

物 理

(60分 100点)

I 次の〔問1〕～〔問6〕に答えなさい。(24点)

〔問1〕 図1のように、あらい斜面上に静かに小物体を置いたところ、小物体は斜面に沿って下向きにすべり出した。この小物体には重力、斜面からの垂直抗力と動摩擦力がはたらいている。この3つの力の合力の向きはどのようになるか。図1の①～⑧の中から最も適切なものを1つ選びマークしなさい。

1

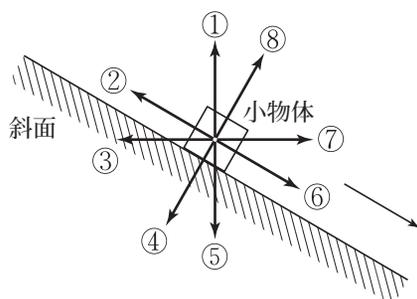


図1

〔問2〕 図2のように、一様な材質でできた半径 r の円板の一部を円形にくり抜いて穴をあけた板がある。板の厚さは一定である。くり抜いた円形の穴の半径は $\frac{1}{4}r$ であり、もとの円板の中心 O と穴の中心との距離は $\frac{1}{2}r$ である。この板の重心はもとの円板の中心 O からどれだけ離れているか。下の①～⑤の中から最も適切なものを1つ選びマークしなさい。

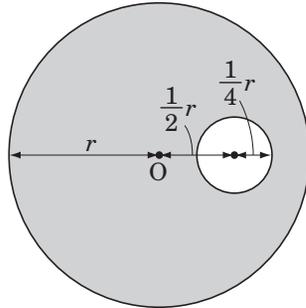


図2

- ① $\frac{1}{40}r$ ② $\frac{1}{30}r$ ③ $\frac{1}{24}r$ ④ $\frac{1}{12}r$ ⑤ $\frac{1}{6}r$

〔問3〕 図3は、真空中から絶対屈折率 n の媒質中へ入射した光の同位相の面の一部を表したもので、この面は境界面と図中に示した角度をなす。 n はいくらか。下の①～⑥の中から最も適切なものを1つ選びマークしなさい。
 $n =$

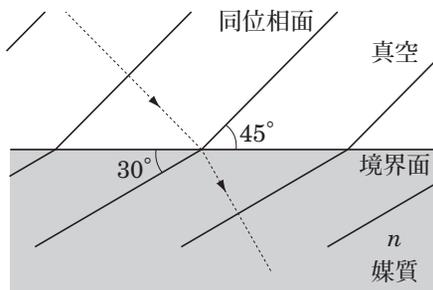


図3

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

〔問4〕 晴れた日に空が青く見えるのは、光のどのような性質と関係があるか。次の①～⑤の中から最も適切なものを1つ選びマークしなさい。 4

- ① 干渉 ② 分散 ③ 散乱 ④ 屈折 ⑤ 全反射

〔問5〕 図4のグラフは、一定質量の気体の圧力と体積との関係を表している。図中のAからBへの状態変化の経路の中で、外部から気体に加えた熱が最も大きいものはどれか。下の①～④の中から最も適切なものを1つ選びマークしなさい。 5

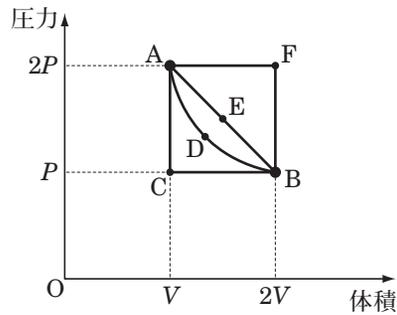


図4

- ① $A \rightarrow C \rightarrow B$ ② $A \rightarrow D \rightarrow B$ ③ $A \rightarrow E \rightarrow B$ ④ $A \rightarrow F \rightarrow B$

〔問6〕 あるニクロム線の両端に電圧100Vをかけて電流を流したとき、消費電力は300Wであった。ニクロム線は一樣で太さは一定である。このニクロム線を $\frac{1}{3}$ 倍の長さに切って、両端に電圧50Vをかけて電流を流したときの消費電力は何Wか。次の①～⑤の中から最も適切なものを1つ選びマークしなさい。 6 W

- ① 50 ② 75 ③ 100 ④ 200 ⑤ 225

- (3) 時刻 t における小球 P に対する小球 Q の速度 (相対速度) はいくらか。次の①～⑥の中から最も適切なものを 1 つ選びマークしなさい。ただし、 $t=0$ から小球 P, Q が衝突するまでの時刻を考えるものとし、速度は鉛直上向きを正の向きとする。 9

