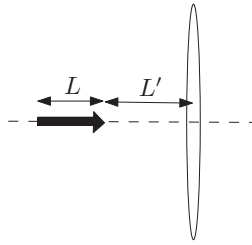


در همه‌ی مسئله‌ها شتاب گرانش در سطح زمین را  $10 \text{ m/s}^2$  بگیرید.

(۱) مدادی به طول  $L$  مطابق شکل بر محور اصلی عدسی همگرای نازکی به فاصله‌ی کانونی  $f$  منطبق است. فاصله‌ی نوک مداد تا عدسی  $L'$  است. اگر طول تصویر حقیقی مداد با طول مداد

(+۳, -۱)

برابر باشد مقدار  $f$  کدام است؟



$$\frac{L(L+L')}{2L+L'} \quad (1)$$

$$\frac{L'(2L+L')}{L+2L'} \quad (2)$$

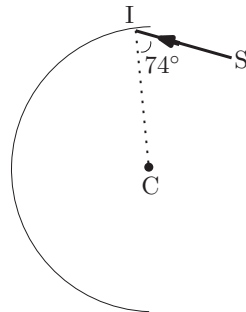
$$\frac{L(L+2L')}{2L+L'} \quad (3)$$

$$\frac{L'(L+L')}{L+2L'} \quad (4)$$

(۲) سطح داخلی نیم‌استوانه‌ای که در شکل مقطع آن نشان داده شده آینه است. نقطه‌ی C در شکل، مقطع محور نیم‌استوانه است. پرتو SI واقع در صفحه‌ی عمود بر محور استوانه به سطح داخلی استوانه و نزدیک به لبه‌ی بالایی با زاویه‌ی  $74^\circ$  می‌تابد. این پرتو پس از چند بار بازتاب

(+۳, -۱)

نیم‌استوانه را ترک می‌کند؟



۴ (۱)

۵ (۲)

۶ (۳)

۷ (۴)

(۳) یک باتری با نیروی محرکه‌ی  $\mathcal{E}$ ، یک مقاومت خطی  $R$  و یک خازن مسطح با ظرفیت  $C$  به طور متوالی به هم بسته شده و مدار بسته‌ای را تشکیل داده‌اند. یک تیغه‌ی نارسانا با ثابت دی‌الکتریک  $K$  بین دو صفحه‌ی خازن قرار دارد و فضای بین دو صفحه را کاملاً پر کرده است. پس از پرسیدن خازن و قطع جریان الکتریکی در مدار با انجام کاری به اندازه‌ی  $W$  روی خازن تیغه‌ی نارسانا را به سرعت از بین دو صفحه‌ی خازن خارج می‌کنیم. فرض کنید این فرایند به اندازه‌ای سریع است که بار روی خازن تغییر نمی‌کند. سپس صبر می‌کنیم تا جریان الکتریکی قطع گردد. در این فرایند گرمای  $Q$  در مقاومت تولید می‌شود. نسبت  $\frac{Q}{W}$  چقدر است؟

(+۴, -۱)

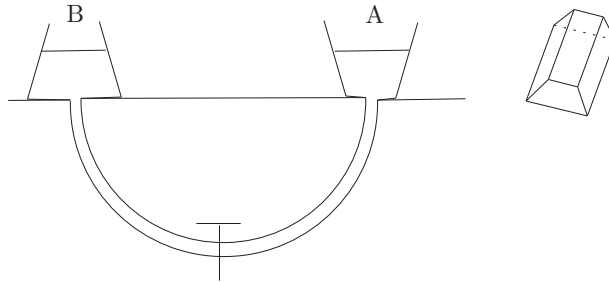
$$\frac{K+1}{K-1} \quad (5) \quad \frac{K-1}{K+1} \quad (4) \quad \frac{1}{K^2-1} \quad (3) \quad \frac{K+1}{K} \quad (2) \quad \frac{K-1}{K} \quad (1)$$

## کد برگه‌ی سؤال‌ها ۱

۲

(۴) ظرف‌های A و B به شکل دو منشور مشابه هستند که در شکل مقطع آن‌ها به صورت دو ذوزنقه‌ی متساوی‌الساقین نشان داده شده است. کف دو ظرف و سطح آب در هر دو ظرف هم‌تراز هستند و دمای آب دو ظرف یکسان است. دو ظرف با لوله‌ای که در وسط آن شیری قرار دارد به هم مرتبط‌اند. در هر یک از ظرف‌ها یک گرم‌کن الکتریکی قرار داده شده است. شیر در ابتدا بسته است. با صرف‌نظر از انبساط ظرف‌ها و انتقال گرما به وسیله‌ی لوله و آب داخل آن کدام گزینه درست است؟

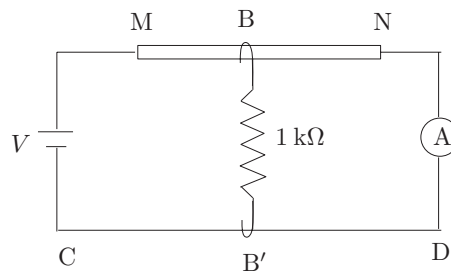
(+۳, -۱)



- (۱) اگر فقط آب درون ظرف A را گرم کنیم و سپس شیر را باز کنیم مقداری آب از ظرف B به ظرف A وارد می‌شود.
- (۲) اگر فقط آب درون ظرف B را گرم کنیم و سپس شیر را باز کنیم مقداری آب از ظرف A به ظرف B وارد می‌شود.
- (۳) اگر آب درون ظرف A و B را تا دمای مساوی گرم کنیم و سپس شیر را باز کنیم آب از ظرف A به B می‌رود.
- (۴) اگر آب درون ظرف A و B را تا دمای مساوی گرم کنیم و سپس شیر را باز کنیم آب درون ظرف‌ها جابجا نمی‌شود.

