

日本大学大学院総合基礎科学研究科
令和8年度入学試験問題（第二期）

試験科目	専門
専攻名	相関理化学専攻（博士前期課程）

- （1）以下の18問の中から4問を選択して解答せよ。
- （2）解答は指定の解答用紙に記入せよ。

問題1 以下の設問 (1) ~ (3) に答えよ。

圧力の無視できる質量 M の一様球が、初期半径 R で静止している状態から自らの重力により収縮するとする。万有引力定数を G とする。

(1) 球の半径 r が従う運動方程式は次式で与えられることを示せ。

$$\frac{d^2 r}{dt^2} = -\frac{GM}{r^2}$$

(2) 運動方程式から、次のエネルギー積分が得られることを示せ。

$$\frac{1}{2} \left(\frac{dr}{dt} \right)^2 - \frac{GM}{r} = -\frac{GM}{R}$$

(3) $r = R \cos^2 \theta$ とおくと、エネルギー積分から時間 t は

$$t = \sqrt{\frac{R^3}{2GM}} \left(\theta + \frac{1}{2} \sin 2\theta \right)$$

と書けることを示せ。さらに、この式から球が一点に縮まるまでにかかる時間を求めよ。

指定の解答用紙に記入せよ。

問題2 以下の設問(1)～(3)に答えよ。

図1のように絶対屈折率 n_1 と n_2 の二つの異なる媒質1と媒質2が、ある境界で接している。媒質1から媒質2へ入射してきた平面波は境界面で屈折や反射をする。境界面を $z=0$ とする。入射波、屈折波、反射波の波数ベクトルをそれぞれ $\mathbf{k}, \mathbf{k}', \mathbf{k}''$ とし、波数ベクトルで張られる平面内に xz 軸をとる。入射角、屈折角、反射角を $\theta, \theta', \theta''$ とする。

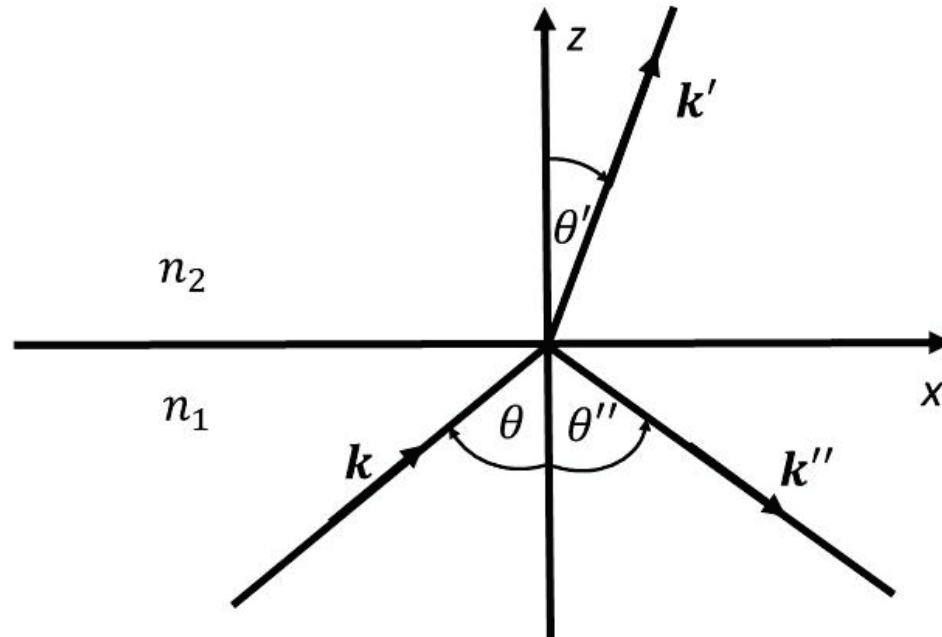


図1

(1) 入射角 θ と屈折角 θ' と媒質1,2の絶対屈折率 n_1, n_2 との間に成り立つ関係式(屈折の法則)を書き下せ。

つぎに、「負の絶対屈折率」を持つ物質(メタマテリアル)を考える。この場合にも屈折の法則が適用できるとして、真空($n_1 = 1$)から負の屈折率 $n_2 (< 0)$ の媒質へ入射した光を考える。

(2) 入射光の屈折角を求め、屈折の様子を図示せよ。

(3) さらに、図2のように厚さ d_2 の $n = -1$ の媒質からなる平板に真空中 $d_1 (< d_2)$ の距離から入射した光は、媒質を抜け出た後、媒質から距離 $d_2 - d_1$ のところで像を結ぶことを示せ。

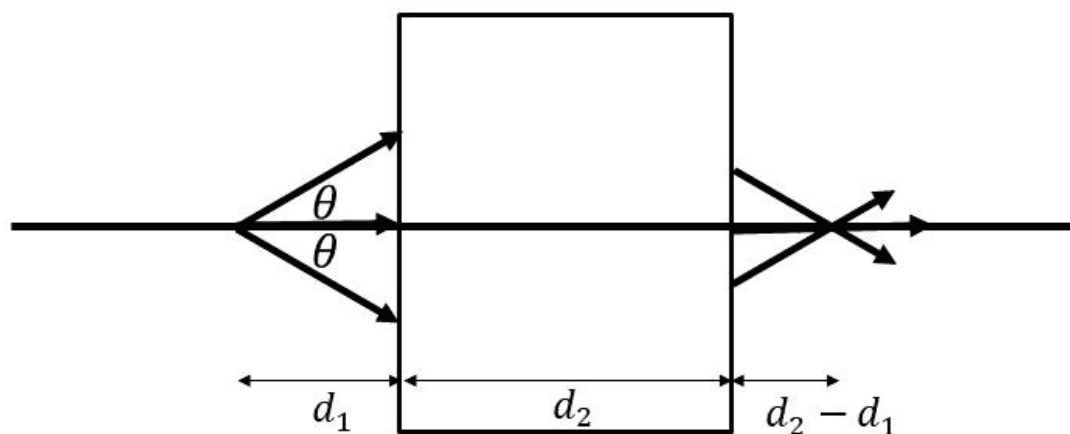


図2

指定の解答用紙に記入せよ。

問題 3 3次元空間における真空中の静磁場について、以下の設問 (1) ~ (3) に答えよ。ただし、真空の透磁率を μ_0 とする。

- (1) z 軸の無限直線上に電流 I が正の向きに流れている。この電流が位置 \mathbf{r} に作る磁束密度 $\mathbf{B}(\mathbf{r})$ を求めよ。必要ならば以下の積分公式を用いてよい (a は実定数, C は積分定数)。

