順天堂大学

2026 年度　一般選抜　物理

（2 科目　120 分）

Ⅰ 以下の問題（**第 1 問**〜**第 3 問**）の答えをマークシートに記せ。

第 1 問　次の問い（**問 1**〜**問 6**）に答えよ。〔**解答番号** 1 〜 9 〕

問 1　図 1 のような半径 r の半円柱が，水平な床の上に固定されている。図 1 は断面図を表しており，点 O は半円柱の断面の中心である。この半円柱に長さ $2r$，質量 M の一様な棒を，床となす角度が 30° になるように立てかけたところ，棒はすべらずに静止した。ただし，棒と床の間には摩擦力がはたらき，棒と半円柱の間には摩擦力がはたらかないものとし，棒は半円柱の断面と同じ鉛直面内にあるものとする。このとき，棒が床から受ける摩擦力の大きさはいくらか。正しいものを，下の①〜⑧のうちから一つ選べ。ただし，重力加速度の大きさを g とする。 1

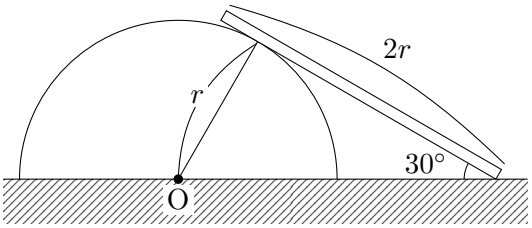


図 1

① $\frac{1}{8}Mg$　② $\frac{\sqrt{3}}{8}Mg$　③ $\frac{1}{4}Mg$　④ $\frac{\sqrt{3}}{4}Mg$

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

問 2　媒質中で周期 T，波長 λ，振幅 A の 2 つの正弦波が，図 2 のように x 軸上を互いに逆向きに進んで重なり合う。図 2 は，時刻 $t = 0$ の瞬間において $x \geqq 0$ の領域のようすを示しており，実線は右向きに進む正弦波，破線は左向きに進む正弦波を表す。時刻 $t = \dfrac{T}{12}$ における媒質の変位 y を表すグラフとして正しいものを，下の①～⑧のうちから一つ選べ。

2

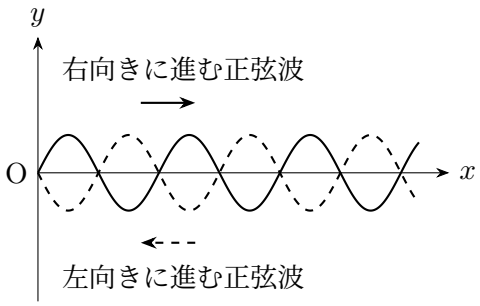
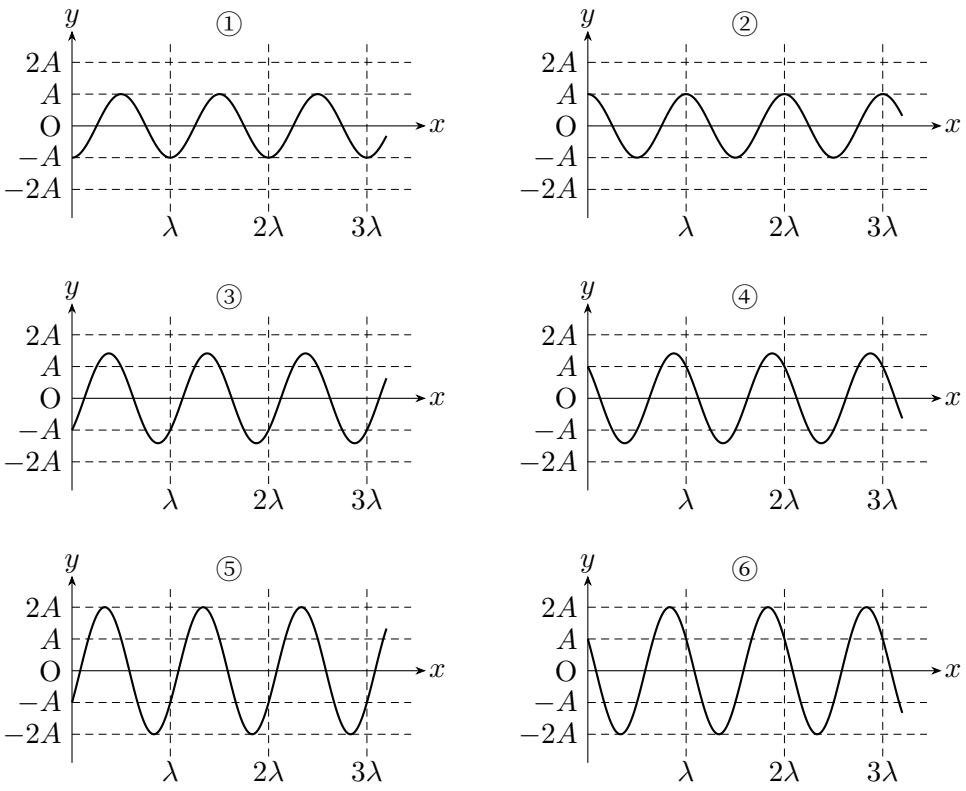
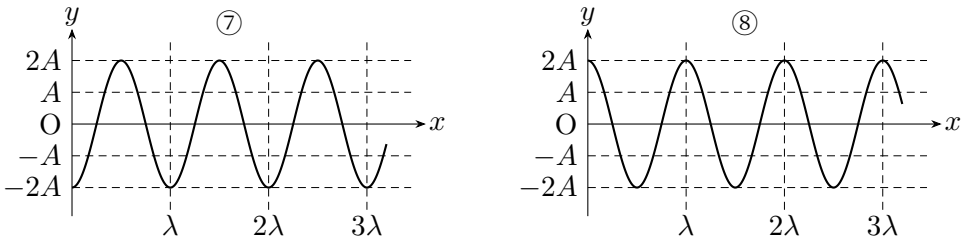


