

2026年度第2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1 (物理化学分野における基本的用語の理解を確認する。)

(1) 古典力学においては個々の状態について連続的なエネルギーの値が許されるに対し、束縛された量子力学的状態はエネルギーが離散的な値に制限されること。

(2) ある粒子の座標 q に関する運動量の不確かさを Δp とすると q の不確かさ Δq との間に $\Delta p \Delta q \geq \frac{1}{2} \hbar$ の関係があり、両方を同時に任意の精度で測定することは不可能である。

(3) ボーア半径 $a_0 = \frac{4\pi\epsilon_0\hbar^2}{m_e e^2}$ は **52.9 pm** という長さであり、ボーアモデルにおける水素原子の最低エネルギーの電子軌道の半径に等しい。

(4) 球面極座標 (r, θ, ϕ) で主量子数 n , 軌道角運動量子数 l , 磁気量子数 m_l により指定される水素原子の電子状態を表す波動関数は球面調和関数 $Y_{l,m_l}(\theta, \phi)$ と動径波動関数 $R_{n,l}(r)$ の積で表される。

問2 (光電効果についての基本的事項の理解を確認する。)

(1) $\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.00 \times 10^8}{300 \times 10^{-9}} = 1.00 \times 10^{15} \text{ (s}^{-1}\text{)}$, $\tilde{\nu} = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{300 \times 10^{-9}} = 3333333 \text{ (m}^{-1}\text{)} \approx 33000 \text{ (cm}^{-1}\text{)}$

(2) 光電効果が起きる最小振動数を ν_{\min} , 仕事関数を ϕ とすると,

$$0 = h\nu_{\min} - \phi$$

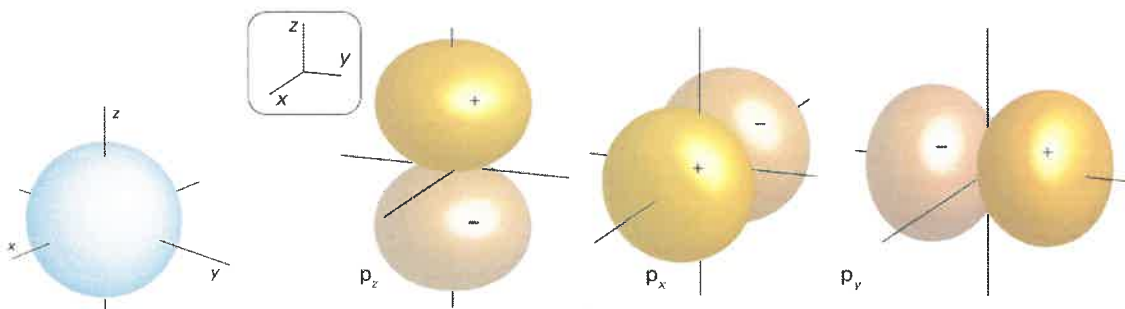
$$\phi = h\nu_{\min} = 6.63 \times 10^{-34} \cdot 1.00 \times 10^{15} = 6.63 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\therefore \phi = \frac{6.63 \times 10^{-19}}{1.60 \times 10^{-19}} = 4.1 \text{ eV}$$

問4 (2次元の回転運動の基本的事項の理解を確認する。)

$$\int_0^{2\pi} \Psi_n^*(\phi) \Psi_n(\phi) d\phi = A^2 \int_0^{2\pi} e^{-im\phi} e^{im\phi} d\phi = 2\pi A^2 = 1 \quad \therefore A = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}$$

問3 (水素原子軌道の空間分布についての基本的事項の理解を確認する。)

