

入試問題の傾向と対策

数 学

◆どのような問題ができるか◆

▼出題の形式

枠内記入式問題と記述式問題の両方が出題されます。

▼出題内容

出題範囲に含まれる単元全体から広く出題することを基本としていますので、苦手な分野がなくなるように学習しておきましょう。

◆出題の狙い◆

▼枠内記入式問題

枠内記入式問題は、基礎事項の理解度を調べることが目的であり、比較的簡単な計算問題が出題されます。ミスをすることなく、正確に解答しましょう。

▼記述式問題

記述式問題は、高校で学習した事柄を十分に理解できているかどうかを調べることが目的です。基本的な問題もありますが、いくつかの単元にまたがる総合的な問題も出題されます。結果に至る過程も含めて採点対象となりますから、正しく推論したり計算したりすることはもちろん、その内容を答案として正確に表現するための能力を養いましょう。

◆効果的な対策◆

表面的なことにとらわれず、「数学の力」そのものを伸ばすことを考えましょう。以下ではそのための指針を紹介します。

▼定義を理解する

数学に登場する概念には「定義」があります。たとえば「絶対値の定義」「三角関数の定義」「対数の定義」などです。これらを正確に理解することが学習の第一歩となります。理解に曖昧さを感じたときは、必ず教科書で確認する習慣をつけましょう。

▼計算力の養成

数学を学習する上で、正しく計算を行う能力は必須であり、入試でもっとも重視される部分の一つとも言えます。計算ミスが多発することに悩んでいる人も多いと思いますが、とにかく練習をたくさん行いましょう。経験を積むことにより、スピードと正確性は必ず向上します。

▼推論を行う能力

計算力と同時に、「考える力」も大切で、これがもっとも差のつく部分と言えるかもしれません。実際、多くの受験生が「場合分けの必要な問題」を苦手とする傾向が見られます。場合分けを行うためには、どうしても筋道を立てて物事を考えることが必要になりますから、つまずいてしまう人が多いでしょう。これを改善するためには、日頃から暗記に頼ることなく、納得できるまで考えて理解する姿勢を保つことが必要です。考えることを重視すると学習に時間がかかるように思えるかもしれませんが、最終的にはそれが一番の近道であることを忘れないでください。

▼過去に出題された問題を解く

ある程度「数学の力」が備わってきたと思ったら、過去に出題された問題を解いてみましょう。実際の試験と同じように時間を計り、何も見ずに解きます。解答後は、解けたところも解けなかったところも解答例をよく読み、自分自身が納得するまで考えましょう。もしミスした箇所があれば、どのようにして間違えたのかを振り返ることが大切です。そうすることで、同じような箇所でのミスを大幅に減らすことができます。

▼おすすめの参考書・問題集

数学を学習するうえで基本となるのは、なんといっても高校の教科書です。数学が得意な人は、教科書の内容を十分に理解しているものです。あれこれと参考書や問題集に手を出す前に、教科書をしっかり読むようにしましょう。また、多くの人は教科書傍用の問題集を持っていると思いますので、教科書を読むのと並行して、そちらで問題を解く練習を行うと良いでしょう。教科書と傍用の問題集を十分に消化できれば、もう入試に向けた基礎学力は十分です。あとはいろいろな出版社から出されている「入試問題集」を利用して、経験を増やしましょう。

なお、勉強を進める中で疑問が生じた場合に備えて、参考書を準備しておくのも悪いことではありません。ここではあえて特定のものを推薦したりはしませんが、評判の良い参考書はたくさんありますから、書店で実際に自分の目で見、気に入ったものを選ぶと良いでしょう。

英 語

◆どのような問題ができるか◆

▼現代英語で書かれた小説・随筆・論文等に関する総合問題

英語で書かれた、まとまった内容の文章が提示され、(a) 英文の内容説明（日本語で）、(b) 主題の把握、(c) 詳細な内容理解、(d) 前置詞・イディオムなどの空所補充、などの問いが、記述式形式を含めて出題されます。

▼現代英語で書かれた新聞・インターネットの記事等の単語・熟語の空所補充問題

英語で書かれた新聞記事やインターネットの記事等が提示され、文脈に合う内容の単語や熟語を空所に補充する問題が出題されます。

▼文法・語法の空所補充問題

英語で書かれた文の空所に合う単語や熟語を補充する問題が出題されます。

▼会話文の空所補充問題

英語で書かれた会話文の空所に合う文や表現を補充する問題が出題されます。

▼英作文の問題

日本語で書かれた文（1～2文）を英語にする問題やグラフを見て、その内容を英語で説明する記述式の問題が出題されます。

◆出題の狙い◆

本学の英語の入試問題では、「英語の知識」だけではなく、「英語をコミュニケーションの中で使う力」を試す試験問題を出題しています。

▼長文読解問題

英語の難易度は、高校の教科書レベルの内容がきちんと理解できていれば、十分に対処できるレベルで出題をしていますが、「つまり筆者は何を言いたいのか」「……と書いてあるが、これはどういうことか？」など、文脈を理解し、論理的に考えた上で答える問題などを多く出題しています。

▼文法問題・会話文の問題・和文英訳問題

日常のコミュニケーションの中でよく使われる語彙や表現がマスターできているのかを問うています。また、文法問題や和文英訳問題では、基本的な構文、文法・語法、語彙を問う問題、会話文では応答表現などの基本的な会話表現を問う問題を出題しています。

◆効果的な対策◆

本学の英語の入試問題を攻略するポイントは2つです。

▼英語長文の文脈を正確に、そして論理的に把握する力を養う

日頃から教科書の他にサイドリーダーやインターネットの新聞記事（簡単なもの）を読み、比較的簡単な長文の文脈把握を短時間にできるようにしておく和良好的練習になります。

▼基本的な構文、文法・語法、語彙および応答表現をマスターする

市販の「入試英語頻出問題集」などを繰り返し解くことを勧めます。基本的な構文、文法・語法、語彙および応答表現を暗記し、できれば、「使える」ようになっておくことが、大学入試だけでなく、それ以降も、きっと皆さんの「英語コミュニケーション能力向上」に結びつくでしょう。

物 理

◆どのような問題がでるか◆

例年、大問 4 題が出題されます。出題範囲は、「物理基礎」と「物理」の全体です。

▼基本的な問題

問 1 では全分野にわたる基本的な問題が出題されます。ここでは計算だけではなく、用語や法則名が問われる場合もありますので、これらを正確に覚えておく必要があります。

▼応用的な問題

問 2、問 3、問 4 では、それぞれ、力と運動、熱あるいは波動、電気と磁気に関する応用的な出題が行われます。通常はそれぞれの分野に分かれて出題されますが、原子分野も含めた統合的な問題となる場合もあります。

◆出題の狙い◆

▼暗記力よりも、思考力・分析力を問う問題

大学の勉強では、何よりも問題解決の能力を磨くことが重要となります。そのために必要なことは公式や断片的な知識の暗記ではなく、自分の頭で主体的にものを考えるということです。普段の勉強においても、ただ公式を暗記するのではなく、基本的、基礎的な考え方について、そのような物理的関係の成立する理由と意味を把握することが大切です（そのような勉強の方が面白いとは思いませんか。大学に入るともっと面白い勉強ができます）。

▼全問記述式

本学の問題では、必要な公式は既に問題文中に提示されている場合もあります。公式の暗記よりも、与えられた状況を分析する力、与えられた材料から解答を導き出す力が大切だと考えているからです。そういった力が試されていると考えてください。このような主旨から、たとえ採点に手間がかかっても、試験問題は記述式を採用しています。計算過程をチェックし、考え方と解答を見ることによって採点しています。ときにはグラフを描いたり、論述による解答を求めることもあります。

◆効果的な対策◆

▼「覚える」のではなく「理解」をする

出題範囲は「物理基礎」と「物理」の全体からとなります。出題範囲は教育課程に合わせて変わりますが、出題の意図は「問題解決の能力に繋がる考え方ができるか」を問うことにあります。したがって、単純に公式を暗記していくのではなく、式の表す意味を考えながら勉強を進めていくことが大切です。物理は、この世界の自然現象を解き明かしていく学問です。教科書などで学んだ内容を、実際の身の回りの自然現象と照らし合わせて納得していくことで、一層理解が深まります。このような学習に対して最も適した「参考書」は教科書と言えるでしょう。教科書をしっかりと読み込み、「覚える」のではなく、「理解」をしてください。基本的な知識の積み重ね、そしてその応用が結局は物理を勉強するための王道となります。また物理に限らず、理科の各科目においては、数値に付随する単位の扱いにも十分に気を配る必要があります。特に、単位換算が迅速かつ正確に行えるよう、日頃から訓練しておいてください。

▼正確かつ迅速に解く訓練を

問題文は長いものが少なくありません。多少時間はかかりますが、落ち着いて読んでください。問題文の中に考え方のヒントが含まれている場合もあります。各問題を順序通り解いていけば、あなたの知っている基本的な法則をもとに解答できるようになっています。有効数字が 2 ないし 3 桁の加減乗除の数値計算が求められる場合もあります。計算は手早くできるように練習をしてください。正確な解答を出すためには、日頃の訓練が重要となってきます。

▼丁寧な解答記入を心がける

解答を記入するときは、まず解答欄を間違えないこと、そして上手である必要はありませんが丁寧に記入することを心がけてください。誤解が生じるような書体、例えば「p」と「q」、「u」と「v」、「6」と「8」など曖昧または雑に書かれてしまうと、採点者が困ってしまうことがあります。判別できない場合は不正解となってしまうこともありますので、注意してください。

化 学

◆どのような問題がでるか◆

▼基礎から応用まで幅広く

各大問では、「化学基礎」・「化学」の各分野から、基礎・応用を絡めた幅広い難易度の問題が 4 題出題されます。個々の小問は教科書の基礎的な事項を問うものですが、暗記だけで答えられる問題はほとんどなく、理解と応用力が試される問題が多く出題されます。大問全体としては複数の分野に関連する総合問題となる場合もあります。また、正答にたどり着くために基本的な計算力（加減乗除・指数・対数）が必要な問題も出題します。

▼解答方式は多様

問題の解答形式は、選択枝から正答を選ぶもの、語句を答えるもの、誤った語句を修正して正しい語句を答えるもの、計算過程を示すもの、構造式を書くもの、グラフや図を描くもの、など様々です。焦らず、問題文をよく読み、適切に解答しましょう。計算過程を示す問題では、受験生が「化学の考え方」を身につけているかどうかを確認しながら採点しています。

◆出題の狙い◆

▼基本原理から結果を予測する

化学を勉強する面白さは、化学の原理で身の回りの現象を説明できたり、未知の結果を予測できたりするところにあります。これは、高校で勉強する化学の範囲でも十分可能なことです。ですから、基礎的内容を総合的に組み合わせて、現象を説明したり結果を予測したりする問題も出題したいと考えています。暗記だけで答えられる問題はほとんどなく、暗記したことを正しく理解しているか、それをどのように応用できるかを試されると考えて下さい。

▼さまざまな切り口の出題も

化学は教科書の中で閉じた学問ではありません。新聞や小説など、さまざまな話題や文章を読む際にも、化学の知識があれば、その理解も深まります。出題の中心は基礎的な事項を確認する問題ですが、「化学は『暗記物』ではない」「化学は面白い」というメッセージを入試問題に込めたいと考えています。学校で学ぶ化学だけでなく、日頃から話題になっている内容、例えば環境問題やノーベル化学賞受賞や記事・詩・小説の内容などが、今まで習った化学とどう関連しているのかを考えるようにしてください。

◆効果的な対策◆

▼基礎的事項をおさえる

教科書の中から、分野が偏らないように出題しています。教科書の基礎的な事項を整理してしっかり理解し、さらに、応用できるようにしておきましょう。また、化学用語や化合物の化学式・構造式などの暗記すべき事項は確実に覚えましょう。特に、H~Ca と他の重要な元素の特徴や性質、化学の基本法則は必ず覚えましょう。有効数字の意味を理解し、正しい有効桁数で解答できるようにしておきましょう。

▼発展的項目にも目を通す

教科書に載っている発展的項目に関連した問題を出題することもあります。基礎的内容をおさえたあと、時間に余裕のある人は、発展的な項目にも目を通すと良いでしょう。

▼計算力を身につける

計算過程を示す問題がいくつか出題されます。解答導出の過程を簡潔に示すための訓練が必要です。計算問題では、必要な数値を整理して分数計算にすると、より簡単に計算できるよう配慮している場合が多いです。ただし、有効数字 3 桁程度の掛け算・割り算が必要な場合もありますので、計算にも慣れておきましょう。また、指数の計算や対数の性質についても、基礎的な部分を確認しておきましょう。

▼おすすめの問題集

まずは、手元の教科書をよく読み、例題や練習問題を確実に解けるようになります。そして、工学院大学の過去問題集を入手して、解いてみましょう。まずは実際の試験と同じように時間を計って、何も見ずに解いてください。解答後は、解けたところも解けなかったところも解答例をよく読み、自分自身が納得するまで考えましょう。

生 物

◆どのような問題がでるか◆

▼解答方式は多様

「生物基礎」・「生物」の各分野から、例年 4 題が出題されます。問題の解答形式は、適切な語句を答えるもの、選択肢から正答を選ぶもの、説明するもの、計算過程を示すものなどさまざまです。生物の教科書に出てくる化合物の化学式や化学反応式、細胞のスケッチ、あるいは DNA、タンパク質やペプチドなどの構造の模式図を書かせる問題、また、グラフを描かせたりする問題も出題されました。問題文をよく読み、適切に解答しましょう。

◆出題の狙い◆

▼基礎力の定着度が試される

「生物学」の基礎を学習できているかを問うことが基本方針で、「生物基礎」および「生物」の全分野にわたる基礎的な問題が偏らないよう出題されます。多くの問題は教科書の基礎的な事項を問うものですが、複数の内容が併せて出題される場合や、発展的な内容を一部扱う場合があります。教科書をしっかりと理解しておくことは必須です。また、新聞などで取りあげられる生物関連の話題についても日頃から注意しておきましょう。用語を指定して、100～200 字程度で説明する問題も出題されます。論理をきちっと追えるような文章を書く準備、心構えが必要です。

◆効果的な対策◆

▼広範かつ正確な知識を身につける

本学の試験科目「生物」は先進工学部の「生命化学科」「応用化学科」「環境化学科」「先進工学部大学院接続型」、建築学部各学科を受験する皆さんを対象に出題しています。入学後は化学にも重点を置いて学ぶことになりますから、生物の教科書に出ている化合物やその化学式について十分勉強しておいてください。関連する分子を意識することが重要です。また、解答に際しては、誤字・脱字のないように注意し、丁寧な字で記入してください。漢字で書くべきところは、漢字で正確に書きましょう。そして、採点者が理解できる文章を書くように、日頃から心がけてください。

国 語

◆どのような問題がでるか◆

▼評論文の読解問題が中心

古文・漢文を除き、現代文を出題します。主に評論文の読解問題が出され、文学作品に対する鑑賞力等は重視されません。漢字の書き取りと読み、空欄補充による接続詞や慣用的な語句の用法のチェック、正確な内容把握ができていくかどうかの選択式による確認、重要表現の抜き出しや論旨の要約等、様々な設問形式によって総合的な国語力が試されます。建築、デザイン、環境、社会、文化など、様々なテーマの評論文が出題されます。

◆出題の狙い◆

▼文意や文脈の正しい理解が必要

本学の国語の問題では、文脈を丁寧にたどりながら、文章に書かれた事例や意見を正しく理解する能力を問うことを大きな目的としています。

▼大学の学びに必要な日本語能力を問う

忘れてはならないことですが、国語という教科の学習は大学入試で終わるとしても、大学（以降）の学習での知識獲得の手段になるのは、引き続き日本語なのです。したがって、国語の試験で試される能力も、単に受験勉強としての国語ができるかどうかということだけではなく、大学で勉強を進めていくために必要な日本語能力を身につけているかどうかになります。大学での勉強は単なる知識の詰めこみではありません。自分の意思で調べ、自分の頭で考え、自分の言葉や作品で表現できる学生に入学して欲しいと思っています。

◆効果的な対策◆

▼まず、読書に取り組む

読書は国語の学習の基盤となります。ぜひたくさん本を読んでください。建築学部への進学を考えている受験生の皆さんは、建築に関心を持っているわけですから、建築の中でも関心ある分野の本を読むことをおすすめします。

▼次に、新聞の評論も読む

本だけでなく、新聞等のように評論文が出ている活字媒体も、勉強になります。また、それらの文章を読むときは、漠然と読むのではなく、語句や表現、段落や構成に注意し、筆者の意図を考えながら読むことが大切です。

▼さらに、漢字学習も

漢字の書き取りでは、一画一画正確かつ丁寧に書くことが求められます。そのため、日頃から文字をきちんと書く習慣をつけてほしいと思います。また、出題されるのは基本的な漢字、間違えやすい漢字ばかりなので、基礎的な問題集に丁寧に取り組むことが確実な対策です。ドリルなどで学習し、楷書で正しく書けるようにしておいて下さい。

数 学

以下の通り解答すること。

受験票記載の試験科目	解答する問題
数学 I・II・III・A・B・C	第①問、第②問、第③問、第④問
数学 I・II・A・B・C	第①問、第②問、第③問、第⑤問

1 次の にあてはまる数または式を解答欄に記入せよ。ただし、あてはまる数または式が 2 つ以上となることもある。

(1) 関数 $f(x) = 2\log_9(2x+1) - \log_3(x+3)$ に対し、方程式 $3^{f(x)} = 1$ の解は

$x =$ ア . また、方程式 $9^{f(x)} = 3$ の解は $x =$ イ .

(2) 方程式 $4\sin^2 2\theta - 2\sqrt{3}\cos 2\theta - 4\sqrt{3}\cos^2 \theta - 7 + 2\sqrt{3} = 0$ を満たす実数 θ に

対し、 $\cos 2\theta =$ ウ , $\sin^2 \theta =$ エ .

(3) $0 < a \leq 2$ とし、座標平面上に 3 点 $O(0,0)$, $A(a, -2a^2 + 4a)$, $B(-2, -1)$ が

ある。3 点 O, A, B が同一直線上にあるとき、 $a =$ オ .

また、3 点 O, A, B が同一直線上にないとき、三角形 OAB の面積が最大となる

a の値は $a =$ カ .

(4) 座標平面上に円 $C: x^2 + y^2 - 6x + 6y + 14 = 0$ がある。

C で囲まれた図形の面積は キ である。

また、実数 k に対し、円 $x^2 + y^2 - 2kx + 2ky + 2k^2 - 1 = 0$ と C が共有点を

もつような k の最大値は ク である。

2 x, y を実数とする。座標空間内に 5 点

$O(0,0,0)$, $A(3,5,2)$, $B(6,8,5)$, $C(1,3,0)$, $P(x,y,x+y-1)$

がある。以下の問いに答えよ。

(1) $\vec{OC} = a\vec{OA} + b\vec{OB}$ を満たす実数 a, b の値を求めよ。

(2) $\vec{AB}$ と $\vec{OP}$ が垂直であるとき、 y を x の式で表せ。

(3) 点 P が直線 AB 上にあるとき、 P の座標を求めよ。

(4) $\vec{OP}$ が平面 OAB に垂直であるとき、 x の値を求めよ。

3 座標平面上に放物線 $C: y = x^2$ がある。

初項が $a_1 = -1$ である数列 $\{a_n\}$ を次の手順で定める。

自然数 n に対し、 C 上の点 $P_n(a_n, (a_n)^2)$ における C の接線と P_n において垂直に交わる直線を ℓ_n とする。 C と ℓ_n の 2 つの共有点のうち、 P_n と異なる点の x 座標を a_{n+1} とする。

以下の問いに答えよ。

(1) a_2 の値を求めよ。

(2) 実数 s, t はすべての自然数 n について $a_{n+1} = s a_n + \frac{t}{a_n}$ を満たす。
 s, t の値を求めよ。

(3) 自然数 n に対し、 $S_n = \sum_{k=1}^n \frac{1}{(a_k)^2}$ とする。 $4(a_{n+1})^2 - S_n$ を n の式で表せ。

(4) a_{200} の整数部分を求めよ。ただし、2 以上の自然数 n に対し、

$$\sum_{k=1}^{n-1} \frac{1}{k} \leq \log_2(2n) \text{ が成り立つことを用いてもよい。}$$

受験票の試験科目に【数学 I・II・III・A・B・C】と記載がある受験生が解答すること。

4 $a > 1$ とする。関数

$$f(x) = -4x^3 + 9ax^2 + (12x^3 - 18ax^2) \log x$$

について、以下の問いに答えよ。ただし、 $\lim_{x \rightarrow +0} x \log x = 0$ を用いてもよい。

- (1) 不定積分 $\int x^2 \log x \, dx$ を求めよ。
- (2) $f(x)$ の極大値 M を a を用いて表せ。
- (3) $f(x)$ が $x = a$ で最小値をとるとき、 $\log a$ のとりうる値の範囲を求めよ。
- (4) $S(a) = a^4 + 5a + \int_1^a f(x) \, dx$ とする。
 $S(a)$ の値が最大となる a に対し、 $\log a$ の値を求めよ。

受験票の試験科目に【数学 I・II・A・B・C】と記載がある受験生が解答すること。

5 自然数 n に対し、2 次関数 $f_n(x)$ と 3 次関数 $g_n(x)$ を

$$f_n(x) = \left(x - \sin \frac{n\pi}{4} \right) \left(x - \sin \frac{5n\pi}{4} \right), \quad g_n(x) = \int_0^x f_n(t) \, dt + f_n(0)$$

と定める。座標平面上の曲線 $C_n : y = f_n(x)$ と曲線 $D_n : y = g_n(x)$ に対し、以下の問いに答えよ。

- (1) $n = 2$ のとき、 $g_2(x)$ を x についての多項式で表せ。
ただし、降べきの順に整理せよ。
- (2) $n = 2026$ のとき、 C_{2026} と D_{2026} で囲まれた部分の面積 S を求めよ。
- (3) k を実数とする。 $n = 1$ のとき、方程式 $g_1(x) = k$ が 3 個の異なる実数解をもつ。 k のとりうる値の範囲を求めよ。
- (4) $n = 1$ のとき、 C_1 と D_1 で囲まれた 2 つの部分の面積の和 T を求めよ。

物 理

1 以下の 4 つの文章の空欄にあてはまる適切な式, 数値, 語句, 記号などを解答欄に答えよ。なお, それぞれの文章は互いに独立である。

- (1) 重力加速度の大きさを 10 m/s^2 とする。質量が 10 kg , 長さが 2 m の一様な棒が水平な床の上にある。棒の一端を床に接したまま, もう一端に鉛直上向きの力を加え, 棒を床から傾けて静止させる。棒が床から 30° 傾いた状態で静止しているとき, 棒に加えている力の大きさは N である。また, 棒を床から 45° 傾いた状態で静止させるために必要な力の大きさは, 30° 傾いた状態で静止させるのに必要な力の大きさの 倍である。
- (2) 振動数 432 Hz で音を発する車が一定の速さ v で直線上を移動している。同じ直線上に静止している観測者に対して, この車が近づいているときと遠ざかっているときとで, 観測者が聞く音の振動数を比べた。観測された振動数のうち, 大きい方を f_1 , 小さい方を f_2 とすると, $\frac{f_1}{f_2} = \frac{9}{8}$ であった。このとき, v は m/s である。ただし, 音速は 340 m/s であり, 風は吹いていないものとする。
- (3) 点電荷 A と点電荷 B がある距離だけ離れて真空中に静止している。このとき, 点電荷 A と点電荷 B の間にはたらく静電気力の大きさを F とする。点電荷 A と点電荷 B の電気量をそれぞれ 2 倍にし, また点電荷 A と点電荷 B の間の距離も 2 倍にして, 全体を比誘電率が 2 の物質の中に置いたところ, 点電荷 A と点電荷 B の間にはたらく静電気力の大きさは F の 倍になった。
- (4) 仕事関数が 5.5 eV の金属に波長 $4.5 \times 10^{-8} \text{ m}$ の紫外線を当てたところ, 多くの電子が飛び出した。飛び出した電子の最大の運動エネルギーは有効数字 2 桁で eV である。ただし真空中の光速を $3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$, プランク定数を $6.6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ とする。 $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$ とする。

