

# 物 理

## 注 意

1. 問題は全部で18ページである。
2. 解答用紙に氏名・受験番号を忘れずに記入すること。(ただし、マーク・シートにはあらかじめ受験番号がプリントされている。)
3. 解答はすべて解答用紙に記入すること。
4. 問題冊子の余白は計算に利用してよい。
5. 解答用紙は必ず提出のこと。この問題冊子は提出する必要はない。

### マーク・シート記入上の注意

1. 解答用紙(その1)はマーク・シートになっている。HBの黒鉛筆またはシャープペンシルを用いて記入すること。
2. 解答用紙にあらかじめプリントされた受験番号を確認すること。
3. 解答する記号の○を塗りつぶしなさい。○で囲んだり×をつけたりしてはいけない。

解答記入例(解答が1のとき)

1	●	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

4. 一度記入したマークを消す場合は、消しゴムでよく消すこと。×をつけても消したことになる。
5. 解答用紙をよごしたり、折り曲げたりしないこと。

1 以下の文章の空欄(1)~(4)にあてはまるもっとも適切な数値，式または語句をそれぞれの解答群から選び，解答用紙(その1)に記された記号をマークせよ。また，空欄(ア)~(オ)については，もっとも適切な数値，式または語句を解答用紙(その2)の所定の欄に解答せよ。

図1-1に示すように， $xy$ 平面上の原点 $O$ を中心とする半径 $r$ の円周上を物体 $P$ が反時計回りに角速度 $\omega$ で等速円運動している。物体 $P$ の質量を $m$ とし，物体 $P$ にはたらく向心力の大きさを $F$ とする。また，物体 $P$ にはたらく向心力以外の力は考えないものとする。時刻 $t=0$ において物体 $P$ の位置は図1-1の点 $A(r, 0)$ であった。

時刻 $t$ において，物体 $P$ は初めて点 $B$ に到達した。物体 $P$ の描く弧 $AB$ の長さを $s$ とすると， $s =$  (1) と表されるので，物体 $P$ の速さ $v$ は， $v =$  (2) と表される。また，物体 $P$ の速度の向きは円の (ア) 方向を向くので，時刻 $t$ における物体 $P$ の速度の $x$ 成分を $v_x$ ， $y$ 成分を $v_y$ とすると $v_x =$  (3) ， $v_y =$  (4) となる。

時刻 $t$ における物体 $P$ の加速度の $x$ 成分を $a_x$ とすると，向心力 $F$ を用いて $x$ 方向の運動方程式は， $ma_x =$  (5) と表されるが，時刻 $t$ における物体 $P$ の $x$ 座標が， $x =$  (6) となることを用いると， $x$ 方向の運動は，ばね定数 $k =$  (7) のばねにつながれた水平ばね振り子の単振動と全く同じであることが分かる。この単振動の周期が円運動の周期と一致することから， $F =$  (8) が得られる。

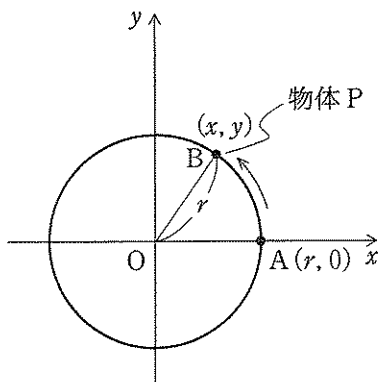


図1-1

(1), (2)の解答群

- ①  $r$             ②  $r\omega$             ③  $\omega t$             ④  $r\omega t$             ⑤  $rt$   
⑥  $\omega$             ⑦  $\frac{r}{\omega}$             ⑧  $\frac{\omega}{r}$             ⑨  $r\omega^2$

(3), (4), (6)の解答群

- ①  $r \cos \omega t$             ②  $r \sin \omega t$             ③  $-r \cos \omega t$   
④  $-r \sin \omega t$             ⑤  $r\omega \cos \omega t$             ⑥  $r\omega \sin \omega t$   
⑦  $-r\omega \cos \omega t$             ⑧  $-r\omega \sin \omega t$             ⑨  $r\omega \tan \omega t$

(5)の解答群

- ①  $F \cos \omega t$             ②  $F \sin \omega t$             ③  $F \tan \omega t$   
④  $-F \cos \omega t$             ⑤  $-F \sin \omega t$             ⑥  $-F \tan \omega t$   
⑦  $F$             ⑧  $\frac{F}{\cos \omega t}$             ⑨  $\frac{F}{\sin \omega t}$

