

2026年4月入学
九州工業大学大学院工学府博士前期課程
一般選抜 第1回(一般型)

工学専攻 分野5・6
(機械宇宙システム工学・電気宇宙システム工学)

物 理

2025年7月19日(土)
13:00~15:00

注意事項

- 開始の合図があるまで、この面を上にして本紙を閉じておくこと
- 開始の合図後、解答用紙が問題数分揃っているかを確認し、不備があれば
挙手して監督者に速やかに伝えること
- すべての解答用紙の所定欄に受験番号を記入すること
- 問題ごとに指定の解答用紙に解答すること
- 終了後、解答用紙のみを回収するので、指示に従うこと
- 本紙は持ち帰ってよい

地球上の緯度 θ の地点から、質量 m の質点を北向きに仰角 α 、初速度 v_0 にて打ち上げる。地球は角速度 ω で自転しているものとし、発射地点に固定された観測者（回転座標系）から見た場合、速度 v で運動している質点にはコリオリ力が作用する。コリオリ力は以下の式で与えられる。

$$F_{\text{cor}} = -2m(\omega \times v)$$

回転座標系における質点の位置（変位）を、東向き・北向き・鉛直上向きに沿って、それぞれ x 、 y 、 z とし、地球の角速度の大きさを ω 、重力加速度を g 、時刻を t として以下の設問に答えよ。

なお、質点の運動を考える際には、空気抵抗と地球の曲率を無視し、緯度 θ は運動中一定とする。また遠心力は重力加速度 g に含まれているとする。

- (1) コリオリ力を考慮に入れ回転座標系からみた質点の運動方程式を東、北、鉛直方向各成分について立てよ。必要に応じて、 θ 、 m 、 α 、 v_0 、 x 、 y 、 z 、 ω 、 g 、 t を用いること。
- (2) (1)で導出した運動方程式を用いて、質点が最高点に到達する時間 T における東方向の変位量を概算せよ。ただし、概算の際に用いる運動方程式においては、北向き加速度と鉛直加速度における東向き速度の寄与は考えないこととし、さらに東向き加速度における北向き速度の寄与も考えないこととする。必要に応じて、 θ 、 m 、 α 、 v_0 、 x 、 y 、 z 、 ω 、 g 、 t を用いること。

摩擦のないピストンのついたシリンダー中の理想気体の状態を変化させた。その際に行った熱力学的操作に関する以下の各設問に解答せよ。気体の量を n [mol]、気体定数を R [J/mol K]、定積モル比熱を C_v 、定圧モル比熱を C_p とし、これらの記号および圧力、体積、温度を表す添字付きの P [Pa]、 V [m³]、 T [K] を用いて単位をつけて解答せよ。導出過程において他の記号を必要とする場合は、定義を行った上で使用し、導出結果には用いないこと。

- (1) n [mol] の理想気体について、状態 A (P_1 [Pa]、 T_1 [K]、 V_1 [m³]) から状態 B (P_2 [Pa]、 T_2 [K]、 V_2 [m³]) へ準静的に圧縮したとき、この気体が外部にした仕事 W_1 を導出せよ。ただし $P_1 = P_2$ 、 $V_1 > V_2$ とする。解答の導出は、ピストンの面積を a 、 x 軸方向に移動するピストンの移動の始点を b_1 、終点を b_2 とした

以下の式から開始し、 a 、 x 、 b_1 、 b_2 の各記号は導出結果には用いないこと。

$$\int_{b_1}^{b_2} Pa dx$$

- (2) n [mol] の理想気体について、状態 B (P_2 [Pa]、 T_2 [K]、 V_2 [m³]) から状態 C (P_3 [Pa]、 T_3 [K]、 V_3 [m³]) へ準静的に変化させたとき、この気体が外部にした仕事 W_2 を導出せよ。ただし $V_2 = V_3$ 、 $P_2 < P_3$ とする。解答の導出は、ピストンの面積を a 、 x 軸方向に移動するピストンの移動の始点を b_2 、終点を b_3 とした

以下の式から開始し、 a 、 x 、 b_2 、 b_3 の各記号は導出結果には用いないこと。

$$\int_{b_2}^{b_3} Pa dx$$

- (3) n [mol] の理想気体について、状態 C (P_3 [Pa]、 T_3 [K]、 V_3 [m³]) から状態 A (P_1 [Pa]、 T_1 [K]、 V_1 [m³]) へ準静的に変化させたとき、この気体が外部にした仕事 W_3 を導出せよ。ただし $T_3 = T_1$ とする。解答の導出は、ピストンの面積を a 、 x 軸方向に移動するピストンの移動の始点を b_3 、終点を b_1 とした以下の式から

開始し、 a 、 x 、 b_3 、 b_1 の各記号は導出結果には用いないこと。

$$\int_{b_3}^{b_1} Pa dx$$

- (4) 設問 (1) (2) (3) における気体のエントロピー変化をそれぞれ求めよ。

図に示すように原点 O を中心とする同心球殻電極がある。内殻電極および外殻電極の半径をそれぞれ r_1 、 r_2 とする。内殻電極の外表面および外殻電極の内表面にはそれぞれ一様な電荷 $+Q$ 、 $-Q$ が充電されており、電源は取り外されている。その後、球殻電極間に内径 a 、外径 b 、の同心球殻状の誘電体が挿入されたとき、以下の設問に電荷 Q 、球殻電極の半径 r_1 、 r_2 、球殻状誘電体の半径 a 、 b 、誘電体の比誘電率 ϵ_r 、真空中の誘電率 ϵ_0 、および原点からの距離 r のいずれかのみ（導出過程において変数・係数を定義してもよいが、最終解答には使用しないこと）を用いて答えなさい。導出の過程は省略せず、明瞭に記述すること。ただし原点から球殻外側に向かう方向を r 軸の正方向とする。

- (1) 内殻電極の外表面から球殻誘電体の内表面までの任意の点 A 、球殻誘電体内の任意の点 B 、誘電体の外表面から外殻電極の内表面までの任意の点 C 、における電場の大きさをガウスの法則を用いて r の関数として導出せよ。
- (2) 設問(1)の解答を積分経路に沿って r に対して積分することにより、球殻電極間の電位差を導出せよ。
- (3) 設問(2)の解答を用いて、誘電体を含む同心球殻電極のコンデンサーの電気容量を導出せよ。