(۵) مقاومت الکتریکی میله‌ی همگن و یکنواخت MN برابر  $1 \text{ k}\Omega$  است. اتصال‌های B و B' به ترتیب روی سیم MN و سیم بدون مقاومت CD جابجا می‌شوند و بین آن‌ها مقاومت الکتریکی ثابت  $1 \text{ k}\Omega$  قرار دارد. اتصال B سیم MN را به دو مقاومت تقسیم می‌کند. اگر کمترین جریان الکتریکی که از آمپرسنج A می‌گذرد  $I_{\min}$  باشد، کمیت  $\frac{V}{I_{\min}}$  کدام گزینه است؟

(+۳, -۱)



(۱)  $\frac{5}{4} \text{ k}\Omega$

(۲)  $\frac{4}{5} \text{ k}\Omega$

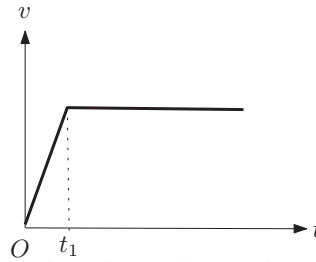
(۳)  $\frac{3}{4} \text{ k}\Omega$

(۴)  $\frac{4}{3} \text{ k}\Omega$

کد برگه‌ی سؤال‌ها ۱

۳

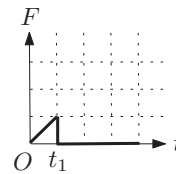
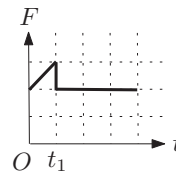
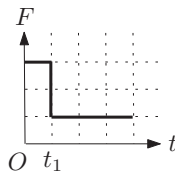
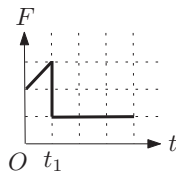
(۶) نمودار سرعت - زمان خودرویی که در جاده‌ای افقی و مستقیم حرکت می‌کند مطابق شکل است.



در تمام مدت، خودرو با نیروی مقاومت هوا که متناسب با سرعت آن است مواجه است. کدام

(+۳, -۱)

نمودار می‌تواند نیروی موتور بر حسب زمان را نشان دهد؟



(۴)

(۳)

(۲)

(۱)

(۷) فرض کنید الکترونی حول پروتون ساکنی بر روی دایره‌ای به شعاع  $0.5$  آنگستروم

( $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$ ) می‌چرخد. میدان مغناطیسی ایجاد شده در محل پروتون به کدام گزینه

نزدیک‌تر است؟

$$m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}, \quad e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9.0 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2, \quad \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A}$$

(+۳, -۱)

۱۵۰ T (۴)

۱۵ T (۳)

۱.۵ T (۲)

۰.۱۵ T (۱)

(۸) فرض کنید سیاره‌ی تیر و زمین روی مدارهای دایره‌ای در یک صفحه و هر دو در یک جهت حول

خورشید می‌چرخند. دوره‌ی تناوب تیر تقریباً  $90^\circ$  روز و دوره‌ی تناوب زمین تقریباً  $360^\circ$  روز

است. وضعیتی که دو سیاره در نزدیک‌ترین فاصله از هم هستند را مقارنه‌ی نزدیک و وضعیتی

که در دورترین فاصله از هم هستند را مقارنه‌ی دور می‌گویند. در یک دور چرخش زمین به دور

(+۳, -۱)

خورشید چند مقارنه‌ی نزدیک و چند مقارنه‌ی دور اتفاق می‌افتد؟

سه و سه (۴)

شش و سه (۳)

سه و شش (۲)

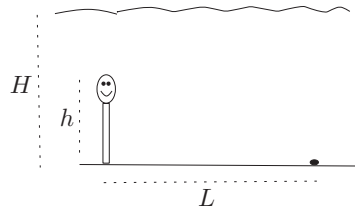
چهار و دو (۱)

## کد برگه‌ی سؤال‌ها ۱

۴

۹) قد شناگری  $h$  است و کف استخری که عمق آب آن  $H$  ( $H > h$ ) است ایستاده است. کمترین فاصله‌ی افقی این شخص از جسمی واقع در کف استخر،  $L$ ، چقدر باشد تا بتواند تصویر آن را روی سطح آب ببیند؟ ضریب شکست آب  $n$  است. از بازتاب جزئی نور روی سطح آب چشم‌پوشی کنید.

(+۳, -۱)



$$(1) \frac{(2H+h)n}{\sqrt{n^2-1}}$$

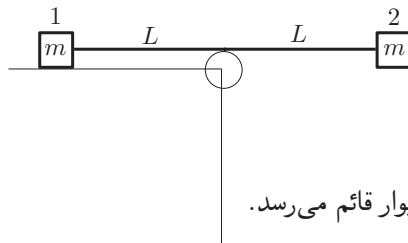
$$(2) \frac{2H-h}{\sqrt{n^2-1}}$$

$$(3) \frac{2H+h}{\sqrt{n^2-1}}$$

$$(4) \frac{(2H-h)n}{\sqrt{n^2-1}}$$

۱۰) دو جسم کوچک ۱ و ۲ هر یک به جرم  $m$  مطابق شکل با ریسمانی به طول  $2L$  به هم متصل‌اند. جسم ۱ روی سطح افقی و بدون اصطکاک میزی قرار دارد. وسط ریسمان مماس بر سطح بالایی قرقره‌ی کوچکی است که در لبه‌ی میزی قرار دارد. ابتدا جسم ۲ طوری ساکن نگه داشته شده است که راستای ریسمان افقی است. در یک لحظه جسم ۲ رها می‌شود و دستگاه شروع به حرکت می‌کند. کدام یک از گزینه‌های زیر درست است؟

(+۲, -۱)



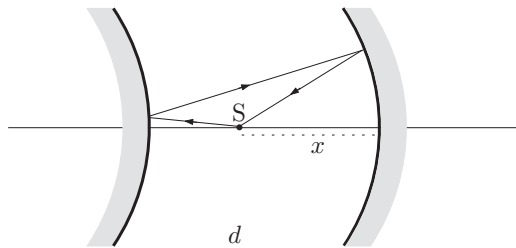
(۱) ابتدا جسم ۱ به قرقره می‌رسد.

(۲) ابتدا جسم ۲ به دیوار قائم می‌رسد.

(۳) وقتی جسم ۱ به قرقره می‌رسد، جسم ۲ نیز به دیوار قائم می‌رسد.

