

物 理

(60分 100点)

I 次の〔問1〕～〔問6〕に答えなさい。(24点)

〔問1〕 静水中ではいずれも一定の速さ 2.0 m/s で進む2台のボート P, Qがある。

図1のように、右から左へ一定の速さ 1.0 m/s で流れている川で、ボート P は船首を川下へ向けて進み、ボート Q は船首を川上に向けて進んでいる。このとき、ボート P から見たボート Q の速度 (相対速度) は何 m/s か。下の①～⑦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、川上から川下へ向かう向きを速度の正の向きとする。 m/s

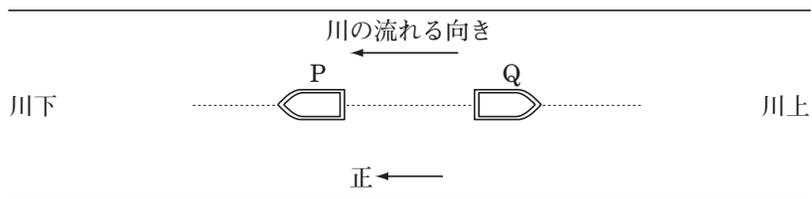


図1

- ① -5.0 ② -4.0 ③ -3.0 ④ 0.0
⑤ 3.0 ⑥ 4.0 ⑦ 5.0

〔問2〕 図2のように、一定の傾斜の斜面の上に台車Aを置き、その上に小物体Bをのせる。台車Aと斜面の間には摩擦ははたらかないが、台車Aの上面と小物体Bの間には摩擦力がはたらく。はじめ、小物体Bに対して斜面に平行で上向きの外力を加えたところ、台車Aと小物体Bは静止していた。その後、外力を加えるのを止めたところ、台車Aと小物体Bは一体となって動き出した。台車Aの上面から小物体Bにはたらく静止摩擦力の向きはどのようになったか。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。ただし、斜面に沿って下向きを静止摩擦力の正の向きとする。 2

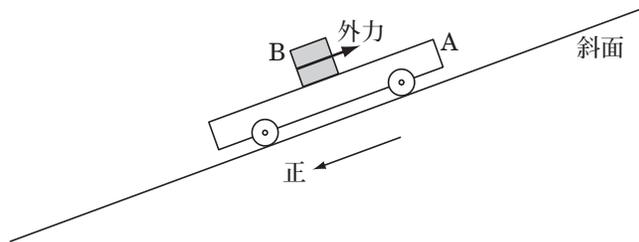


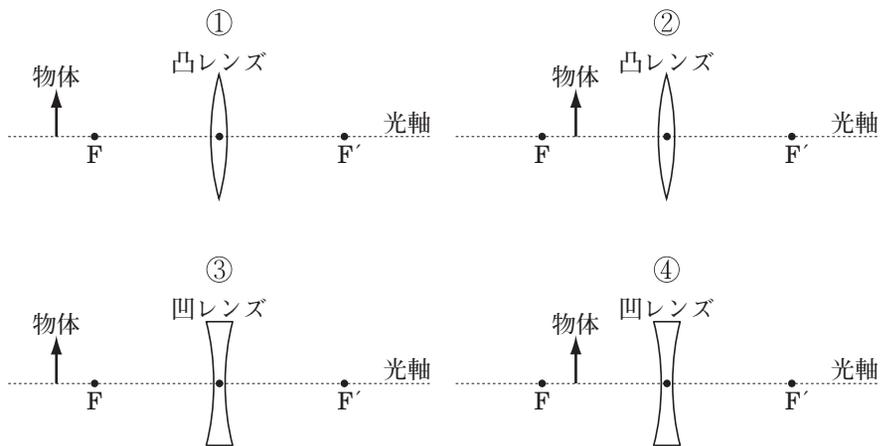
図2

- ① 外力を加えていたときは正の向きであったが、外力を加えるのを止めたあとは負の向きになった。
- ② 外力を加えていたときは正の向きであり、外力を加えるのを止めたあとも正の向きであった。
- ③ 外力を加えていたときは正の向きであったが、外力を加えるのを止めたあとは0になった。
- ④ 外力を加えていたときは負の向きであったが、外力を加えるのを止めたあとは正の向きになった。
- ⑤ 外力を加えていたときは負の向きであり、外力を加えるのを止めたあとも負の向きであった。
- ⑥ 外力を加えていたときは負の向きであったが、外力を加えるのを止めたあとは0になった。