図 2





問 3　真空中で図 3 のような，x 軸の正の向きの一様な磁束密度 B_0 の磁場中で，xy 平面に垂直に原点 O を通る導線が固定されているとする。ただし，導線はじゅうぶんに長い直線導線である。この導線に，紙面の裏から表の向きに一定の強さの電流を流す場合を考えよう。xy 平面内の各点で磁場を測定すると，磁束密度の大きさが 0 になる位置が $y > 0$ の領域に 1 点だけあることがわかるので，この点と原点 O との距離を $r\,(> 0)$ としよう。このとき，xy 座標が $(x,\ y) = \left(\dfrac{r}{2},\ -\dfrac{r}{2}\right)$ の位置における磁束密度 $\vec{B} = (B_x,\ B_y)$ の x 成分はいくらか。正しいものを，下の①～⑧のうちから一つ選べ。

$B_x =$ 3

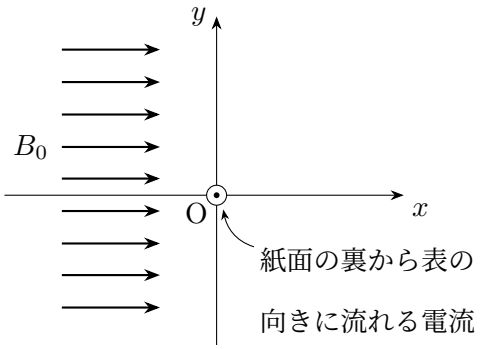


図 3

① $\dfrac{3}{2}B_0$　② $\left(1+\dfrac{\sqrt{2}}{2}\right)B_0$　③ $2B_0$

④ $(1+\sqrt{2})B_0$　⑤ $\dfrac{5}{2}B_0$　⑥ $\left(2+\dfrac{\sqrt{2}}{2}\right)B_0$

⑦ $3B_0$　⑧ $(2+\sqrt{2})B_0$

問 4　図 4 のように，x 軸方向の長さが a，y 軸方向の長さが b，z 軸方向の長さが c の直方体状の p 型半導体の試料を置く。この試料に一様な磁束密度 B の磁場を z 軸の正の向きにかけ，y 軸の正の向きに一定の強さの電流 I を流したところ，試料において x 軸に垂直な二つの面（面 K と面 L）の間に電位差が生じた。この電位差は，p 型半導体の試料中のキャリア（電流の担い手）であるホール（正孔）が磁場から力を受けて，試料の端にかたよった結果として生じたと考えられる。この試料中のキャリアであるホールの数密度（単位体積あたりの数）を n とし，ホールの電荷を $e\,(>0)$ として，下の問い（(a)，(b)）に答えよ。

