



# دفترچه‌ی سؤال و پاسخ

## مرحله‌ی اول المپیاد فیزیک کشور

### اسفند ماه ۱۳۹۰

تعداد سؤال	زمان آزمون
۳۵	۱۸۰ دقیقه

ناظر علمی	علیرضا فروغی
ویرایش و نگارش پاسخ‌نامه	پویا قارونی (دارنده‌ی مدال برنز جهانی ۲۰۱۰)، علیرضا کمالی‌پور (دارنده‌ی مدال نقره‌ی جهانی ۲۰۱۱)
حروف‌نگاری و صفحه‌آرایی	مونا علیزاده

با توجه به تایپ مجدد متن سؤالات و پلسخ تشریحی امکان بروز اشتباه وجود دارد. لذا خواهشمندیم در صورت مشاهده‌ی این موارد با تلفن ۰۶۴۶۳-۰۲۱ داخلی ۱۶۰ تماس گرفته و ما را در ارائه هر چه بهتر این خدمات یاری نمایید.

#### بنیاد علمی آموزشی قلمچی (وقف عام)

دفتر مرکزی: خیابان انقلاب بین صبا و فلسطین پلاک ۹۲۳ بنیاد آموزشی قلمچی (وقف عام) ۰۲۱-۶۴۶۳

«تمام دارایی‌ها و درآمدهای بنیاد علمی آموزشی قلمچی وقف عام است بر گسترش دانش و آموزش»

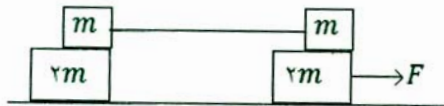
۱- شخصی که طول قدش  $180\text{cm}$  است در مقابل آئینه تختی که روی دیوار قائمی نصب شده، ایستاده است. چشم این شخص  $10\text{cm}$  پایین‌تر از بالای سر او است. اگر این شخص فقط تمام قد خود را تحت زاویه‌ی  $45^\circ$  در آئینه ببیند، فاصله‌اش از آئینه چه قدر است؟

- (۱)  $75\text{cm}$       (۲)  $86\text{cm}$       (۳)  $94\text{cm}$       (۴)  $115\text{cm}$

۲- یک آئینه مقعر به شعاع  $1\text{m}$  ته مخزن آبی که ارتفاع آب در آن  $40\text{cm}$  است قرار دارد. نور خورشید از بالا عمود به سطح آب و سپس به آئینه می‌تابد. ضریب شکست آب  $\frac{4}{3}$  است. تصویر در چه فاصله‌ای از آئینه تشکیل می‌شود؟

- (۱)  $37/5\text{cm}$       (۲)  $47/5\text{cm}$       (۳)  $50\text{cm}$       (۴)  $52/5\text{cm}$

۳- در دستگاه نشان داده شده در شکل زیر، دو قطعه به جرم  $m$  با نخ به هم وصل شده‌اند. ضریب اصطکاک ایستایی بین  $m$  و  $2m$  (در هر دو قسمت)  $\mu_s$  است. از اصطکاک بین قطعه‌های به جرم  $2m$  با سطحی که روی آن قرار دارند صرف نظر کنید. بیشینه‌ی  $F$  چه قدر باشد تا چهار قطعه با هم حرکت نکنند؟



- (۱)  $2\mu_s mg$       (۲)  $\mu_s mg$

- (۳)  $\frac{3}{4}\mu_s mg$       (۴)  $\frac{3}{2}\mu_s mg$

۴- یک اتاق خواب معمولی گنجایش حدوداً چند ذرت بو داده (پف فیل) را دارد؟

- (۱)  $1.11$       (۲)  $1.09$       (۳)  $1.07$       (۴)  $1.05$

۵- آونگی از سقف آسانسوری آویزان و در حرکت نوسانی است. اگر آسانسور ناگهان سقوط آزاد کند، حرکت آونگ چگونه خواهد بود؟

(۱) تغییری ایجاد نمی‌شود و آونگ به نوسان خود ادامه می‌دهد.

(۲) ساکن می‌ماند.

(۳) حول نقطه آویز حرکت دایره‌ای یکنواخت انجام می‌دهد.

(۴) هر یک از دو گزینه‌ی ۲ و ۳ ممکن است رخ دهد.

