

次の ~ の解答を解答欄にマークしなさい。ただし、＜解答群＞のあるものはその中から最も適切な番号をマークしなさい。

必要なときは、重力加速度の大きさを $g = 9.80 \text{ m/s}^2$ 、円周率 $\pi = 3.14$ 、 $\sqrt{2} = 1.41$ 、 $\sqrt{3} = 1.73$ 、 $\sqrt{5} = 2.24$ 、 $\sqrt{7} = 2.65$ としなさい。ただし、問題文中に指示がある場合はそれに従いなさい。

〔I〕 以下の問いに答えなさい。

- (1) 水平な地面から高さ 10 m の位置で物体を静かにはなしたところ、物体は地面と衝突してはね返った。物体と地面との間の反発係数が 0.80 であるとき、地面と衝突後に物体が到達する最高点の高さは [m] である。ただし、空気抵抗は無視できるものとする。

＜解答群＞

- ① 1.2 ② 2.4 ③ 3.2 ④ 4.4 ⑤ 5.1 ⑥ 6.4 ⑦ 7.2 ⑧ 8.0 ⑨ 10

- (2) 地上にある圧力 p_1 、絶対温度 T_1 、密度 ρ_1 の空気のかたまりが上昇し、圧力 p_2 、絶対温度 T_2 になったとき、その空気の密度は ρ_1 である。

＜解答群＞

- ① $\frac{p_2}{p_1}$ ② $\frac{p_1}{p_2}$ ③ $\frac{T_2}{T_1}$ ④ $\frac{T_1}{T_2}$ ⑤ $\frac{p_2 T_2}{p_1 T_1}$ ⑥ $\frac{p_2 T_1}{p_1 T_2}$ ⑦ $\frac{p_1 T_2}{p_2 T_1}$ ⑧ $\frac{p_1 T_1}{p_2 T_2}$

- (3) 電気量 $2.0 \times 10^{-4} \text{ C}$ の固定された点電荷 A がある。A から距離 1.0 m のところにある電気量 $-5.0 \times 10^{-5} \text{ C}$ の点電荷 B を A から 2.0 m の位置までゆっくりと移動させるのに必要な仕事は [J] である。ただし、クーロンの法則の比例定数を $9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ とする。

＜解答群＞

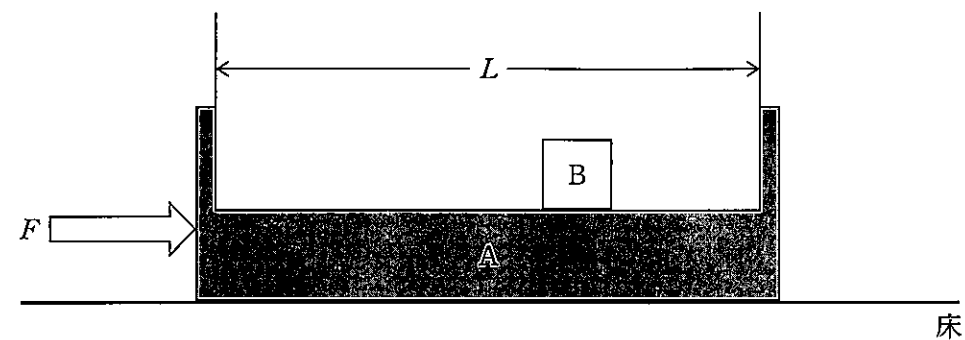
- ① 9.0 ② 18 ③ 27 ④ 34 ⑤ 45 ⑥ 65 ⑦ 90 ⑧ 120

- (4) x 軸の正の向きに伝わる波長 0.40 m の正弦波がある。 $x = 0$ [m] の位置の時刻 t [s] における変位 y [m] が $y = 2.5 \sin(40\pi t)$ で表されるとき、この波の伝わる速さは [m/s] である。

＜解答群＞

- ① 0.0032 ② 0.010 ③ 0.020 ④ 0.16 ⑤ 1.0 ⑥ 1.6 ⑦ 8.0 ⑧ 25 ⑨ 50

〔Ⅱ〕 図のように、両端に平行な鉛直壁を持つ質量 M 、長さ L の台 A がなめらかで水平な床の上にある。
 A の上面はなめらかな水平面で、質量 m ($m < M$) の小物体 B が置かれている。 A 、 B ともに静止した状態から、図のように A を一定の大きさ F の力で水平方向に時間 t_0 だけ押したところ、 A の速さが V_0 となった。その後、 B がはじめて A の鉛直壁と衝突しはね返った。 A の両端の鉛直壁と B との間の反発係数をともに e 、 B は A の水平上面から落ちないものとして、以下の問いに答えなさい。ただし、問題文中の速さはすべて床に対する速さであり、物体の運動は紙面を含む同一鉛直面内で生じるものとする。



