

物 理 I

(全 問 必 答)

第1問 次の文章を読み、各問い(問1～6)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 30)

図1のように、二つの定滑車と動滑車に伸びちぢみしないロープをかけ、ロープの両端には、質量 m のおもり A と質量 $3m$ のおもり B をつるす。また動滑車には、質量 M のおもり C をつるす。三つの滑車は同一の鉛直平面内に配置され、動滑車やおもり A, B, C は、この平面内を鉛直方向にのみ運動する。滑車やロープの質量は無視できるものとし、さらに滑車はなめらかに回転し、ロープは十分に長いものとする。また、重力加速度の大きさを g とする。

はじめ全体を静止させておき、静かにはなした。このとき、A の鉛直上向き加速度を a_A 、B の鉛直上向き加速度を a_B 、C の鉛直下向き加速度を a 、ロープの張力の大きさを T とする。

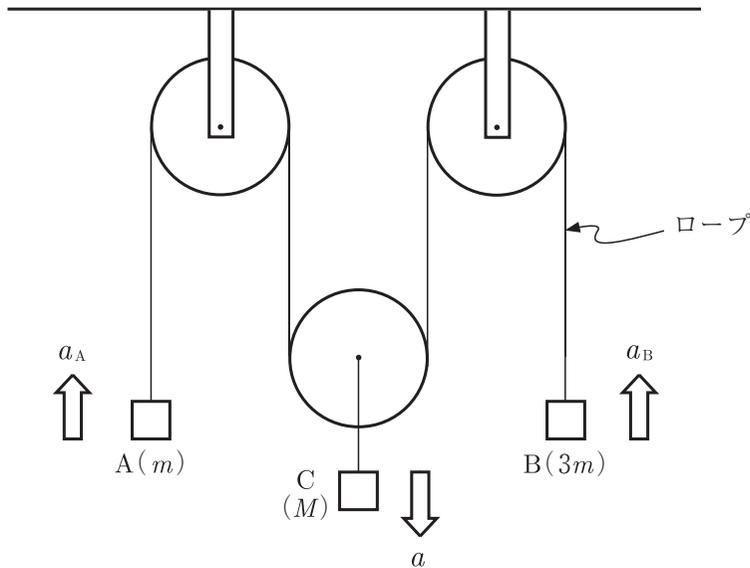


図 1

問1 Aの運動方程式はどうか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

$$m a_A = \boxed{1}$$

- ① $T + mg$ ② $T - mg$ ③ $-T + mg$ ④ $-T - mg$

問2 Bの運動方程式はどうか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

$$3m a_B = \boxed{2}$$

- ① $-T - 3mg$ ② $-T + 3mg$ ③ $T - 3mg$ ④ $T + 3mg$

問3 Cの運動方程式はどうか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

$$M a = \boxed{3}$$

- ① $Mg - 2T$ ② $-Mg + 2T$ ③ $Mg - T$ ④ $-Mg + T$

問4 A, BおよびCの動く距離の間の関係を考えて, a_A , a_B および a の間の関係を求めるとどうなるか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

$$a_A + a_B = \boxed{4}$$

- ① $\frac{1}{4} a$ ② $\frac{1}{2} a$ ③ a ④ $2a$

問5 a はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $a = \boxed{5}$

- ① $\frac{M-m}{M+3m} g$ ② $\frac{M-2m}{M+3m} g$ ③ $\frac{M-3m}{M+3m} g$ ④ $\frac{M-4m}{M+3m} g$

問6 はじめの状態から静かにはなしても, Cは静止したままであった。このとき, M を m で表すとどうなるか。次の①～④のうちから一つ選べ。 $M = \boxed{6}$

- ① $4m$ ② $3m$ ③ $2m$ ④ m

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 20)

図1のように、質量 m の二つのおもり A, B を糸 a, b でつるした質量 M の気球が、鉛直下向きの一定の加速度 a で下降している。気球にはたらく浮力はずねに一定であり、気球は鉛直方向にのみ運動するものとする。また、空気の抵抗や糸の質量およびおもりにはたらく浮力は無視できるものとし、重力加速度の大きさを g ($g > a$) とする。

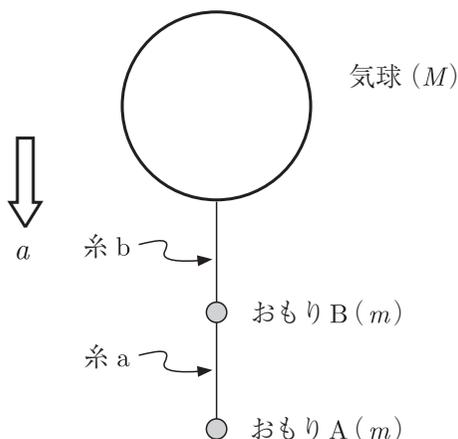


図 1

問1 気球にはたらく浮力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。

- | | |
|---------------------|---------------------|
| ① $(M + m)(g + a)$ | ② $(M + m)(g - a)$ |
| ③ $(M + 2m)(g + a)$ | ④ $(M + 2m)(g - a)$ |

問2 糸 b の張力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。

- ① $2m(g-a)$ ② $2m(g+a)$ ③ $m(g-a)$ ④ $m(g+a)$

問3 気球とおもりの下降速度が v_0 になった瞬間に、糸 a を切断すると、気球とおもり B は下降速度 v_0 の等速度運動をした。 a はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $a =$

