

久留米大学医学部(後期) 物理

2024年3月8日実施

1

- (1) $m_A a_C$ (2) (ア) (3) $(m_A + m_B) a_C$ (4) $\frac{M}{m_A + m_B + M} g$
 (5) $\mu m_A g$ (6) $\frac{\mu}{1 - \mu} (m_A + m_B)$ (7) $\frac{\mu}{1 - \mu} (m_A + m_B) gh$ (8) $\frac{3\mu'}{1 - \mu'}$ 倍
 (9) $\frac{3\mu'^2}{(1 - \mu')^2}$ 倍 (10) $\frac{3\mu'(1 - 2\mu')}{1 - \mu'} mgh$

解説

I

- (1) A にはたらく静止摩擦力の大きさを f_1 とおくと、物体 A に関する運動方程式より、 $f_1 = m_A a_C$
 (2) A は右向きの加速をもつので静止摩擦力の向きも図の右向きつまり (ア) x 軸の正の向き
 (3) A と B は一体となって右向きで大きさ a_C の加速度をもつ。求める張力を T とおくと、A と B を一体として扱った運動方程式より、 $T = (m_A + m_B) a_C$
 (4) C の運動方程式： $M a_C = M g - T$ に (3) の T を代入し、 a_C について解くと、 $a_C = \frac{M}{m_A + m_B + M} g$

II

- (5) 物体 A はすべる直前なので、A にはたらく静止摩擦力は最大摩擦力に等しい。
 物体 A にはたらく垂直抗力の大きさは $m_A g$ だから、 $\mu m_A g$
 (6) (1) の A の運動方程式において、 $f = \mu m_A g$ のとき、すなわち、 $m_A a_C = \mu m_A g$ を考えればよい。
 したがって、 $a_C = \mu g$ 。これを (4) の結果に代入して、 M について解くと、 $M = \frac{\mu}{1 - \mu} (m_A + m_B)$
 (7) 力学的エネルギー保存則より、C の位置エネルギーの減少 Mgh が A、B、C の運動エネルギーの総和となる。
 (6) を代入して、 $Mgh = \frac{\mu}{1 - \mu} (m_A + m_B) gh$

III

- (8) B と C をつなぐ糸の張力を T_2 、A の加速度の大きさを a 、B および C の加速度の大きさを b とおくと、それぞれの運動方程式は、

$$A: ma = \mu' mg \quad B: 6mb = T_2 - \mu' mg - \frac{2}{7} \mu' \cdot 7mg \quad C: 3mb = 3mg - T_2$$

$$T_2 \text{ を消去して } a, b \text{ を求めると, } a = \mu' g, b = \frac{1 - \mu'}{3} g. \text{ 以上より, } \frac{a}{b} = \frac{3\mu'}{1 - \mu'} \text{ 倍}$$

- (9) 手を離してから経過した時間を t とおくと、A の運動エネルギーは $K_A = \frac{1}{2} m(at)^2$ 、C の運動エネルギーは $K_C = \frac{1}{2} 3m(bt)^2$ 。

$$\text{したがって, } \frac{K_A}{K_C} = \frac{ma^2}{3mb^2} = \frac{3\mu'^2}{(1 - \mu')^2}$$

- (10) B が台上をすべった距離は h である。C が高さ h だけ落下する時間を t_0 とすると、 $h = \frac{1}{2} b t_0^2$ 。その間に A が動いた距離は $l_A = \frac{1}{2} a t_0^2$ とあらわせる。したがって、B 上を A がすべった距離は、 $h - l_A = \left(1 - \frac{a}{b}\right) h$ とあらわせる。失われた力学的エネルギーの総和は、摩擦により生じた熱であるので、

$$\frac{2}{7} \mu' \cdot 7mg \cdot h + \mu' mg \cdot \left(1 - \frac{a}{b}\right) h = \frac{3\mu'(1 - 2\mu')}{1 - \mu'} mgh$$

別解

(9) と $\frac{K_B}{K_C} = 2$ および, $K_C = (1 - \mu')mgh$ であることを用いて, 力学的エネルギーの減少量を,

$$3mgh - (K_A + K_B + K_C) = 3mgh - \left\{ \frac{3\mu'^2}{(1 - \mu')^2} + 2 + 1 \right\} (1 - \mu')mgh = \frac{3\mu'(1 - 2\mu')}{1 - \mu'} mgh$$

のように求めてもよい.