(1) A の速さ V_0 は である。

<解答群>

- | | | | |
|----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|
| ① $\frac{Ft_0}{M+m}$ | ② $\frac{MFt_0}{m(M+m)}$ | ③ $\frac{mFt_0}{M(M+m)}$ | ④ $\frac{Ft_0}{M}$ |
| ⑤ $\frac{Ft_0}{M-m}$ | ⑥ $\frac{MFt_0}{m(M-m)}$ | ⑦ $\frac{mFt_0}{M(M-m)}$ | ⑧ $\frac{Ft_0}{m}$ |

(2) A の鉛直壁と B がはじめて衝突した直後、 A の速さは V_0 であり、 B の速さは V_0 である。

< , の解答群 >

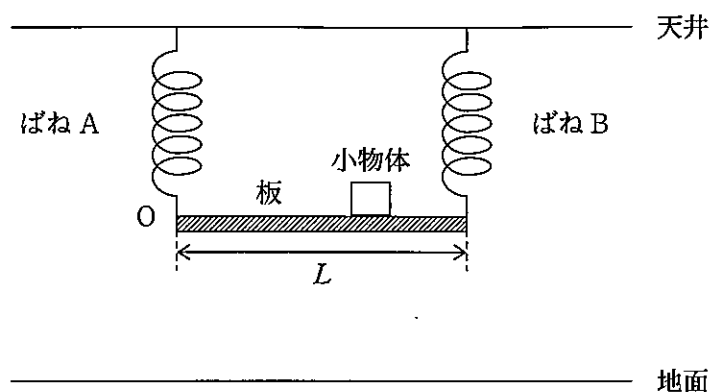
- | | | | |
|------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| ① $\frac{M(1+e)}{M+m}$ | ② $\frac{M+em}{M+m}$ | ③ $\frac{M(1-e)}{M+m}$ | ④ $\frac{M-em}{M+m}$ |
| ⑤ $\frac{m(1+e)}{M+m}$ | ⑥ $\frac{eM+m}{M+m}$ | ⑦ $\frac{m(1-e)}{M+m}$ | ⑧ $\frac{eM-m}{M+m}$ |

(3) $M = 4.0$ [kg], $m = 1.0$ [kg], $L = 0.50$ [m], $F = 5.0$ [N], $t_0 = 0.40$ [s], $e = 1.0$ のとき、 A の鉛直壁と B が 2 回衝突してからさらに 2 回衝突するまでにかかった時間は [s] である。

<解答群>

- ① 0.10 ② 0.20 ③ 0.40 ④ 0.80 ⑤ 1.0 ⑥ 2.0 ⑦ 4.0 ⑧ 8.0

〔Ⅲ〕 図のように、質量 M 、長さ L の一様な板の左端に自然の長さ l 、ばね定数 k のばね A を取り付け、右端に自然の長さ l 、ばね定数 $2k$ のばね B を取り付けて、ばね A、B が平行になるように水平な天井からつるした。板の上のある位置に質量 m の小物体を静かに固定したところ、板は水平になって静止した。板の左端を点 O として、以下の問いに答えなさい。



(1) 小物体を固定した位置の点 O からの距離は 9 L である。

<解答群>

- | | | |
|-----------------|---|---|
| ① $\frac{1}{3}$ | ② $\left(\frac{1}{3} - \frac{M}{6m}\right)$ | ③ $\left(\frac{1}{3} + \frac{M}{3m}\right)$ |
| ④ $\frac{1}{2}$ | ⑤ $\left(\frac{1}{2} + \frac{M}{4m}\right)$ | ⑥ $\left(\frac{1}{2} - \frac{M}{2m}\right)$ |
| ⑦ $\frac{2}{3}$ | ⑧ $\left(\frac{2}{3} + \frac{M}{6m}\right)$ | ⑨ $\left(\frac{2}{3} + \frac{M}{3m}\right)$ |

