

2026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（7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に示すような仮想的で準静的なサイクル（カルノーサイクル）で仕事をする場合を考える。状態 A から状態 B への変化，および，状態 C から状態 D への変化は等温過程である。状態 B から状態 C への変化，および，状態 D から状態 A への変化は断熱過程である。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。

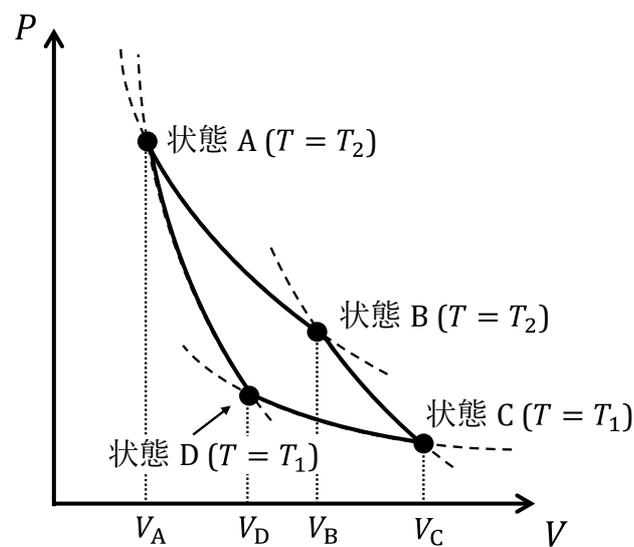


図1.1

- 問1 状態 A から状態 B に気体が膨張する際の内部エネルギー変化 ΔU_{AB} を求めよ。
- 問2 状態 A から状態 B に気体が膨張する際に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。

問4 状態 D から状態 A に気体が圧縮される際の仕事 W_{DA} を C_V , T_1 , および T_2 で表せ。
ただし, C_V は気体の定積モル比熱である。

問5 状態 A → 状態 B → 状態 C → 状態 D → 状態 A の1サイクルで気体がする仕事 W_{ABCD} を, R , T_1 , T_2 , V_A , V_B , V_C および V_D で表せ。

問6 このサイクルの熱効率 η は式(1.1)で与えられる。 η を T_1 および T_2 で表せ。導出過程を示すこと。

$$\eta = \frac{W_{ABCD}}{Q_{AB}} \quad (1.1)$$

ただし, V_A , V_B , V_C および V_D の間には式(1.2)の関係がある。

$$\frac{V_B}{V_A} = \frac{V_C}{V_D} \quad (1.2)$$

問7 状態 C から状態 D に気体が圧縮される際のエントロピー変化 ΔS_{CD} を R , V_C および V_D で表せ。

問8 状態 A → 状態 B → 状態 C → 状態 D → 状態 A の1サイクルでの気体のエントロピー変化 ΔS_{ABCD} を求めよ。

【問題2】

黒体は、入射する電磁波（光）をすべての振動数にわたって完全に吸収し、また、自らもつ熱エネルギーを電磁波として放射する仮想的な物体である。黒体から放射される振動数 ν の電磁波のエネルギー密度 $u(\nu)$ は、プランクの式

$$u(\nu) = \frac{8\pi h\nu^3}{c^3} \frac{1}{\exp\left(\frac{h\nu}{k_B T}\right) - 1} \quad (2.1)$$

で与えられる。ここで、 h はプランク定数、 c は光速、 k_B はボルツマン定数、 T [K] は黒体の絶対温度である。 $h = 6.6 \times 10^{-34}$ J s, $c = 3.0 \times 10^8$ m s $^{-1}$, $k_B = 1.4 \times 10^{-23}$ J K $^{-1}$ とする。

問1 プランクが式(2.1)を理論的に導くために用いたエネルギー量子仮説を50字以内で説明せよ。

問2 プランクの式が $h\nu \gg k_B T$ において、

$$u(\nu) = \frac{8\pi h\nu^3}{c^3} \exp\left(-\frac{h\nu}{k_B T}\right) \quad (2.2)$$

と近似されることを示せ。

問3 プランクの式が $h\nu \ll k_B T$ において、

$$u(\nu) = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} k_B T \quad (2.3)$$

と近似されることを示せ。必要ならば、 $\exp(x)$ は $|x| \ll 1$ のとき $1+x$ と近似できることを用いよ。

問4 $u(\nu)$ が最大となる電磁波の振動数 ν_{\max} に関して、

$$\frac{h\nu_{\max}}{k_B T} = b \quad (2.4)$$

が成り立つ。ここで、 b は定数である。 $b = 2.8$ として、 $T = 5.0 \times 10^3$ K における ν_{\max}

の値を有効数字2桁で求めよ。

問5 $u(\nu)$ の概形を解答用紙の図に描け。

太陽光のスペクトルには、プランクの式では説明できない多数の暗線（フラウンホーファー線）が含まれている。これは、太陽や地球の大気中の原子や分子が特定の波長の電磁波を吸収するためである。表2.1に水素原子のエネルギー準位 E_n とエネルギー値の関係を示す。ここで、 n は主量子数である。