(7)の解答群

- ①  $Fr$             ②  $Fr^2$             ③  $\frac{F}{r}$             ④  $\frac{F}{r^2}$             ⑤  $\frac{F}{m}$   
⑥  $\frac{m}{r}$             ⑦  $mr$             ⑧  $mr^2$             ⑨  $\frac{F}{mr}$

(8)の解答群

- ①  $r^2\omega$             ②  $r\omega^2$             ③  $r\omega$             ④  $m\omega^2$             ⑤  $mr^2$   
⑥  $mr\omega$             ⑦  $mr^2\omega$             ⑧  $mr\omega^2$             ⑨  $mr^2\omega^2$

次に、図1—2に示すように、質量  $m$  の物体 P と Q が原点 O と点 C( $3r, 0$ ) を中心として、それぞれ反時計回りに等速円運動している場合を考える。物体 P の円運動の半径を  $r$ 、角速度を  $\omega_1$  とし、物体 Q の円運動の半径を  $\sqrt{3}r$ 、角速度を  $\omega_2$  とする。ある時刻  $t_1$  に物体 P と Q にはたらく向心力が同時になくなり、2つの物体はそれぞれ等速直線運動を始めた。その後、時刻  $t_2$  で2つの物体は点 D( $r, H$ ) で衝突後、一体となって運動した。

$H = \sqrt{3}r$  となる場合、衝突直後に一体となって運動する物体の速さ  $V$  は、 $V =$   であり、角速度  $\omega_1$  と  $\omega_2$  の比は、 $\omega_1 / \omega_2 =$   となる。また、衝突後の軌跡は直線  $y =$    $\times x +$   上をたどる。

一方、 $H = 4\sqrt{3}r$  となる場合、時刻  $t_1$  における物体 Q の位置を点 E として、 $x$  軸と線分 CE がなす角を  $\theta$  とおくと、物体 P と Q が衝突する点 D の位置より  $\theta$  は  $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$  の範囲にある。時刻  $t_2$  における物体 Q の  $x$  座標と  $y$  座標が、

$$r = \text{} \times (t_2 - t_1) + \text{}$$

$$4\sqrt{3}r = \text{} \times (t_2 - t_1) + \text{}$$

で与えられることを用いて、両式から衝突までの時間  $(t_2 - t_1)$  を消去し、 $\sin^2 \theta + \cos^2 \theta = 1$  に代入すると、 $\sin \theta =$   が得られる。時刻  $t_2$  では物体 P も点 D に到達することから、 $\omega_1 / \omega_2 =$   を得る。

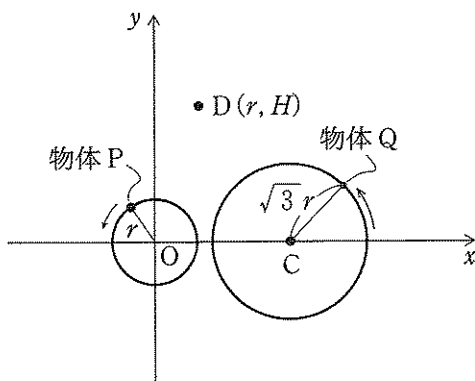


図1—2

(9)の解答群

- |  |  |  |
|--|--|--|
| ① $r\sqrt{\frac{\omega_1^2 + 3\omega_2^2}{2}}$ | ② $r\sqrt{\frac{3\omega_1^2 + \omega_2^2}{2}}$ | ③ $r\sqrt{\frac{\omega_1^2 + \omega_2^2}{2}}$  |
| ④ $\frac{r}{2}(\omega_1 + \sqrt{3}\omega_2)$   | ⑤ $\frac{r}{2}(\omega_1 - \sqrt{3}\omega_2)$   | ⑥ $\frac{3}{2}r\sqrt{\omega_1^2 + \omega_2^2}$ |
| ⑦ $\frac{r}{2}\sqrt{\omega_1^2 + \omega_2^2}$  | ⑧ $\frac{r}{2}\sqrt{3\omega_1^2 + \omega_2^2}$ | ⑨ $\frac{r}{2}\sqrt{\omega_1^2 + 3\omega_2^2}$ |

(10)の解答群

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

(11), (13)の解答群

- |                                  |                                  |                                 |
|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| ① $\sqrt{3}r\cos\theta$          | ② $\sqrt{3}r\sin\theta$          | ③ $-\sqrt{3}r\cos\theta$        |
| ④ $-\sqrt{3}r\sin\theta$         | ⑤ $\sqrt{3}r\omega_2\cos\theta$  | ⑥ $\sqrt{3}r\omega_2\sin\theta$ |
| ⑦ $-\sqrt{3}r\omega_2\cos\theta$ | ⑧ $-\sqrt{3}r\omega_2\sin\theta$ | ⑨ $\sqrt{3}r\omega_2\tan\theta$ |

