

物理基礎・物理

(全問必答)

第1問 各問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 25)

問1 図1のグラフは、 x 軸に沿って動く物体の位置(x)と時刻(t)の関係を表している。図中の時間帯A, B, Cにおける、この物体の速さに関する記述の組合せとして正しいものを、下の①～⑧のうちから一つ選べ。

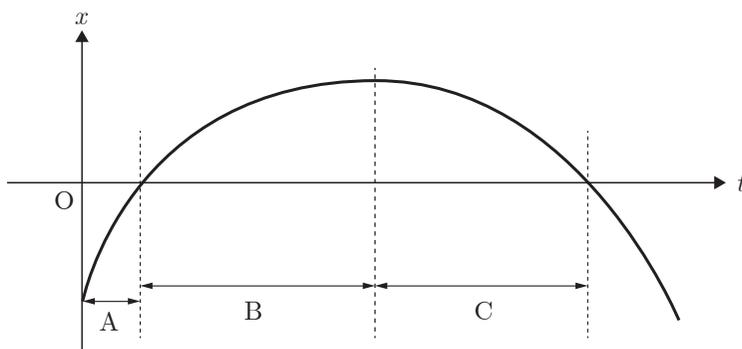


図 1

	A	B	C
①	徐々に速くなっている	徐々に速くなっている	徐々に速くなっている
②	徐々に速くなっている	徐々に速くなっている	徐々に遅くなっている
③	徐々に速くなっている	徐々に遅くなっている	徐々に速くなっている
④	徐々に速くなっている	徐々に遅くなっている	徐々に遅くなっている
⑤	徐々に遅くなっている	徐々に速くなっている	徐々に速くなっている
⑥	徐々に遅くなっている	徐々に速くなっている	徐々に遅くなっている
⑦	徐々に遅くなっている	徐々に遅くなっている	徐々に速くなっている
⑧	徐々に遅くなっている	徐々に遅くなっている	徐々に遅くなっている

問2 なめらかな水平面上に静止している質量2.4 kgの物体に、水平方向から36 Nの力を5.0秒間作用させた。この間に物体に生じた加速度の大きさはいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 km/s²

① 3

② 15

③ 24

④ 75

問3 大気圧中で鉛直に立てられた容器と滑らかに動く軽いピストンで、理想気体を閉じ込めた。いま、ピストンは静止していて、その上には水の入った軽い容器がのっている(図2)。水の量をゆっくり2倍に増やすと容器内部の理想気体の体積はどうなるか。正しいものを、下の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、容器内部の気体の温度は一定に保たれるものとする。

気体の体積は

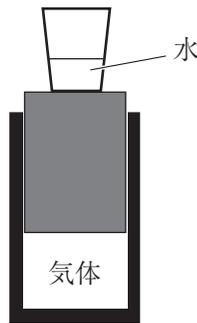


図 2

- ① 水を増やす前の半分に減少する
- ② 減少するが、水を増やす前の半分よりは大きな値にとどまる
- ③ 変化しない
- ④ 増加するが、水を増やす前の2倍よりは小さな値にとどまる
- ⑤ 水を増やす前の2倍に増加する

物理基礎・物理

問4 図3は x 軸の正方向に進む正弦波の時刻 0 s における波形(実線)である。時刻 0.1 s に波形は実線から破線の位置に初めて移ったものとする。この波の波長はいくらか。正しいものを、下の①～④のうちから一つ選べ。 4 m

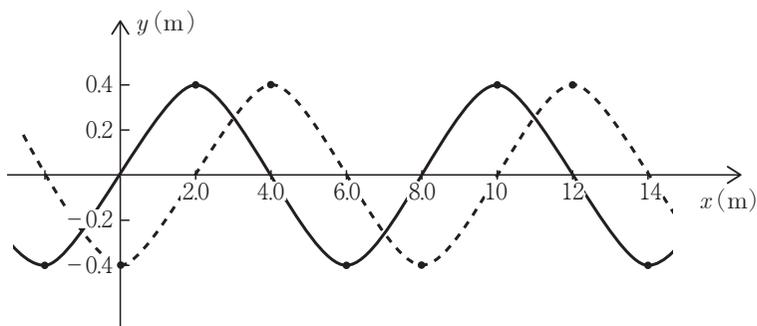


図 3

- ① 2.0 ② 4.0 ③ 6.0 ④ 8.0

問5 月が地球から受ける引力の大きさ F_E と、月が太陽から受ける引力の大きさ F_S との比 $\frac{F_E}{F_S}$ はいくらか。正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、地球と太陽の質量はそれぞれ、 $6.0 \times 10^{24}\text{ kg}$ 、 $2.0 \times 10^{30}\text{ kg}$ であり、月と地球の間の距離、月と太陽の間の距離はそれぞれ、 $3.8 \times 10^8\text{ m}$ 、 $1.5 \times 10^{11}\text{ m}$ である。質量 m_1 、 m_2 の2物体がお互い距離 r だけ離れているとき、2物体が及ぼし合う引力の大きさは、 m_1 、 m_2 に比例し r の自乗に反比例する。 $\frac{F_E}{F_S} =$ 5