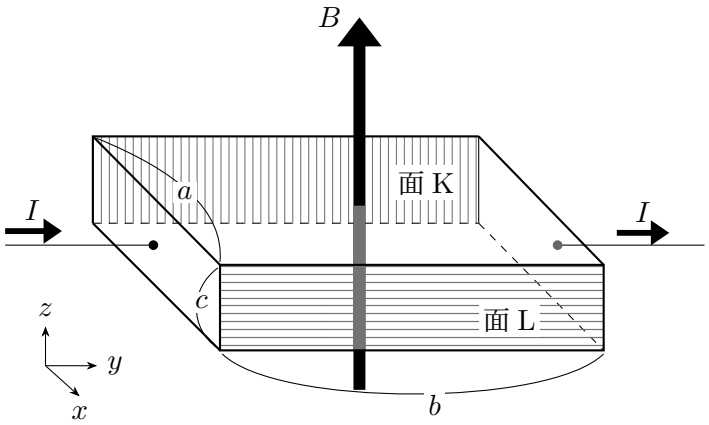


図 4

(a)　図 4 の試料中でキャリアがもつ y 軸方向の平均の速さを v とすると，v はいくらか。正しいものを，次の①～⑧のうちから一つ選べ。

$v =$ 4

① $Ienab$　② $Ienbc$　③ $Ienac$　④ $Ienabc$

⑤ $\dfrac{I}{enab}$　⑥ $\dfrac{I}{enbc}$　⑦ $\dfrac{I}{enac}$　⑧ $\dfrac{I}{enabc}$

(b)　面 K と面 L の間の電位差は，試料中の x 軸方向に電場が生じていることを示しているので，キャリアはこの電場からも力を受ける。一定の電流 I が流れている図 4 の試料中では，キャリアにはたらく力はつり合っている。このとき，面 K に対する面 L の電位は，前問の v を用いてどのように表されるか。正しいものを，次の①～⑧のうちから一つ選べ。

5

① Bav　② $Bacv$　③ $\dfrac{Ba}{v}$　④ $\dfrac{Bac}{v}$

⑤ $-Bav$　⑥ $-Bacv$　⑦ $-\dfrac{Ba}{v}$　⑧ $-\dfrac{Bac}{v}$

問 5　図 5 のように，原子が規則正しく配列した平面（格子面）が間隔 d で平行に並んだ結晶に波長 λ の X 線を当てる。X 線を格子面に対して θ の角度で入射させると，強い透過力をもった X 線は結晶表面の格子面 A だけでなく，格子面 B や格子面 C，さらに深い位置にある格子面まで到達し，それぞれの格子面によって反射の法則を満たす方向に反射される。隣り合う 2 つの格子面で反射された X 線が同位相となるとき，平行な格子面で反射される X 線全体が強め合う。反射 X 線について，下の問い（(a)，(b)）に答えよ。

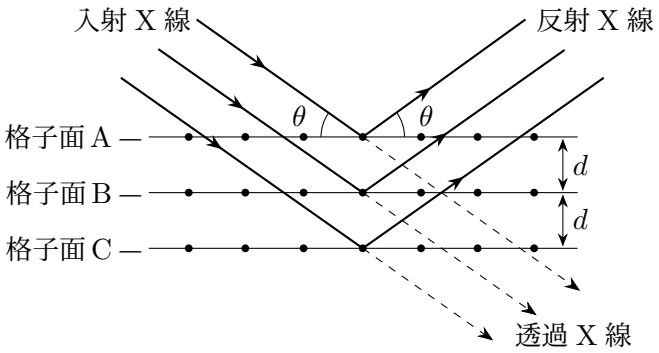


図 5

(a)　図 5 において，反射 X 線が強め合う条件はどのように表されるか。正しいものを，次の①〜⑧のうちから一つ選べ。ただし，$n = 1,\ 2,\ 3,\ \cdots$ とする。 6

① $\cos\theta = \dfrac{nd}{\lambda}$　② $\cos\theta = \dfrac{n\lambda}{d}$　③ $\cos\theta = \dfrac{nd}{2\lambda}$　④ $\cos\theta = \dfrac{n\lambda}{2d}$

⑤ $\sin\theta = \dfrac{nd}{\lambda}$　⑥ $\sin\theta = \dfrac{n\lambda}{d}$　⑦ $\sin\theta = \dfrac{nd}{2\lambda}$　⑧ $\sin\theta = \dfrac{n\lambda}{2d}$

(b)　入射 X 線の波長を $\lambda = 1.7 \times 10^{-10}\,\mathrm{m}$ とする。このとき図 5 において，$0° < \theta < 90°$ の範囲で θ の値を変えると，$\theta = \theta_\mathrm{a}$，$\theta_\mathrm{b}$，$\theta_\mathrm{c}$ の 3 つの角度で反射 X 線が強め合った。ただし，$0° < \theta_\mathrm{a} < \theta_\mathrm{b} < \theta_\mathrm{c} < 90°$ とし，$\theta_\mathrm{c} = 50.6°$ であった。格子面の間隔 d はいくらか。最も近い値を，次の①〜⑧のうちから一つ選べ。ただし，$\cos(50.6°) = 0.63$，$\sin(50.6°) = 0.77$ として計算してよい。

$d =$ 7 m

① 7.1×10^{-11}　② 8.7×10^{-11}　③ 1.5×10^{-10}　④ 2.2×10^{-10}

⑤ 2.6×10^{-10}　⑥ 3.3×10^{-10}　⑦ 4.0×10^{-10}　⑧ 6.6×10^{-10}

問 6　水素原子内の電子（質量 m，電気量 $-e\,(e > 0)$）は，水素原子の中心にある原子核（電気量 $+e$）から静電気力を受け，半径 r の軌道上を等速円運動しているとする（図 6）。真空中のクーロンの法則の比例定数を k，プランク定数を h として，次の問い（(a)，(b)）に答えよ。