- ① $\frac{M+m}{M+2m}g$ ② $\frac{M-m}{M+2m}g$ ③ $\frac{m}{M+2m}g$ ④ $\frac{M}{M+2m}g$

問4 その後、糸 b を切断すると、気球の鉛直下向きの加速度はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① $\frac{m}{M}g$ ② $-\frac{m}{M}g$ ③ $\frac{M}{m}g$ ④ $-\frac{M}{m}g$

問5 糸 b を切断してから、気球の速度が 0 になるまでの時間はいくらか。ただし、気球が地面に衝突することはないものとする。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① $\frac{3Mv_0}{mg}$ ② $\frac{2Mv_0}{mg}$ ③ $\frac{Mv_0}{mg}$ ④ $\frac{Mv_0}{2mg}$

第3問 次の文章を読み、各問い(問1～6)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 30)

こうもりは、自分の発する超音波の反響を手がかりにして、障害物や獲物を探知する。図1のように、こうもりと獲物となる虫が同一直線上を等速度運動をしている場合を考える。こうもりが右向きに速さ v で飛びながら、右向きに速さ w で逃げる虫に向かって一定の振動数 f_0 の超音波を短い時間 t_0 の間だけ発射した。風は吹いていないものとし、空気中の音速を c ($c > v > w$) とする。また、こうもりと虫の大きさは無視できるものとする。

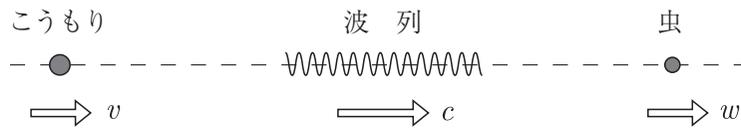


図 1

問1 虫に向かう超音波の先端から後端までの波列の長さはいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① vt_0 ② ct_0 ③ $(c-v)t_0$ ④ $(c+v)t_0$

問2 この波列が虫を通過する時間はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 2

① $\frac{c-v}{c-w} t_0$ ② $\frac{c+v}{c-w} t_0$ ③ $\frac{v}{c-w} t_0$ ④ $\frac{c}{c-w} t_0$

問3 虫が観測する超音波の振動数はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 3

① $\frac{c+w}{c+v} f_0$ ② $\frac{c+w}{c-v} f_0$ ③ $\frac{c-w}{c+v} f_0$ ④ $\frac{c-w}{c-v} f_0$

問4 虫に当たって左向きに反射した超音波の波列の長さはいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 4

① $\frac{(c+v)(c-w)}{c+w} t_0$ ② $\frac{(c-v)(c-w)}{c+w} t_0$
 ③ $\frac{(c+v)(c+w)}{c-w} t_0$ ④ $\frac{(c-v)(c+w)}{c-w} t_0$

問5 この波列がこうもりを通過する時間はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 5

① $\frac{(c-v)(c+w)}{(c+v)(c-w)} t_0$ ② $\frac{(c+v)(c+w)}{(c-v)(c-w)} t_0$
 ③ $\frac{(c-v)(c-w)}{(c+v)(c+w)} t_0$ ④ $\frac{(c+v)(c-w)}{(c-v)(c+w)} t_0$

物理 I

問 6 こうもりが観測する反射した超音波の振動数はいくらか。正しいものを，次の

①～④のうちから一つ選べ。 6

① $\frac{(c+v)(c+w)}{(c-v)(c-w)} f_0$

② $\frac{(c+v)(c-w)}{(c-v)(c+w)} f_0$

③ $\frac{(c-v)(c+w)}{(c+v)(c-w)} f_0$

④ $\frac{(c-v)(c-w)}{(c+v)(c+w)} f_0$

第4問 次の文章を読み、各問い(問1～4)に答えよ。

[解答番号 1 ～ 4] (配点 20)

図1のように、 $R[\Omega]$ の電気抵抗4個と起電力 $E[V]$ の直流電源と切り替えスイッチ S とを接続した。4個の電気抵抗以外の回路の抵抗は、すべて無視できるものとする。

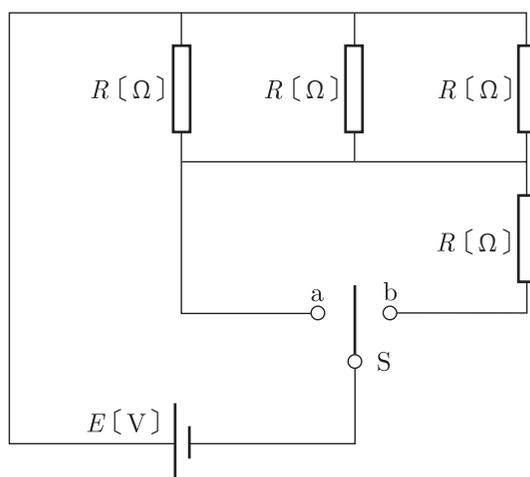


図 1

問1 切り替えスイッチ S を端子 a に入れたとき、直流電源を流れる電流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。 1 [A]

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

問2 問1 のとき、直流電源が供給する電力はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 2 [W]

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

問3 切り替えスイッチ S を端子 b に入れたとき、直流電源を流れる電流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。 3 [A]

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

問4 問3 のとき、4 個の電気抵抗で消費される電力の和はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 4 [W]

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