

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、水平な台の上に深い容器を鉛直に置き、その中に密度 ρ_0 の液体を注入した。ここで、容器と液体をあわせた質量は M である。さらに、細くて質量の無視できるひもの下端に、体積 V 、密度 ρ ($\rho > \rho_0$) の小球を結びつけ、この液体の中に静かにつり下げた。小球は液中に完全に没し、かつ容器に触れないでつりあった。なお、重力加速度の大きさを g とする。

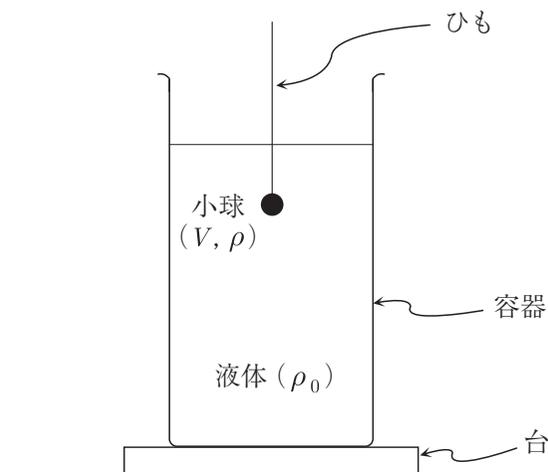


図 1

問1 図1において、ひも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

- ① $(2\rho - \rho_0)Vg$ ② $(\rho - \rho_0)Vg$ ③ $(2\rho + \rho_0)Vg$ ④ $(\rho + \rho_0)Vg$

問2 図1において、容器が台から受ける垂直抗力の大きさ N_1 はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $N_1 =$ 2

- ① $(M - V\rho)g$ ② $(M + V\rho)g$ ③ $(M - V\rho_0)g$ ④ $(M + V\rho_0)g$

問3 図1の状態から、静かにひもを切ると、小球は液中を下降した。液体の抵抗が無視できるとすると、小球の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。 3

- ① $\frac{\rho - \rho_0}{\rho}g$ ② $\frac{\rho - \rho_0}{2\rho}g$ ③ $\frac{\rho + \rho_0}{\rho}g$ ④ $\frac{\rho + \rho_0}{2\rho}g$

問4 問3において、小球が液中を距離 x だけ下降するとき、容器と液体をあわせた重心(その質量は M)の上昇距離はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 4

- ① $\frac{V\rho}{M}x$ ② $\frac{M}{V\rho}x$ ③ $\frac{V\rho_0}{M}x$ ④ $\frac{M}{V\rho_0}x$

問5 小球が容器の底に達して静止したとき、容器が台から受ける垂直抗力の大きさ N_2 はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $N_2 =$ 5

- ① $(M - V\rho)g$ ② $(M + V\rho)g$ ③ $(M - V\rho_0)g$ ④ $(M + V\rho_0)g$

物理 I

問 6 問 3 で小球が液中を下降しているとき、容器が台から受ける垂直抗力の大きさを N とする。 N_1 , N_2 , N の大小関係はどうなるか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 6

- ① $N = N_2 > N_1$ ② $N_2 > N_1 = N$ ③ $N_2 > N_1 > N$ ④ $N_2 > N > N_1$

第2問 次の文章を読み、各問い(問1～6)に答えよ。

[解答番号 1 ～ 6] (配点 30)

図1のように、 x 軸(右向きを正)上をのみ運動しうる質量 M の質点 P と質量 m の質点 Q がある。ここで、PQ 間の距離を d とする。 $d > \ell$ である場合、PQ は互いに力を及ぼさないが、 $0 \leq d \leq \ell$ である場合、PQ は互いに一定の大きさ f の力で排斥しあう。なお、P と Q には他の力は一切はたらかないものとする。

いま、時刻 $t = 0$ の瞬間に、P は速さ v_0 で x 軸上の原点 O を右向きに通過し、同じ瞬間に、Q は同じ速さ v_0 で x 軸上 $x = \ell$ の点を左向きに通過する。その後、時刻 T_1 に P と Q は再接近し、さらにその後、時刻 T_2 にふたたび $d = \ell$ となった。ただし、P と Q は互いに接触したり衝突したりしないものとする。

