

令和7(2025)年度
学習院大学大学院
自然科学研究科・化学専攻
博士前期課程
試験区分(一般・春季)
入学試験問題

9:00~12:00	
化学	

令和7年度（2025年度）

学習院大学大学院

自然科学研究科 化学専攻 博士前期課程

一般入学試験問題

（春季募集）

化 学

注意事項

1. この問題冊子には、無機化学・有機化学・物理化学の3分野の問題がまとめられています。表紙を含めて7ページあります。印刷等が不鮮明な箇所があったら、早めに申し出なさい。
2. 3分野すべてに解答しなさい。解答用紙は1分野毎に1枚とし、分野名・問題番号等も明記しなさい。解答用紙が不足した場合は、裏面を使用しなさい。
3. 試験中に机の上に置けるものは、鉛筆・シャープペンシル・ボールペン（いずれも黒または青のみ）と、消しゴム、計時機能のみの時計、受験票です。通信機能付きの時計やスマートフォン等の通信機器は電源を切って鞆の中にしまってください。これらの通信機器は時計として使用することもできません。

無機化学

問1 原子のイオン化エネルギーに関する図1を見て、以下の問いに答えなさい。

- 図1のタイトルを日本語に訳しなさい。
- (1), (2), (3), (4), (5)に対応する原子の元素記号をそれぞれ書きなさい。また、これらの元素のことをまとめて何というか答えなさい。
- (6), (7), (8), (9), (10)に対応する原子の元素記号をそれぞれ書きなさい。また、これらの元素のことをまとめて何というか答えなさい。
- (5)の原子の基底状態の電子配置をフッ素Fの例にならって書きなさい。
例 F: $1s^2 2s^2 2p^5$
- (7)から(3)までのイオン化エネルギーが、図のように変化する理由を200字程度で説明しなさい。

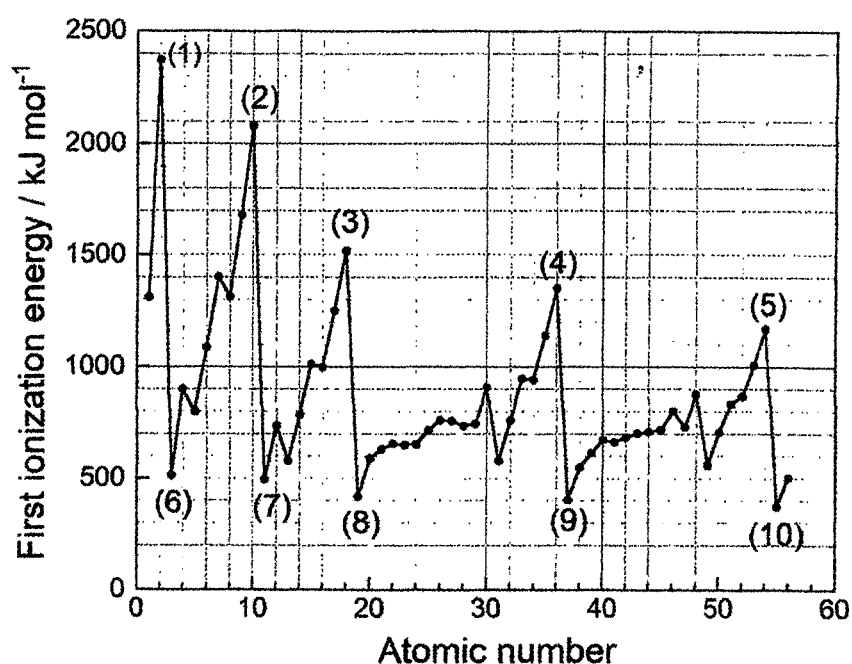


図1 The periodic variation of first ionization energy with atomic number.