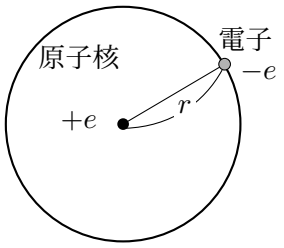


図 6

(a)　電子の運動方程式から，等速円運動する電子の速さは r を用いて表すことができる。このとき，水素原子内で等速円運動する電子の力学的エネルギーは r を用いてどのように表されるか。正しいものを，次の①～⑧のうちから一つ選べ。ただし，静電気力による位置エネルギーは無限遠点を基準点にとるものとする。 8

① $\dfrac{ke^2}{2r}$　② $\dfrac{3ke^2}{2r}$　③ $\dfrac{ke^2}{2r^2}$　④ $\dfrac{3ke^2}{2r^2}$

⑤ $-\dfrac{ke^2}{2r}$　⑥ $-\dfrac{3ke^2}{2r}$　⑦ $-\dfrac{ke^2}{2r^2}$　⑧ $-\dfrac{3ke^2}{2r^2}$

(b)　電子は粒子としての性質だけでなく，波（電子波）としての性質も持っており，水素原子内の電子は，

$$2\pi r = n \times (\text{電子波の波長})$$

を満たす場合にのみ，軌道上に存在できる（量子条件）。ただし，$n = 1,\ 2,\ 3,\ \cdots$ は量子数である。この量子条件を用いると，r はどのように表されるか。正しいものを，次の①～⑧のうちから一つ選べ。

$r =$ 9

① $\dfrac{nh}{2\pi mke^2}$　② $\dfrac{nh}{4\pi^2 mke^2}$　③ $\dfrac{n^2h^2}{2\pi mke^2}$　④ $\dfrac{n^2h^2}{4\pi^2 mke^2}$

⑤ $\dfrac{mnh}{2\pi ke^2}$　⑥ $\dfrac{mnh}{4\pi^2 ke^2}$　⑦ $\dfrac{mn^2h^2}{2\pi ke^2}$　⑧ $\dfrac{mn^2h^2}{4\pi^2 ke^2}$

第 2 問　図 1 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_1，C_2 の二つのコンデンサー（$C_1 > C_2$），およびスイッチ S をつないで回路をつくった。スイッチ S が図 1 のように開いた状態で，電気容量 C_1 のコンデンサーの上側の極板に正の電気量 $Q_0\,(>0)$，下側の極板に $-Q_0$ の電気量を与え，電気容量 C_2 のコンデンサーには上側の極板に $2Q_0$，下側の極板に $-2Q_0$ の電気量を与えた。この状態からスイッチ S を，端子アあるいは端子イに接続する場合について，下の問い（**問 1**，**問 2**）に答えよ。

〔**解答番号** 1 ～ 6 〕

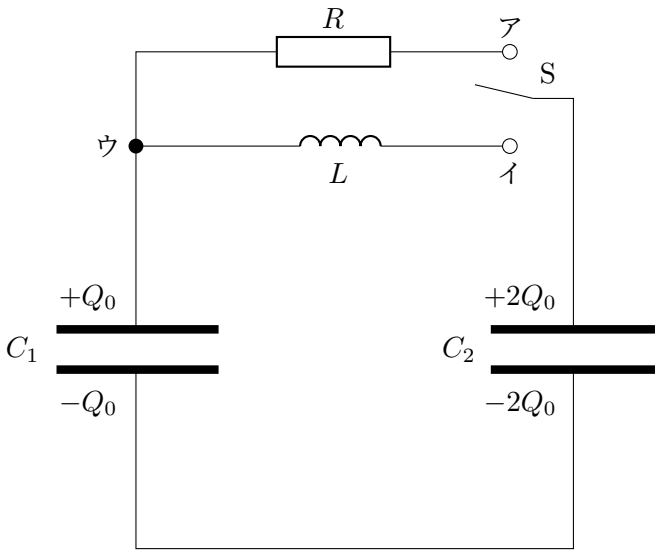


図 1

問 1　図 1 の状態からスイッチ S をアに接続すると，回路に電流が流れはじめた。このとき，次の問い（(a)～(c)）に答えよ。

(a)　S をアに接続した直後に回路に流れる電流の大きさを $\dfrac{AQ_0}{R}$ と表すと，A はいくらか。正しいものを，次の①～⑨のうちから一つ選べ。

