

令和3年度 入学者選抜試験問題

一般選抜 令和3年1月28日

理 科 (120分)

I 注意事項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 この問題冊子は91ページあります。各科目の出題ページは下記のとおりです。
物理 4～33ページ
化学 34～59ページ
生物 60～91ページ
- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気づいた場合は、手を挙げて監督員に知らせなさい。
- 4 解答用紙は2枚配付されます。解答用紙には解答欄以外に次の記入欄があるので、その説明と解答用紙の「記入上の注意」を読み、それぞれ正しく記入し、マークしなさい。
 - ① 受験番号欄
受験番号を記入し、さらにその下のマーク欄にマークしなさい。正しくマークされていない場合は、採点できないことがあります。
 - ② 氏名欄
氏名・フリガナを記入しなさい。
 - ③ 解答科目欄
解答する科目を一つ選び、科目の下の○にマークしなさい。マークされていない場合または複数の科目にマークされている場合は、0点となります。
- 5 試験開始後30分間および試験終了前5分間は退出できません。
- 6 この表紙の受験番号欄に受験番号を記入しなさい。この問題冊子は試験終了後回収します。

II 解答上の注意

- 1 解答はすべて解答用紙の所定の欄へのマークによって行います。たとえば、大問①の③と表示のある問いに対して②と解答する場合は、次の〈例〉のように解答番号3の解答欄の②をマークします。

〈例〉

1	解 答 欄									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
3	①	●	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

受 験 番 号				

獨協医科大学 医学部

物 理

1 次の問1～4に答えなさい。〔解答番号 ～ 〕

問1 図1のように、なめらかな水平面上に質量が等しい2つの物体 A, B を置き、両者の間に軽いばねをはさみ、ばねが自然長から d だけ縮んだ状態で静止させた。その後、静かに放すと、物体 A, B は互いに逆向きに運動し、図2のように、ばねが自然長に戻ったとき、その速さはともに v_0 であった。

物体 A, B を一旦静止させ、図1と同じように d だけばねを縮め、今度は、図3のように、A, B に右向きに初速 v_0 を与える。運動は直線的に生じるものとする。ばねが自然長に戻ったとき、物体 A に対する物体 B の相対的な速さ v_{AB} はいくらか。正しいものを、下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 $v_{AB} =$



図 1

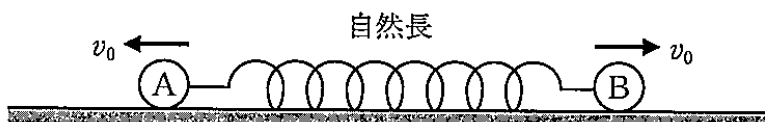


図 2

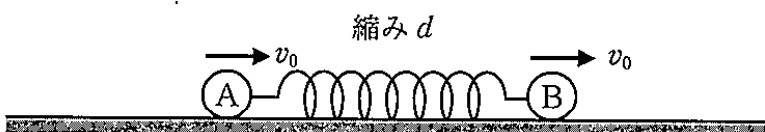


図 3

- | | | |
|-------------------|--------------------------|------------------|
| ① $\frac{v_0}{2}$ | ② $\frac{v_0}{\sqrt{2}}$ | ③ v_0 |
| ④ $\sqrt{2}v_0$ | ⑤ $2v_0$ | ⑥ $2\sqrt{2}v_0$ |

(下書き用紙)

1の問は次に続く。

問2 図4のように、共鳴管を水平面上に置き、その上で、伸び縮みしない弦を振動させ共鳴音を観測する実験を行った。共鳴管の開口端補正は無視でき、弦は常に両端を節とする基本振動で振動するものとする。また、弦を伝わる波の速さは弦を張るおもりの質量の平方根に比例し、弦に作用する重力は無視できるものとする。

弦の長さが l_1 、おもりの質量が m_1 のとき、共鳴管から共鳴音が聞こえた。この状態から、弦の長さを変えないで、おもりの質量をゆっくりと増加させたところ、質量が m_2 ($m_2 > m_1$) になったとき、再び共鳴音が聞こえた。

