

物 理 I

(全 問 必 答)

第1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、水平な床上の点Oから、質点Aを鉛直上方に初速 v_0 ($v_0 > 0$)で発射する。床からの高さ h の位置に天井があり、質点Aは点Pで天井と衝突する。空気の抵抗は無視できるものとし、重力加速度の大きさを g とする。

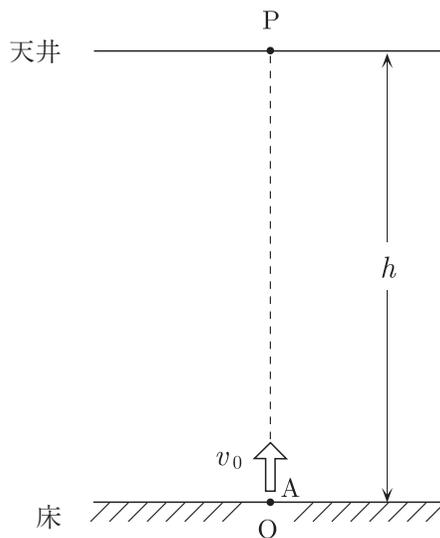


図 1

問1 質点Aが天井に衝突するための条件はどれか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① $v_0 > \frac{\sqrt{gh}}{2}$ ② $v_0 > \sqrt{\frac{gh}{2}}$ ③ $v_0 > \sqrt{gh}$ ④ $v_0 > \sqrt{2gh}$

問2 質点 A が発射されてから、点 P で天井と衝突するまでの時間 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。 $t_1 = \boxed{2}$

① $\frac{v_0 + \sqrt{v_0^2 - 2gh}}{g}$

② $\frac{v_0 - \sqrt{v_0^2 - 2gh}}{g}$

③ $\frac{v_0 + \sqrt{v_0^2 - 2gh}}{2g}$

④ $\frac{v_0 - \sqrt{v_0^2 - 2gh}}{2g}$

問3 点 P で天井と衝突する直前の質点 A の速さはいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $\boxed{3}$

① $\frac{\sqrt{v_0^2 - 2gh}}{4}$

② $\frac{\sqrt{v_0^2 - 2gh}}{3}$

③ $\frac{\sqrt{v_0^2 - 2gh}}{2}$

④ $\sqrt{v_0^2 - 2gh}$

問4 天井との衝突において、質点 A は、問3 と同じ速さで鉛直下向きにはね返り、しばらくして点 O に達した。質点 A が点 P で衝突してから、点 O に達するまでの時間 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。
 $t_2 = \boxed{4}$

① $\frac{v_0 + \sqrt{v_0^2 - 2gh}}{g}$

② $\frac{v_0 - \sqrt{v_0^2 - 2gh}}{g}$

③ $\frac{v_0 + \sqrt{v_0^2 - 2gh}}{2g}$

④ $\frac{v_0 - \sqrt{v_0^2 - 2gh}}{2g}$

問5 次に天井を取り除いて、質点 A を初速 v_0 で発射する。この場合、質点 A が発射されてから、点 O にもどるまでの時間を t_3 とする。 t_1 、 t_2 および t_3 の間の関係はどれか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $\boxed{5}$

① $t_1 + t_2 = t_3$

② $t_1 + t_2 = 2t_3$

③ $t_1 + t_2 < t_3$

④ $t_1 + t_2 > t_3$

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, 2のように、長さ 2ℓ 、質量 $3m$ の一様な棒 AB がある。A 端には質量 m の大きさの無視できるおもりをつるし、B 端は鉛直な糸でつり下げられ、棒 AB のちょうど半分が液体中であつてつりあっている。棒 AB にはたらく浮力の作用点は、A 端から距離 $\frac{\ell}{2}$ のところであり、重力加速度の大きさを g とする。はじめ、図1のように、棒 AB と液面とのなす角が θ ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$) の状態でつりあっている。