- ① $-\frac{1}{2}v_0 - 2gt$ ② $-\frac{1}{2}v_0$ ③ $-\frac{1}{2}v_0 + 2gt$
 ④ $\frac{1}{2}v_0 - 2gt$ ⑤ $\frac{1}{2}v_0$ ⑥ $\frac{1}{2}v_0 + 2gt$

- (4) 小球 P, Q が衝突する時刻 t は、 h_0, v_0 を用いてどのように表されるか。次の①～⑥の中から最も適切なものを 1 つ選びマークしなさい。 $t =$ 10

- ① $\frac{h_0}{2v_0}$ ② $\frac{h_0}{v_0}$ ③ $\frac{3h_0}{2v_0}$ ④ $\frac{2h_0}{v_0}$ ⑤ $\frac{5h_0}{2v_0}$ ⑥ $\frac{3h_0}{v_0}$

- [問 2] 図 2 のように、質量 m の小球 A と質量 $2m$ の小球 B を質量が無視できて伸び縮みしない糸で結び、なめらかな定滑車にかける。小球 A にばね定数が k で質量が無視できるばねの一端を接続し、床にばねの他端を接続したところ、全体は静止した。このときの小球 A の位置を点 O とする。ばねは鉛直方向にあり、小球 B は定滑車や床に接触することはない。重力加速度の大きさを g とする。

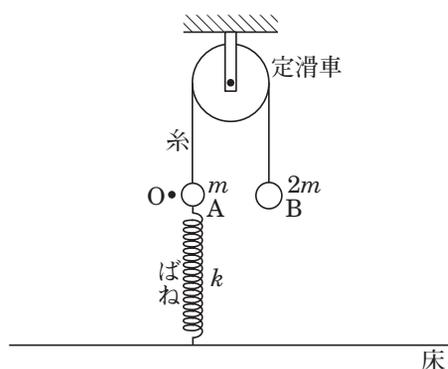


図 2

- (1) ばねの自然長からの伸びはいくらか。次の①～④の中から最も適切なものを1つ選びマークしなさい。 11

① $\frac{mg}{2k}$ ② $\frac{mg}{k}$ ③ $\frac{2mg}{k}$ ④ $\frac{3mg}{k}$

小球Aを手で持ち、ゆっくりと点Oから鉛直下向きに引き下げて、ばねが自然の長さとなったところで静止させた。

- (2) このとき、手が小球Aに加えている力の大きさはいくらか。次の①～⑤の中から最も適切なものを1つ選びマークしなさい。 12

① 0 ② mg ③ $2mg$ ④ $3mg$ ⑤ $4mg$

- (3) ばねが自然の長さになるまでゆっくりと小球Aを引き下げる間に、手が小球Aにした仕事はいくらか。次の①～⑥の中から最も適切なものを1つ選びマークしなさい。 13

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

- (4) 小球Aから静かに手をはなすと、小球Aは上昇し始めた。小球Aが点Oを通過したときの小球Aと小球Bの運動エネルギーの和はいくらか。次の①～⑤の中から最も適切なものを1つ選びマークしなさい。ただし、小球Bは床面に接触することはないものとする。 14

① $\frac{m^2g^2}{3k}$ ② $\frac{m^2g^2}{2k}$ ③ $\frac{2m^2g^2}{3k}$
 ④ $\frac{m^2g^2}{k}$ ⑤ $\frac{3m^2g^2}{2k}$

Ⅲ 波動に関する次の〔問1〕・〔問2〕に答えなさい。(24点)

〔問1〕 図1のように、水平右向きに x 軸をとり、 x 軸上の $x=0$ の位置に観測者 O を、 x 軸上の $x>0$ の位置に振動数 f の音を出す音源 P を配置する。音源 P は一定の速さ v で x 軸の正の向きに動き始め、同時に音を出し始めた。観測者 O は静止している。音源 P は動きながら音を出し続けていたが、音を出し始めてから時間 t_0 後に音を出すのを止めた。音速を V とし、風は吹いていないものとする。また、観測者 O と音源 P の大きさは無視できるものとする。



図1

(1) 音源 P から出て x 軸の負の向きに進む音の波長はいくらか。次の①～④の中から最も適切なものを1つ選びマークしなさい。 15

- ① $\frac{V-v}{f}$ ② $\frac{V+v}{f}$ ③ $\frac{V}{f}$ ④ $\frac{v}{f}$

(2) 観測者 O が音源 P から出た音を聞くとき、その振動数はいくらか。次の①～④の中から最も適切なものを1つ選びマークしなさい。 16

- ① $\frac{V-v}{V}f$ ② $\frac{V+v}{V}f$ ③ $\frac{V}{V+v}f$ ④ $\frac{V}{V-v}f$

(3) 観測者 O が音源 P から出た音を聞いていた時間はいくらか。次の①～⑥の中から最も適切なものを1つ選びマークしなさい。 17

- ① $\frac{V+v}{V}t_0$ ② $\frac{V-v}{V}t_0$ ③ $\frac{V}{V+v}t_0$
 ④ $\frac{V}{V-v}t_0$ ⑤ $\frac{V}{v}t_0$ ⑥ $\frac{2V}{v}t_0$