次に、弦の長さを l_1 、おもりの質量を m_1 にして再び共鳴音が聞こえる状態に戻し、今度は、おもりの質量は変えないで、弦の長さをゆっくりと短くして行ったところ、長さが l_2 ($l_2 < l_1$) になったとき、再び共鳴音が聞こえた。おもりの質量の比 $\frac{m_2}{m_1}$ はいくらか。正しいものを、下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

$$\frac{m_2}{m_1} = \boxed{2}$$

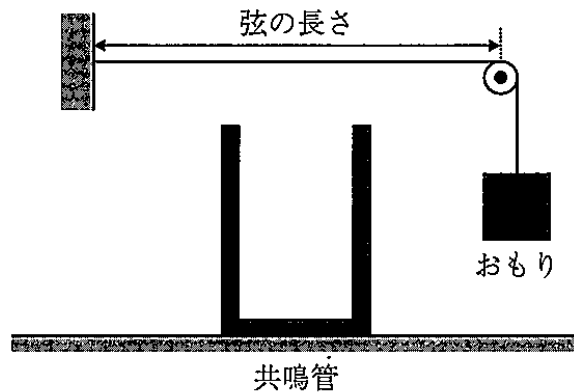


図4

- | | | |
|----------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| ① $\sqrt{\frac{l_1}{l_2}}$ | ② $\sqrt{\frac{2l_1}{l_2}}$ | ③ $\frac{l_1}{l_2}$ |
| ④ $\frac{2l_1}{l_2}$ | ⑤ $\left(\frac{l_1}{l_2}\right)^2$ | ⑥ $\left(\frac{2l_1}{l_2}\right)^2$ |

(下書き用紙)

1の問は次に続く。

問3 次の文章中の空欄 **ア** ~ **ウ** に入る式または数値の組合せとして正しいものを、下の①~⑥のうちから一つ選びなさい。 **3**

図5のように、起電力 V の電池 E 、抵抗値 R の電気抵抗 R 、極板 a, b からなる電気容量 C の平行板コンデンサー C 、自己インダクタンス L のコイル L 、スイッチ S を接続した回路がある。電気抵抗 R 以外の電気抵抗は無視でき、回路の自己インダクタンスも無視できるものとする。最初、スイッチ S は開いており、コンデンサー C に電荷は蓄えられていない。

スイッチ S を閉じた直後にコイル L を流れる電流は **ア** である。その後、十分に時間が経過した後、スイッチ S を開くと、コンデンサー C とコイル L からなる回路に電気振動が生じる。スイッチ S を開いた瞬間を時刻 $t = 0$ とする。このとき、コンデンサー C に蓄えられる電気量の最大値 Q_m ($Q_m > 0$) は **イ** であり、極板 a の電荷が最初に $-Q_m$ となる時刻は **ウ** である。

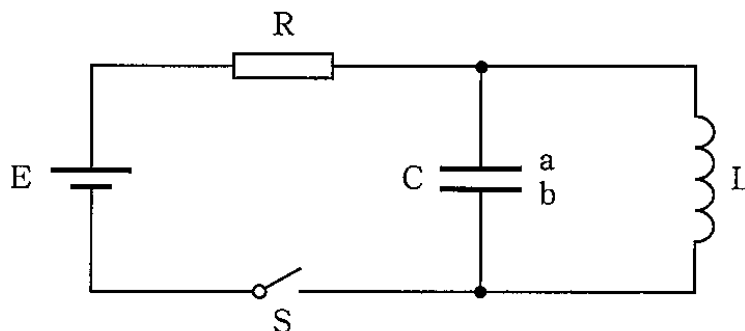


図5

	①	②	③	④	⑤	⑥
ア	0	$\frac{V}{R}$	0	$\frac{V}{R}$	0	$\frac{V}{R}$
イ	$\frac{V}{R}\sqrt{LC}$	CV	CV	$\frac{V}{R}\sqrt{LC}$	$\frac{V}{R}\sqrt{LC}$	CV
ウ	$\frac{\pi}{2}\sqrt{LC}$	$\frac{\pi}{2}\sqrt{LC}$	$\frac{3\pi}{2}\sqrt{LC}$	$\frac{3\pi}{2}\sqrt{LC}$	$\frac{3\pi}{4}\sqrt{LC}$	$\frac{3\pi}{4}\sqrt{LC}$

(下書き用紙)

1の問は次に続く。

問4 次の文章中の空欄 **ア** , **イ** に入る式の組合せとして正しいものを, 下の①~⑥のうちから一つ選びなさい。 **4**

真空中において, 図6のように, 波長 λ の入射X線が静止している電子に衝突し, 入射方向に対して 90° の方向に散乱され, 電子が θ 方向に弾き飛ばされた。電子の質量を m , 真空中の光の速さを c , プランク定数を h とすると, 散乱されたX線の波長はコンプトン効果により, $\lambda + \frac{h}{mc}$ となる。この場合, 入射X線の運動量の大きさを p とすると, 弾き飛ばされた電子の運動エネルギーは **ア** と表され, 角度 θ について $\tan \theta =$ **イ** が成り立つ。ただし, $\frac{h}{mc}$ は λ に比べて十分小さく, $|x|$ が十分に小さいときには近似式 $\frac{1}{1+x} \doteq 1 - x$ が成り立つことを用いた。

