

2020 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

計算問題については、解答用紙に計算過程も示すこと。また、最終的に得られた解答を、『答え』の欄に記入せよ。

1. 物理量および単位に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 高さ 0.10 m の水銀柱の底面にかかる圧力(Pa)を計算せよ。重力加速度は 9.8 m s^{-2} 、水銀の密度は $1.4 \times 10^4 \text{ kg m}^{-3}$ とする。
- (2) 以下の(a)~(d)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。

(a) $1 \text{ V} = 10 \quad \square \quad \square \quad \square \quad \square \quad \square$
 m kg s A

(b) $1 \text{ Pa} = 10 \quad \square \quad \square \quad \square \quad \square \quad \square$
 m kg s A

(c) $1 \text{ g cm}^{-3} = 10 \quad \square \quad \square \quad \square \quad \square \quad \square$
 m kg s A

(d) $1 \text{ dm}^3 = 10 \quad \square \quad \square \quad \square \quad \square \quad \square$
 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(g), (l), (s)はそれぞれ気体, 液体, 固体を表す。

- (1) 炭素 C (s, graphite)の標準燃焼エンタルピーは $-393.5 \text{ kJ mol}^{-1}$ 、一酸化炭素 CO (g)の標準燃焼エンタルピーは $-283.0 \text{ kJ mol}^{-1}$ である。一酸化炭素 CO(g)の標準生成エンタルピー(kJ mol^{-1})を計算せよ。
- (2) 298 K, $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ のもとでのグルコース $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s})$ の燃焼エンタルピーは $-2820 \text{ kJ mol}^{-1}$ 、燃焼 Gibbs エネルギーは $-2880 \text{ kJ mol}^{-1}$ である。この条件のもとでの $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s})$ の完全燃焼にともなうエントロピー変化($\text{J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$)を計算せよ。
- (3) 298 K, $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ のもとで酸素 $\text{O}_2(\text{g})$ と水素 $\text{H}_2(\text{g})$ から水 $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ が生成する反応では、反応エンタルピーが -286 kJ mol^{-1} 、反応 Gibbs エネルギーが -237 kJ mol^{-1} である。この反応で生じる熱量に対して、同じ反応に際して非膨張仕事(体積変化以外の仕事)として取り出し可能な最大のエネルギーは何%か。

3. 水の三態に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 純粋な水が、気相, 液相, 固相の共存した状態にある。圧力と温度で表した水の相図上にこのような状態を表す点は何点あるか。
- (2) 示強性変数の自由度の数 F を左辺とし、Gibbs の相律をあらわす式を示しなさい。式の記述には記号 C および P を使い、それらの意味も答えよ。また、上問(1)の点における自由度の数 F を示せ。(注: 記号 C および P はともに英語表現の頭文字である。ここでは F, C, P のあいだに成り立つ式のことを Gibbs の相律とする。)
- (3) 通常、固体の状態にある物質の密度は、液体の密度よりも大きい。しかし、水では固体の密度は、液体の密度より小さい。水に特有なこの現象が起こる理由を、水分子の性質と関連させて説明せよ。

2020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. 同位体に関する以下の問いに答えよ。

- (1) マグネシウムは ^{24}Mg , ^{25}Mg , ^{26}Mg の三種の同位体からなり、それらの個数の割合はそれぞれ 79.0%, 10.0%, 11.0%である。この値を用いて、マグネシウムの原子量を小数第一位まで求めよ。
- (2) ヨウ素の放射性同位体 ^{131}I の半減期は 8.0 日である。1.0 ng の ^{131}I が崩壊して 1.0 pg になるのは何日後か。 $\log_{10}2=0.30$ とする。

5. 以下に挙げる非金属オキシ酸の構造式を示せ。また、括弧【 】で示されたそれぞれの中心非金属元素の酸化数はいくつか、あわせて示せ。なお、この問題において酸化数はローマ数字であらわし、符号を省略せずに記述すること。

(a) ホウ酸【B】

(b) リン酸【P】

(c) 硫酸【S】

(d) 亜硫酸【S】

6. 溶液の濃度および溶解度に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 25 °C における硫酸バリウムの溶解度積は $K_{sp}=1.0\times 10^{-10} \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}$ である。硫酸バリウム飽和水溶液 1.0 dm³ 中に溶存する Ba²⁺ の質量(mg)を計算せよ。原子量は Ba:137 とせよ。
- (2) 濃度 $1.0\times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$ の色素水溶液を調製した。この溶液の 450 nm における吸光度を光路長 1.0 cm の試料セルで測定したところ、0.90 という値が得られた。同一の色素水溶液の吸光度測定を光路長 2.0 mm の試料セルを用いて行くと、同一の波長における吸光度はいくつになるか。
- (3) 上問(2)の色素の 450 nm におけるモル吸光係数($\text{mol}^{-1} \text{ dm}^3 \text{ cm}^{-1}$)を求めよ。