(12), (14)の解答群

- |                               |                               |                              |
|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| ① $\sqrt{3}r\cos\theta$       | ② $\sqrt{3}r\sin\theta$       | ③ $\sqrt{3}r\tan\theta$      |
| ④ $-\sqrt{3}r\cos\theta + 3r$ | ⑤ $-\sqrt{3}r\sin\theta + 3r$ | ⑥ $3r$                       |
| ⑦ $\sqrt{3}r\cos\theta + 3r$  | ⑧ $\sqrt{3}r\sin\theta + 3r$  | ⑨ $\sqrt{3}r\tan\theta + 3r$ |

<余 白>

<余 白>

2 以下の文章を読み、空欄(15)～(24)にあてはまる最も適切な式をそれぞれの解答群から選び、解答用紙(その1)の該当する記号をマークせよ。問1については、解答のグラフを解答用紙(その2)の該当する解答欄に描け。真空の誘電率は $\epsilon_0$ とする。

図2—1のように真空中に奥行き $w$ 、幅 $\ell$ 、間隔 $d$ の薄い二枚の板からなる平行板コンデンサーが閉じられたスイッチ $S_1$ と起電力 $V_0$ の電池に、じゅうぶんに長い間つながっていた。点Gは接地されている。このときコンデンサーにたくわえられた電荷は (15) で、静電エネルギーは (16) であった。

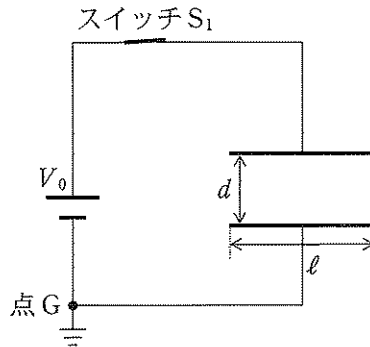


図2—1

(15)の解答群

- |                                |                                    |                                |                                   |
|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| ① $\frac{w\ell}{\epsilon_0 d}$ | ② $\frac{w\ell V_0}{\epsilon_0 d}$ | ③ $\frac{wd}{\epsilon_0 \ell}$ | ④ $\frac{wdV_0}{\epsilon_0 \ell}$ |
| ⑤ $\frac{\epsilon_0 w\ell}{d}$ | ⑥ $\frac{\epsilon_0 w\ell V_0}{d}$ | ⑦ $\frac{\epsilon_0 wd}{\ell}$ | ⑧ $\frac{\epsilon_0 wdV_0}{\ell}$ |

(16)の解答群

- |                                    |                                      |                                     |                                       |
|------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| ① $\frac{w\ell V_0}{2d\epsilon_0}$ | ② $\frac{w\ell V_0^2}{2d\epsilon_0}$ | ③ $\frac{wdV_0}{2\epsilon_0 \ell}$  | ④ $\frac{wdV_0^2}{2\epsilon_0 \ell}$  |
| ⑤ $\frac{\epsilon_0 wdV_0}{2\ell}$ | ⑥ $\frac{\epsilon_0 wdV_0^2}{2\ell}$ | ⑦ $\frac{\epsilon_0 w\ell V_0}{2d}$ | ⑧ $\frac{\epsilon_0 w\ell V_0^2}{2d}$ |



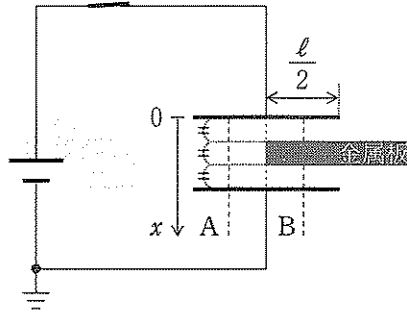


図 2—2

次にこのコンデンサー内に図 2—2 のように奥行き  $w$ 、幅  $l$ 、高さ  $\frac{d}{3}$  の金属板を、幅  $\frac{l}{2}$  挿入した場合の電場と電位について考える。金属板は常に平行板と平行で、奥行きはすき間がないものとし、平行板や金属板の端の効果は無視するものとする。

問 1. 金属板を挿入した場合の図 2—2 の点線 A、点線 B 上の電場の強さ  $E$  と電位  $V$  をそれぞれ解答用紙(その 2)の図 2—5 と図 2—6 に記せ。これらの図では、図 2—2 の上の板からの距離を  $x$  としている。