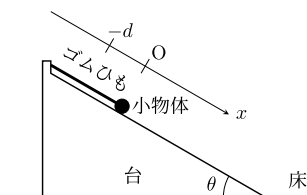
2 図のように、滑らかな斜面をもつ質量 M の台が水平な床の上に置かれている。台の斜面が床となす角は θ である。台の斜面には質量 m の大きさが無視できる小物体が置かれており、小物体は斜面上端に固定されたゴムひもとつながっている。ゴムひもは斜面に沿った方向にのみ伸び縮みする。ゴムひもが自然長のときの小物体の位置を原点 O とし、斜面に沿って下向きに x 軸をとる。台が動くときも x 軸は斜面とともに動き、斜面上の小物体の位置は x 座標の値で表される。小物体の位置が $x > 0$ のとき、ゴムひもは伸びており、ばね定数 k のばねと同じようにふるまう。一方、小物体の位置が $x < 0$ のとき、ゴムひもは緩んでおり、小物体に力をおよぼさない。小物体が斜面から離れることはないものとする。また、小物体と台は回転せず、ゴムひもの質量と空気抵抗は無視できる。重力加速度の大きさを g とする。以下の問に答えよ。

[I] 台が床に固定された状態で $x = -d$ の位置に手で静止させていた小物体から静かに手をはなす。

- (イ) 小物体がはじめて O を通過するときの小物体の x 軸方向の速度を、 g, d, θ を用いて答えよ。
- (ロ) 小物体に作用する力がつり合うときの小物体の位置を $x = x_0$ とする。 x_0 を、 m, g, k, θ を用いて答えよ。
- (ハ) ギュムひもが最も伸びたときの小物体の位置を $x = x_b$ とする。 x_b を m, g, d, k, θ を用いて答えよ。
- (ニ) 手をはなした後の小物体は $x = x_0$ を通過し、 $x = x_b$ まで斜面を下った後、斜面を上って再び $x = x_0$ に戻ってくる。小物体が初めて $x = x_0$ を通過してから、2 回目 $x = x_0$ を通過するまでにかかる時間を m, k を用いて答えよ。

[II] 台が床に固定されていない状態で $x = -d$ の位置に手で静止させていた小物体から静かに手をはなす。手をはなした直後に、小物体は斜面を下りはじめ、同時に台は床の上を滑りはじめる。台と床の間に摩擦ははたらかず、台は床から離れることはないものとする。以下では床に対する加速度や速度を考え、それぞれの水平方向の成分は右向きを正とする。また、問 (ホ) では小物体の位置が $x > 0$ のときを考える。

- (ホ) 小物体と台の水平方向の加速度をそれぞれ α, β とする。また、小物体と斜面との間にはたらく垂直抗力の大きさを N とする。このときの小物体と台の水平方向の運動方程式を $m, M, N, \theta, k, x, \alpha, \beta$ から必要なものを用いてそれぞれ答えよ。
- (ヘ) 小物体が $x = 0$ の位置を通過する瞬間における、小物体と台の運動量の総和の水平方向の成分を答えよ。
- (ト) ギュムひもが最も伸びたときの、小物体の水平方向の速度を $v_{\max}$ 、小物体の位置を $x = x_{\max}$ とする。これらについて成り立つ関係式の組み合わせとして適切なものを、以下の (a)~(i) から選び、記号で答えよ。ただし x_b は問 (ハ) で求めたものである。
 - (a) $v_{\max} < 0, x_{\max} < x_b$, (b) $v_{\max} < 0, x_{\max} = x_b$, (c) $v_{\max} < 0, x_{\max} > x_b$,
 - (d) $v_{\max} = 0, x_{\max} < x_b$, (e) $v_{\max} = 0, x_{\max} = x_b$, (f) $v_{\max} = 0, x_{\max} > x_b$,
 - (g) $v_{\max} > 0, x_{\max} < x_b$, (h) $v_{\max} > 0, x_{\max} = x_b$, (i) $v_{\max} > 0, x_{\max} > x_b$



図

3 ピストン付きの容器に封入された、物質量が 1 モルの単原子分子からなる理想気体がある。この気体ははじめ、体積が V_0 、圧力が p_0 の状態にある。この気体をわずかに膨張させ体積を $V_0 + \Delta V$ ($\Delta V > 0$) とする微小な状態変化を考える。このとき、圧力は $p_0 + \Delta p$ と変化する。ただし、 $|\Delta p| \ll p_0$ とする。体積変化 ΔV がじゅうぶんに小さいとき、圧力の変化 Δp は、 $\Delta p = k \Delta V$ のように体積の微小変化 ΔV に比例するとみなせ、比例係数 k の値は状態変化のさせ方によって決まる。以下では、この近似を用いるものとする。気体定数を R とする。以下の問に答えよ。

- (イ) この微小な状態変化において、絶対温度の変化を考える。絶対温度の変化は、圧力の変化と体積の変化を用いて表すことができるが、体積の変化がじゅうぶんに小さいので、 $(\Delta V)^2 = 0$ とみなせる。このとき、絶対温度の変化 ΔT は $\Delta T = \alpha \Delta V$ のように体積の変化 ΔV に比例するとみなせる。比例係数 α の値を R, p_0, V_0, k から必要なものを用いて答えよ。
- (ロ) この微小な状態変化において、気体が行う仕事を考える。体積変化 ΔV がじゅうぶんに小さいことにより $(\Delta V)^2 = 0$ とみなすと、この変化の間は圧力が一定の値 p_0 に保たれたまま、体積が ΔV だけ大きくなったと近似して仕事を計算してよい。この近似のもとで気体が行う仕事を $p_0, V_0, \Delta V$ から必要なものを用いて答えよ。
- (ハ) この微小な状態変化において、気体が吸収する熱 ΔQ を考える。問 (イ) および問 (ロ) の結果と熱力学第一法則を用いると、気体が吸収する熱 ΔQ は $\Delta Q = \beta \Delta V$ のように体積変化 ΔV に比例するとみなせる。比例係数 β の値を R, p_0, V_0, k から必要なものを用いて答えよ。
- (ニ) 定圧変化に対応する比例係数 k の値を p_0, V_0 から必要なものを用いて答えよ。
- (ホ) 等温変化に対応する比例係数 k の値を p_0, V_0 から必要なものを用いて答えよ。
- (ヘ) 断熱変化に対応する比例係数 k の値を p_0, V_0 から必要なものを用いて答えよ。
- (ト) 断熱変化における問 (イ) の比例係数 α の値を R, p_0, V_0 から必要なものを用いて答えよ。
- (チ) 以下の (a)~(g) から、体積を ΔV だけ増加させたときに絶対温度が上昇する変化を全て選び、記号で答えよ。そのような変化が選択肢にない場合には解答欄に「なし」と記入せよ。

(a) 等温変化 (b) 定圧変化 (c) 断熱変化

(d) $k = \frac{p_0}{2V_0}$ であるような変化 (e) $k = -\frac{p_0}{2V_0}$ であるような変化

(f) $k = \frac{2p_0}{V_0}$ であるような変化 (g) $k = -\frac{2p_0}{V_0}$ であるような変化

化学

4 図のように、電気抵抗、コンデンサー、電池を直列に接続した回路を考える。電気抵抗の抵抗値は R 、コンデンサーの電気容量は C 、電池の起電力は V である。電池の負極側とコンデンサーの右端は接地されている。はじめスイッチ S は開いており、コンデンサーに電荷は蓄えられていない。時刻 $t = 0$ にスイッチ S を閉じた。電池の内部抵抗は無視できるとする。以下の問に答えよ。

(イ) スイッチ S を閉じた直後における点 A , B のそれぞれの電位を答えよ。

(ロ) スイッチ S を閉じた直後において電気抵抗を流れる電流の大きさを答えよ。

スイッチ S を閉じると、コンデンサーに電荷が蓄えられていく。以下では、時間 Δt は RC に比べてじゅうぶんに小さいとし、(i), (ii) のように考察する。

(i) 時刻 $t = 0$ から時間 Δt の間を考える。この $0 \leq t < \Delta t$ の間に電気抵抗を流れる電流は一定であるとする。この電流の大きさは問(ロ)で求めた値であり、その値を I_0 とする。

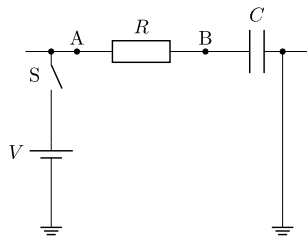
(ハ) 時刻 $t = \Delta t$ において、コンデンサーに蓄えられた電荷を $I_0, \Delta t$ を用いて答えよ。

(ニ) 時刻 $t = \Delta t$ において、電気抵抗の両端に生じている電位差を $I_0, \Delta t, C, V$ を用いて答えよ。

(ii) 電気抵抗の両端に生じている電位差が問(ニ)で求めた値であるときの、電気抵抗を流れる電流を I_1 とする。時刻 $t = \Delta t$ から時間 Δt の間を考える。 $\Delta t \leq t < 2\Delta t$ の間に電気抵抗を流れる電流の大きさは I_1 で一定であるとする。その後、時刻 $t = 2\Delta t$ において電気抵抗の両端に生じている電位差に応じて電気抵抗を流れる電流の大きさを I_2 とする。 $2\Delta t \leq t < 3\Delta t$ の間に、電気抵抗には大きさが I_2 の一定の電流が流れていると考える。

(ホ) $\Delta I_1 = I_1 - I_0$, $\Delta I_2 = I_2 - I_1$ とした場合、 ΔI_1 と ΔI_2 の関係として適切なものを以下の(a)～(d)から選び、記号で答えよ。また、(a)～(c)を選んだ場合には、(i)および(ii)の考察において $0 \leq t < 3\Delta t$ の間に電気抵抗を流れる電流はどうなると考えているか。その様子を解答欄の図にグラフで示せ。

- (a) $|\Delta I_1| > |\Delta I_2|$ (b) $|\Delta I_1| = |\Delta I_2|$ (c) $|\Delta I_1| < |\Delta I_2|$ (d) 定まらない



図

すべての問題において、必要があれば、原子量および定数は次の値を使うこと。

H	1.00	C	12.0	N	14.0	O	16.0	Na	23.0
S	32.0	Cl	35.5	Ca	40.0	Cu	63.5	Ag	108

アボガドロ定数 $N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

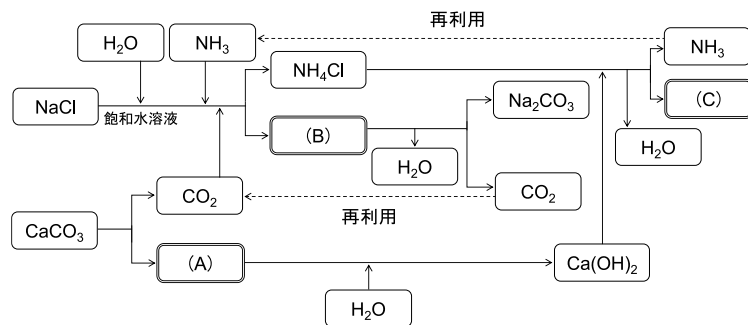
ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

水のイオン積 $K_W = 1.00 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ (25.0 °C)

各問題で特に指定のない場合、大気圧力は $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、温度は 25.0 °C とする。

また、特に説明のない場合、気体は理想気体として扱うこと。

- 1 炭酸ナトリウム(Na_2CO_3)は、次の図で示される工程を用いて工業的に製造することができる。下の問1～問7に答えよ。



- 問1 図中の(A)～(C)に当てはまる物質の化学式を答えよ。
- 問2 図に示した NaCl と CaCO_3 から Na_2CO_3 を製造するための工業的手法の名称を答えよ。
- 問3 図中では CaCO_3 に熱を加えて CO_2 と(A)を生じる反応を起こしている。これに対して、 CaCO_3 に塩酸を加えたときに起こる反応の化学反応式を書け。
- 問4 図中に示した化合物のうち、水溶液が塩基性を示すものを次の(ア)～(カ)からすべて選び、記号で答えよ。
- (ア) NaCl (イ) NH_4Cl (ウ) Na_2CO_3
 (エ) NH_3 (オ) CO_2 (カ) Ca(OH)_2
- 問5 反応がすべて進んだものとして、 Na_2CO_3 636 kg を製造するために必要な NaCl の質量 [kg] を有効数字2桁で答えよ。計算過程を示すこと。
- 問6 NH_4Cl 107 g に Ca(OH)_2 148 g を加えて加熱すると気体が発生した。発生した気体の 0°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ での体積 [L] を有効数字2桁で答えよ。計算過程を示すこと。ただし、反応はすべて進んだものとし、また、水の蒸発と、水への気体の溶解は無視できるものとする。
- 問7 Na_2CO_3 を水溶液から結晶化させると、無色透明な十水和物 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ の結晶が得られる。この結晶を空气中に十分に長い時間放置すると、水和物の一部が失われて白色の粉末になる。
- (1) このように水和水が失われる現象の名称を答えよ。
- (2) 得られた白色の粉末 2.00 g を加熱して得られる Na_2CO_3 の質量 [g] を有効数字2桁で答えよ。計算過程を示すこと。

- 2 次の文を読み、下の問1、問2に答えよ。ただし、電極上で発生した気体は電解液に溶けないこととする。

電解質の水溶液や融解した塩に電極を入れて、外部電源を用いて直流電圧をかけると、電極表面で酸化還元反応が起こる。これを電気分解という。

- 問1 硝酸銀水溶液の入った電解槽Ⅰと硫酸銅(Ⅱ)水溶液の入った電解槽Ⅱを直列につなぎ、それぞれ白金電極を用いて 5.00 A の電流で 6分26秒間電気分解を行った。次の問いに有効数字3桁で答えよ。計算過程を示すこと。
- (1) 流れた電気量 [C] を答えよ。
- (2) 電解槽Ⅰの陰極に析出した銀の質量 [g] を答えよ。
- (3) 電解槽Ⅱの陰極に析出した銅の質量 [g] を答えよ。
- (4) 電解槽Ⅱの陽極で発生した気体の 0°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ での体積 [mL] を答えよ。

- 問2 両極に白金を用いて、少量の硫酸を加えた水を電気分解した際、発生した水素、酸素の物質量 [mol] と通じた電気量 [$\times 10^4 \text{ C}$] の関係をそれぞれ解答欄に実線で示せ。縦軸の目盛りの数値も示すこと。

3 分子式 $C_{12}H_{17}NO$ で表される芳香族化合物 **A**～**C** について、次の (a)～(i) の文を読み、下の問 1～問 3 に答えよ。ただし、三員環や四員環を含む構造は考えないこととする。

- (a) **A**～**C** を加水分解すると、**A** から化合物 **D** と化合物 **E** が、**B** から化合物 **F** と化合物 **G** が、**C** から **F** と化合物 **H** が生じた。
- (b) **D** はパラ置換体であり、塩酸に溶けた。
- (c) **F** に $KMnO_4$ 水溶液を反応させた後、硫酸を加えると、ポリエチレンテレフタレート原料である化合物 **I** が生じた。
- (d) **E** は炭酸水素ナトリウム水溶液に溶け、**G** と **H** は塩酸に溶けた。
- (e) **E**, **G**, **H** のうち、第四級炭素原子(他の 4 つの炭素原子と結合している炭素原子)をもつものは **E** だけであり、炭素鎖に枝分かれがあるものは **E** と **G** であり、不斉炭素原子をもつものは **H** だけである。また、**G** はメチル基を 2 つだけもつ。
- (f) **E** は、アルコール化合物 **J** に酸性条件で $KMnO_4$ 水溶液を反応させることで、得ることができる。
- (g) **D** の塩酸塩は、化合物 **K** に塩酸とスズを反応させることで、得ることができる。
- (h) **D** に無水酢酸を反応させたところ、化合物 **L** と酢酸が生じた。
- (i) **L** に $KMnO_4$ 水溶液を反応させた後、塩酸を加えたところ、塩酸塩である化合物 **M** と酢酸が生じた。

問 1 化合物 **A**, **B**, **C**, **F**, **J**, **K**, **M** の構造式を書け。

問 2 (c), (f), (i) の $KMnO_4$ 水溶液はどのような試薬として作用しているか。次の (ア)～(エ)から 1 つ選び、記号で答えよ。

(ア) 触媒 (イ) 酸 (ウ) 酸化剤 (エ) 還元剤

問 3 (h) と (i) において、**D** に無水酢酸を反応させずに $KMnO_4$ を反応させると、**M** とは異なる化合物が生じる。この理由を説明せよ。

4 次の文を読み、下の問 1～問 6 に答えよ。

タンパク質および多糖は、それぞれ、多数のアミノ酸および単糖が〔 1 〕重合した構造をもつ鎖状の高分子化合物である。いずれも、繊維として古くから知られているものがあり、いろいろな場面で利用されている。①動物繊維である羊毛はタンパク質でできているのに対して、植物繊維である木綿の主成分はセルロースという多糖である。

セルロースは、植物の細胞壁を構成する主成分である。その構造は、多数の〔 2 〕型のグルコースが〔 1 〕重合した高分子である。〔 2 〕型のグルコース 1 分子には、〔 3 〕個のヒドロキシ基があり、そのうち〔 4 〕個のヒドロキシ基が〔 1 〕重合に関与している。②セルロースは、多数のヒドロキシ基を含んでいるが水に溶解しない。ただし、適切な条件では溶解することから、化学的な処理を行うことが可能である。③セルロースの化学処理により得られる高分子化合物は、元の木綿とは異なる性質を示し、繊維のみならずテープや包装材などにも利用されている。セルロースなどの天然高分子化合物の構造の一部を化学変化させて作られた繊維は〔 5 〕繊維といい、その一つであるアセテート繊維はセルロースのヒドロキシ基を〔 6 〕化したものである。

問 1 文中の空欄〔 1 〕～〔 6 〕に最もよく当てはまる語句、文字、または数字を答えよ。

問 2 下線部①に関して、動物繊維および植物繊維の性質を述べた次の(ア)～(エ)の文のうち、正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

- (ア) 羊毛の主成分はケラチンであり、 α -ヘリックス構造を持っていることから伸縮性が大きい。
- (イ) セルロースはヨウ素ヨウ化カリウム水溶液の呈色反応で検出される。
- (ウ) セルロースを濃い水酸化ナトリウム水溶液に浸すと加水分解される。
- (エ) セルロースを水酸化銅(Ⅱ)の濃アンモニア水溶液に溶かすと、粘性の高いコロイド溶液になる。

問 3 下線部②の理由を説明せよ。

問 4 下線部③において作られるセロハンは、粘性の高いコロイド溶液から作製される。このコロイド溶液の名称を答えよ。また、このコロイド溶液の調製方法を説明せよ。

問 5 セルロース 250 g を加水分解して、すべてグルコースにした場合、得られるグルコースの質量〔g〕を有効数字 2 桁で答えよ。計算過程を示すこと。

問 6 セルロース 250 g からニトロセルロース 355 g が得られた。セルロースに存在するヒドロキシ基のうち、硝酸エステル化された割合〔%〕を有効数字 2 桁で答えよ。計算過程を示すこと。

生 物

- 1 つぎの文を読み、問1～問4に答えよ。文の下には、さまざまな細胞内の構造体を記している。

タンパク質、炭水化物、脂質、核酸などの有機物は、細胞を構成する基本的な物質であり、有機物は複数の元素によって構成されており、物質の種類によって構成する元素が異なる。^A真核細胞には、様々な細胞小器官や構造体が存在し、これらはタンパク質や脂質などの有機物で構成されている。^B細胞小器官の生体膜は、基本的に細胞の内外をしきる細胞膜と同じ構造であり、脂質分子の疎水性部分が向き合った二重層になっている。細胞小器官や構造体は、二重の膜や一重の膜をもつものと、膜をもたないものとに分けられる。^C生体膜を通過できない大きな物質の取り込みと排出をするために、生体膜の性質を利用して、小胞をつくって物質を取り込んだり、小胞を細胞膜と融合させて物質を細胞外へ分泌したりすることができる。^D

<細胞内の構造体>

- | | | | |
|----------|-----------|-----------|-------------|
| (a) ゴルジ体 | (b) 小胞体 | (c) 中心体 | (d) 葉緑体 |
| (e) 細胞壁 | (f) リソソーム | (g) リボソーム | (h) ミトコンドリア |
| (j) 細胞骨格 | (k) 核 | (m) 液胞 | |

問1 下線部Aについて、下の設問(1)と(2)に答えよ。

- (1) ヒトの生体を構成する主要な元素のうち、質量%比で最も多い元素は何か、元素記号で答えよ。
- (2) システイン、グルコース、リン脂質、およびDNAを構成するすべての元素をそれぞれ元素記号で答えよ。

問2 下線部Bについて、植物細胞に存在し、主に炭水化物からなる構造体を、上の<細胞内の構造体>から1つ選び、記号で答えよ。また、その構造体を構成する主要な炭水化物の名称を2つ答えよ。

問3 下線部Cについて、下の設問(1)～(3)に答えよ。なお、構造体は、上の<細胞内の構造体>から適切なものを選び、記号で答えよ。

- (1) 二重の生体膜をもつ構造体をすべて答えよ。
- (2) 一重の生体膜をもつ構造体をすべて答えよ。
- (3) 膜構造をもたず、核酸を含む構造体をすべて答えよ。

問4 下線部Dについて、下の設問(1)と(2)に答えよ。

- (1) 細胞膜が陥入して小胞を形成し、これによって物質を取り込むことがある。この現象の名称を答えよ。
- (2) タンパク質などを含んだ小胞が細胞膜と融合し、内部の物質を細胞外へ放出することがある。この現象の名称を答えよ。

- 2 つぎの文を読み、問1～問7に答えよ。

RNAは、DNAと同様にヌクレオチドが多数結合してできているが、ヌクレオチドの糖の種類や一部の塩基の種類がDNAのものとは異なっている。^A

真核細胞では、転写は核内で行われる。遺伝子の転写開始部位の近くには、転写の開始に関与する(イ)という領域が存在し、基本転写因子とよばれる複数のタンパク質がここに結合する。^B転写は、(ロ)とよばれる酵素が基本転写因子を認識してDNAに結合し、これらの複合体が形成されることで開始される。(ロ)は、二重らせん構造が開裂して1本鎖となった一方のDNAのヌクレオチド鎖を鋳型として、これと相補的な塩基配列をもつRNAのヌクレオチド鎖を合成する。真核細胞においては、RNAの合成後に、そのヌクレオチド鎖の一部が核内で取り除かれ、残った領域が連結されることがある。^C

翻訳では、mRNAの塩基配列によって指定されるアミノ酸配列をもつポリペプチドがつくられる。このとき、mRNAの塩基3つの並びが1つのアミノ酸を指定する。^D翻訳は、リボソームとよばれる構造体で行われる。真核細胞では、合成されたmRNAが核内から(ハ)を通じて細胞質基質へ移動し、リボソームと結合して複合体を形成する。リボソームが開始する目印^Eを認識することによって翻訳が始まり、この複合体に、mRNAの塩基3つの並びに対応するアミノ酸をtRNAが運び、そのアミノ酸がペプチド結合でつながれて、ポリペプチドが合成される。

問1 上の文中の(イ)～(ハ)に適当な語句を入れよ。

問2 下線部Aについて、下の設問(1)～(3)に答えよ。

- (1) 糖と塩基以外のRNAの構成要素を挙げよ。
- (2) DNAとRNAを構成する糖の名称をそれぞれ答えよ。
- (3) DNAとRNAを構成する塩基のうち、共通ではない塩基の名称をそれぞれ答えよ。

問3 下線部Bについて、基本転写因子は調節タンパク質ともよばれる。下の設問(1)と(2)に答えよ。

- (1) このうち転写を促進する調節タンパク質、抑制する調節タンパク質の名称をそれぞれ答えよ。
- (2) 原核生物には、機能的に関連のある遺伝子が隣接して存在し、これらはまとめて転写されることが多い。このような遺伝子群の名称を答えよ。また、調節タンパク質が結合し、この遺伝子群の転写を調節する領域の名称を答えよ。

問4 転写では、DNAの2本のヌクレオチド鎖のうち、一方の鎖のみが鋳型となる。鋳型となる鎖(鋳型鎖)は、ほかに何とよばれるか、名称を答えよ。また、他方の非鋳型鎖となる鎖のほかの名称を答えよ。

問 5 下線部Cについて、下の(1)~(3)の設問に答えよ。

- (1) ヌクレオチド鎖の一部が取り除かれて連結される過程は何とよばれるか、名称を答えよ。
- (2) 取り除かれる部分に対応する DNA の領域の名称を答えよ。
- (3) 取り除かれない部分に対応する DNA の領域の名称を答えよ。