۱۱) دو آینه‌ی کروی یکی مقعر و دیگری محدب روبروی هم و به فاصله‌ی  $d$  از یکدیگر قرار گرفته‌اند و محور اصلی آن‌ها بر هم منطبق است. فاصله‌ی کانونی دو آینه نیز برابر و مقدار آن  $f$  است. یک پرتو نورانی از نقطه‌ی نورانی  $S$  مطابق شکل از روی دو آینه باز می‌تابد. به ازای  $d = 2/5f$  فاصله‌ی نقطه‌ی نورانی از آینه‌ی مقعر،  $x$ ، بر حسب  $f$  چقدر است؟ پرتوها را پیرامحوری بگیرید.

(+۳, -۱)



$$(1) 1/25f$$

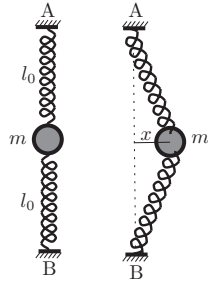
$$(2) 1/5f$$

$$(3) 1/75f$$

$$(4) 2f$$

(۱۲) در یک صفحه‌ی افقی، گلوله‌ای به جرم  $m$  به دو فنر هر یک با ثابت  $k$  و طول کشیده نشده‌ی  $l_0$  بسته شده است. سر دیگر فنرها به نقطه‌های ثابت A و B وصل‌اند. اگر گلوله را به اندازه‌ی  $x$  در راستای افقی بکشیم، اندازه‌ی نیرویی که به گلوله وارد می‌شود چقدر است؟ فرض کنید  $x$  خیلی از  $l_0$  کوچکتر است. برای  $\epsilon$  کوچک می‌توان نوشت  $(1 + \epsilon)^n \approx 1 + n\epsilon$ .

(+۳, -۱)



$$(1) \quad 2kx$$

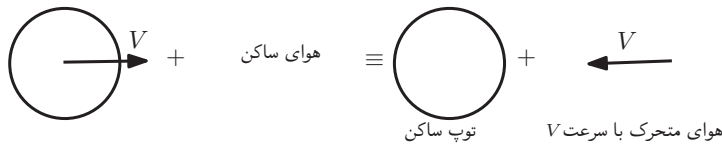
$$(2) \quad \frac{1}{3}kx$$

$$(3) \quad \frac{kx^3}{l_0^2}$$

$$(4) \quad \frac{kx^2}{l_0}$$

(۱۳) اگر سرعت یک توده‌ی کوچک هوا،  $v$ ، حین حرکت در ارتفاع ثابتی از سطح زمین تغییر کند بنا بر قانون برنولی فشار آن به نحوی تغییر می‌کند که کمیت  $P + \frac{1}{2}\rho v^2$  ثابت بماند.  $P$  فشار،  $\rho$  چگالی و  $v$  سرعت هوا است.

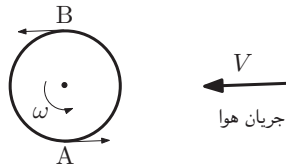
تویی را در نظر بگیرید که با سرعت  $V$  در هوا حرکت می‌کند. این حرکت مشابه آن است که جریان هوا در جهت مخالف با همان سرعت  $V$  از روی توپ ساکن عبور کند. در این صورت فشار هوا در نفاط دور از توپ  $P_0$  و سرعت آن  $V$  است.



فرض کنید شعاع توپ  $a$  باشد و با سرعت زاویه‌ای  $\omega$  دور خود بچرخد. شکل زیر تصویر توپ را از بالا نشان می‌دهد. فرض کنید جریان هوایی که از کنار نقطه‌ی A عبور می‌کند سرعت‌اش  $V - a\omega$  می‌شود و جریان هوایی که از کنار نقطه‌ی B عبور می‌کند سرعت‌اش  $V + a\omega$  می‌شود.

نسبت  $\frac{P_A}{P_B}$  کدام گزینه است؟

(+۳, -۱)



$$(1) \quad \frac{V - a\omega}{V + a\omega}$$

$$(2) \quad \frac{2V - a\omega}{2V + a\omega}$$

$$(3) \quad \frac{2P_0 - \rho(V - a\omega)^2}{2P_0 - \rho(V + a\omega)^2}$$

$$(4) \quad \frac{2P_0 + \rho a\omega(2V - a\omega)}{2P_0 - \rho a\omega(2V + a\omega)}$$

کد برگه‌ی سؤال‌ها ۱

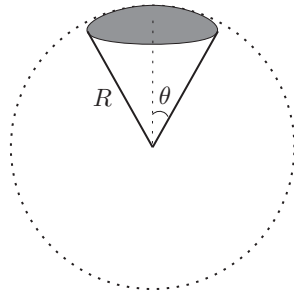
۶

(۱۴) یک ماهواره‌ی مخابراتی هر ۲۴ ساعت یک بار به دور زمین می‌گردد و همواره بالای یک نقطه‌ی ثابت از استوای زمین قرار دارد. چنین ماهواره‌ای حداکثر چند درصد از سطح کره زمین را می‌تواند پوشش دهد؟ شعاع زمین را  $6400 \text{ km}$  و شتاب گرانش در سطح زمین را  $10 \text{ m/s}^2$  در نظر بگیرید.

مطابق شکل مساحت عرقچین کروی نشان داده شده در شکل  $(1 - \cos \theta) 2\pi R^2$  است.

$$\sqrt{2\pi^2} = 2.7$$

(+۳, -۱)



۲۸ (۱)

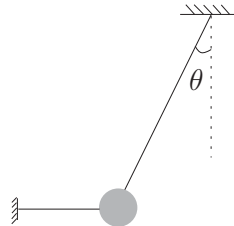
۳۵ (۲)

۴۲ (۳)

۴۹ (۴)

(۱۵) گلوله‌ای مطابق شکل به وسیله‌ی دو نخ سبک به سقف و دیوار بسته شده و ساکن است. نخ افقی را می‌بریم و در نتیجه گلوله شروع به نوسان می‌کند. نسبت نیروی کشش نخ بسته به سقف درست بعد از قطع نخ افقی به نیروی کشش همان نخ درست قبل از قطع نخ افقی چقدر است؟

(+۳, -۱)



۱ (۱)