ここで、金属板を挿入する前に比べて、コンデンサーの電気容量は (17) 倍であり、静電エネルギーは (18) 倍であった。

(17), (18)の解答群

- |                 |                  |                 |                 |
|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|
| ① 2             | ② $\frac{3}{2}$  | ③ $\frac{4}{3}$ | ④ $\frac{5}{2}$ |
| ⑤ $\frac{5}{4}$ | ⑥ $\frac{3}{10}$ | ⑦ $\frac{1}{6}$ | ⑧ $\frac{3}{5}$ |

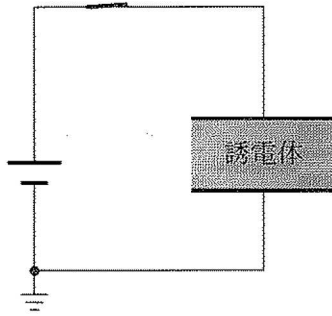


図 2—3

金属板を完全に引き出し、図 2—1 の状態に戻してから、図 2—3 のようにコンデンサーの極板間に、幅  $l$ 、高さ  $d$ 、奥行き  $w$  で比誘電率  $3$  の誘電体を極板に平行に、じゅうぶんゆっくりと挿入した。挿入後のコンデンサーの容量は (19) で静電エネルギーは (20) であった。これより、挿入時に外力がした仕事  $W_1$  は (21) であった。

(19)の解答群

- |                              |                              |                              |                              |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| ① $\frac{3wl}{\epsilon_0 d}$ | ② $\frac{wl}{3\epsilon_0 d}$ | ③ $\frac{3wd}{\epsilon_0 l}$ | ④ $\frac{wd}{3\epsilon_0 l}$ |
| ⑤ $\frac{3\epsilon_0 wl}{d}$ | ⑥ $\frac{\epsilon_0 wl}{3d}$ | ⑦ $\frac{3\epsilon_0 wd}{l}$ | ⑧ $\frac{\epsilon_0 wd}{3l}$ |

(20)の解答群

- |                                    |                                   |                                    |                                   |
|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| ① $\frac{3wlV_0^2}{2\epsilon_0 d}$ | ② $\frac{wlV_0^2}{6\epsilon_0 d}$ | ③ $\frac{3wdV_0^2}{2\epsilon_0 l}$ | ④ $\frac{wdV_0^2}{6\epsilon_0 l}$ |
| ⑤ $\frac{3\epsilon_0 wlV_0^2}{2d}$ | ⑥ $\frac{\epsilon_0 wlV_0^2}{6d}$ | ⑦ $\frac{3\epsilon_0 wdV_0^2}{2l}$ | ⑧ $\frac{\epsilon_0 wdV_0^2}{6l}$ |

(21)の解答群 問題に誤りがあり、全員正解とした。

- |                                   |                                   |                                  |                                    |
|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| ① $\frac{wlV_0^2}{\epsilon_0 d}$  | ② $\frac{wlV_0^2}{3\epsilon_0 d}$ | ③ $\frac{wdV_0^2}{\epsilon_0 l}$ | ④ $\frac{\epsilon_0 wlV_0^2}{d}$   |
| ⑤ $\frac{2\epsilon_0 wlV_0^2}{d}$ | ⑥ $\frac{\epsilon_0 wlV_0^2}{3d}$ | ⑦ $\frac{\epsilon_0 wdV_0^2}{l}$ | ⑧ $\frac{2\epsilon_0 wdV_0^2}{3l}$ |

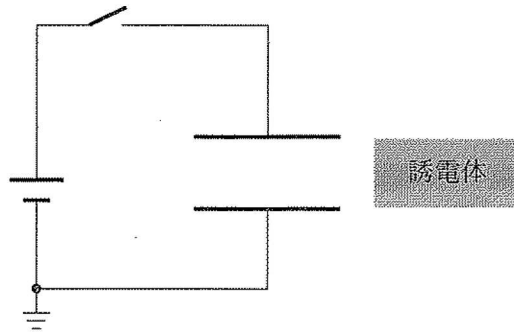


図 2—4

このあとスイッチ  $S_1$  を開き、図 2—4 のように平行板間から誘電体をじゅうぶんゆっくりと取り出した。取り出した後の極板間の電位差は (22) であり、コンデンサーにたくわえられた静電エネルギーは誘電体(比誘電率 3)の挿入前である図 2—1 の状態の静電エネルギーの (23) 倍となった。これより誘電体を取り出すために外力のした仕事は、仕事  $W_1$  の (24) 倍であった。

(22)の解答群

- |                   |                   |                   |          |
|-------------------|-------------------|-------------------|----------|
| ① $V_0$           | ② $2V_0$          | ③ $3V_0$          | ④ $9V_0$ |
| ⑤ $\frac{V_0}{3}$ | ⑥ $\frac{V_0}{2}$ | ⑦ $\frac{V_0}{9}$ | ⑧ 0      |