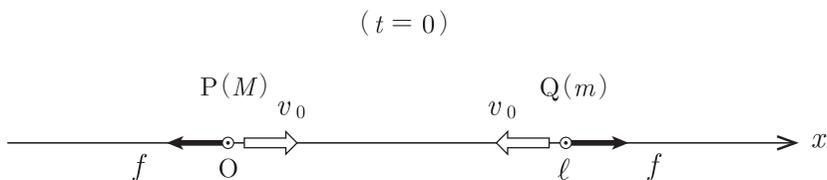


図 1

問1 時刻 t ($0 \leq t \leq T_2$) における、P の速度はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 1

- ① $-v_0 + \frac{f}{M}t$ ② $-v_0 - \frac{f}{M}t$ ③ $v_0 + \frac{f}{M}t$ ④ $v_0 - \frac{f}{M}t$

問2 時刻 t ($0 \leq t \leq T_2$)における, P の Q に対する相対速度はいくらか。正しいものを, 次の①~④のうちから一つ選べ。 2

① $2v_0 - \frac{M+m}{Mm}ft$

② $2v_0 + \frac{M+m}{Mm}ft$

③ $-2v_0 - \frac{M+m}{Mm}ft$

④ $-2v_0 + \frac{M+m}{Mm}ft$

問3 時刻 T_1 はいくらか。正しいものを, 次の①~④のうちから一つ選べ。

$T_1 =$ 3

① $\frac{Mmv_0}{2f(M+m)}$

② $\frac{Mmv_0}{f(M+m)}$

③ $\frac{2Mmv_0}{f(M+m)}$

④ $\frac{4Mmv_0}{f(M+m)}$

問4 P と Q が互いに接触したり衝突したりしないための条件はどうなるか。正しいものを, 次の①~④のうちから一つ選べ。 $fl >$ 4

① $\frac{4Mmv_0^2}{M+m}$

② $\frac{2Mmv_0^2}{M+m}$

③ $\frac{Mmv_0^2}{M+m}$

④ $\frac{Mmv_0^2}{2(M+m)}$

問5 時刻 T_2 はいくらか。正しいものを, 次の①~④のうちから一つ選べ。

$T_2 =$ 5

① $\frac{Mmv_0}{2f(M+m)}$

② $\frac{Mmv_0}{f(M+m)}$

③ $\frac{2Mmv_0}{f(M+m)}$

④ $\frac{4Mmv_0}{f(M+m)}$

問6 時刻 t ($t \geq T_2$)における, P の Q に対する相対速度はいくらか。正しいものを, 次の①~④のうちから一つ選べ。 6

① $-2v_0$

② $-v_0$

③ v_0

④ $2v_0$

第3問 次の文章を読み、各問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 1 ～ 5] (配点 25)

図1のように、水平で直線状に伸びた同じレール上を、車両 A および B がそれぞれ一定の速さ v_A および v_B ($v_A > v_B$) で右向きに走行している。各車両の前端には送受信アンテナ P が取付けられていて、後端には平面反射板 R が取付けられている。ここで、車両、P および R の大きさは無視できるものとする。A の P から送信される音波の振動数を f_0 、空気中の音速を c ($c > v_A$) とし、風は吹いていないものとする。

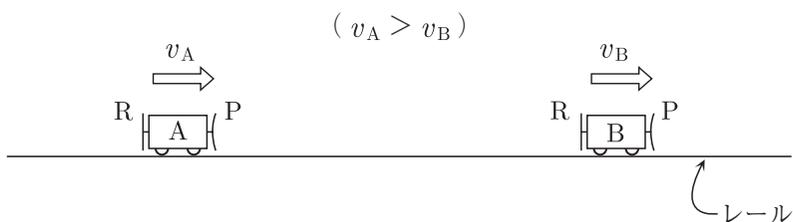


図 1

問1 A の P から送信された音波を B で観測するとき、その振動数 f_B はいくらか。

正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $f_B =$ 1

- ① $\frac{c - v_B}{c - v_A} f_0$ ② $\frac{c + v_B}{c - v_A} f_0$ ③ $\frac{c - v_B}{c + v_A} f_0$ ④ $\frac{c + v_B}{c + v_A} f_0$

