

次の ~ の解答を解答欄にマークしなさい。ただし、〈解答群〉のあるものはその中から最も適切な番号をマークしなさい。

必要なときは、重力加速度の大きさ $g = 9.80 \text{ m/s}^2$ 、円周率 $\pi = 3.14$ 、 $\sqrt{2} = 1.41$ 、 $\sqrt{3} = 1.73$ 、 $\sqrt{5} = 2.24$ 、 $\sqrt{7} = 2.65$ としなさい。ただし、問題文中に指示がある場合はそれに従いなさい。

[I] 以下の問いに答えなさい。

- (1) 速さ 40 m/s で飛んできた質量 0.15 kg のボールを質量 0.90 kg のバットで打ち返したところ、ボールは飛んできた向きと正反対の向きに速さ 50 m/s ではね返された。このとき、バットとボールの接触時間は $3.0 \times 10^{-3} \text{ s}$ であった。ボールがバットから受けた平均の力の大きさは [N] である。ただし、重力の影響は無視できるものとする。

〈解答群〉

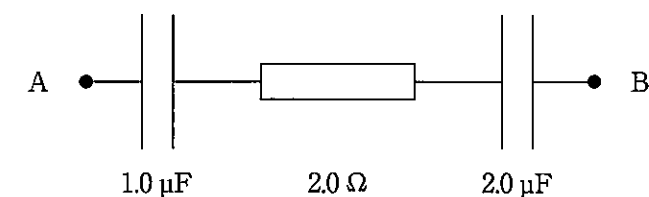
- ① 1.5 ② 9.0 ③ 14 ④ 81
⑤ 500 ⑥ 3000 ⑦ 4500 ⑧ 27000

- (2) あらい水平面上にある質量 10 kg の物体を初速度の大きさ 6.0 m/s で水平方向に打ち出したところ、しばらく水平面上を移動した後、停止した。摩擦によって発生した熱がすべて物体の温度上昇に使われたとすると、物体の温度は [K] 上昇する。なお、物体は比熱が $0.50 \text{ J/(g} \cdot \text{K)}$ の物質でできているとする。

〈解答群〉

- ① 0.018 ② 0.036 ③ 0.050 ④ 0.18 ⑤ 5.0 ⑥ 36 ⑦ 72 ⑧ 180 ⑨ 5000

- (3) 図のように、 $1.0 \mu\text{F}$ と $2.0 \mu\text{F}$ のコンデンサーおよび 2.0Ω の抵抗を直列に接続して回路の一部を作った。AB 間に 6.0 V の電圧をかけて十分に時間が経ったとき、AB 間に蓄えられる電気量は [μC] である。ただし、AB 間に電圧をかける前はコンデンサーが電気量を蓄えていなかったものとする。



〈解答群〉

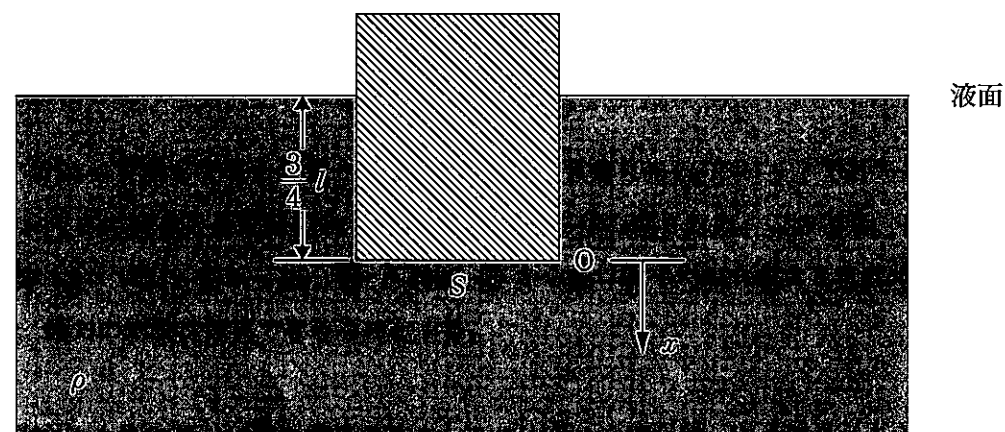
- ① 1.2 ② 1.5 ③ 2.0 ④ 3.0 ⑤ 4.0 ⑥ 6.0 ⑦ 12 ⑧ 15 ⑨ 30

