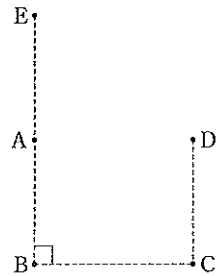
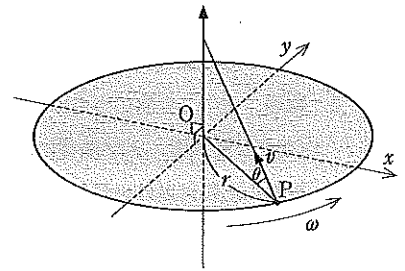


I 以下の問に答えよ。

- (1) 木星の公転周期は約 12 年である。木星と太陽の間の距離は、太陽と地球の間の距離の何倍か。両惑星の軌道は円として、最も近い整数で答えよ。
- (2) 右図のように、同一平面上に点 A~E がある。AB 間、AE 間、CD 間は $3a$ (m)、BC 間、AD 間は $4a$ (m) であり、A に $+Q$ (C)、B に $-Q$ (C) の電荷がある。電荷 q (C) の点電荷を C から D に移動させるのに W (J) の仕事を必要とした。同じ点電荷を C から E に移動させるのに必要な仕事 W' (J) は、 W の何倍か。
- (3) 変電所から街まで離れているので、送電線で電力損失が生じる。一軒の家が電気を使用すると 4% の電力損失が起きた。40 軒の家が同時に電気を使用すると、送電線による電力損失は何%になるか。なお、各家の電力消費量は同じとする。
- (4) 大気圧 1000 hPa、温度 300 K の湖上で、なめらかに動くピストンをもつ、断熱材で覆われた容器の内部に、1 モルの空気を封入したところ、体積は V_0 (m^3) であった。この容器を水深 100 m までゆっくりと沈めた。この時の容器内の空気の温度を求め、空気がされた仕事を気体定数 R ($\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$) を用いて表せ。ただし、水の密度は $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$ 、重力加速度は $10 \text{ m}/\text{s}^2$ 、空気の定積モル比熱 C_v は $\frac{5}{2}R$ とし、空気は理想気体として扱えるものとする。断熱変化では、圧力 P と体積 V の間に、 $PV^{\frac{C_v+R}{C_v}} = \text{一定}$ の関係が成り立つ。なお $11^{\frac{2}{7}}$ は 2 とせよ。

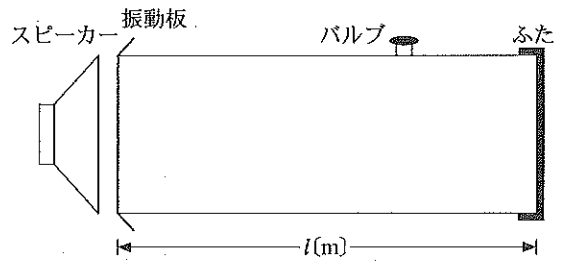


II 水平な xy 平面上に原点 O を中心として回転できる半径 r (m) の薄い円板を置いた。円板の回転の角速度を ω (rad/s) ($\omega \geq 0$, 反時計回りを正) とする。この円板外周の 1 点には質量 m (kg) の小球を放出できる発射台 P が乗っている。P の砲身は円板の中心軸の上方を向いており、水平面に対して角 θ (rad) ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$) をなしている。発射台や小球の大きさ、空気抵抗など全ての摩擦は、いずれも無視できるものとして、次の問に答えよ。ただし、問題文中で表される小球の初速 v (m/s) は、円板上の発射台 P から見た大きさを示すものとし、重力加速度は g (m/s^2) とする。



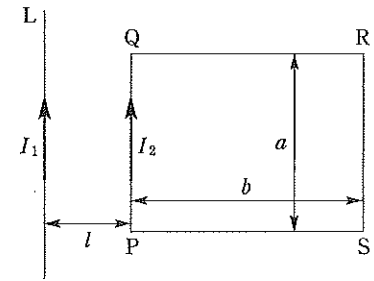
- (1) 円板を $\omega = \omega_0 (> 0)$ で回転させながら、P から $v = v_0$, $\theta = \theta_0$ で放出された小球の運動エネルギーは、円板の回転を止めた状態 ($\omega = 0$) で、P から $v = v_0$, $\theta = \theta_0$ で放出された小球の運動エネルギーよりどれだけ大きいか、 $m, r, \omega_0, v_0, \theta_0, g$ から必要な記号を用いて表せ。
- (2) $\omega = \omega_1 (> 0)$ で回転する円板上の P が x 軸上の点 $(r, 0)$ を通過するとき、 $v = v_1$, $\theta = \theta_1$ で小球を放出した。この小球の最高到達点の高さ h_1 (m) と、 xy 平面に落下する点の x 座標 x_1 (m) および y 座標 y_1 (m) を、 $m, r, \omega_1, v_1, \theta_1, g$ から必要な記号を用いて表せ。
- (3) 円板の回転を止めた状態 ($\omega = 0$) で、P から $v = v_2$, $\theta = \theta_2$ で小球を放出したところ、小球はちょうど O に落下した。このとき、 v_2 はいくらか、 m, r, θ_2, g から必要な記号を用いて表せ。
- (4) (3) のあと小球は跳ね返った。小球の次の落下点は O からどれだけ離れた場所になるか。小球と円板の反発係数を e ($0 < e < 1$) とし、その距離を、 e, m, r, θ_2, g から必要な記号を用いて表せ。
- (5) $\omega = \omega_2 (> 0)$ で回転する円板上の P が x 軸上の点 $(r, 0)$ を通過するとき、 $v = v_2$, $\theta = \theta_2$ で小球を放出した。この小球が、円板上で 2 回以上弾むためには $\omega_2 \leq \boxed{\text{①}} \times \boxed{\text{②}}$ を満たさなければならない。①には m, r, θ_2, g から必要な記号を用いた式、②には e を用いた式を入れよ。