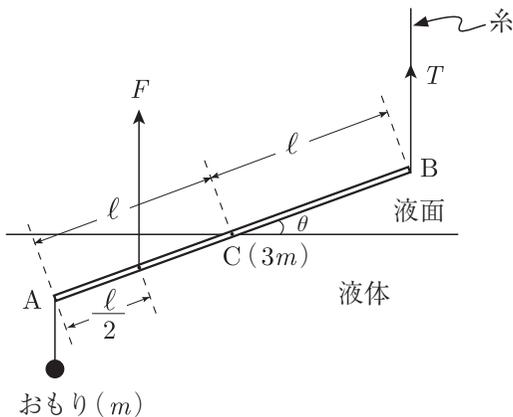


図 1

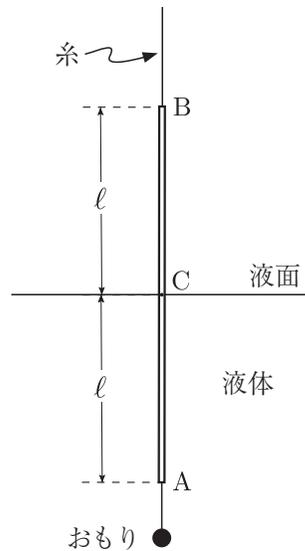


図 2

問1 はじめの状態において、棒 AB にはたらく浮力の大きさを F とし、糸から受ける張力の大きさを T とする。このとき、B 端のまわりの浮力のモーメント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 $\frac{3}{2}F\ell$ ② $\frac{3}{2}F\ell \cos\theta$ ③ $\frac{3}{2}F\ell \sin\theta$ ④ $\frac{3}{2}F\ell \tan\theta$

問2 棒 AB にはたらく力のモーメントのつりあいより, F 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。 $F = \boxed{2}$

- ① $\frac{7}{3}mg$ ② $\frac{8}{3}mg$ ③ $3mg$ ④ $\frac{10}{3}mg$

問3 棒 AB にはたらく力のつりあいより, T 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。 $T = \boxed{3}$

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

問4 問2, 3の結果より, F や T は θ には無関係な一定値をとることがわかる。
すなわち, B 端の糸をゆっくりと鉛直上方に引き上げて, 図1の状態から図2
($\theta = \frac{\pi}{2}$)の状態にする間, 棒 AB の中心 C は常に液面上にあることがわかる。
この間に, F がした仕事はいくらか。正しいものを, 次の①~④のうちから一つ
選べ。 $\boxed{4}$

- ① $-\frac{1}{2}Fl(1 - \sin\theta)$ ② $\frac{1}{2}Fl(1 - \sin\theta)$
③ $-\frac{1}{2}Fl(1 - \cos\theta)$ ④ $\frac{1}{2}Fl(1 - \cos\theta)$

問5 図1の状態から図2の状態にする間に, T がした仕事はいくらか。正しいものを, 次の①~④のうちから一つ選べ。 $\boxed{5}$

- ① $-Tl(1 - \cos\theta)$ ② $Tl(1 - \cos\theta)$
③ $-Tl(1 - \sin\theta)$ ④ $Tl(1 - \sin\theta)$

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)

図1のように、まっすぐな壁で区切られた水面上の一点Oに波源があり、振動数 f 、波長 λ 、振幅 a の円形の波が連続的に送り出されている。なお、振幅の減衰は無視できるものとし、壁では自由端反射をするものとする。Oを通り壁に平行な直線を L_1 とし、Oを通り L_1 と垂直な直線を L_2 とする。 L_1 上で、Oから距離 8λ の点をP、Oから距離 x の任意の点をXとする。また L_2 と壁との交点をQとし、OQ間の距離を 3λ とする。また、水深は一定である。