問2 以下の問いに答えなさい。

- 重量分析法と容量分析法について、それぞれどのような原理に基づいた分析法か説明しなさい。
- 重量分析法と容量分析法のうちどちらかを用いて、濃度のわからない塩化マグネシウム水溶液のモル濃度を求めるとする。どちらか一つの分析法を選び、具体的な実験方法を説明しなさい。
- 機器分析法を用いて塩化マグネシウム水溶液のモル濃度を求めるとすると、どのような分析法があるか答えなさい。また、その機器分析法の測定原理を説明しなさい。

問3 2族元素の二価の6配位および8配位におけるイオン半径が表1に示されている。これらの値を用いて以下の問いに答えなさい。数値で答える問題には計算の過程を書き、有効数字3桁で答えなさい。 O^{2-} のイオン半径は1.40 Åとする。

- (a) 原子番号が大きくなるにつれ、陽イオン半径の大きさはどのような傾向があるか、その理由とあわせて答えなさい。
- (b) CsCl型結晶構造を描きなさい。
- (c) CsCl型結晶構造を持つ酸化物の O^{2-} の充填において、 O^{2-} 同士が接している単純立方格子を仮定する。この単純立方格子の格子定数と、 O^{2-} 充填による隙間に内接する球の半径を求めなさい。
- (d) MgOは標準状態においてCsCl型結晶構造ではなくNaCl型構造をとる。陽イオンが収容される隙間の大きさと陽イオンの半径の観点から、その理由を答えなさい。

表1 2族元素の二価陽イオン半径

イオン	イオン半径 (Å)	
	6配位	8配位
Mg^{2+}	0.72	0.89
Ca^{2+}	1.00	1.12
Sr^{2+}	1.18	1.26
Ba^{2+}	1.35	1.42

有機化学

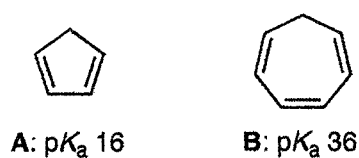
問1 つぎの用語の違いを、具体的な化合物の例を挙げた上で説明しなさい。

立体異性体 構造異性体

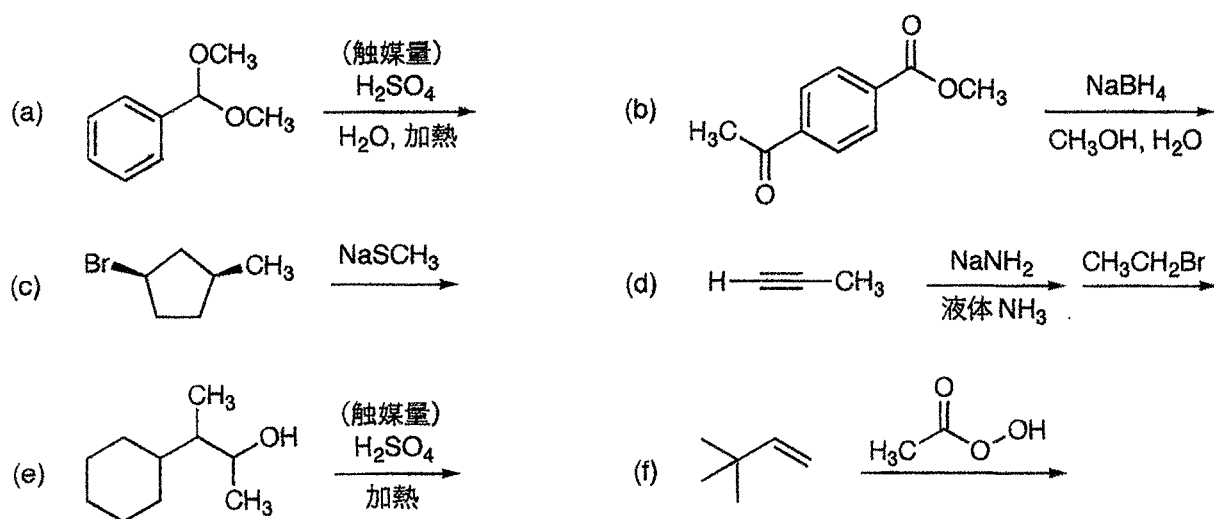
問2 つぎの問いに答えなさい。

(a) エタン, エテン, エチンを, その水素の酸性が高いものから順に並べなさい。
また, そのような順になる理由を説明しなさい。

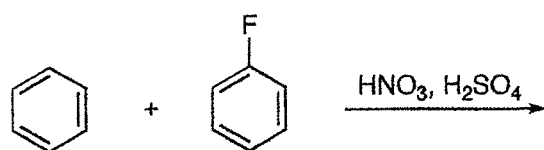
(b) 以下の化合物 A および B の酸性度 (pK_a) は大きく異なる。その理由を説明しなさい。