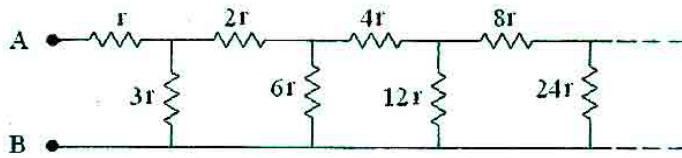
۶- هزار قطره آب هم شکل و یکسان هر یک با پتانسیل یک ولت و به فاصله‌ی خیلی دور از یکدیگر قرار دارند. پتانسیل الکتریکی قطره‌ی بزرگی که از به هم پیوستن این قطرات کوچک به وجود می‌آید چند ولت است؟ (آب را رسانا و قطره‌ها را کروی فرض کنید.)

- (۱)  $1$  ولت      (۲)  $10$  ولت      (۳)  $100$  ولت      (۴)  $1000$  ولت

۷- فرض کنید در حال عبور از اقیانوس با قایق هستید و امیدوار هستید که در جزیره‌ای به خشکی برسید. بلندترین قله جزیره  $2300$  متر ارتفاع دارد. از چه فاصله‌ای می‌توانید این قله را در حالی که تازه از افق سر برآورده ببینید؟

- (۱)  $85$  کیلومتر      (۲)  $127$  کیلومتر      (۳)  $170$  کیلومتر      (۴)  $212$  کیلومتر

۸- مدار شکل زیر از زنجیره نامحدودی از مقاومت‌ها تشکیل شده است که مقدار آن‌ها در شکل داده شده است. مقاومت معادل بین نقطه‌ی A و B چه قدر است؟



۳r (۱)

۲r (۲)

۲/۵r (۳)

۳/۵r (۴)

۹- از نظر موتورسواری که با سرعت ۱۵ متر بر ثانیه به شرق می‌رود باد از جنوب شرقی با زاویه‌ی ۴۵ درجه می‌وزد. اگر موتورسوار با سرعت ۸ متر بر ثانیه در جهت شرق حرکت کند به نظر وی باد از جنوب می‌وزد. اندازه سرعت باد از نظر شخصی که روی زمین ساکن است چند متر بر ثانیه است؟

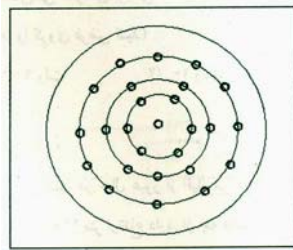
۱۷ (۴)

۱۲/۵ (۳)

۱۰/۵ (۲)

۹ (۱)

۱۰- مطابق شکل سوراخ‌هایی روی محیط دواپر هم مرکزی روی یک قرص ایجاد شده است. فاصله هر دو سوراخ مجاور روی هر یک از دایره‌ها ۱cm است. چراغی پشت قرص روشن است و قرص با سرعت ۳۰ دور در دقیقه حول محورش می‌چرخد. حداقل شعاع دایره‌ای که نور عبور کرده از سوراخ‌های آن به صورت یکنواخت دیده می‌شود چه قدر است؟ چشم انسان نوری که با بسامدی بیش از ۱۶ بار در ثانیه روشن و خاموش شود، بی‌بوسته روشن می‌بیند.



۲/۵۵cm (۱)

۵/۱cm (۲)

۷/۵cm (۳)

۱۰/۲cm (۴)

۱۱- یک منبع نور نقطه‌ای روی کانون یک عدسی واگرای نازک به قطر ۱۰ سانتی‌متر قرار دارد. قطر قرص روشنی که بر روی پرده‌ای که موازی عدسی است و فاصله‌ی آن از عدسی برابر فاصله‌ی کانونی عدسی است ایجاد می‌شود، چند سانتی‌متر است؟

۴۵ (۴)

۳۰ (۳)

۲۰ (۲)

۱۰ (۱)

۱۲- نصف یک ظرفی را از مایع A با چگالی  $\rho_A$  و نصف دیگر را از مایع B با چگالی  $\rho_B$  پر می‌کنیم. دو مایع با یکدیگر مخلوط می‌شوند و چگالی مخلوط  $8 \frac{g}{cm^3}$  است. اگر یک سوم ظرف را از مایع A و مابقی را از مایع B پر کنیم چگالی

مخلوط  $6 \frac{g}{cm^3}$  می‌شود. چگالی هر یک از مایعات چند  $\frac{g}{cm^3}$  است؟

۱۲ و ۴ (۴)

۱۱ و ۵ (۳)

