

2025年度 東京理科大学大学院

理学研究科（修士課程）

科学教育専攻 【一般入試】

小論文課題

留意事項

1. 数学コースを希望する受験者は、〔A 教職分野〕と〔B 数学分野〕の課題について小論文を作成すること。
2. 理科コースを希望する受験者は、〔A 教職分野〕と〔C 理科分野〕（「C-1 物理」・「C-2 化学」・「C-3 生物」のうち2つを選択せよ）の課題について小論文を作成すること。
3. 小論文の作成は、小論文解答用紙を使用すること。用紙の枚数は、適宜調整をすること。

A 教職分野(両コース共通課題)

2023 年、さまざまな生成 AI が登場したことにより、教育現場において生成 AI の活用が始まり、AI 教育元年を迎えたともいわれている。生成 AI の登場は、さまざまな面で生徒の学習に大きなインパクトをもたらすことが予想されるが、こうした現状を踏まえ、これから中等教育段階における学校は、どのように教育活動に取り組み、どのような指導をしていくことが求められているのかについて論じよ。

なお、引用文献・参考文献は区別して、論述の最後に文献一覧を明記すること。

(A 4 用紙 3 枚)

B 数学分野

1. 次の英文を和訳せよ.

We begin by describing a general type of *universality* that will help motivate the definition of tensor product. Our description is strongly related to the formal notion of a *universal arrow (or universal element)* in category theory, but we will be somewhat less formal to avoid the need to formally define categorical concepts. Accordingly, the terminology that we shall introduce is not standard (but does not contradict any standard terminology).

Referring to Figure 14.1, consider a set A and two functions f and g , with domain A .

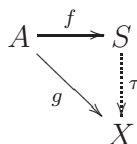


Figure 14.1

Suppose that this diagram *commutes*, that is, that there exists a *unique* function $\tau : S \rightarrow X$ for which

$$g = \tau \circ f.$$

What does this say about the relationship between the functions f and g ?

Let us think of the “information” contained in a function $h : A \rightarrow B$ to be the way in which h *distinguishes* elements of A using *labels* from B . The relationship above implies that

$$g(a) \neq g(b) \Rightarrow f(a) \neq f(b).$$

This can be phrased by saying that whatever ability g has to distinguish elements of A is also possessed by f . Put another way, except for labeling differences, any information contained in g is also contained in f . This is sometimes expressed by saying that g can be **factored through** f .

If τ happens to be injective, then the *only* difference between f and g is the values of the labels. That is, the two functions have equal ability to distinguish elements of A . However, in general, τ is not required to be injective and so f may contain more information than g .

出典 : (Steven Roman, Advanced Linear Algebra, Springer (2005).)

2. 以下の問題に解答せよ．途中の計算過程や理由等は略さず明記すること．関数の導関数は ' (プライム) で表す．

(a) 次の定理の証明を詳しく述べよ．

定理 1. 开区間 I で定義された関数 f は I で微分可能, 开区間 J で定義された関数 g は J で微分可能であるとし, $f(I) \subset J$ であるとする．このとき, 合成関数 $g \circ f$ は I で微分可能であり,

$$(g \circ f)'(x) = g'(f(x))f'(x)$$

が成り立つ．

(b) 次の定理の証明を詳しく述べよ．

定理 2. 开区間 I で定義された関数 f は I で微分可能であるとし, 任意の $x \in I$ に対して $f'(x) > 0$ であるとする．このとき, f の逆関数 $f^{-1}: f(I) \rightarrow I$ が存在し, f^{-1} は $f(I)$ で微分可能であり,

$$(f^{-1})'(y) = \frac{1}{f'(f^{-1}(y))}$$

が成り立つ．

- (c) $x > 0$ で定義された以下の関数 f_1, f_2 の導関数をそれぞれ求めよ．ただし, 導出過程も詳しく説明すること．その際, $(x^n)' = nx^{n-1}$ ($n \in \mathbb{N}$) や $(e^x)' = e^x$ は証明なしに用いてよい．

i. $f_1(x) = \log x \quad (x > 0)$

ii. $f_2(x) = x^x \quad (x > 0)$

3. 数学教育についての以下の問題に答えよ (A4 用紙 3 枚程度, 図や表を含む. 引用または参考にした文献の出典を明記すること) .

