

物 理

1 次の問いに対して、最も適切なものを選択肢の中から一つ選びなさい。

(1) 図1は、媒質1から媒質2へ波が進んでいるときの波面を描いている。媒質1、2とも波の山を実線、谷を破線で示し、媒質1での山から谷までの間隔は $L$ である。また媒質1での波の速さは $v_1$ で、媒質2での速さは $v_2$ である。境界面に立てた法線と波面と

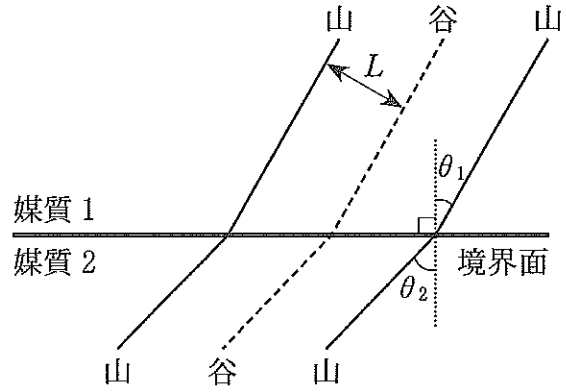


図1

のなす角は、図1に示すように媒質1では $\theta_1$ で、媒質2では $\theta_2$ である。次の問いに答えなさい。

問1 媒質1での波の波長はいくらか。

ア

アの選択肢

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

問2 媒質1を進んできた波が境界面で反射した。反射角はいくらか。

イ

イの選択肢

- ①  $\theta_1$       ②  $\theta_2$       ③  $\frac{\pi}{2} - \theta_1$   
 ④  $\frac{\pi}{2} - \theta_2$       ⑤  $\frac{1}{2}(\theta_1 + \theta_2)$       ⑥  $\frac{1}{2}(\pi - \theta_1 - \theta_2)$

問 3 媒質 1 に対する媒質 2 の屈折率はいくらか。

ウ

ウの選択肢

①  $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$

②  $\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1}$

③  $\frac{\cos \theta_1}{\cos \theta_2}$

④  $\frac{\cos \theta_2}{\cos \theta_1}$

問 4 媒質 2 での波の波長はいくらか。

エ

エの選択肢

①  $\frac{L}{2}$

②  $L$

③  $2L$

④  $4L$

⑤  $\frac{L}{2} \frac{v_1}{v_2}$

⑥  $L \frac{v_1}{v_2}$

⑦  $2L \frac{v_1}{v_2}$

⑧  $4L \frac{v_1}{v_2}$

⑨  $\frac{L}{2} \frac{v_2}{v_1}$

⑩  $L \frac{v_2}{v_1}$

⑪  $2L \frac{v_2}{v_1}$

⑫  $4L \frac{v_2}{v_1}$

(2) 図2のように、高さ  $h_0$  の位置から水平方向に速度  $v$  で投げ出した小球が、滑らかで水平な床面と衝突を繰り返しながら運動している。小球を投げ出してから1回目の衝突までにかかる時間、水平方向に動いた距離をそれぞれ、 $t_0$ 、 $x_0$  とする。1回目の衝突以降に関しては、 $n$  回目の衝突から  $n+1$  回目の衝突までにかかる時間、その間に水平方向に動いた距離、到達する最高点の高さをそれぞれ、 $t_n$ 、 $x_n$ 、 $h_n$  ( $n=1, 2, 3, \dots$ ) とする。重力加速度の大きさを  $g$ 、小球と床とのはねかえり係数を  $e$  ( $0 < e < 1$ ) として、次の問いに答えなさい。

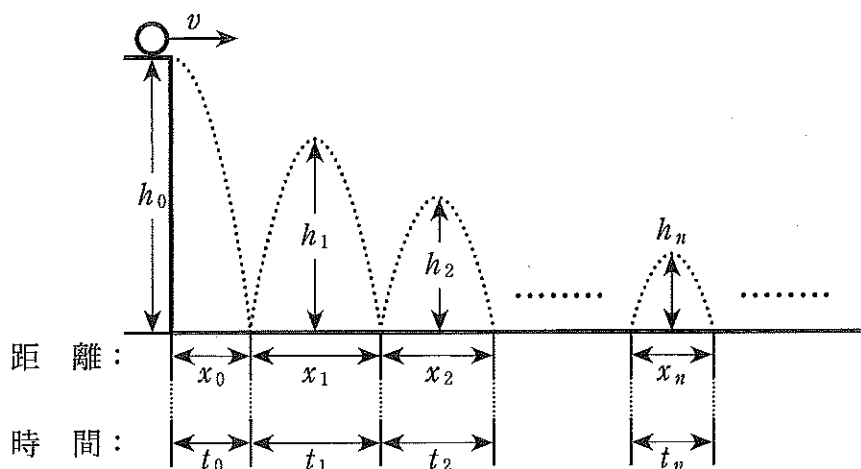


図2

問1 時間  $t_0$  はいくらか。

才

問2 距離  $x_0$  はいくらか。

力

才,  力の選択肢 (同じものを繰り返し選択してもよい)