$A =$ 1

① $\dfrac{1}{C_1+C_2}$　② $\dfrac{1}{2C_1+C_2}$　③ $\dfrac{2}{C_1+C_2}$

④ $\dfrac{C_1+C_2}{C_1C_2}$　⑤ $\dfrac{2C_1+C_2}{C_1C_2}$　⑥ $\dfrac{2(C_1+C_2)}{C_1C_2}$

⑦ $\dfrac{C_1-C_2}{C_1C_2}$　⑧ $\dfrac{2C_1-C_2}{C_1C_2}$　⑨ $\dfrac{2(C_1-C_2)}{C_1C_2}$

(b) S をアに接続してじゅうぶんに時間が経過した後の，電気容量 C_1 のコンデンサーの上側の極板の電気量はいくらか。正しいものを，次の①〜⑧のうちから一つ選べ。

2

① $\dfrac{C_1Q_0}{C_1+2C_2}$　② $\dfrac{C_1Q_0}{2C_1+C_2}$　③ $\dfrac{2C_1Q_0}{C_1+C_2}$

④ $\dfrac{3C_1Q_0}{C_1+C_2}$　⑤ $\dfrac{(C_1+2C_2)Q_0}{C_2}$　⑥ $\dfrac{(2C_1+C_2)Q_0}{C_2}$

⑦ $\dfrac{2(C_1+C_2)Q_0}{C_2}$　⑧ $\dfrac{3(C_1+C_2)Q_0}{C_2}$

(c) S をアに接続してからじゅうぶんに時間が経過するまでに，抵抗で発生するジュール熱はいくらか。正しいものを，次の①〜⑧のうちから一つ選べ。 3

① $\dfrac{(C_1-C_2)^2Q_0^2}{2C_1C_2(C_1+C_2)}$　② $\dfrac{(C_1-C_2)^2Q_0^2}{C_1C_2(C_1+C_2)}$

③ $\dfrac{(C_1-C_2)^3Q_0^2}{2C_1C_2(C_1+C_2)^2}$　④ $\dfrac{(C_1-C_2)^3Q_0^2}{C_1C_2(C_1+C_2)^2}$

⑤ $\dfrac{(C_1-C_2)(2C_1-C_2)Q_0^2}{2C_1C_2(C_1+C_2)}$　⑥ $\dfrac{(2C_1-C_2)^2Q_0^2}{2C_1C_2(C_1+C_2)}$

⑦ $\dfrac{(C_1-C_2)^2(2C_1-C_2)Q_0^2}{2C_1C_2(C_1+C_2)^2}$　⑧ $\dfrac{(C_1-C_2)(2C_1-C_2)^2Q_0^2}{2C_1C_2(C_1+C_2)^2}$

問 2　図 1 の状態からスイッチ S をイに接続する場合を考えよう。S をイに接続した瞬間を時刻 $t=0$ とし，時刻 t の瞬間には電気容量 C_1 のコンデンサーの上側の極板の電気量が，

$$Q_0+q$$

となり，図 1 の電気量 Q_0 に比べて q だけ増加しているとし，また，時刻 t にコイルをイからウの向きに流れる電流が I であるとして，次の問い（(a)〜(c)）に答えよ。

(a) コイルをイからウの向きに流れる電流 I が，時刻 t から $t+\Delta t$ までの短い時間 Δt の間に $I \to I+\Delta I$ と変化したとする。このときの電流の時間的変化の割合 $\dfrac{\Delta I}{\Delta t}$ は，キルヒホッフの第 2 法則を適用し**問 1**(a) の A を用いると，

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = -\frac{1}{L}\left(Bq - AQ_0\right) \tag{1}$$

と表すことができる。ただし，B は時刻 t によらない正の定数とする（$B > 0$）。B として正しいものを，次の①～⑧のうちから一つ選べ。

$B =$ 4

① $\dfrac{1}{C_1 + C_2}$　② $\dfrac{2}{C_1 + C_2}$　③ $\dfrac{1}{C_1 - C_2}$　④ $\dfrac{2}{C_1 - C_2}$

⑤ $\dfrac{C_1 + C_2}{C_1 C_2}$　⑥ $\dfrac{2(C_1 + C_2)}{C_1 C_2}$　⑦ $\dfrac{C_1 - C_2}{C_1 C_2}$　⑧ $\dfrac{2(C_1 - C_2)}{C_1 C_2}$