数学的活動は, 過去の学習指導要領では「生徒が目的意識をもって主体的に取り組む数学に関わりのある様々な営み」と規定されていたものが, 現在の学習指導要領では「事象を数理的に捉え, 数学の問題を見だし, 問題を自立的, 協働的に解決する過程を遂行すること」といったようにプロセスを重視したものに変更されている. そのようにプロセスを重視したことから, 学習指導要領解説や答申では「算数・数学の学習過程のイメージ図」が示され, その図に基づいて数学的活動を考えるようになっている. イメージ図では左側に【現実の世界】, 右側に【数学の世界】があり, 数学的活動には日常・社会の事象を数理的に捉える過程, 得られた結果の意味を考察したり統合的・発展的に考察したりする過程等が含まれることが示されている. また, 全国学力・学習状況調査や大学入学共通テストの調査枠組みもこのイメージ図に基づいて作成されている. このようにプロセスが重要視される一方で, 中央教育審議会の令和 3 年の答申で示された「令和の日本型学校教育」では「個別最適な学び」と「協働的な学び」が提案され, それらの一体的な充実が目指されている. これらは「学び」に関する提言であるため, 「学び」と上記の「プロセス」を授業レベルでどのように融合すべきかが課題となっている.

- (a) 「令和の日本型学校教育」で提案されている「個別最適な学び」と「協働的な学び」について次の用語を用いて説明しなさい.
用語〔学習の調整, 多様な他者, 指導の個別化, 学習の個性化, 体験活動〕
- (b) 数学的活動を実現する授業 1 コマ分 (50 分) の学習指導案を作成しなさい. その学習指導案の授業において数学的活動が実現できていることを「算数・数学の学習過程のイメージ図」に基づいて説明しなさい.
- (c) (b) の授業において「個別最適な学び」と「協働的な学び」を充実するための手立てについて説明しなさい. また, その手立てで「個別最適な学び」や「協働的な学び」が充実できる理由を (a) の説明と関連付けて説明しなさい.

C 理科分野(物理・化学・生物のうち2つを選択せよ)

C-1 物理

1 および 2 の各問題の解答を提出せよ。解答は A4 用紙 2～3 枚にまとめて提出せよ。

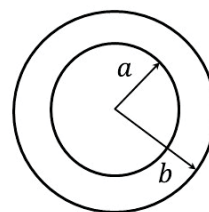
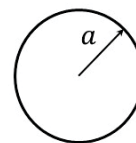
1. 電気分野の理解の難しさについて大学生に概念調査を行い、理解の困難についてまとめた論文に記されていた内容の一部である。次の問 1～問 2 に答えよ。

問 1. この調査に用いられた問(a), (b)について、それぞれ答えよ。

There is a spherical surface of radius a , as shown. The surface has positive charge density $+\sigma_0$ uniformly distributed.

(a) Draw the electric field lines generated by the charged spherical surface. Explain your drawing in terms of magnitude and direction of the electric field.

(b) A spherical surface of radius $b > a$ is placed concentrically, as shown. This spherical surface of radius b has positive charge density $+\sigma_0$ uniformly distributed. Draw the electric field lines generated by the spherical surfaces. Explain your drawing in terms of magnitude and direction of the electric field.



問 2. 次の図は、学生 A, B それぞれの解答例である。3 つの図について、正しいか、誤っているのか、誤っている場合はどのように誤っているのかについて述べよ。

<p>Hand-drawn electric field lines for a single sphere. The lines are radial and point outwards from the center. The density of the lines is higher near the surface and decreases as they move away from the sphere.</p>	<p>Hand-drawn electric field lines for two concentric spheres. The lines are radial and point outwards. They are more densely packed between the two spheres and become sparser outside the outer sphere.</p>
<p>学生 A の解答例</p>	<p>学生 B の解答例</p>

※ 図は国際誌に掲載された論文の図を基にしたものである。

2. 次の文を読み、問 1～問 2 に答えよ。

問 1. 四角で囲まれた問いに対する正しい答えと、学生がなぜ誤った解答をしたのかについて述べよ。

Consider two objects A and B. Object A has a net charge, object B is uncharged, Based on this information, can you tell whether or not either object is a conductor or an insulator?

