

(一般前期)

平成 21 年度 入学 試験 問題

(2 科目 選択)

理 科

(物理, 化学, 生物)

注 意 事 項

1. 解答は必ず別に配布する解答用紙に記入すること.
2. 物理, 化学, 生物の中から 2 科目のみ解答すること.

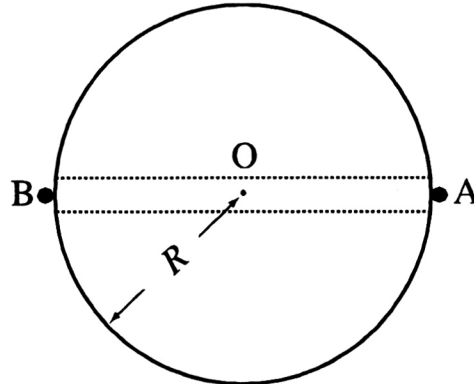
物 理 (問題用紙 1)

解答に必要な計算および答えは解答用紙の指定されたところに書け。

I 図のように、半径 R [m] の地球内に、その中心 O を通る真っ直ぐなトンネルがある。このトンネルの両端の地球表面に質量がそれぞれ m [kg], $2m$ [kg] の小物体 A, B を置き、トンネル内に静かに落下させた。

地球の中心から距離 r [m] にある物体に働く万有引力 F [N] は、地球の自転による遠心力を無視すると、地球内部 ($r \leq R$) では $F = -Kr$ となり、これはばね定数 K のばねを r だけ伸ばしたときの物体に働く弾性力 (または復元力) と同じ形である。一方、地球外部 ($r \geq R$) では $F = -K'/r^2$ となる。ここで、 K , K' は定数である。

地球表面での重力加速度の大きさを g [m/s²] として、次の問いに m, g, R を用いて答えよ。ただし、空気の抵抗は無視する。

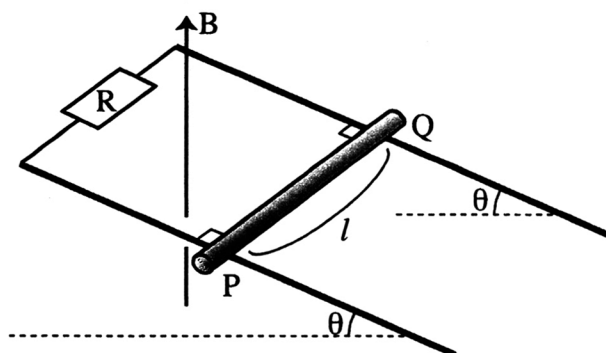


- (1) 小物体 A における定数 K および K' を求めよ。
- (2) 中心 O での小物体 A の速さ v_A [m/s] はいくらか。
- (3) 小物体 A が地球表面から落下して中心 O に到達するまでの時間 t_A [s] はいくらか。
- (4) トンネル内で2つの小物体 A, B は (完全) 弾性衝突をした。衝突直後の A, B の速度 V_A [m/s], V_B [m/s] はいくらか。ただし、図の右方向を正とする。
- (5) 衝突後、小物体 A は地球表面を速さ V_S [m/s] で飛び出した。 V_S はいくらか。
- (6) (5) において、小物体 A の地球表面での力学的エネルギー T はいくらか。小物体 A は地球の引力を振り切って、地球を脱出できるか。ただし、地球外部 ($r \geq R$) において、小物体 A のもつ位置エネルギー U は $U = -K'/r$ となる。

物 理 (問題用紙 2)

解答に必要な計算および答えは解答用紙の指定されたところに書け。

- II 図のように、導体でできた2本の平行なレールを間隔 l [m] で、水平面から角度 θ 傾けて配置する。2本のレールの最上部に抵抗 R (r [Ω]) を接続する。また、2本のレールに対して直角に、導体棒 PQ (質量 m [kg]) をおく。回路全体は鉛直方向の一様な磁束密度 B [T] の中にある。重力加速度の大きさを g [m/s^2] とし以下の問いに答えよ。ただし、レールと導体棒間の摩擦およびレールと導体棒の電気抵抗は無視する。