問 6 下線部Dについて、この塩基 3 つの並びは何とよばれるか、答えよ。また、何通り存在するか、数字で答えよ。

問 7 下線部Eについて、開始する目印に対応するアミノ酸の名称を答えよ。一方、終了する目印は何種類知られているか、数字で答えよ。

3 つぎの文を読み、問 1 ~ 問 4 に答えよ。

生物には、病原体や紫外線、熱、化学物質から身体を守るしくみがあり、これを生体防御という。生体防御のうち、病原体などを排除するしくみを免疫という。ヒトでは、3つの生体防御機構が段階的に働くことで身体が守られている。3段階の防御機構の第1段階として、(イ)的・(ロ)的防御がある。身体を覆う皮膚や粘膜によって、大部分の病原体の侵入は(イ)的に防がれる。また、だ液や涙などは細菌を殺す物質^Aを含み、(ロ)的に侵入をおさえている。第2段階の機構として、(ハ)細胞による(ハ)作用がある。(イ)的・(ロ)的防御では防ぎきれず、体内に侵入してきた病原体は、(ハ)細胞によって排除される。(イ)的・(ロ)的防御と(ハ)作用をまとめて、(ニ)免疫とよぶ。脊椎動物では、第3段階の機構として、リンパ球^Bによる(ホ)免疫がある。(ホ)免疫は、(ニ)免疫で防ぎきれなかった特定の病原体に対して働く。

問 1 上の文中の(イ)~(ホ)に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部Aについて、だ液や涙、汗に含まれていて、細菌の細胞壁を分解する酵素の名称を答えよ。また、皮膚に存在し、細菌の細胞膜を破壊するタンパク質の名称を答えよ。

問 3 下線部Bについて、(ニ)免疫において、体内を循環する体液中の白血球が重要な役割を果たしている。白血球の中で、(ハ)細胞として働く細胞の名称を3つ答えよ。また、これらの細胞で、異物の認識にかかわっている受容体タンパク質の名称を答えよ。

問 4 下線部Cについて、下の設問(1)と(2)に答えよ。

(1) (ホ)免疫では、リンパ球のT細胞とB細胞が働いて異物を排除する。T細胞には、キラーT細胞とヘルパーT細胞がある。キラーT細胞やヘルパーT細胞が中心となって起こる、(ハ)細胞の増強や感染細胞への攻撃などによる免疫のことを何とよぶか、答えよ。また、B細胞が中心となって起こる、抗体による免疫のことを何とよぶか、答えよ。

(2) 免疫機能が働くとき、通常は自己の細胞が攻撃されることはない。このような自己に対して(ホ)免疫が働かない状態のことを何とよぶか、答えよ。また、リンパ球の1つであるT細胞は、どのようにして自己の細胞を攻撃しないようになるか、下の〈用語〉をすべて用いて、説明せよ。

〈用語〉

骨髄 自己 胸腺 T細胞 成熟

4 つぎの文を読み、問1～問4に答えよ。

眼は光を受容する視覚器である。光は(イ)と水晶体で屈折し、(ロ)の上に像を結ぶ。(ロ)には、視細胞という光を受容する細胞がある。光を受容した視細胞からの情報は、視神経を通して大脳の視覚の中樞へ伝えられて視覚が生じる。視神経の繊維は束になって(ロ)を内から外へと貫く。この部分は(ハ)とよばれ、視細胞が存在しない。

ヒトの(ロ)には2種類の視細胞がある。(ニ)細胞は明るい所で働き、色の識別にかかわる。(ホ)細胞は薄暗い所で働き、^A明暗に反応するが、色の識別にはかかわらない。ヒトには^B3種類の(ニ)細胞があり、それぞれ最もよく吸収する光の波長が異なる。3種類の細胞がそれぞれどのくらいの強さで反応しているかによって、ヒトは様々な色を感じることができる。3種類の(ニ)細胞がすべて強く反応すると、ヒトは(ヘ)いと感じる。

問1 上の文中の(イ)～(ヘ)に適当な語句を入れよ。ただし、(ヘ)には色を表す語句を入れよ。

問2 下線部Aについて、(ニ)細胞が最も多く分布している場所の名称を答えよ。

問3 下線部Bについて、下の設問(1)と(2)に答えよ。

(1) (ホ)細胞が光を受容するメカニズムを、下の〈用語〉をすべて用いて説明せよ。

〈用語〉

レチナール オプシン ロドプシン 受容器電位 興奮
視神経細胞 (ホ)細胞

(2) 明順応と暗順応がどのようにして起こるのかを、それぞれ下の〈用語〉をすべて用いて説明せよ。

〈用語〉

明所 暗所 (ホ)細胞 ロドプシン 感度

問4 ヒトは高齢になると、近い場所が見えにくくなる。この理由を「毛様体」、「水晶体」、および「焦点」の用語をすべて用いて説明せよ。

数 学

以下の通り解答すること。

受験票記載の試験科目	解答する問題
数学Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ・A・B・C	第①問、第②問、第③問、 第④問
数学Ⅰ・Ⅱ・A・B・C	第①問、第②問、第③問、 第⑤問

1 次の にあてはまる数または式を解答欄に記入せよ。ただし、あてはまる数または式が2つ以上となることもある。

(1) 関数 $y = 3\cos^2\theta + \sin\theta + 2$ ($0 \leq \theta \leq \pi$) の最大値は **ア** , 最小値は **イ** である。

(2) 実数 r に対し、公比 r の等比数列 $\{a_n\}$ は $a_4 = 512$, $a_7 = 64$ を満たす。

このとき、 $\log_4 a_{2026} =$ **ウ** , $\sum_{k=1}^{100} (\log_4 a_k) =$ **エ** 。

(3) 鋭角三角形 ABC とその外接円の中心 O に対し、

$$AB = AC, \quad OA = 1, \quad \cos \angle BOC = \frac{1}{3}$$

とする。このとき、 $\sin \angle BAC =$ **オ** , $AB^2 =$ **カ** 。

(4) a, b, c を正の実数とする。関数 $f(x) = a(x-b)^2 + cx^2$ が最小となるときの

x の値を a, b, c を用いて表すと $x =$ **キ** 。

また、関数 $g(x) = a(x-b)^2 + c|x|$ が $x = 0$ で最小となるとき、

b がとりうる値の範囲を a, c を用いて表すと $0 < b \leq$ **ク** 。

2 数列 $\{a_n\}, \{b_n\}, \{c_n\}, \{d_n\}, \{e_n\}$ はすべての自然数 n に対し、

$$b_n = \sum_{k=1}^n a_k = \frac{n(n+3)}{3}, \quad c_n = \sum_{k=1}^n b_k, \quad d_n = \sum_{k=1}^n \frac{1}{b_k}, \quad e_n = \sum_{k=1}^n \frac{1}{a_k + c_k}$$

を満たす。以下の問いに答えよ。

- (1) 数列 $\{a_n\}$ の一般項を求めよ。
- (2) 数列 $\{c_n\}$ の一般項を n の多項式で表せ。ただし、降べきの順に整理せよ。
- (3) d_4 の値を求めよ。
- (4) e_4 の値を求めよ。

3 座標空間内に5点

$$O(0, 0, 0), \quad A(1, 1, 5), \quad B(-1, 2, 7), \quad C(-3, -9, -3), \quad H(2, -4, 4)$$

がある。実数 s, t に対し、点 P が

$$\vec{OP} = \vec{OA} + s\vec{AB} + t\vec{AC}$$

を満たすとき、以下の問いに答えよ。

- (1) 内積 $\vec{OH} \cdot \vec{OP}$ の値を求めよ。
- (2) 実数 k, u, v が $k\vec{OH} = \vec{OA} + u\vec{AB} + v\vec{AC}$ を満たすとき、 k の値を求めよ。
- (3) $s \geq 0, t = 0$ のとき、線分 HP の長さの最小値 m を求めよ。
- (4) $s = 0, t \geq 0$ のとき、線分 HP の長さの最小値 n を求めよ。

4 2つの定積分

$$I = \int_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{2}} \frac{\sin 3x}{\sin x} dx, \quad J = \int_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{2}} \frac{\sin 7x}{\sin x} dx$$

について、以下の問いに答えよ。

(1) 実数 a, b はすべての実数 x について

$$\sin 3x = (a + b \cos 2x) \sin x$$

を満たす。 a, b の値を求めよ。

(2) I の値を求めよ。

(3) 実数 p, q はすべての実数 x について

$$\sin 7x - \sin 3x = (p \cos 6x + q \cos 4x) \sin x$$

を満たす。 p, q の値を求めよ。

(4) J の値を求めよ。

5 a を正の実数とし、

$$f(x) = -|a(x+a)| + |a(x-a)| + ax$$

とする。以下の問いに答えよ。

- (1) $a = 4$ のとき、 $f(x) = 3$ を満たす実数 x をすべて求めよ。
- (2) k を実数とする。 $f(x) = k(x+4a)$ を満たす実数 x がちょうど 3 個存在するとき、 k のとりうる値の範囲を a を用いて表せ。
- (3) 座標平面において、関数 $y = f(x)$ のグラフと曲線 $y = x^2 + 2ax$ によって囲まれた図形の面積 S を a を用いて表せ。
- (4) 関数 $y = f(x)$ ($-4 \leq x \leq 4$) の最大値を $M(a)$ とする。
 $M(a) = 3a$ を満たす a の値をすべて求めよ。

物 理

1 以下の 4 つの文章の空欄にあてはまる適切な式、数値、語句、記号などを解答欄に答えよ。なお、それぞれの文章は互いに独立である。

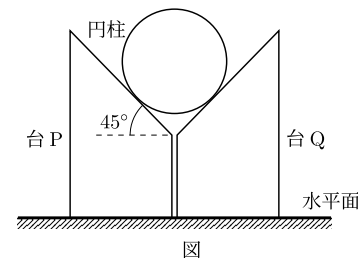
- (1) 地球の自転による遠心力を無視すると、地球上に置かれた物体にはたらく重力は地球が物体に及ぼす万有引力とみなすことができる。地球を半径が R 、質量が M の球とし、万有引力定数を G とすると、地球上での重力加速度の大きさは $\square$ イ $\square$ である。また、物体にはたらく重力の反作用は $\square$ ロ $\square$ である。 $\square$ ロ $\square$ には、下記の選択肢から最も適切なものを選び記号で答えること。
- (a) 地面が物体を押す垂直抗力 (b) 物体が地面を押す垂直抗力
(c) 地球が物体を引く万有引力 (d) 物体が地球を引く万有引力
(e) 物体と地面の間の摩擦力 (f) 該当なし
- (2) 350 kg の水を、300 m の高さから落下させる。重力の位置エネルギーが全て熱に変わり、水の温度上昇に使われたとすると、水の温度は有効数字 2 桁で $\square$ ハ $\square$ K だけ上昇する。ただし、重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とし、水の比熱を $4.2 \text{ J/(g}\cdot\text{K)}$ とする。
- (3) Si や Ge の結晶中に微量の Al や In など混ぜて作られた半導体では、Al や In の原子が価電子を 3 個しか持たないため、共有結合の際に電子が 1 個不足して、電子のないホール（正孔）ができる。この半導体に電場（電界）をかけると、ホールが電場の向きに移動していき、半導体を流れる電流の主な担い手となる。このような半導体を $\square$ ニ $\square$ 型半導体という。
- (4) 一様な電場が生じている空間に、 α 線、 β 線、 γ 線を、電場に垂直な方向からそれぞれ入射させる。これら 3 つの放射線のうち、 $\square$ ホ $\square$ は電場が生じている空間を直進するが、 $\square$ ヘ $\square$ は電場の向きに曲げられる。

2 図のように、粗い水平面上にそれぞれ質量 M の柱状の台 P、Q が静止している。台 P、Q は全く同じ形状で、台 P と台 Q は図に示す鉛直面内で左右対称になるように配置されている。台と水平面の間の静止摩擦係数を μ とする。ただし $\mu < 1$ である。台 P、Q の上面はそれぞれ水平面から 45° 傾いており、2 つの台の間にはじゅうぶんに狭い隙間がある。台 P、Q それぞれの上面に接するように質量 m の円柱を静かに置いたところ、台 P、Q および円柱は静止したままであった。台 P、Q の上面と円柱の間に摩擦ははたらかない。図はこの様子を円柱の底面の方向から見た状態を示している。重力加速度の大きさを g とする。以下の問に答えよ。

- (イ) 台 P の上面と円柱の間にはたらく垂直抗力の大きさを M 、 m 、 μ 、 g から必要なものを用いて表せ。
- (ロ) 台 P、Q と円柱が静止したままであるために m が満たすべき不等式を M 、 m 、 μ 、 g から必要なものを用いて表せ。

以下では $m = M$ 、台と水平面の間の動摩擦係数を $\frac{1}{4}$ とする。円柱の重心の鉛直上方から、鉛直下向きに円柱を手で押すと、円柱と台は静かに動き始めた。円柱と台が動き始めた直後に手をはなしたところ、円柱は転がることなく台の上面を滑り、鉛直下向きに一定の加速度で運動した。また 2 つの台は、倒れることなく水平面上を一定の加速度で運動した。円柱の鉛直下向きの加速度の大きさを α 、台 P、Q の水平方向の加速度の大きさを β とする。以下では、手をはなしてから円柱が台の上面と接している間の運動のみを考える。

- (ハ) α と β の関係を式で表せ。
- (ニ) 台 P と水平面の間の摩擦力の大きさを f 、台 P の上面と円柱の間にはたらく垂直抗力の大きさを N とする。台 P の水平方向の運動に関する運動方程式を、 M 、 β 、 f 、 N を用いて表せ。
- (ホ) α を g を用いて表せ。
- (ヘ) 手をはなしてから、円柱が鉛直方向に距離 h だけ移動する間に、重力が円柱にした仕事を W_g 、円柱の得た運動エネルギーを K 、台 P、Q の上面と円柱の間にはたらく垂直抗力が円柱にした仕事の和を W_N とする。 W_g 、 K 、 W_N および 0 を解答欄に左から大きい順に並べ、隣り合った量の間それぞれ「=」、「>」のいずれかを入れて大小関係を示せ。



3 凸レンズが光を集める仕組みについて、薄い平凸レンズのモデルを用いて考察する。

絶対屈折率が n の物質を用い、片面（面 A）が半径 R の球面の一部で、もう一方の片面（面 B）が平面であるような平凸レンズを作製し、真空中に置く。面 B は半径が a の円である。面 A を構成する球の中心を O 、面 B の円の中心を O' とすると、直線 OO' がこのレンズの光軸となり、面 B は光軸と垂直である。図 1 は光軸を含む面を表し、この面内で、光軸から距離 h の位置を、光軸に平行に進んで面 A 上の点 K に入射し、レンズで屈折して光軸上の点 F に達する光線を考える。

図 2 は、図 1 の点 K 付近の拡大図で、レンズに入射した光線の経路が実線で示されている。図の面内で、点 K を通って、面 A に接する直線と垂直な直線を ℓ_1 とする。光線の入射角 θ は、レンズに入射する光線と ℓ_1 がなす角である。光線は、点 K に入射した後、直線 ℓ_1 と角度 r をなす方向に進み、面 B 上の点 L に達する。点 L を通って面 B に垂直な直線を ℓ_2 とする。面 B に入射する光線と直線 ℓ_2 のなす角を i 、面 B から出ていく光線と直線 ℓ_2 のなす角を ϕ とする。図 2 の点 M は、点 K を通って光軸に平行な直線と面 B の交点である。以下の問に答えよ。

(イ) $\sin \phi$ を $n, \sin i$ を用いて表せ。

(ロ) i を θ, r を用いて表せ。

(ハ) $\sin \theta$ を R, h を用いて表せ。

(ニ) $\sin r$ を n, R, h を用いて表せ。

(ホ) $\sin \phi$ を n, R, h を用いて表すことを考える。レンズはじゅうぶんに薄く、 h は R よりじゅうぶんに小さいとする。 ε が 1 よりじゅうぶんに小さい時に成り立つ近似式 $\sqrt{1-\varepsilon} = 1 - \frac{1}{2}\varepsilon$ を用いると、 $\sin \phi$ は

$$\sin \phi = (\boxed{a}) \times \frac{h}{R} \times \left\{ 1 + (\boxed{b}) \times \frac{h^2}{R^2} \right\}$$

と近似できる。 $\boxed{a}$ および $\boxed{b}$ に入る式を、 n を用いて表せ。

$O'F$ の長さを f とする。レンズがじゅうぶんに薄く、 $\tan \phi = \sin \phi$ および $O'L = O'M = h$ と近似すると、 $f = h/\sin \phi$ と近似できる。ここで、問 (ホ) の結果を用いると、 f を n, R, h を用いて表すことができる。

(ヘ) 光軸付近を通る光線の場合の $O'F$ の長さを f_1 とし、レンズの端の付近を通る光線の場合の $O'F$ の長さを f_2 とする。 f_1 は、 f を n, R, h を用いて表す式に、 $h = 0$ を代入することで求められる。また、 f_2 は同じ式に $h = a$ を代入することで求められる。 $n = 1.5, R = 20 \text{ cm}, a = 2.0 \text{ cm}$ とすると、 f_1 は何 cm になるかを答えよ。また、このとき f_1 と f_2 の差は、 f_1 の何 % になるかを小数点以下第 3 位を四捨五入して答えよ。

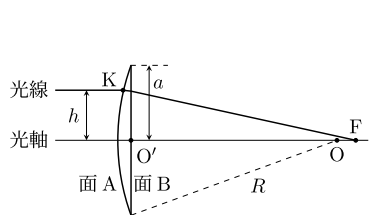


図 1

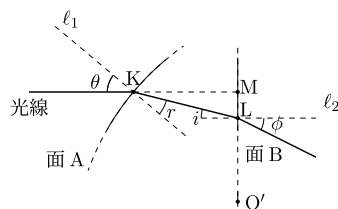


図 2

4 図のように、水平面に対して角度 θ の滑らかでじゅうぶんに長い斜面上を、一辺の長さが a の正方形で 1 巻きのコイル KLMN が回転せずに滑り下りる運動を考える。斜面上のある点を原点 O とし、斜面上に x 軸と y 軸をとる。 x 軸は水平方向であり、時刻 $t = 0$ において、コイルの辺 MN は x 軸上にある。 y 軸は斜面に沿って下る方向を正とする。 z 軸は斜面に垂直で、コイルの $K \rightarrow L \rightarrow M \rightarrow N$ の向きに右ねじを回したときに、ねじの進む方向を正とする。

斜面上には、斜面に垂直な方向の磁場（磁界）が存在している。磁場の磁束密度の大きさは B である。磁場の方向は斜面の y 軸に沿って a の間隔で反転する。 $y = 0$ と $y = a$ の間では、磁場は z 軸の正の方向を向いている。

コイルは、時刻 $t = 0$ において静かに斜面を滑り下りはじめた。以下の問に答えよ。コイルの質量を m 、抵抗値を R とし、コイルの自己誘導は無視する。また、重力加速度の大きさを g とする。

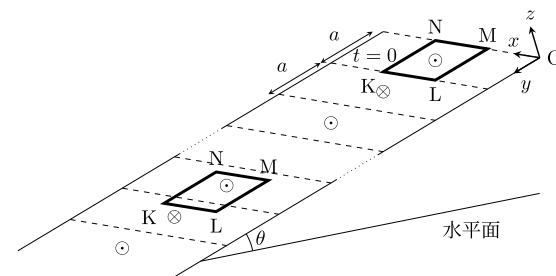
(イ) ある時刻において、コイルの速さが v であったとする。このときにコイルに生じる誘導起電力の大きさを答えよ。

(ロ) コイルの速さが v であるときに、コイルに作用する合力の y 方向の成分を答えよ。

(ハ) 時間が経つと、コイルの速さは一定の値に近づいていく。この値を答えよ。

(ニ) コイルが斜面を滑り始めてから、コイルの速さが問 (ハ) の値に近づいていく様子を、横軸に時刻 t 、縦軸に速さを取ったグラフに描け。問 (ハ) で求めた速さを v_f とし、グラフの縦軸のどこが v_f に対応するかを明示すること。

(ホ) じゅうぶんに時間が経ち、コイルの速さが v_f で一定とみなせる状態になったとする。このとき、コイルが斜面に沿って距離 $2a$ だけ滑り下りる間にコイルで発生するジュール熱の大きさを m, g, a, θ を用いて答えよ。



図

化 学

すべての問題において、必要があれば、原子量および定数は次の値を使うこと。

H	1.00	C	12.0	N	14.0	O	16.0	Na	23.0
Cl	35.5	K	39.0	Mn	55.0				

アボガドロ定数 $N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

水のイオン積 $K_W = 1.00 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2 \quad (25.0 \text{ }^\circ\text{C})$

各問題で特に指定のない場合、大気圧力は $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、温度は $25.0 \text{ }^\circ\text{C}$ とする。

また、特に説明のない場合、気体は理想気体として扱うこと。

1 次の文を読み、下の問 1～問 4 に答えよ。

酸化還元反応を理解するには、原子間で電子 e^- がどのように授受されたかを把握することが重要である。

問 1 次の(ア)～(オ)の物質において、下線で示す原子の酸化数を書け。

(ア) $\underline{\text{Cr}}_2\text{O}_7^{2-}$ (イ) $(\underline{\text{C}}\text{OOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (ウ) $\underline{\text{N}}\text{H}_4\text{NO}_3$
 (エ) $\text{K}\underline{\text{Cl}}\text{O}_3$ (オ) $\text{Ca}\underline{\text{H}}_2$

問 2 硫酸酸性水溶液中での過マンガン酸カリウムと過酸化水素の酸化還元反応を考える。

- (1) 酸化剤(過マンガン酸カリウム)と還元剤(過酸化水素)の水溶液中でののはたらきについて、それぞれ電子 e^- を含むイオン反応式を書け。
- (2) 上記の酸化剤と還元剤が過不足なく反応するとき、酸化還元反応の化学反応式を書け。

問 3 0.0500 mol/L のシュウ酸水溶液 20.0 mL をコニカルビーカーにとり、硫酸を加えて酸性にした。約 $70 \text{ }^\circ\text{C}$ に加熱した後、濃度不明の過マンガン酸カリウム水溶液を用いて酸化還元滴定を行ったところ、終点までに 16.0 mL を要した。

- (1) 滴定の終点において、コニカルビーカー中の溶液の色が何色から何色に変化したか説明せよ。
- (2) 滴定に用いた過マンガン酸カリウム水溶液の濃度 $[\text{mol/L}]$ を有効数字 2 桁で答えよ。計算過程を示すこと。

問 4 次の文中の空欄 a ～ f に最もよく当てはまる語句を下の(ア)～(シ)から 1 つずつ選び、記号で答えよ。

酸化還元反応により、化学エネルギーを電気エネルギーに変換して取り出す装置を電池という。2 つの電極のうち、表面で a 反応が起こり導線に向かって電子が流れ出る電極を b、導線から電子が流れ込み表面で c 反応が起こる電極を d という。d の電位は b の電位よりも e、電池の両極間の電位差の最大値を f という。

- | | | | |
|--------|--------|---------|----------|
| (ア) 正極 | (イ) 負極 | (ウ) 陽極 | (エ) 陰極 |
| (オ) 酸化 | (カ) 還元 | (キ) 放電 | (ク) 充電 |
| (ケ) 高く | (コ) 低く | (サ) 起電力 | (シ) 分解電圧 |

- 2 次の文を読み、下の問 1～問 3 に答えよ。ただし、ニクロム線と氷の体積は無視することとする。

ニクロム線が入った体積一定(3.00 L)の密閉容器の中に 27 °C、 2.493×10^5 Pa の混合気体(窒素と酸素の体積比 2 : 1)が入っている。この中に 0.740 g のジエチルエーテルを注入し、これをすべて蒸発させた後、27 °C に保った。

問 1 ジエチルエーテルを注入する前の混合気体の物質量[mol]を有効数字 2 桁で答えよ。計算過程を示すこと。

問 2 ジエチルエーテルをすべて蒸発させた後、27 °C における容器内の気体の全圧 [Pa]を有効数字 2 桁で答えよ。計算過程を示すこと。

問 3 ニクロム線を加熱して容器内のジエチルエーテルを完全燃焼させた。

- (1) ジエチルエーテルが完全燃焼する反応の化学反応式を書け。
- (2) 完全燃焼後に容器を-10 °C に冷却して、生成した水蒸気や水をすべて氷にした。
 - (a) 容器内に残っている気体の組成(窒素、酸素、二酸化炭素の体積パーセント [%])を有効数字 2 桁で答えよ。計算過程を示すこと。
 - (b) 生じた氷の質量 [g] を有効数字 2 桁で答えよ。計算過程を示すこと。
 - (c) -10 °C のときの容器内の気体の全圧 [Pa] を有効数字 2 桁で答えよ。計算過程を示すこと。