- |                     |                            |                     |                            |
|---------------------|----------------------------|---------------------|----------------------------|
| ① $\frac{h_0}{g}$   | ② $\sqrt{\frac{h_0}{g}}$   | ③ $\frac{2h_0}{g}$  | ④ $\sqrt{\frac{2h_0}{g}}$  |
| ⑤ $\frac{4h_0}{g}$  | ⑥ $2\sqrt{\frac{h_0}{g}}$  | ⑦ $\frac{vh_0}{g}$  | ⑧ $v\sqrt{\frac{h_0}{g}}$  |
| ⑨ $\frac{2vh_0}{g}$ | ⑩ $v\sqrt{\frac{2h_0}{g}}$ | ⊕ $\frac{4vh_0}{g}$ | ⊖ $2v\sqrt{\frac{h_0}{g}}$ |

問 3 高さ  $h_1$  はいくらか。

キ

キの選択肢

- ①  $h_0$       ②  $\sqrt{e} h_0$       ③  $eh_0$       ④  $e^2 h_0$       ⑤  $e^4 h_0$

問 4 時間  $t_1$  はいくらか。

ク

クの選択肢

- ①  $t_0$       ②  $\sqrt{e} t_0$       ③  $2\sqrt{e} t_0$       ④  $\sqrt{2e} t_0$   
⑤  $et_0$       ⑥  $2et_0$       ⑦  $e^2 t_0$       ⑧  $2e^2 t_0$   
⑨  $e^4 t_0$       ⑩  $2e^4 t_0$

問 5 高さ  $h_2$  はいくらか。

ケ

ケの選択肢

- ①  $h_1$       ②  $\sqrt{e} h_1$       ③  $eh_1$       ④  $e^2 h_1$       ⑤  $e^4 h_1$

問 6 時間  $t_2$  はいくらか。

コ

コの選択肢

- ①  $t_1$       ②  $\sqrt{e} t_1$       ③  $2\sqrt{e} t_1$       ④  $\sqrt{2e} t_1$   
⑤  $et_1$       ⑥  $2et_1$       ⑦  $e^2 t_1$       ⑧  $2e^2 t_1$   
⑨  $e^4 t_1$       ⑩  $2e^4 t_1$

問 7 高さ  $h_n$  はいくらか。

サ

サの選択肢

- |                |                |                 |
|----------------|----------------|-----------------|
| ① $h_0$        | ② $neh_0$      | ③ $(n+1)eh_0$   |
| ④ $2neh_0$     | ⑤ $(2n+1)eh_0$ | ⑥ $e^n h_0$     |
| ⑦ $e^{n+1}h_0$ | ⑧ $e^{2n}h_0$  | ⑨ $e^{2n+1}h_0$ |

問 8 小球を投げ出してから  $n$  回目の衝突までに小球が水平方向に動いた距離はいくらか。

シ

シの選択肢

- |   |  |
|---|--|
| ① $\frac{nv h_0}{g}$                                | ② $\frac{2nv h_0}{g}$                                |
| ③ $nv \sqrt{\frac{h_0}{g}}$                         | ④ $nv \sqrt{\frac{2h_0}{g}}$                         |
| ⑤ $v \sqrt{\frac{h_0}{g}} \frac{2-2e^n}{1-e}$       | ⑥ $v \sqrt{\frac{2h_0}{g}} \frac{2-2e^n}{1-e}$       |
| ⑦ $v \sqrt{\frac{h_0}{g}} \frac{1+e-2e^{n-1}}{1-e}$ | ⑧ $v \sqrt{\frac{2h_0}{g}} \frac{1+e-2e^{n-1}}{1-e}$ |
| ⑨ $v \sqrt{\frac{h_0}{g}} \frac{1+e-2e^n}{1-e}$     | ⑩ $v \sqrt{\frac{2h_0}{g}} \frac{1+e-2e^n}{1-e}$     |

