

理 科

(8 0 分)

【物理・化学・生物】

※ 3科目の中から、2科目を選んで解答してください。

※ 1科目を解答用紙の表面に解答し、もう1科目を裏面に解答してください。

I 試験全体に関する注意

1. 係員の許可なしに、部屋の外に出ることはできません。
2. この問題冊子を持ち帰ることはできません。

II 問題冊子に関する注意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見ないでください。
2. 試験開始の合図があったら、下の欄に、受験番号と名前を、受験票と同じように記入してください。
3. 各科目の問題は、以下のページにあります。

| 科目 | ページ |
|----|---------|
| 物理 | 1 ～ 21 |
| 化学 | 23 ～ 37 |
| 生物 | 39 ～ 53 |

4. 足りないページがあったら、手をあげて知らせてください。
5. 問題冊子には、メモや計算などを書いてもいいです。

III 解答用紙に関する注意

1. 解答は、解答用紙に鉛筆（HB）で記入してください。
2. 各問題には、その解答を記入する行の番号 **1**、**2**、**3**、…がついています。解答は、解答用紙（マークシート）の対応する解答欄にマークしてください。
3. 解答用紙に書いてある注意事項も必ず読んでください。

※ 試験開始の合図があったら、必ず受験番号と名前を記入してください。

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|--|--|---|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|
| 受 験 番 号 | | | * | | | | | * | | | | | | |
| 名 前 | | | | | | | | | | | | | | |

物理

「解答科目」記入方法

解答科目には「物理」、「化学」、「生物」がありますので、この中から2科目を選んで解答してください。選んだ2科目のうち、1科目を解答用紙の表面に解答し、もう1科目を裏面に解答してください。

「物理」を解答する場合は、右のように、解答用紙にある「解答科目」の「物理」を○で囲み、その下のマーク欄をマークしてください。

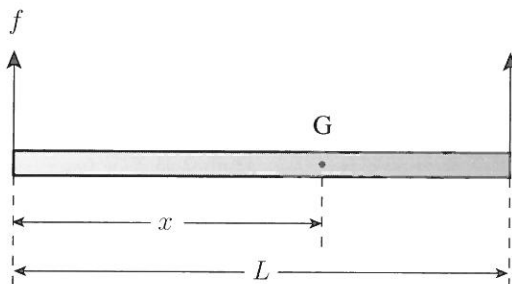
科目が正しくマークされていないと、採点されません。

< 解答用紙記入例 >

| 解答科目 Subject | | |
|----------------|------------------|----------------|
| 物 理 Physics | 化 学 Chemistry | 生 物 Biology |
| ● | ○ | ○ |

I 次の問い **A** (問1), **B** (問2), **C** (問3), **D** (問4), **E** (問5), **F** (問6) に答えなさい。ただし、重力加速度の大きさを g とし、空気の抵抗は無視できるものとする。

A 次の図のように、密度が一様でない細い棒 (長さ L , 質量 M) の両端に鉛直上向きの力をそれぞれ加えて棒を水平に保った。このとき、棒の左端に加えた力の大きさは f であった。棒の左端から棒の重心 G までの距離を x とする。



問1 $\frac{x}{L}$ はどのように表されるか。正しいものを、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。

1

① $\frac{Mg}{f}$

② $\frac{f}{Mg}$

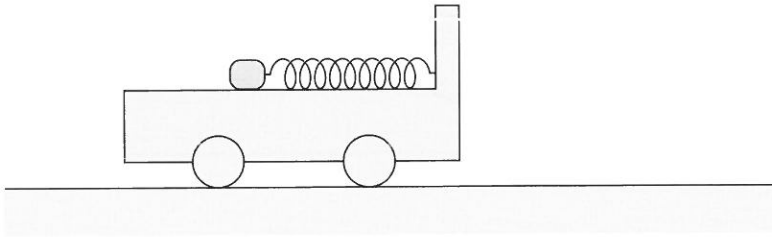
③ $\frac{Mg}{f} - 1$

④ $1 - \frac{f}{Mg}$

⑤ $\frac{f}{Mg - f}$

⑥ $\frac{f}{Mg + f}$

- B** 次の図のように、上面が水平で滑らかな台車の上に、ばね定数 30 N/m のばねが台車の運動方向と平行になるように置かれている。ばねの一端は台車の右の壁に固定され、他端には質量 0.5 kg の小物体が付けられている。台車は水平面上を図の右向きの速度をもって直線運動していて、一定の加速度（加速度の大きさ 3 m/s^2 ）で減速している。このとき、台車に対して小物体は静止していた。