$$\int \frac{1}{(x^2 + a)^{3/2}} dx = \frac{x}{a\sqrt{x^2 + a}} + C, \quad \int \frac{1}{\sqrt{x^2 + a}} dx = \ln|x + \sqrt{x^2 + a}| + C$$

- (2) xy 平面上の原点を中心とした半径 a の円周上に、電流 I が z 軸の正の向きに対して右ねじの方向になるように流れている。この電流が z 軸上の任意の位置 \mathbf{r} に作る磁束密度 $\mathbf{B}(\mathbf{r})$ を求めよ。

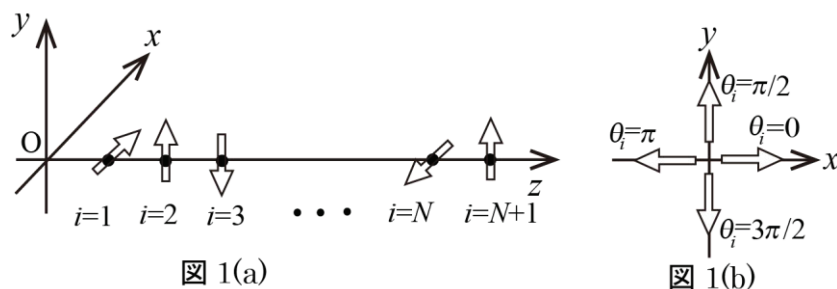
- (3) (2) の電流が、(z 軸上に限らない) 原点から十分遠方の任意の位置 \mathbf{r} に作る磁束密度 $\mathbf{B}(\mathbf{r})$ を求めよ。

指定の解答用紙に記入せよ。

問題4 図1(a)のように、 $(N + 1)$ 個の小磁石が z 軸上に等間隔に並んだ系がある。 i 番目 ($1 \leq i \leq N + 1$)の磁石は、図1(b)のように、 $+x$ 軸方向 ($\theta_i = 0$)、 $+y$ 軸方向 ($\theta_i = \pi/2$)、 $-x$ 軸方向 ($\theta_i = \pi$)、 $-y$ 軸方向 ($\theta_i = 3\pi/2$)の4方向のみを向く。隣接する i 番目と $(i + 1)$ 番目の磁石の間には相互作用があり、相互作用のエネルギーは、両磁石が同一方向を向くときは $-\varepsilon$ 、逆方向を向くときは $+\varepsilon$ 、直角方向を向くときは 0 である。ただし、 $N \gg 1$ 、 $\varepsilon > 0$ とする。式で表すと、系の全力学的エネルギーは

$$E = -\varepsilon \sum_{i=1}^N \cos(\theta_{i+1} - \theta_i)$$

で与えられる。以下の設問(1)～(5)に答えよ。



(1) 系は熱平衡状態にあり、温度 T の正準分布に従う。 $\phi_i = \theta_{i+1} - \theta_i$ と定義すると、系の分配関数は

$$Z = \sum_{\theta_1} \sum_{\theta_2} \cdots \sum_{\theta_{N+1}} \exp(-\beta E) = \sum_{\theta_1} \sum_{\phi_1} \cdots \sum_{\phi_N} \exp\left(\beta \varepsilon \sum_{i=1}^N \cos \phi_i\right)$$

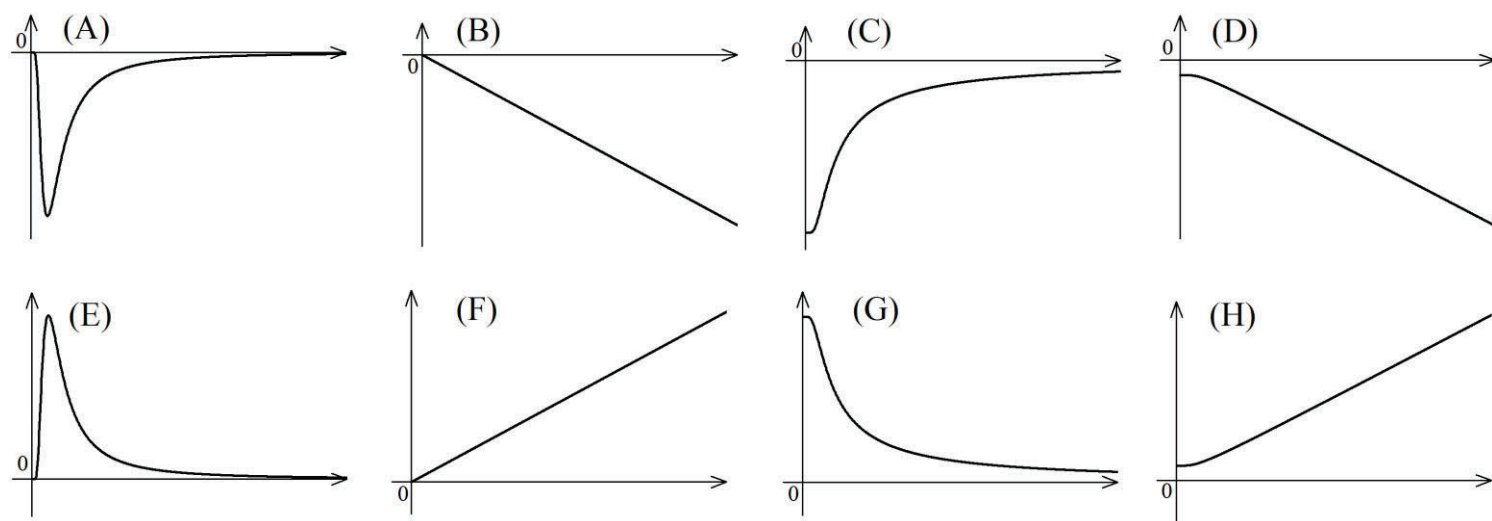
で与えられる。ただし、 $\beta = (k_B T)^{-1}$ は逆温度、 k_B はボルツマン定数である。 Z を求めよ。