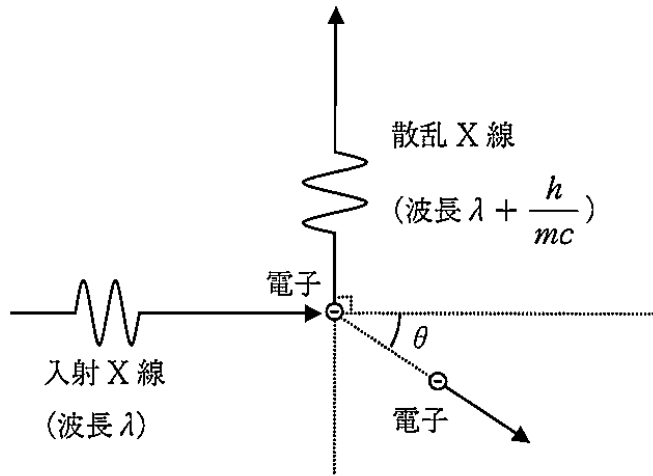


図6

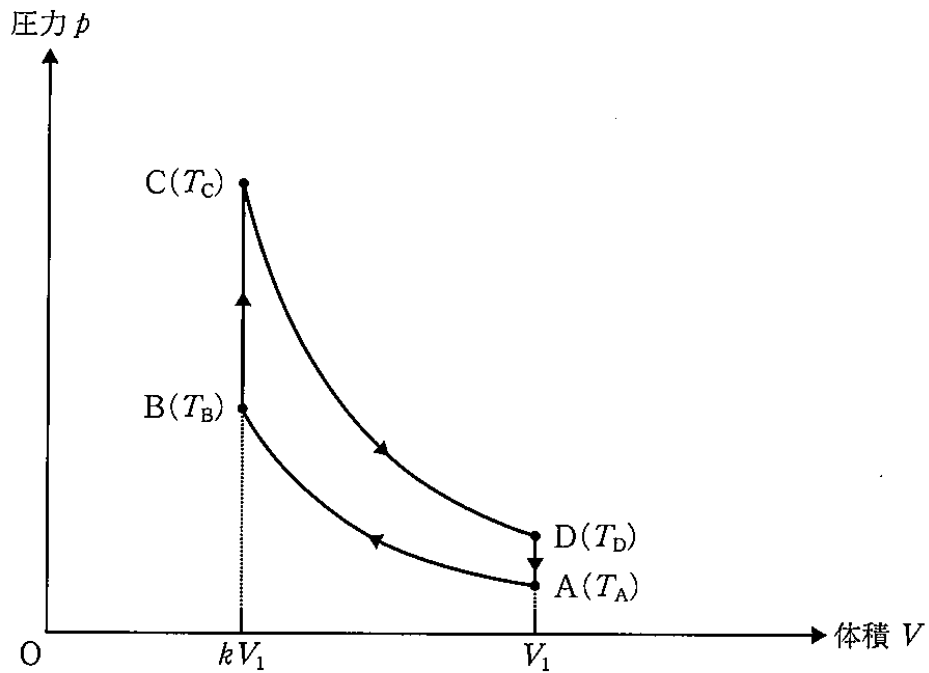
	①	②	③	④	⑤	⑥
ア	$\frac{p^2}{2m}$	$\frac{p^2}{2m}$	$\frac{p^2}{m}$	$\frac{p^2}{m}$	$\frac{2p^2}{m}$	$\frac{2p^2}{m}$
イ	$1 - \frac{p}{mc}$	$1 + \frac{p}{mc}$	$1 - \frac{p}{mc}$	$1 + \frac{p}{mc}$	$1 - \frac{p}{mc}$	$1 + \frac{p}{mc}$

(下書き用紙)

物理の試験問題は次に続く。

2 次の文章を読み、下の問1～4に答えなさい。〔解答番号 ～ 〕

1 mol の単原子分子理想気体（以下単に気体と呼ぶ）をピストンとシリンダーからなる容器内に封入し、圧力 p を縦軸に、体積 V を横軸にとった $p-V$ グラフ上で、図に示されるように、状態を $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ の順にゆっくりと変化させた。 $A \rightarrow B$ と $C \rightarrow D$ は断熱変化、 $B \rightarrow C$ と $D \rightarrow A$ は定積変化であり、状態 A の体積は V_1 、温度は T_A 、状態 B の体積は kV_1 ($k < 1$)、温度は T_B 、状態 C の温度は T_C 、状態 D の温度は T_D である。気体定数を R とする。単原子分子理想気体の断熱変化では「 $pV^{\frac{5}{3}} = \text{一定}$ 」の関係が成立する。