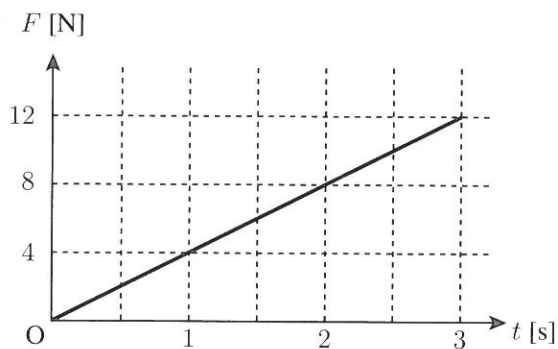


- 問2 ばねの長さは自然長からどれだけ変化していたか。最も適当なものを、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。

| |
|---|
| 2 |
|---|

- ① 0.03 m 縮んでいた ② 0.05 m 縮んでいた ③ 0.1 m 縮んでいた
④ 0.03 m 伸びていた ⑤ 0.05 m 伸びていた ⑥ 0.1 m 伸びていた

- C ある速度で運動している物体に、時刻 $t = 0 \text{ s}$ から時刻 $t = 3.0 \text{ s}$ の間、物体の速度と同じ向きの力を加えた。その力の大きさ F は次の図のように変化していた。

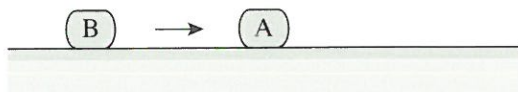


- 問3 $t = 0 \text{ s}$ から $t = 3.0 \text{ s}$ の間に物体の運動量の大きさはどれだけ変化したか。最も適当な値を、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。

3 $\text{kg}\cdot\text{m/s}$

- ① 2.0 ② 4.0 ③ 8.0 ④ 9.0 ⑤ 18 ⑥ 36

- D** 次の図のように、摩擦のある水平な床の上で、静止している小物体Aに小物体Bがある速さで衝突した。Aの質量とBの質量は等しい。衝突後、Aは床の上を距離 L_A だけすべって静止し、Bは床の上を距離 L_B だけすべって静止した。AとBの間の反発係数を e とする。Aと床の間の動摩擦係数と、Bと床の間の動摩擦係数は等しい。

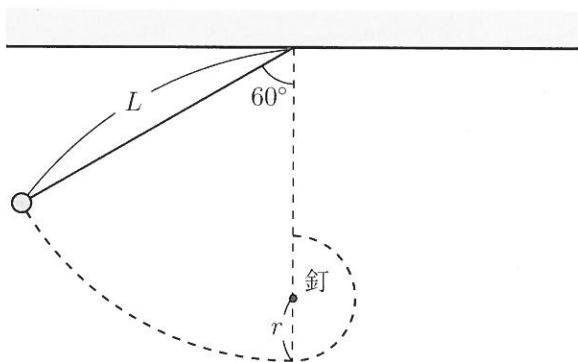


- 問4 $\frac{L_A}{L_B}$ はどのように表されるか。正しいものを、次の①～④の中から一つ選びなさい。

4

- ① $\frac{1-e}{1+e}$ ② $\frac{1+e}{1-e}$ ③ $\left(\frac{1-e}{1+e}\right)^2$ ④ $\left(\frac{1+e}{1-e}\right)^2$

E 長さ L の軽くて伸び縮みしない糸の一端を天井に固定し、他端に小物体をつける。次の図のように、糸と鉛直方向とのなす角が 60° の位置から小物体を静かにはなす。小物体は最下点に達した後、最下点より距離 r 上にある細い釘くさのまわりに半径 r の円運動を始める。 r がある長さ R より大きくなると、小物体は釘の真上の位置まで円運動することができない。



問5 $\frac{R}{L}$ はいくらか。正しい値を、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。

5

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

F 人工衛星が地球の重心を1つの焦点とした楕円軌道上を運動している。人工衛星が地球に最も近づいたとき、地球の重心と人工衛星の距離は地球の半径の5倍であった。また、地球に最も近づいたときの人工衛星の速さは、地球から最も遠ざかったときの人工衛星の速さの2倍であった。