(2) 系のヘルムホルツの自由エネルギー F を求めよ。

(3) 系の内部エネルギー U を求めよ。

(4) 系の定積熱容量 C_v を求めよ。

(5) F , U , C_v を温度 T (≥ 0)の関数として描いたときのグラフ(横軸が温度、縦軸が F , U , C_v)の概形としてもっとも適当なものを、それぞれ、下の(A)～(H)から1つ選び、その英字を答えよ。



指定の解答用紙に記入せよ。

問題5 1次元空間において、角振動数 $\omega > 0$ の調和型のポテンシャル中を量子力学的にふるまう質量 m の粒子に関して、時間に依存しないシュレディンガー方程式

$$\hat{H}\psi(x) = E\psi(x), \quad \hat{H} = \frac{\hat{p}^2}{2m} + \frac{1}{2}m\omega^2\hat{x}^2$$

を考えると、以下の設問 (1) ~ (4) に答えよ。ここで、 $\psi(x)$ は波動関数、 E はエネルギー固有値である。また、運動量演算子 \hat{p} は位置表示で $\hat{p} = -i\hbar\frac{d}{dx}$ と書くことができ、 \hbar はプランク定数 h を用いて $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ で与えられる。

- (1) 以下で定義される演算子 \hat{a}, \hat{a}^\dagger に関して、交換関係 $[\hat{a}, \hat{a}^\dagger] = 1$ が成り立つことを示せ。ただし、位置演算子 \hat{x} と運動量演算子 \hat{p} の間に成り立つ正準交換関係 $[\hat{x}, \hat{p}] = i\hbar$ を用いてよい。

$$\hat{a} = \sqrt{\frac{m\omega}{2\hbar}}\left(\hat{x} + \frac{i}{m\omega}\hat{p}\right), \quad \hat{a}^\dagger = \sqrt{\frac{m\omega}{2\hbar}}\left(\hat{x} - \frac{i}{m\omega}\hat{p}\right)$$

- (2) 粒子数演算子 $\hat{N} = \hat{a}^\dagger\hat{a}$ の固有値が負でない整数 $n = 0, 1, 2, \dots$ で与えられることを利用して、エネルギー固有値を求めよ。

- (3) 基底状態における規格化された波動関数を求めよ。

- (4) 基底状態における波動関数に関して、位置の標準偏差 $\Delta x = \sqrt{\langle\hat{x}^2\rangle - \langle\hat{x}\rangle^2}$ および運動量の標準偏差 $\Delta p = \sqrt{\langle\hat{p}^2\rangle - \langle\hat{p}\rangle^2}$ を求め、不確定性関係

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$$

が成り立っていることを確かめよ。必要ならば以下の積分公式を用いてよい。

$$\int_{-\infty}^{\infty} \exp(-ax^2) dx = \sqrt{\frac{\pi}{a}} \quad (a > 0)$$

指定の解答用紙に記入せよ。

問題6 以下の設問 (1) ~ (3) に答えよ。

(1) 関数

$$f(x) = 1 + \frac{1-x^2}{2x} \ln \left| \frac{1+x}{1-x} \right|$$

に対して、次の極限值を求めよ。

(a) $\lim_{x \rightarrow 0} f(x)$

(b) $\lim_{x \rightarrow 1} f(x)$

(c) $\lim_{x \rightarrow +\infty} f(x)$

(2) 次の微分方程式の一般解を求めよ。

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{2x+y}{x+2y}$$

(3) 実対称行列

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

は、直交行列 V を用いて、

$$V^t A V = \begin{pmatrix} \lambda_1 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_2 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_3 \end{pmatrix}$$

の形に対角化することができる。3つの固有値 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ ($\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3$) および V を求めよ。ここで、 V^t は V の転置行列である。

指定の解答用紙に記入せよ。

問題7 以下の設問 (1), (2) に答えよ。

- (1) 次の文章を読み、ア～オに入る最も適切な数字・語句を、以下の〔語群〕から選び、それぞれ解答欄に記せ。

水素原子において、原子核の周り、半径 r の円軌道上を電子が運動しているとすると、その電子のクーロンポテンシャルエネルギー V は

$$V(r) = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r}$$

となる。ここで e は電荷、 c は光速、 ϵ_0 は真空中の誘電率である。シュレーディンガー方程式より、そのエネルギー固有値 E_n を求めると

$$E_n = \text{ア} \frac{m_e e^4}{(4\pi\epsilon_0)^2 (h/2\pi)^2 n^2}$$

となる。ここで m_e は電子の質量、 h はプランク定数であり、 n はイ量子数である。電子が高いエネルギー準位 n_2 から低いエネルギー準位 n_1 へ遷移する時に放出されるエネルギーの波長 λ は

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

で表される。この R をウ定数という。 $n_1=2$ への遷移によって生じるスペクトル系列はエ系列と呼ばれ、そのスペクトルは主にオ領域に観測される。

〔語群〕

+1, +1/2, -1/2, -1, アボガドロ, 可視光, 気体, 紫外線, 磁気, 主, 赤外線, スピン, パッシェン, バルマー, ブラケット, 方位, ボルツマン, ライマン, リュードベリ