- 3 化合物 **A**～**F** は分子式 $C_9H_{12}O$ で表されるベンゼンの一置換体である。次の(a)～(g)の文を読み、下の問 1～問 4 に答えよ。

- (a) **A**～**E** にナトリウムを加えると水素が発生するが、**F**に加えても水素は発生しない。
- (b) **A**, **D**, **E**, **F** は不斉炭素原子をもつが、**B** と **C** はもたない。
- (c) **A**, **C**, **D**, **E** に硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を加えると、それぞれが酸化されて化合物 **G**, **H**, **I**, **J** を生成した。一方で、**B** と **F** は反応しなかった。
- (d) **G**～**J** のうち、**J** だけが不斉炭素原子をもつ。
- (e) **H** と **J** は水酸化ナトリウム水溶液に溶けたが、**G** と **I** は溶けなかった。
- (f) **I** にヨウ素と水酸化ナトリウムを反応させると特異臭をもつ黄色沈殿が生じたが、**G** に同じ実験をしても黄色沈殿は生じなかった。
- (g) **C** と **J** の混合物に少量の濃硫酸を加えて加熱すると、化合物 **K** と水が生じた。

問 1 化合物 **A**, **B**, **D**, **E**, **F**, **K** の構造式を書け。

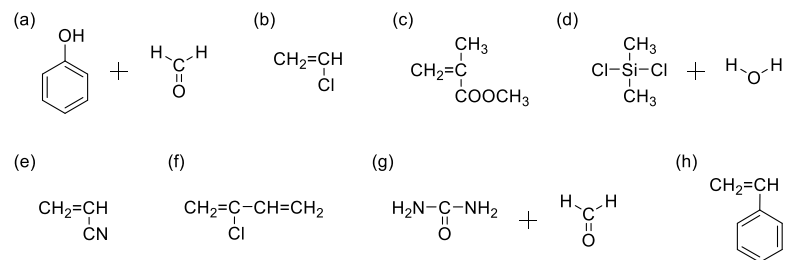
問 2 (e)で**H**と**J**が水酸化ナトリウム水溶液に溶けることに関係する官能基の名称を答えよ。

問 3 化合物 **K** がもつ官能基の名称を答えよ。

問 4 化合物 **I** に対して(f)の実験を行ったとき、黄色沈殿が生じるとともに、別の有機化合物も生成した。この有機化合物がもつ炭素原子の数を答えよ。

生 物

- 4 次の(a)～(h)の単量体から得られる合成高分子化合物に関して、下の問1～問4に答えよ。



問1 (a)～(h)から得られる合成高分子化合物の名称をそれぞれ答えよ。

問2 (a)～(h)から得られる合成高分子化合物の特性または用途として最も適切なものを次の(ア)～(ク)から1つずつ選び、記号で答えよ。

- (ア) 合成ゴムの一つであり、医療器具やパッキング材料、絶縁材料として用いられている。
 (イ) 透明性に優れ、ガラスの代替材料や光学部品のレンズとして利用されている。
 (ウ) 耐熱性・電気絶縁性に優れ、調理器具の取っ手やプリント配線基板に用いられている。
 (エ) 合成繊維として用いられ、柔軟で軽く、羊毛に似た肌触りを持ち、保温性に優れる。
 (オ) 天然ゴムのような高い弾性を持ち、機械的強度や耐油性に優れているため、ベルトや機器部品に用いられている。
 (カ) 加工性に優れ、食品容器や食品包装材、梱包材などに用いられている。
 (キ) 透明で着色性に優れ、電気器具や衣服のボタン、合板接着剤などに用いられている。
 (ク) 耐水性に優れることから、水道管などに用いられている。

問3 (c)、(h)から得られる合成高分子化合物と(a)、(g)から得られる合成高分子化合物は、熱に対する性質からそれぞれ何と呼ばれているか。名称を答えよ。

問4 (h)と*p*-ジビニルベンゼンの共重合体に $\text{N}^+(\text{CH}_3)_3\text{OH}^-$ を導入した樹脂を合成した。

- (1) この樹脂をガラス管に詰め、0.010 mol/Lの塩化ナトリウム水溶液10 mLを通した後に純水で完全に洗うことで、100 mLの流出液を得た。このときに得られた流出液の溶質を化学式で答えよ。ただし、流出液に塩化物イオンは含まれていないこととする。
 (2) (1)で得られた流出液のpHを整数で答えよ。計算過程を示すこと。

1 つぎの文を読み、問1～問5に答えよ。

細胞がもつ共通の特徴として、遺伝情報をもつこと、秩序正しい代謝を行うこと、自己を複製できること、外界と自己を分ける膜構造(細胞膜)をもつことなどが挙げられる。しかし、太古の地球で最初に誕生した細胞(始原生物)で、これらのしくみがどのように成立したのかは、いまだに明らかではない。

始原生物が出現した場所として、海底の熱水噴出孔が有力な候補として注目されている。ここでは、メタン、アンモニア、水素、硫化水素などを豊富に含んだ高圧・高温の海水が絶えず噴出しており、アミノ酸などの単純な構造の有機物が生成されたと考えられている。また、その頃の地球の大気や海洋には酸素はほとんど含まれておらず、始原生物は外界から取り込んだ有機物を嫌氣的に分解し、生命活動に必要なエネルギーを得ていたという説が有力視されている。無機物の酸化反応で得られたエネルギーを用い、有機物を合成する生物も存在していたと考えられている。そして、およそ27億年前にはシアノバクテリアが出現し、繁栄したと考えられている。

問1 下線部Aについて、始原生物では遺伝情報がDNAではなくRNAに保存されていたと考えられている。そのように考えられている理由を説明せよ。

問2 下線部Bについて、下の設問(1)～(3)に答えよ。

- (1) 現生の生物の細胞膜は、主にリン脂質の二重層からなり、図1にその構造を示している。細胞膜におけるリン脂質分子の配置として正しいものをa～dから選び、記号で答えよ。
 (2) 拡散によって細胞膜を通過できるのは、酸素や二酸化炭素など非常に小さな分子や、低分子量の疎水性化合物に限られる。他方、アミノ酸、糖、イオンなどの親水性の分子は、細胞膜に存在する輸送タンパク質を介して細胞膜を通る。このように、細胞膜が特定の物質のみを通過させる性質を何とよぶか、答えよ。
 (3) 水分子のみを通す輸送タンパク質の名称を答えよ。また、この輸送タンパク質が特に多く存在する臓器の名称を答えよ。

問3 下線部Cについて、下の設問(1)と(2)に答えよ。

- (1) このような環境条件で、始原生物が誕生する以前に、生命に必要な有機物が無機物から生み出された過程を何とよぶか、答えよ。
 (2) 熱水噴出孔付近や温泉に生育する細菌のDNAポリメラーゼは、PCRに欠くことができない酵素として産業利用されている。DNAポリメラーゼはヒトを含むすべての生物に存在する酵素であるが、なぜ熱水噴出孔や温泉に生育する細菌のDNAポリメラーゼがPCRに適しているのか、説明せよ。

問 4 下線部Dのような代謝様式で生活できる細菌の総称を答えよ。また、そのような細菌を、下の<細菌群>からすべて選び、記号で答えよ。

<細菌群>

- | | | |
|---------|----------|----------|
| (イ) 枯草菌 | (ロ) 硫黄細菌 | (ハ) 亜硝酸菌 |
| (ニ) 乳酸菌 | (ホ) 大腸菌 | (ヘ) 鉄細菌 |

問 5 下線部Eについて、下の設問(1)と(2)に答えよ。

- (1) シアノバクテリアが出現し、繁栄することで、大気の組成にどのような変化が生じたか、また、その変化はシアノバクテリアのどのような性質によるものか、説明せよ。
- (2) 海中の炭酸カルシウムなどが、シアノバクテリアの死細胞とともに沈着してできた、独特の層状構造をもつ岩石の名称を答えよ。

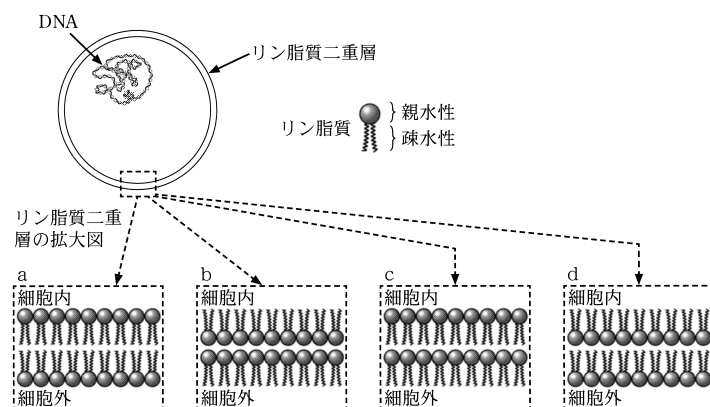


図1 細胞膜の構造

2 つぎの文を読み、問1～問4に答えよ。

親から子へと受け継がれるDNAには、その生物が個体を形成し、生命活動を営むのに必要なさまざまな情報が含まれている。DNAやRNAは、リン酸、糖、および塩基からなるヌクレオチドとよばれる構成単位が多数結合してできている。^A真核生物では、DNAは主に核内に存在し、^B染色体を構成している。細胞分裂の際に、^CもとのDNAとまったく同一のDNAが複製され、^D新しい細胞に受け継がれることによって、遺伝情報が正確に伝えられる。

問 1 下線部Aについて、下の設問(1)～(5)に答えよ。

- (1) DNAまたはRNAを構成する糖の名称をそれぞれ答えよ。
- (2) ヌクレオチドとは、糖の5個の炭素のうち何番目の炭素と、隣接する糖の何番目の炭素がリン酸基を間に挟んで互いつながっているか、それぞれ数字で答えよ。なお、塩基は糖の1番目の炭素に結合しているものとする。
- (3) DNAの塩基は、アデニンとチミン、グアニンとシトシンがそれぞれ等量ずつ存在している。この法則の名称を答えよ。
- (4) 塩基どうしの比較的弱い結合によって、DNAを構成する2本のヌクレオチド鎖に相補性が生じる。この弱い結合を何とよぶか、答えよ。
- (5) 生物が共通にもつ、DNAやRNA以外のヌクレオチドを1つ挙げよ。

問 2 下線部Bについて、染色体中でDNAが巻きつくタンパク質の名称を答えよ。また、DNAとそのタンパク質を合わせたビーズ状の基本構造を何とよぶか、答えよ。

問 3 下線部Cについて、DNAは細胞周期のどの時期で複製され、どの時期で2つの細胞に分配されるか、それぞれの時期の名称を答えよ。

問 4 下線部Dについて、下の設問(1)～(4)に答えよ。

- (1) 2本のヌクレオチド鎖をほどこき、部分的に1本ずつのヌクレオチド鎖を生じさせる酵素を何とよぶか、答えよ。
- (2) DNA合成の出発点となる短いヌクレオチド鎖を合成する酵素を何とよぶか、答えよ。
- (3) DNA合成時に、二重らせんがほどこけていく方向に連続して伸長していく新生鎖が生じる。この新生鎖を何とよぶか、答えよ。
- (4) (3)とは反対の方向に伸長し、短いDNA断片がいくつもつくられる。このように不連続に合成された後、つなぎ合わされる鎖を何とよぶか、答えよ。また、この過程でつくられるDNA断片を何とよぶか、答えよ。

3 つぎの文を読み、問1～問6に答えよ。

植物の体内では、植物ホルモンとよばれる低分子の生理活性物質がつくられ、低濃度でも植物の形態や成長などに影響を与える。

多くの植物の種子では、成熟した後の生育に適さない環境においては、その中の胚の生育は一時的に停止している。オオムギやイネなどの種子は、吸水に加え、温度などによって刺激を受け、胚内で(イ)が合成される。(イ)が胚乳周囲の糊粉層に作用すると、(ロ)などの酵素の合成を誘導する。合成された(ロ)は、胚乳中のデンプンを(ハ)などに分解する。その後、(ハ)はさらに分解された後、最終的に胚に栄養分として供給され、種子が発芽する。

レタスの種子は光発芽種子といい、発芽には吸水や適切な温度以外にさらに光を必要とする。光発芽種子の発芽において、発芽にかかわる光には赤色光と遠赤色光がある。これらの光を受容する光受容体を(ニ)とよぶ。(ニ)は通常、赤色光吸収型(Pr型)で細胞質に存在しているが、赤色光によって遠赤色光吸収型(Pfr型)となる。この型が増加すると(イ)の合成が誘導され、さらに発芽に必要な酵素が合成される。一方、遠赤色光を吸収すると再びPr型に戻る。

問1 上の文中の(イ)～(ニ)に適切な語句を入れよ。

問2 下線部Aについて、この状態のことを何とよぶか、答えよ。また、その状態の維持に働く植物ホルモンの名称を答えよ。

問3 下線部Bについて、デンプンを検出する際に使われる反応は何か、反応の名称を答えよ。また、デンプンが分解されると、この反応による呈色はどのように変化するか、簡潔に説明せよ。

問4 下線部Cについて、主な栄養分となる化合物の名称を答えよ。

問5 下の(1)～(5)の操作を行ったとき、発芽するかどうかを答えよ。発芽する場合は○、発芽しない場合は×を入れよ。

- (1) オオムギの胚を除去して吸水させる
- (2) オオムギの糊粉層を除去して吸水させる
- (3) レタスの種子を吸水後、赤色光を照射し、暗所に置く
- (4) レタスの種子を吸水後、赤色光の後に遠赤色光を照射し、暗所に置く
- (5) レタスの種子を吸水後、遠赤色光の後に赤色光を照射し、暗所に置く

問6 光は植物の屈性にも関与している。光の方向へ、茎が屈曲する性質に関与する光受容体と植物ホルモンの名称を答えよ。

4 つぎの文を読み、問1～問3に答えよ。

一定の相親をもつ植生と、そこに生息する動物や菌類などを含めたすべての生物の集団をバイオーム(生物群系)という。バイオームは植生に基づいて分類され、その分布は、降水量と気温などの気象条件に対応している。

問1 下線部Aについて、降水量とバイオームの関係について説明した、つぎの文中の(イ)～(エ)に適切な語句を入れよ。

熱帯地方における降水量とバイオームの関係を考えてみよう。熱帯で(イ)樹が生育するためには、約2,000 mm以上の年降水量が必要である。したがって、約2,000 mm以上の年降水量がある地域では、極相として(イ)樹から構成される(ロ)というバイオームが発達する。しかし、降水量が減り、乾季と雨季のある地域では、(イ)樹は生育できず、乾季に葉を落とす(ハ)樹からなる(ニ)が極相となる。もっと年降水量が少ない地域では、少ない降水量でも生育できる草本や低木が主体の(ホ)が極相となる。年降水量が200 mm以下となると、極相は植物のほとんど生育しない(ヘ)となる。

問2 下線部Bについて、気温とバイオームの関係について、下の設問(1)と(2)に答えよ。

- (1) 年降水量が2,500 mm以上で、年平均気温が約20℃以上ある地域に見られる(ロ)以外のバイオームを答えよ。
- (2) ツンドラのバイオームが形成されるための年平均気温の上限値として適切な値を、下の(a)～(d)から1つ選び、記号で答えよ。
(a) -10℃ (b) -5℃ (c) 5℃ (d) 10℃

問3 日本のバイオームは種類と分布が、主に気温により区分されることが特徴として挙げられる。このことに関して、下の設問(1)～(5)に答えよ。

- (1) 日本では、砂浜など一部を除いて、森林のバイオームが成立する。その前提となる主な環境的要因を簡潔に説明せよ。
- (2) 日本列島は南北に細長く、平地のバイオームは緯度にしたがって変化する。このような緯度に対応したバイオームの分布のことを何とよぶか、答えよ。また、日本の平地において、スダジイ、アラカシ、タブノキが主に生育する地域として、最も適切なものを、下の(a)～(d)から1つ選び、記号で答えよ。
(a) 屋久島より南の島々 (b) 九州から関東地方
(c) 中部地方の内陸から北海道南部 (d) 北海道北東部
- (3) 日本列島は、平地から山間部にかけて、標高に応じてバイオームも変化する。このような標高に応じたバイオームの分布のことを何とよぶか、答えよ。また、中部地方において、シラビソ、コメツガといった樹木が生育する標高として、最も適切なものを、下の(a)～(c)から1つ選び、記号で答えよ。
(a) 標高600 m以下 (b) 標高600～1,500 m (c) 標高1,500～2,400 m

(4) 亜高山帯より上は高山帯といい、低温と強風により森林が形成されなくなる。この森林形成の境目を何とよぶか、答えよ。また、高山帯に見られる草本からなる高山草原を何とよぶか、答えよ。また、そのような高山草原で見られる低木や草本として適切ではないものを、下の(a)~(e)から1つ選び、記号で答えよ。

- (a) コマクサ (b) シロザ (c) コケモモ
(d) ハクサンイチゲ (e) シナノキンバイ

(5) 日本の沖縄県から鹿児島県南部に分布し、海岸や河口の汽水域の沿岸に帯状に分布し、主にヒルギのなかまなどから構成される森林を何とよぶか、答えよ。

数 学

以下の通り解答すること。

受験票記載の試験科目	解答する問題
数学Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ・A・B・C	第1問、第2問、第3問、第4問
数学Ⅰ・Ⅱ・A・B・C	第1問、第2問、第3問、第5問

1 次の にあてはまる数または式を解答欄に記入せよ。ただし、あてはまる数または式が 2 つ以上となることもある。

(1) k を実数とし、座標平面上の放物線 $y = \frac{1}{10^{2k}}x^2 - 4x + 1$ の頂点の座標を (a, b) とする。 $b = -7$ であるとき $k =$ ア 。

また、 $a = \sqrt{2}$ であるとき $b =$ イ 。

(2) n を自然数とする。 $\cos \theta = \sin 2\theta$ と $\sin \theta = \cos 2\theta$ を満たす正の実数 θ のうち、最小の θ の値は $\theta =$ ウ であり、 n 番目に小さい θ の値を n の式で表すと $\theta =$ エ 。

(3) 座標平面において、原点を中心とする円周 C と直線 $x - 2y = 2$ は 2 点 A, B で交わる。このとき、線分 AB の中点の座標は オ である。
また、 $AB = 2$ であるとき、 C の半径は カ である。

(4) 整数 m, n に対し、条件 p, q, r を

$$p : |m| + |n| \leq 3, \quad q : |m| \leq 3 \text{ かつ } |n| \leq 3, \quad r : 1 \leq |mn| \leq 8$$

で定める。このとき、 $\overline{p}$ かつ q を満たす組 (m, n) の個数は キ 個である。また、 $\overline{q}$ かつ r を満たす組 (m, n) の個数は ク 個である。ただし、 $\overline{p}, \overline{q}$ はそれぞれ条件 p, q の否定である。

- 2 実数 a, b と $0 < \theta < \frac{\pi}{4}$ に対し, x の 2 次方程式 $x^2 + ax + b = 0$ の 2 つの解が

$$x = 3 \sin \theta - \cos \theta, \quad 3 \cos \theta - \sin \theta$$

であるとする. このとき, 以下の問いに答えよ.

- (1) $\theta = \frac{\pi}{12}$ のとき, b の値を求めよ.
- (2) a のとりうる値の範囲を求めよ.
- (3) b を a の式で表せ.
- (4) $\tan \theta = \frac{1}{4}$ のとき, b の値を求めよ.

- 3 三角形 OAB に対し, $\angle AOB$ の二等分線と辺 AB の交点を C, 点 B から直線 OA に下ろした垂線と直線 OC の交点を D とする.

$$\overrightarrow{AC} = s \overrightarrow{AB}, \quad \overrightarrow{OD} = t \overrightarrow{OC} \quad (0 < s < 1, 0 < t < 1)$$

が成り立つとき, 以下の問いに答えよ.

- (1) $\overrightarrow{OD} = a \overrightarrow{OA} + b \overrightarrow{OB}$ を満たす実数 a, b を s, t の式で表せ.
- (2) $\theta = \angle AOB$ とするとき, $\cos \theta$ を s, t の式で表せ.
- (3) $|\overrightarrow{OA}| = 1, s = \frac{1}{4}, t = \frac{1}{2}$ のとき, 三角形 OAB の面積 M を求めよ.

- 4 自然数 n に対し, 関数 $f_n(x)$ ($x > 0$) を

$$f_1(x) = x \log x, \quad x f_{n+1}(x) = \int_1^x f_n(t) dt - \frac{n}{2^{n+1}} \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

によって定める. 以下の問いに答えよ.

- (1) $f_2(x)$ を求めよ.
- (2) 関数 $f_3(x)$ の極小値 m を求めよ.
- (3) 和 $S = f_1(1) + f_2(1) + f_3(1) + f_4(1)$ の値を求めよ.
- (4) 和 $T = \sum_{k=1}^5 f'_k(1)$ の値を求めよ. ただし, $f'_k(x)$ は $f_k(x)$ の導関数である.

- 5 a を 0 でない実数, b を実数とし, $f(x) = ax^2 + bx$ とおく.
座標平面上の放物線 $C: y = f(x)$ および定積分

$$I = \int_0^1 |x^3 - x - f(x)| dx$$

について, 以下の問いに答えよ.

- (1) 放物線 C と曲線 $y = x^3 - x$ が原点において共通の接線をもつとき, b の値を求めよ.
- (2) (1) の条件のもとで, I が最小となるような a の値を求めよ.
- (3) 放物線 C が点 $(1, 0)$ を通るとき, I が最小となるような a, b の値を求めよ. また, そのときの I の値を求めよ.