When given as a present in the electricity and magnetism quarter of the calculus-based course, only one-third of the responses were correct. Over 50% said that charged object A had to be a conductor. 20% said that uncharged object B had to be an insulator.

問 2. このような誤りをしないためには、どのように教えたらよいだろうか。高校生を対象に、どのように教えるかを簡潔にまとめよ。

C-2 化学

次の文章は、以前にアメリカ化学会の論文誌に掲載された論文の一部である。これを読み、後の各問いの解答を解答用紙（A4 版：2～3 枚程度）にまとめて提出せよ。

A relatively simple approach to teach students how to view oxidation and reduction is to add the total number of heteroatoms, π -bonds (triple bonds count as two), and rings in each organic reactant and then do the same for each organic product. A higher number for the organic product compared to a given organic reactant indicates oxidation, whereas a lower number signifies reduction. An example of organic reactions that demonstrate the approach are shown in Figure 1.

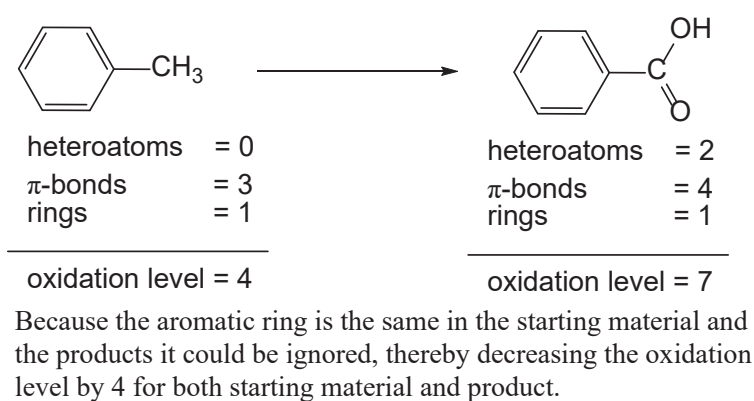


Figure 1. Oxidation of toluene demonstrating the oxidation–reduction approach

Consideration of oxidation levels is also useful in cases where neither oxidation nor reduction occurs because the alteration of the molecule does not involve an oxidizing or reducing agent. A simple example of this conversion is shown by the pinacol rearrangement (Figure 2) in which the product is at the same oxidation state as the starting material.

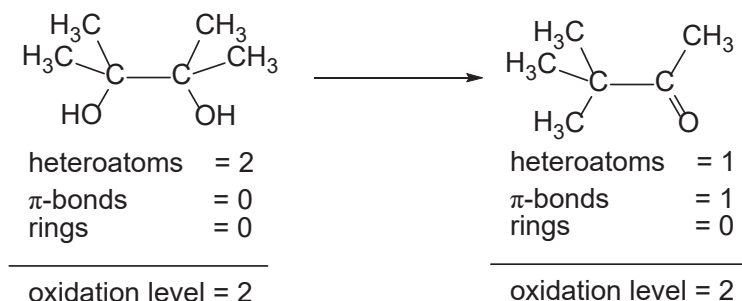


Figure 2. Application to a rearrangement that is neither an oxidation nor a reduction: the pinacol rearrangement

This approach to understanding oxidation–reduction reactions also follows the rule that the sum of the oxidation levels of the reactants must equal the sum of the oxidation levels of the products. For this to be true, one must add an additional consideration: the total oxidation numbers on both sides of the equation involves the difference in the number of molecules reacting and the number of molecules formed in the balanced equation. For example, in the case of the formation of benzopinacol from benzophenone (Figure 3), three reactants are involved (two benzophenone molecules and one