- (4) 長さを変えることのできる一端が閉じた管がある。ある振動数の音は、管の長さが 30 cm のときに共鳴が起こり、さらに長くすると次に 42 cm のときに共鳴が起きた。この音の波長は [cm] である。

〈解答群〉

- ① 12 ② 24 ③ 30 ④ 42 ⑤ 48 ⑥ 60 ⑦ 72

- 〔II〕 図のように、高さ l 、底面積 S 、質量 m の円柱形の物体を、密度 ρ の液体に入れたところ、物体は $\frac{3}{4}l$ だけ沈んで静止した。この状態において物体の上面を鉛直下向きに手で押して、微小な距離 d だけ沈めた後、手をゆっくりはなすと、物体は上下に単振動をした。以下の問いに答えなさい。ただし、液面の変化はなく、物体の上面は常に水平で液面より上にあり、物体が液体から受ける力は浮力のみで、物体の運動は鉛直方向のみに生じるものとする。



- (1) 物体の質量 m は 5 である。

<解答群>

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

- (2) 鉛直下向きを x 軸の正の向きとして、静止状態における物体の底面の位置 O を原点とする。振動中の物体の底面の位置が x にあるとき、物体にはたらく力の合計は 6 である。

<解答群>

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

- (3) この単振動において、周期は 7 であり、物体の速さの最大値は 8 である。

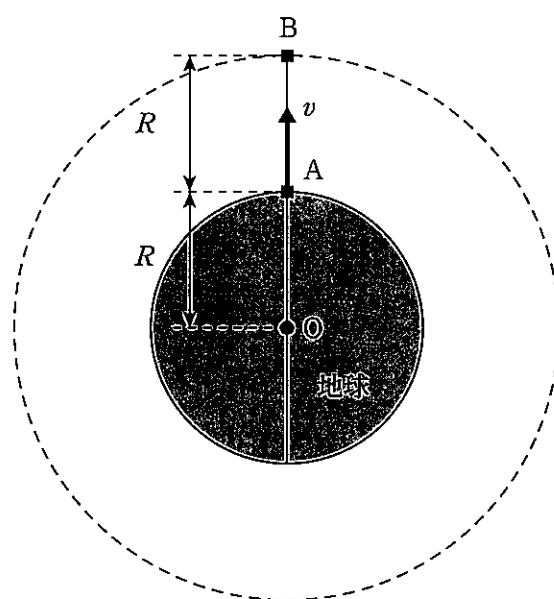
< 7 の解答群>

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

< 8 の解答群>

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

〔III〕 図のように、地球の表面のある点 A から質量 m の人工衛星を鉛直上方に初速度の大きさ v で打ち出した。地球を半径 R 、質量 M 、密度が一定の球とみなし、地球の中心の位置を点 O とする。打ち出された人工衛星は点 O から距離が $2R$ の点 B で速度がゼロとなった。万有引力定数を G として、以下の問いに答えなさい。ただし、人工衛星の大きさ、地球の自転と大気の影響、太陽やその他の天体による影響は無視できるものとする。



(1) 地球の表面における重力加速度の大きさ g は 9 と表すことができる。

<解答群>

- ① $\frac{Gm}{R^2}$ ② $\frac{GM}{R^2}$ ③ $\frac{2Gm}{R^2}$ ④ $\frac{2GM}{R^2}$ ⑤ $\frac{GmM}{R^2}$
 ⑥ $\frac{Gm}{R}$ ⑦ $\frac{GM}{R}$ ⑧ $\frac{GmM}{R}$ ⑨ RGM

(2) 地球の表面における重力加速度の大きさ g を用いると、初速度の大きさ v は 10 である。

<解答群>

- ① $\frac{\sqrt{gR}}{2}$ ② $\sqrt{\frac{gR}{2}}$ ③ $\sqrt{g}$ ④ $\sqrt{gR}$ ⑤ gR
 ⑥ $2g$ ⑦ $2gR$ ⑧ $4g$ ⑨ $4gR$