(3) 断面積  $S$ 、長さ  $l$  の円柱状の導体がある。この導体の両端に電圧をかけると、導体内に一様な電界が形成され、自由電子がすべて同じ速さ  $v$  で移動するものとする。ただし、この導体は常に単位体積あたり  $n$  個の自由電子で満たされており、電気素量を  $e$  とする。次の問いに答えなさい。

この導体内に含まれる自由電子の数は **ス** 個であるから、導体内に含まれる自由電子の電気量の大きさは **セ** となる。時間  $t$  の間に導体中の断面積  $S$  のある断面を通過した自由電子の電気量の大きさ  $Q$  は **ソ** となる。導体中を流れる電流を  $I$  とすると  $I = \mathbf{タ}$  なので、 $I$  は **チ** と表すことができる。

導体の断面積だけが  $m$  倍になったとき、導体を流れる電流は **ツ** 倍になり、導体の抵抗値は **テ** 倍になる。

**ス**、**セ** の選択肢 (同じものを繰り返し選択してもよい)

- ①  $n$             ②  $nS$             ③  $n l S$             ④  $n l^2 S$             ⑤  $n l S^2$   
 ⑥  $en$             ⑦  $enS$             ⑧  $en l S$             ⑨  $en l^2 S$             ⑩  $en l S^2$

**ソ**、**チ** の選択肢 (同じものを繰り返し選択してもよい)

- ①  $env$             ②  $envS$             ③  $envtS$             ④  $env^2S$             ⑤  $env^2t^2S^2$   
 ⑥  $envS^2$             ⑦  $envtS^2$             ⑧  $env^2tS^2$

**タ** の選択肢

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

**ツ**、**テ** の選択肢 (同じものを繰り返し選択してもよい)

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

2 次の問いに対して、最も適切なものを選択肢の中から一つ選びなさい。

(1) 空欄に当てはまるものを選びなさい。

問 1 物体に与えた熱量と、物体にした仕事の和は **ア**。

問 2 熱は、高温の物体から低温の物体へ移動し、 **イ**。

問 3 熱機関の効率、 **ウ**。

問 4 高温の気体分子は、低温の気体分子と比べて、 **エ**。

問 5 熱の伝わり方のうち、物体が電磁波の形でエネルギーを放出する現象を **オ** という。

問 6 圧力一定で気体の温度を上げると、温度に比例して体積が増えることを示すのは **カ** である。

**ア** の選択肢

- ① 常に 0 となる
- ② 常に正となる
- ③ 物体の質量に反比例する
- ④ すべて物体の運動エネルギーとなる
- ⑤ 物体の内部エネルギーの増加に等しい

**イ** の選択肢

- ① やがて低温の物体から高温の物体へ戻る
- ② 全体のエネルギーは徐々に失われる
- ③ いかなる操作を加えても低温の物体から高温の物体へ移動することはない
- ④ 自然に低温の物体から高温の物体へ移動することはない