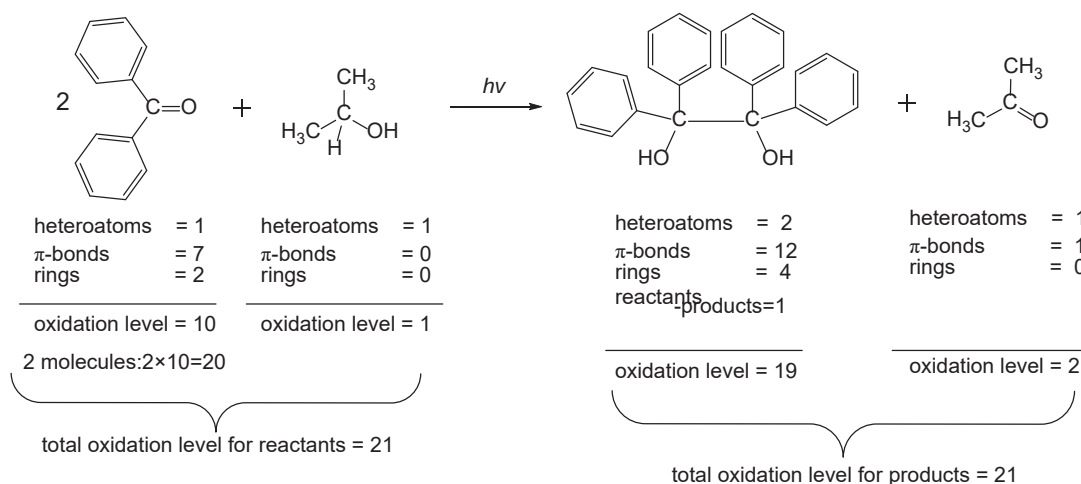
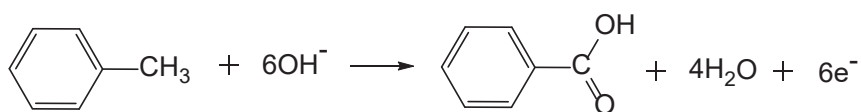


Figure 3. Oxidation numbers for reactants and products for a reaction in which a bond is formed: formation of benzopinacol from benzophenone

isopropanol molecule) and two products are obtained (one benzopinacol molecule and one acetone molecule). The difference between the number of reactants and the number of products is one, and thus, 1 needs to be added to the total oxidation number on the side of the equation having the smaller number of molecules, in this case, the products. An example involving bond breakage is shown by the decarboxylation reaction in Figure 3.

Although there does not seem to be any simple corollary of the oxidation–reduction approach to inorganic oxidizing or reducing agents in general chemistry, the formalization of utilizing electron half-reactions can still be applied. Every increase in oxidation level of one unit is equivalent to the loss of two electrons. The general chemistry method of writing half reactions for inorganic reagents can then be applied to balancing reactions. An example of the oxidation of toluene to benzoic acid is shown in Figure 4.



Change in oxidation level is 3 therefore the half reaction would lose electrons and a reaction run in base would require 6OH^- to balance charge. Water is added to balance oxygen.

Figure 4. Half reaction for the oxidation of toluene

Early in the study of organic chemistry students are faced with the sequence of reactions involving the conversion of an alkene to an alkyne. There seems to be reluctance by students to proceed from a double bond to a single-bond intermediate when they are trying to generate a triple bond. If the process is viewed from the point of view of oxidation and reduction, the process becomes clearer. For example, the student can reason that the synthesis involves an oxidation, that is, going from one π -bond to two π -bonds. ² Reaction of the alkene with a halogen brings about the oxidation. Even though the original π -bond is lost, the single bonded dihalogen intermediate is at the proper oxidation state for the desired product. The final elimination step remains and is neither an oxidation nor a reduction.

The oxidation–reduction approach could be employed in the more challenging synthetic problem involving the analysis of the Johnson progesterone synthesis. An examination of the oxidation levels for the first step indicates that the reaction is neither an oxidation nor reduction but is basically ³ a complex intramolecular rearrangement catalyzed by acid (Figure 5). An examination of the oxidation levels for the second step indicates an oxidation and ozone, a reagent that students encounter early in organic courses, is employed. The last step is neither an oxidation nor a reduction as indicated by the oxidation levels and is an intramolecular aldol cyclization. It is not uncommon for problems such as this to leave out the reagents and to ask the student to supply reasonable reagents. A consideration of the oxidation–reduction levels would be a significant help in solving the problem.