(2) このときのばね A の伸びは 10 $\times \frac{(m+M)g}{k}$ である。

<解答群>

- | | | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|
| ① $\frac{1}{4}$ | ② $\frac{1}{3}$ | ③ $\frac{1}{2}$ | ④ $\frac{2}{3}$ | ⑤ 1 |
| ⑥ $\frac{3}{2}$ | ⑦ 2 | ⑧ 3 | ⑨ 4 | |

(3) 地面側から鉛直上向きに大きさ F の力で板のある点を押したところ、板は水平を保ったままで静止した。このとき、ばねの長さは自然の長さより長かった。板に力を加えた点の位置は点 O から 11 L の距離で、板は力を加える前の静止した状態から鉛直上向きに 12 移動した。

< 11 の解答群 >

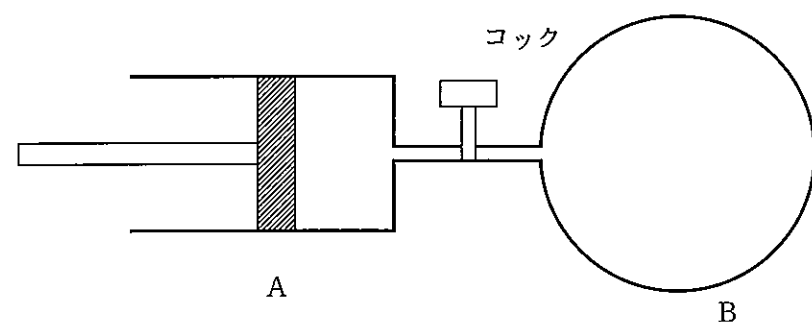
- | | | |
|-----------------|---|---|
| ① $\frac{1}{3}$ | ② $\left(\frac{1}{3} + \frac{M}{6m}\right)$ | ③ $\left(\frac{1}{3} + \frac{M}{3m}\right)$ |
| ④ $\frac{1}{2}$ | ⑤ $\left(\frac{1}{2} + \frac{M}{4m}\right)$ | ⑥ $\left(\frac{1}{2} + \frac{M}{2m}\right)$ |
| ⑦ $\frac{2}{3}$ | ⑧ $\left(\frac{2}{3} + \frac{M}{6m}\right)$ | ⑨ $\left(\frac{2}{3} + \frac{M}{3m}\right)$ |

< 12 の解答群 >

- | | | |
|---------------------------|--------------------------|-----------------------|
| ① $\frac{(m+M)g - F}{3k}$ | ② $\frac{(m+M)g - F}{k}$ | ③ $\frac{(m+M)g}{3k}$ |
| ④ $\frac{(m+M)g}{k}$ | ⑤ $\frac{F}{3k}$ | ⑥ $\frac{F}{k}$ |
| ⑦ $\frac{(m+M)g + F}{3k}$ | ⑧ $\frac{(m+M)g + F}{k}$ | |

〔IV〕 図のように、なめらかに動く軽いピストンとシリンダーからなる断熱容器 A と球状の断熱容器 B があり、その間はコックがついた細い管で連結されている。コックを閉じた状態でピストンが自由に動くようにしたとき、容器 A 内に封入された単原子分子の理想気体は、体積が $8V_0$ で絶対温度が T_0 となった。一方、容器 B の容積は $7V_0$ であり、内部は真空であった。コックおよび細い管は断熱材で囲まれている。容器の周囲の大気圧を p_0 として、以下の問いに答えなさい。

なお、単原子分子の理想気体をゆっくりと断熱変化させるとき、圧力 p の 3 乗は体積 V の 5 乗に反比例し、 $p^3V^5 = (\text{一定})$ の関係が成り立つ。



(1) 容器 A 内に封入された気体の内部エネルギーは 13 p_0V_0 である。

<解答群>

- ① $\frac{3}{2}$ ② $\frac{5}{2}$ ③ 6 ④ 10 ⑤ 12 ⑥ 20 ⑦ 48 ⑧ 80

(2) コックを閉じたまま、ピストンをゆっくりと動かして気体の体積が V_0 となるまで気体を圧縮しピストンを固定した。このとき、容器 A 内の圧力は 14 p_0 となった。

<解答群>

- ① $\frac{1}{32}$ ② $\frac{1}{16}$ ③ $\frac{1}{8}$ ④ $\frac{1}{4}$ ⑤ $\frac{1}{2}$
 ⑥ 2 ⑦ 4 ⑧ 8 ⑨ 16 ⑩ 32