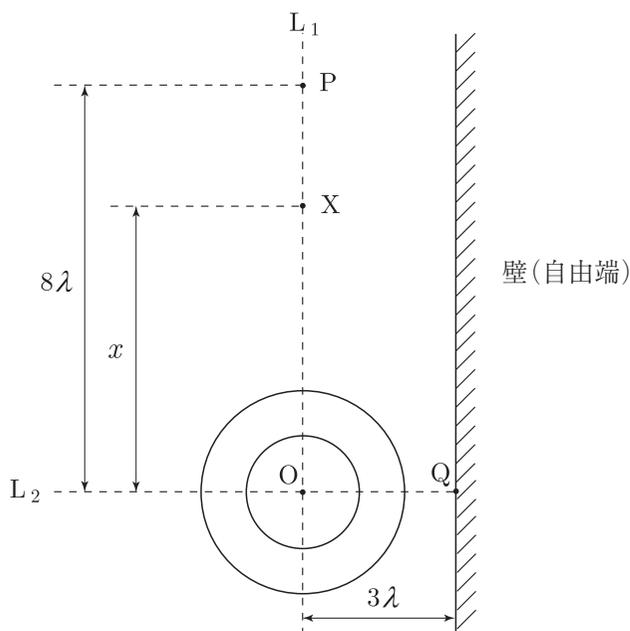


図 1

問1 Oから出た波の速さはいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

① $\frac{\lambda}{f}$

② $\frac{f}{\lambda}$

③ $\frac{1}{f\lambda}$

④ $f\lambda$

問2 O から出て壁で反射してから X に達した波と、O から出て直接 X に達した波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。 2

① $\sqrt{x^2 + (6\lambda)^2} - x$

② $\sqrt{x^2 - (6\lambda)^2} - x$

③ $6\lambda - x$

④ $36\lambda - x$

問3 P での合成波の振幅はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 3

① a

② $2a$

③ $\frac{1}{2}a$

④ 0

問4 直線 L_1 上 OP 間で、合成波の振幅が 0 の点はいくつあるか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 4 個

① 6

② 5

③ 4

④ 3

問5 直線 L_2 上 OQ 間で、合成波の振幅が 0 の点はいくつあるか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 5 個

① 0

② 2

③ 4

④ 6

問6 直線 L_2 上で O より左側に、合成波の振幅が 0 の点はいくつあるか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 6 個

① 0

② 4

③ 8

④ ∞

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10個と起電力 $V[V]$ の直流電源とを接続した。10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。このとき、AB間の電流の大きさを $i_1[A]$ 、AC間の電流の大きさを $i_2[A]$ とすると、回路の対称性から、他の電流は図1のようになる。また、直流電源を流れる電流の大きさを $I[A]$ とする。

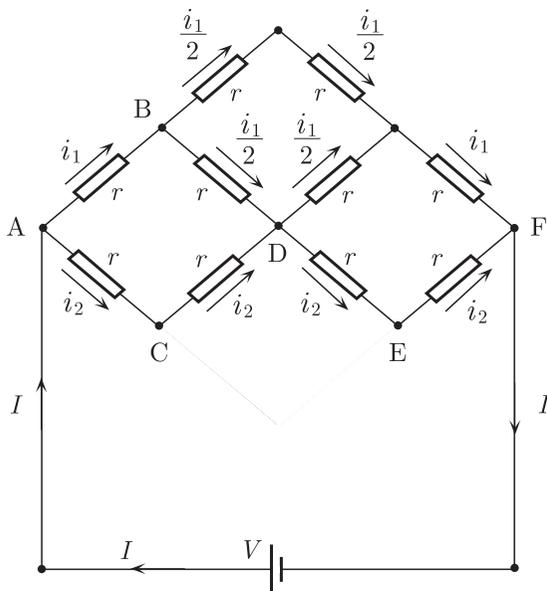


図 1

問1 i_1 と i_2 の和は I である。また、AB 間と BD 間の電圧の和は AC 間と CD 間の電圧の和に等しい。これらのことから、 i_1 を I で表すとどうなるか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $i_1 = \boxed{1} \times I [\text{A}]$

① $\frac{6}{7}$

② $\frac{5}{7}$

③ $\frac{4}{7}$

④ $\frac{3}{7}$

問2 i_2 を I で表すとどうなるか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $i_2 = \boxed{2} \times I [\text{A}]$

① $\frac{6}{7}$

② $\frac{5}{7}$

③ $\frac{4}{7}$

④ $\frac{3}{7}$

問3 AF 間の合成抵抗はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $\boxed{3} \times r [\Omega]$

① $\frac{11}{7}$

② $\frac{12}{7}$

③ $\frac{13}{7}$

④ 2

問4 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。 $\boxed{4} \times \frac{V^2}{r} [\text{W}]$

① $\frac{11}{12}$

② $\frac{3}{4}$

③ $\frac{7}{12}$

④ $\frac{5}{12}$