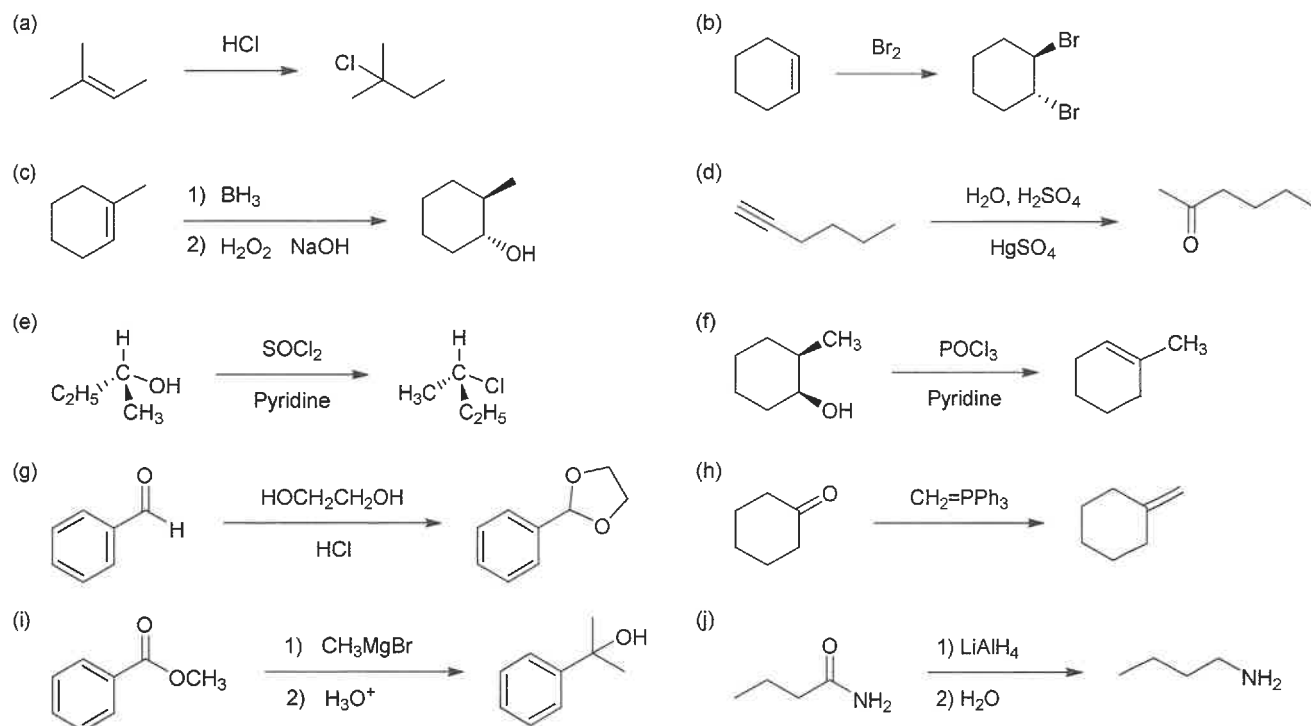


2026年度第2回法政大学大学院理工学研究科入学者選抜試験
 解答又は解答例・出題の意図

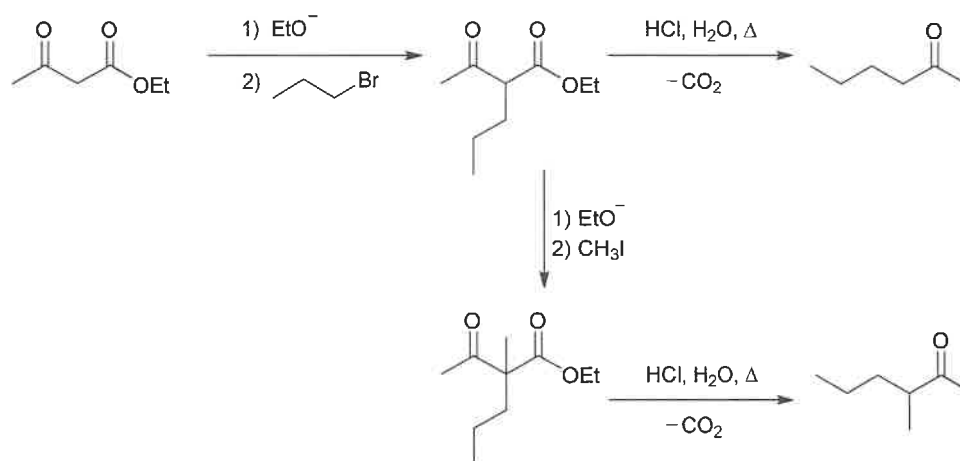
試験科目	応用化学専攻 修士課程
有機化学	

(1) 基本的な有機反応の知識を問う問題

- (a)(b) アルケンの付加反応、(d) アルキンの水和反応、(e) アルコールのハロゲン化
 (f) アルコールの脱水反応、(g) アルデヒドのアセタール化、(h) ケトンの Wittig 反応
 (i) エステルの Grignard 反応、(j) アミドの還元

