

2027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。

本試験問題の一部あるいは全部について、いかなる方法においても複写・複製など、著作権法上で規定された権利を侵害する行為を行うことは禁じられています。

(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に示す準静的な過程で仕事を行う。状態 A から状態 B への変化は等温での圧縮過程、状態 B から状態 C への変化は定容での放熱過程、状態 A から状態 C への変化は定圧での圧縮過程である。気体の圧力を P 、体積を V 、温度を T とする。また、気体のモル定容熱容量を C_V 、モル定圧熱容量を C_P とする。気体定数は R とする。外部から気体にする仕事、および外部から気体に与える熱をいずれも正とする。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、ピストンとシリンダーの間には摩擦がないものとする。

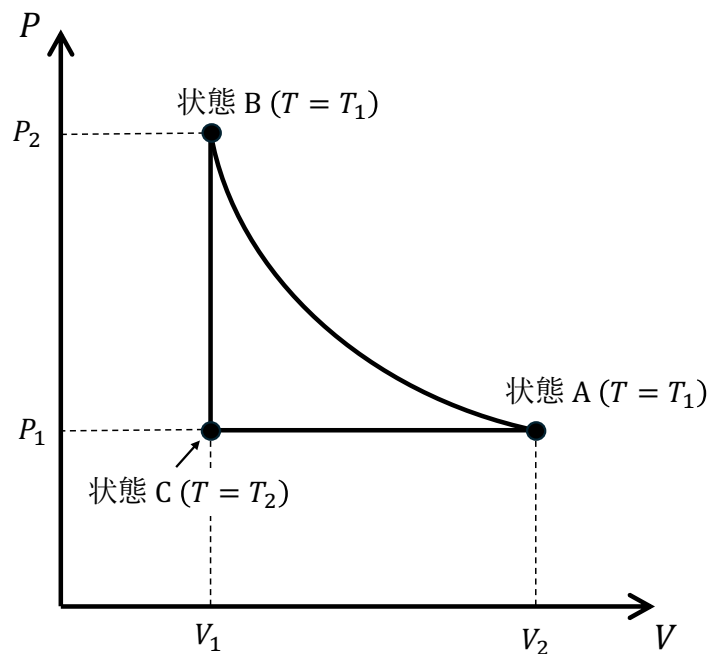


図1.1

- 問1 状態 A から状態 B の過程で外部から気体にする仕事 W_{AB} 、外部から気体に与える熱 Q_{AB} 、気体の内部エネルギー変化 ΔU_{AB} 、およびエンタルピー変化 ΔH_{AB} を R 、 V_1 、 V_2 、 T_1 の一部、あるいは全てを用いて表せ。ただし、状態 A から状態 B の過程で内部エネルギーあるいはエンタルピーが変化しない、もしくは仕事や熱が生じない場合は 0 と答えよ。

- 問2 状態 B から状態 C の過程で外部から気体にする仕事 W_{BC} , 外部から気体に与える熱 Q_{BC} , 気体の内部エネルギー変化 ΔU_{BC} , およびエンタルピー変化 ΔH_{BC} を R , T_1 , T_2 , C_V の一部, あるいは全てを用いて表せ。状態 B から状態 C の過程で内部エネルギーあるいはエンタルピーが変化しない, もしくは仕事や熱が生じない場合は 0 と答えよ。
- 問3 状態 A から状態 C の過程で外部から気体にする仕事 W_{AC} , 外部から気体に与える熱 Q_{AC} , 気体の内部エネルギー変化 ΔU_{AC} , およびエンタルピー変化 ΔH_{AC} を R , T_1 , T_2 , C_P の一部, あるいは全てを用いて表せ。状態 A から状態 C の過程で内部エネルギーあるいはエンタルピーが変化しない, もしくは仕事や熱が生じない場合は 0 と答えよ。
- 問4 状態 A から状態 B, 状態 B から状態 C, および状態 A から状態 C の各過程におけるエントロピー変化 ΔS_{AB} , ΔS_{BC} , ΔS_{AC} を R , T_1 , T_2 , C_P の一部, あるいは全てを用いて表せ。
- 問5 状態 A から状態 B の過程におけるギブズエネルギー変化 ΔG_{AB} を R , T_1 , T_2 を用いて表せ。
- 問6 状態 A におけるピストン内の理想気体のモルエントロピーを S_A とする。状態 B から状態 C の過程におけるギブズエネルギー変化 ΔG_{BC} を S_A , R , T_1 , T_2 , C_P , C_V を用いて表せ。導出過程を示すこと。