(23), (24)の解答群

(24)は 問題に誤りがあり、全員正解とした。

- |                 |                 |                 |                  |
|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| ① 1             | ② 3             | ③ 9             | ④ 27             |
| ⑤ $\frac{1}{2}$ | ⑥ $\frac{1}{3}$ | ⑦ $\frac{1}{9}$ | ⑧ $\frac{1}{27}$ |

< 余 白 >

<余 白>

3 ひもを伝わる波に関する以下の問題に答えよ。空欄 (ア) , (イ) にあてはまるもっとも適切な数値を解答用紙(その2)の解答欄に記せ。他の問は該当する解答群のなかから正しいものを選び、解答用紙(その1)の所定の記号をマークせよ。ひもの両端の間隔は8 mで、ひもの左端は  $x = 0$  m、右端は  $x = 8$  mとし、ひもの波の変位を  $y$  (m)とする。また、波の伝わる速さは一定であるとする。

1. 図3-1(a)はひもの左端を動かし始めてから6.0秒後、図3-1(b)は6.25秒後での波の変位  $y$  を、 $x = 0$  m から4 mの区間で座標  $x$  に対して示している。この波の波長と速さ、周期の組として最も適切なものを解答群1から選び解答用紙(その1)の(25)にマークせよ。

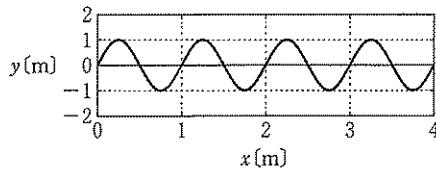


図3-1(a)

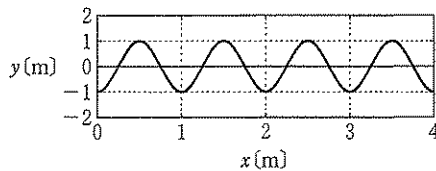


図3-1(b)

解答群1

- ① 波長1 m, 速さ1 m/秒, 周期1秒
- ② 波長1 m, 速さ2 m/秒, 周期1秒
- ③ 波長1 m, 速さ4 m/秒, 周期1秒
- ④ 波長2 m, 速さ1 m/秒, 周期2秒
- ⑤ 波長2 m, 速さ2 m/秒, 周期2秒
- ⑥ 波長2 m, 速さ4 m/秒, 周期2秒
- ⑦ 波長4 m, 速さ1 m/秒, 周期4秒
- ⑧ 波長4 m, 速さ2 m/秒, 周期4秒
- ⑨ 波長4 m, 速さ4 m/秒, 周期4秒

2. 最初  $y = 0$  で静止していたひもの左端の点を図 3—2 のように  $t = 0$  秒から振動させたところ、波がひもを伝搬していった。時刻  $t = 1.0$  秒に波の先端は位置  $x = \boxed{\text{ア}}$  m に達している。また、位置  $x = 2.0$  m に波の先端が達するのは時刻  $t = \boxed{\text{イ}}$  秒の時である。時刻  $t = 1.0, 5.0$  秒での波の様子を正しく表している図をそれぞれ解答群 2 から選び解答用紙(その 1)の(26), (27)にマークせよ。また、位置  $x = 2.0, 6.0$  m の位置での振動の様子を正しく表している図をそれぞれ解答群 3 から選び解答用紙(その 1)の(28), (29)にマークせよ。

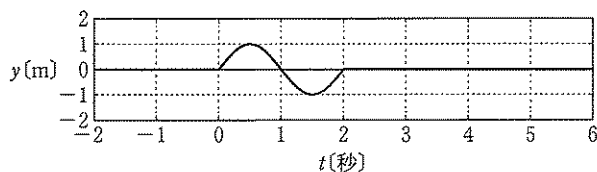


図 3—2

3. ひもの左端とひもの右端を図 3—2 のように振動させた。時刻  $t = 2.0, 5.0$  秒での波の様子を正しく表している図をそれぞれ解答群 4 から選び解答用紙(その 1)の(30), (31)にマークせよ。また、位置  $x = 1.0, 3.0$  m の位置での振動の様子を正しく表している図をそれぞれ解答群 5 から選び解答用紙(その 1)の(32), (33)にマークせよ。
4. ひもの左端を図 3—2 のように、ひもの右端を図 3—3 のように、振動させた。時刻  $t = 2.0, 6.0$  秒での波の様子を正しく表している図をそれぞれ解答群 4 から選び解答用紙(その 1)の(34), (35)にマークせよ。さらに、位置  $x = 1.0, 3.0$  m の位置での振動の様子を正しく表している図をそれぞれ解答群 5 から選び解答用紙(その 1)の(36), (37)にマークせよ。

