

2025年度

大阪公立大学工学部
3年次一般編入学試験

マテリアル工学科

専門科目

(解答時間 150分)

注 意

解答始めの指示があるまで問題冊子を開かないこと。

- (1) 解答用紙（6枚）は別に配付する。
- (2) 解答開始後ただちに、すべての解答用紙の所定欄に、受験番号を丁寧に記入すること。
- (3) 解答は、すべて解答用紙の所定欄に記入し、裏面は使用しないこと。下書きには、問題冊子の余白を使用すること。
- (4) 解答終了後、配付された解答用紙はすべて提出すること。問題冊子は持ち帰ること。

(白紙)

【問題1】

ピストン付きのシリンダーに密閉された1 molの理想気体が，図1.1に示す過程で準静的な仕事をする場合を考える。状態Aから状態Bへの変化は等温膨張過程で進行し，状態Bから状態Cへの変化は断熱膨張過程で進行する。気体の圧力を P ，体積を V ，温度を T ($T_1 < T_2$)とする。また，気体に対して外部から与えられる熱を Q ，気体がピストンを介して外部にする仕事を W ，気体定数を R とする。ただし，気体が膨張する際に外部に対してする仕事を正とする。ピストン付きのシリンダーの熱容量は無視できるものとし，また，ピストンとシリンダーの間には摩擦がないものとする。

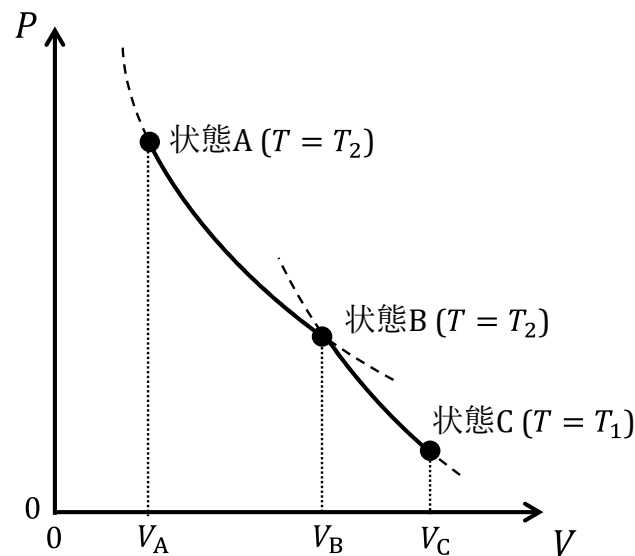


図1.1

- 問1 状態Aから状態Bに気体が膨張する際の仕事 W_{AB} を R ， T_2 ， V_A および V_B で表せ。
- 問2 問1の過程において外部から与えられる熱 Q_{AB} を R ， T_2 ， V_A および V_B で表せ。
- 問3 状態Bから状態Cに気体が膨張する際に外部から与えられる熱 Q_{BC} を求めよ。

状態Bから状態Cへの変化の際、気体の内部エネルギー変化 ΔU は次式で与えられる。

$$\Delta U = C_V \Delta T \quad (1.1)$$

ここで、 C_V は気体の定積モル比熱であり、 ΔT は温度変化である。

問4 状態Bから状態Cに気体が膨張する際の仕事 W_{BC} を C_V 、 T_1 および T_2 で表せ。

問5 状態Aから状態Bへの体積変化($V_B - V_A$)は、状態Bから状態Cへの体積変化($V_C - V_B$)よりも大きいとする。このとき、 W_{AB} と W_{BC} の間の大小関係を答えよ。

1.00 molの水をピストン付きのシリンダーに入れ、ピストンにかかる圧力を $1.00 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}$ とした状態で加熱し373 Kとした。次に、シリンダーをさらに加熱し、水をすべて気化させた。373 K、 $1.00 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}$ の圧力下において、液体の水の密度は 0.955 g mL^{-1} であり、水蒸気の密度は $5.96 \times 10^{-4} \text{ g mL}^{-1}$ であるとする。ただし、気体が膨張する際に外部に対してする仕事を正とする。ピストン付きのシリンダーの熱容量は無視できるものとし、また、ピストンとシリンダーの間には摩擦がないものとする。

問6 シリンダー内の水が気化する過程で外部に対してする仕事を有効数字3桁で求めよ。水の分子量を18.0として計算せよ。計算の過程も示せ。

問7 シリンダー内の水が気化する過程の内部エネルギー変化を有効数字3桁で求めよ。計算の過程も示せ。ただし、水が気化する際の標準蒸発エンタルピーは $4.07 \times 10^4 \text{ J mol}^{-1}$ であるとする。