ウの選択肢

- ① 100 % を超えるものもある
- ② 最高で 100 % である
- ③ 常に 100 % より小さい
- ④ 最低でも 50 % である

エの選択肢

- ① 平均的には速く運動している
- ② 平均的には遅く運動している
- ③ 位置エネルギーが大きい
- ④ 位置エネルギーが小さい

オの選択肢

- ① 対流
- ② 伝導
- ③ 放射

カの選択肢

- ① ボイルの法則
- ② シャルルの法則
- ③ パスカルの法則
- ④ ドルトンの法則
- ⑤ ラボアジエの法則



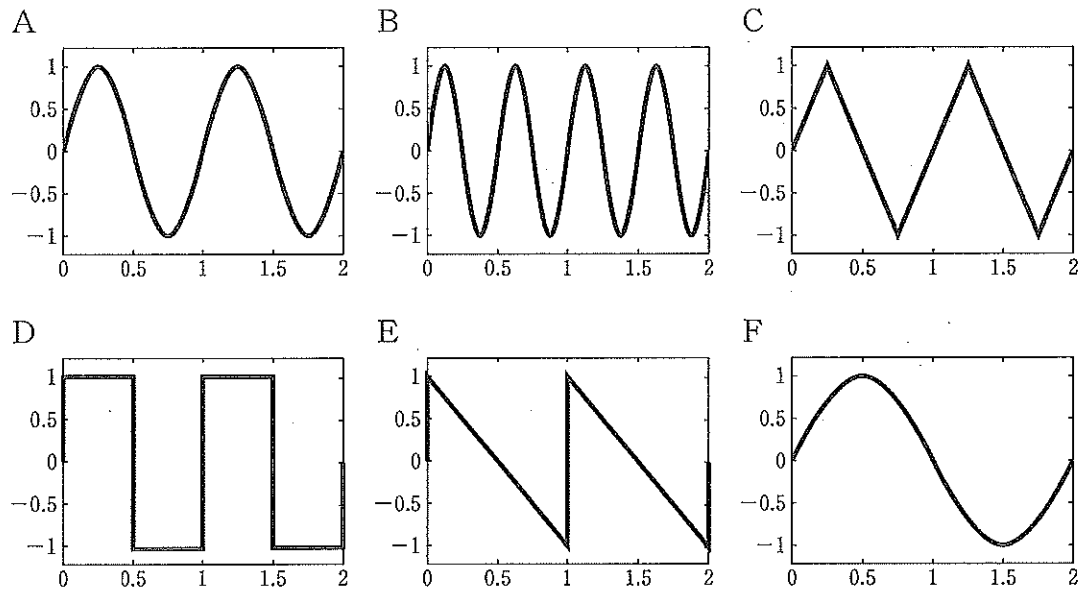
(2) 図1の音の波形A～Fについて答えなさい。

問1 音の高さが同じなのはどれか。 キ

問2 音色が同じなのはどれか。 ク

問3 音の高さが最も高いのはどれか。 ケ

問4 正弦波はどれか。 コ



(横軸は時間, 縦軸は媒質の圧力変化を表わす)

図1

キ, ク, コの選択肢 (同じものを繰り返し選択してもよい)

- |              |                    |
|--------------|--------------------|
| ① A, B       | ② A, C             |
| ③ A, F       | ④ C, D             |
| ⑤ C, E       | ⑥ A, B, F          |
| ⑦ A, C, E    | ⑧ A, C, F          |
| ⑨ C, D, E    | ⑩ A, B, C, F       |
| ⊕ A, C, D, E | ⊖ A, B, C, D, E, F |

ケの選択肢

- |     |     |     |
|-----|-----|-----|
| ① A | ② B | ③ C |
| ④ D | ⑤ E | ⑥ F |

(3) 空欄に当てはまるものを選びなさい。

問 1 地表からの高度と音速の関係を考える。空気の温度  $T$  (K) が  $C_0 = 273.15$  K に近いときの空気中の音速を、 $v_0 + a(T - C_0)$  (m/s) とし、地表から高度が 1 m 上がるごとに空気の温度は  $b$  (K) 下がるとする ( $v_0, a, b$  は正の定数)。地表の空気の温度が  $T_0$  (K) のとき、高度  $h$  (m) の点の空気の温度は **サ** と表わされるので、そこでの音速は **シ** となり、高度が **ス**。

**サ** の選択肢

- |                       |                       |              |              |
|-----------------------|-----------------------|--------------|--------------|
| ① $T_0 - b$           | ② $T_0 + b$           | ③ $T_0 - bh$ | ④ $T_0 + bh$ |
| ⑤ $T_0 - \frac{b}{h}$ | ⑥ $T_0 + \frac{b}{h}$ | ⑦ $T_0bh$    | ⑧ $-T_0bh$   |

**シ** の選択肢

- |   |   |
|---|---|
| ① $v_0 + a(T_0 - b - C_0)$                      | ② $v_0 + a(T_0 + b - C_0)$                      |
| ③ $v_0 + a(T_0 - bh - C_0)$                     | ④ $v_0 + a(T_0 + bh - C_0)$                     |
| ⑤ $v_0 + a\left(T_0 - \frac{b}{h} - C_0\right)$ | ⑥ $v_0 + a\left(T_0 + \frac{b}{h} - C_0\right)$ |
| ⑦ $v_0 + a(T_0bh - C_0)$                        | ⑧ $v_0 + a(-T_0bh - C_0)$                       |

**ス** の選択肢

- ① 変わっても変化しない
- ② 上がるとそれに比例して速くなる
- ③ 上がるとそれに比例して遅くなる
- ④ 上がるとそれに反比例して速くなる
- ⑤ 上がるとそれに反比例して遅くなる

問 2 絶対温度  $T$  のある物質中の音速が、 $c$  を正の定数として  $c\sqrt{T}$  と表わされるとする。温度の異なる厚さ  $l$  のこの物質が図 2 のように  $n$  層連なっているとき、この物質を音が伝わるのに要する時間を考える。ただし、各層内部の温度は一定(図の太線)で、左から  $j$  番目の層の温度は  $d$  を正の定数として  $d^2j^2(j+1)^2$  ( $j=1, 2, \dots, n$ ) と近似できるとする。