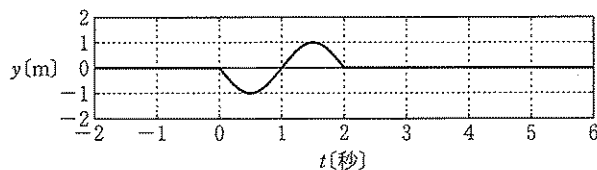
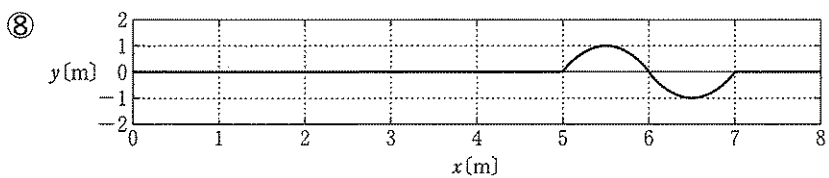
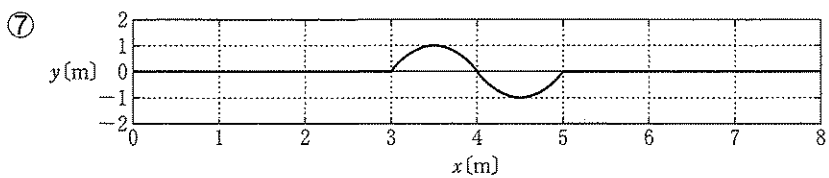
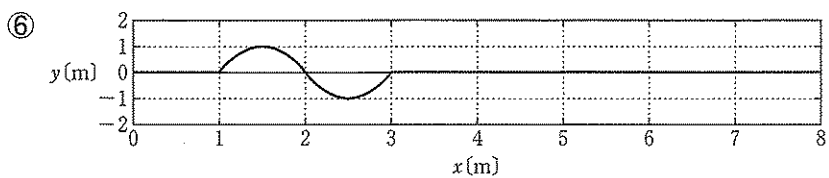
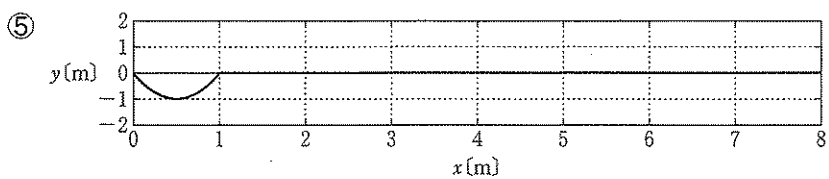
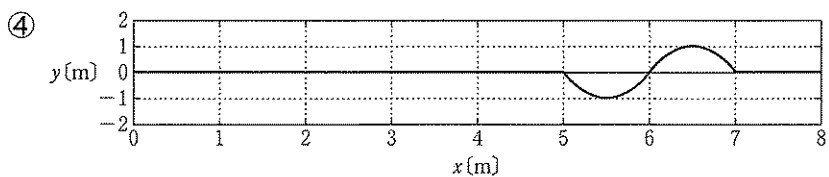
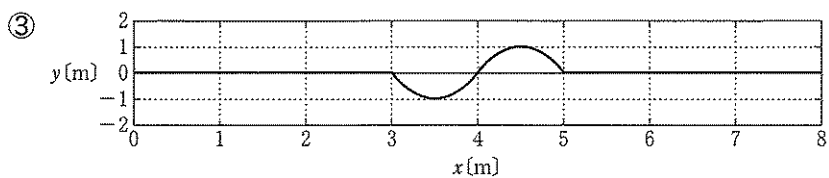
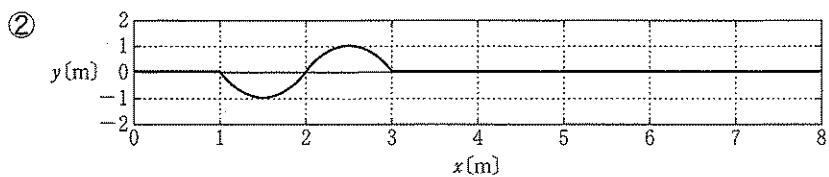
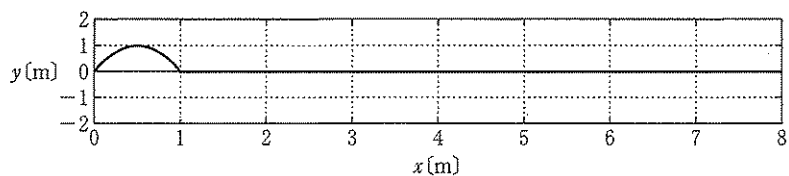