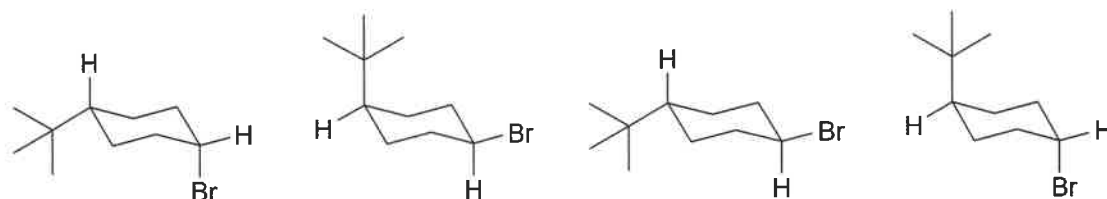


(2) 有機反応の知識を問う問題。アセト酢酸エステル合成

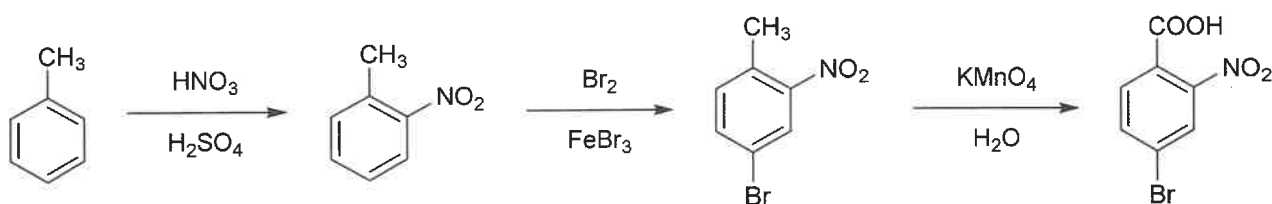


(3) シクロヘキサン環の立体配座と S_N2 反応に関する思考力を問う応用問題

これらの化合物の S_N2 反応において、求核種の背面攻撃が起こるためには、脱離基である Br がアキシャル位にあることが求められる。ここで、*cis*-1-bromo-4-*tert*-butylcyclohexane の場合、かさ高い *tert* ブチル基をエクアトリアル位にもつ安定な立体配座（下図一番左）において Br がアキシャル位にあるため、速やかに反応が進行する。一方、*trans*-1-bromo-4-*tert*-butylcyclohexane の場合、Br がアキシャル位にあるためには、*tert* ブチル基をアキシャル位とする不安定な立体配座（下図一番右）を経由しなければならないため、反応が不利になる。よって、 S_N2 反応は *cis*-1-bromo-4-*tert*-butylcyclohexane の方が進行しやすい。



(4) 多段階の反応経路を組み立てる思考力を問う応用問題。芳香族求電子置換反応における置換基効果（配向性）



試験科目	応用化学専攻 修士課程
無機化学	

問1

(出題の意図)

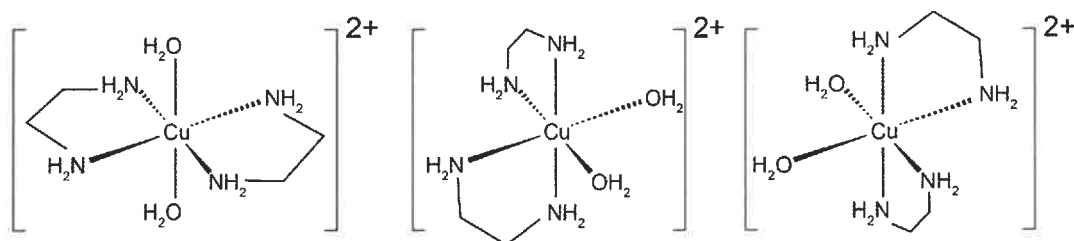
錯体化学の学部で身につけるべき基礎と、錯体の成り立ちの理解を問う。

(解答または解答例)

1. (a) $\text{Cr}^{6+} : [\text{Ar}]$ (b) $\text{Fe}^{3+} : [\text{Ar}](3d)^5$ (c) $\text{Cu}^{2+} : [\text{Ar}](3d)^9$

2. 答え：a, 理由：d電子をもたないため

3.