問1 状態 A の温度 T_A は状態 B の温度 T_B の何倍か。正しいものを、次の①～⑥の

うちから一つ選びなさい。 $\frac{T_A}{T_B} =$

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

(下書き用紙)

2の問は次に続く。

問2 状態 A → 状態 B の変化で気体が外部からされた仕事 W_{AB} はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 $W_{AB} = \boxed{2} \times RT_B$

- ① $k^{\frac{5}{3}}$ ② $\frac{3}{2}k^{\frac{5}{3}}$ ③ $(1 - k^{\frac{2}{3}})$
 ④ $\frac{3}{2}(1 - k^{\frac{2}{3}})$ ⑤ $(1 - k^{\frac{5}{3}})$ ⑥ $\frac{3}{2}(1 - k^{\frac{7}{3}})$

問3 状態 B → 状態 C の変化で気体が外部から吸収した熱量を Q_{BC} 、状態 D → 状態 A の変化で気体が外部に放出した熱量を Q_{DA} とする。 Q_{DA} は Q_{BC} の何倍か。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 $\frac{Q_{DA}}{Q_{BC}} = \boxed{3}$

- ① 1 ② k ③ $\frac{3}{2}k$ ④ $\frac{1}{k}$ ⑤ $k^{\frac{2}{3}}$ ⑥ $k^{\frac{5}{3}}$

問4 状態の変化 A → B → C → D → A のサイクルを熱機関と考えた場合の熱効率 e はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 $e = \boxed{4}$

- ① k ② $1 - k$ ③ $k^{\frac{2}{3}}$ ④ $1 - k^{\frac{2}{3}}$ ⑤ $k^{\frac{5}{3}}$ ⑥ $1 - k^{\frac{5}{3}}$

(下書き用紙)

物理の試験問題は次に続く。

3 次の文章を読み、下の問1～5に答えなさい。〔解答番号 1 ～ 5〕

図1のように、真空中において、スリット S_1 , S_2 をもつ板 (スリット板) に垂直に波長 λ のレーザー光を当てて、スリット板と平行に置かれたスクリーン上にできる干渉縞を観測する。スリット S_1 及び S_2 から等距離の点を原点 O として、スクリーン上に x 軸をとる。スリット S_1 , S_2 の間隔を d , スリット板とスクリーンまでの距離を L , スクリーン上の任意の点 P の座標を x とし、 d と $|x|$ は L に比べて十分小さいものとする。

いま、真空中の光の速さを c , このレーザー光の振幅を A として、スリット S_1 , S_2 の位置におけるレーザー光の時間 t の変位 y が、 $y = A \sin \frac{2\pi c}{\lambda} t$ で与えられるとする。以下では、光の伝播による振幅の減衰は考えなくてよいものとする。必要があれば、三角関数の公式 $\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$ を用いよ。また、 $|\varepsilon|$ が十分に小さいとき、近似式 $\sqrt{1 + \varepsilon} \doteq 1 + \frac{1}{2} \varepsilon$ が成り立つ。

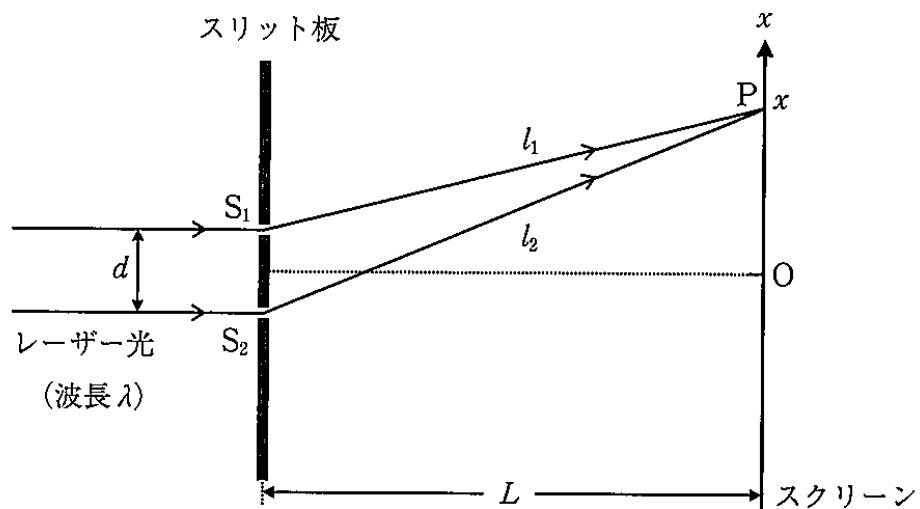


図1

(下書き用紙)

