

2026年度第1回法政大学大学院理工学研究科入学者選抜試験  
解答又は解答例・出題の意図

|         |             |
|---------|-------------|
| 試 験 科 目 | 応用化学専攻 修士課程 |
| 物理化学    |             |

問題1および問題2は、それぞれ物理化学における基本原理の定義および重要な実験事実の理解度を  
 考查することを意図した出題です。問題3は原子・分子の運動の量子論への適用に関する理解度を考  
 査すること、問題4は原子・分子の運動の量子論に関する数値計算能力を考查することを意図した出  
 題です。

**問題 1.**

- (1) 仕事関数: 金属表面から1個の電子を無限遠まで取り出すのに必要なエネルギー  
 (2) リッツの結合原理: 水素型原子以外の原子の2つのスペクトル線の波数の和または差は他の  
 スペクトル線の波数に一致する経験則

**問題 2.**

量子力学における空間の量子化を実験的に明らかにした。(電子スピンの存在を明らかにした。)

**問題 3.**

(1) 規格化された波動関数:  $\psi_3 = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin\left(\frac{3\pi x}{a}\right)$

(2)  $x = \frac{a}{6}, \frac{a}{2}, \frac{5a}{6}$

$$\langle p_x \rangle = \int_0^a \psi_3^* \hat{p}_x \psi_3 dx = \frac{2}{a} \int_0^a \sin\left(\frac{3\pi x}{a}\right) \frac{\hbar}{i} \frac{d}{dx} \left\{ \sin\left(\frac{3\pi x}{a}\right) \right\} dx = \frac{-6i\hbar\pi}{a^2} \int_0^a \sin\left(\frac{3\pi x}{a}\right) \cos\left(\frac{3\pi x}{a}\right) dx$$

(3)

$$= \frac{-6i\hbar\pi}{a^2} \frac{a}{6\pi} \left[ \sin^2\left(\frac{3\pi x}{a}\right) \right]_0^a = 0$$

**問題 4.**

(1)  $\mu = \frac{14.00 \times 10^{-3} (\text{kg})}{2 \times 6.022 \times 10^{23}} = 1.162 \times 10^{-26} (\text{kg})$

$$h\nu = \frac{h}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{\mu}} = \frac{6.626 \times 10^{-34} (\text{J} \cdot \text{s})}{2 \times 3.1415} \times \sqrt{\frac{2294 (\text{N} \cdot \text{m}^{-1})}{1.162 \times 10^{-26} (\text{kg})}} = 4.69 \times 10^{-20} (\text{J})$$

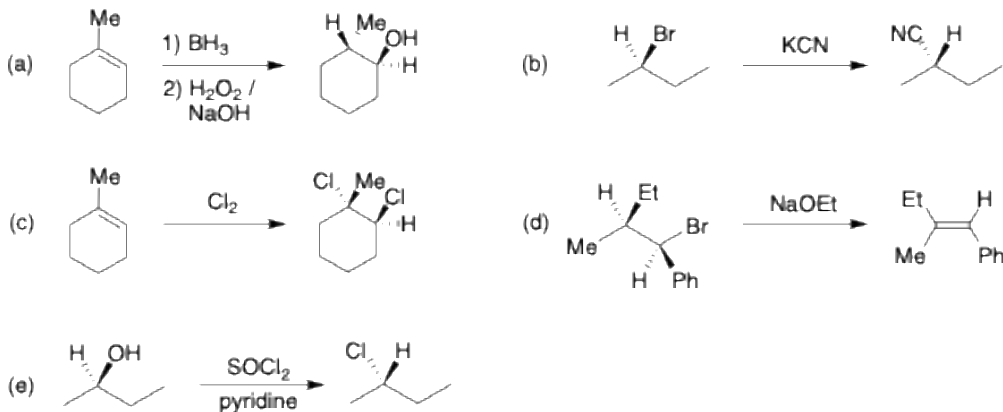
(2)  $I = \mu R^2 = 1.162 \times 10^{-26} (\text{kg}) \times (1.098 \times 10^{-10})^2 (\text{m}^2) = 1.40 \times 10^{-46} (\text{kg} \cdot \text{m}^2)$

(3)  $E = \frac{\hbar^2}{2I} = \frac{(1.054 \times 10^{-34})^2 (\text{J}^2 \cdot \text{s}^2)}{2 \times 1.40 \times 10^{-46} (\text{kg} \cdot \text{m}^2)} = 3.97 \times 10^{-23} (\text{J})$

2026年度第1回法政大学大学院理工学研究科入学者選抜試験  
 解答 (解答例含む)・出題の意図

|      |             |
|------|-------------|
| 試験科目 | 応用化学専攻 修士課程 |
| 有機化学 |             |