4. Cu^{2+} は d^9 の電子配置であり、 e_g 軌道に電子が3つ配置する。水がトランス位に配置し、中心金属と水の配位距離が長くなることで電子反発が小さくなり、その軸成分をもつ e_g 軌道のエネルギー準位が下がる。エネルギー準位の低い e_g 軌道に2つの電子が配置することで安定化する。

問2

(出題の意図)

原子の基本的性質について学部で身につけるべき基礎と、格子エネルギーの理解を問う。

(解答または解答例)

1. a: エ b: ア c: カ d: ケ (もしくは c: ケ d: カ)

2. あ: 生成 い: 解離 う: 昇華

3. $|U_L| = \left| H_A - H_I - \frac{1}{2} H_D - H_S + H_F \right|$

問3

(出題の意図)

イオン結晶について学部で身につけるべき基礎と、その本質的な理解を問う。

(解答または解答例)

1. Na^+ 配位数6, 単位格子中の数4個 Br^- 配位数6, 単位格子中の数4個2. 格子定数は Na^+ と Br^- のイオン半径の和の2倍であるため, 下記のように求められる。 Br^- のイオン半径 = 格子定数 $\div 2 - \text{Na}^+$ のイオン半径 = $0.600 \div 2 - 0.100 = 0.200$ よって $2.0 \times 10^{-1} \text{ nm}$ 3. 単位格子中に Na^+ と Br^- が4個ずつあり, 単位格子の体積が格子定数の3乗であることから密度は次式で計算される。

$$\frac{(23.0 \times 4 + 80.0 \times 4) + 6.00 \times 10^{23} [\text{g}]}{(0.600 \times 10^{-7})^3 [\text{cm}^3]} = 3.179 \dots = 3.2 \text{ g cm}^{-3}$$

4. 格子エネルギーの絶対値が大きいほど, 融点が高くなる。すべて岩塩型構造であるため, 静電相互作用が支配的であるとすると, 格子エネルギーは電荷の積に比例し, 原子間距離に反比例する。そのため, 2価の陽イオンと陰イオンから成る MgO と CaO は, NaCl より格子エネルギーの絶対値が大きく, 融点が高い。 Mg^{2+} は, Ca^{2+} よりイオン半径が小さいため, MgO は原子間距離が短く格子エネルギーの絶対値がより大きくなり, 融点が高い。

2026年度第2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：円管内を層流で流れるニュートン流体に関して、速度分布、流量、最大流速、最大せん断応力を求めることができるかを問う。

模範解答

(1)

$$\underline{\pi r^2(P_1 - P_2) - 2\pi rL\tau = 0}$$

(2) ニュートンの粘性法則をあてはめると

$$\tau = -\mu \frac{du}{dr}$$

(1)で導いた式と連立すると

$$\pi r^2(P_1 - P_2) = -2\pi rL\mu \frac{du}{dr}$$

整理すると

$$du = -\frac{\pi r^2(P_1 - P_2)}{2\pi rL\mu} dr$$

境界条件($r = R; u = 0$)を用いて積分すると

$$\int_0^u du = -\frac{(P_1 - P_2)}{2L\mu} \int_R^r r dr$$

$$\underline{\therefore u = \frac{(P_1 - P_2)}{4\mu L} (R^2 - r^2)}$$

(3)

$$v = \int_0^R u(2\pi r) dr = \frac{\pi(P_1 - P_2)}{2\mu L} \int_0^R (R^2 r - r^3) dr$$

$$\underline{\therefore v = \frac{\pi(P_1 - P_2)R^4}{8\mu L}}$$

(4) 最も流速が速いのは $r = 0$. 流速は(2)より、

$$\underline{u_{\max} = \frac{(P_1 - P_2)R^2}{4\mu L}}$$

(5) せん断応力は(1)より

$$\tau = \frac{\pi r^2(P_1 - P_2)}{2\pi rL} = \frac{r(P_1 - P_2)}{2L}$$

最もせん断応力が大きいのは $r = R$. よってせん断応力は、

$$\underline{\tau_{\max} = \frac{(P_1 - P_2)R}{2L}}$$

2.