【問題2】

光は波としての性質（波動性）と粒子としての性質（粒子性）をあわせ持つ。

問1 次に挙げる現象のうち、主として波動性を示すものと粒子性を示すものに分けよ。

干渉・回折・光電効果・コンプトン効果

問2 括弧内の語句を全て用いてコンプトン効果を説明せよ。

(X線, 電子, 波長, 運動量保存則, エネルギー保存則)

問3 波長 λ の光子 1 個の運動量の大きさをプランク定数 h , 光速 c , および λ の一部, あるいは全てを用いて表せ。

問4 真空中に置かれたある金属に振動数 ν_1, ν_2 ($\nu_2 > \nu_1$) の光を照射した時, 金属から放出される電子の最大運動エネルギーはそれぞれ K_1, K_2 であった。

(1) プランク定数を ν_1, ν_2, K_1, K_2 を用いて表せ。

(2) この金属の仕事関数を ν_1, ν_2, K_1, K_2 を用いて表せ。

電子は粒子であるが、波としての性質も示す。電子の質量を m 、電気素量を e として以下の問いに答えよ。

問5 静止した状態から電位差 V で加速された自由電子の速さを m , e , V を用いて表せ。電子が高速で運動することによる相対論効果は無視できるとする。

問6 静止した状態から電位差 V で加速された自由電子のド・ブロイ波長を m , e , V , h を用いて表せ。

問7 ド・ブロイ波長が $1.0 \times 10^{-10} \text{ m}$ である電子の運動エネルギーを、 eV を単位として有効数字2桁で求めよ。ただし、 $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J s}$, $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$, $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ とする。

【問題3】

- 問1 水素原子における電子の運動を考えたとき、原子核の周りを1個の電子が高速で円運動していると仮定すると、電子のエネルギー準位 E_n は以下の式で与えられる。

$$E_n = - \frac{e^4 m}{8 \varepsilon_0^2 h^2 n^2} \quad (3.1)$$

ここで ε_0 は真空の誘電率、 h はプランク定数、 m は電子の質量、 e は電気素量、 n は自然数である。また、光速を c とする。 E_2 から E_1 への電子の遷移が起こるとき、両状態のエネルギー差に相当する光が放出される。このとき得られるスペクトルの波長 λ を、 ε_0 、 h 、 m 、 e 、 c を用いて表せ。導出過程も示すこと。

- 問2 原子軌道 1s, 2p, 3d, 4f について、主量子数と方位量子数（または軌道角運動量子数）をそれぞれ答えよ。

- 問3 Li の電子配置は $1s^2 2s^1$ と表される。この例にならって次の原子の電子配置を答えよ。

(1) C, (2) Ne, (3) Na, (4) Ca

- 問4 パウリの排他原理を説明せよ。

- 問5 ポーリングにより、原子Aと原子Bの電気陰性度の差の絶対値は次式のように経験的に定義された。

$$|\chi_A - \chi_B| = \sqrt{\frac{1}{\alpha} \left\{ D_{A-B} - \frac{1}{2} (D_{A-A} + D_{B-B}) \right\}} \quad (3.2)$$

ここで χ は原子の電気陰性度、 α は係数、 D は分子の結合解離エネルギーである。

原子Aが水素H、原子Bがフッ素Fの場合、結合解離エネルギーは、それぞれ $D_{H-H} = 436 \text{ kJ mol}^{-1}$ 、 $D_{F-F} = 155 \text{ kJ mol}^{-1}$ として与えられる。水素およびフッ素のポーリングの電気陰性度を、それぞれ $\chi_H = 2.20$ 、 $\chi_F = 3.98$ として、フッ化水素の結合解離エネルギー D_{H-F} を α を用いて表せ。導出過程も示すこと。

問6 原子番号が1～20までの原子のイオン化エネルギーについて以下の問いに答えよ。

- (1) 周期表の同じ族では、原子番号が大きいほど第一イオン化エネルギーが減少する傾向がある。電子配置および有効核電荷の観点からこの理由を答えよ。
- (2) 一般的に周期表の同じ周期では原子番号が大きくなるほど第一イオン化エネルギーは増加する傾向にあるが、ベリリウムからホウ素では例外的に減少する。電子配置および有効核電荷の観点からこの理由を答えよ。

(白紙)

(白紙)