

令和6年度 専攻科学生選抜学力試験問題用紙 専門科目 ⑦物理化学・分析化学・無機化学

計算問題および導出問題については、解答用紙にその過程も示すこと。また、解答欄内に『答え』の欄が用意されている場合は、最終的に得られた解答を『答え』欄に記入せよ。

1. 物理量および単位に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 20°Cにおける水の粘度 1.0 cP (1 P = 1 g·cm⁻¹·s⁻¹)を、SI単位である Pa·s 単位に換算し表せ。
 (2) 以下の①～③について、それぞれの□にあてはまる正しい数を解答用紙に記入せよ。0があてはまる場合は0と記入すること。

① 1 W = 10 m kg s A

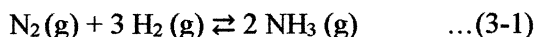
② 1 MJ = 10 m kg s A

③ 1 kV = 10 m kg s A

2. 化学熱力学および熱化学に関する以下の問いに答えよ。化学式に添えた(s)は固体を表す。

- (1) 炭素 C(s, graphite)の標準燃焼エンタルピーは-393.5 kJ·mol⁻¹、炭素 C(s, diamond)の標準燃焼エンタルピーは-395.4 kJ·mol⁻¹である。炭素 C(s, diamond)の標準生成エンタルピー(kJ·mol⁻¹)を計算せよ。
 (2) 炭素 C(s, graphite)の標準モルエントロピーは 5.74 J·K⁻¹·mol⁻¹、炭素 C(s, diamond)の標準モルエントロピーは 2.37 J·K⁻¹·mol⁻¹である。炭素 C(s, diamond)の標準生成ギブズエネルギー(kJ·mol⁻¹)を計算せよ。温度は 25°C とする。また、必要に応じ(1)の計算結果を用いてもよい。
 (3) 標準圧力下において、温度を変化させることによってグラファイトからダイヤモンドを得ることは可能か。熱力学的な観点から論ぜよ。必要に応じこれまでの計算結果を用いてもよい。

3. 以下の式(3-1)で表される化学反応の平衡について、次の(1)～(4)の問いに答えよ。なお、ここでは NH₃(g)が生成する反応を正反応、N₂(g)と H₂(g)が生成する反応を逆反応と呼ぶ。また、化学式に添えた(g)は気体を表す。



- (1) 絶対温度 T における正反応の圧平衡定数 K_p を表す式を示せ。左辺を K_p として表すこと。ここで、 T におけるアンモニアの標準生成ギブズエネルギーは $\Delta_f G^\circ$ 、気体定数は R で表されるものとする。
 (2) 等圧下における平衡定数は標準反応エンタルピー $\Delta_r H^\circ$ との間に以下の式(3-2)の関係がある。絶対温度 T_1 のときの平衡定数を K_1 、 T_2 のときの平衡定数を K_2 としたときに、式(3-3)が成り立つことを示せ。 $\Delta_r H^\circ$ はこの温度範囲では一定であるものとする。

$$\frac{d}{dT}(\log_e K_p) = \frac{\Delta_r H^\circ}{RT^2} \quad \dots(3-2)$$

$$\log_e \frac{K_2}{K_1} = -\frac{\Delta_r H^\circ}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad \dots(3-3)$$

- (3) 式(3-2)は提唱者の名前にちなみ (A) の式と呼ばれる。この (A) に該当する人名を答えよ。解答は英字、カタカナどちらで記述してもよいものとする。
 (4) 温度を 250 K から 50 K だけ上昇させたとき、平衡定数が 3.3 倍になるような標準反応エンタルピー $\Delta_r H^\circ$ (kJ·mol⁻¹) を計算せよ。気体定数 R は 8.3 J·K⁻¹·mol⁻¹、 $\log_e 3.3 = 1.2$ とし考えよ。

令和6年度 専攻科学生選抜学力試験問題用紙 専門科目 ⑦物理化学・分析化学・無機化学

4. 以下の各問いに答えよ。

- (1) ある特定の振動数をもつ赤外線を分子にあてると、分子の固有振動と共鳴し吸収される。一方、分子の固有振動のうち明確に赤外光を吸収できる振動、すなわち赤外活性の振動は、双極子モーメントが変化する振動に限られる。次に示す二酸化炭素分子の基準振動のうち、赤外不活性のものはどれか。一つ選び、記号で答えなさい。

(A) 対称伸縮振動 (B) 変角振動 (C) 逆対称伸縮振動

- (2) ランベルト・ベールの法則は、物質による光の吸収を定式化したものである。溶液に光が透過するときの入射前の光強度を I_0 、溶液透過後の光強度を I 、モル吸光係数を ε 、溶液のモル濃度を c 、媒質の長さ(光路長)を L とするとき、これらと吸光度 A の間には式(4-1)の関係がある。

$$A = -\log_{10} \frac{I}{I_0} = \varepsilon c L \quad \dots(4-1)$$

光路長 1.0 cm の角型セルに、ある有機色素 B の水溶液 (モル濃度 $2.0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$) を入れ、そこに 510 nm の光を照射して光強度の変化を観察した。その結果、溶液透過後の光強度は入射前の光強度の 10% となった。このときの①吸光度、および②溶液のモル吸光係数 ($\text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$) を計算せよ。溶媒およびセルの素材は 510 nm に吸収を示さないものとして考えよ。

- (3) 水中での酸解離定数が K_a である一価の弱酸 HA がある。弱酸の解離に関する次の問いに答えよ。

①モル濃度 c ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$) の HA 水溶液中における解離度を α とするとき、酸解離定数 K_a を表す式を導け。このとき、水の解離は無視でき、解離度 α は十分に小さいものとする。また活量 a は濃度 c で近似されるものとする。

②HA 水溶液の pH を、酸解離定数 K_a と濃度 c を用いて表せ。解答には①の結果を用いてもよい。

- (4) 両性酸化物とは何か、説明せよ。また、次の (A) ~ (D) の中から両性酸化物に該当する化合物を一つ選び、記号を解答欄に記述せよ。

(A) 五酸化二リン (十酸化四リン) (B) 二酸化炭素
(C) 酸化アルミニウム (D) 酸化カルシウム