3の問は次に続く。

問1 スリット S_1 , S_2 からスクリーン上の点 P までの距離をそれぞれ $S_1P = l_1$, $S_2P = l_2$ とすると, 点 P の位置での合成されたレーザー光の振幅 A_p はいくらか。正しいものを, 次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 $A_p = \boxed{1}$

① $2A \left| \sin \frac{\pi(l_2 - l_1)}{2\lambda} \right|$ ② $2A \left| \sin \frac{\pi(l_2 - l_1)}{\lambda} \right|$ ③ $2A \left| \sin \frac{2\pi(l_2 - l_1)}{\lambda} \right|$

④ $2A \left| \cos \frac{\pi(l_2 - l_1)}{2\lambda} \right|$ ⑤ $2A \left| \cos \frac{\pi(l_2 - l_1)}{\lambda} \right|$ ⑥ $2A \left| \cos \frac{2\pi(l_2 - l_1)}{\lambda} \right|$

問2 距離の差 $l_2 - l_1$ はいくらか。正しいものを, 次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 $l_2 - l_1 = \boxed{2}$

① $\frac{dx}{2L}$ ② $\frac{dx}{L}$ ③ $\frac{2dx}{L}$

④ $\frac{Lx}{2d}$ ⑤ $\frac{Lx}{d}$ ⑥ $\frac{2Lx}{d}$

問3 $L = 4.0 \text{ m}$, $d = 0.20 \text{ mm}$ のときスクリーン上の明線の間隔 Δx が $\Delta x = 13 \text{ mm}$ であった。このレーザー光の波長 $\lambda[\text{m}]$ はいくらか。正しいものを, 次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 $\lambda = \boxed{3} \times 10^{-7}[\text{m}]$

① 4.5 ② 5.0 ③ 5.5
④ 6.0 ⑤ 6.5 ⑥ 7.0

(下書き用紙)

3の問は次に続く。

図2のように、スリット S_1 の前に厚さ D 、屈折率 n ($n > 1$) の薄膜を置くと、原点 O にあった明線が座標 x_0 の位置に移動した。そこで、レーザー光の方向をゆっくりと変えていくと、この明線が移動していき、レーザー光とスリット板の法線とのなす角度が δ ($\delta > 0$) となったとき、原点 O に戻った。ただし、薄膜の厚さは十分小さく、レーザー光を傾けたとき、レーザー光が薄膜内を通過する距離は D とみなせるものとし、屈折は無視できるものとする。

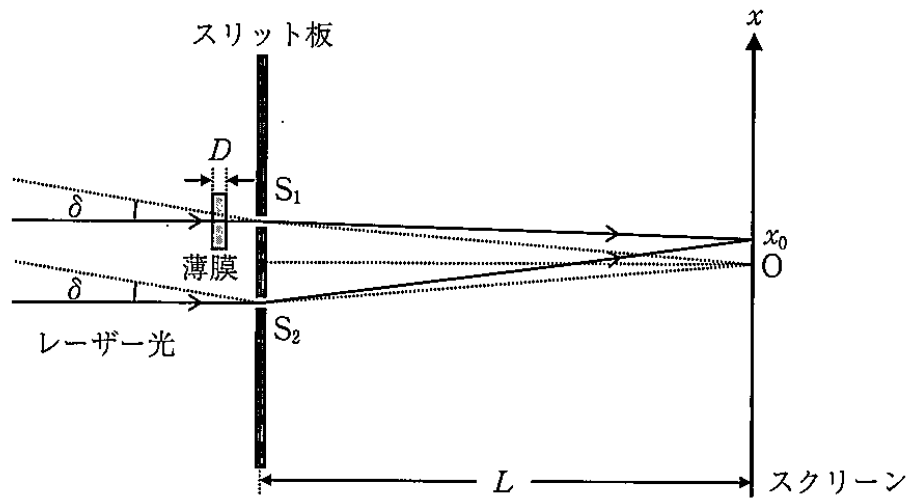


図2

問4 座標 x_0 は n 、 D 、 d 、 L を用いてどのように表されるか。正しいものを、次の

①～⑥のうちから一つ選びなさい。 $x_0 =$

① $\frac{(n-1)DL}{2d}$ ② $\frac{(n-1)DL}{d}$ ③ $\frac{2(n-1)DL}{d}$

④ $\frac{nDL}{2d}$ ⑤ $\frac{nDL}{d}$ ⑥ $\frac{2nDL}{d}$

問5 この薄膜の厚さ D はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選び

なさい。 $D =$

① $\frac{d \sin \delta}{2n}$ ② $\frac{d \sin \delta}{n}$ ③ $\frac{2d \sin \delta}{n}$