- (2) 結晶のアルゴンについて、10 K 以下の温度ではデバイの T^3 則（格子振動の寄与による熱容量の理論）が成り立っている。アルゴンの 2.00 K における熱容量は $C_p = 20.0 \text{ mJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ であり、0 K におけるエントロピーをゼロとしたとき、1.00 K および 2.00 K におけるアルゴンのエントロピーを計算せよ。

指定の解答用紙に記入せよ。

問題8 ランベルト-ベールの法則に関する以下の設問(1)～(7)に答えよ。

(1) 吸光度 $A=1.0$ のとき、透過光の強度は入射光の強度の何%か。適切なものを、次の①～⑤の中から1つ選べ。ただし、該当する選択肢がない場合は⑤を選べ。

- ① 50% ② 10% ③ 1.0% ④ 0.10% ⑤ 該当なし

(2) 透過光の強度が入射光の 1.0% のとき、吸光度として適切なものを、次の①～⑤の中から1つ選べ。ただし、該当する選択肢がない場合は⑤を選べ。

- ① 10 ② 2.0 ③ 1.0 ④ 0.10 ⑤ 該当なし

(3) 濃度 c_i と対応する吸光度 A_i ($i=1, 2, \dots, n$) を、光路長 (l) が 1.0 cm のセルを用いて測定した。この関係を、原点を通る一次式 $A = ac$ で最小二乗法により近似する場合、傾き a を求める式として適切なものを、次の①～⑤の中から1つ選べ。ただし、該当する選択肢がない場合は⑤を選べ。

① $a = \frac{\sum c_i A_i}{\sum c_i^2}$

② $a = \frac{\sum c_i}{\sum A_i}$

③ $a = \frac{n}{\sum c_i A_i}$

④ $a = \frac{\sum A_i}{n}$

- ⑤ 該当なし

(4) ランベルト-ベールの法則において、光路長 (l) が 1.0 cm のとき、直線の傾き a は何に相当するか。適切なものを、次の①～⑤の中から1つ選べ。ただし、該当する選択肢がない場合は⑤を選べ。

- ① 透過率 ② 透過率の逆数 ③ モル吸光係数 ④ モル吸光係数の逆数 ⑤ 該当なし

(5) モル吸光係数 $\varepsilon = 2.0 \times 10^4 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$ 、光路長 $l = 0.10 \text{ cm}$ 、濃度 $c = 1.0 \times 10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ のとき、吸光度 A として適切なものを、次の①～⑤の中から1つ選べ。ただし、該当する選択肢がない場合は⑤を選べ。

- ① 20 ② 2.0 ③ 0.20 ④ 0.0020 ⑤ 該当なし

(6) 吸光度が 2.0 を超える測定が一般に推奨されない理由として最も適切なものを、次の①～⑤の中から1つ選べ。ただし、該当する選択肢がない場合は⑤を選べ。

- ① 吸光度が 2.0 を超えると法則が数学的に成立しなくなるため
② 透過光が極端に弱くなり、測定誤差が大きくなるため
③ 吸光度が高いほど光路長が短くなるため
④ 溶液が自発的に発光し、検出器が飽和するため
⑤ 該当なし

(7) ランベルト-ベールの法則が理論的に成立しない場合として最も適切なものを、次の①～⑤の中から1つ選べ。ただし、該当する選択肢がない場合は⑤を選べ。

- ① 光源が単色光であるとき
② 光路長が 1 cm より長いとき
③ 溶液の濃度が高く、分子間相互作用が強くなるとき
④ 溶媒が透明であるとき
⑤ 該当なし

指定の解答用紙に記入せよ。

問題9 以下の設問 (1) ~ (2) に答えよ。

(1) 次の分子・イオン(a)~(e)は回転軸 C_n をもつ。それぞれにおける最大の n の値を答えよ。

(a) アンモニア	(b) クロロベンゼン	(c) 水	(d) メタン	(e) $[\text{CuCl}_4]^{2-}$
-----------	-------------	-------	---------	----------------------------

(2) 陽イオンと陰イオンが 1:1 の比で形成する結晶構造の代表的なものに、次の(a)~(c)の構造がある。このとき、以下の問に答えよ。

- (a) 塩化ナトリウム型構造
- (b) 塩化セシウム型構造
- (c) 閃亜鉛鉱型構造

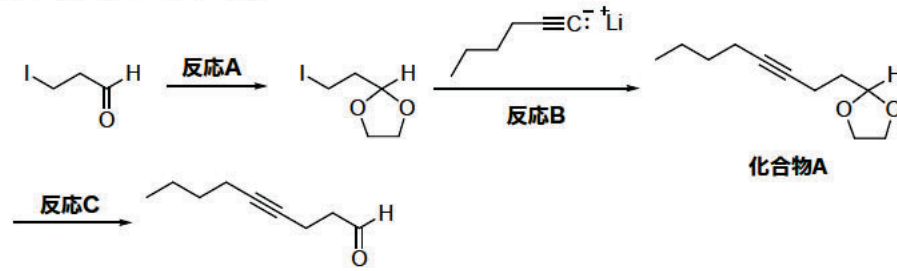
(i) 結晶構造(a)~(c)における、陽イオンまたは陰イオンに対する配位数を答えよ。

(ii) 剛体球近似のもとに、各結晶構造における陽イオンと陰イオンが必ず接すると考える。陽イオンと陰イオンの半径をそれぞれ r_M, r_X とするとき、(a)の結晶構造を安定にとりうる、最小のイオン半径比(r_M/r_X)を、有効数字2桁で求めよ。

(iii) イオン半径比(r_M/r_X)比が大きくなるにつれて、(c) < (a) < (b) の順に結晶構造が安定となる。(a)の結晶構造を安定にとりうる、最大のイオン半径比(r_M/r_X)を、有効数字2桁で求めよ。