問6 人工衛星が地球から最も遠ざかったときに、人工衛星が地球から受ける万有引力の大きさは、人工衛星が地球表面上にあったときに地球から受けていた万有引力の大きさの何倍か。最も適当な値を、次の①～⑧の中から一つ選びなさい。 6 倍

- | | | | |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| ① 0 | ② $\frac{1}{500}$ | ③ $\frac{1}{250}$ | ④ $\frac{1}{100}$ |
| ⑤ $\frac{1}{50}$ | ⑥ $\frac{1}{25}$ | ⑦ $\frac{1}{10}$ | ⑧ $\frac{1}{5}$ |

II

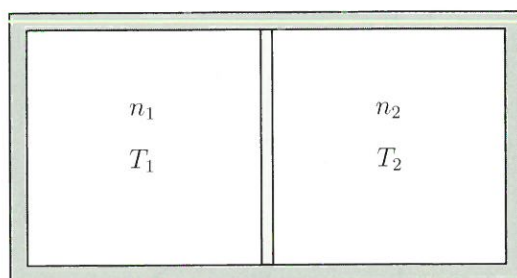
次の問い **A** (問 1), **B** (問 2), **C** (問 3) に答えなさい。

A 温度 t , 熱容量 150 J/K の容器に, 10°C の水 100 g を入れたところ, じゅうぶん時間がたった後, 容器の温度は 0.0°C になった。また, 容器に入れた水の一部が氷となり, 容器内は 0.0°C の氷 5.0 g と 0.0°C の水 95 g になった。水の比熱を $4.2 \text{ J/(g} \cdot \text{K)}$, 氷の融解熱を 330 J/g とする。外部との熱の出入りはないものとする。

問 1 t は何 $^\circ\text{C}$ か。最も適当な値を, 次の①~⑥の中から一つ選びなさい。 **7** $^\circ\text{C}$

① -54 ② -43 ③ -39 ④ -21 ⑤ -17 ⑥ -4.0

- B** 次の図のように、断熱壁でできた容器の内部を、熱を通す移動しない壁で2つの領域に分ける。一方の領域に物質量 n_1 [mol]、絶対温度 T_1 の単原子分子理想気体を入れ、他方の領域に物質量 n_2 [mol]、絶対温度 T_2 の単原子分子理想気体を入れたところ、じゅうぶん時間がたった後、2つの領域の気体の絶対温度が等しくなった。このときの絶対温度を T_3 とする。ただし、 $n_1 > n_2$ 、 $T_1 > T_2$ とする。

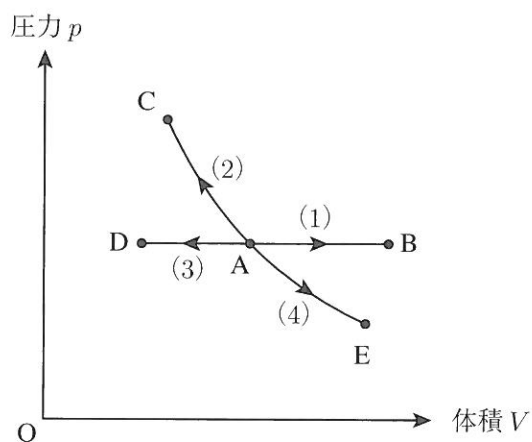


問2 T_3 はどのように表されるか。正しいものを、次の①～⑦の中から一つ選びなさい。

8

- ① $\frac{T_1 + T_2}{2}$ ② $\frac{T_1}{2} + \frac{n_2 T_2}{2n_1}$ ③ $\frac{T_1}{2} + \frac{n_1 T_2}{2n_2}$
- ④ $\frac{n_1 T_1}{2n_2} + \frac{T_2}{2}$ ⑤ $\frac{n_2 T_1}{2n_1} + \frac{T_2}{2}$ ⑥ $\frac{n_1 T_1 + n_2 T_2}{n_1 + n_2}$
- ⑦ $\frac{n_2 T_1 + n_1 T_2}{n_1 + n_2}$

C 一定量の単原子分子理想気体をシリンダーの中に入れ、その状態を次の p - V 図のように、状態 $A \rightarrow$ 状態 B と変化させる過程 (1)、状態 $A \rightarrow$ 状態 C と変化させる過程 (2)、状態 $A \rightarrow$ 状態 D と変化させる過程 (3)、状態 $A \rightarrow$ 状態 E と変化させる過程 (4) を考える。過程 (1) と過程 (3) は定圧変化、過程 (2) と過程 (4) は断熱変化である。



