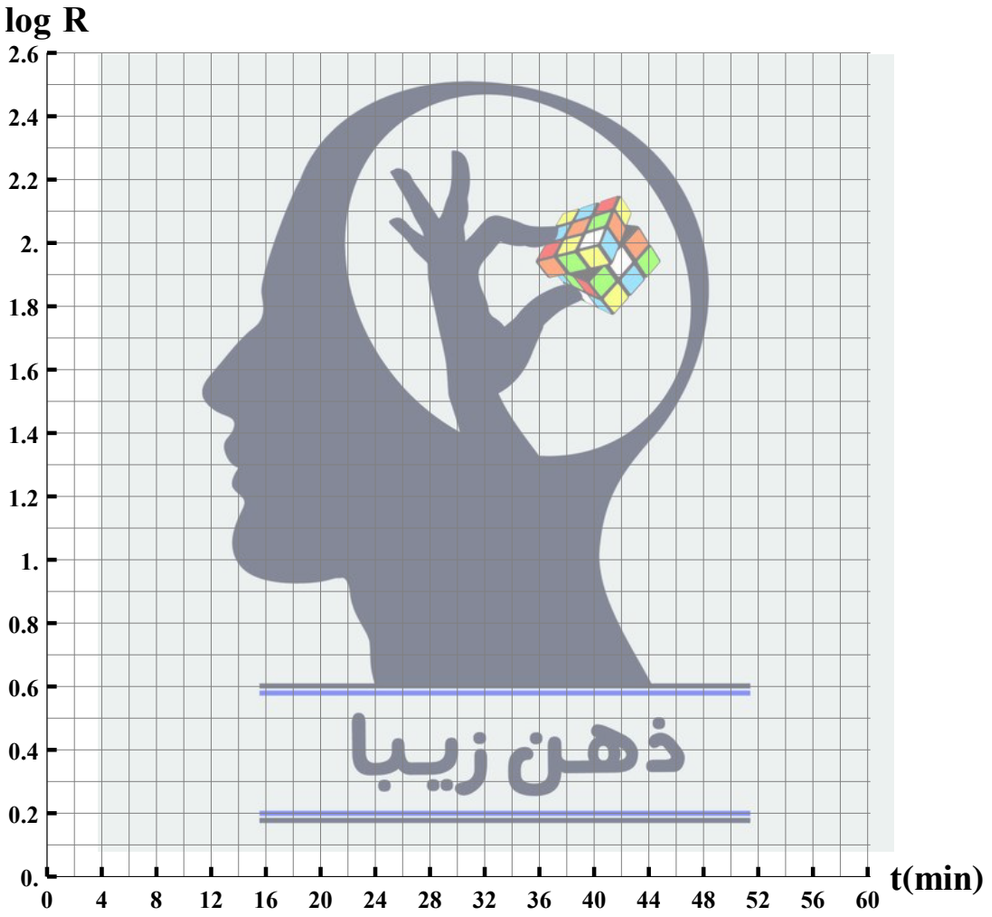
۴) بلندترین فوارهٔ جهان در شهر جده است. این فواره آب را با آهنگ ۳۷۵۰۰ لیتر در دقیقه تا ارتفاع $۲۶۰\ \text{m}$ پرتاب می‌کند. قطر ستون آب در محل پرتاب چند **سانتی‌متر** است؟ از مقاومت هوا صرف‌نظر کنید و سرعت آب را در تمام نقاط سطح مقطع هنگام خروج از فواره یکسان فرض کنید. پاسخ: $۱۰\ \text{cm}$، $۱۱\ \text{cm}$ و $۱۲\ \text{cm}$

ذهن زیبا

۵) تعداد هسته‌ها در یک مادهٔ پرتوزا بنا بر رابطهٔ $N(t) = N_{\circ} \times ۱۰^{-k\lambda t}$ با زمان کاهش می‌یابد، که $k = ۰/۴۳$ و λ ثابت تلاشی نام دارد. همچنین می‌توان نشان داد که R، تعداد واپاشی بر واحد زمان، با N متناسب است، یعنی با کم شدن تعداد هسته‌ها، تعداد واپاشی‌ها بر واحد زمان نیز به همان نسبت کاهش می‌یابد.

R(تعداد بر دقیقه)	t(دقیقه)
۳۲۰	۸
۲۰۰	۲۳
۱۶۰	۳۰
۸۰	۵۴

در جدول مقابل برای یک نمونهٔ پرتوزا آهنگ واپاشی R (بر حسب تعداد بر دقیقه) در چهار لحظهٔ t (بر حسب دقیقه) داده شده است. با رسم نمودار $\log R$ بر حسب t نیمه عمر مادهٔ پرتوزا را بر حسب **دقیقه** به دست آورید. $\log ۲ \approx ۰/۳$. پاسخ: ۲۳ دقیقه



پاسخ‌نامه (کلید اولیه) سؤالات دفترچه کد یک (۱) مرحله اول آزمون سال تحصیلی ۹۷-۱۳۹۶ المپیاد فیزیک

سوال شماره	گزینه/پاسخ صحیح	توضیح	سوال شماره	گزینه/پاسخ صحیح	توضیح
۱	۴		۱۷	۴	
۲	۴		۱۸	۲	
۳	۳		۱۹	۱	
۴	۲		۲۰	۲	
۵	۳		۲۱	۲	
۶	۲		۲۲	۱	
۷	۴		۲۳	۳	
۸	۱		۲۴	۳	
۹	۳		۲۵	۲	
۱۰	۴		۲۶	۲	
۱۱	۱		۲۷	۱	
۱۲	۴		مسئله کوتاه ۱	پاسخ: ۲۸ cm/s	
۱۳	۳		مسئله کوتاه ۲	پاسخ: ۲۷	
۱۴	۳		مسئله کوتاه ۳	پاسخ: ۱۳	
۱۵	۱		مسئله کوتاه ۴	پاسخ: ۱۰ cm، ۱۱ cm، ۱۲ cm	
۱۶	۴		مسئله کوتاه ۵	پاسخ: ۲۳ دقیقه	

ذهن زیبا