2

(1) 周期：4 [s]， 波長：8 [m]， 振幅：2 [m]， 速さ：2 [m/s]

(2) $\sqrt{2}$ [m]

(3) 下図

(4) $2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$

(5) π [rad]

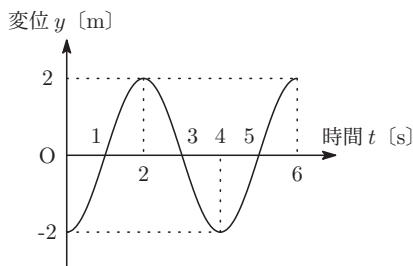
(6) $-2\pi \frac{L}{\lambda} + \pi$ $\left(-2\pi \frac{L}{\lambda} - \pi \text{も可} \right)$

(7) $2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{2L-x}{\lambda} \right)$

(8) $2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{L}{\lambda} \right)$

(9) $2\pi \frac{x-L}{\lambda}$

(10) $L - m \cdot \frac{\lambda}{2}$ [m]



解説

I (2) 与えられたグラフと、この波が x 軸正の方向に進むことから、時刻 t における原点での媒質の変位は $y(0, t) = 2 \sin \left(2\pi \frac{t}{4} \right)$ とあらわされる。ここに $t = 0.5$ s を代入して、

$$y(0, 0.5) = 2 \sin \left(2\pi \frac{0.5}{4} \right) = 2 \sin \frac{\pi}{4} = \sqrt{2} \text{ [m]}$$

(3) 与えられたグラフから $x = 2$ [m] における媒質の変位は $y(2, t) = -2 \cos \left(2\pi \frac{t}{4} \right)$ である。これをグラフ化すると略解の図のようになる。

II

(4) 題意より原点の媒質の変位は、

$$y(0, t) = A \sin 2\pi \frac{t}{T}$$

とあらわされる。入射波は $x \leq L$ をみたす位置 x に、原点から $\frac{x}{v} = \frac{xT}{\lambda}$ [s] 遅れて伝わるので、位置 x における入射波の変位は、

$$y_1 = y(0, t - \frac{x}{v}) = A \sin \left\{ 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \right\}$$

(5) 固定端反射なので、位相が π [rad] ずれる。

(6) 位置 x における入射波 y_1 の位相、つまり (4) の答えに P の位置 $x = L$ と $t = 0$ を代入し、固定端反射による位相のずれ π [rad] を考慮すると、求める位相は、

$$2\pi \left(\frac{0}{T} - \frac{L}{\lambda} \right) + \pi = -2\pi \frac{L}{\lambda} + \pi$$

【補足】位相 π のずれは、 $2\pi \left(\frac{0}{T} - \frac{L}{\lambda} \right) - \pi = -2\pi \frac{L}{\lambda} - \pi$ としても可

(7) (6) より点 P における反射波の変位は、

$$y_R(L, t) = A \sin \left\{ 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{L}{\lambda} \right) + \pi \right\} = -A \sin \left\{ 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{L}{\lambda} \right) \right\}$$

とあらわされる。点 P を反射波の波源と考えると、反射波は点 P から位置 x ($x \leq L$) に $\frac{L-x}{v} = \frac{(L-x)T}{\lambda}$ [s] 遅れて伝わるので、位置 x における反射波の変位は、

$$y_R = y_R(L, t - \frac{L-x}{v}) = -A \sin \left\{ 2\pi \left(\frac{t - \frac{(L-x)T}{\lambda}}{T} - \frac{L}{\lambda} \right) \right\} = -A \sin \left\{ 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{2L-x}{\lambda} \right) \right\}$$

(8)・(9) 波の重ね合わせの原理と、和積の公式 $\sin \alpha - \sin \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2}$ より、

$$\begin{aligned} y_c = y_l + y_r &= A \sin \left\{ 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \right\} - A \sin \left\{ 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{2L - x}{\lambda} \right) \right\} \\ &= 2A \cos \left\{ 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{L}{\lambda} \right) \right\} \sin \left(-2\pi \frac{x - L}{\lambda} \right) \\ &= -2A \cos \left\{ 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{L}{\lambda} \right) \right\} \sin \left(2\pi \frac{x - L}{\lambda} \right) \end{aligned}$$