問3 反応(a)~(f)の主生成物の構造式ならびに反応機構を書きなさい。なお, (c)については, その化合物が生成する理由を立体化学も含めて説明すること。



問4 ベンゼンとフルオロベンゼンの1 : 1混合物を混酸と一定時間反応させたところ, 一方のみがニトロ化された。主生成物の構造式と生成機構を書きなさい。また, なぜ一方のみが反応したのか, 理由を簡潔に説明しなさい。



物理化学

問1 理想気体 1 mol を、温度 T 一定下で体積 V_1 から体積 V_2 へ変化させる。気体定数は R として以下の問いに答えなさい。

- (a) 気体の体積が V のときの気体の圧力を、与えられたパラメータを用いて表しなさい。
- (b) 気体の圧力が(a)のときの、可逆的微小体積変化を dV とする。このとき気体が外部にした仕事を求めなさい。
- (c) 気体の体積が V_1 から V_2 へ可逆的に変化したとき、気体が外部からされた仕事を求めなさい。
- (d) 気体の体積が V_1 から V_2 へ可逆的に変化したとき、気体が外部から吸収した熱量を求めなさい。
- (e) 気体の体積が V_1 から V_2 へ可逆的に変化したとき、エントロピー変化を求めなさい。
- (f) 体積 V_1 の同じ理想気体を真空容器と接続し、温度 T 一定下で体積 V_2 になるように自由膨張させた。このとき気体のエントロピー変化を求めなさい。

問2 各炭素原子に由来する4つの π 電子が π 結合を作るものとして、ブタジエンの分子オービタルのエネルギーをヒュッケル近似により考える。エチレンで同様の考察をすると、エネルギー準位は $\alpha \pm \beta$ で表すことができる。以下の問いに答えなさい。

- (a) 炭素原子に端から順に1~4 (エチレンの場合は1~2) の番号をつける。この系のハミルトニアンを \hat{H} , i 番目の炭素原子の π オービタルの波動関数を ϕ_i とする。 α と β の定義式を書きなさい。
- (b) ヒュッケル近似の内容を示しなさい。
- (c) ヒュッケル近似による永年方程式を書きなさい。
- (d) 永年方程式を解き、ブタジエンの分子オービタルのエネルギー準位を α と β を用いて表しなさい。下の2つの式を参照してよい。
- (e) エチレン分子2個と比べた場合のブタジエンの安定性について考察しなさい。

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix} = a_{11} \begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix} - a_{12} \begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix} + a_{13} \begin{vmatrix} a_{21} & a_{22} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{44} \end{vmatrix} - a_{14} \begin{vmatrix} a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} \end{vmatrix}$$

$$x^4 + 2ax^2 + b = (x^2 + a)^2 - (a^2 - b)$$

問3 X線回折について以下の問いに答えなさい。ただし、結晶における単位胞の3個の辺をそれぞれ a, b, c とし、辺 a と辺 b のなす角を γ 、辺 b と辺 c のなす角を α 、辺 c と辺 a のなす角を β とする。数値で答える問題には計算の過程を書き、有効数字2桁で答えなさい。

- (a) 立方晶はどのような結晶形をもつか。 a, b および c を含む関係式と α, β および γ を含む関係式をそれぞれ使って説明しなさい。
- (b) 立方晶における(111)面はどのような平面かを図とともに説明しなさい。
- (c) 立方晶からなる試料に波長が 0.15 nm の $\text{Cu K}\alpha$ 線を照射したとき、入射角 11.2° で{111}面からの1次反射が観測された。この結晶における単位胞の一辺の長さを計算しなさい。必要であれば次の数字を使いなさい。