指定の解答用紙に記入せよ。

問題 10 次の合成スキームについて、以下の設問 (1) ~ (6) に答えよ。なお、いずれの反応においても適切な後処理を行ったものとする。



(1) 反応 A に必要な反応剤を以下の①~⑧から 2 つ選べ。

- | | | |
|--|--|--|
| ① $\text{CH}_3\text{-SO}_2\text{-Cl}$ | ② $\text{CH}_3\text{-SO}_2\text{-OH}$ | ③ KOH |
| ④ NaOH | ⑤ $\text{HO-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$ | ⑥ $\text{HO-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Br}$ |
| ⑦ $\text{Br-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Br}$ | ⑧ $\text{I-CH}_2\text{-CH}_2\text{-I}$ | |

(2) 反応 B は以下のどの反応に分類されるか、以下の①~⑤から 1 つ選べ。

- | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|---------|
| ① $\text{S}_{\text{N}}1$ 反応 | ② $\text{S}_{\text{N}}2$ 反応 | ③ E1 反応 |
| ④ E2 反応 | ⑤ E1cB 反応 | |

(3) 反応 C に必要な反応剤を以下の①~⑧から 2 つ選べ。

- | | | |
|--------|-----------|------------|
| ① 塩酸 | ② 水酸化カリウム | ③ 水酸化ナトリウム |
| ④ 水 | ⑤ トルエン | ⑥ ベンゼン |
| ⑦ ピリジン | ⑧ 無水酢酸 | |

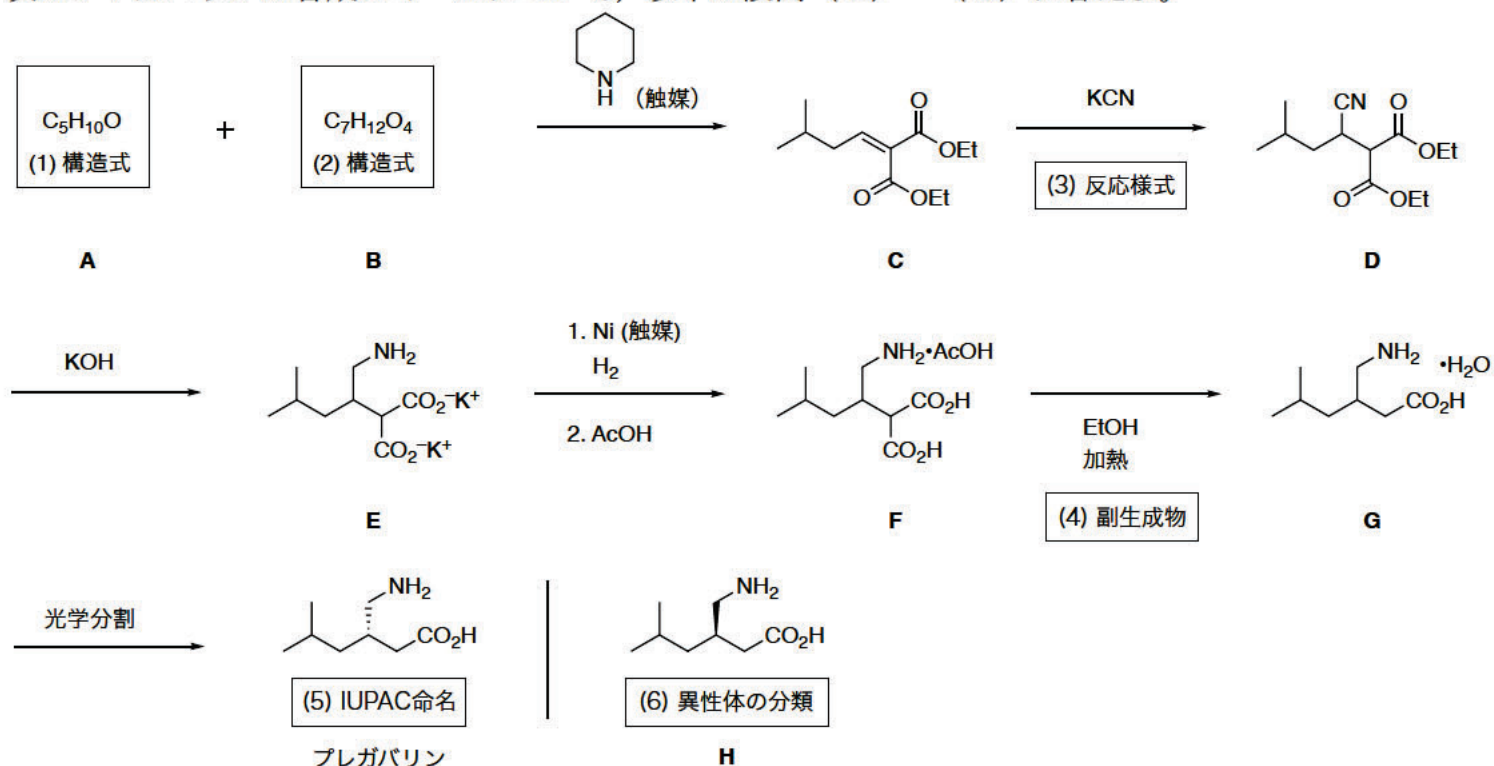
(4) 化合物 A を白金触媒存在化で水素化反応を行った時に、主生成物として得られると考えられる化合物の構造式を書け。

(5) 化合物 A を Lindlar 触媒存在化で水素化反応を行った時に、主生成物として得られると考えられる化合物の構造式を書け。

(6) 化合物 A を液体アンモニアに溶かした金属ナトリウムを用いて還元反応を行った時に、主生成物として得られると考えられる化合物の構造式を書け。

指定の解答用紙に記入せよ。

問題 1 1 プレガバリンは、神経障害性疼痛薬として利用されている。
次のプレガバリンの合成スキームについて、以下の設問 (1) ~ (6) に答えよ。



(1) 分子式が $C_5H_{10}O$ である化合物 **A** の構造式を示せ。

(2) 分子式が $C_7H_{12}O_4$ である化合物 **B** の構造式を示せ。

(3) 化合物 **C** → 化合物 **D** の反応様式として最も適切なものを、以下の①~③から 1 つ選べ。

- ① 1,2-付加反応 ② 1,4-付加反応 ③ 1,6-付加反応

(4) 化合物 **F** → 化合物 **G** は気体の副生を伴う。気体の副生成物として最も適切なものを、以下の①~⑥から 1 つ選べ。

- ① 水素(H_2) ② 窒素(N_2) ③ 酸素(O_2)
④ 一酸化炭素(CO) ⑤ 二酸化炭素(CO_2) ⑥ オゾン(O_3)