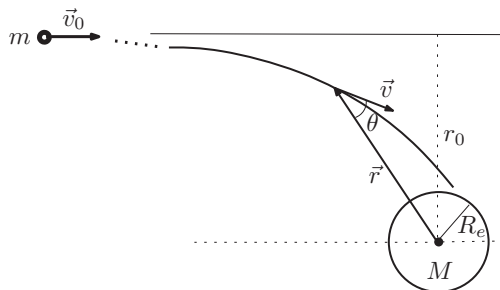
$\cos \theta$  (۲)

$\cos^2 \theta$  (۳)

$\sin \theta \cos \theta$  (۴)

(۱۶) شهاب‌سنگی به جرم  $m$  مطابق شکل از فاصله‌ی بسیار دوری که نیروی گرانش قابل چشم‌پوشی است با سرعت  $v_0$  به سمت زمین می‌آید. در حضور نیروی گرانش کمیت  $L = mvr \sin \theta$  تکانه زاویه‌ای شهاب‌سنگ نسبت به زمین است و در تمام مدت حرکت شهاب‌سنگ پایسته است. با نزدیک شدن شهاب‌سنگ به زمین نیروی گرانش آن را از مسیر مستقیم اولیه منحرف و به سمت خود می‌کشد. حداقل  $r_0$  چقدر باشد تا شهاب‌سنگ به زمین اصابت نکند. انرژی پتانسیل شهاب‌سنگ در میدان گرانشی زمین  $-\frac{GMm}{r}$  است که  $G$  ثابت گرانش و  $M$  جرم زمین است.

(+۲, -۱)



$R_e$  (۱)

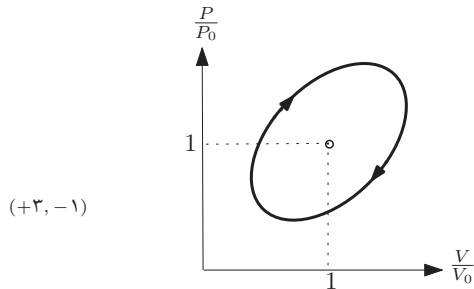
$R_e \sqrt{1 + \frac{2GM}{R_e v_0^2}}$  (۲)

$R_e \left(1 + \frac{2GM}{R_e v_0^2}\right)$  (۳)

کد برگه‌ی سؤال‌ها ۱

۷

(۱۷) یک گاز کامل چرخه‌ای به شکل بیضی را طی می‌کند. مطابق شکل قطر بزرگ‌تر بیضی بر نیمساز ناحیه‌ی اول منطبق است و طول آن  $\sqrt{3}$  است. بازده ماشین کارنوبی که بین بیشترین و کمترین دمای موجود در این چرخه کار می‌کند چقدر است؟



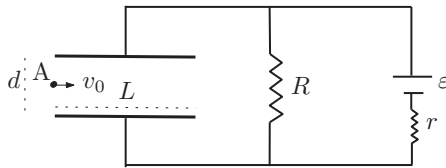
○/۱۱ (۱)

○/۶۷ (۲)

○/۷۷ (۳)

○/۸۹ (۴)

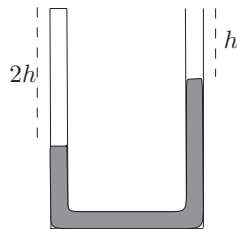
(۱۸) فاصله‌ی صفحه‌های یک خازن تخت  $d$  و طول هر یک از صفحه‌ها  $L$  است. این خازن مطابق شکل در مدار قرار دارد و کاملاً پر شده است. الکترونی به جرم  $m$  و بار الکتریکی  $e$  از نقطه‌ی  $A$  واقع در لبه‌ی چپ خازن و وسط دو صفحه با سرعت اولیه‌ی افقی  $v_0$  شلیک می‌شود. تناژانت زاویه‌ی بردار سرعت الکترون هنگام خروج از خازن با امتداد اولیه‌ی حرکت الکترون چقدر است؟ فرض کنید سرعت اولیه‌ی الکترون طوری است که به صفحه‌ی خازن برخورد نمی‌کند.



$\frac{eeLR}{2mv_0^2d(R+r)}$  (۵)     $\frac{eeLR}{mv_0^2d(R+r)}$  (۴)     $\frac{eeL}{2mv_0^2d}$  (۳)     $\frac{eeL}{mv_0^2d}$  (۲)     $\frac{d}{2L}$  (۱)

(۱۹) در شکل، یک لوله‌ی U شکل محتوی جیوه نشان داده شده است که انتهای سمت چپ آن بسته است. در حالت معمول که فشار هوای بیرون  $P_0$  است سطح آزاد جیوه در سمت راست و چپ لوله به ترتیب در فاصله‌ی  $h$  و  $2h$  از انتهای لوله قرار دارد. اگر این لوله‌ی محتوی جیوه در آسانسوری قرار گیرد که با شتاب رو به بالای  $g/2$  حرکت می‌کند سطح جیوه در دو لوله جابجا خواهد شد. اگر  $h = \frac{P_0}{\rho g}$  باشد اختلاف سطح جیوه در دو طرف در این حالت کدام است؟ فرض کنید در حین تغییر حجم گاز محبوس در سمت چپ لوله دمای آن ثابت می‌ماند.

(+۳, -۱)



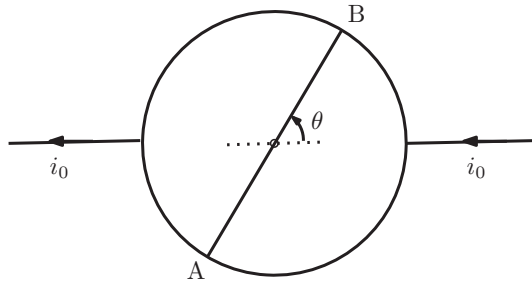
○/۲۴h (۱)

○/۴۸h (۲)

○/۷۶h (۳)

h (۴)

۲۰) مطابق شکل از یک سیم رسانای یکنواخت مقاومت‌دار یک حلقه‌ی دایره‌ای و یک قطعه مستقیم AB که طول‌اش با قطر دایره برابر است ساخته‌ایم. اگر جریان الکتریکی ورودی به حلقه  $i_0$  باشد جریان گذرنده از قطعه‌ی AB بر حسب زاویه‌ی  $\theta$  نشان داده شده در شکل چقدر است؟ (+۳, -۱)