〔問3〕 ギターの弦をどこも押さえずに弾いたところ、弦には腹が1つの定常波が生じ、300 Hz の音が出た。弦の端から弦の長さの $\frac{2}{3}$ 倍の場所の弦を軽く指で押さえて弦を弾いたところ、弦の両端や指で押さえた点などが節になった定常波が生じ、弦全体には腹が3つできていた。このときに出ている音の振動数は何 Hz 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。 Hz

- ① 100 ② 200 ③ 300 ④ 450 ⑤ 900

〔問4〕 凸レンズや凹レンズと物体との位置関係で、物体の像が倒立像になるものはどれか。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 F、F' は焦点を、矢印は物体を表している。



〔問5〕 断熱材でできた容器に水 50 g を入れて温度を測ると 20°C であった。そこへ温度 80°C の液体 30 g を加えたところ、全体の温度が 30°C になった。この液体の比熱は、水の比熱の何倍か。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、熱は水と液体の間だけで移動するものとする。 倍

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

〔問6〕 図3のように、糸に磁石を取り付けて振り子をつくり、その振り子の支点の真下に銅板、またはプラスチック板を水平に置いて固定し、振り子と同じ位置から振らせる実験をした。磁石の上面はN極、下面はS極であり、磁石の大きさは銅板やプラスチック板に比べて小さい。また、空気による抵抗や支点での摩擦は無視できるものとする。この実験について述べた記述として正しいものはどれか。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。

6

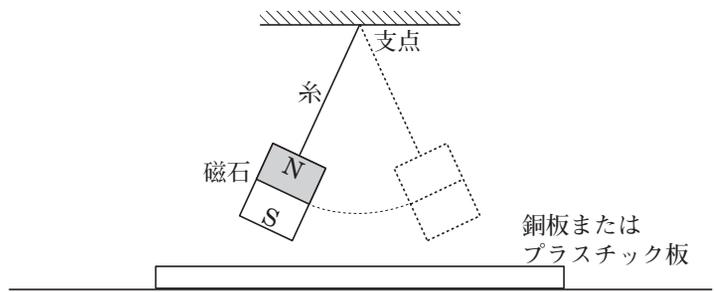


図3

- ① 銅板、プラスチック板のどちらを置いても、振り子は同じ振動をした。
- ② プラスチック板を置いたとき、磁石はプラスチック板から静電気力を受けたため、振り子の振幅は次第に小さくなった。
- ③ プラスチック板を置いたとき、磁石はプラスチック板から磁場（磁界）による力を受けたため、振り子の振幅は次第に小さくなった。
- ④ 銅板を置いたとき、磁石は銅板から静電気力を受けたため、振り子の振幅は次第に小さくなった。
- ⑤ 銅板を置いたとき、磁石は銅板から磁場による力を受けたため、振り子の振幅は次第に小さくなった。

II 力学に関する次の〔問1〕・〔問2〕に答えなさい。(28点)

〔問1〕 図1のように、長さ L 、質量 M のまっすぐで一様な材質からできた細い棒が、水平であらい床と 45° の角度をなすようにして、鉛直でなめらかな壁に立てかけられて静止している。このとき、棒には端Aから距離 x の位置に質量 $\frac{1}{2}M$ の小球が固定されている。重力加速度の大きさを g とする。

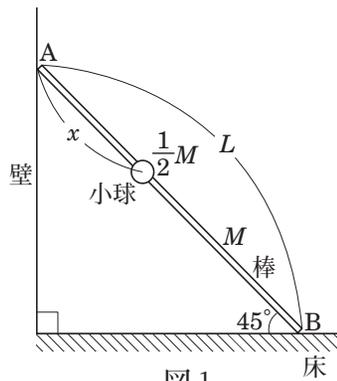
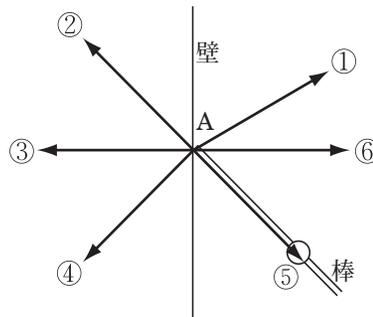


図1

- (1) 棒の端Aが鉛直な壁から受けている抗力の向きはどのようになるか。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。 7



(2) 棒の端Bが水平な床から受けている垂直抗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。 8

① $\frac{1}{2}Mg$ ② $\frac{\sqrt{2}}{2}Mg$ ③ Mg

④ $\frac{3}{2}Mg$ ⑤ $2Mg$

(3) 棒の端Bが水平な床から受けている静止摩擦力の大きさはいくらか。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。 9