(5) IUPAC の規則にしたがってプレガバリンを命名せよ。プレガバリンの立体中心の絶対配置を考慮すること。

(6) プレガバリンと化合物 **H** は互いにどのような異性体の関係にあるか。最も適切なものを、以下の①~③から 1 つ選べ。

- ① ジアステレオマー ② 幾何異性体 ③ 鏡像異性体

指定の解答用紙に記入せよ。

問題 1 2 トランスファーRNA (tRNA) に関する以下の設問 (1) ~ (7) に答えよ。

(1) tRNA の二次構造における主要なアームの組み合わせとして最も適切なものを、次の①~⑤の中から1つ選べ。ただし、該当する選択肢がない場合は⑤を選べ。

- ① 受容茎, D アーム, S アーム, T アーム
- ② 受容茎, D アーム, アンチコドンアーム, TΨC アーム
- ③ 受容茎, H アーム, アンチコドンアーム, L アーム
- ④ D アーム, T アーム, S アーム, アンチコドンアーム
- ⑤ 該当なし

(2) tRNA が L 字型の三次構造をとることの機能的意義として最も適切なものを、次の①~⑤の中から1つ選べ。ただし、該当する選択肢がない場合は⑤を選べ。

- ① tRNA が DNA と二重らせんを形成しやすくなる
- ② tRNA が核膜孔を通過しやすくなる
- ③ アミノ酸が自発的にペプチド結合を形成しやすくなる
- ④ リボソームの A/P/E 各サイトに tRNA の異なる部位を正しく配置できる
- ⑤ 該当なし

(3) tRNA に存在する修飾核酸の役割として最も適切なものを、次の①~⑤の中から1つ選べ。ただし、該当する選択肢がない場合は⑤を選べ。

- ① DNA 複製の開始点として働く
- ② mRNA のキャップ構造を形成する
- ③ rRNA の切断を促進する
- ④ 翻訳の正確性向上や構造安定化に寄与する
- ⑤ 該当なし

(4) アンチコドンの 1 文字目がイノシン (I) の場合に、I が対合できるコドン中の塩基の組み合わせとして最も適切なものを、次の①~⑤の中から1つ選べ。ただし、該当する選択肢がない場合は⑤を選べ。

- ① A, G, C ② A, G, U ③ A, C, U ④ G, C, U ⑤ 該当なし

(5) tRNA のアンチコドンとコドンの関係について最も適切なものを、次の①~⑤の中から1つ選べ。ただし、該当する選択肢がない場合は⑤を選べ。

- ① アンチコドンは mRNA のコドンと同じ塩基配列を持つ
- ② アンチコドンは mRNA のコドンと逆向き (3'→5') に相補的に結合する
- ③ アンチコドンはアミノ酸の種類とは無関係である
- ④ アンチコドンは翻訳開始因子によって切断される
- ⑤ 該当なし

(6) tRNA のアミノアシル化において、アミノアシル tRNA 合成酵素が正しい tRNA を識別する際に重要な要素として最も適切なものを、次の①~⑤の中から1つ選べ。ただし、該当する選択肢がない場合は⑤を選べ。

- ① tRNA の 5' キャップ構造
- ② tRNA の特異的塩基配列や修飾
- ③ tRNA のコドン配列
- ④ tRNA のポリ A テール
- ⑤ 該当なし

(7) tRNA の TΨC アームに多く見られ、tRNA の立体構造安定化に寄与する修飾核酸の名称を答えよ。

指定の解答用紙に記入せよ。

問題 1 3 タンパク質の構造と活性について、以下の設問（1）～（4）に答えよ。

- （1）タンパク質の立体構造は極めて多様である。しかしながら、多くのタンパク質で共通に見られる局所的な立体構造がある。このような局所的な立体構造の名称を答えよ。また、タンパク質を構成するアミノ酸残基の配列はそれぞれ異なるにもかかわらず、そのような共通した立体構造が形成されるのはなぜか、簡潔に説明せよ。
- （2）真核生物のタンパク質の N 末端は、合成され始めた際には基本的にすべてメチオニン残基であるが、成熟したタンパク質の N 末端はさまざまな理由によりメチオニン残基でないことが多い。このうち、細胞外へ分泌されたタンパク質の多くにおいて、N 末端がメチオニン残基でない理由を簡潔に説明せよ。
- （3）ウシ RNase A を尿素およびジチオスレイトール (dithiothreitol, DTT) で処理すると活性を失う。しかし、透析などで尿素および DTT を除くと活性が回復する。一方、ヒトインスリンを尿素および DTT で処理すると RNase A と同様に活性を失うが、透析などで尿素と DTT を除いても活性が回復しないことが多い。なぜ透析によって RNase A の活性は回復するのに、インスリンの活性は回復しないのか、その理由を簡潔に説明せよ。
- （4）細胞内ではたらくプロテインチロシンフォスファターゼ (protein tyrosine phosphatase, PTP) ファミリーの酵素には、細胞外で活性測定をする際に DTT やβ-メルカプトエタノールを加えないと活性が低下するものが多い。それはなぜだと考えられるか。PTP の構造上の特徴に関して説明せよ。