(3) (2) の状態からコックを開け十分に時間が経過したとき、容器 A 内の気体の圧力は 15 p_0 、容器 A 内の気体の内部エネルギーは 16 p_0V_0 である。

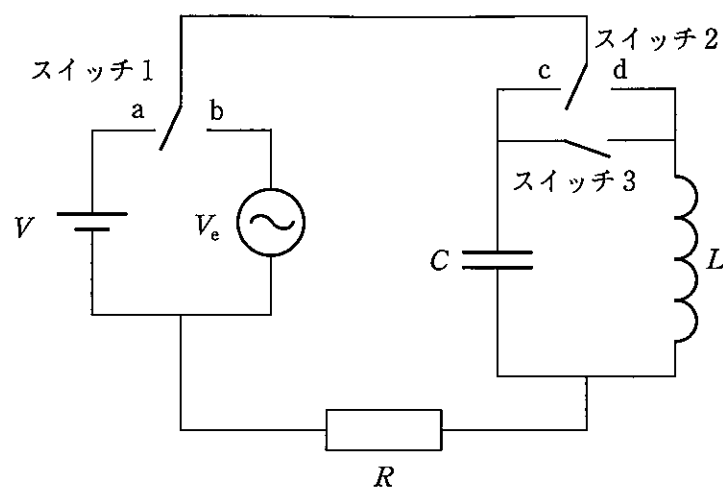
< 15 の解答群 >

- ① $\frac{1}{16}$ ② $\frac{1}{8}$ ③ $\frac{1}{4}$ ④ $\frac{1}{2}$ ⑤ 1
 ⑥ 2 ⑦ 4 ⑧ 8 ⑨ 16 ⑩ 32

< 16 の解答群 >

- ① $\frac{3}{2}$ ② $\frac{5}{2}$ ③ 6 ④ 10 ⑤ 12 ⑥ 20 ⑦ 48 ⑧ 80

〔V〕 図のように、抵抗値 R の抵抗、自己インダクタンス L のコイル、電気容量 C のコンデンサー、起電力 V の電池、周波数 f で電圧の実効値 V_e の交流電源、3つのスイッチが接続された回路がある。以下の問いに答えなさい。なお、抵抗値 R の抵抗以外の抵抗は無視できるものとする。



(1) スイッチ3を開いたままで、スイッチ1をa側に閉じ、スイッチ2をc側に閉じて十分に時間が経過した後に、抵抗値 R の抵抗に流れる電流の大きさは **17** となる。

<解答群>

- ① 0 ② $\frac{V}{R}$ ③ CV ④ $CV + \frac{V}{R}$ ⑤ $\frac{CV}{CR+1}$

(2) スイッチ3を開いたままで、スイッチ1をa側に閉じ、スイッチ2をd側に閉じて十分に時間が経過した後に、抵抗値 R の抵抗に流れる電流の大きさは **18** となる。

<解答群>

- ① 0 ② $\frac{V}{R}$ ③ $\frac{V}{L}$ ④ $V\left(\frac{1}{L} + \frac{1}{R}\right)$ ⑤ $\frac{V}{L+R}$

(3) スイッチ3を開いたままで、スイッチ1をb側に閉じ、スイッチ2をc側に閉じて十分に時間が経過した後に、抵抗値 R の抵抗に流れる電流の実効値は **19** となる。

<解答群>

- ① 0 ② $\frac{V_e}{R}$ ③ $\frac{V_e}{2\pi fC}$
④ $2\pi fCV_e$ ⑤ $\frac{V_e}{\sqrt{R^2 + 4\pi^2 f^2 C^2}}$ ⑥ $\frac{2\pi fCV_e}{\sqrt{4\pi^2 f^2 C^2 R^2 + 1}}$

(4) スイッチ3を開いたままで、スイッチ1をb側に閉じ、スイッチ2をd側に閉じて十分に時間が経過した後に、抵抗値 R の抵抗に流れる電流の実効値は **20** となる。