④ $\frac{d \sin \delta}{2(n-1)}$ ⑤ $\frac{d \sin \delta}{n-1}$ ⑥ $\frac{2d \sin \delta}{n-1}$

(下書き用紙)

物理の試験問題は次に続く。

4 次の文章を読み、下の問1～5に答えなさい。〔解答番号 ～ 〕

図1に示すように、真空中において2枚の幅 w 、長さ l の長方形の導体板（以下では極板と呼ぶ） P_1 、 P_2 を間隔 d で平行に固定してコンデンサーを構成し、 P_1 、 P_2 間に起電力 V の電池 E 、ダイオード D を接続して、コンデンサーに電荷を蓄える。ダイオード D は理想的なダイオードで、図1の矢印の向きにのみ抵抗0で電流を流し、逆向きには流さないものとする。

次に、図2のように、幅 w 、厚さ d 、比誘電率 2 の誘電体 Q を極板 P_1 、 P_2 間に隙間なく左端よりゆっくり入れる。極板 P_1 、 P_2 の左端を原点 O として、極板に平行に右向きを正とする x 軸をとる。誘電体 Q の長さは極板 P_1 、 P_2 の長さよりも長く、 P_1 、 P_2 と Q の間の摩擦は無視できる。回路内の電気抵抗はすべて無視でき、極板 P_1 、 P_2 の間隔 d は極板の幅 w や長さ l より十分に小さいものとする。真空の誘電率を ϵ_0 とし、回路の自己インダクタンスも無視できるものとする。

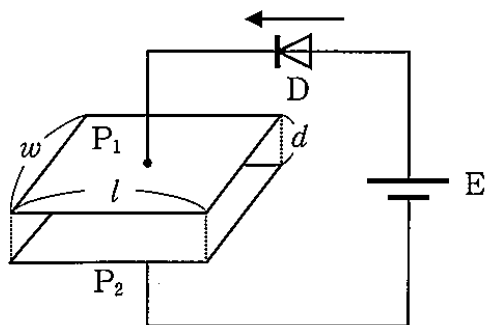


図1

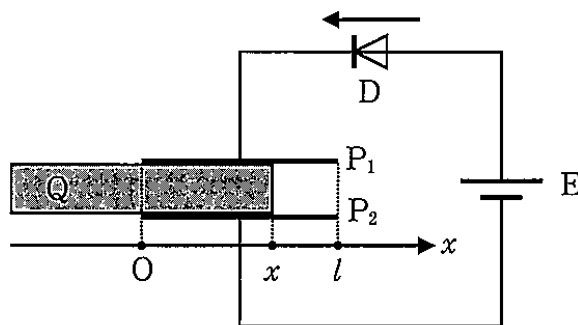


図2

最初、誘電体 Q を極板間の位置 x まで挿入して、動かないように固定する。

問1 誘電体 Q が位置 x にあるとき、コンデンサーの電気容量 $C(x)$ はいくらか。正

しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 $C(x) = \boxed{1} \times \frac{\epsilon_0 w l}{d}$

① $\left(1 + \frac{x}{2l}\right)$

② $\left(1 + \frac{x}{l}\right)$

③ $\left(1 + \frac{2x}{l}\right)$

④ $\left\{1 + \frac{1}{2} \left(\frac{x}{l}\right)^2\right\}$

⑤ $\left\{1 + \left(\frac{x}{l}\right)^2\right\}$

⑥ $\left\{1 + 2 \left(\frac{x}{l}\right)^2\right\}$

(下書き用紙)

4の問は次に続く。

問2 誘電体 Q が位置 x にあるとき、コンデンサーに蓄えられている静電エネルギー $U(x)$ はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

$$U(x) = \boxed{2} \times \frac{\varepsilon_0 \omega l V^2}{2d}$$

- ① $\left(1 + \frac{x}{2l}\right)$ ② $\left(1 + \frac{x}{l}\right)$ ③ $\left(1 + \frac{2x}{l}\right)$
 ④ $\left\{1 + \frac{1}{2}\left(\frac{x}{l}\right)^2\right\}$ ⑤ $\left\{1 + \left(\frac{x}{l}\right)^2\right\}$ ⑥ $\left\{1 + 2\left(\frac{x}{l}\right)^2\right\}$

この位置で誘電体 Q は極板 P_1, P_2 間の電場より力 F を受ける。誘電体 Q の固定を外し、この力 F とつり合うように外力を加え、Q の位置を微小距離 Δx だけ x 軸の正の向きにゆっくりと移動させた。