物 理

1 以下の4つの文章の空欄にあてはまる適切な式、数値、語句、記号などを解答欄に答えよ。なお、それぞれの文章は互いに独立である。

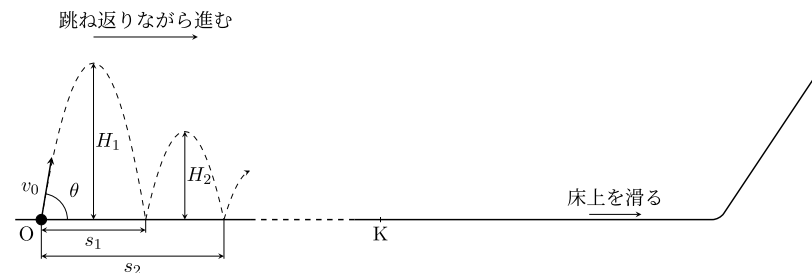
- (1) 地球の質量をおよそ 6.0×10^{24} kg とし、地球と太陽の間の距離をおよそ 1.5×10^{11} m とする。地球は、太陽から万有引力のみを受けながら、太陽の周囲をおよそ秒速 30 km で等速円運動しているとすると、地球が太陽から受ける万有引力の大きさは、有効数字2桁で イ N と見積もることができる。
- (2) 一定圧力のもとで、理想気体の絶対温度が 300 K から 303 K に上昇すると、気体の体積は ロ % だけ増加する。
- (3) 電気容量がそれぞれ C_1 , C_2 , C_3 であるコンデンサー C_1 , C_2 , C_3 がある。これらのコンデンサーを全て並列に接続した場合の合成容量は ハ である。一方、 C_1 と C_2 を並列に接続し、それに C_3 を直列に接続した場合、合成容量は ニ である。
- (4) 統一原子質量単位は、炭素 $^{12}_6\text{C}$ の原子1個の質量の $\frac{1}{12}$ であり、記号 u で表す。陽子と中性子の質量は 1.0073 u, 1.0087 u である。ヘリウム ^4_2He 原子核の質量は 4.0026 u であり、その質量欠損は有効数字3桁で ホ u となる。

2 図のように、じゅうぶんに長い水平部分と斜面が滑らかにつながった床がある。時刻 $t = 0$ において、質量 m の小球を、床上の水平部分にある点 O から速さ v_0 で斜め上向きに投げ上げた。投げ上げの方向は、水平方向から角度 θ の方向である。床と小球の間の摩擦は無視できるが、小球と床の間の衝突は非弾性衝突である。このとき、小球が床に衝突すると、小球の速度のうち、床に平行な成分は変化しないが、床に垂直な成分はその大きさが e 倍 ($0 < e < 1$) になる。小球は投げ上げられた後、床の水平部分で跳ね返りながら水平方向に進んでいき、ある点 K に達した後は、それ以上跳ねることなく床上を滑って運動した。図には、小球の運動が生じる鉛直面における運動の様子が示されている。空気抵抗は無視できるとし、重力加速度の大きさを g とする。以下の問に答えよ。

- (イ) 小球を投げ上げた後から、最初に床に衝突するまでの間に、小球が達する最も高い点の高さを H_1 とする。また、小球が最初に床に衝突して跳ね返った後、2 回目に床に衝突するまでの間に、小球が達する最も高い点の高さを H_2 とする。 H_2 を e , H_1 を用いて表せ。
- (ロ) 小球を投げ上げた後、小球が最初に床に衝突した位置と点 O の間の距離を s_1 とし、小球が2回目に床に衝突した位置と点 O の間の距離を s_2 とする。 s_2 を e , s_1 を用いて表せ。
- (ハ) 小球と床の最初の衝突で失われた小球の力学的エネルギーの大きさを m , v_0 , θ , e を用いて表せ。
- (ニ) 点 O と点 K の間の距離を S とする。小球が点 K に達する時刻を S , v_0 , θ を用いて表せ。

次に、時刻 $t = 0$ において、同じ質量 m の2つの小球 A と B を、同じ速さ v_0 で、点 O から異なる角度で同時に投げ上げた。投げ上げの方向は、小球 A は水平方向から 60° の方向、小球 B は水平方向から 30° の方向である。2つの小球は、それぞれ床の水平部分で跳ね返りながら水平方向に進み、水平部分のある点に達した後、それ以上跳ねることなく床上を滑って運動した。片方の小球は、水平部分を滑りはじめた後に斜面部分に到達し、水平部分から高さ h の場所で方向を反転して水平部分まで滑り下りた。もう片方の小球は、斜面に到達した小球が再び水平部分に戻ってくるまでに水平部分を滑りはじめ、2つの小球は水平部分のある場所で衝突した。衝突後の2つの小球は一体となって運動した。ただし、小球が水平部分と斜面の接続部分を通過する瞬間に、小球の速さは変化しないとする。

- (ホ) 斜面部分に達した小球は、「小球 A」と「小球 B」のどちらであるかを答えよ。
- (ヘ) h を v_0 , g を用いて表せ。
- (ト) 2つの小球が一体となって運動した後の水平方向の速度を v_0 を用いて表せ。ただし、図の右方向を正とする。



図

3 図1のように x 軸をとる。 x 軸上の原点 O では観測者が音を聞いている。 x 軸上の $x = a$ の位置に音源 S があり、 $x = -b$ の位置に音が反射する壁がある($a > 0, b > 0$)。音源 S からは波長 λ の音が x 軸に沿って発せられている。音は媒質である空気の密度変化が疎密波として x 軸上を伝わる。音の波の式は、音が存在していないときの媒質の密度からの密度変化を用いて横波と同様の式で表される。音源 S から発せられる音の、音源の位置 $x = a$ における波の式は、 $A \sin\left(\frac{2\pi c}{\lambda}t\right)$ である。ここで、 c は音速、 t は時刻、 A は正の定数である。この音が音源 S から x 軸の負の向きに伝わる。以下の間に答えよ。音源の大きさは無視できるものとし、風は吹いていないものとする。

- (イ) 音源 S が発する音の振動数を答えよ。
- (ロ) 音源 S から発せられて壁で反射する前の音を考える。この音の原点 O における時刻 t での波の式を答えよ。
- (ハ) 音源 S から発せられて、 x 軸の負の向きに進んできた音は壁で反射する。反射した音は x 軸の正の向きに進む波となる。壁の位置では、反射する直前の音(入射波)の波の式と、反射した直後の音(反射波)の波の式は同じであるとする。すなわち、壁での反射において、波の式の位相は変化せず、減衰も生じない。壁で反射した音の、原点 O における時刻 t での波の式を答えよ。
- (ニ) 原点 O で観測される音は、問(ロ)と問(ハ)の音が重ね合わされたものである。 n を $1 \leq n \leq 10$ の整数として、 $b = \frac{\lambda}{4}n$ とすると、原点 O で観測される音の振幅が最小となる n を全て答えよ。

図2のように、壁を取り払う。観測者は原点 O で音源 S から発せられる音を観測する。しかし、観測者と音源 S の間の $x = d$ の位置($0 < d < a$)に、波長 λ' の正弦波として表される雑音を発する音源 N がある。ただし、 $\lambda' \neq \lambda$ であり、 $2\lambda' < a$ とする。原点 O で音を観測する際に、音源 N から発せられる雑音を打ち消すため、 $x = e$ の位置に波長 λ' の正弦波として表される音を発する音源 C を置く。音源 N と音源 C からは、それぞれの音源の位置における時刻 t での波の式が $A \sin\left(\frac{2\pi c}{\lambda'}t\right)$ で表されるような音が x 軸の負の向きに発せられている。

- (ホ) 音源 C を置く位置をどのように調整すれば、原点 O において時刻 t で観測される音が問(ロ)と等しくなるか。 $0 < e < d < 2\lambda'$ を満たす範囲で、 $d - e$ として可能な値を全て答えよ。

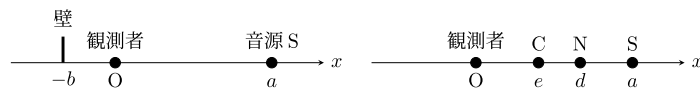


図1

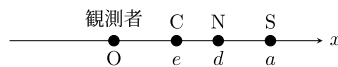


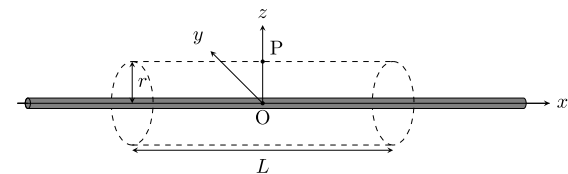
図2

4 真空の空間内に互いに直交する xyz 軸をとる。 x 軸上に置かれた十分に細く無限に長い一様な棒に、単位長さあたり λ の正電荷が一様に分布している。真空中におけるクーロンの法則の比例定数を k とする。以下の間に答えよ。

- (イ) 棒上で、 $x = X$ と $x = X + \Delta X$ の間にある電気量を答えよ。ただし、 $X > 0, \Delta X > 0$ とする。
- (ロ) 棒上で $x = X$ と $x = X + \Delta X$ の間にある電荷と $x = -X$ と $x = -X - \Delta X$ の間にある電荷が空間中の点 $P(0, 0, r)$ につくる電場(電界)をベクトルとして成分表示で答えよ。ただし、 $r > 0$ とする。ただし、 ΔX は十分小さいとし、幅 ΔX の間にある電荷が、 x 軸上の $x = X$ および $x = -X$ の位置に点電荷として存在しているとして計算すること。

図のように、高さ L 、底面の半径 r の円筒を考える。円筒の中心軸は x 軸と一致している。また、座標軸の原点 O は両方の底面から等距離の位置にあるとする。以下では、棒上の電荷が作る電気力線について考える。電気量が $Q > 0$ の帯電体から出る電気力線の総本数を $4\pi kQ$ 本とする。このとき、任意の点で電気力線の方向に垂直な面を考えると、その面の単位面積あたりを貫く電気力線の本数は、その点における電場の大きさに等しくなる。 x 軸上の棒は無限に長いので、円筒の側面上の任意の点に対して、 x 軸の正方向側に分布している電荷と x 軸の負方向側に分布している電荷は対称になっている。問(ロ)で求めた結果を参考に以下の間に答えよ。

- (ハ) 円筒の内部にある棒上の電荷から出る電気力線の総本数を答えよ。
- (ニ) x 軸を含むある平面における円筒の断面が解答欄の図に示されている。図中の点 A 、点 B を通る電気力線を、その向きを矢印で線上に明示してそれぞれ1本ずつ描け。
- (ホ) 円筒の底面を貫く電気力線の総本数を答えよ。
- (ヘ) 点 $(0, 0, r)$ に作られる電場を求め、ベクトルとして成分表示で答えよ。
- (ト) ある点に作られる電場の大きさに対し、 x 軸からの距離がこの点より2倍離れた点に作られる電場の大きさは何倍になるかを答えよ。



図

化 学

すべての問題において、必要があれば、原子量および定数は次の値を使うこと。

H	1.00	C	12.0	N	14.0	O	16.0	Na	23.0
S	32.0	Cl	35.5	K	39.0	Ca	40.0	Cu	63.5
I	127								

アボガドロ定数 $N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

水のイオン積 $K_W = 1.00 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ (25.0 °C)

各問題で特に指定のない場合、大気圧力は $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、温度は 25.0 °C とする。

また、特に説明のない場合、気体は理想気体として扱うこと。

1 次の文を読み、下の問 1～問 6 に答えよ。

固体の溶解度は、溶媒 100 g に溶けることができる溶質の質量 [g] の最大値 [g/溶媒 100g] である。硝酸カリウムの水への溶解度 [g/水 100g] は、30 °C で 45.0、60 °C で 110 である。また、硫酸銅(Ⅱ)の水への溶解度 [g/水 100g] は、30 °C で 25.0、60 °C で 40.0 である。

問 1 60 °C における硝酸カリウムの飽和水溶液 250 g 中に溶けている硝酸カリウムの質量 [g] を整数で答えよ。

問 2 60 °C における硝酸カリウムの飽和水溶液 250 g を 30 °C まで冷却した。このときに析出した硝酸カリウムの結晶の質量 [g] を整数で答えよ。計算過程を示すこと。

問 3 溶液中に少量の不純物が溶存しているとき、問 2 のような操作で目的とする物質の純粋な結晶を析出させる方法の名称を答えよ。

問 4 問 2 で析出した硝酸カリウムの結晶を除去した後、残った水溶液に水を加えて体積を 250 mL、温度を 30 °C にした。この硝酸カリウム水溶液のモル濃度 [mol/L] を有効数字 2 桁で答えよ。計算過程を示すこと。

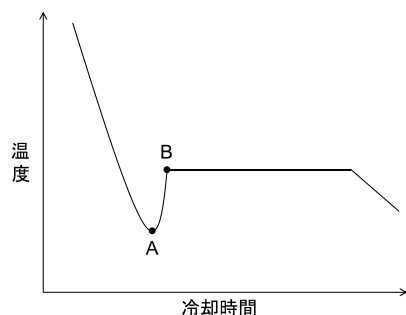
問 5 30 °C の硝酸カリウムの飽和水溶液 100 g を 60 °C に加熱した。このとき、さらに溶かすことができる硝酸カリウムの質量 [g] を整数で答えよ。計算過程を示すこと。

問 6 60 °C の硫酸銅(Ⅱ)の飽和水溶液 100 g を 30 °C まで冷却した。このときに析出した硫酸銅(Ⅱ)五水和物の結晶の質量 [g] を整数で答えよ。計算過程を示すこと。

2 希薄溶液の性質について、次の問 1～問 3 に答えよ。

問 1 純水と質量モル濃度 0.080 mol/kg のグルコース水溶液を用意し、凝固点を比較した。

- (1) 純水 100 g にグルコースを溶かして 0.080 mol/kg のグルコース水溶液を得たい。必要なグルコースの質量 $[\text{g}]$ を有効数字 2 桁で答えよ。計算過程を示すこと。
- (2) 物質質量を用いた濃度の表し方にはモル濃度と質量モル濃度があるが、希薄溶液の沸点上昇や凝固点降下の測定を行う場合は質量モル濃度を用いる。この理由を説明せよ。
- (3) 次の図は純水の冷却曲線を示している。点 A から点 B にかけて温度が上昇する理由を説明せよ。



- (4) 解答欄に純水の冷却曲線の概形を点線で示している。グルコース水溶液の冷却曲線の概形を解答欄に実線で書き込め。また、グルコース水溶液の凝固点を縦軸上に○で示せ。必要であれば、適切な補助線を書くこと。
- (5) 0.080 mol/kg のグルコース水溶液の凝固点 $[\text{°C}]$ を有効数字 2 桁で答えよ。ただし、水のモル凝固点降下は $1.85 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ 、純水の凝固点は正確に 0 °C とする。
- (6) 次の(ア)～(エ)の水溶液のうち、 0.080 mol/kg のグルコース水溶液よりも凝固点が高いと考えられるものをすべて選び、記号で答えよ。ただし、水溶液中で電離質は完全に電離しているとする。
(ア) 0.050 mol/kg の硝酸カリウム水溶液
(イ) 0.030 mol/kg の塩化カルシウム水溶液
(ウ) 0.050 mol/kg のスクロース水溶液
(エ) 0.030 mol/kg の塩化ナトリウム水溶液

問 2 酢酸の質量モル濃度を $c [\text{mol/kg}]$ 、酢酸の電離度を α 、水のモル凝固点降下を $K_f [\text{K} \cdot \text{kg/mol}]$ とする。この酢酸水溶液の凝固点 $[\text{°C}]$ を c, α, K_f のうち必要なものを用いて式で答えよ。導出過程を示すこと。ただし、純水の凝固点は正確に 0 °C であり、この酢酸水溶液は希薄溶液とみなせるとする。

問 3 1 kg のベンゼンに酢酸を 0.10 mol 溶かした溶液の凝固点降下度は、溶液中の酢酸の質量モル濃度から求められる値のおよそ半分となる。これは、酢酸分子の間に弱い結合が形成されるためである。

- (1) この結合の名称を答えよ。
- (2) 酢酸分子の構造式とともに、酢酸分子の間に形成される結合を点線(…)で示せ。

3 次の文を読み、下の問 1～問 6 に答えよ。

① ほとんどの有機化合物は、完全燃焼(酸素による酸化)により二酸化炭素と水を生成する。一方で、適切な触媒や酸化剤、反応条件を用いれば、酸化により別の有機化合物へと変換できる。

② *o*-キシレンを過マンガン酸カリウム水溶液を用いて室温で酸化し、酸性にすると、主に有機化合物 **A** が生じる。一方で、*o*-キシレンを酸化バナジウム(V)の存在下、高温・空气中で酸化すると、主に有機化合物 **B** が生じる。有機化合物 **B** は、炭化水素 **C** を用いて、同様に酸化バナジウム(V)の存在下、高温・空气中で酸化しても得られる。炭化水素 **C** は昇華性のある白色の固体で、防虫剤や染料の原料に用いられる。一方で、同じ操作をベンゼンにおこなうと、炭化水素 **C** と同様に酸化反応が進み、主に有機化合物 **D** が生じる。

エチレンの酸化反応では、硫酸酸性の過マンガン酸カリウムを用いると、炭素原子間の二重結合の開裂が起こり最終的には二酸化炭素と水に分解されるが、塩化パラジウム(II)と塩化銅(II)を触媒として空気酸化すると、主に有機化合物 **E** を生じる。

アルコールの酸化反応は、アルコールの種類によって異なる。例えば、硫酸酸性の二クロム酸カリウムを用いた酸化では、エタノールからは最終的に 1 が、2-プロパノールからは 2 が生じる。一方で、③硫酸酸性の二クロム酸カリウムでは酸化されないアルコールもある。

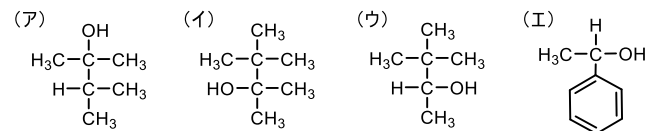
問 1 下線部①について、完全燃焼を利用して炭素・酸素・水素のみからなる有機化合物の元素分析が可能となる。元素分析で試料を完全燃焼させるために用いる酸化剤を化学式で 1 つ答えよ。

問 2 下線部②について、生成物に違いが生じる理由を説明せよ。有機化合物 **A** と **B** の名称を説明に用いること。

問 3 有機化合物 **B**～**E** の構造式を書け。

問 4 文中の空欄 1、2 に最もよく当てはまる有機化合物の名称を答えよ。

問 5 下線部③のアルコールに該当するものを、次の(ア)～(エ)からすべて選び、記号で答えよ。



問 6 酸化還元反応を表す文を次の(ア)～(エ)から 1 つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 濃硫酸にエタノールを加えるとジエチルエーテルが生成した。
- (イ) フェノールを塩化鉄(III)との反応で確認した。
- (ウ) アセトンをヨードホルム反応で確認した。
- (エ) タンパク質をビウレット反応で確認した。

生 物

4 次の文を読み、下の問 1～問 5 に答えよ。

油脂は脂肪酸と i のエステルであり、水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、けん化されてセッケンと i が得られる。セッケンが水中である濃度以上になると、セッケンの〔 1 〕基の部分の内側に、〔 2 〕基の部分を外側にしたコロイド粒子をつくる。これを ii といい、セッケンの場合は〔 3 〕に帯電している。

セッケンの水溶液は〔 4 〕性を示し、カルシウムイオンやマグネシウムイオンが多く含まれる硬水では沈殿を生じ、洗浄力が低下する。これに対して合成洗剤であるアルキルベンゼンスルホン酸ナトリウムでは、その水溶液は〔 5 〕性を示し、硬水でも沈殿を生じない。

問 1 文中の空欄 i、ii に最もよく当てはまる語句を答えよ。

問 2 文中の空欄〔 1 〕～〔 5 〕に最もよく当てはまる語句を次の(ア)～(キ)から 1 つずつ選び、記号で答えよ。

- (ア) 中 (イ) 酸 (ウ) 塩基 (エ) 負
(オ) 正 (カ) 疎水 (キ) 親水

問 3 バルミチン酸やステアリン酸のような飽和脂肪酸は、オレイン酸などの不飽和脂肪酸と比べ、融点が高くなる。この理由を、分子構造の違いから説明せよ。

問 4 油脂 **A** は構成脂肪酸としてオレイン酸($C_{17}H_{33}COOH$)のみを含む。

- (1) 油脂 **A** の分子量を整数で答えよ。
(2) 1.00 g の油脂 **A** をけん化するために必要な水酸化ナトリウムの質量〔mg〕を整数で答えよ。計算過程を示すこと。
(3) 100 g の油脂 **A** に付加するヨウ素の質量〔g〕を整数で答えよ。計算過程を示すこと。

問 5 大豆油やアマニ油は空気中に放置すると酸化されて固化しやすいが、オリーブ油やツバキ油は固化しにくい。この理由を説明せよ。

1 つぎの文を読み、問 1～問 5 に答えよ。

生物の分類について、生物学者リンネは、^A2つの単語を組み合わせることで個々の生物種を名付ける(イ)法という表現方法を確立した。地球上の数多くの生物を種名だけで認識するには限界がある。そのため、さらに上位の階級を設定して、^B階層的に整理・分類されている。これらの各階級に属する生物群は分類群とよばれている。種以外の分類群をまとめる基準、階級の基準を一意的に定めることは難しく、しばしば人為的な分類体系となる。

すべての生物がもつ(ロ)の塩基配列を用いて、さまざまな生物の系統関係を調べた結果をもとに、現在ではより上位の分類階級が提唱されている。細胞の構造に着目すると、生物は(ハ)生物と(ニ)生物に分けられる。しかし、(ロ)を用いた系統解析が行われた結果、(ハ)生物はさらに2つの異なる系統の生物群に分けられ、全体で3群に分かれることが明らかになった。2群に分かれた(ハ)生物のうちの1群は、大腸菌やシアノバクテリアなどの比較的なじみのある微生物を含むもので、(ホ)とよばれる。もう1群には超好熱菌、高度好塩菌、メタン生成菌など、ヒトにとっての極限環境に生息する(ハ)生物が多く含まれ、(ヘ)と名付けられた。(ホ)、(ヘ)、(ニ)生物は生物の世界の3つの(ト)とよばれている。

問 1 上の文中の(イ)～(ト)に適当な語句を入れよ。

問 2 下線部 A について、2つの単語とはそれぞれ何か、答えよ。

問 3 下線部 B について、分類の階級を上位から順に並べると下のようになる。

(チ)・(リ)・(ヌ)・(ル)・(ヲ)・(ワ)・種

空欄(チ)～(ワ)に入る最も適当な階級を、下の〈階級〉から選び、記号で答えよ。

〈階級〉

- (a) 綱 (b) 科 (c) 門
(d) 界 (e) 属 (f) 目

問 4 (ニ)生物は、形態的な特徴などから、4つの(チ)に分けられる。動物、植物以外の(チ)を2つ答えよ。また、それぞれの(チ)に含まれる生物を、下の〈生物〉からすべて選び、記号で答えよ。

〈生物〉

- (g) アカパンカビ (h) エリベンモウチュウ
(i) アメーバ (k) アミガサタケ

問 5 植物は、共通の祖先から進化し、コケ植物、シダ植物、裸子植物と被子植物へと分岐していった(図1)。それぞれの植物は特徴的な形質をもつ。下の設問(1)と(2)に答えよ。

(1) 図1のⅠ～Ⅲに入るものを、下の〈形質〉からそれぞれ1つ選び、記号で答えよ。

〈形質〉

- (I) 種子の形成 (Ⅲ) 子房の形成 (n) 胞子の形成
(o) 維管束の発達 (D) 気孔の獲得

(2) シダ植物、裸子植物、あるいは被子植物のグループに属する植物を、下の〈植物〉からそれぞれすべて選び、記号で答えよ。

〈植物〉

- (Q) イチョウ (r) ワラビ (S) アブラナ (t) ソテツ (u) ゼンマイ

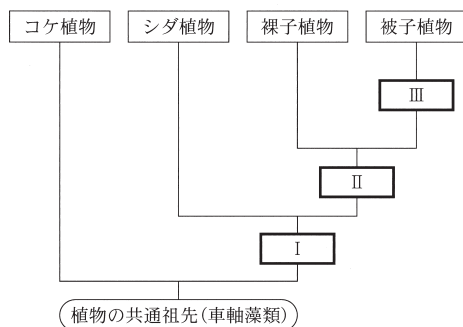


図1 植物の系統

2 つぎの文を読み、問1～問5に答えよ。

植物や藻類の光合成は葉緑体^Aで行われる。光合成の反応は、光のエネルギーを利用してATPや(イ)をつくる(ロ)における反応段階と、ATPや(イ)を用いて二酸化炭素(CO₂)から有機物を合成する(ハ)における反応段階の2つに分けられる。(ロ)では、その反応の際に水が分解され酸素が生じる。^B(ハ)では、光合成の反応過程で細胞内に取り込まれた(ニ)分子の二酸化炭素と1分子のリブコース1, 5-ビスリン酸からホスホグリセリン酸が(ホ)分子つくられ、さらに一連の反応でスクロースやデンプンなどの有機物が合成される。このような反応経路(カルビン回路)をもつ植物はC₃植物とよばれる。一方、(ヘ)を経てCO₂を固定するしくみをもつ植物をC₄植物^Cとよぶ。この場合、カルビン回路の反応は(ト)細胞で行われる。

問1 上の文中の(イ)～(ト)に適切な語句あるいは数字を入れよ。

問2 下線部Aについて、葉緑体には、光の吸収を行う光合成色素が含まれている。光合成色素をジエチルエーテルなどの有機溶媒で抽出してシリカゲルを薄く塗ったガラスなどの板につけた後、板の下部を有機溶媒に浸して、各色素成分を分離して調べる実験手法を何とよぶか、答えよ。

問3 下線部Bについて、これを証明するために、ルーベンらは酸素原子の同位体を含む水(H₂¹⁸O)と二酸化炭素(C¹⁸O₂)を、別々のクロレラに与え、光を照射して発生する酸素を調べた。どのような結果であれば下線部Bを証明できるのか、簡潔に説明せよ。

問4 下線部Cについて、下の設問(1)と(2)に答えよ。

- (1) 代表的なC₄植物を1つ挙げよ。
(2) C₃植物に対するC₄植物の光合成の特徴について、光合成速度の観点から述べよ。

問5 図2は、ある植物での光の強さとCO₂吸収速度の関係を示したものである。下の設問

- (1)～(3)について、それぞれの速度の値を求めよ。
(1) 3,000ルクスにおける光合成速度(mg/時間)
(2) 3,000ルクスにおける呼吸速度(mg/時間)
(3) 3,000ルクスにおける見かけの光合成速度(mg/時間)