〔問2〕 図2のように、真空中に絶対屈折率 n の円筒形ガラスを用意し、円筒形ガラスの断面の中心から光を入射させる実験を行う。円筒形ガラスは十分に長く、断面は側面に対して垂直になっている。円筒形ガラスの中心軸と入射させた光の方向とのなす角を θ とする。

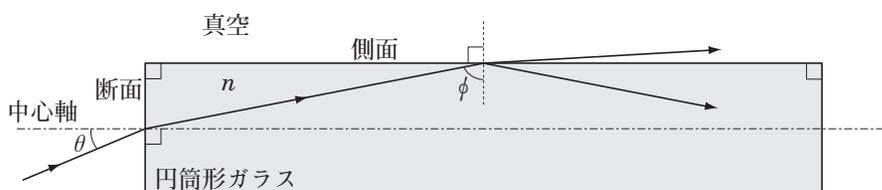


図2

(1) 円筒形ガラスに入射した光は、屈折し、円筒形ガラスの側面でさらに一部は屈折し、一部は反射をした。図2のように、光の側面への入射角を ϕ とする。 θ と ϕ の関係はどのようなになるか。次の①～⑥の中から最も適切なものを1つ選びマークしなさい。 18

- ① $\sin \theta = n \sin \phi$ ② $n \sin \theta = \sin \phi$ ③ $\sin \theta = n \cos \phi$
 ④ $n \sin \theta = \cos \phi$ ⑤ $\cos \theta = n \sin \phi$ ⑥ $n \cos \theta = \sin \phi$

(2) θ がある値 θ_0 よりも小さいとき、円筒形ガラスの側面で光は全反射する。 $\sin \theta_0$ はいくらか。次の①～⑤の中から最も適切なものを1つ選びマークしなさい。 $\sin \theta_0 =$ 19

- ① $\frac{1}{n}$ ② $\sqrt{n-1}$ ③ $\sqrt{n^2-1}$ ④ $\frac{1}{\sqrt{n+1}}$ ⑤ $\frac{1}{\sqrt{n^2+1}}$

(3) $0^\circ < \theta < 90^\circ$ のすべての θ において、円筒形ガラスの側面で光が全反射するためには、 n はある値以上でなければならない。その値はいくらか。次の①～⑤の中から最も適切なものを1つ選びマークしなさい。 $n \geq$ 20

- ① 1 ② $\sqrt{2}$ ③ 2 ④ $2\sqrt{2}$ ⑤ 4

Ⅳ 電気と磁気に関する次の〔問1〕・〔問2〕に答えなさい。(20点)

〔問1〕 図1のように、帯電していないはく検電器の金属円板に正に帯電したガラス棒を上から一定の距離まで近づける。このとき、金属円板の上を覆うように絶縁体の板をのせた場合とのせない場合で実験を行った。

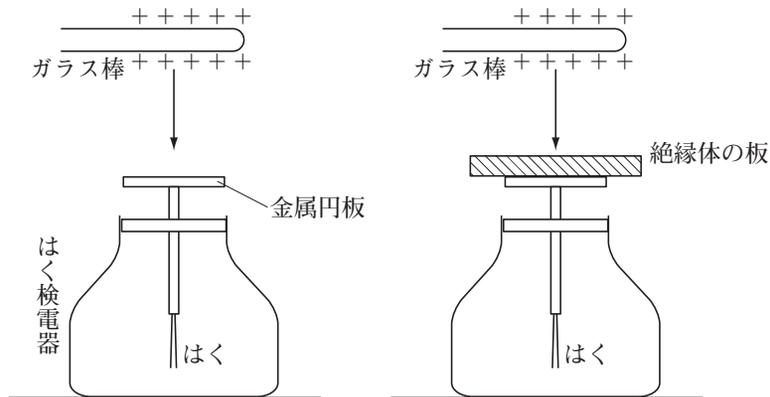


図1

(1) 金属円板の上に絶縁体の板をのせないで、正に帯電したガラス棒を上から近づけた場合はく検電器の様子はどうなったか。次の①～⑤の中から最も適切なものを1つ選びマークしなさい。

21

- ① 金属円板とはくはともに帯電せず、はくは閉じたままであった。
- ② 金属円板は正に帯電し、はくも正に帯電して開いた。
- ③ 金属円板は負に帯電し、はくも負に帯電して開いた。
- ④ 金属円板は正に帯電し、はくは負に帯電して開いた。
- ⑤ 金属円板は負に帯電し、はくは正に帯電して開いた。