問3 過程 (1) ~ 過程 (4) のうち、気体の内部エネルギーが減少する過程はどれか。正しいものを、次の①~④の中から一つ選びなさい。

9

- ① 過程 (1) と過程 (2)
- ② 過程 (2) と過程 (3)
- ③ 過程 (3) と過程 (4)
- ④ 過程 (1) と過程 (4)

III

次の問い **A** (問1), **B** (問2), **C** (問3) に答えなさい。

- A** x 軸上を進む正弦波がある。図1は、この波の時刻 $t = 0$ s の時の媒質の変位 y と位置座標 x との関係を示したグラフである。図2は、 $x = 0$ m の位置における y と t との関係を示したグラフである。

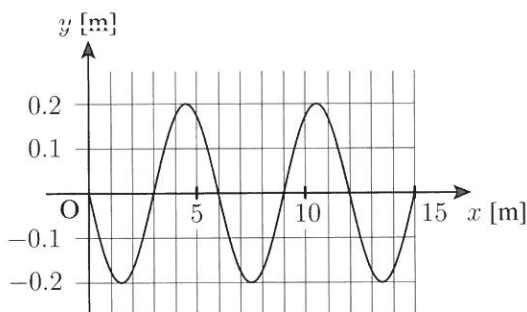


図1

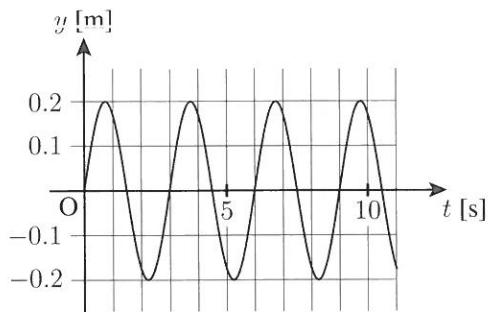


図2

- 問1 この正弦波は数式でどのように表されるか。最も適当なものを、次の①～⑧の中から一つ選びなさい。ただし、 y と x の単位は m, t の単位は s である。

10

- | | |
|--|--|
| ① $y = 0.2 \sin \left(\frac{\pi}{3}t - \frac{2\pi}{3}x \right)$ | ② $y = 0.2 \sin \left(\frac{\pi}{3}t + \frac{2\pi}{3}x \right)$ |
| ③ $y = 0.2 \sin \left(\frac{2\pi}{3}t - \frac{\pi}{3}x \right)$ | ④ $y = 0.2 \sin \left(\frac{2\pi}{3}t + \frac{\pi}{3}x \right)$ |
| ⑤ $y = 0.4 \sin \left(\frac{\pi}{3}t - \frac{2\pi}{3}x \right)$ | ⑥ $y = 0.4 \sin \left(\frac{\pi}{3}t + \frac{2\pi}{3}x \right)$ |
| ⑦ $y = 0.4 \sin \left(\frac{2\pi}{3}t - \frac{\pi}{3}x \right)$ | ⑧ $y = 0.4 \sin \left(\frac{2\pi}{3}t + \frac{\pi}{3}x \right)$ |

B 図1のように、弦の一端を固定し、その他端に質量 m_1 のおもりをつけ、弦を滑車にかけておもりをつるし、間隔 L_1 で固定した2つのこまの間に弦を水平に張る。こまの間の弦を基本振動させたところ、その振動数は f であった。次に、図2のように、おもりの質量を m_2 ($> m_1$) に変え、2つのこまの間隔を L_2 に変え、こまの間の弦を基本振動させたところ、その振動数は f で変わらなかった。弦を伝わる波の速さは弦を引く力の大きさの平方根 ($\frac{1}{2}$ 乗) に比例するものとする。