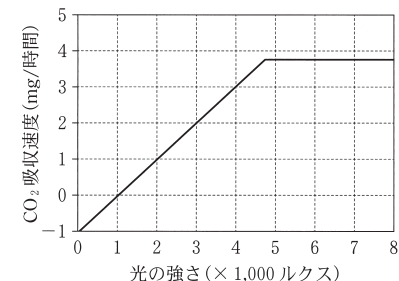


図2 ある植物での光の強さとCO₂吸収速度の関係

3 つぎの文を読み、問1～問4に答えよ。

熱いものに手が触れると、思わず手を引っ込める。これを(イ)反射という。このような、刺激に対して意識とは無関係に起こる反応を反射という。足をたらしただけで、ひざの骨の少し下を軽く打つと足が上がる。これを(ロ)反射という。(ロ)が打たれて、ものの筋肉(伸筋)が引き伸ばされると、筋肉中の受容器(筋紡錘)が興奮し、その興奮は感覚神経により(ハ)の(ニ)に存在する運動神経の細胞体へと伝えられる。運動神経の興奮は筋肉へと伝えられ、筋肉が収縮して足が上がる。反射の中心となる部分が反射中枢である。(イ)反射や(ロ)反射の反射中枢は(ハ)であり、(ハ)反射といわれる。だ液の分泌の反射中枢は(ホ)であり、眼に光を当てたときに起こる(ヘ)反射の中枢は(ト)である。このように反射は脳を経由せず、かかわるシナプス数が少ないため、すばやく反応が起こり、危険などに対処するうえで役立っている。反射における、受容器→感覚神経→反射中枢→運動神経→効果器という興奮の伝わる経路を(チ)という。

問1 上の文中の(イ)～(チ)に適切な語句を入れよ。

問2 下線部Aについて、脊椎動物の筋肉のうち、運動や姿勢の維持にかかわる筋肉である骨格筋は、筋繊維という細長い細胞が多数集まっている。この筋繊維を構成する筋原繊維には、2種類の繊維状の構造体が見られる。それら2種類の構造体の名称をそれぞれ答えよ。また、それらのうち、太い繊維を構成するのはどちらか、答えよ。

問3 下線部Bについて、たとえば、空腹なイヌに肉片を見せるとだ液を分泌する。このような、訓練を必要とせずに生得的に特定の行動を引き起こすかき刺激を何とよぶか、答えよ。一方、肉片を与えると同時にブザー音を鳴らすことをくり返すと、ブザー音だけでだ液を分泌するようになる。このブザー音のような、訓練によって特定の行動を引き起こす刺激を何とよぶか、答えよ。

問4 下線部Cについて、下の設問(1)と(2)に答えよ。

- (1) 眼は光を受容する視覚器であり、網膜にある視細胞という光を受容する2種類の細胞の働きにより、視覚が生じる。この2種類の視細胞の名称を答えよ。また、それらのうち、明るい所で働き、色の識別にかかわるのはどちらであるか、答えよ。
- (2) ヒトが遠くのものを見る時も、近くのものを見る時も、網膜の上に像が結ばれるように調節することを遠近調節という。遠近調節のしくみについて、下の〈用語〉をすべて用いて説明せよ。

〈用語〉

厚 毛様筋 収縮 水晶体 薄 弛緩

4 つぎの文を読み、問1～問5に答えよ。

生態系を構成する生物の間には、捕食・被食の関係がみられる。このとき、他の生物を食べる生物を捕食者といい、他の生物に食べられる生物を被食者という。ある生物にとって捕食者である生物は、他方では別の生物に食べられる被食者にもなる。このように、生物どうしの捕食・被食の関係は一連の鎖のようにつながっており、これを食物連鎖という。落葉や遺骸などからはじまる食物連鎖は、特に(イ)連鎖とよばれ、生態系の物質循環において非常に重要な役割を担っている。実際の生態系では、ふつう捕食者は1種類の生物だけを食べるのではなく、何種類かの生物を食べている。また、その捕食者も何種類かの生物に食べられている。このように、捕食・被食の関係は直線状ではなく、複雑な網状になっており、それらの関係の全体を食物網という。生態系内で食物網の上位に位置し、他の生物の生活に大きな影響を与える生物種を(ロ)種という。

自然災害や人間活動などによって生態系における環境がかく乱されると、生態系の構成種やその生物の個体数などは通常の変動の範囲を超えて変化する。たとえば、生活排水には、多くの有機物が含まれており、これらは汚濁物質として河川や湖沼などの生態系をかく乱する。その程度が小さい場合には、やがて生態系は元の状態に戻る。これを生態系の(ハ)という。

地球上に多様な生物種が存在することは、人間が将来にわたって生存していくという観点からも重要である。私たちは日々の暮らしのなかで常に生態系から様々な恩恵を受けており、この恩恵を生態系サービスという。生態系サービスは4つに大別され、たとえば、水、栄養塩類、土壌などの環境を形成し維持することは、基盤サービスの一部である。

問1 上の文中の(イ)～(ハ)に適切な語句を入れよ。

問2 下線部Aについて、下の設問(1)と(2)に答えよ。

- (1) 2種の生物間にみられる捕食・被食の関係が、その2種以外の生物に影響を及ぼすことがある。この影響を何とよぶか、答えよ。
- (2) 生息場所を改変することなどによって、その場所やそこに生息する他の生物に影響を与える生物を何とよぶか、答えよ。

問3 下線部Bについて、下の設問(1)と(2)に答えよ。

- (1) 栄養塩類の供給により、植物プランクトンが異常に増殖する現象を何とよぶか、答えよ。
- (2) プランクトンの異常増殖は、その付近に生息する水生生物にさまざまな影響を与え、生態系が別の状態へ移行することがある。(1)の現象が起こったとき、水生生物にどのような影響があるかを2つ、簡潔に説明せよ。

数 学

以下の通り解答すること。

受験票記載の試験科目	解答する問題
数学Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ・A・B・C	第①問、第②問、第③問、第④問
数学Ⅰ・Ⅱ・A・B・C	第①問、第②問、第③問、第⑤問

問 4 下線部Cについて、下の設問(1)と(2)に答えよ。

- (1) 図3は、生活排水が流入したある河川で見られる水質と生態系の変化を示している。
①～⑥に当てはまる用語または生物を、下の〈語群〉から選び、それぞれ記号で答えよ。
- (2) 微生物による分解や、泥や岩などへの吸着、沈殿などによって、河川などに流入した汚濁物質が減少していく働きを何とよぶか、答えよ。

〈語群〉

- (a) BOD(生物学的酸素要求量) (b) NH_4^+ (c) 藻類
(d) 清水性動物 (e) イトミミズ (f) 汚濁物質(浮遊物質)
(g) N_2

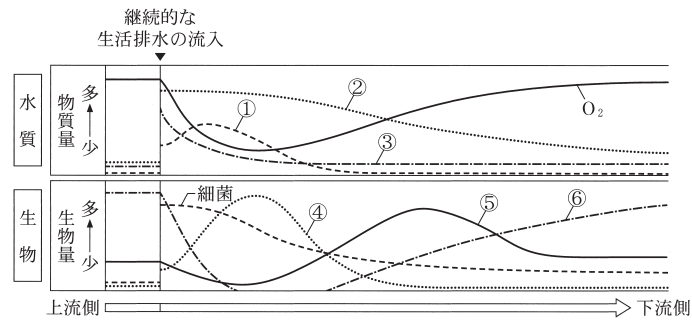


図3 生活排水が流入した、ある河川で見られる水質と生態系の変化

問 5 下線部Dについて、基盤サービス以外の残り3つの生態系サービスの名称を答えよ。

- 1 次の にあてはまる数または式を解答欄に記入せよ。ただし、あてはまる数または式が2つ以上となることもある。

(1) 実数 k が $\left(\frac{1}{2}\right)^k - \left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^k = 2$ を満たすとき、 $\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^k = \text{ア}$,
 $k = \text{イ}$.

(2) $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$ とする。方程式 $\sin 3\theta = \sin \theta$ を解くと $\theta = \text{ウ}$.

また、方程式 $\sin 4\theta = \sin \theta$ を解くと $\theta = \text{エ}$.

- (3) $t > 0$ とする。座標平面において、点 $(-1, 0)$ を中心とする半径1の円周 C に対し、点 $P(t, 1)$ を通る異なる2本の直線がそれぞれ点 A, B において C に接する。このとき、直線 AB の傾きを t の式で表すと オ である。

また、三角形 PAB が正三角形となるとき、 $t = \text{カ}$.

- (4) ベクトル $\vec{a}, \vec{b}$ は $|\vec{a}| = 2, |\vec{b}| = 3, |2\vec{a} - \vec{b}| = \sqrt{11}$ を満たす。

このとき、内積 $\vec{a} \cdot \vec{b} = \text{キ}$.

また、 $|t\vec{a} - \vec{b}|$ が最小となる実数 t の値は $t = \text{ク}$.

2 複素数 α, β は

$$\alpha + \beta = -3 + i, \quad |\alpha\beta| = 10\sqrt{2}, \quad \frac{\alpha}{\beta} = \left| \frac{\alpha}{\beta} \right| w$$

を満たす. ただし, i は虚数単位であり, $w = -\frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{\sqrt{2}}{2}i$ である.

以下の問いに答えよ.

- (1) 絶対値 $|\alpha + \beta|$ の値を求めよ.
- (2) 複素数 $w^4 + \frac{i}{w^4}$ を求めよ.
- (3) $k = \left| \frac{\alpha}{\beta} \right|$ とおくと, k の値をすべて求めよ.
- (4) 複素数 β をすべて求めよ.

3 1, 2, 3 の数字がそれぞれ 1 つずつ書かれた 3 個の玉が袋に入っている. 袋から玉を 1 個取り出し, 数字を確認してから元の袋に戻す. この試行を繰り返したとき, k 回目に取り出した玉に書かれている数字を X_k とする. さらに, 自然数 n に対し,

$$Y_n = \sum_{k=1}^n (k \times X_k) = X_1 + 2X_2 + 3X_3 + \cdots + nX_n$$

とし, Y_n が奇数となる確率を p_n とする. 以下の問いに答えよ.

- (1) p_3 の値を求めよ.
- (2) 実数 a, b は, すべての自然数 m について

$$p_{2m+1} - a = b(p_{2m-1} - a)$$

を満たす. a, b の値を求めよ.

- (3) 自然数 m に対し, p_{2m} を m の式で表せ.
- (4) $p_N > 0.5005$ となる最大の自然数 N を求めよ.
ただし, $\log_{10} 3 = 0.4771$ としてよい.

4 関数 $f(x) = e^x + 5e^{-x}$ に対し, 以下の問いに答えよ.
ただし, e は自然対数の底とする.

- (1) $f(x)$ の極値 m と, そのときの x の値を求めよ.
- (2) $\int_0^a f(x) dx = 2$ を満たす実数 a の値を求めよ.
- (3) 定積分 $I = \int_0^{\log 2} \frac{dx}{f(x) - 4}$ の値を求めよ.

5 k を正の実数とする. 座標平面において, 曲線 $C: y = |x^2 - 2x|$ と直線 $\ell: y = kx$ の共有点の個数はちょうど 3 個である. 以下の問いに答えよ.

- (1) k のとりうる値の範囲を求めよ.
- (2) C と ℓ のすべての共有点の x 座標を k の式で表せ.
- (3) C と ℓ で囲まれた 2 つの部分の面積の和を $S(k)$ とする.
 $S(k)$ を k の多項式で表せ. ただし, 降べきの順に整理せよ.
- (4) $S(k)$ が最小となる k の値を求めよ.

物 理

1 以下の4つの文章の空欄にあてはまる適切な式、数値、語句、記号などを解答欄に答えよ。なお、それぞれの文章は互いに独立である。

- (1) 水平面から 45° だけ傾いた粗い斜面上に置かれた物体が静止している。このことから、この物体と斜面の間の静止摩擦係数の値は 以上であることがわかる。
- (2) x 軸上を同一方向または逆方向に進む2つの波 A と波 B がある。波 A と波 B は、振幅、波長、速さが互いに等しい正弦波であり、どちらの波も x 軸上の全ての位置に存在している。次の (a)～(d) の文章の中から正しい記述を1つ選ぶと である。
- (a) 波 A と波 B が同一方向に進む場合、 x 軸上には必ず定常波（定在波）が生じる。
- (b) 波 A と波 B が互いに逆方向に進む場合、 x 軸上には必ず定常波が生じる。
- (c) 波 A と波 B の合成波の振幅は、必ず波 A と波 B の振幅の和に等しくなる。
- (d) 波 A と波 B の周期は互いに異なる場合がある。
- (3) 大きさ I の電流が、じゅうぶんに長い直線の導線を流れているとき、導線から距離 r だけ離れた位置における磁場（磁界）の強さは である。また、大きさ I の電流が、半径 r の円形の導線を流れているとき、円形導線の中心における磁場の強さは である。
- (4) 中性子や陽子は、電気素量 e の $\frac{2}{3}$ 倍や $-\frac{1}{3}$ 倍の電荷を持つ と呼ばれる素粒子が結合したものであると考えられている。中性子はそのうち u と d によって構成される。 u の電荷は $\frac{2}{3}e$ 、 d の電荷は $-\frac{1}{3}e$ である。中性子は1個の u と 個の d からなる。

2 図のように、水平な床の上にベルトコンベアが固定されている。ベルトコンベアの上下のベルトは伸び縮みせず常に水平に保たれている。ばね定数が k 、自然長が ℓ の軽いばねの一端を垂直な壁に固定し、もう一方の端に質量が m の小物体をつなぎ、ベルトの上に置いた。ばねはベルトが動く方向と平行にのみ伸び縮みし、ばねがベルトに触れることはない。ばねの伸び縮みの方向に x 軸をとる。ばねが自然長のときの小物体の位置を原点とし、壁から離れる方向を x 軸の正方向とする。また、小物体の速度や加速度は x 軸の正方向を正とする。小物体はベルトの上を回転することなく滑る。ベルトコンベアのベルトは、小物体が載っている面が x 軸の正方向に動く。小物体とベルトとの間の静止摩擦係数を μ 、動摩擦係数を μ' ($\mu' < \mu$) とする。重力加速度の大きさを g とする。以下の問に答えよ。

[I] ベルトが静止し、ばねが自然長 ℓ の状態からゆっくりとベルトを動かした。小物体はベルトと共に動き、 $x = x_0$ に達した直後に小物体はベルト上を滑り始めた。問 (イ)、問 (ロ) では、ベルトは非常にゆっくり動いているため、ベルトの速さは0とみなせるとする。

(イ) x_0 を μ, m, k, g を用いて答えよ。

(ロ) 小物体がベルト上を滑り始めてから、再びベルトに対して静止するまでの間の小物体の運動方程式を答えよ。小物体の位置の x 座標を x 、小物体の加速度を a とする。

[II] 小物体を持ち上げ、ベルトを一定の速さ V で動かしてから小物体を再びベルト上の原点の位置に静かに置いた。小物体はベルトの上を滑らずにしばらく進んだ後、 $x = x_0$ に達した直後にベルト上を滑り始めた。

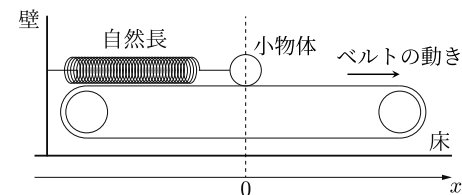
(ハ) 滑り始めた瞬間の小物体の床に対する速度の大きさと方向を答えよ。方向は「正」または「負」のいずれかで答えること。

小物体がベルト上を滑り始めた直後の運動方程式は、問 (ロ) で求めたものと同じである。以下の問には、 m, k, μ, μ', g, V から必要な記号を用いて答えよ。

(ニ) 小物体がベルト上を滑り始めてから、小物体にはたらく力が最初につり合う位置の x 座標を答えよ。

(ホ) 小物体がベルト上を滑り始めてから、床に対して最初に静止する位置の x 座標を答えよ。

(ヘ) 小物体がベルト上を滑り始めてから、ベルトに対して最初に静止する位置の x 座標を答えよ。



図

3 物質量 n の単原子分子理想気体を用いた熱機関を考える。はじめ、気体はある圧力、体積であった。この状態を「状態 A」とする。「状態 A」に対して、次に挙げる「過程 I」から「過程 IV」までを順に行い、気体の状態を「状態 A」から「状態 B」、「状態 C」、「状態 D」を経て「状態 A」に戻す。

過程 I 「状態 A」から断熱変化によって体積を減少させて、「状態 B」に変化させる。

過程 II 「状態 B」から定積変化によって圧力を増加させて、「状態 C」に変化させる。

過程 III 「状態 C」から断熱変化によって、「状態 D」に変化させる。「状態 D」は体積が「状態 A」と同じであり、圧力は「状態 B」と同じである。

過程 IV 「状態 D」から定積変化によって「状態 A」に戻す。

「状態 A」、「状態 B」、「状態 C」、「状態 D」の絶対温度をそれぞれ T_A , T_B , T_C , T_D とする。すべての過程はゆっくり行われるものとする。気体定数を R とする。以下の間に答えよ。

- (イ) 「過程 I」の状態変化の説明について、最も適切なものを次の選択肢から選び記号で答えよ。
 (a) 圧力も絶対温度も上がる。 (b) 圧力は下がり、絶対温度は上がる。
 (c) 圧力は上がり、絶対温度は下がる。 (d) 圧力も絶対温度も下がる。
- (ロ) 解答欄のグラフの横軸は体積を、縦軸は圧力をそれぞれ表す。この熱機関の状態変化をグラフに示せ。「状態 A」、「状態 B」、「状態 C」、「状態 D」を表す点を解答欄の図中にそれぞれ記し、どの点がどの状態を表すかを A, B, C, D の記号を添えて明示すること。また、「過程 I」、「過程 II」、「過程 III」、「過程 IV」を表す線をそれぞれ描き、変化の方向を矢印で示すこと。
- (ハ) 「過程 III」において、気体が「状態 C」から「状態 D」まで断熱変化する際、気体が外部にする仕事を n , R , T_C , T_D を用いて答えよ。
- (ニ) 熱機関は、吸収した熱の一部を仕事として取り出す装置であるとみなせる。「過程 I」、「過程 II」、「過程 III」、「過程 IV」のうち、気体が外部から正の熱を吸収する過程を答えよ。また、そのときに吸収した熱を n , R , T_B , T_C を用いて答えよ。
- (ホ) 断熱変化している間は、気体の絶対温度 T と体積 V の間に $TV^{\frac{2}{3}} = \text{一定}$ という関係が成り立つ。 $\frac{T_A}{T_D}$ を T_B , T_C を用いて答えよ。
- (ヘ) この熱機関の熱効率を T_C , T_D を用いて答えよ。

4 直流電気鉄道では、電力供給のための変電所を、架線とレールの間に複数並列接続している。架線に流れる電流や、変電所の電圧について、簡単なモデルで解析してみよう。

4つの変電所が設置された路線に1両の電車がある状況を、図1のような回路に置き換えて考察する。実際のレールと架線にはそれぞれ抵抗があるが、このモデルでは、架線のみが抵抗を持ち、レールの抵抗は無視できると仮定する。4つの変電所を順番に A, B, C, D とし、変電所 B と C の間に列車 T があるものとする。

変電所 A と B の間、および変電所 C と D の間の架線の抵抗値を $1.00 \times 10^{-1} \Omega$ とする。また、変電所 B と列車 T の間、および列車 T と変電所 C の間の架線の抵抗値をそれぞれ $5.00 \times 10^{-2} \Omega$ とする。列車には、架線側とレール側の間の電位差（列車の両端の電位差）によらず、架線からレールに向かって一定の電流 I が流れるものとする。 I は $3.60 \times 10^3 \text{ A}$ であるとする。図2に示すように、変電所は、レール側に負極、架線側に正極が接続された電池とみなし、その起電力を E 、内部抵抗を r とする。全ての変電所の起電力と内部抵抗は同じである。以下の間に答えよ。解答の数値は有効数字3桁で適切な単位と共に答えること。ただし、数値がゼロとなる場合は「0」に適切な単位をつけて答えること。

(I) E が $1.50 \times 10^3 \text{ V}$ で、変電所の内部抵抗が無視できる場合を考える。

- (イ) 変電所 A を流れる電流の大きさを答えよ。
 (ロ) 変電所 B を流れる電流の大きさを答えよ。
 (ハ) 列車 T の両端の電位差の大きさを答えよ。

(II) E が $1.60 \times 10^3 \text{ V}$ で、 r が $2.50 \times 10^{-2} \Omega$ である場合を考える。

- (ニ) 変電所 A を流れる電流の大きさを答えよ。
 (ホ) 変電所 B を流れる電流の大きさを答えよ。
 (ヘ) 変電所 A の両端の電位差の大きさを答えよ。
 (ト) 変電所 B の両端の電位差の大きさを答えよ。
 (チ) 列車 T の両端の電位差の大きさを答えよ。

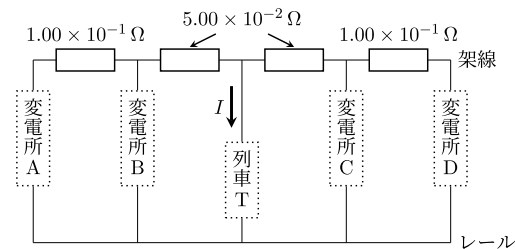


図1

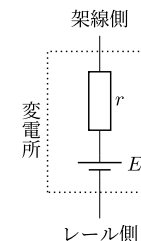


図2

化学

すべての問題において、必要があれば、原子量および定数は次の値を使うこと。

H	1.00	C	12.0	N	14.0	O	16.0	Na	23.0
Cl	35.5	Ar	40.0						

アボガドロ定数 $N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

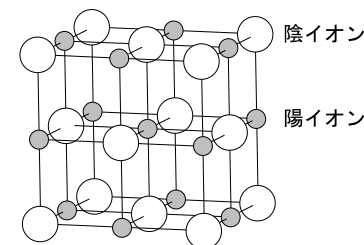
ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

水のイオン積 $K_W = 1.00 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ (25.0 °C)

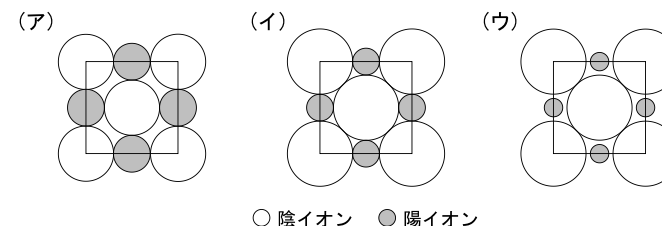
各問題で特に指定のない場合、大気圧力は $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、温度は 25.0 °C とする。

また、特に説明のない場合、気体は理想気体として扱うこと。

- 1 塩化ナトリウム型のイオン結晶の単位格子を下に示す。この単位格子について、問 1～問 5 に答えよ。ただし、結晶中のイオンは球形で、安定な結晶構造では最も近くにあるイオンどうしは接しているとする。必要であれば、 $\pi = 3.14$, $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{5} = 2.23$, $1.16^3 = 1.56$, $1.67^3 = 4.66$, $2.83^3 = 22.7$, $5.66^3 = 181$ を用いよ。



- 問 1 この単位格子において、1 個の陰イオンに隣接する陽イオンの数を答えよ。
 問 2 この単位格子に含まれる陰イオンの数と陽イオンの数をそれぞれ答えよ。
 問 3 この単位格子の 1 つの面に着目すると、陽イオンと陰イオンの大きさの違いによって、次の(ア)～(ウ)の構造が考えられる。



- (1) これらの構造のうち、(ウ)は不安定な構造である。この理由を説明せよ。
 (2) 結晶が(イ)の構造をとるとき、陰イオンの半径 R と陽イオンの半径 r の比(r/R)を有効数字 2 桁で答えよ。計算過程を示すこと。
- 問 4 塩化ナトリウムの結晶では Na^+ の半径は $1.16 \times 10^{-8} \text{ cm}$, Cl^- の半径は $1.67 \times 10^{-8} \text{ cm}$ である。次の問いに有効数字 2 桁で答えよ。計算過程を示すこと。
- (1) この結晶の単位格子の 1 辺の長さ [cm] を答えよ。
 (2) この結晶の単位格子中のイオンの占める体積の割合(充填率) [%] を答えよ。
 (3) この結晶の密度 [g/cm³] を答えよ。
- 問 5 塩化ナトリウムの融点は 801 °C であり、同じ種類の単位格子を有する酸化マグネシウムの融点は 2830 °C である。酸化マグネシウムの融点が塩化ナトリウムの融点よりも高い理由を説明せよ。

- 2 水の飽和蒸気圧を下の表に示す。表の値を用いて、問 1～問 3 に答えよ。液体の水の体積と、アルゴンの水への溶解は無視すること。

温度 [°C]	7	27	47	67	87
飽和蒸気圧 [Pa]	1.00×10^3	3.60×10^3	1.10×10^4	2.70×10^4	6.25×10^4