(3) 点 B で人工衛星の速度がゼロになった瞬間に、人工衛星に OB に垂直な方向に速さ V を与えると、人工衛星は点 O を中心に等速円運動を行った。速さ V は 11 であり、円運動の周期は 12 である。

< 11 の解答群 >

- ① $\frac{\sqrt{gR}}{2}$ ② $\sqrt{\frac{gR}{2}}$ ③ $\sqrt{gR}$ ④ $\sqrt{2gR}$ ⑤ gR
 ⑥ $2gR$ ⑦ $4gR$ ⑧ $6gR$ ⑨ $8gR$

< 12 の解答群 >

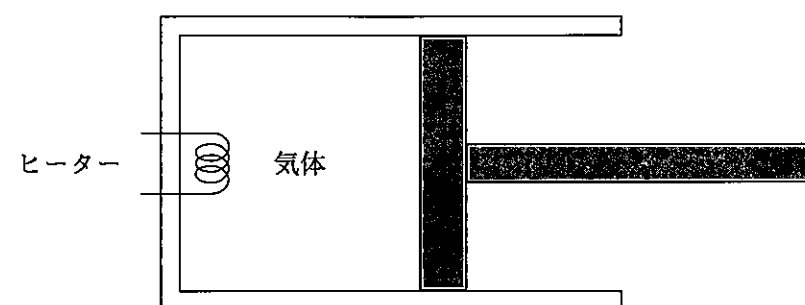
- ① $\pi\sqrt{\frac{R}{2g}}$ ② $\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$ ③ $\pi\sqrt{\frac{2R}{g}}$ ④ $\pi\sqrt{\frac{3R}{g}}$ ⑤ $2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$
 ⑥ $2\pi\sqrt{\frac{2R}{g}}$ ⑦ $2\pi\sqrt{\frac{3R}{g}}$ ⑧ $4\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$ ⑨ $4\pi\sqrt{\frac{2R}{g}}$

(4) 点 B で人工衛星の速度がゼロになった瞬間に、人工衛星に OB に垂直な方向にある速さを与えると、人工衛星は無限遠方に飛び去った。この速さの最小値は 13 である。

<解答群>

- ① $\frac{\sqrt{gR}}{2}$ ② $\sqrt{\frac{gR}{2}}$ ③ $\sqrt{gR}$ ④ $\sqrt{2gR}$ ⑤ gR
 ⑥ $2gR$ ⑦ $4gR$ ⑧ $8gR$ ⑨ $16gR$

〔IV〕 図のように、ヒーターとなめらかに動く軽いピストンのついた断熱容器の中に、物質量 n 、絶対温度 T の単原子分子の理想気体が外部と同じ圧力で封入されている。この状態を初期状態とする。以下の (1)、(2)、(3) に示すそれぞれの過程で、初期状態から気体の温度を ΔT だけ上昇させる実験を行った。それぞれの実験において、気体に加えられた熱量および気体が外部にした仕事について、以下の問いに答えなさい。なお、気体定数を R とする。



(1) ピストンを固定し、ヒーターで気体をゆっくりと加熱した。気体に加えられた熱量は 14 で、気体が外部にした仕事は 15 である。

(2) ピストンを自由に動けるようにして、気体の圧力を一定に保ち、ヒーターで気体をゆっくりと加熱した。気体に加えられた熱量は 16 で、気体が外部にした仕事は 17 である。

(3) ヒーターを作動させずに、ピストンをゆっくりと押し込んで気体の体積を小さくした。気体に加えられた熱量は 18 で、気体が外部にした仕事は 19 である。

< 14 ~ 19 の解答群 >

- | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|-----|
| ① $-\frac{5}{2}nR\Delta T$ | ② $-\frac{3}{2}nR\Delta T$ | ③ $-nR\Delta T$ | ④ $-\frac{1}{2}nR\Delta T$ | ⑤ 0 |
| ⑥ $\frac{1}{2}nR\Delta T$ | ⑦ $nR\Delta T$ | ⑧ $\frac{3}{2}nR\Delta T$ | ⑨ $\frac{5}{2}nR\Delta T$ | |