① $Mg\left(1+\frac{x}{2L}\right)$ ② $Mg\left(1-\frac{x}{2L}\right)$

③ $Mg\left(1+\frac{x}{L}\right)$ ④ $Mg\left(1-\frac{x}{L}\right)$

(4) x を少しずつ小さくしていくと、 $x=\frac{1}{4}L$ より x を小さくしたとき、棒の端Bは床をすべって棒は倒れた。棒の端Bと床との間の静止摩擦係数はいくらか。

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。 10

① $\frac{1}{4}$ ② $\frac{1}{3}$ ③ $\frac{1}{2}$ ④ $\frac{7}{12}$ ⑤ $\frac{7}{8}$

〔問2〕 図2のように、円筒面の一部と水平な床がなめらかに接続されている。質量 m の小物体Aを円筒面上で床からの高さが h の点に置いて静かにはなしたところ、小物体Aは円筒面をすべり降りて、床の端の壁に一端を固定されたばね定数 k の軽いばねに接触して、ばねを縮めていった。小物体Aがばねに接触する前、ばねは自然の長さであった。小物体Aと円筒面や床との間の摩擦は無視できるものとする。また、重力加速度の大きさを g とする。

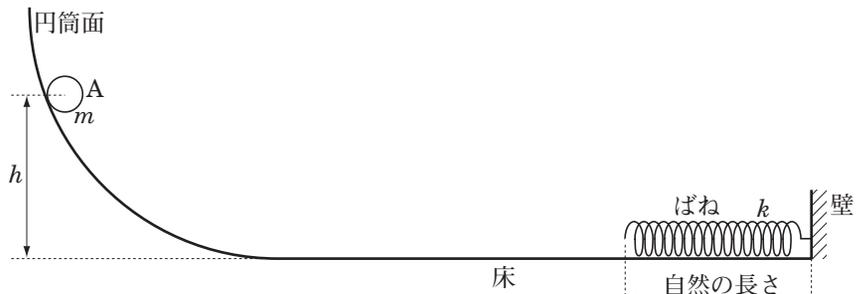


図2

(1) 小物体Aがばねに接触する直前の小物体Aの速さはいくらか。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。

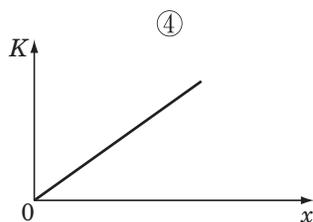
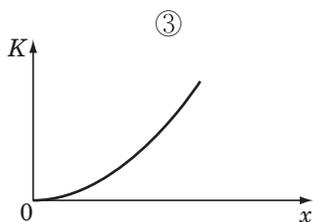
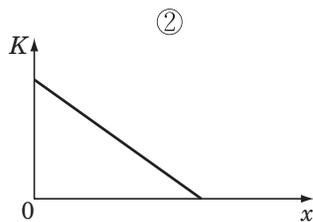
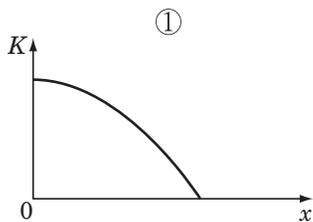
- ① $\sqrt{\frac{gh}{2}}$ ② \sqrt{gh} ③ $\sqrt{2gh}$ ④ $2\sqrt{gh}$

(2) ばねの自然の長さからの縮みの最大値はいくらか。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。

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

- (3) ばねの自然の長さからの縮みが x のときの小物体 A の運動エネルギーを K とする。 K と x の関係を表すグラフはどのようになるか。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。

13



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、閉管と振動数を変えることができる音源を配置した。閉管の長さは L である。音源の振動数を0からゆっくり大きくしていくと、はじめて閉管内の気柱で共鳴が起こったあと、共鳴しなくなり、音源の振動数が f になったときに2度目の共鳴が起こった。閉管内の気柱が共鳴しているとき、閉管の開口部に定常波の腹ができていて、開口端補正は無視できるものとする。

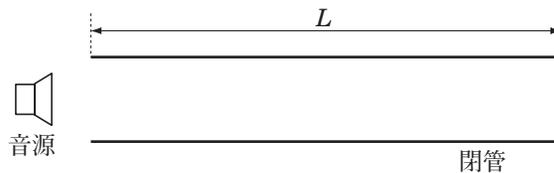


図1

(1) 音源の振動数が f のとき、音波の波長はいくらか。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。

- ① $\frac{1}{3}L$ ② $\frac{1}{2}L$ ③ $\frac{2}{3}L$ ④ $\frac{4}{3}L$ ⑤ $2L$

(2) 音源の振動数が f のとき、閉管内の定常波についての記述として正しいものはどれか。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。

