

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)

質量 m の球形の気球にとりつけた質量の無視できる十分細くて切れない糸で、質量 $2m$ 、長さ ℓ の十分細い一様な棒をつるして静かに離した。気球は変形せず気球にはたらく浮力の大きさはつねに F_0 であり、糸や棒にはたらく浮力は無視できる。また、気球にはたらく力の作用線はすべて気球の中心 O を通るものとする。なお、重力加速度の大きさを g とし、 $3mg > F_0 > 2mg$ とする。

図1のように、無風状態では糸と棒はともに鉛直となり、糸はたるまないで棒は水平な床の上の P 点にふれたままつりあった。

図2のように、水平方向右向きに一定の速さの風が吹くと、気球には水平方向右向きに大きさ F_1 の空気の抵抗力がはたらき、糸と水平方向とのなす角は 60° 、棒と地面とのなす角は θ となり、棒は P 点で床にふれたままつりあった。なお、糸や棒に吹きつける風の影響は無視できるものとする。

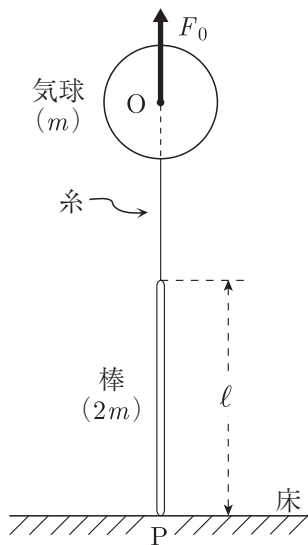


図 1

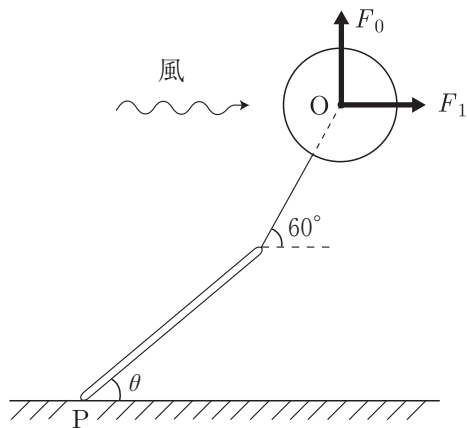


図 2

問1 図1の状態、糸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 $F_0 + mg$ ② $F_0 - mg$ ③ $F_0 + 2mg$ ④ $F_0 - 2mg$

問2 図1の状態、棒が床から受ける垂直抗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。 2

- ① $4mg - F_0$ ② $4mg + F_0$ ③ $3mg - F_0$ ④ $3mg + F_0$

問3 図2の状態、棒が床から受ける垂直抗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。 3

- ① $4mg + F_0$ ② $4mg - F_0$ ③ $3mg + F_0$ ④ $3mg - F_0$

問4 図2の状態、 F_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。 $F_1 =$ 4

- ① $\frac{1}{\sqrt{3}}(F_0 - mg)$ ② $\frac{1}{\sqrt{3}}(F_0 + mg)$
 ③ $\frac{1}{\sqrt{3}}(F_0 - 2mg)$ ④ $\frac{1}{\sqrt{3}}(F_0 + 2mg)$

問5 図2の状態でつりあうための、棒と床との間の静止摩擦係数 μ_0 に対する条件はどうなるか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 $\mu_0 \geq$ 5

- ① $\frac{3mg + F_0}{\sqrt{3}(F_0 + mg)}$ ② $\frac{3mg - F_0}{\sqrt{3}(F_0 - mg)}$
 ③ $\frac{F_0 + mg}{\sqrt{3}(3mg + F_0)}$ ④ $\frac{F_0 - mg}{\sqrt{3}(3mg - F_0)}$

物理 I

問 6 図 2 の状態で, $\tan \theta$ はいくらか。正しいものを, 次の①~④のうちから一つ
選べ。 $\tan \theta =$

① $\frac{\sqrt{3}(F_0 + 2mg)}{F_0 + mg}$

② $\frac{\sqrt{3}(F_0 - 2mg)}{F_0 - mg}$

③ $\frac{\sqrt{3}(F_0 + mg)}{F_0 + 2mg}$

④ $\frac{\sqrt{3}(F_0 - mg)}{F_0 - 2mg}$

問3 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。 $t_0 =$ 3

① $\frac{2\mu g(M+m)}{Mv_0}$

② $\frac{\mu g(M+m)}{Mv_0}$

③ $\frac{2Mv_0}{\mu g(M+m)}$

④ $\frac{Mv_0}{\mu g(M+m)}$

問4 時刻 t ($t_0 < t$) における、小物体と板の速度はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 4

① $\frac{mv_0}{M+m}$

② $\frac{Mv_0}{M+m}$

③ $\frac{2mv_0}{M+m}$

④ $\frac{2Mv_0}{M+m}$

問5 時刻 t ($0 < t < t_0$) における、小物体と点 P との距離はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 5

① $v_0 t + \frac{2M}{\mu g(M+m)} t^2$

② $v_0 t - \frac{2M}{\mu g(M+m)} t^2$

③ $v_0 t + \frac{\mu g(M+m)}{2M} t^2$

④ $v_0 t - \frac{\mu g(M+m)}{2M} t^2$

問6 小物体が板からすべり落ちないための、 ℓ 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。 6

① $\frac{Mv_0^2}{2\mu g(M+m)}$

② $\frac{Mv_0^2}{\mu g(M+m)}$

③ $\frac{2\mu g(M+m)}{Mv_0^2}$

④ $\frac{\mu g(M+m)}{Mv_0^2}$

第3問 次の文章を読み、各問い(問1～4)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 20)