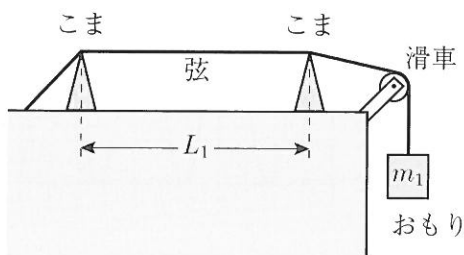


図1

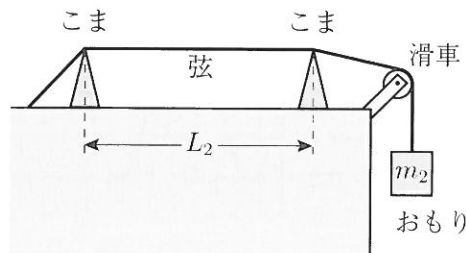


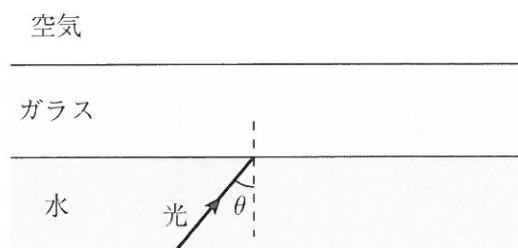
図2

問2 $\frac{L_2}{L_1}$ はどのように表されるか。正しいものを、次の①～⑦の中から一つ選びなさい。

11

- ① $\left(\frac{m_1}{m_2}\right)^2$ ② $\frac{m_1}{m_2}$ ③ $\sqrt{\frac{m_1}{m_2}}$ ④ 1
- ⑤ $\sqrt{\frac{m_2}{m_1}}$ ⑥ $\frac{m_2}{m_1}$ ⑦ $\left(\frac{m_2}{m_1}\right)^2$

- C 次の図のように、水、ガラス、空気が平行な境界面で接している。水中から光を入射させ、その入射角 θ を 0 から徐々に大きくしていったところ、 θ が小さいときはガラスと空気の境界面で屈折した光が空气中へ進んだ。しかし、 θ が θ_0 より大きくなると、光はガラスと空気の境界面で全反射した。水の絶対屈折率を $\frac{4}{3}$ 、ガラスの絶対屈折率を $\frac{3}{2}$ 、空気の絶対屈折率を 1 とする。



問3 $\sin \theta_0$ の値はいくらか。最も適当な値を、次の①～⑦の中から一つ選びなさい。 12

① $\frac{1}{4}$

② $\frac{1}{3}$

③ $\frac{1}{2}$

④ $\frac{2}{3}$

⑤ $\frac{3}{4}$

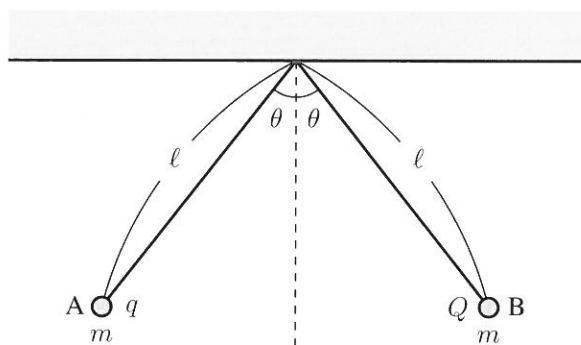
⑥ $\frac{4}{5}$

⑦ $\frac{8}{9}$

IV

次の問い A (問1), B (問2), C (問3), D (問4), E (問5), F (問6) に答えなさい。

A 2本の長さ ℓ の絶縁体の軽い糸の端に、2つの質量 m の小球AとBをそれぞれつけた。Aに電気量 q (> 0) の電荷を、Bに電気量 Q ($> q$) の電荷を与え、同じ点からつるしたところ、次の図のように、AとBは糸と鉛直線とのなす角が θ の位置で鉛直面内で静止した。クーロンの法則の比例定数を k 、重力加速度の大きさを g とする。

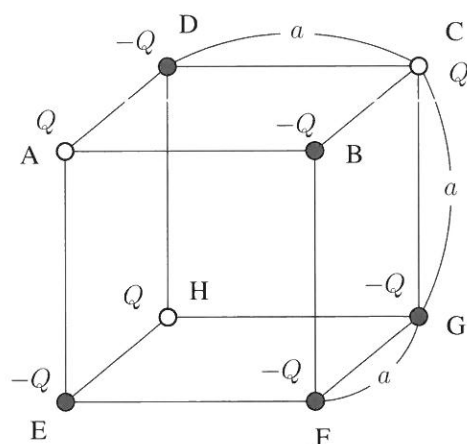


問1 Q はどのように表されるか。正しいものを、次の①～⑦の中から一つ選びなさい。

13

- | | | |
|--|--|--|
| ① $\frac{4mg\ell^2 \sin \theta}{kq}$ | ② $\frac{4mg\ell^2 \cos \theta}{kq}$ | ③ $\frac{4mg\ell^2 \sin \theta \cos \theta}{kq}$ |
| ④ $\frac{4mg\ell^2 \sin^2 \theta}{kq \cos \theta}$ | ⑤ $\frac{4mg\ell^2 \cos^2 \theta}{kq \sin \theta}$ | ⑥ $\frac{4mg\ell^2 \sin^3 \theta}{kq \cos \theta}$ |
| ⑦ $\frac{4mg\ell^2 \cos^3 \theta}{kq \sin \theta}$ | | |