۱۰ و ۶ (۲)

۹ و ۶ (۱)

۱۳- دو باتری یکسان هر یک با نیروی محرکه‌ی  $E$  و مقاومت داخلی  $r$  در نظر بگیرید. این دو باتری را می‌توان به صورت سری یا موازی به هم وصل کرد. مجموعه‌ی دو باتری را هر بار به دو سر مقاومت  $R$  می‌بندیم. برای این که اتلاف انرژی گرمایی در مقاومت  $R$  بیشینه باشد، چه رابطه‌ای بین  $R$  و  $r$  باید برقرار باشد؟

(۱) در حالت موازی  $R = \frac{r}{2}$  و در حالت سری  $R = 2r$

(۲) در حالت موازی  $R = 2r$  و در حالت سری  $R = \frac{r}{2}$

(۳) در هر دو حالت  $R = \frac{r}{2}$

(۴) در هر دو حالت  $R = 2r$

۱۴- شخصی که طول قدش  $h$  است با سرعت یکنواخت  $v$  روی یک مسیر افقی و مستقیم در جهت عمود بر دیواری که مقابلش است به سمت دیوار راه می‌رود. یک چشمه‌ی نور نقطه‌ای روی زمین و پشت سر او قرار دارد. فاصله‌ی چشمه‌ی نور نقطه‌ای از دیوار  $D$  است. وقتی فاصله‌ی شخص از دیوار  $d$  ( $d < D$ ) است، اندازه سرعت حرکت سایه‌اش روی دیوار چه قدر است؟

(۱)  $\frac{hDv}{2d^2}$  (۲)  $\frac{2hDv}{d^2}$  (۳)  $\frac{hDv}{4d^2}$  (۴)  $\frac{hDv}{d^2}$

۱۵- دو آینه‌ی واگرای یکسان که فاصله‌ی کانونی هر یک ۳۰ سانتی‌متر است مقابل هم قرار دارند. کانون‌ها و محورهای اصلی دو آینه بر هم منطبق است. شیء کوچکی روی محور اصلی مشترک دو آینه و به فاصله ۱۰ سانتی‌متر از یکی از آینه‌ها قرار دارد. فاصله تصویر ایجاد شده پس از انعکاس در دو آینه، از آینه‌ای که به فاصله‌ی دورتری از شیء قرار دارد، چند سانتی‌متر است؟

(۱) ۱۰ (۲) ۳۰ (۳) ۴۰ (۴) ۵۰

۱۶- یک میز گرد به شعاع  $r$  در نظر بگیرید که لامپی درست بالای مرکز آن روشن است. فاصله‌ی قائم بین مرکز میز و لامپ چه قدر باشد تا روشنایی لبه‌ی میز بیشینه باشد؟

(۱)  $\frac{r}{\sqrt{2}}$  (۲)  $\frac{r}{2}$  (۳)  $\sqrt{2}r$  (۴)  $r$

۱۷- یک ظرف محتوی یخ صفر درجه و ظرف دیگری محتوی آب جوش صد درجه موجود است. با یک میله رسانای استوانه‌ای شکل مسی دو ظرف را به هم وصل می‌کنیم. سطح جانبی میله عایق‌بندی شده است به طوری که گرما از سطح جانبی آن به محیط منتقل نمی‌شود. مشاهده می‌کنیم که یخ بعد از ۳۰ دقیقه ذوب می‌شود. اگر با میله آهنی همین تجربه را تکرار کنیم مشاهده می‌کنیم که یخ بعد از ۷۵ دقیقه ذوب می‌شود. اگر میله‌ها را به صورت سری برای انتقال گرما به کار ببریم، یخ پس از چه مدتی ذوب می‌شود؟ سطح مقطع میله‌ها یکسان است.

(۱) ۹۰ دقیقه (۲) ۱۰۵ دقیقه (۳) ۱۲۰ دقیقه (۴) ۱۳۵ دقیقه

۱۸- دو تیغه‌ی متوازی‌السطوح شفاف یکی به ضخامت  $d_1 = 4\text{cm}$  و ضریب شکست  $n_1 = 2$  و دیگری به ضخامت  $d_2 = 6\text{cm}$  و ضریب شکست  $n_2 = 1/5$  را به هم می‌چسبانیم. یک پرتو نور با زاویه‌ی  $37^\circ$  نسبت به خط عمود، به تیغه‌ی متوازی‌السطوح اول می‌تابد. جابه‌جایی عرضی پرتو نور پس از خروج از تیغه‌ی دوم نسبت به امتداد پرتو فرودی چند سانتی‌متر