(b) 電流 I を運動する物体の速度に対応させると，$\dfrac{\Delta I}{\Delta t}$ は物体の加速度に対応し，q は物体の位置に対応するので，式 (1) は物体の加速度を運動方程式で表したものに対応している。また，式 (1) の右辺を

$$-\frac{B}{L}\left(q - \frac{A}{B}Q_0\right)$$

と表すと，q（物体の位置に対応）を $\dfrac{A}{B}Q_0$ に引きもどすように，$\dfrac{\Delta I}{\Delta t}$（物体の加速度に対応）が生じることを示しているので，物体の運動における単振動に対応して，q が時刻 t の関数として振動することがわかり，電流 I も振動電流となる。ただし，コイルの自己誘導のため，S をイに接続した直後には回路に電流は流れないので，時刻 $t = 0$ に q と I の両方が 0 となる。このことから，q は t の関数として，式 (1) の A，B を用いてどのように表されるか。正しいものを，次の①～⑧のうちから一つ選べ。

$q =$ 5

① $\dfrac{A}{B}Q_0 \sin\left(\dfrac{B}{L}t\right)$　② $\dfrac{2A}{B}Q_0 \sin\left(\dfrac{B}{L}t\right)$

③ $\dfrac{A}{B}Q_0\left(1 - \cos\left(\dfrac{B}{L}t\right)\right)$　④ $\dfrac{2A}{B}Q_0\left(1 - \cos\left(\dfrac{B}{L}t\right)\right)$

⑤ $\dfrac{A}{B}Q_0 \sin\left(t\sqrt{\dfrac{B}{L}}\right)$　⑥ $\dfrac{2A}{B}Q_0 \sin\left(t\sqrt{\dfrac{B}{L}}\right)$

⑦ $\dfrac{A}{B}Q_0\left(1 - \cos\left(t\sqrt{\dfrac{B}{L}}\right)\right)$　⑧ $\dfrac{2A}{B}Q_0\left(1 - \cos\left(t\sqrt{\dfrac{B}{L}}\right)\right)$

(c) 前問で求めた 5 の結果で，q が時刻 t の関数として振動する周期を T としよう。コイルに蓄えられるエネルギーを U とすると，時刻 $t = \dfrac{T}{3}$ の瞬間の U は，式 (1) の A，B を用いてどのように表されるか。正しいものを，次の①～⑧のうちから一つ選べ。

6

① $\dfrac{A^2Q_0^2}{8B}$　② $\dfrac{3A^2Q_0^2}{8B}$　③ $\dfrac{A^2Q_0^2}{4B}$　④ $\dfrac{3A^2Q_0^2}{4B}$

⑤ $\dfrac{LA^2BQ_0^2}{8}$　⑥ $\dfrac{3LA^2BQ_0^2}{8}$　⑦ $\dfrac{LA^2BQ_0^2}{4}$　⑧ $\dfrac{3LA^2BQ_0^2}{4}$

第 3 問　図 1 のように，ピストンと板によって内部を分けられた断面積 S のシリンダーがあり，ピストンと板はシリンダー内をなめらかに動くものとする。図 1 のように静止しているピストンの位置を原点 O として，右方向を正の方向として x 軸をとる。板は $x = L\,(>0)$ の位置に静止している。ピストンと板ではさまれた部屋には，圧力 p_0，絶対温度 T_0 の単原子分子の理想気体が 1 mol 封じ込められており，この部屋には大きさの無視できるヒーターが設置されている。板の右の部屋は真空で，板とシリンダーの壁はばね（ばね定数 k）でつながれ，図 1 の状態のばねは自然長から長さ L だけ縮んでいる。ピストン，板，シリンダーは薄い断熱材でつくられており，厚みや質量は無視できるものとする。気体定数を R，単原子分子理想気体の定積モル比熱を $\dfrac{3}{2}R$ として，下の問い（**問 1**〜**問 3**）に答えよ。〔**解答番号** 1 〜 6 〕

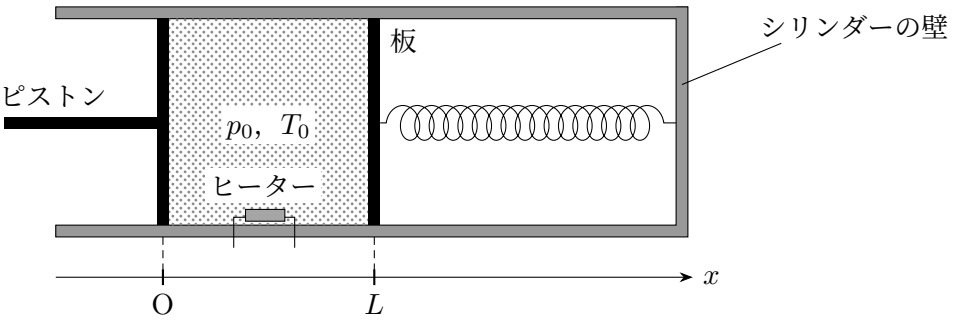


図 1

問 1　図 1 の状態で，板にはたらく力のつり合いと理想気体の状態方程式を用いると，温度 T_0 はどのように表されるか。正しいものを，次の①〜⑧のうちから一つ選べ。