問3 この間に電池のした仕事 W_E はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 $W_E = \boxed{3} \times \frac{\varepsilon_0 \omega l V^2}{d}$

- ① $\frac{\Delta x}{2l}$ ② $\frac{\Delta x}{l}$ ③ $\frac{2\Delta x}{l}$
 ④ $\left(1 + \frac{\Delta x}{2l}\right)$ ⑤ $\left(1 + \frac{\Delta x}{l}\right)$ ⑥ $\left(1 + \frac{2\Delta x}{l}\right)$

問4 このとき誘電体 Q が極板 P_1, P_2 間の電場より受けていた力 F はいくらか。ただし、 x 軸の正の向きを力の正の向きとする。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 $F = \boxed{4} \times \frac{\varepsilon_0 \omega V^2}{d}$

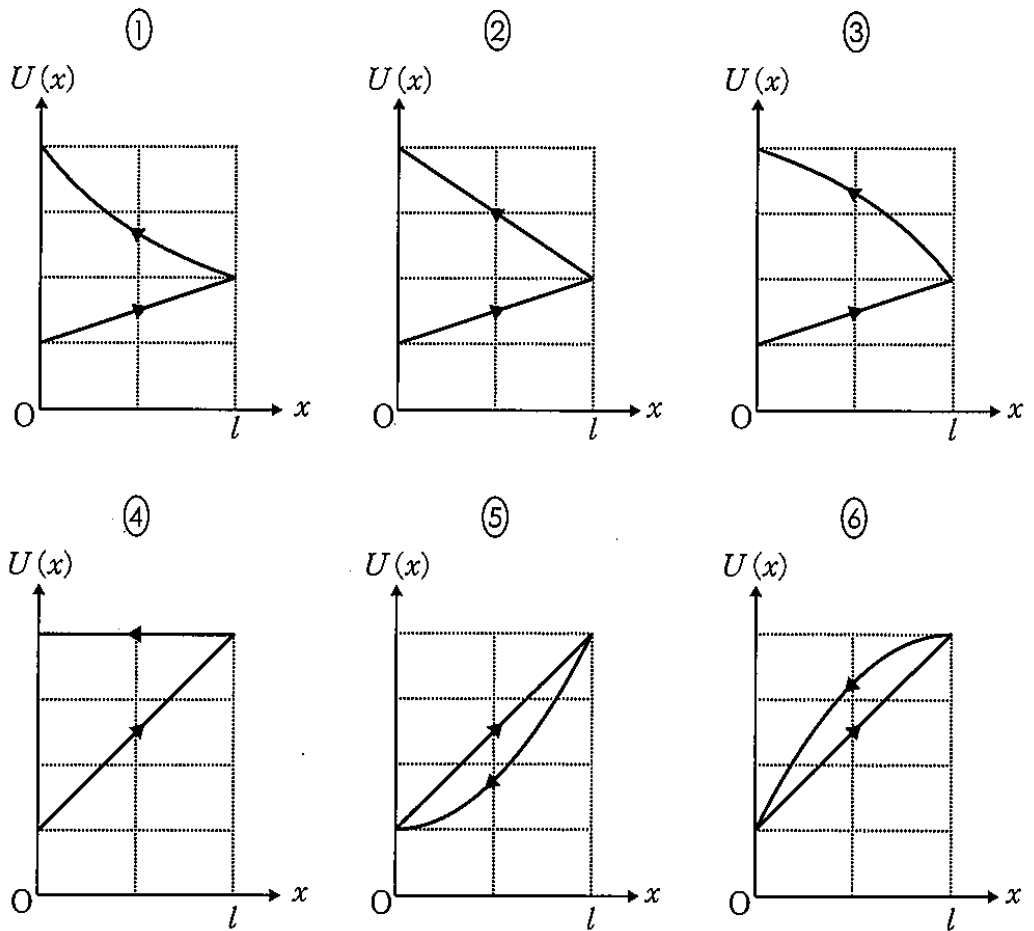
- ① -2 ② -1 ③ $-\frac{1}{2}$ ④ $\frac{1}{2}$ ⑤ 1 ⑥ 2

(下書き用紙)

4の問は次に続く。

最後に、誘電体 Q を位置 $x = l$ までゆっくりと移動させ、その後、 Q をゆっくりと極板間から引き抜いた。

問5 誘電体 Q を極板間に入れ始めてから引き抜くまでの間について、コンデンサーに蓄えられている静電エネルギー $U(x)$ の変化を、横軸に位置 x 、縦軸に $U(x)$ をとったグラフで示し、さらに変化の向きを矢印で表した。グラフとして最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 5



(下書き用紙)