است؟  $(\sin 37^\circ \approx 0.6)$

(۱) ۵ (۲) ۴ (۳) ۳ (۴) ۲

۱۹- دو بار نقطه‌ای  $+q_1$  و  $+q_2$  در مکان  $\vec{r}_1$  و  $\vec{r}_2$  از فضا در نظر بگیرید. می‌توان یک بار نقطه‌ای مانند  $Q$  در مکان مناسبی از فضا مانند  $\vec{R}$  قرار داد به طوری که هر سه بار در حال تعادل باشند.  $Q$  و  $\vec{R}$  چه قدر هستند؟

$$\vec{R} = \frac{\vec{r}_1\sqrt{q_2} + \vec{r}_2\sqrt{q_1}}{\sqrt{q_1} + \sqrt{q_2}} \text{ و } Q = -\frac{q_1q_2}{(\sqrt{q_1} + \sqrt{q_2})^2} \quad (1)$$

$$\vec{R} = \frac{\vec{r}_1\sqrt{q_1} + \vec{r}_2\sqrt{q_2}}{\sqrt{q_1} + \sqrt{q_2}} \text{ و } Q = -\frac{q_1q_2}{(\sqrt{q_1} + \sqrt{q_2})^2} \quad (2)$$

$$\vec{R} = \frac{\vec{r}_1q_2 + \vec{r}_2q_1}{q_1 + q_2} \text{ و } Q = -\frac{q_1q_2}{q_1 + q_2} \quad (3)$$

$$\vec{R} = \frac{\vec{r}_1q_1 + \vec{r}_2q_2}{q_1 + q_2} \text{ و } Q = -\frac{q_1q_2}{q_1 + q_2} \quad (4)$$

۲۰- سطح آب یک حوض، یخ بسته است. ضخامت لایه‌ی یخ  $d$  و عمق آب زیر یخ  $D$  است. دمای هوای بالای استخر بر حسب سانتی‌گراد  $\theta_1$  و دمای کف استخر  $\theta_2$  می‌باشد. اگر رسانندگی گرمایی یخ و آب به ترتیب  $k_1$  و  $k_2$  باشند. نسبت  $\frac{d}{D}$  چه قدر باشد تا مقادیر  $d$  و  $D$  ثابت بمانند؟ انتقال گرما از سطح بالایی یخ و کف استخر صورت می‌گیرد.

$$\frac{\theta_2 k_1}{\theta_1 k_2} \quad (4) \quad \frac{\theta_2 k_2}{\theta_1 k_1} \quad (3) \quad \frac{\theta_1 k_1}{\theta_2 k_2} \quad (2) \quad \frac{\theta_1 k_2}{\theta_2 k_1} \quad (1)$$

۲۱- شیئی به فاصله‌ی یک متر از پرده‌ای قرار دارد. یک عدسی همگرا تصویری از شیء روی پرده تشکیل داده است. عدسی را  $2.0\text{cm}$  به طرف شیء حرکت می‌دهیم مجدداً تصویر آن روی پرده تشکیل می‌شود. نسبت طول تصویر در حالت اول به طول تصویر در حالت دوم چه قدر است؟

$$\frac{4}{9} \quad (4) \quad \frac{9}{4} \quad (3) \quad \frac{3}{2} \quad (2) \quad \frac{2}{3} \quad (1)$$

۲۲- دو ذره‌ی باردار یکی به جرم  $M$  و بار الکتریکی  $+Q$  و دیگری به جرم  $\frac{M}{4}$  و بار الکتریکی  $-2Q$  در میدان الکتریکی یکنواخت  $E$  در نظر بگیرید. فاصله‌ی دو بار از یکدیگر چه قدر باشد تا پس از این که رها می‌شوند در همان فاصله‌ی نسبی اولیه نسبت به هم باقی بمانند. میدان الکتریکی در امتداد خط واصل دو بار می‌باشد.

$$\sqrt{\frac{7Q}{5\pi\epsilon_0 E}} \quad (4) \quad \sqrt{\frac{3Q}{5\pi\epsilon_0 E}} \quad (3) \quad \sqrt{\frac{7Q}{10\pi\epsilon_0 E}} \quad (2) \quad \sqrt{\frac{3Q}{10\pi\epsilon_0 E}} \quad (1)$$