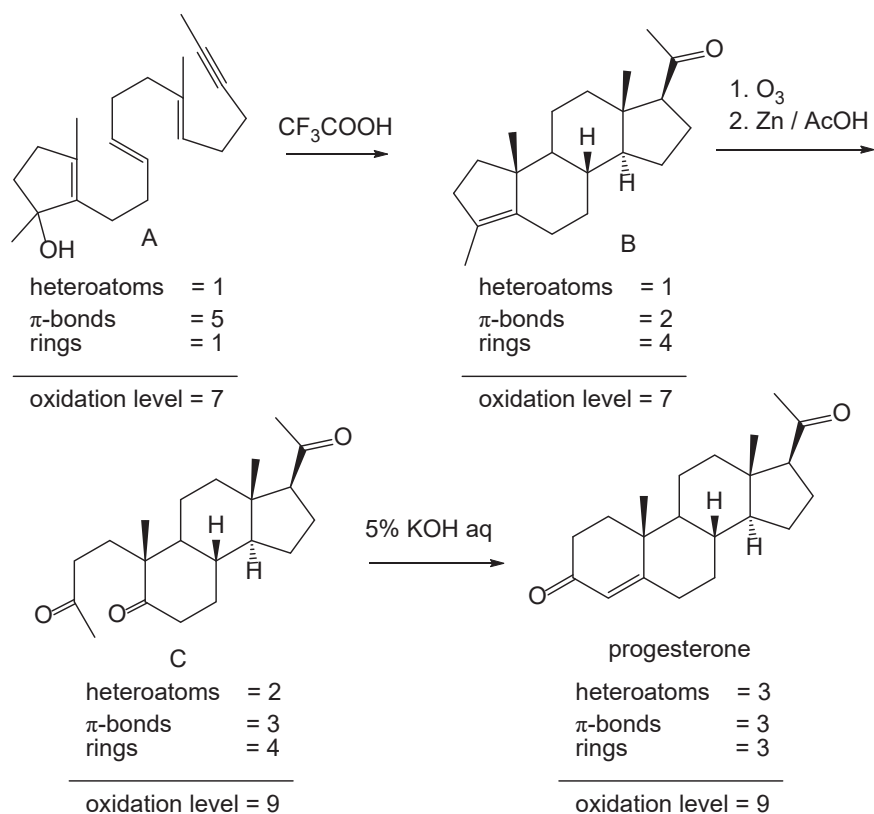
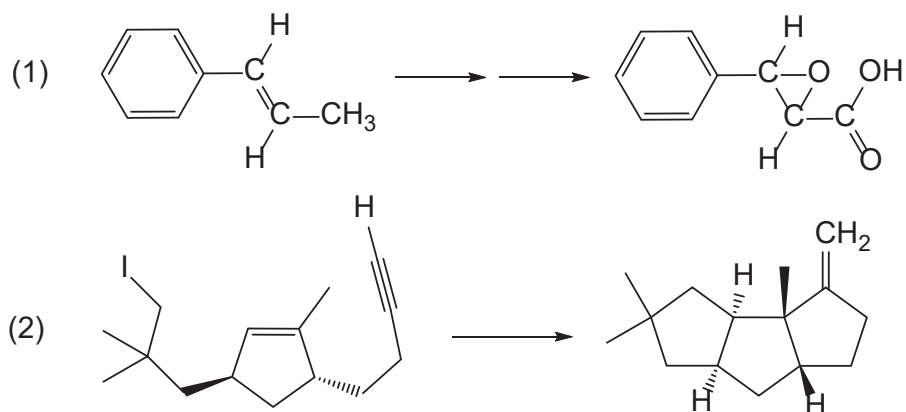
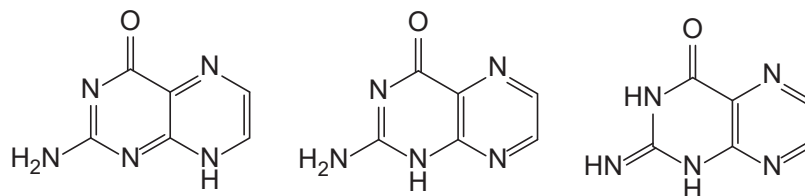


Figure 5. Synthesis of progesterone

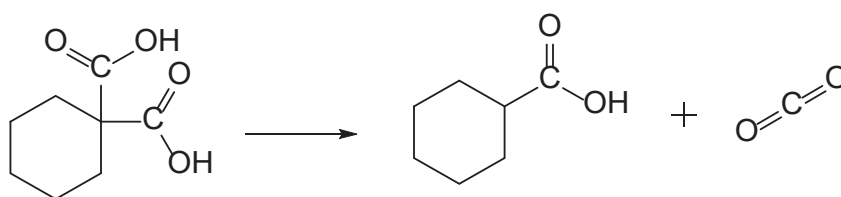
問1 筆者が Figure 1 で説明している方法に従って、下の(1)および(2)における反応物と生成物の oxidation level の各数値を各々求め、反応物の酸化あるいは還元が進んでいることを示せ。