$T_0 =$ 1

① $\dfrac{kL}{S}$　② $\dfrac{kL}{2S}$　③ $\dfrac{kL^2}{S}$　④ $\dfrac{kL^2}{2S}$

⑤ $\dfrac{kL}{R}$　⑥ $\dfrac{kL}{2R}$　⑦ $\dfrac{kL^2}{R}$　⑧ $\dfrac{kL^2}{2R}$

問 2　図 1 の状態で，ピストンの位置が O から動かないように固定し，ヒーターのスイッチを入れて一定時間だけ気体を加熱してスイッチを切る。ヒーターのスイッチを入れた後，板は $x = L$ からゆっくり動き，スイッチを切った後，図 2 のように板は $x = \dfrac{3}{2}L$ の位置で静止した。図 2 の状態における気体の内部エネルギーはいくらか。また，図 2 の状態になるまでに，ヒーターが気体に加えた熱量はいくらか。正しいものを，下の①～⑧のうちから一つずつ選べ。

内部エネルギー ＝ 2

熱量 ＝ 3

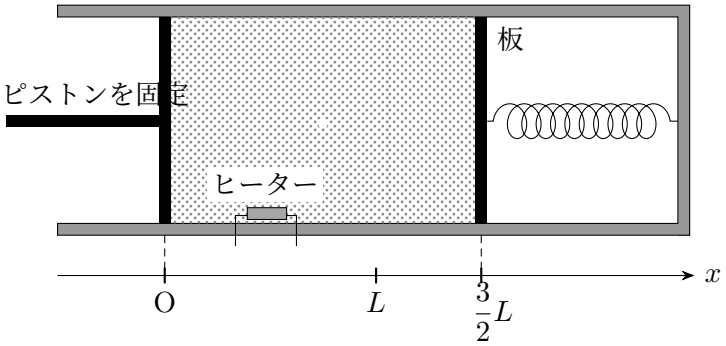


図 2

① $\dfrac{9kL^2}{8}$　② $\dfrac{9kL^2}{4}$　③ $\dfrac{5kL^2}{2}$　④ $3kL^2$

⑤ $\dfrac{27kL^2}{8}$　⑥ $4kL^2$　⑦ $\dfrac{9kL^2}{2}$　⑧ $\dfrac{45kL^2}{8}$

問 3　図 1 の状態でヒーターを取り外し，シリンダー内の気体は外部と熱のやり取りがないようにする。この状態から，ピストンを $x = 0$ から $x = a\,(> 0)$ の位置までゆっくりと押し込むと，板は $x = L$ から $x = L + b\,(b > 0)$ の位置まで移動し静止した（図 3）。このとき，シリンダー内の気体は圧力と絶対温度がそれぞれ $p_0 \to p'$，$T_0 \to T'$ と変化した。ただし，以下では a および b がじゅうぶん小さい場合を考えることにする。この断熱変化について，下の問い（(a)〜(c)）に答えよ。

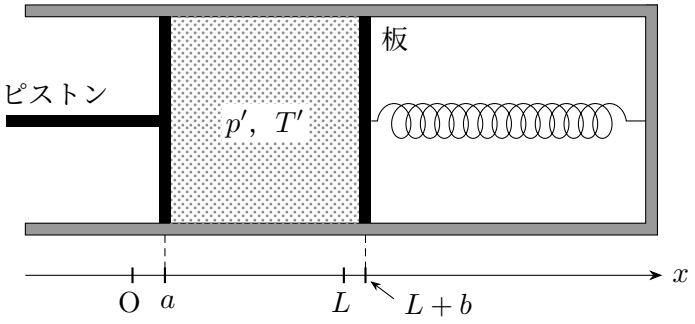


図 3

(a)　板にはたらく力のつり合いと理想気体の状態方程式を用いると，図 3 の温度 T' は a と b を用いて表される。温度変化の割合 $\dfrac{T' - T_0}{T_0}$ はいくらか。正しいものを，次の①〜⑧のうちから一つ選べ。ただし，a および b はじゅうぶん小さいので，a^2，b^2，ab は無視できるものとする。

$\dfrac{T' - T_0}{T_0} =$ 4

① $\dfrac{a+b}{L}$　② $\dfrac{2(a+b)}{L}$　③ $\dfrac{a-b}{L}$　④ $\dfrac{b-a}{L}$

⑤ $\dfrac{a-2b}{L}$　⑥ $\dfrac{2b-a}{L}$　⑦ $\dfrac{2a-b}{L}$　⑧ $\dfrac{b-2a}{L}$

(b)　この断熱変化に熱力学第 1 法則を適用することでも $\Delta T = T' - T_0$ を計算できる。ただし，a と b がじゅうぶん小さいので，この断熱変化における仕事を計算するとき，気体の圧力は一定としてよい。このようにして計算した ΔT と**問 3**(a) の結果から，b は a の何倍か。正しいものを，次の①〜⑧のうちから一つ選べ。 5 倍