- B** 次の図のように、一辺の長さが a の立方体の頂点 A, C, H に電気量 $Q (> 0)$ の点電荷を固定し、頂点 B, D, E, F, G に電気量 $-Q$ の点電荷を固定した。無限遠を電位の基準とし、クーロンの法則の比例定数を k とする。

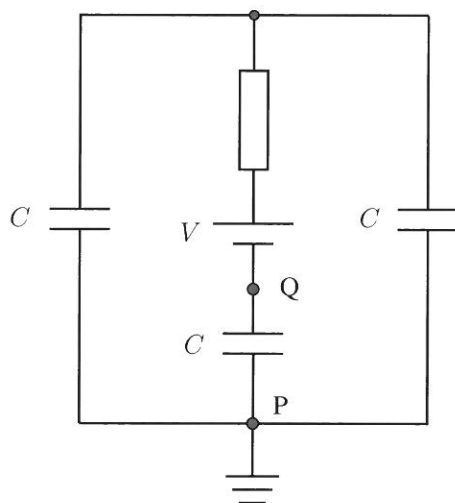


- 問2 立方体の中心（線分 AG の中点）における電位はどのように表されるか。正しいものを、次の①～⑧の中から一つ選びなさい。

14

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

C 次の図のように、3つの電気容量 C のコンデンサーと起電力 V の電池と抵抗を接続し、3つのコンデンサーに電荷がない状態から、じゅうぶん時間をかけて3つのコンデンサーを充電した。回路中の点 P を電位の基準とする。

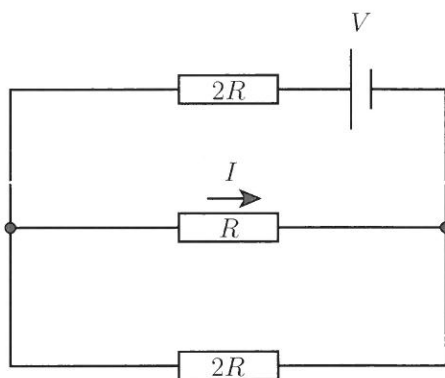


問3 回路中の点 Q の電位はどのように表されるか。正しいものを、次の①～⑧の中から一つ選びなさい。

15

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

D 次の図のように、抵抗値 R の抵抗、2つの抵抗値 $2R$ の抵抗、起電力 V の電池を接続した。電池の内部抵抗は無視できるものとする。



問4 抵抗値 R の抵抗を流れる電流の大きさ I はどのように表されるか。正しいものを、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。

16

① $\frac{V}{8R}$

② $\frac{V}{6R}$

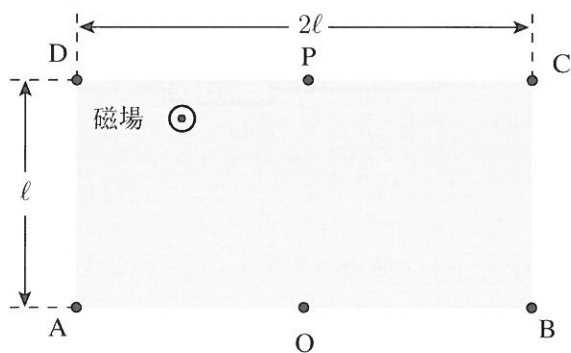
③ $\frac{V}{5R}$

④ $\frac{V}{4R}$

⑤ $\frac{V}{3R}$

⑥ $\frac{2V}{5R}$

E 次の図のように、長方形 $ABCD$ の領域に、紙面に垂直で紙面の裏から表の向きに
 一様な磁場が加えられている。辺 BC と辺 DA の長さは ℓ ，辺 AB と辺 CD の長さは 2ℓ
 である。辺 AB の中点を点 O ，辺 CD の中点を点 P とする。電気量 q (> 0)，質量 m
 の荷電粒子を、紙面に平行で、辺 AB に垂直な向きに速さ v で O からこの領域に入射
 させたところ、粒子は等速円運動をし、頂点 B と頂点 C 以外の辺 BC 上のある点を通
 り、この領域から飛び出した。次に、電気量 $-q$ ，質量 $2m$ の荷電粒子を同じ向きに速
 さ v で O からこの領域に入射させた。