۱)  $\circ$

۲)  $\frac{\theta}{\pi - \theta} i_0$

۳)  $\frac{\pi - 2\theta}{\pi + 2} i_0$

۴)  $\frac{\pi - 2\theta}{\pi + 4} i_0$

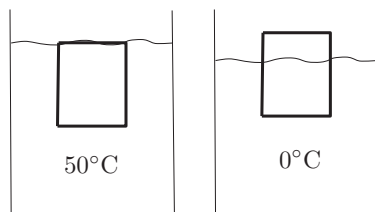
۲۱) اگر تابش الکترومغناطیسی با شدت  $I$  بر سطحی بتابد و کاملاً جذب شود نیروی وارد بر واحد سطح  $\frac{I}{c} \cos \theta$  است که  $c$  سرعت نور و  $\theta$  زاویه‌ی بین امتداد تابش با امتداد عمود بر سطح است. توان تابشی خورشید  $3.9 \times 10^{26}$  W است. نیروی تابشی وارد بر کره‌ی زمین به شعاع  $6.4 \times 10^6$  m که به فاصله‌ی  $1.5 \times 10^{11}$  m از خورشید قرار دارد چقدر است؟ (+۳, -۱)

۳)  $6.0 \times 10^8$  N

۲)  $12 \times 10^8$  N

۱)  $24 \times 10^8$  N

۲۲) مطابق شکل، استوانه‌ای جامد با ضریب انبساط حجمی  $\beta_s = 3 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$  در آب  $50^\circ\text{C}$  کاملاً غوطه‌ور است. اگر دمای دستگاه را به  $0^\circ\text{C}$  برسانیم بخشی از استوانه از آب خارج می‌شود. اگر ضریب انبساط حجمی آب  $\beta_w = 8 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$  باشد چند درصد از ارتفاع استوانه از آب خارج می‌شود؟ (+۳, -۱)



۱)  $0.39$

۲)  $0.42$

۳)  $0.78$

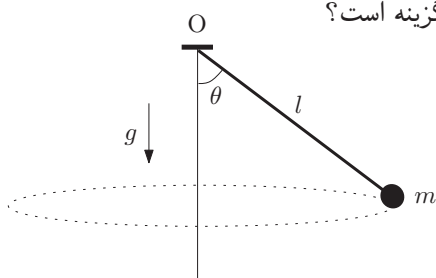
۴)  $0.84$

کد برگه‌ی سؤال‌ها ۱

۹

(۲۳) گلوله کوچکی به جرم  $m = 20 \text{ g}$  در انتهای نخ‌ی به طول  $l = 50 \text{ cm}$  بسته شده است. انتهای دیگر نخ به نقطه O بسته شده و گلوله در صفحه افقی می‌چرخد، به طوری که زاویه نخ با امتداد قائم  $\theta = 60^\circ$  است. انرژی جنبشی گلوله کدام گزینه است؟

(+۳, -۱)



(۱)  $150 \text{ mJ}$

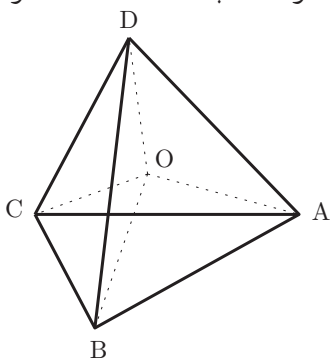
(۲)  $86 \text{ mJ}$

(۳)  $75 \text{ mJ}$

(۴)  $30 \text{ mJ}$

(۲۴) روی هر کدام از یالهای چهاروجهی ABCD مقاومت  $2R$  و روی هر کدام از خطوطی که از مرکز چهاروجهی، نقطه‌ی O، به رئوس آن وصل می‌شود مقاومت  $R$  بسته شده است. مقاومت معادل بین نقاط O و A کدام است؟

(+۳, -۱)



(۱)  $R/2$

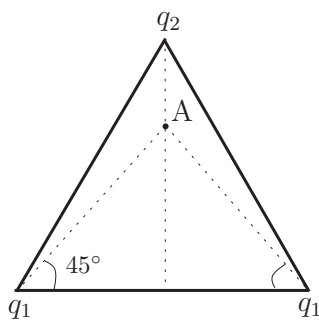
(۲)  $R$

(۳)  $3R/2$

(۴)  $2R$

(۲۵) مطابق شکل بر روی رأس‌های یک مثلث متساوی‌الاضلاع بارهای  $q_1$ ،  $q_1$  و  $q_2$  قرار دارند. در نقطه A میدان الکتریکی صفر است. نسبت  $q_2/q_1$  کدام گزینه است؟

(+۴, -۱)



(۱) ۱

(۲)  $\sqrt{2}$

(۳)  $\sqrt{2}(2 - \sqrt{3})$

(۴)  $2\sqrt{2}(2 - \sqrt{3})$

(۵)  $\sqrt{2}(2 + \sqrt{3})$

کد برگه‌ی سؤال‌ها ۱

۱۰

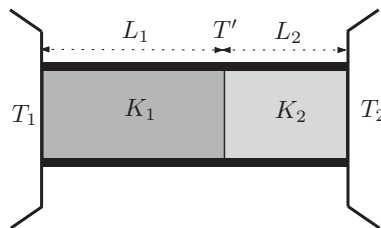
(۲۶) فلیکس بامگارتنر، چترباز ماجراجوی اتریشی بیست و سوم مهرماه سال ۱۳۹۱ از ارتفاع ۳۹ کیلومتری سطح زمین به پایین پرید. تفاوت شتاب گرانش در آن ارتفاع با شتاب گرانش در سطح زمین تقریباً چند درصد شتاب گرانش در سطح زمین است؟ شعاع زمین  $6400 \text{ km}$  است. (+۳, -۱)

- (۱)  $2/4$       (۲)  $1/2$       (۳)  $0/6$       (۴)  $0/3$

(۲۷) ذره‌ای با بار الکتریکی  $q$  و جرم  $m$  وارد ناحیه‌ای می‌شود که در آن میدان مغناطیسی یکنواخت  $B$  برقرار است. سرعت ذره با امتداد خطوط میدان مغناطیسی زاویه  $30^\circ$  درجه می‌سازد. در نتیجه، مسیر آن یک مارپیچ به شعاع  $R$  است که در هر دور چرخش، ذره به اندازه طول  $D$  در امتداد خطوط میدان جابه‌جا می‌شود. نسبت  $D/R$  کدام گزینه است؟ (+۳, -۱)