(1) 【出題の意図：有機化学の基本反応である付加反応，求核置換反応，脱離反応の理解度をみる。】

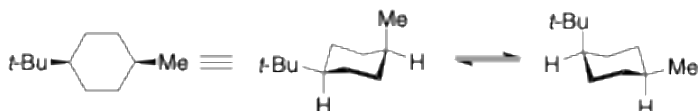


(2) 【出題の意図：酸-塩基反応の理解度を平衡定数の観点からみる。】

$$K = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_2\text{CO}_3]}{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{HCO}_3^-]} = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \frac{[\text{H}_2\text{CO}_3]}{[\text{HCO}_3^-][\text{H}^+]}$$

$$= \frac{10^{-4.8}}{10^{-6.4}} = 10^{-4.8-(-6.4)} = 10^{1.6} \quad \text{平衡は右に傾く}$$

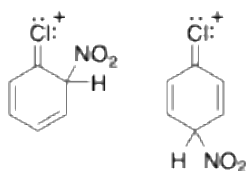
(3) 【出題の意図：立体配座の安定性についての理解度をみる。】



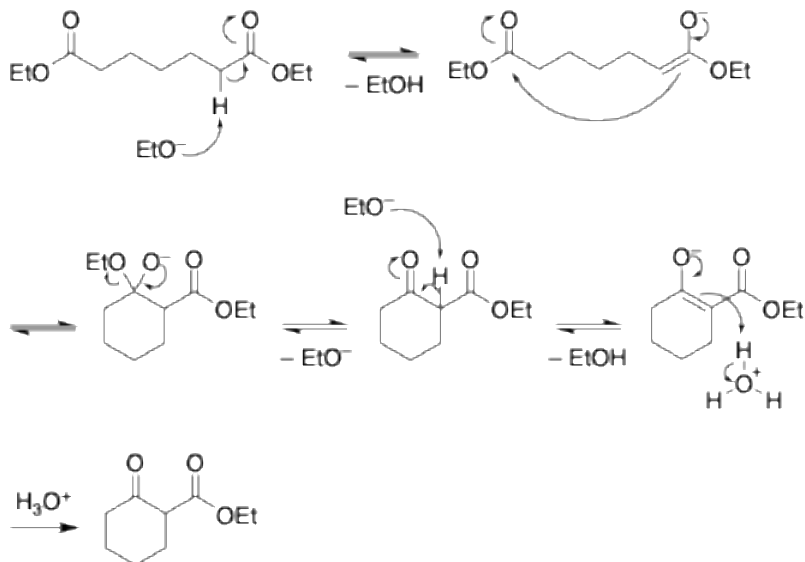
Me よりもかさ高い *t*Bu 基がエクアトリアル位に位置する左側の配座がより安定である。

(4) 【出題の意図：芳香族求電子置換反応の配向性について，中間体の安定性から説明する。】

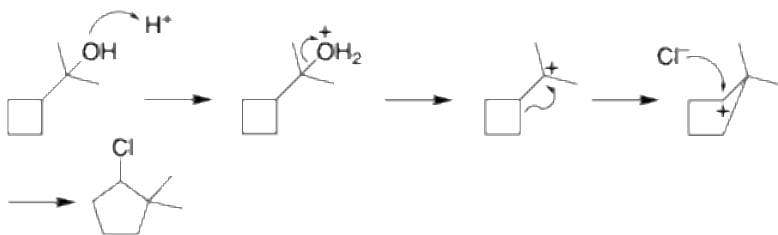
本反応（ニトロ化）は芳香族求電子置換反応である。この反応において C1 原子はオルト-パラ配向基として働く。その理由は，ニトロ化におけるカルボカチオン中間体において，オルト付加体およびパラ付加体が下図のように，より安定なカチオンを与えるからである。



(5) 【出題の意図：電子の流れを示す巻き矢印を用いて、反応機構を書くことができるかを問う。】



(6) 【出題の意図：転位反応の典型例として、カルボカチオン中間体が関与する転位反応についての理解度をみる。】

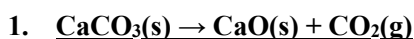


2026年度第1回法政大学大学院理工学研究科入学者選抜試験  
解答又は解答例・出題の意図

|      |             |
|------|-------------|
| 試験科目 | 応用化学専攻 修士課程 |
| 無機化学 |             |

無機化学に関する修士研究を行う能力を測ることを意図した出題です。問1では無機材料合成を行うために必要な熱力学に関する理解度を、問2では合成した無機材料を同定するために必要な結晶構造解析に関する理解度を測ります。