- 問 1 表に記載されている 5 つの飽和蒸気圧の値を解答欄の方眼紙に●で示し、すべての●を実線でつなぐように作図せよ。横軸を温度 [°C]、縦軸を飽和蒸気圧 [$\times 10^4$ Pa] とする。それぞれの軸に適切な目盛りの数字を書くこと。
- 問 2 容積一定 (20.0 L) の容器に水 0.100 mol とアルゴン 0.200 mol を入れて密閉した。次の問いに有効数字 2 桁で答えよ。計算過程を示すこと。
- (1) 27 °C におけるアルゴンの分圧 [Pa] を答えよ。
 - (2) 27 °C における水蒸気分圧 [Pa] を答えよ。
 - (3) 67 °C における水蒸気分圧 [Pa] と容器内の気体の全圧 [Pa] を答えよ。
- 問 3 67 °C にて水蒸気で飽和した密閉容器を、容積一定 (20.0 L) のままで 35 °C まで冷却し、長時間放置した。このとき、最初に存在した水蒸気の何%が凝縮したか。次の (ア)～(オ) から、最も近いものを 1 つ選び、記号で答えよ。導出過程を示すこと。
- (ア) 15 % (イ) 35 % (ウ) 55 % (エ) 75 % (オ) 95 %

- 3 分子式 C_4H_8O で表される化合物 **A**～**G** について、次の (a)～(g) の文を読み、下の問 1～問 5 に答えよ。ただし、三員環や四員環を含む構造や、二重結合 $C=C$ を形成する炭素原子に酸素原子が結合した構造は考えないこととする。

- A**～**G** のうち、トランス形の構造をもつものは **D** だけであり、シス形の構造をもつものはない。また、不斉炭素原子をもつものは **G** だけである。
- B** はエーテル結合をもつ。
- A**～**G** のうち、**A**, **D**, **E**, **G** はナトリウムと反応して気体を発生した。
- F** をヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液とともに加熱すると、特異臭をもつ黄色結晶を生じた。
- A**～**G** のうち、硫酸銅(II)と酒石酸ナトリウムカリウムと水酸化ナトリウムを混合した水溶液との反応では、**C** のみ酸化銅(II)の赤色沈殿を生じた。
- A**, **C**, **D**, **E**, **F**, **G** は触媒の存在下で水素と反応し、**A** および **C** から同一の化合物 **H** を、**D** および **E** から同一の化合物 **I** を、**F** および **G** から同一の化合物 **J** を生成した。このとき、**A**, **D**, **E**, **G** では水素による 1 反応が進行している。**B** は触媒の存在下で水素と反応しなかった。
- H**, **I**, **J** のうち、不斉炭素原子をもつものは **J** だけである。

- 問 1 下線部で示す水溶液の名称を答えよ。
- 問 2 エーテルの性質を表す文として誤っているものを、次の (ア)～(オ) から 1 つ選び、記号で答えよ。
- 異性体の関係にあるアルコールと比較して極性が小さい。
 - 異性体の関係にあるアルコールと比較して分子間力が小さい。
 - アルコール分子間での脱水反応により生成するものもある。
 - 一般に水に溶けやすく、果実のような芳香をもつ。
 - ジエチルエーテルは揮発性で可燃性・引火性、さらに麻酔作用がある。
- 問 3 文中の空欄 1 に最もよく当てはまる反応の名称を次の (ア)～(エ) から 1 つ選び、記号で答えよ。
- (ア) 酸化 (イ) 付加 (ウ) 置換 (エ) 縮合

- 問 4 化合物 **A**～**F** の構造式を書け。
- 問 5 化合物 **H**, **I**, **J** のうち、第 1 級アルコールであるものをすべて選び、記号で答えよ。

生 物

4 次の文を読み、下の問 1～問 4 に答えよ。

生体内で起こる化学反応は体温付近の温度で速やかに進行する。これは触媒としてはたらくタンパク質が存在するからで、このようなタンパク質を酵素という。

酵素は反応を起こす特定の立体構造をもち、この部分を〔 1 〕という。酵素が触媒としてはたらく反応において、反応物を〔 2 〕という。酵素は〔 1 〕で〔 2 〕と結合し、複合体を形成する。〔 1 〕の分子構造により、1つの酵素は特定の〔 2 〕としか結合できない。これを酵素の〔 3 〕という。

酵素は生体の体温付近の温度で、それぞれの酵素に適した pH で強い触媒作用を示す。例えば、ヒトの消化に関連する〔 4 〕,〔 5 〕,〔 6 〕の最適 pH は、それぞれ 2, 7, 8 付近である。しかし、適した条件から大きく外れると、変性により触媒としてののはたらきを失う。これを〔 7 〕という。

酵素反応の場合、本来の〔 2 〕ではなく、それと似た分子構造をもつ〔 8 〕剤と複合体を形成してしまうと、本来の〔 2 〕と結合できなくなる。

問 1 文中の空欄〔 1 〕～〔 8 〕に最もよく当てはまる語句を答えよ。ただし、〔 4 〕～〔 6 〕はアミラーゼ、トリプシン、ペプシンのいずれかを答えよ。

問 2 一般的な無機触媒反応と、一般的な酵素反応の反応速度と温度の関係を示すグラフの概形を解答欄の図中に実線で示せ。

問 3 グルコースは酵素のはたらきによって、エタノールと二酸化炭素になる。46.0 mL のエタノールを得るために必要なグルコースの質量〔g〕を有効数字 2 桁で答えよ。計算過程を示すこと。ただし、グルコースはすべてエタノールと二酸化炭素に変換されるとする。また、エタノールの密度は 0.790 g/mL とする。

問 4 次の(a)～(f)に示す反応の触媒としてはたらく酵素を、下の(ア)～(カ)から 1 つずつ選び、記号で答えよ。

- (a) スクロースをグルコースとフルクトースに加水分解する。
- (b) タンパク質をペプチドに加水分解する。
- (c) デンプンをマルトースに加水分解する。
- (d) ペプチドをアミノ酸に加水分解する。
- (e) マルトースをグルコースに加水分解する。
- (f) 油脂を脂肪酸とモノグリセリドに加水分解する。

- | | | |
|-----------|-------------|-----------|
| (ア) アミラーゼ | (イ) インペルターゼ | (ウ) リパーゼ |
| (エ) ペプシン | (オ) ペプチダーゼ | (カ) マルターゼ |

1 つぎの文を読み、問 1～問 3 に答えよ。

グルコースなどの炭水化物、脂肪、タンパク質はそれぞれ呼吸基質として分解される。脂肪が
^A呼吸に利用される場合には、まず(イ)と(ロ)に分解される。(イ)は解糖系に直接入るが、(ロ)はさらに分解されて複数の(ハ)に変換されたのち、クエン酸回路に入る。タンパク質が呼吸に利用される場合には、まずアミノ酸に分解される。アミノ酸は(ニ)基が取り除かれて、有機酸が生じる。除去された(ニ)基は、高い毒性をもつ(ホ)になる。有機酸は、種類に応じてクエン酸回路などに入って利用される一方、(ホ)は、ヒトでは肝臓で毒性の弱い(ヘ)に変えられてから体外に排出される。

呼吸は解糖系、クエン酸回路、電子伝達系の 3 つの段階に分けられる。解糖系とクエン酸回路で生じた高いエネルギーをもつ NADH や FADH₂ などは、ミトコンドリア内膜にある電子伝達系に運ばれる。電子伝達系では、NADH と FADH₂ から H⁺ と電子が放出され、電子はシトクロムとよばれるタンパク質などの間を次々に伝達される。この電子の移動の際に、H⁺ が膜間腔へ輸送されて H⁺ の濃度勾配が生じる。膜間腔に輸送された H⁺ は、内膜にある(ト)を通過してマトリックスへと拡散する。このとき、大量の ATP が合成される。

生物が呼吸を行うときに放出する二酸化炭素(CO₂)と外界から吸収する酸素(O₂)との体積比
^Bを、呼吸商という。呼吸商の値は呼吸基質の種類によって異なり、炭水化物で約 1.0 であり、タンパク質と脂肪ではそれよりも小さい。呼吸商を測定することによって、個体や組織が利用している呼吸基質の種類を推定することができる。

問 1 上の文中の(イ)～(ト)に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部 A について、解答欄の図 1 にそれぞれの呼吸基質の分解を反応式で示した。実線で書かれたすべての空欄に、適当な係数を入れよ。また、点線で書かれた空欄に、適当な分子式を入れよ。

問 3 下線部 B について、ロイシン、あるいはトリパルミチンが呼吸に用いられたときの呼吸商を、計算式を示してそれぞれ求めよ。ただし、割り切れない場合は小数点以下第 2 位を四捨五入せよ。

2 つぎの文を読み、問1～問5に答えよ

カエルの卵は受精後、卵割をくり返し、やがて桑実胚になり、胚の内部に(イ)とよばれる空間ができる。さらに卵割が進むと、(ロ)となり、(ロ)期をすぎると赤道面と植物極の間で陥入^Aが始まる。陥入した細胞は(ハ)胚葉と(ニ)胚葉になる。植物極側の卵黄に富む部分は(二)胚葉、外側を覆う部分が外胚葉となる。これにより、胚の内部に(ロ)腔とは異なる空間が形成される。この空間は(ホ)とよばれる。(ホ)胚期をすぎると、背側の表面^Bが平たくなって(ヘ)ができる。(ヘ)の中央部がくぼみ、神経溝が生じ、その周辺部がもち上がり、左右から合わさって閉じ、表皮の下に神経管が形成される。この時期の胚を神経胚という。その後、尾がのびて、尾芽胚^Cになる。尾芽胚期には、それぞれの胚葉から分化した表皮、体節、腎節、腸管、側板、神経管、脊索などが見られる。さらに発生が進むと、いろいろな器官が形成される^D。

問1 上の文中の(イ)～(ヘ)に適当な語句を入れよ。

問2 下線部Aについて、陥入の際にできる、半月状の溝を何とよぶか、答えよ。また、この溝は将来、口と肛門のどちらになるか、答えよ。

問3 下線部Bについて、背側の表面(表皮)が神経組織に誘導されるのは、ある特別な領域と隣接しているからである。このように、隣接する組織を特定の組織に誘導する領域を一般に何とよぶか、答えよ。

問4 下線部Cについて、カエルの尾芽胚の断面の様子を図2に示した。下の設問(1)と(2)に答えよ。

(1) 図2の(I)～(VII)に当てはまる器官を、下の<器官>の(a)～(g)から選び、記号で答えよ。

<器官>

- | | | | |
|---------|--------|--------|--------|
| (a) 体節 | (b) 腎節 | (c) 腸管 | (d) 側板 |
| (e) 神経管 | (f) 脊索 | (g) 表皮 | |

(2) (ヘ)の隣にあった細胞から形成される、図2の(VIII)にあてはまる細胞の名称を答えよ。

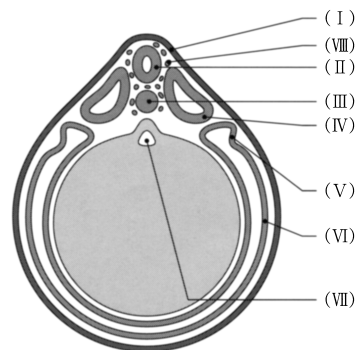


図2 カエルの尾芽胚の断面

問5 下線部Dについて、体節、腎節、腸管、側板、神経管、および表皮はさらに分化が進むと、どのような器官を形成するか、下の<器官>の(h)～(D)から選び、記号で答えよ。

<器官>

- | | | |
|--------|-----------|---------|
| (h) 肝臓 | (i) 脊髄 | (k) 角膜 |
| (m) 心臓 | (o) 生殖腺髄質 | (D) 骨格筋 |

3 つぎの文を読み、問1～問6に答えよ。

被子植物では、花芽が形成された後に配偶子(精細胞と卵細胞)が形成される。花芽のおしべの先端にある(イ)の中では、花粉母細胞が細胞分裂を行い、4個の未熟な花粉の集まりである(ロ)が形成される。(ロ)のそれぞれはさらに成熟して花粉となるが、この過程で細胞分裂を行い、小さな(ハ)細胞と大きな(ニ)細胞を生じる。(ハ)細胞はさらに細胞分裂を行い、2個の精細胞を生じる。

他方、若い子房の中では、(ホ)の内部に胚のう母細胞が形成され、細胞分裂を行い4個の細胞を生じる。これらのうち3個の細胞は退化し、残る1個が胚のう細胞になる。胚のう細胞では、核の分裂が連続して起こり、8個の核をもつ胚のうとなる。8個の核のうち、1個は卵細胞の核に、2個は助細胞の核に、3個は反足細胞の核になり、残り2個の核は(ヘ)細胞に含まれる(ト)になる。

花粉がめしべの柱頭につくと、花粉が発芽して(ニ)が胚のうへと伸長をはじめる。胚のうに到達すると、(ニ)の中を移動してきた2個の精細胞のうち1個が、卵細胞と受精して受精卵となり、将来、(チ)となる。もう1個の精細胞は、(ヘ)細胞の(ト)と融合して胚乳となる。このように被子植物では、ほぼ同時期に、胚のうの中の2か所で核が融合する。

問1 上の文中の(イ)～(チ)に適切な語句を入れよ。

問2 下線部A～Dについて、それぞれの細胞分裂は体細胞分裂か、減数分裂か。解答欄の適切な語句を選び、○で囲め。

問3 下線部Eにある核の分裂は何回起きるか、数字で答えよ。

問4 下線部Fについて、下の設問(1)と(2)に答えよ。

(1) 胚乳の核相を答えよ。

(2) 胚乳には、種子の成熟過程で、発芽に必要な養分が蓄えられる。その一方で、種子の成熟過程で胚乳が消失する植物もある。そのような植物を下の<植物>からすべて選び、記号で答えよ。また、その植物では、種子の発芽に必要な養分を何という組織に蓄えるか、答えよ。

<植物>

(a) イネ

(b) エンドウ

(c) トウモロコシ

(d) カキ

(e) シロイヌナズナ

問5 下線部Gについて、被子植物に特有な受精の様式を何とよぶか、答えよ。

問6 被子植物のなかには、同一個体の間での受精を避けるしくみをもつものがある。このしくみを何とよぶか、答えよ。また、そのようなしくみをもつことは、その植物にとってどのような利点があるか、簡潔に説明せよ。

4 つぎの文を読み、問1～問6に答えよ。

窒素は、タンパク質や核酸、ATPなどに含まれ、生物に不可欠な元素であり、生態系内を循環している。しかし、多くの生物は、大気中の窒素を直接利用することができない。そのため、窒素固定細菌が大気中の窒素ガスを体内に取り入れ、ATPを用いてこれを(イ)して NH_4^+ などを合成する。一方、植物の枯死体や動物の遺骸、排泄物に含まれるタンパク質などの有機窒素化合物は、微生物の働きで NH_4^+ に分解され、さらに(ロ)されて、亜硝酸イオン(NO_2^-)や硝酸イオン(NO_3^-)に変わる。植物は、根からこれらのイオンを吸収して(ハ)を合成し、さらにタンパク質を合成する。土壌中の硝酸イオンの一部は、細菌によって(ニ)されて窒素ガスに戻され、大気中に放出される。

19世紀半ばには、大気中の窒素ガスから化学的に窒素肥料を合成する方法が発明され、作物の生産は急増し、多くの国々で食料不足が改善に向かった。しかし、過剰な肥料や家畜などの糞、工業排水や家庭排水が河川に流れ込むと、河川、さらには湖沼や海洋沿岸で窒素や(ホ)の濃度が増加した。その結果、プランクトンが急増し、それが続くと水中の魚類や植物など、多くの生物が死滅に至ることが問題となっている。

問1 上の文中の(イ)～(ホ)に適切な語句を入れよ。ただし、(イ)、(ロ)、および(ニ)は、「酸化」または「還元」のどちらかを入れよ。

問2 下線部Aについて、マメ科植物の根に共生するものを何とよぶか、答えよ。

問3 下線部B、C、Dについて、現象の名称をそれぞれ答えよ。

問4 下線部Eについて、この状態を何とよぶか、答えよ。

問5 下線部Fについて、なぜプランクトンが急増すると魚類などの生物が死滅に至るのか、説明せよ。

問6 1haのコムギ畑に窒素量118kgを含む化学肥料をまいて、1年間当たりの窒素の収支について調べた。そこで収穫されたコムギ中の窒素の量は、48kgであり、土壌中の窒素の量は12kgであった。なお、化学肥料をまく前の土壌中の窒素量および大気中からの窒素固定量は考えないものとする。下の設問(1)～(3)に答えよ。

(1) 1haのコムギ畑において、コムギが吸収した窒素の量は、まいた肥料中の窒素の量の何%であるか、求めよ。ただし、計算式を示して小数点以下第1位を四捨五入し、整数で答えよ。

(2) 1haのコムギ畑において、コムギに吸収されず、土壌中から流出した窒素の量はまいた肥料中の窒素の何%であるか、求めよ。ただし、計算式を示して小数点以下第1位を四捨五入し、整数で答えよ。

(3) コムギに吸収された窒素の72%がタンパク質の合成に使われる。タンパク質中の窒素含有率を16%とすると、合成したタンパク質は1haあたり何kgであるか、求めよ。ただし、計算式を示して整数で答えよ。

2026 年度一般選抜問題解答例

略解

数 学

$$\boxed{1} \quad \text{ア} \quad 2 \quad \text{イ} \quad 7+5\sqrt{3} \quad \text{ウ} \quad -\frac{\sqrt{3}}{2} \quad \text{エ} \quad \frac{2+\sqrt{3}}{4} \quad \text{オ} \quad \frac{7}{4} \quad \text{カ} \quad \frac{7}{8} \quad \text{キ} \quad 4\pi \\ \text{ク} \quad \frac{6+3\sqrt{2}}{2}$$

$$\boxed{2} \quad (1) \quad 5\vec{OA} - 2\vec{OB} = (3, 9, 0) \text{ より, } \frac{5}{3}\vec{OA} - \frac{2}{3}\vec{OB} = \vec{OC}. \text{ よって, } a = \frac{5}{3}, b = -\frac{2}{3}.$$

$$(2) \quad \vec{AB} = (3, 3, 3) \text{ より, } \vec{AB} \cdot \vec{OP} = 0 \text{ を解いて, } y = -x + \frac{1}{2}.$$

$$(3) \quad \text{条件から, ある実数 } t \text{ を用い, } \vec{OP} = \vec{OA} + t\vec{AB} \text{ と書ける. } (x, y, x+y-1) = (3+3t, 5+3t, 2+3t) \\ \text{を解くと } t = -\frac{5}{3}, x = -2, y = 0. \text{ よって, P の座標は } (-2, 0, -3).$$

$$(4) \quad \vec{OP} \text{ が平面 OAB に垂直であることと, } \vec{OP} \cdot \vec{OC} = \vec{OP} \cdot \vec{AB} = 0 \text{ が成り立つことは必要十分である.} \\ \vec{OP} \cdot \vec{OC} = 0 \text{ より } y = -\frac{1}{3}x \text{ であるので, (2) で得られた式に代入し, } x = \frac{3}{4} \text{ を得る.}$$

$$\boxed{3} \quad (1) \quad \ell_1 : y = \frac{1}{2}x + \frac{3}{2} \text{ より, } a_2 = \frac{3}{2}.$$

$$(2) \quad \ell_n : y = -\frac{1}{2a_n}x + \frac{1}{2} + (a_n)^2 \text{ と } C \text{ の共有点の } x \text{ 座標は } x = a_n, -a_n - \frac{1}{2a_n}. \text{ よって,} \\ a_{n+1} = -a_n - \frac{1}{2a_n} \text{ より, } s = -1, t = -\frac{1}{2}.$$

$$(3) \quad (a_{n+1})^2 = (a_n)^2 + 1 + \frac{1}{4(a_n)^2} \text{ より, } (a_{n+1})^2 = (a_1)^2 + \sum_{k=1}^n \{(a_{k+1})^2 - (a_k)^2\} = n + 1 + \frac{1}{4}S_n. \\ \text{よって, } 4(a_{n+1})^2 - S_n = 4n + 4.$$

$$(4) \quad (2) \text{ より } a_{200} > 0. (3) \text{ より } n \leq (a_n)^2 \text{ なので, } (a_n)^2 \leq n + \frac{1}{4} \sum_{k=1}^{n-1} \frac{1}{k} \leq n + \frac{1}{4} \log_2(2n). \text{ よって,}$$

$$14 < \sqrt{200} \leq a_{200} \leq \sqrt{200 + \frac{1}{4} \log_2 400} < \sqrt{200 + \frac{9}{4}} < 15 \text{ となり, } a_{200} \text{ の整数部分は } 14 \text{ である.}$$

$$\boxed{4} \quad (1) \quad \int x^2 \log x \, dx = \frac{1}{3}x^3 \log x - \frac{1}{9}x^3 + C \quad (C \text{ は積分定数}).$$

$$(2) \quad f'(x) = 36(x-a)x \log x \text{ より, 増減を調べると, } M = f(1) = -4 + 9a.$$

$$(3) \quad \text{求める条件は } \lim_{x \rightarrow +0} f(x) = 0 \text{ より, } f(a) = a^3(-6 \log a + 5) \leq 0 \text{ なので, } \log a \geq \frac{5}{6}.$$

$$(4) \quad S(a) = -3a^4 \log a + \frac{17}{4}a^4 + \frac{7}{4} \text{ より } S'(a) = a^3(-12 \log a + 14). \text{ 増減を調べると, } \log a = \frac{7}{6} \\ \text{のとき } S(a) \text{ は最大となる.}$$

$$\boxed{5} \quad (1) \quad g_2(x) = \frac{1}{3}x^3 - x^2 + x + 1.$$

$$(2) \quad f_{2026}(x) = g_{2026}(x) \text{ を解くと } x = 0, 3 \text{ であるので, } S = \int_0^3 \{g_{2026}(x) - f_{2026}(x)\} \, dx = \frac{9}{4}.$$

$$(3) \quad f_1(x) = x^2 - \frac{1}{2}, g_1(x) = \frac{1}{3}x^3 - \frac{1}{2}x - \frac{1}{2} \text{ である. } 0 = g'_1(x) = f_1(x) \text{ を解くと } x = \pm \frac{\sqrt{2}}{2}.$$

$$\text{増減を調べると求める範囲は, } -\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{2}}{6} < k < -\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{2}}{6}.$$

$$(4) \quad f_1(x) = g_1(x) \text{ を解くと } x = 0, \frac{3 \pm \sqrt{15}}{2} \text{ である. } \alpha = \frac{3 - \sqrt{15}}{2}, \beta = \frac{3 + \sqrt{15}}{2} \text{ とおくと,}$$

$$T = \int_{\alpha}^0 \{g_1(x) - f_1(x)\} \, dx + \int_0^{\beta} \{f_1(x) - g_1(x)\} \, dx = \frac{39}{8}.$$

解答例

物 理

1

解答欄

イ	50	N
ロ	1	倍
ハ	20	m/s
ニ	$\frac{1}{2}$	倍
ホ	2.2×10	eV

3

解答欄

イ	$\frac{p_0 + kV_0}{R}$
ロ	$p_0 \Delta V$
ハ	$\frac{5}{2}p_0 + \frac{3}{2}kV_0$
ニ	0
ホ	$-\frac{p_0}{V_0}$
ヘ	$-\frac{5}{3}\frac{p_0}{V_0}$
ト	$-\frac{2}{3}\frac{p_0}{R}$
チ	(b), (d), (e), (f)

2

解答欄

イ	$\sqrt{2gd \sin \theta}$
ロ	$\frac{mg \sin \theta}{k}$
ハ	$\frac{mg \sin \theta + \sqrt{(mg \sin \theta)^2 + 2mgdk \sin \theta}}{k}$
ニ	$\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$
ホ	小物体 $m\alpha = -kx \cos \theta + N \sin \theta$
	台 $M\beta = kx \cos \theta - N \sin \theta$
ヘ	0
ト	(e)

4

解答欄

イ	A V
	B 0
ロ	$\frac{V}{R}$
ハ	$I_0 \Delta t$
ニ	$V - \frac{I_0 \Delta t}{C}$
ホ	選択肢 (a)