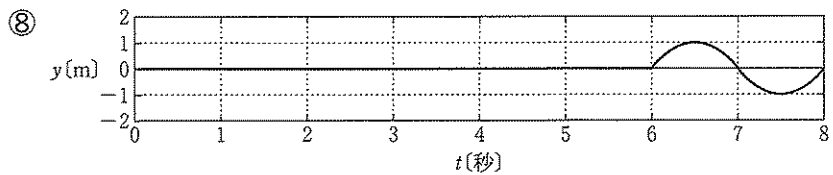
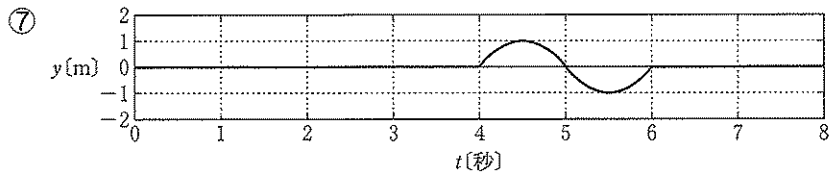
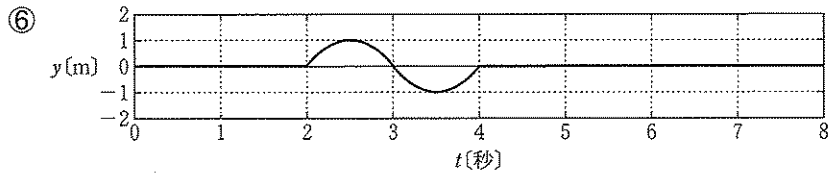
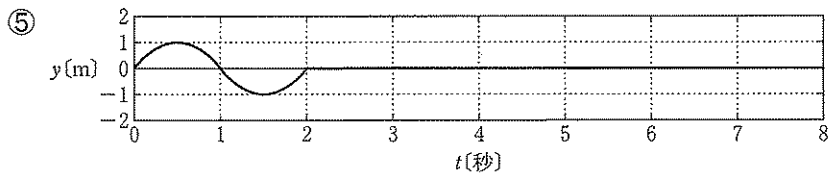
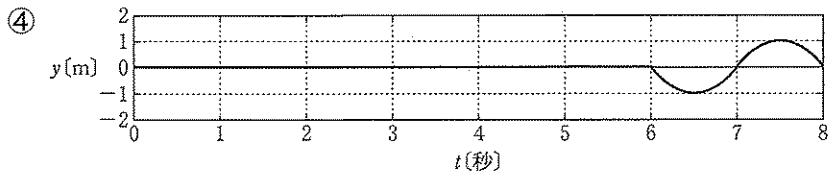
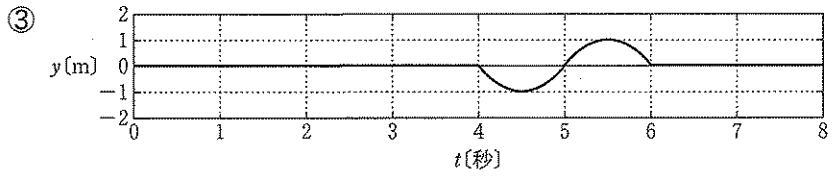
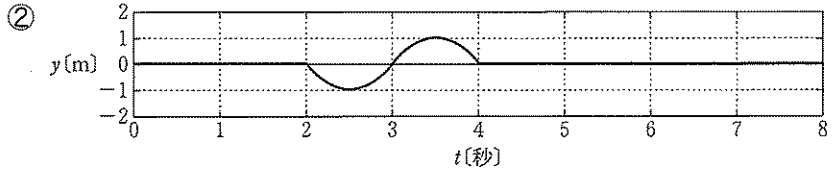
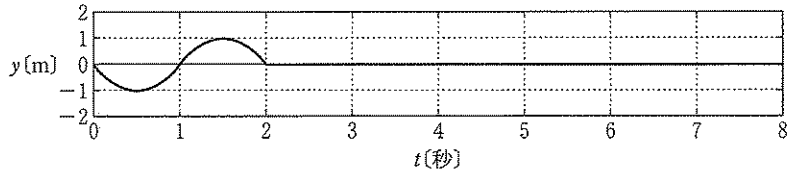
図 3—3