- ① 閉管の内部で、開口部から $\frac{L}{3}$ の位置は腹となっている。
② 閉管の内部で、開口部から $\frac{L}{3}$ の位置は節となっている。
③ 閉管の内部で、開口部から $\frac{L}{2}$ の位置は腹となっている。
④ 閉管の内部で、開口部から $\frac{L}{2}$ の位置は節となっている。

(3) 音源の振動数を f にしたまま実験装置をしばらく放置したところ、気温が上がり、それとともに、共鳴が起こらなくなった。そこで、音源の振動数を少しだけ変化させ、閉管内の気柱の振動状態をもとに戻して、再び共鳴するようになりたい。振動数を变化させたあとの音源の振動数を f' とおく。この操作に関する記述として正しいものはどれか。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 気温の上昇によって音速が大きくなったので、音源の振動数を小さくすればよい。よって、 $f' < f$ である。
- ② 気温の上昇によって音速が小さくなったので、音源の振動数を小さくすればよい。よって、 $f' < f$ である。
- ③ 気温の上昇によって音速が大きくなったので、音源の振動数を大きくすればよい。よって、 $f' > f$ である。
- ④ 気温の上昇によって音速が小さくなったので、音源の振動数を大きくすればよい。よって、 $f' > f$ である。

[問2] 図2のように、真空中で、平行な平面をもつ2枚のガラス板を重ね、細い針金をはさんでくさび形のすき間をつくった。2枚のガラス板の左端の交線から針金までの長さは L である。これに上から波長 λ の単色の光をあてて、上から見たところ、2枚のガラス板の左端の交線に平行な明線が現れ、その明線の間隔は a であった。光は下のガラス板に垂直な方向で入射、反射するものとする。なお、図2はくさび形のすき間を誇張して描いている。

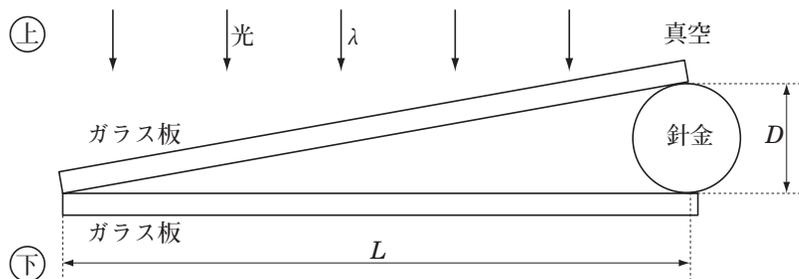


図2

- (1) ガラス板に入射して反射したときの光の位相についての組み合わせとして正しいものはどれか。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。 17

	上のガラス板の下面で反射した光	下のガラス板の上面で反射した光
①	変化しない	逆転する
②	変化しない	変化しない
③	逆転する	変化しない
④	逆転する	逆転する

- (2) 図2のように、針金があるところでの2枚のガラス板の間隔を D とする。 D は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。 $D =$ 18

① $\frac{L\lambda}{2a}$ ② $\frac{L\lambda}{a}$ ③ $\frac{2L\lambda}{a}$ ④ $\frac{a\lambda}{2L}$ ⑤ $\frac{a\lambda}{L}$ ⑥ $\frac{2a\lambda}{L}$

- (3) 2枚のガラス板の間のくさび形のすき間を透明な液体で満たすと、明線の間隔は b になった。液体の絶対屈折率はいくらか。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。 19

① \sqrt{ab} ② ab ③ $\frac{a+b}{2}$ ④ $\frac{a}{b}$ ⑤ $\frac{b}{a}$

Ⅳ 電気と磁気に関する次の〔問1〕・〔問2〕に答えなさい。(24点)

〔問1〕 図1のように、二つの同じ直方体の磁石を、N極が上側、S極が下側となって向かい合うように置き、その間に金属棒を水平に固定する。この金属棒の両端にスイッチと一定の電圧の電池からなる回路を接続する。磁石のN極とS極の間には鉛直方向の磁場ができていているものとする。また、金属棒以外の電気抵抗は無視できるものとする。はじめ、スイッチは開いている。

