

令和2年度

新潟大学理学部第3年次編入学試験

化学プログラム

筆記試験問題（化学）

注意事項

1. 開始の合図があるまでこの冊子を開いてはいけません。
2. 試験開始後、次のものが配布されているか確認してください。
問題冊子1部、解答用紙3枚、下書き用紙3枚
3. 問題は全部で3題あります。3題すべて解答してください。
各解答用紙に受験番号を記入してください。
4. 解答時間は、120分です。途中で退席することはできません。
5. 試験終了後、問題冊子と下書き用紙は各自持ち帰ってください。

I. 以下の問い 1 と 2 に答えよ。

1. 有効核電荷に関する以下の問いに答えよ。

- Li の 2s 電子に対する有効核電荷は 1 より大きい。その理由を説明せよ。
- Slater 則による Fe の最外殻電子に対する有効核電荷 Z_{eff} は、以下のように求められる。

$$Z_{\text{eff}} = 26 - (0.35 \times 1 + 0.85 \times 14 + 1.00 \times 10) = 3.75$$

Na と K の最外殻電子の有効核電荷をそれぞれ求めよ。計算の過程も示せ。

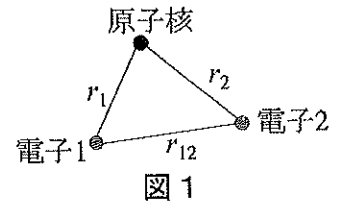
- b の結果から、Na と K の第一イオン化エネルギーの大小関係について説明せよ。

2. 分子の構造に関する以下の問いに答えよ。

- ホウ酸 (H_3BO_3) と亜リン酸 (H_3PO_3) が水溶液中で酸として働くことを示す化学反応式をそれぞれ書け。
- 原子価殻電子対反発則 (VSEPR 則) に基づいて、ホウ酸と亜リン酸の分子の構造を立体が分かるようにそれぞれ書け。
- 二フッ化キセノン (XeF_2) は三中心四電子結合のため直線構造をとる。結合に関与する F と Xe の原子軌道を挙げ、三中心四電子結合はどのような結合かを分子構造と関連付けて説明せよ。

II. ヘリウム (He) に関する以下の問い 1 と 2 に答えよ。

1. 図 1 に示したように, He原子は原子核と2個の電子で構成される。以下の問いに答えよ。ただし, 核子と電子の質量をそれぞれ m_n と m_e で表せ。



- a. ボルン-オッペンハイマー近似を用いると, He原子のハミルトニアン \hat{H} は

$$\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{\boxed{\text{ア}}} \nabla_1^2 - \frac{\hbar^2}{2m_e} \nabla_2^2 + \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{-2}{r_1} + \frac{\boxed{\text{イ}}}{r_2} + \frac{\boxed{\text{ウ}}}{r_{12}} \right) \quad \text{①}$$

$$\because \nabla_i^2 = \frac{\partial^2}{\partial x_i^2} + \frac{\partial^2}{\partial y_i^2} + \frac{\partial^2}{\partial z_i^2}$$

と書ける。ここで, x, y, z は空間座標を表す。また, \hbar は 2π で割られたプランク定数を, e は電気素量を, ϵ_0 は真空中の誘電率を表す。①式の空欄 $\boxed{\text{ア}}$ から $\boxed{\text{ウ}}$ に当てはまる最も適切な数字や記号を書け。

- b. 基底状態のHe原子は電子スピン角運動量を持たない。その理由を書け。

2. 壁で仕切られた体積 V の空間に, n molのHe原子が気体として存在する。以下の問いに答えよ。ただし, 気体は理想気体として取り扱い, 温度と圧力および気体定数をそれぞれ T と p および R で表せ。

- a. 状態方程式を書け。

- b. ボイルの法則を説明せよ。

- c. He原子の無秩序な運動が気体の圧力の起源である。原子と壁の弾性衝突をニュートン力学に基づいて考えると, p は②式で表される。

$$p = \frac{nN_A M \langle v^2 \rangle}{3V} \quad \text{②}$$

ここで, N_A はアボガドロ定数であり, M はHe原子の質量であり, $\langle v^2 \rangle$ はHe原子の速さ v の二乗平均である。気体の温度とHe原子一個当たりの運動エネルギーの関係を表す式を導け。

- d. 図 2 は, 気体中のHe原子の速さの分布図である。図中から最も低い温度の速さ分布を示すグラフを選び, その記号を書け。また, 選んだ根拠も書け。

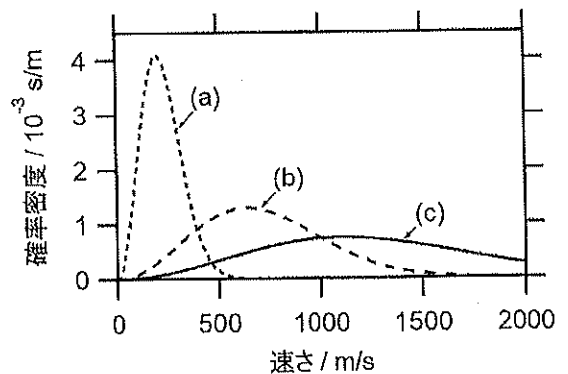


図2

III. 以下の問い1から3に答えよ。

1. 2,3-ブタンジオールに関する以下の問いに答えよ。

- すべての立体異性体をFischer投影式で書き、不斉炭素の立体配置をRS表示で示せ。
- aで書いた立体異性体のうち、光学活性を示さない立体異性体を書け。

2. ニトロベンゼンと求電子試薬 E^+ の芳香族求電子置換反応は、主にメタ位で起こる。この理由を、オルト、メタ、パラ位、それぞれの位置で E^+ が反応して生じる中間体の共鳴構造を書き、不安定となる共鳴構造を示すことで説明せよ。また、不安定となる理由を簡潔に書け。

3. 以下に示す反応で得られる主生成物 a~e の構造式を書け。