$j$  番目の層を伝わる音速は **セ** なので、この層の左端から右端まで音が伝わるのに要する時間は、**ソ** であり、1 番目の層の左端から  $n$  番目の右端までに音が伝わるのに要する時間は、**タ** である。

**セ**, **ソ**, **タ** の選択肢 (同じものを繰り返し選択してもよい)

- |                               |                        |                              |
|-------------------------------|------------------------|------------------------------|
| ① $c\sqrt{dj(j+1)}$           | ② $cdj(j+1)$           | ③ $cd^2j^2(j+1)^2$           |
| ④ $\frac{l}{c\sqrt{dj(j+1)}}$ | ⑤ $\frac{l}{cdj(j+1)}$ | ⑥ $\frac{l}{cd^2j^2(j+1)^2}$ |
| ⑦ $\frac{l}{c\sqrt{d(n+1)}}$  | ⑧ $\frac{l}{(n+1)cd}$  | ⑨ $\frac{l}{n(n+1)^2cd^2}$   |
| ⑩ $\frac{nl}{c\sqrt{d(n+1)}}$ | ⊕ $\frac{nl}{(n+1)cd}$ | ⊖ $\frac{nl}{(n+1)^2cd^2}$   |

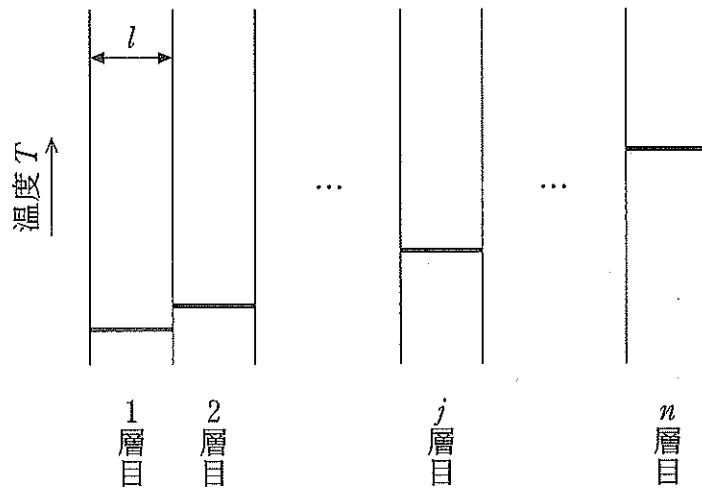


図 2

(4) 波長が  $10^{-10}$  m の X 線をいろいろな角度で結晶面に入射させた。反射の法則を満たす方向に強い回折 X 線が得られた角度のうち、入射 X 線と結晶面とのなす角が最も小さい値を  $\frac{\pi}{6}$  rad とする。この結晶の格子面の間隔はいくらか。  m

同じ結晶に、波長が  $5 \times 10^{-7}$  m の可視光線を入射させたとき、同様な強い回折光が得られる角度はいくらか。

真空中で静止している電子を 250 V の電圧で加速し、結晶に入射させて回折現象を観測したい。結晶の格子間隔は何メートル程度が望ましいか。ただし、電子の質量と電気素量をそれぞれ  $10^{-30}$  kg と  $2 \times 10^{-19}$  C、プランク定数を  $7 \times 10^{-34}$  J·s とする。  m

の選択肢

- ①  $10^{-11}$       ②  $2 \times 10^{-11}$       ③  $5 \times 10^{-11}$       ④  $10^{-10}$   
 ⑤  $2 \times 10^{-10}$       ⑥  $5 \times 10^{-10}$       ⑦  $10^{-9}$

の選択肢

- ① 無し      ②  $\frac{\pi}{6}$  rad      ③  $\frac{\pi}{4}$  rad      ④  $\frac{\pi}{3}$  rad

の選択肢

- ①  $10^{-16}$       ②  $10^{-14}$       ③  $10^{-12}$       ④  $10^{-10}$

(5) 次の三つの用語と関係の深い人物は誰か、最も適切な組み合わせを選びなさい。

ト

光量子仮説 — 人物A

物質波 — 人物B

水素原子モデル — 人物C

トの選択肢

- |   |              |              |           |
|---|--------------|--------------|-----------|
| ① | A : アインシュタイン | B : ラザフォード   | C : プランク  |
| ② | A : アインシュタイン | B : ド・プロイ    | C : ボーア   |
| ③ | A : プランク     | B : ラザフォード   | C : ボーア   |
| ④ | A : プランク     | B : アインシュタイン | C : ド・プロイ |