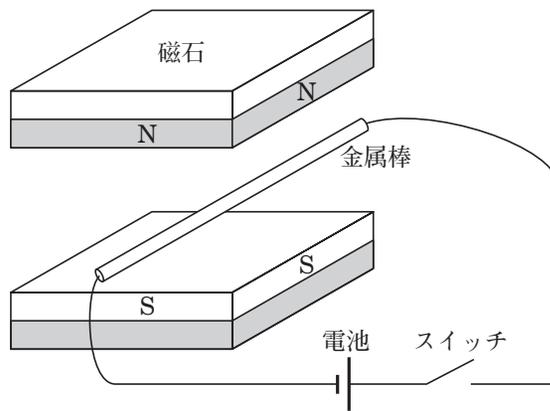
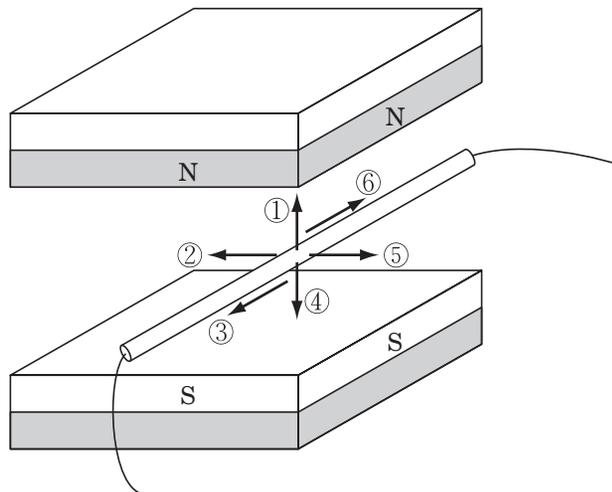


図1

(1) スイッチを閉じると、金属棒は磁場から力を受ける。この力の向きはどちら向きか。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。

20



(2) 次に、スイッチを開き、金属棒を同じ材質からできていて、同じ長さであるが断面積が2倍の金属棒と取りかえる。さらに、磁石のN極とS極を入れかえる。スイッチを閉じたとき、金属棒が磁場から受ける力の大きさと向きは、(1)の場合と比べてどのようになるか。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。

21

- ① 同じ大きさで、向きも変わらない。
- ② 同じ大きさで、逆向きになる。
- ③ 大きくなり、向きは変わらない。
- ④ 大きくなり、逆向きになる。
- ⑤ 小さくなり、向きは変わらない。
- ⑥ 小さくなり、逆向きになる。

〔問2〕 電圧100Vで消費電力40Wの同じ電球A, B, 電圧100Vで消費電力60Wの電球C, 内部の抵抗が無視できる電池を用いて、図2のような回路をつくった。電池の電圧は一定で、100Vより小さい。図3は、電球A, B, Cの電流・電圧の特性曲線である。

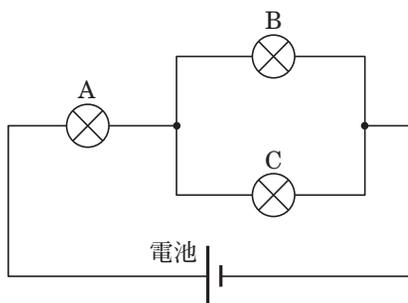


図2

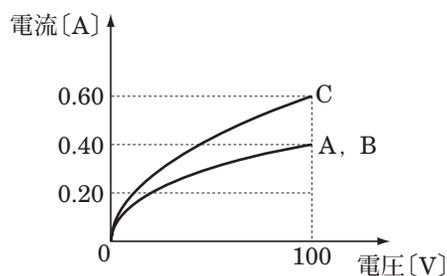


図3

(1) 図2での電球A, B, Cの両端にかかる電圧をそれぞれ V_A, V_B, V_C とする。

V_A, V_B, V_C の間に成り立つ関係はどのようになるか。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。 22

- ① $V_A > V_B > V_C$ ② $V_A = V_B > V_C$ ③ $V_A > V_B = V_C$
④ $V_A < V_B = V_C$ ⑤ $V_A = V_B < V_C$ ⑥ $V_A < V_B < V_C$

(2) 図2での電球A, B, Cを明るい順に並べると, どのような順番になるか。

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。ただし, 消費電力が大きい電球ほど明るいものとする。 23

- ① A, B, C ② A, C, B ③ B, A, C
④ B, C, A ⑤ C, A, B ⑥ C, B, A

(3) 図2での電球A, B, Cの抵抗値をそれぞれ R_A, R_B, R_C とする。 $R_A, R_B,$

R_C の間に成り立つ関係はどのようになるか。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。 24

- ① $R_A = R_B > R_C$ ② $R_A > R_B > R_C$ ③ $R_B > R_A > R_C$
④ $R_C > R_A = R_B$ ⑤ $R_C > R_A > R_B$ ⑥ $R_C > R_B > R_A$