解答群 2 ①

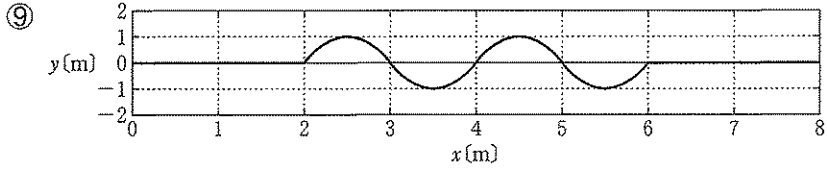
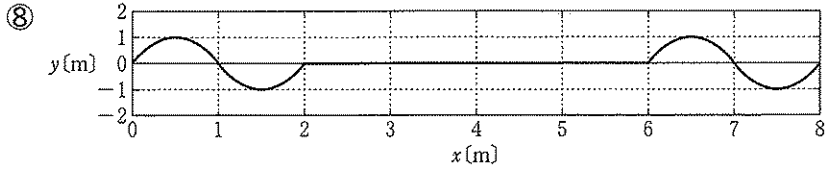
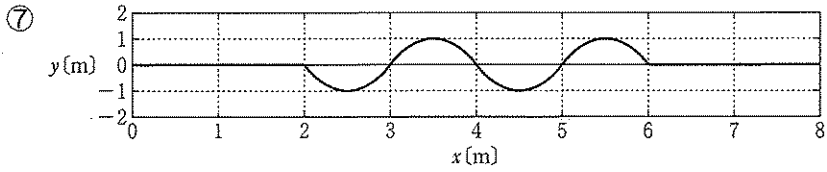
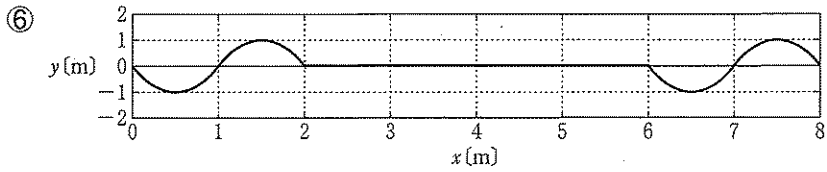
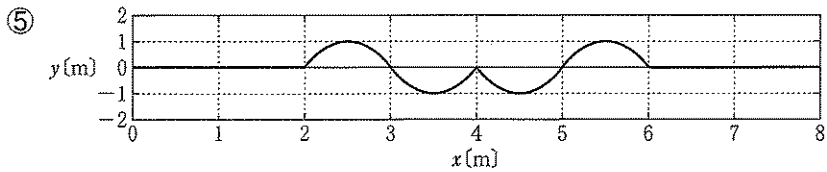
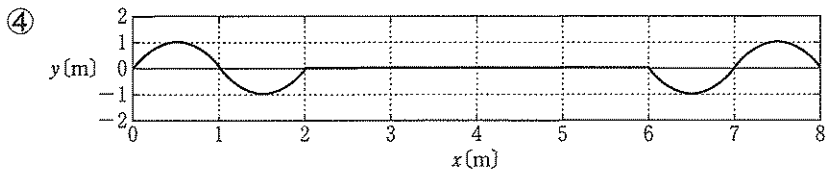
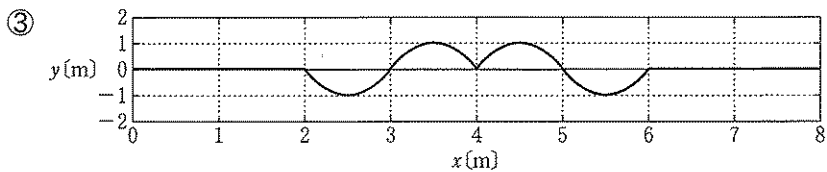
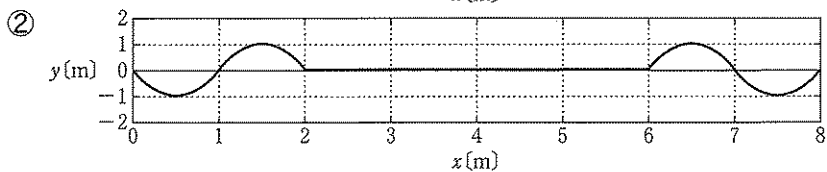
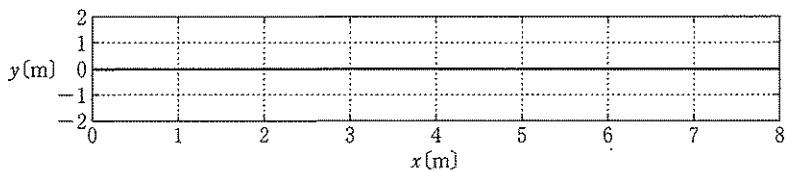




解答群 3 ①



解答群 4 ①



解答群 5 ①