問5 電気量 $-q$ ，質量 $2m$ の荷電粒子が磁場の加わった領域から飛び出す点はどこにあ
 るか。正しいものを、次の①～⑥の中から一つ選びなさい。

17

- | | | |
|-------------|------------|-------------|
| ① 線分 OB 上 | ② 辺 BC 上 | ③ 線分 CP 上 |
| ④ 線分 PD 上 | ⑤ 辺 DA 上 | ⑥ 線分 AO 上 |

F 紙面上に xy 平面をとり、 z 軸の正の向きを紙面の裏から表の向きにとる。図1のように、抵抗と導線を用いて長方形の回路 $ABCD$ を作り、辺 AB が y 軸に平行になるように xy 平面上に固定する。回路を含む領域には、時刻 t とともに変化する空間的に一様な磁場が z 軸に平行に加えられている。図2は、この磁場の磁束密度の z 成分 B_z と時刻 t の関係を示したグラフである。導線の辺 AB の部分が磁場から受ける力の x 成分を F_x とする。回路を流れる電流がつくる磁場は無視できるものとする。

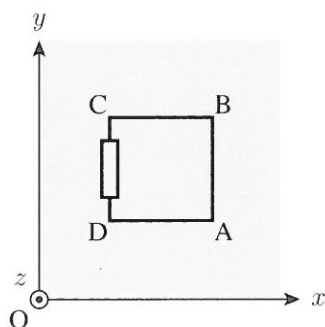


図1

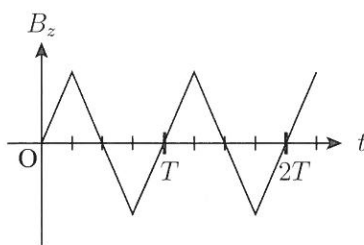
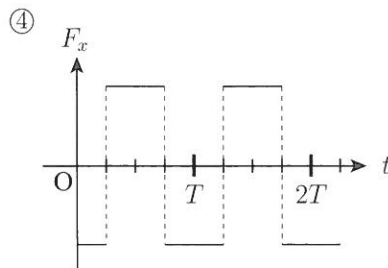
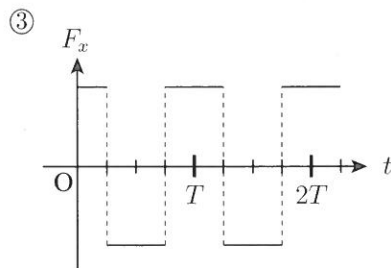
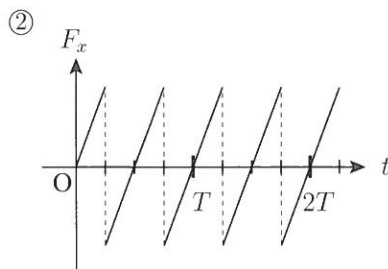
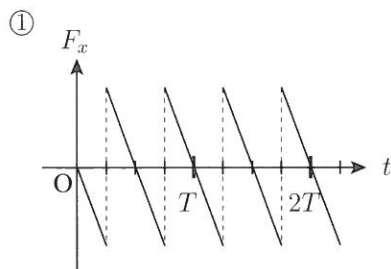


図2

問6 F_x と t の関係を表すグラフとして、最も適当なものを、次の①～④の中から一つ選びなさい。

18



V

次の問い A (問 1) に答えなさい。

A

真空中で電子の運動エネルギーが K のときの電子波 (物質波) の波長 (ド・ブロー波長) を λ とする。電子の質量を m とし、プランク定数を h とする。

問 1 K は λ を用いてどのように表されるか。最も適当なものを、次の①～④の中から一つ選びなさい。

19

① $\frac{h^2}{2m\lambda^2}$

② $\frac{\lambda^2}{2mh^2}$

③ $\frac{mh^2}{2\lambda^2}$

④ $\frac{m\lambda^2}{2h^2}$

物理の問題はこれで終わりです。解答欄の **20** ～ **75** はマークしないでください。
解答用紙の科目欄に「物理」が正しくマークしてあるか、もう一度確かめてください。

この問題冊子を持ち帰ることはできません。