- (۱)  $2\sqrt{3}\pi/3$       (۲)  $2\sqrt{3}\pi$       (۳)  $\sqrt{3}\pi$       (۴)  $\pi$

(۲۸) دو میله رسانای گرما به ترتیب دارای ضریب هدایت گرمایی  $K_1$  و  $K_2$  و طول  $L_1$  و  $L_2$  هستند. سطح مقطع دو میله یکسان است و مطابق شکل به هم متصل‌اند. سطح جانبی میله‌ها از محیط عایق شده و انتهای آزاد آنها با دو منبع به دماهای ثابت  $T_1$  و  $T_2$  در تماس حرارتی است. در حالت پایا سطح جدایی دو میله در دمای ثابت  $T'$  قرار دارد. جای میله‌ها را عوض می‌کنیم تا این بار میله  $K_1$  با منبع  $T_2$  و میله  $K_2$  با منبع  $T_1$  در تماس باشد. در این وضعیت و در حالت پایا دما در سطح جدایی دو میله  $T''$  است. نسبت  $T''/T'$  کدام گزینه است؟ (+۴, -۱)



(۱) ۱

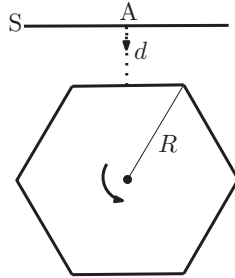
$$\frac{K_2 L_2 T_2 + K_1 L_1 T_1}{K_2 L_2 T_1 + K_1 L_1 T_2} \quad (2)$$

$$\frac{K_2 L_2 T_1 + K_1 L_1 T_2}{K_2 L_2 T_2 + K_1 L_1 T_1} \quad (3)$$

$$\frac{K_2 L_1 T_1 + K_1 L_2 T_2}{K_2 L_1 T_2 + K_1 L_2 T_1} \quad (4)$$

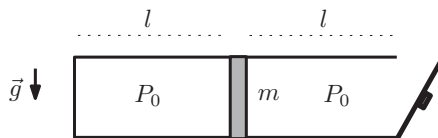
$$\frac{K_2 L_1 T_2 + K_1 L_2 T_1}{K_2 L_1 T_1 + K_1 L_2 T_2} \quad (5)$$

- (۲۹) دیواره‌های خارجی منشور قائمی آینه است. مقطع منشور یک شش ضلعی منتظم است که فاصله‌ی مرکز تا رئوس آن  $R$  است. منشور بدون آن که با پرده برخورد کند حول محور تقارنش می‌چرخد. در شکل، دستگاه در لحظه‌ای نشان داده شده که یکی از وجوه آن به موازات پرده ثابت  $S$  قرار دارد و باریکه‌ای عمود بر آن از نقطه  $A$  تابیده است. فاصله پرده از این وجه در لحظه مذکور  $d$  است. طول محدوده‌ای که نور بازتابیده روی پرده جابه‌جا می‌شود کدام گزینه است؟ (+۴، -۱)



- (۱)  $2R$   
 (۲)  $2\sqrt{3}d$   
 (۳)  $4\sqrt{3}d/3$   
 (۴)  $R + 2\sqrt{3}d/3$   
 (۵)  $2\sqrt{3}(d - R) + 2R$

- (۳۰) ظرفی استوانه‌ای توسط یک پیستون متحرک به جرم  $m$  به دو بخش تقسیم شده که طول هر کدام  $l$  است. در ابتدا استوانه افقی است و فشار هوای محبوس در سمت چپ همان فشار هوا،  $P_0$  است. اگر درحالی که در طرف در سمت راست باز است دما را ثابت نگه داریم و استوانه را  $90^\circ$  درجه بچرخانیم تا در راستای قائم قرار گیرد و قسمت باز طرف به طرف بالا باشد، پیستون به اندازه  $2l/3$  پایین می‌آید. اگر همین کار را در حالی انجام دهیم که در طرف بسته است پیستون چقدر پایین می‌آید؟ (+۳، -۱)



- (۱)  $2l/3$   
 (۲)  $(\sqrt{5} - 1)l/2$   
 (۳)  $(\sqrt{13} - 2)l/3$   
 (۴)  $(\sqrt{3} - 1)l$

- (۳۱) مسیر هر سیاره دور خورشید یک بیضی است که خورشید در یکی از کانون‌های آن است. بنا به قانون سوم کپلر برای سیاره‌ای که در یک مدار بیضی شکل حول خورشید می‌چرخد بین زمان تناوب حرکت سیاره،  $T$ ، و طول نیم قطر بزرگ بیضی،  $a$ ، رابطه‌ی تقریبی  $T^2 = \frac{4\pi^2}{MG}a^3$  برقرار است که  $M$  جرم خورشید و  $G$  ثابت گرانش است. مدار زمین دور خورشید تقریباً دایره است. فرض کنید زمین در حین حرکت به دور خورشید ناگهان متوقف شود. چند روز طول می‌کشد تا زمین در اثر نیروی گرانش به خورشید برخورد کند؟ حرکت سقوطی زمین به سوی خورشید را یک بیضی کشیده بگیرید که کانون آن در یک انتها قرار دارد. از شعاع خورشید و زمین چشم پوشید. (+۳، -۱)

(۳۲) حالت‌های مانای اتم هیدروژن که یک میدان مغناطیسی ضعیف به آن اعمال شده در شکل نشان داده شده است. حالت‌های  $n = 1$  حالت‌های پایه و حالت‌های  $n = 2$  حالت‌های برانگیخته‌اند که با  $l$  و  $m$  در شکل مشخص شده‌اند. اتم هیدروژن می‌تواند از یکی از حالت‌های  $n = 2$  به یکی از حالت‌های  $n = 1$  گذار کند. این گذار به شرطی اتفاق می‌افتد که  $\Delta l = \pm 1$  و  $\Delta m = \pm 1, 0$  باشد.  $\Delta l$  اختلاف  $l$  دو حالت و  $\Delta m$  اختلاف  $m$  دو حالت است. تعداد گذارهای