〔V〕 豆電球，抵抗値 $8.0\ \Omega$ の抵抗，起電力 $2.0\ \text{V}$ で内部抵抗の無視できる直流電源を用いて，図 1 と図 2 に示す回路を作った。図 3 は豆電球に電圧を加えた場合の電圧 V と電流 I の関係を示す。以下の問いに答えなさい。

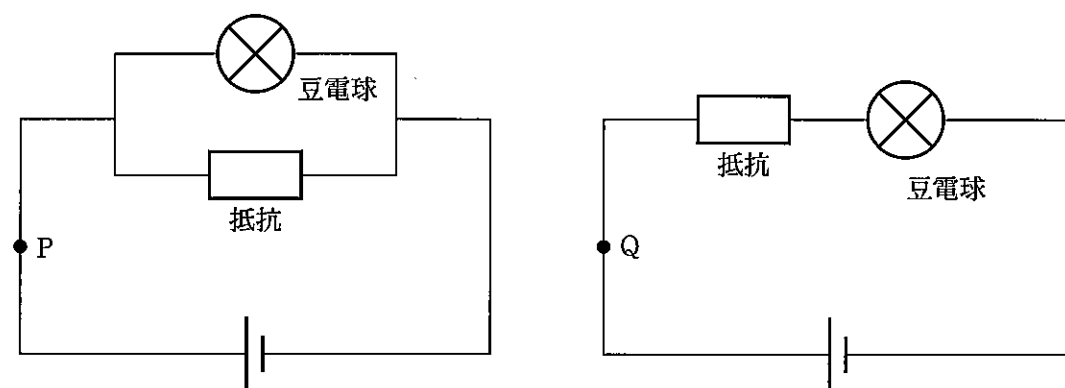


図 1

図 2

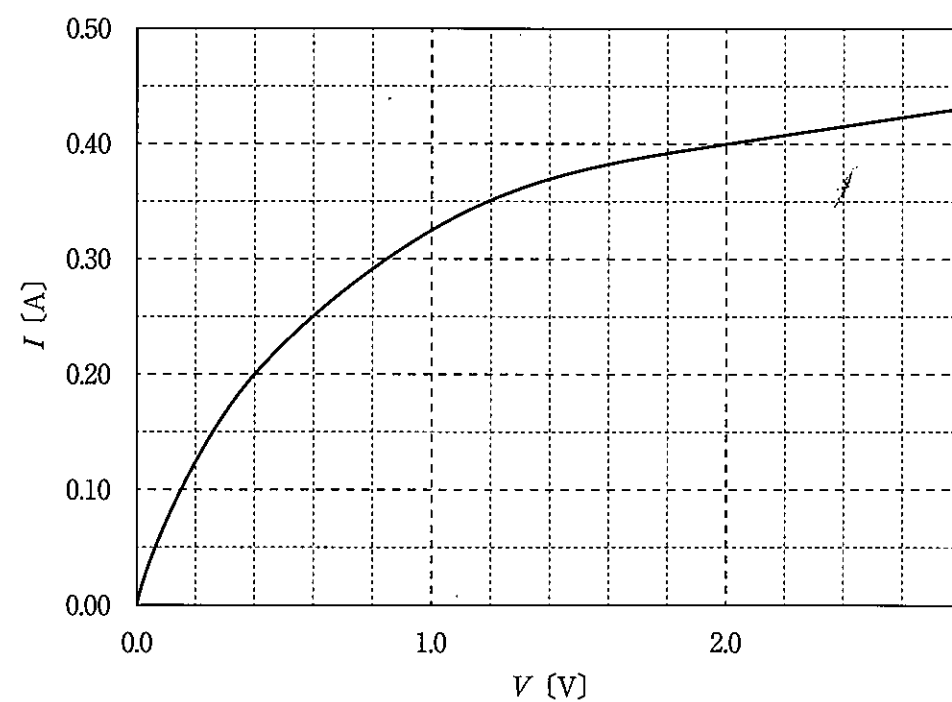


図 3

(1) 図 1 の点 P を流れる電流の大きさは 20 [A] であり，図 1 の豆電球で 5.0 秒間に消費されるエネルギーは 21 [J] である。

< 20 の解答群 >

① 0.40 ② 0.45 ③ 0.55 ④ 0.65 ⑤ 0.70 ⑥ 0.80 ⑦ 0.85 ⑧ 0.90

< 21 の解答群 >

① 0.40 ② 0.80 ③ 1.6 ④ 3.2 ⑤ 4.0 ⑥ 5.4 ⑦ 8.0 ⑧ 16 ⑨ 40

(2) 図 2 の点 Q を流れる電流の大きさは 22 [A] であり，図 2 の抵抗で 5.0 秒間に発生するジュール熱は 23 [J] である。

< 22 の解答群 >

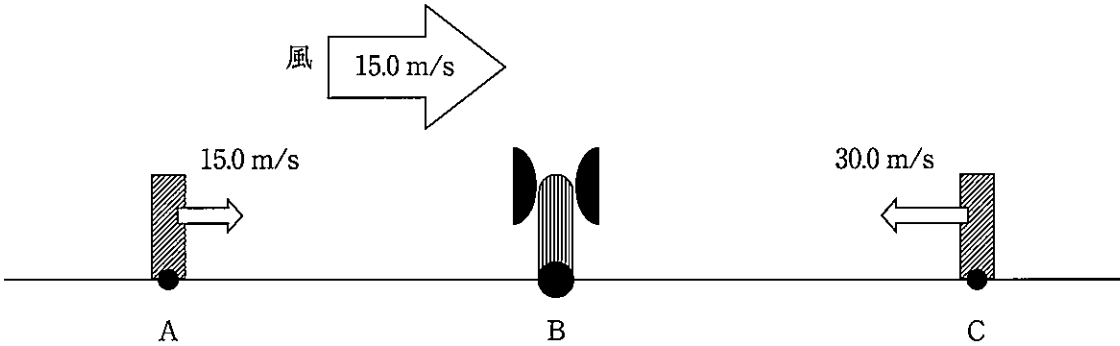
① 0.10 ② 0.15 ③ 0.20 ④ 0.25 ⑤ 0.35 ⑥ 0.40 ⑦ 0.45 ⑧ 0.50 ⑨ 0.60

< 23 の解答群 >

① 0.32 ② 0.64 ③ 1.2 ④ 1.6 ⑤ 2.4 ⑥ 3.2 ⑦ 4.8 ⑧ 16 ⑨ 32

