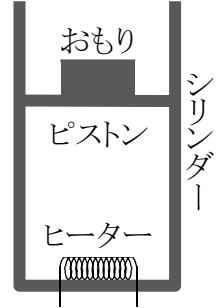


物理学Ⅱ 中間試験

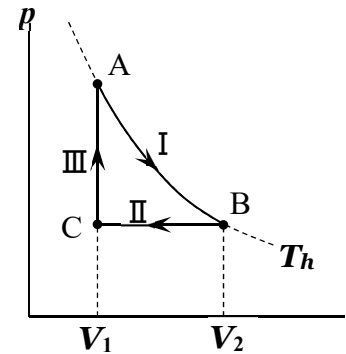
以下の設問にそれぞれ答え、解答を解答用紙に記入すること。計算過程も評価するので、できるだけ記入するように。気体定数 R [J/mol·K]、真空の誘電率 ϵ_0 [F/m]、円周率 π は記号のまままで使用すること。

1. 図のように断面積 $S = 2.8 \times 10^{-3}$ [m²] のシリンダーが真空中に置かれ、なめらかに動くピストンで $n = 6$ [mol] の単原子分子理想気体が封入されている。シリンダーとピストンは断熱材でできており、外部との熱の出入りはないが、シリンダー内にはヒーターが置かれ、気体に熱を与えることができる。ピストンの上にはおもりが置かれていて、おもりとピストンの合わせた質量は $m = 10$ [kg] である。このヒーターから気体に $Q = 18.4$ [J] の熱を与えると、ピストンは $\Delta l = 5.0 \times 10^{-2}$ [m] だけ上昇した。このとき、以下の問いに答えよ。ただし、重力加速度 $g = 9.8$ [m/s²] とする。



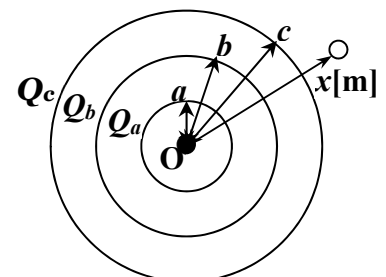
- (1) ピストンが上昇する間に気体が外部にした仕事 W を求めよ。
- (2) 気体の圧力 p を求めよ。
- (3) 気体の内部エネルギーの変化量 ΔU を求めよ。
- (4) 気体の温度変化 ΔT を求めよ。

2. 2原子分子の理想気体 $n = 4$ [mol] を、図の $A \rightarrow$ (Ⅰ 等温変化) $\rightarrow B \rightarrow$ (Ⅱ 等圧変化) $\rightarrow C \rightarrow$ (Ⅲ 等積変化) $\rightarrow A$ のように変化させる熱機関がある。 $V_1 = 0.5 \times 10^{-3}$ [m³]、 $V_2 = 1.0 \times 10^{-3}$ [m³]、 $T_h = 500$ [K] が与えられたとき、以下の問いに答えよ。ただし、 $\ln 2 = 0.7$ 、 $\ln 5 = 1.6$ 、 $\ln 7 = 1.9$ とする。



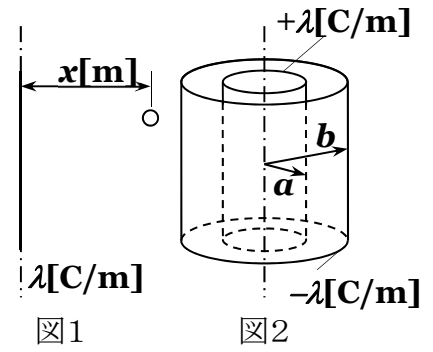
- (1) 状態Cにおける気体の温度 T_c を求めよ。
- (2) Ⅰ～Ⅲの各過程における、内部エネルギーの増加量 ΔU 、気体に与えられた仕事 W 、気体に与えられた熱量 Q 、エントロピーの増加量 ΔS を求め、解答用紙の表を埋めよ。
- (3) この熱機関1サイクルで気体が外部に行う仕事 W_{all} を求めよ。
- (4) $Q_I \sim Q_{III}$ のうち正のもの合計を入力熱量、 W_{all} を総仕事量と考えたとき、この熱機関の熱効率 η を求めよ。

3. 互いに絶縁された3つの薄い(厚さを無視できる)金属球殻 A、B、C が同心にあり、その半径は小さい方からそれぞれ順に a 、 b 、 c である。球殻の電荷の総量が、それぞれ Q_a 、 Q_b 、 Q_c (ただし、 $Q_a > Q_b > Q_c$) の場合、以下の問いに答えなさい。