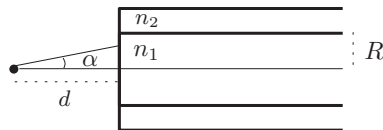
ممکن چند تا است؟

(+۳, -۱)

$n = 2$	$\left( \begin{array}{l} m \qquad \qquad \qquad l \\ 3/2 \text{-----} 1 \\ 1/2 \text{-----} 1 \\ -1/2 \text{-----} 1 \\ -3/2 \text{-----} 1 \end{array} \right.$	۸ (۱)
	$\left( \begin{array}{l} 1/2 \text{-----} 0 \\ 1/2 \text{-----} 1 \\ -1/2 \text{-----} 1 \\ -1/2 \text{-----} 0 \end{array} \right.$	۱۰ (۲)
		۱۲ (۳)
$n = 1$	$\left( \begin{array}{l} 1/2 \text{-----} 0 \\ -1/2 \text{-----} 0 \end{array} \right.$	۱۴ (۴)

(۳۳) یک نوع تار نوری متشکل از یک مغزی استوانه‌ای به شعاع  $R$  و ضریب شکست  $n_1$  و غلافی به ضریب شکست  $n_2$  است که اندکی از  $n_1$  کوچک‌تر است. پرتوهای نوری که با محور مغزی زاویه کوچکی می‌سازند می‌توانند ضمن انعکاس‌های متوالی روی سطح جدایی با غلاف در داخل مغزی منتشر شوند. یک چشمه نقطه‌ای نور مطابق شکل روی محور دستگاه به فاصله  $d$  از سطح خارجی مقطع قائم تار قرار دارد. پرتوهایی که در داخل مخروطی به زاویه رأس  $\alpha$  از چشمه تابیده شوند در طول مغزی منتشر می‌شوند.  $\sin \alpha$  کدام گزینه است؟

(+۳, -۱)



- (۱)  $\sqrt{n_1^2 - n_2^2}$
- (۲)  $\frac{R}{d} \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$
- (۳)  $\sqrt{1 - \frac{n_2^2}{n_1^2}}$
- (۴)  $\frac{n_1}{n_2} \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$

## 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  $267 \mu F$  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.

دهگان	یکان
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
0	0

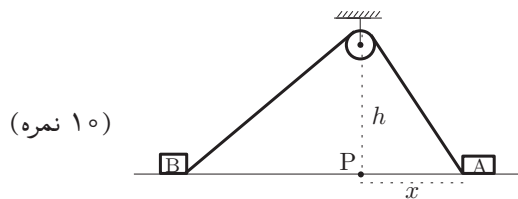
- (۱) گلوله‌ی کوچکی را از ارتفاع  $h$  بالای سطح زمین در راستای قائم رو به بالا پرتاب می‌کنیم. گلوله پس از  $T$  ثانیه به زمین اصابت می‌کند. طول مسیری که گلوله در  $1/5$  ثانیه‌ی آخر حرکتش پیموده است معادل نصف کل طول مسیری است که گلوله پس از پرتاب پیموده است. ارتفاع محل پرتاب از سطح زمین چند متر باشد تا زمان کل حرکت گلوله،  $T$ ، بیشینه باشد؟ (۱۰ نمره)

- (۲) فنری به جرم ناچیز و ضریب سختی  $k = 1 \text{ N/cm}$  از سقف آویزان است. گلوله کوچکی به جرم  $m = 30 \text{ g}$  به سمت بالا پرتاب شده و در لحظه  $t = 0$  با سرعت  $v_0 = 0.3 \text{ m/s}$  به انتهای پایینی فنر برخورد می‌کند و آن را فشرده می‌سازد. زمان جدا شدن گلوله از فنر بر حسب میلی ثانیه چیست؟ (۱۰ نمره)



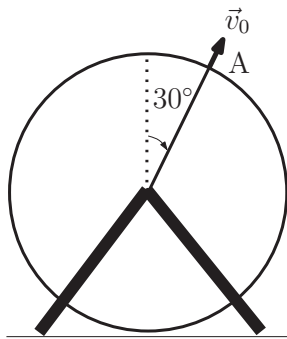
- (۳) دو صندوق A و B مطابق شکل با طنابی که از روی قرقره‌ی کوچکی گذشته است به هم بسته شده‌اند. طول طناب  $13/5 \text{ m}$  است و ارتفاع بالاترین نقطه‌ی قرقره از سطح زمین  $h = 4 \text{ m}$  است.

در یک لحظه‌ی معین صندوق A با سرعت افقی  $0.25 \text{ m/s}$  به سمت راست حرکت می‌کند و نخ کاملاً کشیده شده است. در این لحظه فاصله‌ی افقی صندوق A از نقطه‌ی P واقع در زیر قرقره  $x = 3 \text{ m}$  است. قرقره و صندوق‌ها همواره در یک صفحه‌ی قائم قرار دارند. سرعت نزدیک شدن صندوق B به نقطه‌ی P در لحظه‌ی مورد نظر چند سانتی‌متر بر ثانیه است؟



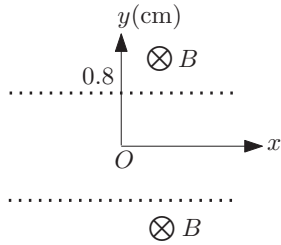
(۱۰ نمره)

- (۴) چرخ فلکی به شعاع  $4 \text{ m}$  در یک صفحه‌ی قائم به صورت ساعتگرد می‌چرخد. کودکی در نقطه‌ی A از مسیر چرخ فلک سنگی را به بیرون پرتاب می‌کند. راستای پرتاب سنگ از نظر کودک شعاعی است و اندازه‌ی سرعت آن  $v_0$  است، اما ناظر روی زمین راستای آن را افقی می‌بیند. سنگ پس از برخورد به زمین تا زیر نقطه‌ی پرتاب  $20 \text{ m}$  فاصله دارد.  $v_0^2$  بر حسب  $\text{m}^2/\text{s}^2$  چقدر است؟ پایین‌ترین نقطه‌ی چرخ فلک تقریباً نزدیک سطح زمین است.  $\sqrt{3} = 1.732$



(۱۰ نمره)