〔VI〕 図のように、音源 B、観測者 A、C が一直線上に並び、B の発した音を A、C が観測する実験を行った。実験を行っているとき、A から C の向きに速さ 15.0 m/s の風が吹いていた。地面に対し、B は静止し、A は風と同じ向きに速さ 15.0 m/s で移動し、C は風と反対向きに速さ 30.0 m/s で移動している。空気中の音速を 345 m/s、図の右向きを速度の正の向きとして以下の問いに答えなさい。

なお、A、B、C の間にはそれぞれ十分な距離があり、並びの順は変わらないものとする。また、音速とは媒質に対する音の伝搬の速さである。地面を基準とすると、風があるときの音の伝搬速度は空気が静止した場合の伝搬速度に風の速度を加えたものになっている。



(1) 空気に対する相対速度は、A が [m/s]、B が [m/s]、C が [m/s] である。

- < ~ の解答群 >
- ① -45.0

② -30.0

③ -15.0

④ -10.0

⑤ 0.0

⑥ 10.0

⑦ 15.0

⑧ 30.0

⑨ 45.0

(2) B が振動数 6600 Hz の音を発したとき、A が聞く音の振動数は [Hz]、C が聞く音の振動数は [Hz] である。

- < の解答群 >
- ① 6310

② 6320

③ 6340

④ 6880

⑤ 6890

⑥ 6900

⑦ 6950

⑧ 7200

⑨ 7500

⑩ 7800

- < の解答群 >
- ① 5500

② 6000

③ 6310

④ 6340

⑤ 6600

⑥ 6880

⑦ 7150

⑧ 7200

⑨ 7260

⑩ 7800