問8 熱力学第2法則を説明する表現の1つとしてトムソンの原理（ケルビンの原理）が知られている。括弧内の語句を全て用いてトムソンの原理を説明せよ。

(熱, 仕事, 変換)

【問題2】

光電効果に関する次の文章を読み問いに答えよ。ただし，電子が高速で運動することによる相対論的効果は無視せよ。

真空中に置かれた金属に光をあてると電子が放出される光電効果は，光の (ア) を示す現象の一つである。入射光の振動数 ν と金属から放出される電子の運動エネルギーの最大値 E_{\max} には，次式の関係がある。

$$E_{\max} = h\nu - \phi \quad (2.1)$$

ここで h はプランク定数である。 ϕ は金属内から電子を取り出すのに必要な最小のエネルギーであり，(イ) と呼ばれる。

問1 文章中の(ア)と(イ)に最も適切な語句を次の括弧の中から選び答えよ。

(波動性，粒子性，連続性，フェルミエネルギー，仕事関数，真空準位)

問2 振動数 ν の光子が n 個あるときのエネルギーを ν ， n および h を用いて表せ。

問3 真空中に置かれた ϕ が $3.5 \times 10^{-19} \text{ J}$ の金属に，ある振動数の光を照射したところ，電子は放出されなかった。次に，光の振動数を徐々に大きくしていったところ，ある振動数 ν_0 を超えたところで電子が放出された。 ν_0 の値を単位を Hz とし有効数字2桁で求めよ。ただし， h を $6.6 \times 10^{-34} \text{ Js}$ とせよ。

問4 光電効果が起こる条件で，光の振動数を一定に保ち，光の強度（明るさ）を2倍にすると，放出される電子の運動エネルギーの最大値はどのようになるかを次の括弧の中から選び答えよ。

(0.5倍になる，変わらない，2倍になる，4倍になる)

- 問5 運動している電子の速さを V 、電子の質量を m とするとき、電子の運動エネルギーを V と m を用いて表せ。
- 問6 速さ V で運動している電子のド・ブロイ波長を h 、 V および m を用いて表せ。
- 問7 真空中に置かれた ϕ が $3.0 \times 10^{-19} \text{ J}$ の金属に、1光子あたりのエネルギーが $5.0 \times 10^{-19} \text{ J}$ の光を照射したとき、放出される電子のド・ブロイ波長の最小値を有効数字2桁で求めよ。ただし、電子の質量を $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ とし、必要があれば $\sqrt{9.1}$ を 3.02 として計算せよ。また、 h を $6.6 \times 10^{-34} \text{ Js}$ とせよ。

【問題3】

周期が 6 以下の 17 族の元素はハロゲンと呼ばれる。ハロゲンの中で原子番号が 3 番目に大きい元素は (ア) である。Cl 原子の基底状態の電子配置は $(1s)^2(2s)^2(2p)^6(3s)^2(3p)^5$ と表記され、主量子数 $n =$ (イ) , 軌道角運動量量子数 (または方位量子数) $l =$ (ウ) で規定される (エ) 個の 3p 原子軌道に 5 個の電子が収容されている。ハロゲン化物イオンの基底状態の電子配置は価電子が (オ) 個となる閉殻構造を取る。このため、ハロゲン原子は高い電子親和力を示す。

問1 空欄 (ア) に当てはまる元素記号および空欄 (イ) ~ (オ) に当てはまる数字を答えよ。

問2 電子親和力を説明する次の文章の (カ) ~ (コ) に当てはまる最も適切な語句を括弧の中から選びそれぞれ答えよ。

(カ) [真空下, 窒素雰囲気, 大気下] において, (キ) [気体, 液体, 固体] 状態の中性原子が電子を 1 個 (ク) [収受, 放出] して, 1 価の (ケ) [陽イオン, 陰イオン] になるときに (コ) [吸収, 放出] するエネルギーを電子親和力と呼ぶ。

問3 冒頭の文中の Cl 原子の電子配置と同様の表記を用いて, Ar 原子の基底状態の電子配置を答えよ。また, Ar 原子が Cl 原子と比べて極めて低い電子親和力を示す理由を説明せよ。

問4 N 原子が C 原子と比べて低い電子親和力を示す理由を, 電子配置と関連付けて説明せよ。

問5 F 原子が Cl 原子と比べて大きい第一イオン化エネルギーを示す理由を, 括弧内の語句を全て用いて説明せよ。

(原子半径, 原子核)

問6 F原子またはI原子が電場中に置かれると、原子内の電荷分布に偏りが生じ、F原子とI原子は分極する。分極の度合いは分極率で表され、原子内の電荷分布の偏りが大きいほど分極率が大きい。同じ電場中に置かれたF原子とI原子はどちらが分極率が大きいのか、理由とともに答えよ。

(白紙)