① $\dfrac{1}{5}$　② $\dfrac{1}{4}$　③ $\dfrac{1}{3}$　④ $\dfrac{2}{5}$

⑤ $\dfrac{4}{7}$　⑥ $\dfrac{3}{5}$　⑦ $\dfrac{5}{8}$　⑧ $\dfrac{5}{7}$

(c) 図 1 の気体の体積を V_0，図 3 の気体の体積を V' で表す。この断熱変化において，圧力変化と体積変化の比は

$$\frac{p'-p_0}{V'-V_0} = \boxed{\ 6\ } \times \frac{p_0}{V_0}$$

と表すことができる。 6 を埋めるのに正しいものを，次の①〜⑧のうちから一つ選べ。

① $-\frac{5}{2}$　② $-\frac{5}{3}$　③ $-\frac{3}{2}$　④ $-\frac{4}{3}$

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

II 次の問いに答えよ。解答用紙の所定の欄には，結果だけでなく考え方と途中の式も記せ。

質量 m の小球 A とその k 倍（$k > 1$）の質量をもつ小球 B を，それぞれ長さ L の軽い糸で点 O からつり下げ 2 つの振り子をつくった。図 1 のように，小球 A をつるした糸と鉛直線とのなす角 ∠AOB が θ_0 の位置から A を静かに放し，O の真下で静止している小球 B と衝突させる。小球 A と小球 B の間の反発係数を e $(0 < e < 1)$ とし，下の問い（**問 1**〜**問 3**）に答えよ。ただし，空気抵抗は無視できるものとし，重力加速度の大きさを g とする。

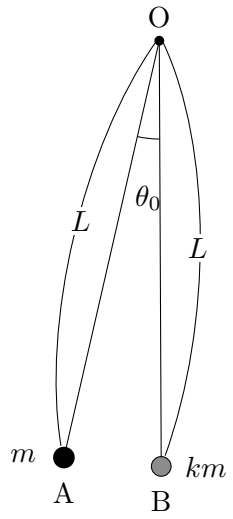


図 1

問 1　小球 A が静かに放されてから小球 B に最初に衝突するまでの A の運動で，A をつるした糸が ∠AOB $= \theta$ $(0 < \theta < \theta_0)$ となる位置にきた瞬間について考える。このときの小球 A の速さは θ_0 で

決まる。このことから，$\angle\mathrm{AOB} = \theta$ のとき，小球 A を糸が引く力の大きさは θ_0，θ，m，g を用いてどのように表されるか。

問 2　小球 A が小球 B に最初に衝突する直前の，小球 A の速さを v で表すものとする。このとき，最初の衝突直後の小球 A の速度 v' と小球 B の速度 V' は，v を用いてそれぞれどのように表されるか。ただし，衝突直前の A の速度の向きを正とする。

問 3　図 1 の θ_0 がじゅうぶん小さい場合を考える（$\theta_0 \ll 1$）。このとき，衝突前後の 2 つの振り子の振れの角もじゅうぶん小さいので，角 θ がじゅうぶん小さい場合に成り立つ三角関数の関係式

$$\sin\theta \fallingdotseq \theta$$
$$\cos\theta = \sqrt{1-\sin^2\theta} \fallingdotseq 1 - \frac{\theta^2}{2}$$

を用いて，次の問い（(a)〜(c)）に答えよ。

(a)　上の三角関数の近似式を使うとき，小球 A が小球 B に最初に衝突する直前の速さ v は，L，g，θ_0 を用いてどのように表されるか。

(b)　最初の衝突の後，2 つの振り子はもどってきて，小球 A と小球 B は 2 度目の衝突をする。最初の衝突の瞬間を時刻 $t = 0$ として，2 度目の衝突の時刻を $t = t_2$ とする。振り子の振幅はじゅうぶん小さいので，2 つの小球は水平方向の直線上を動くとしてよい。この直線を x 軸とし，図 1 での B の静止位置を原点にとり，右方向を正の方向とする。$x = 0$ の位置での最初の衝突の後，2 つの振り子が 2 度目の衝突をするまでの時間（$0 < t < t_2$）において，小球 A と小球 B の 2 球の重心の x 座標を時刻 t の関数として求めよ。また，2 度目の衝突の時刻 t_2 はいくらか。ただし，重心の x 座標は L，g，k，θ_0，t を用いて表せ。

(c)　小球 A と小球 B の 2 度目の衝突直後の小球 B の速度は，最初の衝突直前の A の速さ v を用いてどのように表されるか。ただし，最初の衝突直前の A の速度の向きを正とする。