指定の解答用紙に記入せよ。

問題 1 4 細胞分化に関する以下の文章を読み、設問 (1) ~ (4) に答えよ。

多細胞生物では、発生に従い細胞の分化が進行する。細胞分化に伴い、一般的にはゲノムが変化しないにも関わらず遺伝子発現が変化する。1962年、J. B. Gurdon は、アフリカツメガエルを用いて次の実験を行った。紫外線照射により核を不活性化した未受精卵に、オタマジャクシの小腸上皮細胞の核を移植した。その結果、いくつかの核移植卵は正常に発生を開始し、オタマジャクシにまで成長した。この結果は、①分化した細胞の遺伝的等価性と、②分化細胞の核が細胞質により脱分化できることを示している。しかしながら、この実験には次のようないくつかの不備が指摘された。③核移植卵が正常に発生したのは移植核のはたらきではなく、紫外線照射において不活性化をまぬがれた未受精卵の核のはたらきではないか。また、④移植された核は実際に分化した細胞の核ではなく、小腸上皮に存在する未分化細胞の核が移植されたのではないか、というものである。Gurdon は 1975 年に次のような実験結果を発表し、指摘された不備に答えた。まず、核小体を 1 個しかもたない突然変異体 (1-nu) の水かきの表皮細胞を培養し、ケラチン抗体を用いた蛍光染色により大部分 (99.9%) の細胞がケラチンを合成していること、つまり表皮細胞に分化していることを確認した。これらの細胞の核を、野生型 (核小体を 2 つもつ、2-nu) の紫外線照射卵に移植した。いくつかの核移植卵はオタマジャクシに発生し、そのオタマジャクシを調べたところ、各組織を構成する細胞は二倍体であり、核小体を 1 つだけもっていた。

- (1) 成熟した動物個体においてもすべての細胞が分化しているわけではなく、比較的未分化な状態で維持される成体幹細胞 (組織幹細胞) が存在する。成体においてこのような幹細胞が存在する意義を簡潔に説明せよ。
- (2) 下線①にはいくつかの例外が知られている。多くの脊椎動物で見られる例は何か。分化によってゲノムが変化した細胞の名称、またその細胞においてゲノムが変化する現象の名称をそれぞれ答えよ。
- (3) Gurdon の 1962 年の実験によって、なぜ下線①と②の内容が示されたと言えるのか。それぞれ簡潔に説明せよ。
- (4) Gurdon の 1975 年の実験は、なぜ③と④の指摘に答えていると言えるのか。それぞれ簡潔に説明せよ。

指定の解答用紙に記入せよ。

問題 15 神経細胞（ニューロン）の構造と機能に関する，設問（1）～（5）に答えよ。

- （1）ニューロンが静止膜電位をもつ理由を，特に重要なイオンの分布と膜の透過性に触れつつ説明せよ。
- （2）ニューロンにおいて，シナプス入力が活動電位として出力され，軸索を介して伝導されるまでの電氣的過程について，樹状突起，細胞体，軸索起始部，および軸索の役割を簡潔に説明せよ。
- （3）シナプス前細胞からシナプス後細胞へ情報が伝達される過程を説明せよ。また，興奮性シナプスと抑制性シナプスの違いを，膜電位の変化に着目して説明せよ。
- （4）神経可塑性（Neuronal Plasticity）とは何かを定義せよ。さらに，神経可塑性が重要な役割を果たす生理的機能を一つ挙げ，その際にニューロンに生じる機能的および構造的変化を，分子・細胞レベルで具体的に説明せよ。
- （5）アルツハイマー病の発症メカニズムについて，アミロイド β およびタウ（tau）タンパク質の異常な蓄積とその神経細胞への影響に触れながら説明せよ。

指定の解答用紙に記入せよ。

問題 16 生物進化と系統解析に関する，設問（1）～（5）に答えよ。

- （1）原核生物と真核生物の細胞構造上の主な違いを2つ挙げ，それぞれが進化の過程においてもつ意味を簡潔に説明せよ。
- （2）ミトコンドリアや葉緑体が独自の DNA をもつことは，どのような進化仮説を支持するか。その仮説の概要を説明せよ。
- （3）形態形質に基づく系統分類と，分子データに基づく系統分類について，それぞれの利点と限界を説明せよ。
- （4）分子系統解析において，rRNA 遺伝子とミトコンドリア DNA が頻繁に用いられる理由を説明せよ。
- （5）真核生物の系統分類において，単細胞生物（いわゆる原生生物）は多様な系統に分散して位置づけられている。この事実は，原生生物を一つの分類群として扱うことの問題点を示している。この問題点について，進化的観点および細胞構造・機能の多様性に触れながら説明せよ。

指定の解答用紙に記入せよ。

問題 17 哺乳類の転写調節について、以下の文章を読み、設問（1）～（3）に答えよ。

ゲノムの塩基配列の変異を伴わず、特定の転写領域の活性を調節する機構を【あ】な制御（または【あ】制御）と呼ぶ。このような制御の仕組みには、ヒストンのアセチル化やメチル化などの分子修飾や、【い】と呼ばれる RNA の機能が含まれる。

- （1） 【あ】、【い】にあてはまる言葉を答えよ。
- （2） 下線部のようなヒストンの分子修飾がなぜ転写調節につながるのか、「ヌクレオソーム」という言葉を使用して簡潔に説明せよ。
- （3） ヒストン修飾のうち、転写を活性化するヒストン修飾 H3K4me3 と抑制するヒストン修飾 H3K27me3 の両者が同時に存在する状態を何と呼ぶか答え、その役割についても簡潔に答えよ。

指定の解答用紙に記入せよ。

問題 18 哺乳類の培養細胞を用いた以下の実験について、設問（1）～（3）に答えよ。

ヒトの培養細胞を用い、あるタンパク質 X の細胞内局在を調べるために蛍光免疫染色を行った。抗体は、抗 X ウサギポリクローナル抗体（抗体 A とする）および抗 X マウスモノクローナル抗体（抗体 B とする）の 2 種類を用いた。観察には、ワイドフィールド蛍光顕微鏡および共焦点レーザー顕微鏡を用いた。