۲۳- دمای هوای اتاقی که حجم آن  $5.0\text{m}^3$  است  $27^\circ\text{C}$  و فشار هوای داخل آن  $1\text{atm}$  می‌باشد. اگر این امکان وجود داشت که انرژی جنبشی کل مولکول‌های هوای داخل این اتاق را برای پرتاب یک گلوله‌ی نیم تنی در راستای قائم به سمت بالا صرف کنیم، گلوله تا چه ارتفاعی بالا می‌رفت؟ هوا را گاز کامل با ظرفیت گرمایی مولی در حجم ثابت،  $\frac{5}{2}R$  در نظر بگیرید.

$$\begin{matrix} 20 \text{ کیلومتر} & (1) \\ 2 \text{ کیلومتر} & (2) \\ 2 \text{ متر} & (3) \\ 2 \text{ سانتی‌متر} & (4) \end{matrix}$$

۲۴- کمینه فاصله‌ی ممکن بین یک شیء و تصویر حقیقی‌اش در یک عدسی همگرا که فاصله کانونی آن  $f$  است، چه قدر می‌تواند باشد؟ شیء روی محور عدسی واقع است.

$$4f \quad (4) \quad 3f \quad (3) \quad 2f \quad (2) \quad f \quad (1)$$

۲۵- از بالای سطح زمین سنگی با سرعت اولیه‌ی  $V_0$  به سمت بالا پرتاب می‌شود. بعد از گذشت ۱۰ ثانیه، از همان نقطه سنگ دیگری بدون سرعت اولیه رها می‌شود، با فرض این که ارتفاع نقطه‌ی پرتاب از سطح زمین زیاد است، شرط لازم و کافی برای

آن که دو سنگ در نقطه‌ای از مسیر به هم برسند، چیست؟  $(g = ۱۰ \frac{m}{s^2})$

$$V_0 > ۵۰ \frac{m}{s} \quad (۱)$$

$$V_0 < ۱۰۰ \frac{m}{s} \quad (۲)$$

$$۱۰۰ \frac{m}{s} < V_0 < ۱۷۰ \frac{m}{s} \quad (۳)$$

$$۵۰ \frac{m}{s} < V_0 < ۱۰۰ \frac{m}{s} \quad (۴)$$

۲۶- قطاری روی یک ریل مستقیم حرکت می‌کند. شخصی که در داخل قطار رو به جنوب ایستاده است، سکه‌ای را که در دست دارد رها می‌کند. سکه جلوی شخص بر کف قطار می‌افتد. کدام گزینه‌ی زیر صحیح است؟

- (۱) شتاب قطار حتماً به طرف شمال است.  
(۲) شتاب قطار حتماً به طرف جنوب است.  
(۳) قطار حتماً به طرف شمال حرکت می‌کند.  
(۴) قطار حتماً به طرف جنوب حرکت می‌کند.

۲۷- مسافتی که یک انسان به طور متوسط در طول عمر خود می‌پیماید، به کدام عدد نزدیک‌تر است؟

- (۱) ۱۰<sup>۹</sup> کیلومتر (۲) ۱۰<sup>۷</sup> کیلومتر (۳) ۱۰<sup>۵</sup> کیلومتر (۴) ۱۰<sup>۳</sup> کیلومتر

۲۸- یک لامپ با توان P داخل یخچال کارنو که موتورش با توان P کار می‌کند، روشن مانده است. اگر دمای هوای بیرون یخچال T باشد، دمای داخل آن حداقل به چه مقداری می‌تواند برسد؟

$$T \quad (۱) \quad \frac{T}{۲} \quad (۲) \quad \frac{۳T}{۴} \quad (۳) \quad \frac{T}{۴} \quad (۴)$$

۲۹- بنابر یکی از نظریه‌های موجود در مورد مبدأ عالم، جهان اولیه دارای چگالی  $۱۰^{۱۵} \frac{g}{cm^3}$  و شعاع آن برابر فاصله‌ی کنونی

زمین تا خورشید بوده است. اگر ماده‌ی موجود در عالم را متشکل از پروتون، نوترون و الکترون با تعداد مساوی در نظر بگیریم، مرتبه بزرگی تعداد ذرات تشکیل دهنده‌ی جهان، کدام یک از گزینه‌های زیر می‌باشد؟