表2.1

| エネルギー準位 E_n | エネルギー (J) |
|---------------|-------------------------|
| E_1 | -2.18×10^{-18} |
| E_2 | -5.4×10^{-19} |
| E_3 | -2.4×10^{-19} |
| E_4 | -1.4×10^{-19} |
| E_5 | -8.7×10^{-20} |

問6 水素原子が波長 λ の電磁波を吸収してエネルギー準位 E_n から $E_{n'}$ ($E_n < E_{n'}$) へ電子が遷移するとき、 λ を E_n , $E_{n'}$, h , c を用いて表せ。

問7 波長 656 nm の暗線がエネルギー準位 E_n から $E_{n'}$ への電子遷移に起因すると考えた場合、主量子数 n と n' の値をそれぞれ答えよ。

【問題3】

単一元素および複数元素から成る結晶に関する問いに答えよ。

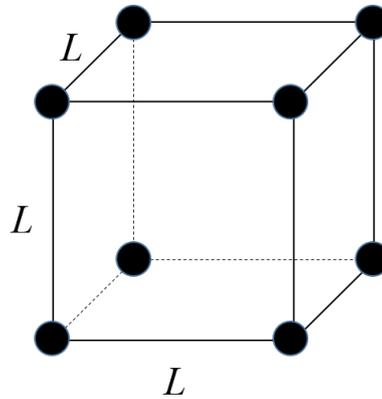


図3.1

- 問1 図3.1は単純立方構造の模式図であり、黒丸は原子を表す。図3.1にならい、体心立方構造、面心立方構造を図示せよ。
- 問2 単純立方構造、体心立方構造、面心立方構造の原子の配位数を答えよ。また、各構造の最近接原子間距離を、単位格子の一辺の長さ L を用いて表せ。ただし、各格子点を1個の原子が占めるものとする。
- 問3 Au の結晶は面心立方構造をとる。その格子定数 a をアボガドロ数 N_A 、Au の原子量 M 、および密度 D を用いて表せ。導出過程も示すこと。
- 問4 ある単体金属が六方最密充填構造をとるとき、その充填率を有効数字2桁で求めよ。ただし、金属原子は剛体球で表されると仮定する。導出過程も示すこと。 $\sqrt{2} = 1.41$ とせよ。

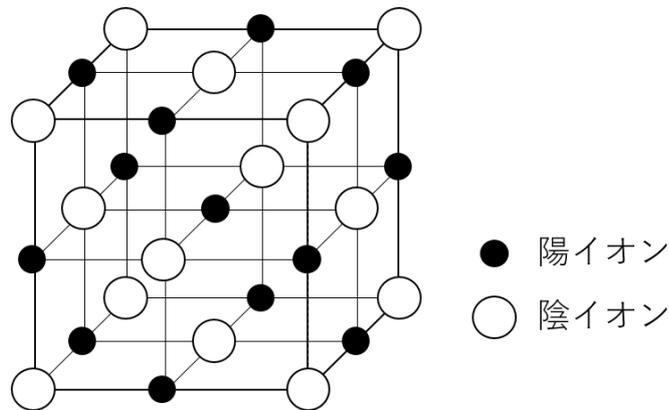


図3.2

問5 図3.2のような2種類の元素から成る岩塩型構造のイオン結晶において，陽イオンの半径を r_c ，陰イオンの半径を r_A とする。 $r_c < r_A$ とするとき，イオン半径比 r_c/r_A が取りうる最小値を有効数字3桁で求めよ。ただし，陽イオンと陰イオンは剛体球であり，また，両者は互いに接触していると仮定する。 $\sqrt{2} = 1.414$ とせよ。

問6 イオン結晶の半径比則に関する以下の文章を読み，空欄 (1) ~ (4) に当てはまる適切な語句を以下の語群から選び記号で答えよ。ただし，陰イオンの半径は陽イオンの半径よりも大きいものとする。

<語群>

ア：増大 イ：減少 ウ：最大化 エ：安定化 オ：不安定化 カ：配位数

キ：イオン化エネルギー ク：仕事エネルギー

陰イオンと陽イオンが互いに接触できる場合， が大きいほど結晶構造は する。しかし，結晶構造を保ったまま，陽イオンと陰イオンの半径比を小さくしていくと，限界半径比以下で陰イオンと陽イオンは互いに接触できなくなるため，

その結晶構造は する。その結果、イオン結晶は が した別の結晶構造をとるようになる。

問7 岩塩型構造をとる2種類の元素から成る化合物を三つ化学式で答えよ。

(白紙)