(2) 金属円板の上に絶縁体の板をのせて、正に帯電したガラス棒を上から近づけた場合のはくの様子はどうなったか。次の①～④の中から最も適切なものを1つ選びマークしなさい。

22

- ① はくは閉じたままであった。
- ② はくは開き、絶縁体の板をのせない場合と比べると開き方が小さかった。
- ③ はくは開き、絶縁体の板をのせない場合と開き方は同じであった。
- ④ はくは開き、絶縁体の板をのせない場合と比べると開き方が大きかった。

(3) 金属円板の上を覆うように絶縁体の板をのせて、手を板に触れた状態にしてから、正に帯電したガラス棒を上から金属円板に近づけたあと、手を板からはなして、その後にガラス棒を金属円板から遠ざけた。このときのはくの様子はどうなったか。次の①～④の中から最も適切なものを1つ選びマークしなさい。

23

- ① ガラス棒を上から金属円板に近づけたときに開き、ガラス棒を遠ざけても開いたままであった。
- ② ガラス棒を上から金属円板に近づけたときに開き、ガラス棒を遠ざけると閉じた。
- ③ ガラス棒を上から金属円板に近づけても閉じたままであり、ガラス棒を遠ざけても閉じたままであった。
- ④ ガラス棒を上から金属円板に近づけても閉じたままであったが、ガラス棒を遠ざけると開いた。

〔問2〕 図2のように、コイルを軸が x 軸と一致するように固定し、コイルの両端に検流計をつなぐ。磁石のN極が x 軸の負の向きを向くようにして、磁石を y 座標が負で十分に遠くの位置から一定の速さで y 軸の正の向きに、 y 座標が正で十分に遠くの位置まで動かした。このとき、検流計を流れる電流と時刻の関係を、磁石の位置が $y=0$ に達する時刻までだけについて表すと、図3のようになった。磁石の位置が $y=0$ に達した時刻を t_1 とする。

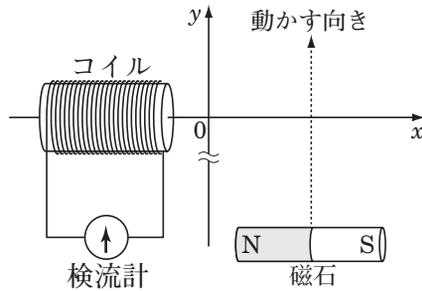


図2

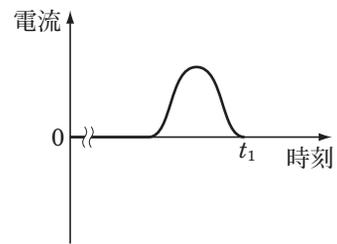
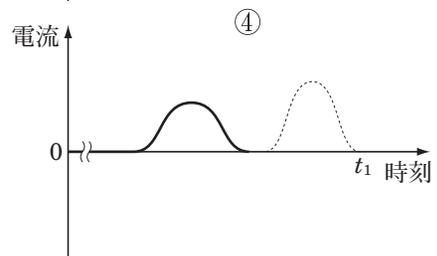
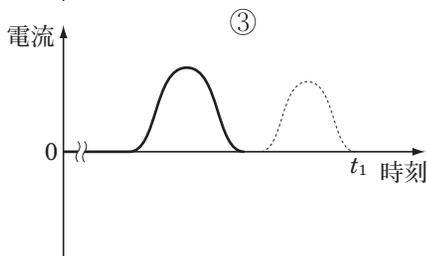
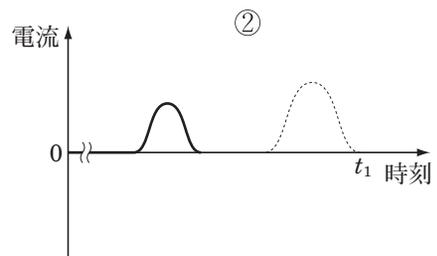
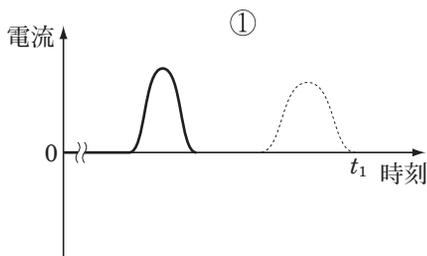


図3

- (1) 磁石を動かす一定の速さを大きくしたとき、磁石の位置が $y=0$ に達するまでだけについて検流計を流れる電流と時刻の関係を表すとどのようになるか。次の①～④の中から最も適切なものを1つ選びマークしなさい。ただし、図中の破線は、図3の結果を表している。

24



- (2) 図2の磁石のN極とS極を入れかえて、はじめと同じように磁石を動かしたとき、検流計を流れる電流と時刻の関係を表すとどのようになるか。次の①～④の中から最も適切なものを1つ選びマークしなさい。 25

