

化学 CHEMISTRY

1. 以下の問いに答えよ。計算過程も明記すること。

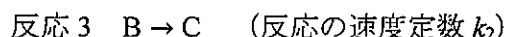
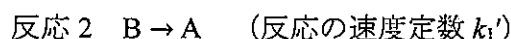
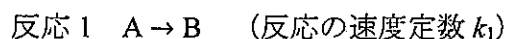
(1) 次の文章を読んで、以下の問いに答えよ。

原子は $\boxed{\text{①}}$ と電子から構成される。 $\boxed{\text{①}}$ は陽子と $\boxed{\text{②}}$ から成る。陽子の数と $\boxed{\text{②}}$ の数の和を $\boxed{\text{③}}$ と呼び、原子番号が等しく、 $\boxed{\text{③}}$ が異なる原子を $\boxed{\text{④}}$ という。電子は粒子の性質以外に $\boxed{\text{⑤}}$ の性質を備えており、 ⑥ ドブロイ (de Broglie) の関係式で与えられる波長を持っている。

(1-1) 文章中の空欄 $\boxed{\text{①}}$ ~ $\boxed{\text{⑤}}$ に適切な語句を入れよ。

(1-2) 下線(i)の式を、波長 λ 、プランク定数 h 、運動量 p を用いて示せ。

(2) 反応物 A から反応中間体 B を経て生成物 C になる反応が、次のような素反応のステップで進行する。反応中間体の濃度変化速度が無視できるほど小さいとし、以下の問いに答えよ。



(2-1) 定常状態近似を用いて、反応中間体 B の濃度 $[B]$ を k_1, k_1', k_2 、反応物 A の濃度 $[A]$ で示せ。

(2-2) 生成物 C の濃度変化速度 $d[C]/dt$ を k_1, k_1', k_2 、反応物 A の濃度 $[A]$ で示せ。

(2-3) (a) 反応 2 が反応 3 よりも十分速く進む場合、(b) 反応 3 が反応 2 よりも十分速く進む場合、問(2-2)で得られた式はそれぞれどのような近似式になるか答えよ。

(3) 図 1-1 のように、状態 X (圧力 P_1 、体積 V_1 、絶対温度 T_1) にある 1 mol の理想気体を、状態 Y (圧力 $5P_1$ 、体積 V_1 、絶対温度 $5T_1$)、状態 Z (圧力 P_1 、体積 $5V_1$ 、絶対温度 $5T_1$) の可逆変化を経て、状態 X に戻すサイクルを考える。ここで、 $X \rightarrow Y$ 、 $Y \rightarrow Z$ 、 $Z \rightarrow X$ のそれぞれの経路は定容過程、等温過程、定圧過程である。以下の問いに答えよ。ただし、この気体の定容熱容量 C_V は温度によらず一定で、1 mol の理想気体に関する系の内部エネルギーにおいて $dU = C_V dT$ が成り立つとし、仕事、熱量は外界から系に入る向きを正とする。なお、気体定数は R とする。

(3-1) 系の内部エネルギー変化 ΔU 、外界から系になされる仕事 W 、系に入る熱量 Q を用いて、熱力学第一法則を示せ。

(3-2) $X \rightarrow Y$ 過程の変化で系に入る熱量 q_1 を、 C_V と T_1 を用いて示せ。

(3-3) $Y \rightarrow Z$ 過程の変化で系に入る熱量 q_2 を、 R と T_1 を用いて示せ。

(3-4) $Z \rightarrow X$ 過程の変化で系に入る熱量 q_3 を、 C_V 、 R 、 T_1 を用いて示せ。

(3-5) 1 サイクル ($X \rightarrow Y \rightarrow Z \rightarrow X$) で系に入る熱量 q を、 R と T_1 を用いて示せ。

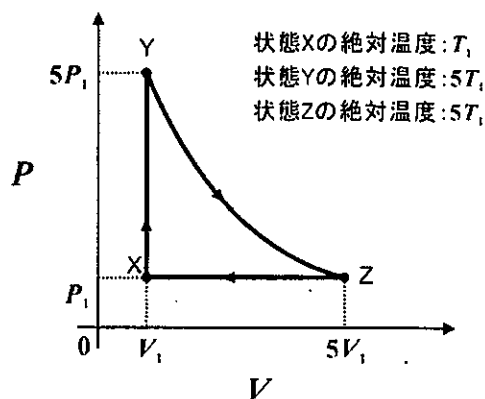


図 1-1

化学 CHEMISTRY

2. 以下の問いに答えよ。

(1) リン酸 (H_3PO_4) に関して以下の問いに答えよ。リン酸の 1, 2, 3 段階目の解離定数を、それぞれ $K_1 = 7.1 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, $K_2 = 6.3 \times 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, $K_3 = 4.5 \times 10^{-13} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ とする。また、298 K での平衡を考えるとす。解答においては、導出過程も示せ。

(1-1) PO_4^{3-} のモル濃度 $[\text{PO}_4^{3-}]$ を、 H_3PO_4 のモル濃度 $[\text{H}_3\text{PO}_4]$, H^+ のモル濃度 $[\text{H}^+]$ および解離定数 (K_1, K_2, K_3) を用いて示せ。

(1-2) リン酸二水素ナトリウム (NaH_2PO_4) 水溶液とリン酸水素二ナトリウム (Na_2HPO_4) 水溶液を混合して調製した溶液が緩衝作用を示す理由について化学反応式を用いて示せ。

(1-3) $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ の NaH_2PO_4 水溶液 0.10 dm^3 に、 $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ の Na_2HPO_4 水溶液を加えて、pH 7.0 の緩衝溶液を調製する。 Na_2HPO_4 水溶液をどれだけ加えるか、その体積を有効数字 2 桁で答えよ。ただし、それぞれの水溶液中でナトリウムは完全に解離しているとする。

(1-4) 85.0 mass% リン酸水溶液を純水で希釈して、 $1.00 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ のリン酸水溶液 100 cm^3 を調製したい。どのように調製すれば良いか調製手順を具体的な数字を入れて説明せよ。ただし、85.0 mass% リン酸水溶液の密度を $1.69 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, リン酸の分子量を 98.0 とする。

(1-5) $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ のリン酸水溶液と $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ の酢酸 (CH_3COOH) 水溶液がある。それぞれの水溶液の pH の値を有効数字 2 桁で示せ。ただし、酢酸の解離定数を $K_a = 1.8 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ とする。

(2) 錯体に関して以下の問いに答えよ。

(2-1) キレート剤とは何か説明せよ。また、その用途例について説明せよ。

(2-2) 水溶液中の錯体の定量には、ランベルト・ベール (Lambert-Beer) の法則を利用した分光学的な手法が用いられることがある。ランベルト・ベールの法則を、入射光の強さ I_0 , 透過光の強さ I , 光路長 (溶液の厚み) d , 物質のモル吸光係数 ϵ および物質のモル濃度 c を用いた数式で示せ。