III 図のように、長さ l (m) の円筒容器の両端が振動板とふたで密閉され、その内部に m (g) の理想気体が封入されている。振動板の近くにスピーカーを置き、これを鳴らすと振動板が振動することにより内部に気柱の共鳴が生じる。気体中で音が伝わる速さは $v = \sqrt{\frac{\alpha P}{\rho}}$ (m/s) (P (Pa) は気体の圧力、 ρ (kg/m³) は気体の密度、 α は気体固有の定数) で表されるとして、以下の問に答えよ。



- (1) 容器内の気体の温度が 0°C (273 K)、圧力が 1 気圧の状態、スピーカーの発する音の振動数を徐々に高くしていくと、ある振動数 f_1 (Hz) で容器の内部に 1 回目の気柱の共鳴が生じた。さらに振動数を高くしていくと振動数 f_2 (Hz) で 2 回目の共鳴が生じた。気柱を伝わる音の速さを v (m/s) として、 f_1 、 f_2 を l と v で表せ。
- (2) 容器内の気体の温度を T ($^\circ\text{C}$) に上昇させて(1)と同じ実験をしたところ、(1)とは異なる振動数で気柱の共鳴が生じた。1 回目および 2 回目の共鳴が生じた時の振動数 f_1' (Hz) と f_2' (Hz) は f_1 、 f_2 のそれぞれ何倍か。ただし、容器の膨張は無視できるほど小さいものとする。
- (3) 容器内の気体の温度を T ($^\circ\text{C}$) に保ったまま容器に取り付けられたバルブを開け、気体の圧力を 1 気圧に戻した。容器から抜けた気体の質量 Δm (g) を T と m で表せ。また、この状態で共鳴実験を行ったとき、1 回目および 2 回目の共鳴が生じた時の振動数 f_1'' (Hz) と f_2'' (Hz) は、 f_1 、 f_2 のそれぞれ何倍か。
- (4) バルブを閉め、図の右側のふたを外して開口端にし、容器内を 0°C 、1 気圧の空気で完全にに入れ替えて共鳴実験を行うと、1 回目に共鳴する振動数 f_1''' (Hz) は f_1 の $\frac{1}{6}$ であった。最初に密封されていた気体の 0°C における音の速さは、空気 0°C における音の速さの何倍か。また、2 回目に共鳴する振動数 f_2''' (Hz) は f_2 の何倍か。(開口端補正は考えなくてもよい)

IV 図のように、透磁率 μ_0 (N/A²) の空間内に置かれた無限に長い導線 L に電流 I_1 (A) が流れている。この導線と同じ平面内に PQ が a (m)、QR が b (m) の長方形の回路 PQRS があり、電流 I_2 (A) が流れている。導線 L と PQ は平行であり、その間の距離は l (m) である。また、PQ を流れる電流 I_2 は電流 I_1 と同じ向きである。 μ_0 、 I_1 、 I_2 、 l 、 a 、 b のうち、必要な記号を用いて以下の問に答えよ。



- (1) 電流 I_1 が、導線 L から距離 l (m) 離れた位置に作る磁束密度 B (Wb/m²) はいくらか。
- (2) 電流 I_1 が、回路の PQ 部分に及ぼす力 F_1 (N) はいくらになるか。またこの力は導線 L に対して引力となるか斥力となるか。
- (3) 電流 I_1 が、回路 PQRS 全体に及ぼす力 F_2 (N) はいくらになるか。またこの力は導線 L に対して引力となるか斥力となるか。

次に、回路 PQRS に電流を流すのをやめ、QR 方向に R に向かって一定の速度 v (m/s) で回路を動かした。導線 L と PQ との距離が x (m) のとき、回路に生じた起電力を次のような方法で計算した。回路の単位長さ当たりの抵抗を r (Ω /m) とし、 μ_0 、 r 、 I_1 、 x 、 a 、 b 、 v のうち必要な記号を用いて以下の問に答えよ。

- (4) 回路の PQ 部分が単独で速度 v で動いていると考え、このとき PQ に生ずる誘導起電力 E_1 (V) はいくらか。P に対して Q の電位が高い場合は正の符号 (+)、低い場合は負の符号 (-) をつけて答えよ。
- (5) (4)と同様に回路 QR 部分が単独で速度 v で動いていると考え、このとき QR に生ずる誘導起電力 E_2 (V) はいくらか。Q に対して R の電位が高い場合は正の符号 (+)、低い場合は負の符号 (-) をつけて答えよ。
- (6) (4)や(5)のように考えていくと、回路 PQRS が速度 v で動いているときの回路 PQRS 全体の起電力が計算できる。オームの法則を考慮して、この回路に流れる電流 I (A) を求めよ。ただし、回路を時計回りに流れる向きを正とする。