- （1）抗体 A による X の免疫染色像は、ワイドフィールド蛍光顕微鏡を用いた場合、細胞全体に蛍光が分布する様子を示したが、抗体 B による同様の実験では、蛍光が核に分布した。なぜ両者が異なる様子を示したのか、考えられる理由を 2 つ以上挙げ、理由と共に記述せよ。
- （2）ワイドフィールド蛍光顕微鏡と共焦点レーザー顕微鏡の違いを、顕微鏡の仕組みを含めて簡潔に説明せよ。
- （3）抗体 B によるタンパク質 X の免疫染色像は、ワイドフィールド蛍光顕微鏡を用いた場合には核全体に広がって見えたが、共焦点レーザー顕微鏡を用いた場合には核内の特定の領域に局在して見えた。なぜ両者が異なる様子を示したのか、考えられる理由を 2 つ以上挙げ、理由と共に記述せよ。

指定の解答用紙に記入せよ。

日本大学大学院総合基礎科学研究科

令和8年度入学試験問題（第二期）

解答用紙

試験科目	専門
専攻名	相関理化学専攻（博士前期課程）
受験番号	
氏名	
志望研究室	

選択した4つの問題の欄に○を記せ。

問題 1	問題 2	問題 3	問題 4	問題 5	問題 6
問題 7	問題 8	問題 9	問題 10	問題 11	問題 12
問題 13	問題 14	問題 15	問題 16	問題 17	問題 18

問題 1 解答用紙（スペースが不足した場合は裏面使用可）

(1)

(2)

(3)

問題2 解答用紙（スペースが不足した場合は裏面使用可）

(1)

(2)

(3)

問題3 解答用紙（スペースが不足した場合は裏面使用可）

(1)

(2)

(3)

問題4 解答用紙 (スペースが不足した場合は裏面使用可)

(1)

(2)

(3)

(4)

(5)

	ヘルムホルツの自由 エネルギー F	内部エネルギー U	定積熱容量 C_v
グラフの概形 (A~Hの英字)			

問題5 解答用紙 (スペースが不足した場合は裏面使用可)

(1)

(2)

(3)

(4)

問題6 解答用紙 (スペースが不足した場合は裏面使用可)

(1)

(a)

(b)

(c)

(2)

(3)

問題7 解答用紙

(1)	ア	
	イ	
	ウ	
	エ	
	オ	
(2)		

採点欄

問題8 解答用紙

(1)		(2)	
(3)		(4)	
(5)		(6)	
(7)			

採点欄

問題9 解答用紙

(1)	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
(2) (i)	(a)		(b)		(c)
(ii)					
(iii)					

採点欄

問題 10 解答用紙

(1)		(2)		(3)	
-----	--	-----	--	-----	--

(4)	
-----	--

(5)	
-----	--

(6)	
-----	--

採点欄

問題 1 1 解答用紙

(1)		(2)	
-----	--	-----	--

(3)		(4)	
-----	--	-----	--

(5)	
-----	--

(6)	
-----	--

採点欄

問題 1 2 解答用紙

(1)		(2)	
(3)		(4)	
(5)		(6)	

(7)	
-----	--

採点欄

問題 1 3 解答用紙

(1)

構造の名称：
この構造が共通して見られる理由：

(2)

--

(3)

--

(4)

--

問題 1 4 解答用紙

(1)

--

(2)

細胞：
現象：

(3)

①
②

(4)

③
④

問題 1 5 解答用紙

(1)

(2)

(3)

(4)

(5)

問題 1.6 解答用紙

(1)

(2)

(3)

(4)

(5)

問題 17 解答用紙

(1)

【あ】

【い】

(2)

(3)

問題 18 解答用紙

(1)

(2)

(3)

日本大学大学院総合基礎科学研究科
令和8年度入学試験問題（第一期）

試験科目	外国語（英語）
専攻名	相関理化学専攻（博士前期課程）

解答は指定の解答用紙に記入せよ。

問題1 以下の英文 (1) ~ (3) より 2つを選び和訳せよ。

(1)

この部分は著作権の都合上、公開できません。

(出典：R.P.Feynman, Reviews of Modern Physics **20**, 367 (1948).)

(2) The solution of the carboxylic acid in ethanol was stirred under reflux for 2 h in the presence of a catalytic amount of sulfuric acid. After appropriate workup including washing with an aqueous basic solution, the crude product was purified by distillation under reduced pressure to afford the desired ethyl ester as a colorless liquid in 80% yield.

(3) In recent years, increasing attention has been paid to intracellular structures in eukaryotic cells that are not surrounded by membranes but are formed through liquid–liquid phase separation. These structures, known as membraneless organelles, have been shown to play important roles in cellular functions. The most prominent membraneless organelle in the nucleus is the nucleolus.

注) liquid–liquid phase separation : 液–液相分離

問題2 以下の和文 (1) ~ (6) より 3つを選び英訳せよ。

(1) 物体の運動エネルギーは、その速度の二乗と質量の積に比例する。

(2) 水素原子は、電荷 $+e$ の粒子である陽子と電荷 $-e$ の粒子である電子から構成される。

(3) その化合物の分子式は、高分解能質量分析によって $C_7H_{12}O_4$ と決定された。

注) 高分解能質量分析: high-resolution mass spectrometry (HRMS).

(4) この不安定な化合物は、不活性ガス中で合成した。

(5) 生命科学は、分子レベルの現象から個体・集団、さらには生態系に至るまで、幅広い階層の現象を対象とする。

(6) タンパク質を精製する過程で、サンプルを誤って高温条件下に長時間放置してしまい、その結果、活性が失われた。

日本大学大学院総合基礎科学研究科

令和8年度入学試験問題（第二期）

解答用紙

試験科目	外国語（英語）
専攻名	相関理化学専攻（博士前期課程）
受験番号	
氏名	
志望研究室	

選択した問題の欄に○を記せ。

問題1

(1)	(2)	(3)

問題2

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)

問題1 解答用紙（スペースが不足した場合は裏面使用可）
番号を書いてから回答すること

問題2 解答用紙（スペースが不足した場合は裏面使用可）
番号を書いてから回答すること