- ① 4.7×10^{-2} ② 4.7×10^{-1} ③ 4.7×10^0
 ④ 4.7×10^1 ⑤ 4.7×10^2

第2問 次の文章を読み、各問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 25)

図1のようなバネ仕掛けの大砲を考える。バネ定数 k の軽いバネの一端が細い砲身の下端に固定されており、バネは砲身に対して平行に伸び縮みする。また、バネが自然長のとき、質量 m の小さい弾が砲身のちょうどすぐ外側に露出する(図1)。水平からの砲身のなす角を θ ($0 < \theta < 90^\circ$)、重力加速度の大きさを g とし、摩擦や空気抵抗は無視できるものとする。

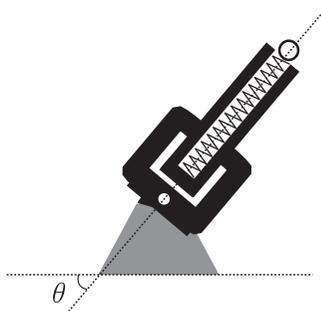


図 1

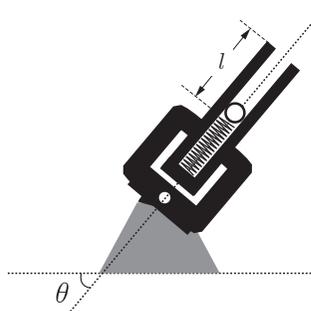


図 2

問1 砲身の中で弾の受ける力が釣り合っているとき、バネは自然長からどれだけ縮んでいるか。正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① 0 ② $\frac{mg \sin \theta}{k}$ ③ $\frac{mg \cos \theta}{k}$ ④ $\frac{mg}{k \sin \theta}$ ⑤ $\frac{mg}{k \cos \theta}$

問2 バネを長さにして l だけ縮めて静かに弾を発射し始める場合(図2)、弾が砲身の先端の外側へ押し出される最小の l (l_m とする)はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $l_m =$

- ① $\frac{mg \sin \theta}{k}$ ② $\frac{mg \cos \theta}{k}$ ③ $\frac{2mg \sin \theta}{k}$ ④ $\frac{2mg \cos \theta}{k}$

問3 $l > l_m$ を満たす長さ l だけバネを縮めて静かに弾を発射し始める。砲身の先端から射出された瞬間の弾の速さはいくらか。正しいものを、次の①～③のうちから一つ選べ。 3

① $\sqrt{l\left(\frac{kl}{m} - 2g\sin\theta\right)}$ ② $\sqrt{l\left(\frac{kl}{m} - 2g\cos\theta\right)}$ ③ 0

問4 問3の時、射出された弾が最も高い地点に達した瞬間の弾の速さはいくらか。正しいものを、次の①～③のうちから一つ選べ。 4

① $\cos\theta\sqrt{l\left(\frac{kl}{m} - 2g\sin\theta\right)}$ ② $\cos\theta\sqrt{l\left(\frac{kl}{m} - 2g\cos\theta\right)}$ ③ 0

問5 問4で最も高い地点に達した瞬間に弾が受けている力(複数の力を受けている場合はその合力)の向きはどうなるか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 5

- ① 力の向きは水平方向で弾の速度と同じ向き
- ② 力の向きは鉛直下向き
- ③ 力の向きは斜め下向き
- ④ 力はゼロ

第3問 次の文章を読み、各問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 25)

図1のように、 $R[\Omega]$ 、 $2R[\Omega]$ 、 $3R[\Omega]$ 、 $4R[\Omega]$ の4個の抵抗、 $C[F]$ のコンデンサー、 $E[V]$ の直流電源、および、2個のスイッチ S_1 、 S_2 を接続した。4個の抵抗以外の回路の抵抗は無視できるものとする。

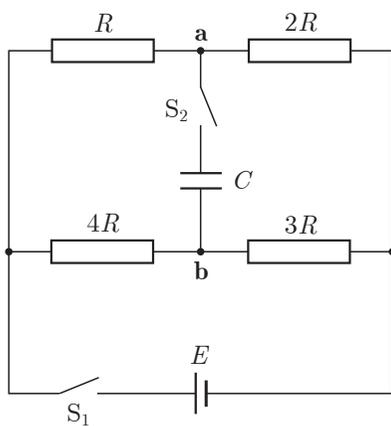


図 1

問1 スイッチ S_2 は開けたまま、スイッチ S_1 だけ閉じた。このときスイッチ S_1 を流れる電流はいくらか。正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① $\frac{E}{10R}$ ② $\frac{2E}{5R}$ ③ $\frac{10E}{21R}$ ④ $\frac{E}{2R}$ ⑤ $\frac{50E}{21R}$