問1



$$\begin{aligned} 2. \Delta_r G^\circ / \text{J} \cdot \text{mol}^{-1} &= \Delta_r G^\circ(\text{CaO}(\text{s})) + \Delta_r G^\circ(\text{CO}_2(\text{g})) - \Delta_r G^\circ(\text{CaCO}_3(\text{s})) \\ &= \{(-633920) + (-393500) - (-1203350)\} + \{103.20 + (-2.99) - 250.90\} T \end{aligned}$$

$$\underline{\Delta_r G^\circ / \text{J} \cdot \text{mol}^{-1} = 175930 - 150.69 T}$$

3.  $\underline{\Delta_r G = \Delta_r G^\circ + RT \ln\{(a_{\text{CaO}(\text{s})} \times a_{\text{CO}_2(\text{g})}) / a_{\text{CaCO}_3(\text{s})}\}}$

4. 反応物の  $\text{CaCO}_3(\text{s})$  と生成物の  $\text{CaO}(\text{s})$  は共に純物質であることから、 $a_{\text{CaCO}_3(\text{s})} = 1$ ,  $a_{\text{CaO}(\text{s})} = 1$  である。

また、生石灰の生成反応は、 $\Delta_r G < 0$  のときに自発的に進行するため、生石灰の生成温度は  
 $0 > \Delta_r G^\circ + RT \ln\{(400/1000000)\}$  によって求められる。

$$0 > 175930 - 150.69 T + RT \ln\{(400/1000000)\} \quad (\text{単位の計算は省略})$$

$$T > 175930 / \{150.69 - 8.3145 \ln\{(400/1000000)\}\} = 815.4 \text{ K} \quad (\text{単位の計算は省略})$$

**815.5 K 以上**

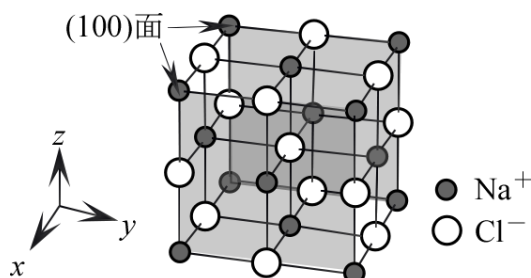
5.  $\text{CaO}(\text{s})$  の生成とともに  $\text{CO}_2(\text{g})$  が生成し、雰囲気中の  $\text{CO}_2$  分圧が高くなる。これにより、生石灰反応のギブズエネルギー変化が 0 より大きくなり、生石灰の生成反応は自発的に進行しなくなるため。

(96 字) ※「熱力学的観点から」と問いているので、「反応が速くなるため」は誤り。

問2

1. 右図

2. 右図



3. ミラー指数  $hkl$  の面間隔を  $d_{hkl}$  とし、X線の入射角と散乱角を  $\theta$  とすると、隣り合う面からの散乱X線の行路差は  $2d_{hkl} \sin\theta$  となる。よって、位相が一致して回折が起こる条件は  $\lambda = 2 d_{hkl} \sin\theta$  となる。(104 字)

4. (100)面の中間に、(100)面と同じ原子群が存在する別の面があり、これらの面に入射して散乱されたX線の行路差は半波長分となる。これらのX線の振幅は等しく、位相は逆転し、完全に打ち消し合うため。(100 字)

酸化カルシウムの  $\text{Ca}^{2+}$  の位置に、イオン半径の小さい  $\text{Mg}^{2+}$  が置換されるため、面間隔が小さくなる。それにより、ブラッグの条件を満たす  $\theta$  の値は大きくなり、回折X線のプロファイルでピークを示す回折角( $2\theta$ )の位置は高角度側に移動する。(117 字)

2026年度第1回法政大学大学院理工学研究科入学者選抜試験  
解答又は解答例・出題の意図

|      |             |
|------|-------------|
| 試験科目 | 応用化学専攻 修士課程 |
| 化学工学 |             |

1. 出題の意図：一次元の定常状態流れにおいて、基礎的な運動量収支を取り、設計（濡れ壁塔）に必要な知識を判別すること。

(1) Taking the momentum balance for the region between  $z = 0$  and  $z = L$ ,

$$\{(2\pi r \Delta r v_z \rho) v_z\}_0 - \{(2\pi r \Delta r v_z \rho) v_z\}_L + (2\pi r L \tau_{rz})_r - (2\pi r L \tau_{rz})_{r+\Delta r} + (2\pi r L \Delta r \rho) g = 0 \quad (1)$$

After cancelling the first two terms in Eq.(1), it should be divided by  $(-2\pi L \Delta r)$  to get,