物理の試験問題は次に続く。

5 次の文章を読み、下の問1～4に答えなさい。〔解答番号 ～ 〕

図1のように、ばね定数 k の軽いばねの一端に質量 m の小球 P を取り付け、他端を実験装置内の天井に取り付けて、小球 P の運動を観察する。重力加速度の大きさを g とし、運動は小球 P を含む鉛直面内で生じるものとする。空気の抵抗は無視でき、小球が運動中に実験装置の床や側面の壁に接触することはないものとする。

実験装置が静止しているとき、小球 P は、ばねが自然長より伸びた位置で静止していた。小球 P をばねの自然長の位置に戻し、静かに離れたところ、鉛直方向に単振動を行った。

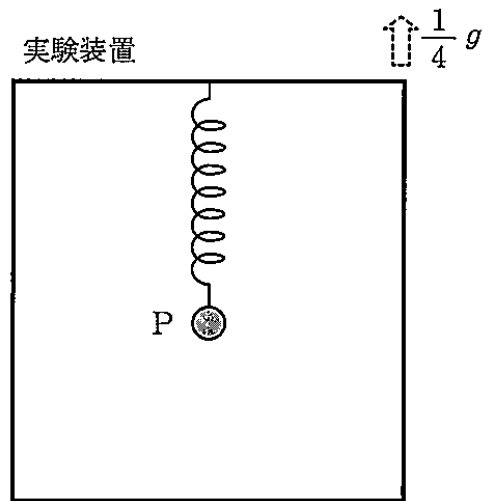


図1

問1 単振動している小球 P の最大の速さ v_1 はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 $v_1 =$

① $\frac{g}{2} \sqrt{\frac{m}{2k}}$

② $\frac{g}{2} \sqrt{\frac{m}{k}}$

③ $g \sqrt{\frac{m}{2k}}$

④ $g \sqrt{\frac{m}{k}}$

⑤ $g \sqrt{\frac{2m}{k}}$

⑥ $2g \sqrt{\frac{m}{k}}$

小球 P が最下点の位置に来た瞬間に、実験装置を鉛直上向きに大きさ $\frac{1}{4}g$ の一定の加速度で運動させたところ、P は鉛直方向に新たな単振動を行った。

(下書き用紙)

5の問は次に続く。

問2 単振動をしている小球Pの最大の速さ v_2 は v_1 の何倍となるか。正しいものを、

次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 $\frac{v_2}{v_1} = \boxed{2}$

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

一旦、実験装置を静止させ、小球Pも静止させる。次に、小球Pに水平左向きに外力を加えて、図2のようにばねが鉛直線に対して角度 θ だけ傾いた状態を保つ。その後、実験装置を水平右向きに大きさ a の一定の加速度で運動させると同時に外力を取り除いても、Pは実験装置に対して静止したままであった。

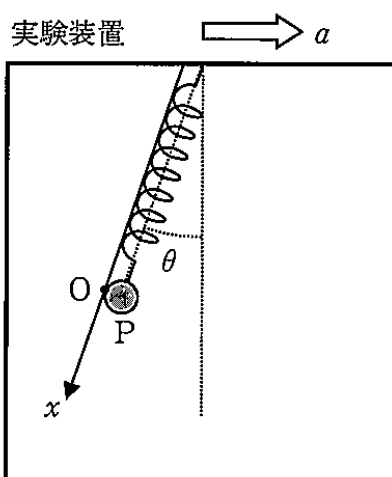


図2

問3 加速度の大きさ a はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選び

なさい。 $a = \boxed{3}$

- ① $g \sin \theta$ ② $\frac{g}{\sin \theta}$ ③ $g \cos \theta$
- ④ $\frac{g}{\cos \theta}$ ⑤ $g \tan \theta$ ⑥ $\frac{g}{\tan \theta}$

(下書き用紙)

5の問は次に続く。

図2で小球Pが静止している位置を原点Oとし、ばねが鉛直線に対して角度 θ だけ傾いた方向でばねが伸びる向きを正として x 軸をとる。小球Pを x 軸に沿って、ばねの自然長の位置まで移動させ、その位置で静かに放したところ、Pは x 軸上で単振動を開始した。

問4 単振動をしている小球Pの最大の速さ v_3 は v_1 の何倍となるか。正しいものを、

次の①~⑥のうちから一つ選びなさい。 $\frac{v_3}{v_1} = \boxed{4}$

① $\sin \theta$

② $\frac{1}{\sin \theta}$

③ $\cos \theta$

④ $\frac{1}{\cos \theta}$

⑤ $\tan \theta$

⑥ $\frac{1}{\tan \theta}$

(下書き用紙)