(10) 合成波の式 y_c は振動項 $\cos \left\{ 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{L}{\lambda} \right) \right\}$ と振幅項 $-2A \sin \left(2\pi \frac{x - L}{\lambda} \right)$ の積の形、すなわち定常波の式となっている。

節の位置では振幅 $\left| -2A \sin \left(2\pi \frac{x - L}{\lambda} \right) \right| = 0$ より $\sin \left(2\pi \frac{x - L}{\lambda} \right) = 0$ となる。 $x - L \leq 0$ より $m = 0, 1, 2, \dots$ を用いて、

$$\begin{aligned} 2\pi \frac{x - L}{\lambda} &= -m\pi \\ \therefore x &= L - m \cdot \frac{\lambda}{2} \text{ [m]} \end{aligned}$$

別解

位置 $x = L$ は固定端なので、定常波の節である。定常波の隣り合う節と節の間隔は $\frac{\lambda}{2}$ なので、 $x - L \leq 0$ の位置 x で節となるのは $x = L - m \cdot \frac{\lambda}{2}$ [m] ($m = 0, 1, 2, \dots$)

3

- (1) いずれも $\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} E$ (2) $\frac{C_2}{\varepsilon_r (C_1 + C_2)} E$
 (3) C_1 の電気量: $\frac{C_1 (C_2 + C_3)}{C_1 + C_2 + C_3} E$ C_3 の電位差: $\frac{C_1}{C_1 + C_2 + C_3} E$
 (4) $\frac{C_2 + C_3}{\varepsilon_r C_2 + C_3}$ 倍 (5) $\frac{1}{R} \times \frac{C_2 E}{C_1 + C_2}$ (6) $\frac{1}{2} C_1 \left(\frac{C_2 E}{C_1 + C_2} \right)^2$ (7) $\frac{C_1 C_2}{(C_1 + C_2)(C_2 + C_3)} E$
 (8) $\frac{C_1 C_2 C_3}{C_1 C_2 + C_2 C_3 + C_3 C_1} E$

解説

- I (1) 直列に接続された C_1 と C_2 の合成容量は $C_{12} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$ である。 C_1 と C_2 に蓄えられる電気量は等しく、いずれも

$$Q_0 = C_{12} E = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} E$$

(以下の解説でも、上記 C_{12} , Q_0 を用いる。これ以降に記号で定義される物理量についても同様である。)

- (2) S_1 が開かれた後、 C_1 に蓄えられる電気量は Q_0 から変化しない。一方、誘電体の挿入によって C_1 の容量は $\varepsilon_r C_1$ となる。以上

より、 C_1 の極板間の電位差は、 $\frac{Q_0}{\varepsilon_r C_1} = \frac{C_2}{\varepsilon_r (C_1 + C_2)} E$

- (3) (1) の状態に対して、「単独の C_2 」が「並列に接続された C_2 と C_3 」に置き換えられた回路となっているので、 C_1 に蓄えられる

電気量は Q_0 の C_2 を $C_2 + C_3$ に置き換えたものとなる。 C_1 に蓄えられる電気量は $Q_0' = \frac{C_1 (C_2 + C_3)}{C_1 + C_2 + C_3} E$ 。

C_3 と C_2 の両端の電位差は共通の値となり、 $\frac{Q_0'}{C_2 + C_3} = \frac{C_1}{C_1 + C_2 + C_3} E$

- (4) S_1 が開かれた後、 C_2 と C_3 に蓄えられる電気量の合計は (3) の Q_0' から変化しない。一方、並列に接続された C_2 と C_3 の合成

容量は $C_2 + C_3$ から $\varepsilon_r C_2 + C_3$ になるので、 C_3 の両端の電位差は $\frac{C_2 + C_3}{\varepsilon_r C_2 + C_3}$ 倍となる。

II

- (5) S_2 を閉じた直後の C_1 の電圧は $V_1 = \frac{Q_0}{C_1} = \frac{C_2 E}{C_1 + C_2}$ である。この電圧は抵抗 R の電圧でもあるので、抵抗を流れる電流の

大きさは $\frac{V_1}{R} = \frac{1}{R} \times \frac{C_2 E}{C_1 + C_2}$

- (6) S_2 を閉じる直前に C_1 に蓄えられた静電エネルギーが、すべて抵抗 R で発生する熱量となるので、

$$\frac{1}{2} C_1 V_1^2 = \frac{1}{2} C_1 \left(\frac{C_2 E}{C_1 + C_2} \right)^2$$