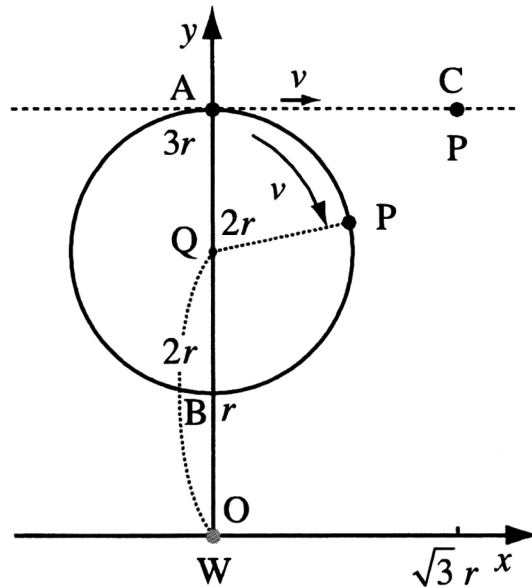


- (1) 導体棒 PQ を静かに離れたところ、斜面上に沿って下向きに加速度 a [m/s^2] で導体棒は運動を始め、その結果、抵抗 R に電流 I [A] が流れた。導体棒 PQ の運動方程式を、 m, a, g, θ, I, B, l を用いて表せ。
- (2) 導体棒 PQ が斜面上に沿って下向きに速度 v [m/s] で運動している。
 - (a) 導体棒 PQ に生じる起電力 V [V] の大きさを v, θ, B, l を用いて表せ。
 - (b) 抵抗 R に流れる電流 I [A] の大きさを v, θ, r, B, l を用いて表せ。
 - (c) P 点と Q 点ではどちらが高い電位となっているか。
- (3) 導体棒 PQ の速度 v [m/s] は時間とともに増加し、最終的に一定の速度 v_t [m/s] (終端速度) となった。
 - (a) v_t [m/s] を m, g, θ, r, B, l を用いて表せ。
 - (b) 導体棒について重力がする仕事率 W [W] を m, θ, r, B, l を用いて表せ。
 - (c) 抵抗 R で消費される1秒間当たりのジュール熱 Q [J/s] を m, a, g, θ, r, B, l を用いて表せ。

物 理 (問題用紙 3)

解答に必要な計算および答えは解答用紙の指定されたところに書け。

III 図のように、水平面に x 軸, y 軸をとる。振動数 f [Hz] の音を出している音源 P が点 $A(0, 3r)$ から一定の速さ v [m/s] で点 $Q(0, 2r)$ を中心とする半径 r [m] の等速円運動をしている。観測者 W は原点 $O(0, 0)$ に静止している。音速を V [m/s] とし、次の問いに答えよ。ただし、音源 P が点 $A(0, 3r)$ から等速円運動を開始した時刻を $t=0$ とする。



- (1) 音源が一周する時間 t_c [s] を r, v を用いて表せ。
- (2) 点 A で音源 P から出た音は観測者 W に振動数 f_A [Hz] の音として聞えた。 f_A を f を用いて表せ。
- (3) 観測者 W が時刻 t_1 [s] に最も高い振動数 f_{\max} [Hz] の音を聞いた。 t_1 と f_{\max} を r, v, V, f を用いて表せ。
- (4) 観測者 W が最も高い音を聞いてから、時刻 t_2 [s] 後に最も低い振動数 f_{\min} [Hz] の音を聞いた。 t_2, f_{\min} を r, v, V, f を用いて表せ。
- (5) 等速円運動をしていた音源 P は点 A に到着後、一定の速さ v [m/s] で点 $C(\sqrt{3}r, 3r)$ に向かって等速直線運動を始めた。点 C で音源 P から出された音は観測者 W に振動数 f_C [Hz] の音として聞こえた。 f_C を v, V, f を用いて表せ。