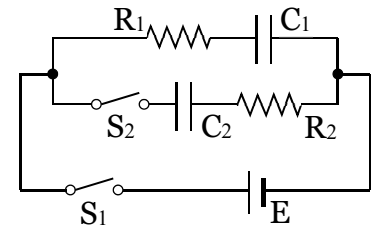
- (1) 球殻の中心から距離 x [m] での電界の強さ E [V/m] を求めよ。また、距離 x [m] と電界の強さ E [V/m] の関係をグラフに示せ。
- (2) 球殻の中心から距離 x [m] での電位 V [V] を求めよ。また、距離 x [m] と電位 V [V] の関係をグラフに示せ。
- (3) (2)の結果より、それぞれの球殻の電位 V_a 、 V_b 、 V_c を答えよ。
- (4) このとき1番内側の球殻 A を接地(電位を 0 [V] に)すると、一番外側の球殻 C の電位はどれくらい減ることになるか。

4. 図1のように無限に長い直線上に分布した電荷が作る電界の強さから、図2のような円筒形コンデンサの単位長さあたりの電気容量を考える。以下の問いに答えなさい。



- (1) 図1の電荷が線密度 $\lambda[\text{C/m}]$ で一様に分布しているとき、この直線から距離 $x[\text{m}]$ の点に作る電界の強さ $E[\text{V/m}]$ を求めよ。
- (2) 図2の中心軸から距離 $x[\text{m}]$ のところの電界の強さ $E[\text{V/m}]$ を求めよ。また、距離 $x[\text{m}]$ と電界の強さ $E[\text{V/m}]$ の関係をグラフに示せ。グラフには特徴を表す値を明記するよう。
- (3) 図2の中心軸から距離 $x[\text{m}]$ のところの電位 $V[\text{V}]$ を求めよ。また、距離 $x[\text{m}]$ と電位 $V[\text{V}]$ の関係をグラフに示せ。グラフには特徴を表す値を明記するよう。
- (4) 円筒形コンデンサの両極間の電位差 $V_{ab}[\text{V}]$ を求めよ。
- (5) 円筒形コンデンサの電気容量 $C[\text{F}]$ を求めよ。

5. 図のように、起電力 $V[\text{V}]$ で内部抵抗の無視できる電池 E、抵抗値がそれぞれ $2r[\Omega]$ 、 $3r[\Omega]$ の抵抗 R_1 、 R_2 、容量がそれぞれ $C[\text{F}]$ 、 $2C[\text{F}]$ のコンデンサ C_1 、 C_2 とスイッチを接続した。はじめ、 S_1 、 S_2 は開かれており、コンデンサには電荷は蓄えられていない。このとき、以下の問いに答えなさい。



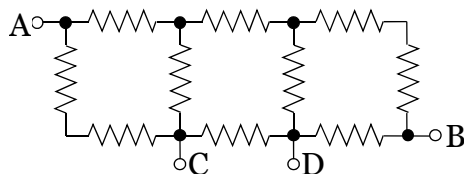
はじめにスイッチ S_1 のみを閉じた。

- (1) スwitch S_1 を閉じた瞬間、抵抗 R_1 に流れる電流 I_1 を求めよ。
- (2) 十分に時間が経過した後、コンデンサ C_1 に蓄えられる電荷 Q_1 と静電エネルギー U_1 を求めよ。
- (3) この間に、抵抗 R_1 で発生したジュール熱 W_1 を求めよ。

つぎに、 S_1 を開いてから S_2 を閉じる。

- (4) スwitch S_2 を閉じた瞬間、抵抗 R_2 に流れる電流 I_2 を求めよ。
- (5) 十分に時間が経過した後、コンデンサ C_2 に蓄えられる電荷 Q_2 と静電エネルギー U_2 を求めよ。
- (6) この間に、抵抗 R_2 で発生したジュール熱 W_2 を求めよ。

6. 以下の回路について、それぞれの問いに答えよ。ただし、図中のすべての抵抗は $80[\Omega]$ とする。



- (1) AB 間の合成抵抗を求めよ。
- (2) A に $15[\text{V}]$ の直流電源を、B に $\text{GND}(0[\text{V}])$ を接続したとき、端子 C および端子 D の出力電圧を求めよ。

7. 感想等を書いて下さい。