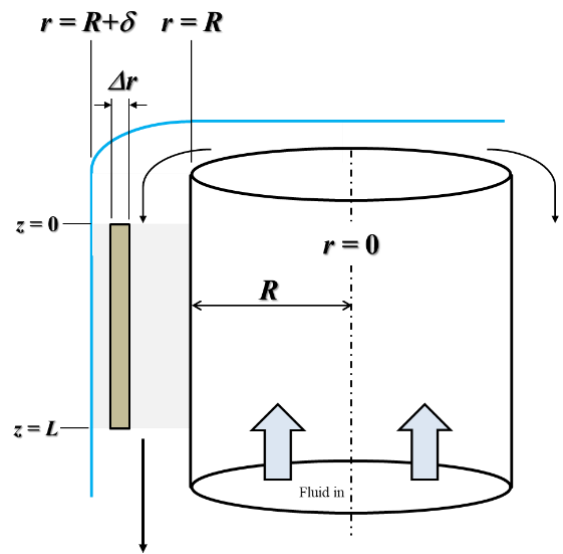
$$\lim_{\Delta r \rightarrow 0} \frac{(r \tau_{rz})_{r+\Delta r} - (r \tau_{rz})_r}{\Delta r} = \rho g r$$

$$\frac{d(r \tau_{rz})}{dr} = \rho g r$$

(2) Boundary conditions are the followings,

$$\text{B.C. \#1: } @ r = R + \delta, \tau_{rz} = 0$$

$$\text{B.C. \#2: } @ r = R, v_z = 0$$



(3) Integrating once to get,

$$r \tau_{rz} = \frac{\rho g}{2} r^2 + C_1$$

$$\tau_{rz} = \frac{\rho g}{2} r + \frac{C_1}{r}$$

(2)

Since B.C.#1: @  $r = R + \delta$ ,  $\tau_{rz} = 0$ , we have the following from Eq.(2),

$$0 = \frac{\rho g}{2} (R + \delta) + \frac{C_1}{R + \delta}$$

$$C_1 = -\frac{\rho g}{2} (R + \delta)^2$$

(3)

Substituting Eq.(3) and the Newton's law of viscosity to Eq.(2),

$$-\mu \frac{dv_z}{dr} = \frac{\rho g}{2} r - \frac{\rho g}{2r} (R + \delta)^2$$

Integrating both sides for the second time to get,

$$-\mu v_z = \frac{\rho g}{4} r^2 - \frac{\rho g}{2} (R + \delta)^2 \ln r + C_2$$

(4)

Since we have B.C.#2: @  $r = R$ ,  $v_z = 0$ , these are applied to Eq.(4),

$$0 = \frac{\rho g}{4} R^2 - \frac{\rho g}{2} (R + \delta)^2 \ln R + C_2 \quad (5)$$

Subtracting Eq.(5) from Eq.(4) to get,

$$-\mu v_z = \frac{\rho g}{4} (r^2 - R^2) - \frac{\rho g}{2} (R + \delta)^2 \ln \left( \frac{r}{R} \right)$$

$$v_z = -\frac{\rho g}{4\mu} \left\{ (r^2 - R^2) - 2(R + \delta)^2 \ln \left( \frac{r}{R} \right) \right\}$$

$$\boxed{v_z = \frac{\rho g R^2}{4\mu} \left[ \left\{ 1 - \left( \frac{r}{R} \right)^2 \right\} + 2 \left\{ 1 + \left( \frac{\delta}{R} \right)^2 \right\} \ln \left( \frac{r}{R} \right) \right]}$$

(4) The cross sectional area of the flow:  $S$

$$S = 2\pi R\delta$$

The wetted perimeter:  $d$

$$d = 2\pi R$$

The hydraulic radius:  $R_h$

$$R_h = \frac{S}{d} = \frac{2\pi R\delta}{2\pi R} = \delta$$

The equivalent diameter:  $D_e$

$$D_e = 4 \times R_h = 4\delta$$

Then the Reynolds number,  $Re$ , in this case will be defined in the following form, i.e.,

$$\boxed{Re = \frac{D_e \bar{v} \rho}{\mu} = \frac{4\delta \bar{v} \rho}{\mu}}$$

2. 出題の意図：化学工学の代表的な装置設計の例として、熱交換器の設計に関する知識を問うこと。

(1) Since the definition of the volumetric flow rate is a product of the cross-sectional area and the linear velocity,

$$F = \left( \frac{\pi}{4} D^2 \right) \times \bar{v} = \left( \frac{\pi}{4} (0.10)^2 \right) \times (25.0) = 0.196_3 \quad \text{m}^3/\text{s}$$