- (7) 並列に接続された C_2 と C_3 に蓄えられる電気量の合計は Q_0 である。この Q_0 が合成容量 $C_2 + C_3$ のコンデンサーに蓄えられる

状態となるので、求める電圧は $\frac{Q_0}{C_2 + C_3} = \frac{C_1 C_2}{(C_1 + C_2)(C_2 + C_3)} E$

III

- (8) S_3 を a と接続し、十分に時間をおいた後に C_3 と C_1 の上側の極板に蓄えられる電気量をそれぞれ Q_3 , Q_1 とすると、 $Q_3 + Q_1 = Q_0$ である。また C_3 と「直列に接続された C_1 と C_2 」が並列に接続されているので、 $Q_3 : Q_1 = C_3 : C_{12}$ である。以上より、

$$Q_3 = \frac{C_3}{C_3 + C_{12}} \times Q_0 = \frac{C_1 C_2 C_3}{C_1 C_2 + C_2 C_3 + C_3 C_1} E$$

講評

1 [力学：運動方程式，等加速度運動，摩擦]（標準）

物体を上に乗せた摩擦のある板に関する問題。運動方程式や等加速度運動，力学的エネルギーの変化などを総合的に問うている。文字が多いので計算に注意が必要である。

2 [波動：波のグラフの読み取り，定常波の式]（標準）

与えられた波のグラフからの周期や波長などの読み取り，振動のグラフの描図，固定端反射による反射波や定常波の式の導出など，波の式に関する理解を問う問題。類題を解いたことがある受験生も多かっただろう。どの小問も標準的な難易度なので，完答したい。手早く解き終わり，他の大問に時間を使えばベターである。

3 [電磁気：コンデンサー，抵抗からなる直流回路]（やや難）

電池，コンデンサー，抵抗と複数のスイッチを組み合わせた回路の出題。各小問で問われている内容は標準的ではあるが，問題文で与えられた条件設定をひとつひとつ確実に読み取り，的確に立式，計算を行う必要がある。合成容量や比を用いて作業量を削減しないと，解答時間的に厳しいか。

総評

2024 年度前期より難易度は高いが，2023 年度後期よりもやや易しい。各大問の最後の 1～2 問は難易度がやや高い。大問 3 の計算に時間がとられた受験者が多かったのではないだろうか。後期であることを考えると，目標得点率は 80 %

メルマガ無料登録で全教科配信！ 本解答速報の内容に関するお問合せは… メビオ ☎0120-146-156 まで

医学部進学予備校 **メビオ**
☎0120-146-156 <https://www.mebio.co.jp/>



医学部専門予備校
英進館メビオ 福岡校

☎03-3370-0410
<https://yms.ne.jp/>

☎0120-192-215
<https://www.mebio-eishinkan.com/>



登録はこちらから

2泊3日無料体験

寮・授業・食堂の体験

	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00
タイムスケジュール														
1日目 (日曜日)							面談・入寮				学力診断テスト (英語)	夕食	学力診断テスト (数学)	学力診断テスト (理数)
2日目 (月曜日)		朝食	授業 (数学)		授業 (英語)	昼食	授業 (理科 1)	授業 (理科 2)	自習室で課題演習 (質問可)		夕食	自習室で課題演習 (質問可)		
3日目 (火曜日)		朝食	課題提出テスト	授業 (数学)	課題提出テスト	授業 (英語)	昼食	面談・学習アドバイス						

好評につき追加募集！

お申込はお電話
HP・QRコード
より承ります

無料体験期間

- ⑥ 3/17 (日) ～ 3/19 (火)
- ⑦ 3/24 (日) ～ 3/26 (火)
- ⑧ 3/31 (日) ～ 4/ 2 (火)
- ⑨ 4/ 7 (日) ～ 4/ 9 (火)



詳しくは Web またはお電話で

医学部進学予備校 **メビオ** フリーダイヤル ☎0120-146-156

校舎にて個別説明会も随時開催しています。
【受付時間】9:00～21:00 (土日祝可)

大阪府大阪市中央区石町 2-3-12 ベルヴォア天満橋
天満橋駅 (京阪 / 大阪メトロ谷町線) より徒歩3分