- (۱) ۱۰<sup>۷۳</sup> (۲) ۱۰<sup>۷۶</sup> (۳) ۱۰<sup>۷۹</sup> (۴) ۱۰<sup>۸۲</sup>

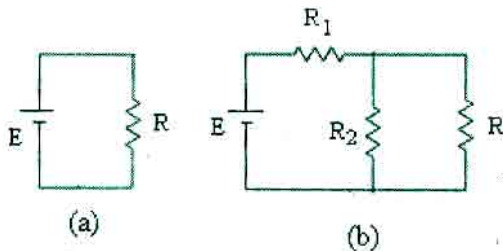
۳۰- در مقیاس دمای بنزن ( $^{\circ}B$ )، دمای یخ زدن  $C_6H_6$  برابر  $B^{\circ}$  (معادل  $5/5^{\circ}C$ ) و دمای جوش آن  $B^{\circ} ۱۰۰$  (معادل

$100/1^{\circ}C$ ) است. در این مقیاس دمایی، دمای جوش آب چه قدر است؟

- (۱)  $114^{\circ}B$  (۲)  $121^{\circ}B$  (۳)  $127^{\circ}B$  (۴)  $133^{\circ}B$

۳۱- دو مدار زیر را در نظر بگیرید.  $R_1 R_2$  چه قدر باشد تا جریان گذرنده از باتری در هر دو مدار یکسان ولی جریان گذرنده

از R در مدار (b) برابر ۱/۰ جریان گذرنده از R در مدار (a) باشد؟



- (۱)  $R^2$   
(۲)  $9R^2$   
(۳)  $7R^2$   
(۴)  $18R^2$

۳۲- قطعه چوبی به جرم  $m$  از ارتفاع  $H$  بالای سطح آب یک دریاچه رها می‌شود. بر این قطعه در داخل آب نیروی شناوری  $F$  ( $F > mg$ ) وارد می‌شود. با صرف نظر کردن از نیروی مقاومت هوا، از لحظه‌ی رها شدن، چه مدت طول می‌کشد تا قطعه پس از فرو رفتن در آب، دوباره به سطح آب برگردد؟

$$\begin{aligned} (1) \quad & \frac{F + mg}{F - mg} \sqrt{\frac{2H}{g}} \\ (2) \quad & \frac{F + mg}{mg} \sqrt{\frac{2H}{g}} \\ (3) \quad & \frac{2F + mg}{F - mg} \sqrt{\frac{2H}{g}} \\ (4) \quad & \frac{2}{F - mg} \sqrt{\frac{2H}{g}} \end{aligned}$$

۳۳- یک مخزن نفت استوانه‌ای شکل به قطر  $6m$ ، ارتفاع  $10m$  و ضریب انبساط طولی  $\frac{1}{k} \times 10^{-5}$  در نظر بگیرید. در دمای  $10^\circ C$  - فاصله‌ی سطح نفت داخل مخزن تا لبه‌ی مخزن  $50cm$  است. ضریب انبساط حجمی نفت  $\frac{1}{k} \times 10^{-3}$  است. در چه دمایی نفت از مخزن لبریز می‌شود؟

$$(1) \quad 40/9^\circ C \quad (2) \quad 42/6^\circ C \quad (3) \quad 44/3^\circ C \quad (4) \quad 46/0^\circ C$$

۳۴- یک ستاره‌ی نوترونی کروی شکل که چگالی آن یکنواخت و برابر  $\frac{10^{18} kg}{m^3}$  است، حول قطرش می‌چرخد. سریع‌ترین بسامدی که این ستاره می‌تواند با آن بچرخد بدون این که از هم بپاشد، بر حسب هرتز از چه مرتبه بزرگی است؟

$$(1) \quad 10^3 \quad (2) \quad 10 \quad (3) \quad 10^2 \quad (4) \quad 10^4$$

۳۵- یک جعبه‌ی مکعب مستطیل شکل به ابعاد  $80cm \times 40cm \times 20cm$  در نظر بگیرید. مورچه‌ای می‌خواهد با راه رفتن روی سطوح جعبه، خود را از یک گوشه به گوشه‌ی مقابل برساند (دو گوشه در امتداد بزرگ‌ترین قطر جعبه واقع‌اند). کوتاه‌ترین مسافتی که می‌تواند طی کند چه قدر است؟

$$(1) \quad 92cm \quad (2) \quad 100cm \quad (3) \quad 125cm \quad (4) \quad 140cm$$