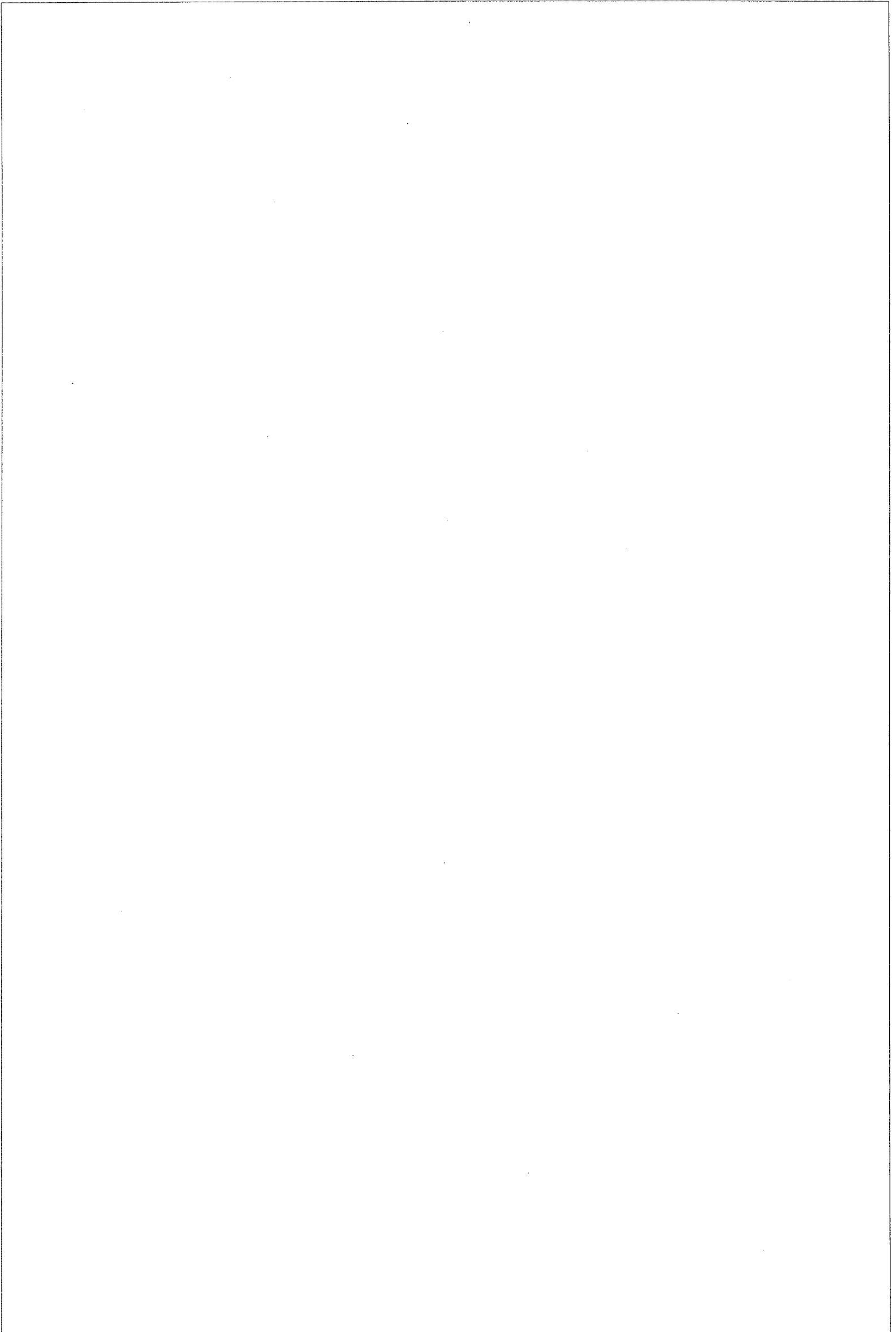
$$\sin(11.2^\circ) = 0.19$$

$$\cos(11.2^\circ) = 0.98$$

(注意)・答案は必ず提出すること。・太線内は必ず記入すること。

学習院大学大学院

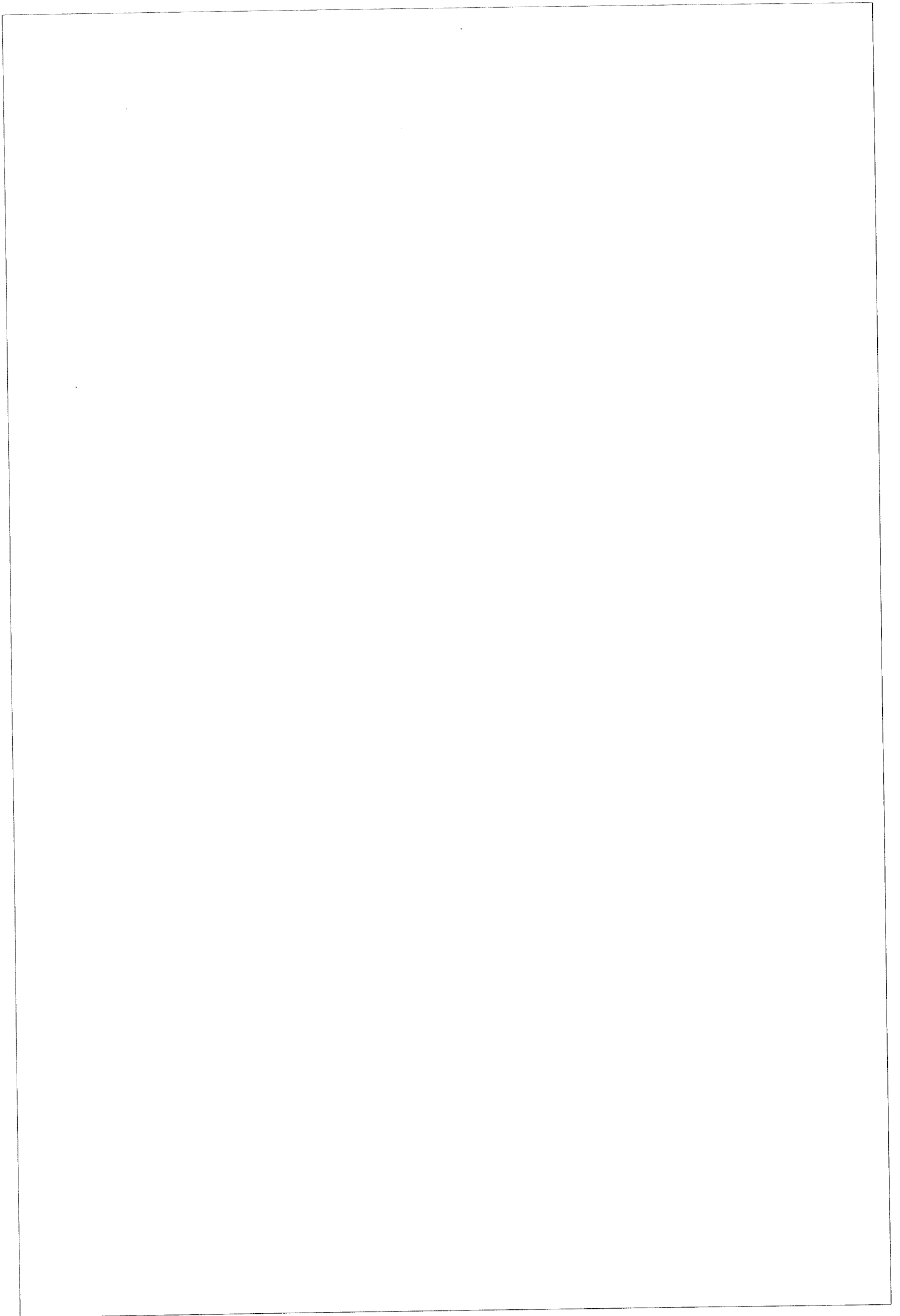
課程	博士前期課程	研究科	自然科学 研究科	専攻	化学専攻	受験番号	
試験科目	2025年度 一般入試(春季募集)			備考	化学	採点欄	解答用紙



(注意)・答案は必ず提出すること。・太線内は必ず記入すること。

学習院大学大学院

課程	博士前期課程	研究科	自然科学 研究科	専攻	化学専攻	受験番号	
試験科目	2025年度 一般入試(春季募集)		備考	解答用紙		採点欄	
	化		学				



(注意)・答案は必ず提出すること。・太線内は必ず記入すること。

学習院大学大学院

課程	博士前期課程	研究科	自然科学 研究科	専攻	化学専攻	受験番号	
試験科目	2025年度 一般入試(春季募集)			備考	解答用紙	採点欄	
	化		学				