問2 次の3つの構造式で表される物質の oxidation level はすべて同じである。これは単なる偶然ではなく、有機化学的な理由による。その理由とは何か。簡潔に記せ。

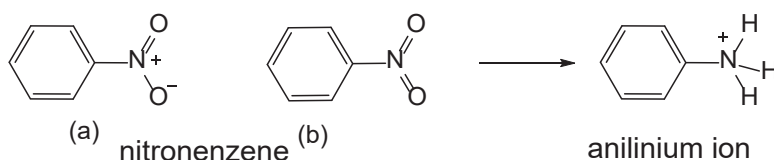


問3 Figure 3 の例に倣って、次の反応が酸化還元反応ではないことを示せ。

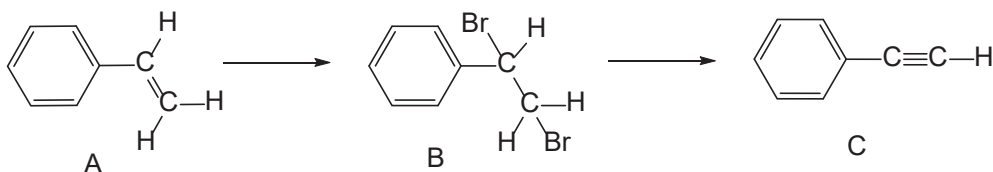


問4 下線部 1 の内容を、意味がわかりやすい日本語で簡潔に説明せよ。

問5 ニトロベンゼンの構造式は、下の(a)あるいは(b)のように表記される。Figure 4 の考え方を酸性水溶液中におけるニトロベンゼンからアニリニウムイオンへの変換に適用し、(a)と(b)の構造式のどちらが適切かを論じよ。

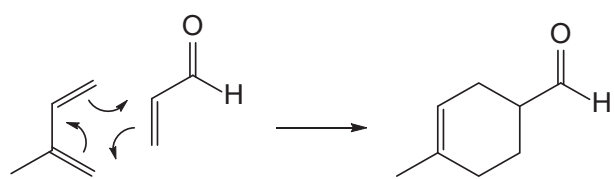


問6 下線部 2 の内容を、次の反応を例にして説明せよ。



問7 下線部 3 の反応を便宜的に 1) 酸触媒(H^+)の作用による水の離脱とカルボカチオンの生成、2) 電子の移動による環状構造の形成に伴う別のカルボカチオンの生成、3) 生成したカルボカチオンへの水分子の結合と互変異性化の三段階に分けて考える。2)の過程のメカニズムを、例に倣って鉤型の矢印を用いる電子対の移動によって説明せよ。立体構造の選択性については考えなくて良い。(この問題の解答は手書きで良い。)

例



C-3 生物

1 および 2 の各問題の解答を提出せよ。

1. 2023 年ノーベル生理学・医学賞：COVID-19 に対する mRNA ワクチンの開発に貢献した 2 氏に授与された。これに関する次の問 1-4 について、図を用いながら論述しなさい。A4 用紙 2 枚程度を目安にすること。

問 1. そのワクチンの概略について図示しながら説明しなさい。

問 2. コロナウイルスのどのタンパク質を抗原にしようとしたのか、またそれはなぜか、説明しなさい。

問 3. 受賞者の行った改良はどのようなものか、また、どうして改良を行ったのか、説明しなさい。

問 4. 上記以外に、製品化する際にされた工夫や加工について予想されることをあげ、その詳細を説明しなさい。

2. シアノバクテリアや藻類によるバイオエネルギー作出についてもっともよく全体を俯瞰した英文総説論文を選び、問 1-2 について図を用いながら論述しなさい。A4 用紙 2 枚以内を目安にすること。

問 1. 選んだ英文総説論文の URL を示し、その要旨を和訳しなさい。

問 2. その論文について自身の批判的意見をまとめなさい。