問2 問1のとき、 $R[\Omega]$ の抵抗の消費電力はいくらか。正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① $\frac{E^2}{9R}$ ② $\frac{E^2}{5R}$ ③ $\frac{E^2}{3R}$ ④ $\frac{2E^2}{3R}$ ⑤ $\frac{4E^2}{5R}$

問3 問1のとき、図1の点a、b間の電位差はいくらか。正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① 0 ② $\frac{E}{10}$ ③ $\frac{5E}{21}$ ④ $\frac{2E}{7}$ ⑤ $\frac{2E}{5}$

問4 問1の状態の後、スイッチS₂も閉じた。スイッチS₂を閉じた直後、スイッチS₁を流れる電流はいくらか。正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① $\frac{E}{10R}$ ② $\frac{2E}{5R}$ ③ $\frac{10E}{21R}$ ④ $\frac{E}{2R}$ ⑤ $\frac{50E}{21R}$

問5 問4の状態の後、充分時間をおいて回路が安定したとき、コンデンサーにたまった電気量はいくらか。正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① 0 ② $\frac{CE}{10}$ ③ $\frac{CE}{7}$ ④ $\frac{CE}{5}$ ⑤ $\frac{5CE}{21}$

第4問 次の文章を読み、各問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 25)

図1のように、半径 R の球面をもつ平凸レンズを、平板ガラスの上に置く。ただし、平凸レンズの平面と平板ガラスは平行であるとする。平凸レンズと平板ガラスとの接点をAとする。点Aから r 離れた点Cでの空気層の厚さを d とする。

上方から垂直に、波長 λ の単色光を当てると、図2のように平凸レンズ下面(点B)と平板ガラス上面(点C)で光が反射する。点Bと点Cでの反射光が干渉し、上方から見ると、点Aを中心とする同心円状の明暗の環が並んで見えた。このとき、真上からの光はほとんど屈折せず直進すると考えてよい。

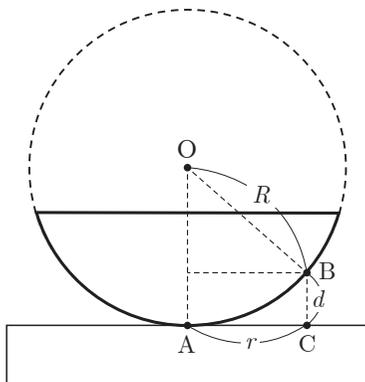


図 1

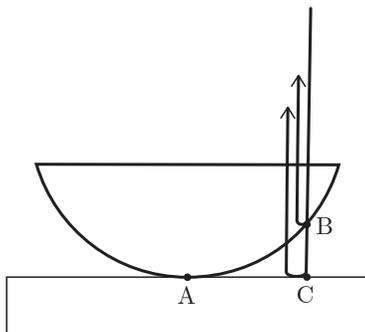


図 2

問1 空気層の厚さ d はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

1

① $R + \frac{1}{2}\sqrt{R^2 - r^2}$

② $R - \sqrt{R^2 - r^2}$

③ $r + \frac{1}{2}\sqrt{R^2 - r^2}$

④ $2r - \sqrt{R^2 - r^2}$

問2 R は r 、 d に比べて非常に大きいとすると、問1 の d はいくらと考えてよいか。

正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

ただし、 $h \div 0$ のとき $\sqrt{1+h} \div 1 + \frac{h}{2}$ と近似できる。 2

① $\frac{r^2}{R}$

② $\frac{2r^2}{R}$

③ $\frac{r^2}{2R}$

④ $\frac{R^2}{r}$

問3 点Bでの反射光と点Cでの反射光の経路差はいくらか。正しいものを、次の

①～④のうちから一つ選べ。 3

① $\frac{r^2}{R}$

② $\frac{2r^2}{R}$

③ $\frac{r^2}{2R}$

④ $\frac{2R^2}{r}$

問4 点Cの位置が中心から m 番目の暗環であるとき r はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、中心は0番目とする。また、光が空気からガラスに進む境界で反射するとき、位相が逆転するものとする。 4

① $\sqrt{mR\lambda}$

② $\sqrt{2mR\lambda}$

③ $2\sqrt{mR\lambda}$

④ $\sqrt{\left(m + \frac{1}{2}\right)R\lambda}$

物理基礎・物理

問5 半径 r_1 の明環のすぐ外側の明環の半径はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 5

① $\sqrt{\frac{r_1^2 + R\lambda}{2}}$ ② $2\sqrt{r_1^2 + R\lambda}$ ③ $\sqrt{r_1^2 + 2R\lambda}$ ④ $\sqrt{r_1^2 + R\lambda}$