$$\underline{\underline{F = 0.196 \quad \text{m}^3/\text{s}}}$$

(2)  $w = \rho_m \times F = (1.23) \times (0.196_3) = 0.241_5 \quad \text{kg/s}$

$$\underline{\underline{w = 0.242 \quad \text{kg/s}}}$$

(3)  $Q = w \times C_{pm} \times \Delta T = (0.241_5) \times (0.240) \times (40.0 - 15.0) = 1.44_9 \quad \text{kcal/s}$

$$\underline{\underline{Q = 1.45 \quad \text{kcal/s}}}$$

(4) Recalling the definition of the LMTD,

---

$$\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln\left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}\right)} = \frac{(150.0 - 40.0) - (150.0 - 15.0)}{\ln\left(\frac{(150.0 - 40.0)}{(150.0 - 15.0)}\right)} = 122.0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\underline{\Delta T_{lm} = 122 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

- (5) Recalling the design equation for the heat exchanger,

$$Q = U \times A \times \Delta T_{lm}$$

where  $A$  is an effective area for the heat transfer. Then solving for  $A$ , we have

$$A = \frac{Q}{U \times \Delta T_{lm}} = \frac{(1.44_9)}{(66.0/3600) \times (122.0)} = 0.647_8 \text{ m}^2$$

Then required length  $L$  can be calculated from the following, i.e.,

$$L = \frac{A}{\pi \times D} = \frac{(0.647_8)}{\pi \times (0.10)} = 2.06_2 \text{ m}$$

$$\underline{L = 2.06 \text{ m}}$$

---

2026年度第1回法政大学大学院理工学研究科入学者選抜試験  
解答又は解答例・出題の意図

|      |             |
|------|-------------|
| 試験科目 | 応用化学専攻 修士課程 |
| 環境化学 |             |

出題の意図：修士課程において必要な環境化学の基礎学力を測ることを意図した出題です。設問1では環境水の分析で良く使用される吸光度法における Lambert-Beer の法則の理解度を、設問2では水処理分野で有害イオン等の吸着材として用いられるイオン交換樹脂の性能評価における比交換容量に関する理解度を測ります。設問3では、溶解度積の求め方、設問4では排水中の有害イオンの溶解度積に基づく沈殿除去に関する理解度を測ります。

解答：

1. 吸光度  $A = -\log(0.120) = 0.921 \approx 0.92$

モル吸光係数 Lambert-Beer の法則

$$\varepsilon = A/(C \times l) = 0.921/(7.00 \times 10^{-4} \times 1.00)$$

$$= 1.32 \times 10^3 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1} = 1.3 \times 10^3 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$$

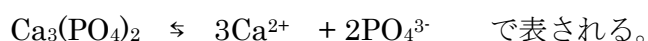
(答) 吸光度：0.92, モル吸光係数  $1.3 \times 10^3 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$

2. 交換可能なイオン交換樹脂のすべてが Na 型になると NaCl が交換されずに溶出するので溶出液は中性となる。よって全溶出液の H<sup>+</sup> のミリ等量は

$$5.000 \times 10^{-2} \times 25.00 = 1.25 \text{ meq} \quad \text{比交換容量は } 1.25 / 0.800 = 1.563 \text{ meq/g}$$

(答) 1.56 meq/g

3. リン酸カルシウムの溶解平衡式は



ここで  $[\text{Ca}^{2+}] = 3S$   $[\text{PO}_4^{3-}] = 2S$  となるので

$$K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}]^3 [\text{PO}_4^{3-}]^2 = (3S)^3 (2S)^2 = 108S^5$$

(答)  $108S^5$

4.  $K_{sp} = [\text{Ni}^{2+}][\text{OH}^-]^2 = 1.60 \times 10^{-16} [\text{mol}^3/\text{L}^3]$

pH = 10,  $[\text{H}^+] = 1.00 \times 10^{-10}$

$$[\text{OH}^-] = K_w / [\text{H}^+] = 1.00 \times 10^{-4}$$

$$[\text{Ni}^{2+}] = 1.60 \times 10^{-16} / [1.00 \times 10^{-4}]^2$$

$$[\text{Ni}^{2+}] = 1.60 \times 10^{-8} [\text{mol/L}]$$

$$[\text{Ni}^{2+}] = 1.60 \times 10^{-8} \times 58.7 [\text{g/L}]$$

$$= 9.392 \times 10^{-7} [\text{g/L}]$$

$$= 9.392 \times 10^{-4} \text{ mg/L}$$

(答)  $9.4 \times 10^{-4} \text{ mg/L}$