<解答群>

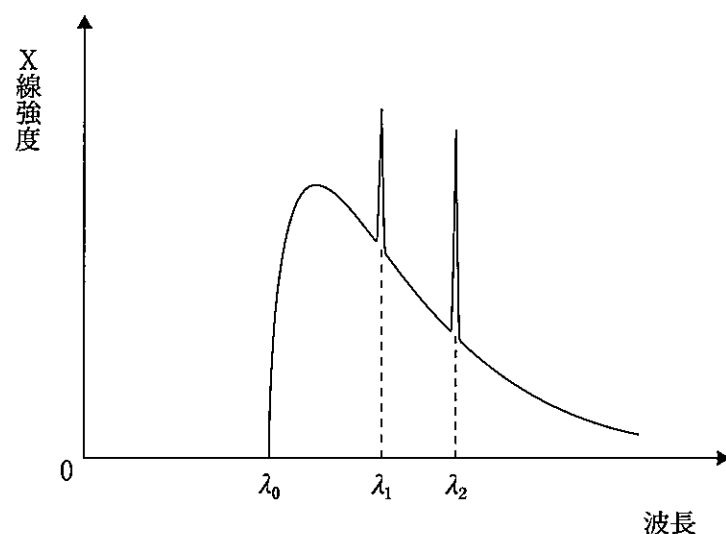
- ① 0 ② $\frac{V_e}{R}$ ③ $\frac{V_e}{2\pi fL}$
④ $2\pi fLV_e$ ⑤ $\frac{V_e}{\sqrt{R^2 + 4\pi^2 f^2 L^2}}$ ⑥ $\frac{2\pi fLV_e}{\sqrt{4\pi^2 f^2 L^2 R^2 + 1}}$

(5) スイッチ3を開いた状態で、スイッチ1をa側に閉じ、スイッチ2をc側に閉じて十分に時間が経過した後に、スイッチ1とスイッチ2を開いてスイッチ3を閉じたところ、電気振動が起こった。この電気振動の周期は **21** である。

<解答群>

- ① $\frac{2\pi}{\sqrt{LC}}$ ② $2\pi\sqrt{\frac{L}{C}}$ ③ $2\pi\sqrt{\frac{C}{L}}$
④ $2\pi\sqrt{LC}$ ⑤ $\frac{2\pi}{LC}$ ⑥ $2\pi LC$

〔VI〕 静止した電子を $5.0 \times 10^4 \text{ V}$ の電圧で加速して金属に衝突させ、X線を発生させる実験を行った。図はそのときに発生したX線のスペクトル（波長ごとの強度）を示している。電子の質量を $9.0 \times 10^{-31} \text{ kg}$ 、電気素量を $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 、光の速さを $3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ 、プランク定数を $6.6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ として、以下の問いに答えなさい。



(1) 図に示されたX線スペクトルにおいて、なめらかな曲線を作るX線は X線と呼ばれ、鋭いピークを作るX線は X線と呼ばれる。

< , の解答群 >

- ① 単調 ② 増加 ③ 減少 ④ 連続 ⑤ 振動 ⑥ 発散 ⑦ 収束 ⑧ 固有

(2) 観測されたX線の最短の波長 λ_0 は [m] である。

<解答群>

- ① 2.5×10^{-11} ② 5.0×10^{-11} ③ 7.5×10^{-11}
 ④ 2.5×10^{-9} ⑤ 5.0×10^{-9} ⑥ 7.5×10^{-9}
 ⑦ 2.5×10^{-7} ⑧ 5.0×10^{-7} ⑨ 7.5×10^{-7}

(3) 金属に衝突する直前の電子のド・ブロイ波長は [m] である。

<解答群>

- ① 1.6×10^{-14} ② 3.0×10^{-14} ③ 5.5×10^{-14}
 ④ 1.6×10^{-12} ⑤ 3.0×10^{-12} ⑥ 5.5×10^{-12}
 ⑦ 1.6×10^{-10} ⑧ 3.0×10^{-10} ⑨ 5.5×10^{-10}

(4) 電子を加速する電圧を2倍に変更して同じ実験をした場合に測定されるX線スペクトルにおいて、図の λ_0 , λ_1 , λ_2 に対応する波長を Λ_0 , Λ_1 , Λ_2 と表すことにする。これら2種類の波長の間の関係は $\Lambda_0 =$ λ_0 , $\Lambda_1 =$ λ_1 , $\Lambda_2 =$ λ_2 である。

< ~ の解答群 >

- ① $\frac{1}{8}$ ② $\frac{1}{4}$ ③ $\frac{1}{2}$ ④ $\frac{1}{\sqrt{2}}$ ⑤ 1 ⑥ $\sqrt{2}$ ⑦ 2 ⑧ 4 ⑨ 8