(۵) مطابق شکل بین دو صفحه‌ی فلزی تخت توری مانند موازی به فاصله‌ی  $۱٫۶\text{ cm}$  از یکدیگر اختلاف پتانسیل  $۱۴۵\text{ mV}$  برقرار است. در شکل مقطع صفحات فلزی با خطوط  $y = ۰٫۸\text{ cm}$  و  $y = -۰٫۸\text{ cm}$  نشان داده شده است. بیرون صفحات میدان مغناطیسی ثابت  $۲ \times ۱۰^{-۴}\text{ T}$  عمود بر صفحه‌ی شکل وجود دارد. الکترونی به جرم  $۹٫۱ \times ۱۰^{-۳۱}\text{ kg}$  و بار  $۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹}\text{ C}$  از حال سکون در مبدأ مختصات رها می‌شود و پس از عبور از یکی از توری‌ها و حرکت در میدان مغناطیسی دوباره به ناحیه‌ی بین دو صفحه باز می‌گردد.

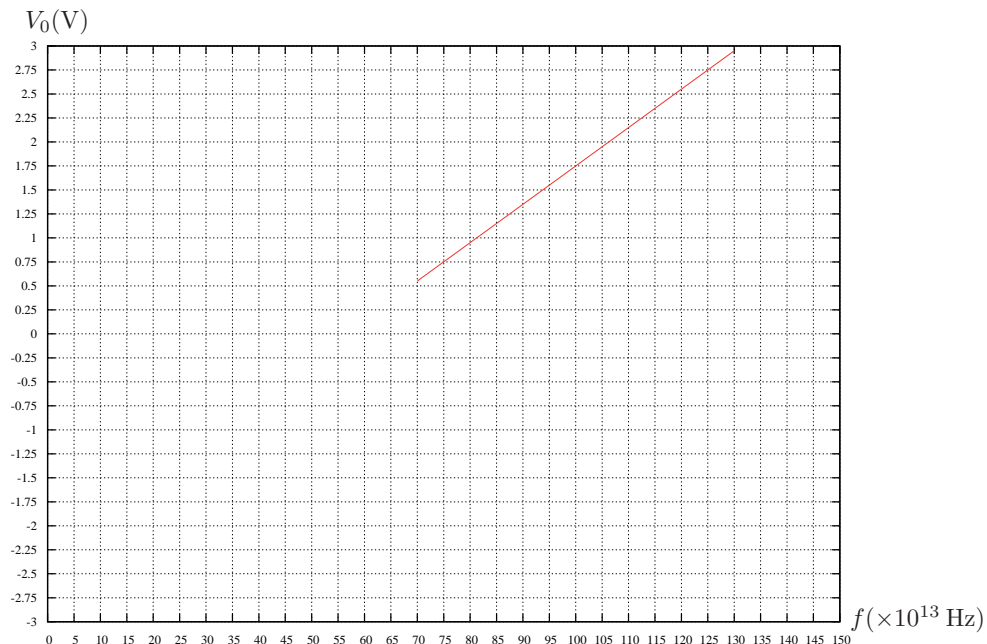


(۱۰ نمره)

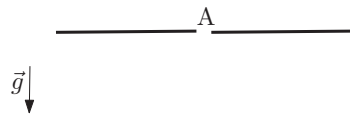
چه مدت زمان بر حسب  $۱۰^{-۸}\text{ s}$  طول می‌کشد تا الکترون در مسیرش محور  $x$  را برای اولین بار قطع کند؟ فرض کنید به جز نیروهای الکتریکی و مغناطیسی نیروی دیگری وجود ندارد.

(۶) شکل زیر نمودار ولتاژ متوقف کننده بر حسب بسامد نور تابشی برای اثر فوتوالکتریک در فلز سدیم است. فرض کنید یک باریکه لیزر به شدت  $۱۵۰\text{ W/m}^2$  را به فلز سدیم می‌تابانیم. اگر الکترون در سطحی محدود باشد که شعاع آن برابر شعاع اتم سدیم یعنی  $۰٫۱\text{ nm}$  باشد به لحاظ کلاسیکی چه مدت طول می‌کشد تا انرژی لازم برای آزاد کردن یک الکترون بر اثر تابش به سطح بتابد؟ این زمان را بر حسب میلی ثانیه حساب کنید. (لازم به ذکر است که پیش‌بینی نظریه کلاسیک در این مورد درست نیست و در عمل برای کنده شدن فوتوالکترون‌ها زمانی کمتر از  $۱ \times ۱۰^{-۹}\text{ s}$  لازم است.) بار الکتریکی الکترون  $۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹}\text{ C}$  است.

(۱۰ نمره)



(۷) در ابتدای قرن بیستم آزمایش قطره‌ی روغن میلیکان برای توضیح کوانتومی بودن بار الکتریکی انجام شد. در این آزمایش بین دو صفحه‌ی فلزی تخت موازی یک میدان الکتریکی یکنواخت  $\vec{E}$  که قابل قطع و وصل کردن است برقرار است. از روزنه‌ی A در صفحه‌ی بالایی قطره‌های ریز روغن به وسیله‌ی یک پودرافشان بین دو صفحه پاشیده می‌شوند. قطره‌های روغن به سبب مالش با لوله‌ی پودرافشان دارای بار الکتریکی منفی می‌شوند. اندازه‌ی نیروی مقاومت هوا در برابر حرکت قطره  $f = 6\pi\eta r v$  است که  $r$  شعاع قطره و  $v$  اندازه‌ی سرعت آن است.  $\eta$  ضریب گرانروی هوا نام دارد و مقدار آن  $\eta = 1/8 \times 10^{-5} \text{ N s/m}^2$  است.



(۱۰ نمره)

فرض کنید یکی از قطره‌های روغن در غیاب میدان الکتریکی مسافت ۱۶ mm را در مدت ۱۶ s با سرعت یکنواخت سقوط می‌کند. همین قطره در حضور میدان الکتریکی یکنواخت  $1/4 \times 10^6 \text{ N/C}$  معلق می‌شود. بار الکتریکی این قطره چند برابر بار الکتریکی الکترون است؟ چگالی روغن  $0.80 \text{ g/cm}^3$  است و بار الکتریکی الکترون  $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$  است.