問2 問1の音波がBのRで反射されAのPで受信された。そ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。 $\boxed{2} \times f_B$

① $\frac{c - v_A}{c - v_B}$ ② $\frac{c + v_A}{c - v_B}$ ③ $\frac{c - v_A}{c + v_B}$ ④ $\frac{c + v_A}{c + v_B}$

問3 AのPから音波が送信された瞬間のAB間の距離を ℓ_0 とする。AのPから音波が送信されてから、BのRで反射され、AのPで受信されるまでの時間 t_0 はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $t_0 = \boxed{3}$

① $\frac{2c\ell_0}{(c + v_A)(c + v_B)}$ ② $\frac{2c\ell_0}{(c + v_A)(c - v_B)}$
③ $\frac{2c\ell_0}{(c - v_A)(c + v_B)}$ ④ $\frac{2c\ell_0}{(c - v_A)(c - v_B)}$

問4 問3で、音波がAのPで受信された瞬間における、AB間の距離 ℓ はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $\ell = \boxed{4}$

① $\ell_0 + (v_A - v_B)t_0$ ② $\ell_0 + (v_A + v_B)t_0$
③ $\ell_0 - (v_A - v_B)t_0$ ④ $\ell_0 - (v_A + v_B)t_0$

問5 問4の瞬間からAにのみブレーキをかけ、Aは一定の大きさの加速度で減速した。AがBに追突しないためのAの加速度の大きさの最小値はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $\boxed{5}$

① $\frac{(v_A + v_B)^2}{\ell}$ ② $\frac{(v_A - v_B)^2}{\ell}$ ③ $\frac{(v_A + v_B)^2}{2\ell}$ ④ $\frac{(v_A - v_B)^2}{2\ell}$

第4問 次の文章を読み、各問い(問1～3)に答えよ。

[解答番号 1 ～ 3] (配点 15)

図1のように、 R [Ω] の電気抵抗2個と $2R$ [Ω] の電気抵抗2個と起電力 E [V] の直流電源とスイッチ 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。

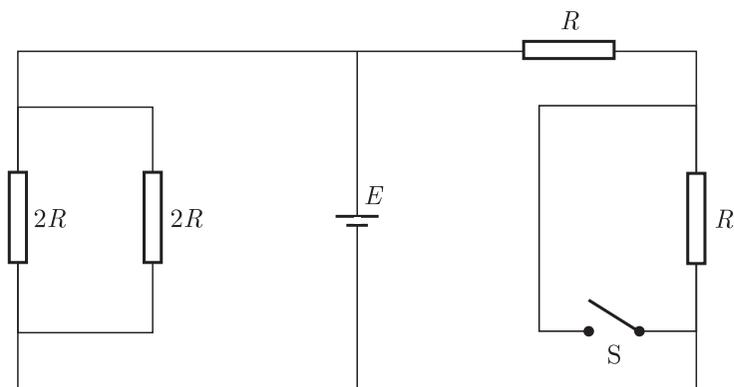


図 1

問1 スイッチ S が開いているとき，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 $\frac{E}{2R}$

② $\frac{E}{R}$

③ $\frac{3E}{2R}$

④ $\frac{2E}{R}$

問2 スイッチ S を閉じたとき， R [Ω] の電気抵抗 2 個で消費される電力はいくらか。正しいものを，次の①～④のうちから一つ選べ。 2 [W]

① $\frac{E^2}{2R}$

② $\frac{E^2}{R}$

③ $\frac{2E^2}{R}$

④ $\frac{4E^2}{R}$

問3 問2 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。 3 [W]

① $\frac{2E^2}{R}$

② $\frac{E^2}{R}$

③ $\frac{E^2}{2R}$

④ $\frac{E^2}{4R}$