出題の意図：ストークス域における粒子の終末沈降速度を導出し、それを具体的な実験結果に当てはめて未知数を決定できるかを問う。

(1) $F = 0$ より

$$\frac{\pi}{6}D^3(\rho_p - \rho_f)g = \frac{24}{Re} \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{\rho_f u_\infty^2}{2} = 24 \frac{\mu}{\rho_f D u_\infty} \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{\rho_f u_\infty^2}{2}$$

$$\therefore u_\infty = \frac{(\rho_p - \rho_f)gD^2}{18\mu}$$

(2) 液体の密度を ρ [kg m⁻³]、粘度を μ [Pa s]として、アルミナ及びシリカの条件をストークスの沈降速度式に代入すると

$$\frac{(4000 - \rho) \times 9.81 \times (5 \times 10^{-6})^2}{18\mu} = 1.5 \times 10^{-6} \dots (1)$$

$$\frac{(2200 - \rho) \times 9.81 \times (11 \times 10^{-6})^2}{18\mu} = 3.0 \times 10^{-6} \dots (2)$$

辺々割ると

$$\frac{(4000 - \rho) \times 25}{(2200 - \rho) \times 121} = \frac{1.5}{3.0}$$

$$\therefore \rho = 932.3 \dots \approx 930 \text{ kg m}^{-3}$$

(1)式に代入すると

$$\mu = \frac{(4400 - 932) \times 9.81 \times 25 \times 10^{-6}}{1.5 \times 18} = 0.03150 \dots$$

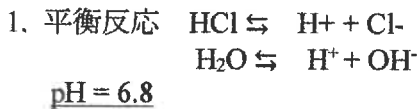
$$\therefore \mu \approx 0.032 \text{ Pa s}$$

2026年度第2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1～3では環境化学、環境分析化学で必要となる様々な環境下の溶液のpHの計算の理解度を測ります。設問4では土壌中の重金属を形態別に分画する抽出剤を選択する問題で、各結合態を溶解させる手法の理解度を測ります。

解答



HCl から生じる H^+ 濃度は Cl^- と等しく、 H_2O の解離による H^+ と OH^- 濃度も等しい。
 H^+ の全濃度は HCl 及び H_2O から生じた濃度の和になる。

電荷中和の原則から

$$[\text{H}^+] = [\text{Cl}^-] + [\text{OH}^-] = [\text{Cl}^-] + K_w/[\text{H}^+]$$

$$[\text{H}^+]^2 - [\text{Cl}^-][\text{H}^+] - K_w = 0$$

$$[\text{H}^+] = \frac{1}{2}([\text{Cl}^-] + \sqrt{[\text{Cl}^-]^2 + 4K_w})$$

$$[\text{Cl}^-] = 1.00 \times 10^{-7}, K_w = 10^{-14}$$

$$[\text{H}^+] = 1.62 \times 10^{-7}$$

$$\text{pH} = -\log(1.62 \times 10^{-7}) = 6.79 = 6.8$$

2. pH = 4.5

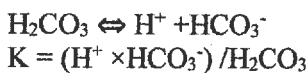
緩衝液の pH

$$\text{pH} = -\log(K_a) + \log([C_b]/[C_a])$$

酢酸ナトリウム溶液濃度 C_a : $0.500 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$
 酢酸溶液濃度 C_b : $1.00 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$
 $\text{pH} = -\log(1.75 \times 10^{-5}) + \log(0.500 \times 10^{-2} / 1.00 \times 10^{-2}) = 4.46 = 4.5$

3. pH = 5.6

大気中の二酸化炭素の分圧は $1.013 \times 10^5 \text{ Pa} \times 0.031/100 = 31.40 \text{ Pa}$
 水中に溶解した二酸化炭素の容量モル濃度は
 $C_{\text{CO}_2} = P_{\text{CO}_2} \times K_{\text{CO}_2} = 31.40 \text{ Pa} \times 4.000 \times 10^{-7} \text{ mol L}^{-1} \text{ Pa}^{-1} = 1.256 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$



炭酸の第二解離は無視できるので

$$\text{HCO}_3^- = \text{H}^+$$

$$\text{H}^+ = (K \times \text{H}_2\text{CO}_3)^{1/2} = 2.481 \times 10^{-6}$$

$$\text{pH} = -\log(\text{H}^+) = 5.61 = 5.6$$

4. ① IV, ② III, ③ II

解説

- ① $1 \text{ mol L}^{-1} \text{ CH}_3\text{COONa} / \text{CH}_3\text{COOH}$ (pH5) により炭酸塩を溶解
- ② ヒドロキシルアミンにより鉄・マンガンの酸化物鉱物を還元溶解
- ③ 硝酸酸性での過酸化水素処理で有機物を酸化