空気中の光の絶対屈折率は1にきわめて近いがわずかだけ異なり、空気の圧力が増すにつれて大きくなる。光の干渉を利用して大気圧での空気の絶対屈折率 n を測定する。ただし、大気の状態は変化しないものとする。

図1のように、光源 Q から出た真空中の波長 λ_0 の光が、小孔 S 、レンズ L_1 を通過後、小孔 S_1 、 S_2 によって二つに分けられ、内側の長さが l の同様の管 C_1 、 C_2 をそれぞれ通過した後、レンズ L_2 によって集められ、スクリーン上の点 P で干渉によって明暗を生じる。はじめ C_1 、 C_2 の内部をともに真空にすると、点 P で光は強めあつた。次に C_2 だけにゆっくりと空気を入れていくと、点 P では明暗がくり返され、ちょうど N 回目に明(はじめを0回目とする)となったとき、 C_2 内の空気の絶対屈折率は n になった。

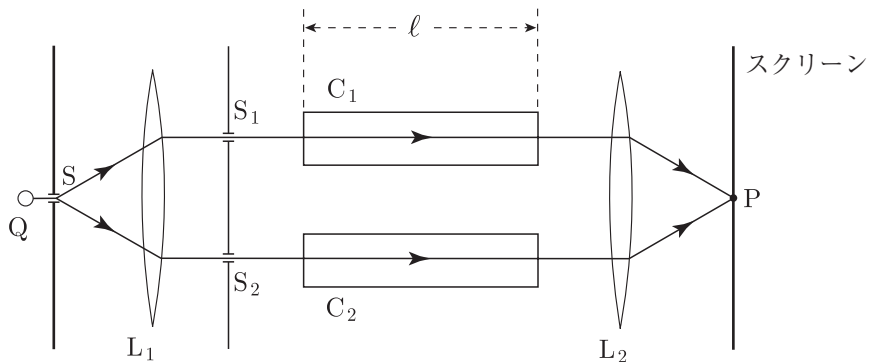


図 1

問1 絶対屈折率 n の空気中での、この光の波長はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① $(n-1)\lambda_0$ ② $\frac{\lambda_0}{n-1}$ ③ $n\lambda_0$ ④ $\frac{\lambda_0}{n}$

問2 1波長を波1個と数えるものとする。絶対屈折率 n の空気が入っている C_2 内の波の数と、真空である C_1 内の波の数との差はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① $\frac{\ell}{\lambda_0}(n-2)$ ② $\frac{\ell}{\lambda_0}(n-1)$ ③ $\frac{\ell}{\lambda_0}n$ ④ $\frac{\ell}{\lambda_0}(n+1)$

問3 n 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 $\frac{\ell}{\lambda_0 N} + 1$ ② $\frac{\ell}{\lambda_0 N} - 1$ ③ $\frac{\lambda_0 N}{\ell} + 1$ ④ $\frac{\lambda_0 N}{\ell} - 1$

問4 $\ell = 0.10$ [m], $\lambda_0 = 6.0 \times 10^{-7}$ [m], $N = 47$ とするとき、 n の値はいくらになるか。正しい値に最も近いものを、次の①～④のうちから一つ選べ。
 $n =$

- ① 1.00058 ② 1.00048 ③ 1.00038 ④ 1.00028

物理 I

第4問 次の文章を読み、各問い(問1～4)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 20)

図1のように、 $2R[\Omega]$ の電気抵抗2個と $x[\Omega]$ の可変抵抗と起電力 $E[\text{V}]$ と $2E[\text{V}]$ の直流電源とスイッチSとを接続した。3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。

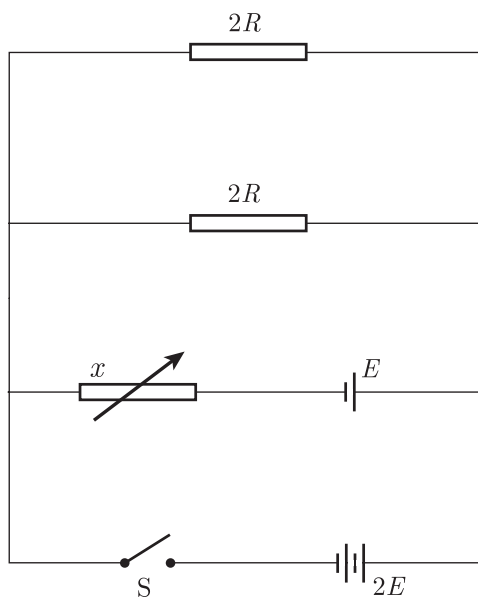


図 1

問1 スイッチ S が開いているとき、 $x [\Omega]$ の可変抵抗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 $\frac{2E}{R+2x}$ ② $\frac{E}{R+x}$ ③ $\frac{E}{2R+x}$ ④ $\frac{E}{4R+x}$

問2 問1において、 $x [\Omega]$ の可変抵抗での消費電力はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 2 [W]

① $\frac{x E^2}{(4R+x)^2}$ ② $\frac{x E^2}{(2R+x)^2}$ ③ $\frac{x E^2}{(R+x)^2}$ ④ $\frac{4x E^2}{(R+2x)^2}$

問3 問2において、 x の値をいろいろ変化させる。可変抵抗での消費電力が最大になるときの x の値はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。
 $x =$ 3 [Ω]

① $\frac{1}{2} R$ ② R ③ $2R$ ④ $4R$

問4 x の値を問3の値にして、スイッチ S を閉じる。このとき、 $2E [V]$ の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。 4 [A]

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