

2024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。

(白紙)

【問題1】

ピストン付きの容器に封入された気体が可逆膨張する際に、気体がされる仕事 w は次式で与えられる。

$$w = - \int_{V_i}^{V_f} p dV \quad (1.1)$$

ここで、 p は気体の圧力、 V は気体の体積であり、膨張前後の気体の体積をそれぞれ V_i と V_f ($V_i < V_f$) とする。気体の物質量、気体定数、温度は、それぞれ n , R , T とする。

問1 理想気体が等温可逆膨張する場合について、以下の(1)~(3)に答えよ。

- (1) w を n , R , T , V_i および V_f で表せ。
- (2) 系の内部エネルギー変化 ΔU を求めよ。
- (3) 系に供給される熱量 q を求めよ。

問2 ピストンにかかる外圧が0の状態では理想気体が断熱自由膨張する場合の系の内部エネルギー変化 ΔU を求めよ。

次に、実在気体も含めた場合を考える。ピストン付き容器内の気体の内部エネルギー U は T と V の関数であり、その微小変化 dU は次式で与えられる。

$$dU = \left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_T dV + \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_V dT \quad (1.2)$$

図1.1はピストン付き容器内に封入された気体を、 V 一定の条件で加熱した際の U と T の関係を模式的に表したグラフである。

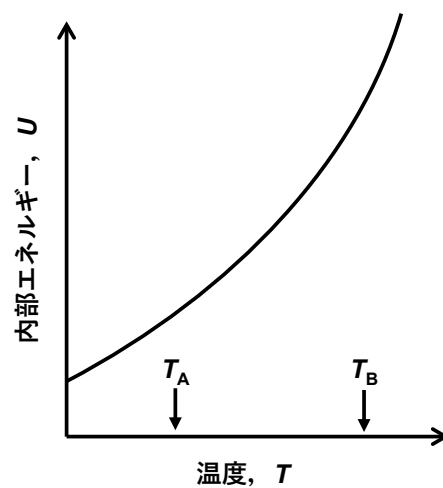


図1.1

- 問3 図1.1の温度 T_A と温度 T_B ではどちらの温度における定積熱容量が大きいかを、判断の根拠とともに答えよ。
- 問4 分子間にはたらく引力相互作用と斥力相互作用のうち、引力相互作用が優勢な実在気体について、等温膨張過程における U と V の関係を図示せよ。なお、解答欄には、同じ物質量の理想気体の U と V の関係を示している。
- 問5 下記の語句を50字程度でそれぞれ説明せよ。
- (1) ドルトンの分圧の法則
 - (2) ボイル温度

【問題2】

問1 自由電子について、以下の(1)~(4)に答えよ。

(1) 運動している電子の速さを v 、質量を m として電子の運動量の大きさを v と m を用いて表せ。

(2) 運動している電子のエネルギーが E の場合の電子の運動量の大きさを E と m を用いて表せ。

(3) 電子の粒子性に加え波動性を考慮した場合、電子の波長をプランク定数 h と E 、 m を用いて表せ。

(4) 速さ 2.1×10^6 m/sで運動する電子のド・ブロイ波長を求めよ。ただし、 $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg, $h = 6.6 \times 10^{-34}$ J・sとして計算せよ。

問2 原子の線スペクトルについて説明した次の文章を読んで、以下の(1)~(4)に答えよ。

線スペクトルとは、原子のエネルギー準位間を電子が遷移することによって放射または吸収される光を分光器で観測した際に、特定の波長に線状に現れるスペクトルのことをいう。原子をボーアモデルで考えた場合、原子核に束縛されている電子はボーアの量子条件を満たすため軌道半径は (a) である。このような原子に外部から連続したスペクトルの光を照射すると、2つの異なる電子軌道のエネルギー差に相当する波長の光が原子に吸収されることで、電子はエネルギーの高い軌道に遷移し、原子は (b) 状態となる。一方、加熱や放電などによって (b) 状態にある原子の電子がエネルギー E_2 の軌道からエネルギー E_1 の軌道 ($E_2 > E_1$) に遷移する場合、(c) 2つのエネルギー差に相当する波長の光が放出され、発光スペクトル中に (c) が観測される。

(1) 文章中の (a) ~ (c) に最も適切な語句を次の選択肢の中から選び答えよ。

(選択肢：連続, 基底, 定常, 励起, 縮退, 離散的, マイクロ波, 輝線, 暗線)

(2) ボーアの量子条件を説明せよ。図や式を用いてもよい。

(3) 下線部(ア)の光の振動数を E_1 , E_2 および h を用いて表せ。

(4) ボーアモデルにおける水素原子の電子の軌道半径を導出し, 基底状態の電子の軌道半径を電気素量 e , クーロン定数 k , 円周率 π および m と h を用いて表せ。

【問題3】

問1 原子軌道の動径節に関して、以下の(1), (2)に答えよ。

(1) 動径波動関数において、動径節の数を主量子数 n と軌道角運動量量子数（または方位量子数） l を用いて表せ。

(2) 2s軌道, 2p軌道の動径節数をそれぞれ答えよ。

問2 等核二原子分子の結合性の σ 軌道と結合性の π 軌道をその違いがわかるように、括弧内の語句を全て用いて説明せよ。

(結合軸, 節面)

問3 周期表の同一周期元素の第一イオン化エネルギーは、原子番号が大きいほど大きくなる傾向にある。この理由を有効核電荷と関連付けて説明せよ。

問4 酸素および窒素に関して、以下の(1)~(4)に答えよ。

(1) 酸素原子の基底状態の電子配置を、ホウ素原子の例にならって表せ。

例) ホウ素: $[\text{He}]2s^22p^1$

(2) 窒素の第一イオン化エネルギーは酸素の第一イオン化エネルギーよりも大きく、問3で示した傾向から外れる。この理由を、原子の電子配置と関連付けて説明せよ。

(3) 酸素分子の基底状態の電子配置を解答欄の分子軌道準位の模式図中に示せ。電子は、スピン磁気量子数に対応させて、上向きまたは下向きの矢印で描け。

(4) 液体窒素は常磁性を示さず、液体酸素は常磁性を示す理由を、窒素分子と酸素分子の電子配置と関連付けて説明せよ。

問5 周期表の第4周期に属する遷移金属元素の基底状態における電子配置に関して、以下の(1), (2)に答えよ。

(1) ニッケル原子（第10族）における3d電子数を答えよ。

(2) 第4周期の遷移金属原子において、原子番号が1増えると3d電子数が1増えるが、クロム原子（第6族）と銅原子（第11族）はこの傾向から外れた電子配置をとる。

この電子配置をとる理由を、括弧内の語句を全て用いて説明せよ。

（安定, スピン, 平行, 充填）

(白紙)