解答例
A 日程
英語外部試験
利用日程
2/5

解答例

化 学

① 解 答 欄

問 1	A	B	C
	CaO	NaHCO ₃	CaCl ₂

問 2	ソルベー法
-----	-------

問 3	$\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
-----	--

問 4	ウ, エ, カ
-----	---------

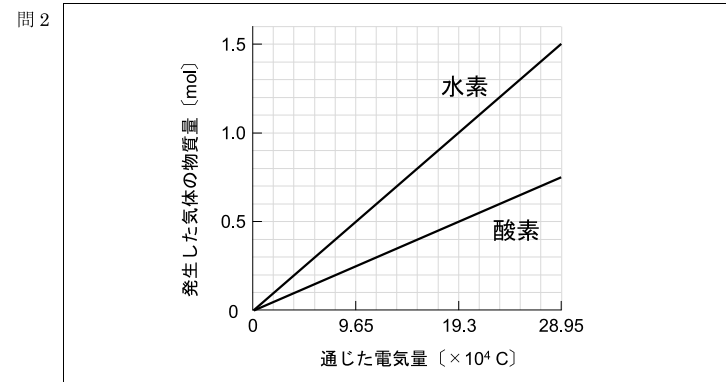
問 5	計算過程 必要な NaCl (式量 58.5) の質量を x [kg] とすると, Na_2CO_3 の式量は 106.0 なので $(x \div 58.5) \div 2 = 636 \div 106.0 = 6.00$ よって, 求める質量は $6.00 \times 2 \times 58.5 = 702$ kg	答 7.0×10^2 kg
-----	---	--------------------------------------

問 6	計算過程 NH_4Cl 107 g は 2.00 mol, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 148 g は 2.00 mol NH_4Cl と $\text{Ca}(\text{OH})_2$ は物質質量比 2 : 1 で反応するので, 生成する NH_3 は 2.00 mol である。 よって, 求める体積は $2.00 \times 22.4 = 44.8$ L	答 45 L
-----	--	----------------------

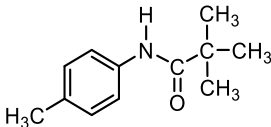
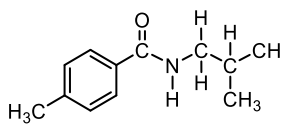
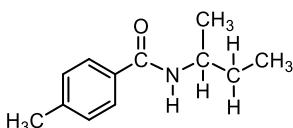
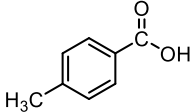
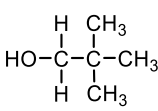
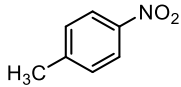
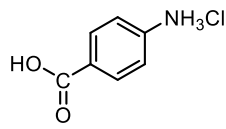
問 7	1	風解	
	2	計算過程 風解して得られた白色粉末は $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (式量 124.0) である。 Na_2CO_3 の式量は 106.0 なので, 質量は $106.0 \div (106.0 + 18.0) = 106.0 \div 124.0$ 倍になる。 よって, 求める質量は $2.00 \times 106.0 \div 124.0 = 1.709$ g	答 1.7 g

② 解 答 欄

問 1	1	計算過程 $Q = 5.00 \times (6 \times 60 + 26) = 1930$ C	答 1.93×10^3 C
	2	計算過程 電子が 1 mol 流れたときに, 銀は 108 g 析出する。 $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$ よって, 析出量 $m = 108 \times 1930 \div 96500 = 2.16$ g	答 2.16 g
	3	計算過程 電子 2 mol 流れたときに, 銅は 63.5 g 析出する。 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ よって, 析出量 $m = 63.5 \times 1930 \div 96500 \div 2 = 0.635$ g	答 0.635 g
	4	計算過程 水が酸化され酸素が発生する。 $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$ 電子 4 mol が流れたときに, 酸素は 1 mol, 標準状態で 22.4 L 発生する。 $4 \times 96500 : 22400 \text{ mL} = 1930 : v \text{ mL}, v = 112 \text{ mL}$	答 112 mL



3 解 答 欄

問 1	A 	B 
	C 	F 
	J 	K 
	M 	
問 2	ウ	
問 3	アミノ基が酸化されるため。	

4 解 答 欄

問 1	1	2	3
	縮合	β	5
	4	5	6
	2	半合成	アセチル
問 2	ア, エ		
問 3	セルロースは分子間で多数の水素結合を形成し、水和しにくいから。		
問 4	名称 ビスコース	調製方法 セルロースを水酸化ナトリウム水溶液で処理した後、二硫化炭素と反応させることで得られる。	
問 5	計算過程 加水分解の化学反応式は $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n + n \text{H}_2\text{O} \rightarrow n \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ であるから、$(250 \div 162n) \times 180n = 277.8 \text{ g}$	答 2.8×10^2 g	
問 6	計算過程 すべてのセルロースがトリニトロセルロースになるときの化学反応式は次のようになる。 $[(\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})_3)]_n + 3n \text{HNO}_3 \rightarrow [(\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{ONO}_2)_3)]_n + 3n \text{H}_2\text{O}$ 従って、$(250 \div 162n) \times 297n = 458.3 \text{ g}$ よって、エステル化されたのは、 $(355 - 250) \div (458.3 - 250) \times 100 = 50.40 \%$	答 50 %	

解答例

生 物

1 解答欄

問1

(1) O

(2) システイン C, H, O, N, S

グルコース C, H, O

リン脂質 C, H, O, P, (N)

DNA C, H, O, N, P

問2

炭水化物からなる構造体

e

主要な炭水化物

セルロース

ペクチン

ヘミセルロース(キシラン)などでも可

問3

(1) d, h, k

(2) a, b, f, m

(3) g

問4

(1) エンドサイトーシス 飲食作用でも可

(2) エキソサイトーシス 開口分泌でも可

2 解答欄

問1

イ プロモーター ロ RNAポリメラーゼ ハ 核膜孔

問2

(1) リン酸

(2) DNA デオキシリボース RNA リボース

(3) DNA チミン RNA ウラシル

問3

(1) 促進する調節タンパク質 抑制する調節タンパク質
アクチベーター リプレッサー(2) 遺伝子群 遺伝子群の転写を調節する領域
オペロン オペレーター

問4

鋳型鎖 アンチセンス鎖 非鋳型鎖 センス鎖

問5

(1) スプライシング

(2) イントロン

(3) エキソン

問6

塩基3つの並び

コドン

64 通り

問7

対応するアミノ酸

メチオニン

3 種類

3 解答欄

問1	イ	物	理	ロ	化	学	ハ	食
	ニ	自	然	ホ	獲	得		

ホは適応でも可

問2	細菌の細胞壁を分解する酵素	リゾチーム
	細菌の細胞膜を破壊するタンパク質	ディフェンシン

問3	細胞の名称	好中球	マクロファージ	樹状細胞
	受容体タンパク質	Toll様受容体		
		Toll-like receptor, TLR, トル様受容体, パターン認識受容体でも可		

マクロファージは単球でも可

問4
(1) (ハ)細胞の増強などによる免疫

細胞性免疫

抗体による免疫

体液性免疫

(2) (ホ)免疫が働かない状態

免疫寛容

T細胞はどのようにして自己の細胞を攻撃しないようになるか

T細胞は、 <u>骨髄</u> で形成され、 <u>胸腺</u> で成熟する。
このとき、胸腺では、自己の物質に反応するT細胞を排除する。

4 解答欄

問1	イ	角	膜	ロ	網	膜	ハ	盲	斑
	ニ	錐	体	ホ	桿	体	ヘ	白	

問2

黄斑

問3

(1)	(ホ)細胞はロドプシンという光を感知する物質をもつ。これは、 <u>オプシンとレチナールから構成</u> されており、光を吸収すると <u>レチナールの構造が変化し、オプシンから解離</u> する。これが刺激となって <u>受容器電位が変化し、視神経細胞が興奮</u> することで光を感知する。

(2) 明順応が起こる理由

<u>暗所から急に明所に出ると、暗所で蓄積されたロドプシンがいっせいに光に反応するため、(ホ)細胞が過剰に反応を起こしてまぶしく感じる。</u>
<u>ロドプシンが減少するにつれて、(ホ)細胞の感度が下がるため見えるようになる。</u>

暗順応が起こる理由

<u>明所から暗所に入ると、(ホ)細胞のロドプシンが減少しており、(ホ)細胞が反応しにくいため、はじめは何も見えない。</u>
<u>しかし、しばらく暗所にいるとロドプシンが蓄積されるため、(ホ)細胞の感度が上がり見えるようになる。</u>

問4

ヒトは高齢になると毛様体の働きが弱くなり、 <u>水晶体を厚くすることができなくなる</u> 。その結果、 <u>焦点が合いにくくなる</u> ため。

略解

数 学

$$\boxed{1} \quad \text{ア} \quad \frac{61}{12} \quad \text{イ} \quad 3 \quad \text{ウ} \quad -\frac{2013}{2} \quad \text{エ} \quad -1875 \quad \text{オ} \quad \frac{\sqrt{3}}{3} \quad \text{カ} \quad \frac{6+2\sqrt{6}}{3} \quad \text{キ} \quad \frac{ab}{a+c} \quad \text{ク} \quad \frac{c}{2a}$$

$$\boxed{2} \quad (1) \quad n \geq 2 \text{ のとき, } a_n = b_n - b_{n-1} = \frac{2}{3}n + \frac{2}{3}. \text{ これは } n=1 \text{ でも成り立つ.}$$

$$(2) \quad c_n = \sum_{k=1}^n \left(\frac{1}{3}k^2 + k \right) = \frac{1}{9}n^3 + \frac{2}{3}n^2 + \frac{5}{9}n.$$

$$(3) \quad d_n = \sum_{k=1}^n \left(\frac{1}{k} - \frac{1}{k+3} \right) = \frac{11}{6} - \frac{1}{n+1} - \frac{1}{n+2} - \frac{1}{n+3} \quad \text{より, } d_4 = \frac{139}{105}.$$

$$(4) \quad \frac{1}{a_k + c_k} = \frac{9}{(k+1)(k+2)(k+3)} = \frac{9}{2} \left(\frac{1}{(k+1)(k+2)} - \frac{1}{(k+2)(k+3)} \right) \quad \text{より,}$$

$$e_n = \frac{9}{2} \left(\frac{1}{6} - \frac{1}{(n+2)(n+3)} \right) \quad \text{であるので, } e_4 = \frac{9}{14}.$$

$$\boxed{3} \quad (1) \quad \vec{\text{OH}} \cdot \vec{\text{OP}} = 18.$$

$$(2) \quad k\vec{\text{OH}} = (2k, -4k, 4k) = (1-2u-4v, 1+u-10v, 5+2u-8v) \quad \text{より } k = \frac{1}{2}, u = -\frac{1}{2}, v = \frac{1}{4}.$$

$$(3) \quad (2) \text{ より } G(1, -2, 2) \text{ は平面 } ABC \text{ 上にあり, } (1) \text{ より直線 } GH \text{ は平面 } ABC \text{ と直交する. さらに,}$$

$$\vec{\text{AG}} \cdot \vec{\text{AB}} < 0 \text{ より, 半直線 } AB \text{ 上の点で } H \text{ と最も近いのは } A \text{ であるため, } m = |\vec{\text{HA}}| = 3\sqrt{3}.$$

$$(4) \quad \vec{\text{AG}} \cdot \vec{\text{AC}} > 0 \text{ より, } H \text{ と直線 } AC \text{ との距離が } n \text{ である. 直線 } AC \text{ 上の点 } P(1-4t, 1-10t, 5-8t)$$

$$\text{に対し, } \vec{\text{HP}} \cdot \vec{\text{AC}} = 180t - 54 \text{ であるので, } t = \frac{3}{10} \text{ のとき } n = |\vec{\text{HP}}| = \frac{3}{5}\sqrt{30}.$$

$$\boxed{4} \quad (1) \quad \sin 3x = (1 + 2 \cos 2x) \sin x \quad \text{より, } a = 1, b = 2.$$

$$(2) \quad I = \int_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{2}} (1 + 2 \cos 2x) dx = \frac{\pi}{4} - 1.$$

$$(3) \quad \sin 7x - \sin 3x = 2 \cos 5x \sin 2x = 2(\cos 6x + \cos 4x) \sin x \quad \text{より, } p = q = 2.$$

$$(4) \quad J = (J - I) + I = 2 \int_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{2}} (\cos 6x + \cos 4x) dx + \frac{\pi}{4} - 1 = \frac{\pi}{4} - \frac{2}{3}.$$

$$\boxed{5} \quad (1) \quad f(x) = \begin{cases} ax + 2a^2 & (x < -a) \\ -ax & (-a \leq x < a) \\ ax - 2a^2 & (a \leq x) \end{cases} \quad \text{である. } a = 4 \text{ とし, } f(x) = 3 \text{ を解くと } x = -\frac{29}{4}, -\frac{3}{4}, \frac{35}{4}.$$

$$(2) \quad \text{直線 } y = k(x + 4a) \text{ が点 } (-a, a^2) \text{ を通るとき } k = \frac{a}{3}, \text{ 点 } (a, -a^2) \text{ を通るとき } k = -\frac{a}{5} \text{ である.}$$

$$\text{よって, 求める範囲は } -\frac{a}{5} < k < \frac{a}{3}.$$

$$(3) \quad S = \int_{-2a}^{-a} (-x^2 - ax + 2a^2) dx + \int_{-a}^0 (-x^2 - 3ax) dx = \frac{7}{3}a^3.$$

$$(4) \quad 3a = M(a) = \begin{cases} -2a^2 + 4a & \left(0 < a < \frac{4}{3} \right) \\ a^2 & \left(\frac{4}{3} \leq a < 4 \right) \\ 4a & (4 \leq a) \end{cases} \quad \text{を解いて } a = \frac{1}{2}, 3.$$

解答例

物 理

1

解答欄

イ	$\frac{GM}{R^2}$
ロ	(d)
ハ	7.0×10^{-1} K
ニ	p
ホ	γ 線
ヘ	α 線

3

解答欄

イ	$n \sin i$
ロ	$\theta - r$
ハ	$\frac{h}{R}$
ニ	$\frac{h}{nR}$
ホ	a $n - 1$
	b $\frac{1}{2n}$
ヘ	f_1 40 cm
	差 0.33 %

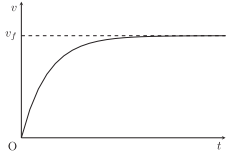
2

解答欄

イ	$\frac{1}{\sqrt{2}}mg$
ロ	$m \leq \frac{2\mu}{1-\mu}M$
ハ	$\alpha = \beta$
ニ	$M\beta = \frac{\sqrt{2}}{2}N - f$
ホ	$\frac{1}{11}g$
ヘ	$W_g > K > 0 > W_N$

4

解答欄

イ	$2Bva$
ロ	$-\frac{4B^2a^2v}{R} + mg \sin \theta$
ハ	$\frac{1}{4} \frac{mgR \sin \theta}{B^2a^2}$
ニ	
ホ	$2mga \sin \theta$

解答例
A 日程
英語外部試験
利用日程
2/6

解答例

化 学

① 解 答 欄

問 1	ア	イ	ウ	エ	オ
	+6	+3	-3	+5	-1

問 2	酸化剤 $\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$
1	還元剤 $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$
2	$2\text{KMnO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5\text{O}_2 + 2\text{MnSO}_4 + 8\text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{SO}_4$

問 3	1	無色から赤紫色
	2	計算過程 $2\text{KMnO}_4 + 5(\text{COOH})_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 10\text{CO}_2 + 2\text{MnSO}_4 + 8\text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{SO}_4$ 反応する物質量の比は, $\text{KMnO}_4 : (\text{COOH})_2 = 2 : 5$ なの で, 求める濃度 $c [\text{mol/L}]$ は $0.0500 \times (20.0 \div 1000) \times 2 = c \times (16.0 \div 1000) \times 5$ $c = 0.025 \text{ mol/L}$ 答 0.025 mol/L

問 4	a	b	c	d	e	f
	オ	イ	カ	ア	ケ	サ

② 解 答 欄

問 1	計算過程 $n = \frac{PV}{RT} = \frac{2.493 \times 10^5 \times 3.00}{8.31 \times 10^3 \times 300} = 0.300$ 答 0.30 mol
-----	---

問 2	計算過程 $n = \frac{0.740}{74.0} = 0.0100$ $P = \frac{nRT}{V} = \frac{0.310 \times 8.31 \times 10^3 \times 300}{3.00} = 2.576 \times 10^5$ 答 2.6×10^5 Pa
-----	--

問 3	1	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5 + 6\text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 5\text{H}_2\text{O}$
	a	計算過程 $\text{N}_2 : 0.200, \quad \text{O}_2 : 0.100 - 6 \times 0.0100 = 0.040$ $\text{CO}_2 : 0.0100 \times 4 = 0.0400$ $f_{\text{N}_2} = \frac{0.200}{0.280} \times 100 = 71.4$ $f_{\text{O}_2} = \frac{0.040}{0.280} \times 100 = 14.28, \quad f_{\text{CO}_2} = \frac{0.0400}{0.280} \times 100 = 14.28$ 答 窒素 71 %, 酸素 14 %, 二酸化炭素 14 %
	2	計算過程 $w_{\text{H}_2\text{O}} = 0.0100 \times 5 \times 18.0 = 0.900$ 答 0.90 g
	c	計算過程 $P = \frac{nRT}{V} = \frac{0.280 \times 8.31 \times 10^3 \times 263}{3.00} = 2.039 \times 10^5$ 答 2.0×10^5 Pa

3 解答欄

問 1

A		B	
D		E	
F			
K			

問 2

カルボキシ基

問 3

エステル結合

問 4

8

4 解答欄

問 1	a	b	c
	フェノール樹脂	ポリ塩化ビニル	ポリメタクリル酸メチル
	d	e	f
	シリコーンゴム	ポリアクリロニトリル	クロロプレンゴム
	g	h	
	尿素樹脂	ポリスチレン	

問 2	a	b	c	d
	ウ	ク	イ	ア
	e	f	g	h
	エ	オ	キ	カ

問 3	c, h	熱可塑性樹脂
	a, g	熱硬化性樹脂

問 4	1	NaOH	
	2	計算過程 $\text{R}-\text{CH}_2-\text{N}^+(\text{CH}_3)_3\text{OH}^- + \text{NaCl} \rightarrow \text{R}-\text{CH}_2-\text{N}^+(\text{CH}_3)_3\text{Cl}^- + \text{NaOH}$ の反応が起こる。 $\text{Cl}^- : \text{OH}^- = 1 : 1$ の物質量子比で交換されることから、生成した OH^- のモル濃度は $[\text{OH}^-] = 0.01 \text{ [mol/L]} \times 1.0 \times 10^{-2} \text{ [L]} \div 0.10 \text{ [L]} = 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ よって、 $[\text{H}^+] = (1.0 \times 10^{-14}) \div (1.0 \times 10^{-3}) = 1.0 \times 10^{-11} \text{ mol/L}$ 従って、$\text{pH} = 11$ となる。	答 11

解答例

生 物

1 解答欄

問 1 R N A には(遺伝情報を担うだけでなく)化学反応
の触媒として働くものもあるから

問 2
(1) a
(2) 選択的透過性
(3) 輸送タンパク質 アクアポリン
臓 器 腎 臓

問 3
(1) 化学進化
(2) 鋳型 DNA の二本鎖を解離させる際に高温に加熱する
過程があり、耐熱性のある DNA ポリメラーゼが
適しているから

問 4 細菌の総称 化学合成細菌
そのような細菌 ロ, ハ, ヘ

問 5
(1) 大気組成に生じた変化
大気中の二酸化炭素が減少し、酸素が増加した
シアノバクテリアの性質
水と二酸化炭素を利用して光合成を行い、酸素を放出する
(2) ストロマトライト

2 解答欄

問 1
(1) DNA デオキシリボース
R N A リボース
(2) 3 番目と 5 番目
順不同
(3) シャルガフ の法則
(4) 水 素 結合
(5) A T P A D P, G T P, G D P などでも可

問 2 DNA が巻きつくタンパク質
ヒストン
ビーズ状の基本構造
ヌクレオソーム

問 3 複製
S 期 DNA 合成でも可
分配
M 期 分裂でも可

問 4
(1) DNA ヘリカーゼ
(2) プライマーゼ
(3) リーディング 鎖
(4) つなぎ合わされる鎖 DNA 断片
ラギング 鎖 岡崎フラグメント

3 解答欄

問 1	イ	ジベレリン	ロ	アミラーゼ	ハ	マルトース
	ニ	フィトクロム				ハは二糖でも可

問 2 状態の名称

植物ホルモンの名称

問 3 反応の名称 ヨウ素反応でも可

この反応による呈色の変化

元の色のまま変化しない、でも可

問 4 ブドウ糖でも可

問 5	(1)	×	(2)	×	(3)	○
	(4)	×	(5)	○		

問 6 光受容体の名称

植物ホルモンの名称

4 解答欄

問 1	イ	常緑広葉	ロ	熱帯多雨林	ハ	落葉広葉
	ニ	雨緑樹林	ホ	サバンナ	ヘ	砂 漠

イは常緑、ハは落葉、ホは草原、ヘは荒原でも可

問 2 (1) (2)

問 3 (1)

(2) 緯度に対応したバイオームの分布

地域

(3) 標高に応じたバイオームの分布

標高

(4) 森林形成の境目

高山帯に見られる草本からなる高山草原

高山草原で見られる低木や草本として適切ではないもの

(5)

略解

数 学

$$\boxed{1} \quad \text{ア} \quad \frac{1}{2} \log_{10} 2 \quad \text{イ} \quad 1 - 2\sqrt{2} \quad \text{ウ} \quad \frac{\pi}{6} \quad \text{エ} \quad \frac{2n\pi}{3} - \frac{\pi}{2} \quad \text{オ} \quad \left(\frac{2}{5}, -\frac{4}{5} \right)$$

$$\text{カ} \quad \frac{3\sqrt{5}}{5} \quad \text{キ} \quad 24 \quad \text{ク} \quad 48$$

$$\boxed{2} \quad (1) \text{ 解と係数の関係から, } b = (3 \sin \theta - \cos \theta)(3 \cos \theta - \sin \theta) = 5 \sin 2\theta - 3 \text{ より, } b = -\frac{1}{2}.$$

$$(2) \text{ 解と係数の関係から, } a = -2 \sin \theta - 2 \cos \theta = -2\sqrt{2} \sin \left(\theta + \frac{\pi}{4} \right) \text{ より, } -2\sqrt{2} < a < -2.$$

$$(3) a^2 = 4 + 4 \sin 2\theta \text{ より, } b = \frac{5}{4} a^2 - 8.$$

$$(4) \sin 2\theta = \frac{2 \tan \theta}{1 + \tan^2 \theta} = \frac{8}{17} \text{ より, } b = -\frac{11}{17}.$$

$$\boxed{3} \quad (1) a = (1-s)t, b = st.$$

$$(2) \vec{\text{OA}} \cdot \vec{\text{BD}} = 0, \text{OA} : \text{OB} = s : (1-s) \text{ より, } \cos \theta = \frac{(1-s)t|\vec{\text{OA}}|}{(1-st)|\vec{\text{OB}}|} = \frac{st}{1-st}.$$

$$(3) \sin \theta = \frac{2\sqrt{1-s}}{2-s} = \frac{4\sqrt{3}}{7}, |\vec{\text{OB}}| = \frac{1-s}{s} = 3 \text{ より, } M = \frac{1}{2} |\vec{\text{OA}}| |\vec{\text{OB}}| \sin \theta = \frac{6\sqrt{3}}{7}.$$

$$\boxed{4} \quad (1) f_2(x) = \frac{x}{2} \log x - \frac{x}{4}.$$

$$(2) f_3(x) = \frac{x}{4} \log x - \frac{x}{4} \text{ であるので, } 0 = f'_3(x) = \frac{1}{4} \log x \text{ を解いて, } x = 1. \text{ 増減を調べると, } x = 1 \text{ のとき極小値 } m = f_3(1) = -\frac{1}{4}.$$

$$(3) x f_{n+1}(x) = \int_1^x f_n(t) dt - \frac{n}{2^{n+1}} \text{ より, } f_{n+1}(1) = -\frac{n}{2^{n+1}}. \text{ よって, } S = -\frac{11}{16}.$$

$$(4) f_{n+1}(x) + x f'_{n+1}(x) = f_n(x) \text{ より, } T = f'_1(1) + f_1(1) - f_5(1) = \frac{9}{8}.$$

$$\boxed{5} \quad (1) b = -1.$$

$$(2) f(x) = ax^2 - x \text{ であるので, } I = \begin{cases} \frac{1}{4} - \frac{a}{3} & (a < 0) \\ \frac{a^4}{6} - \frac{a}{3} + \frac{1}{4} & (0 < a \leq 1) \\ \frac{a}{3} - \frac{1}{4} & (1 < a) \end{cases}$$

$$0 < a \leq 1 \text{ で } 0 = I' = \frac{2}{3} \left(a^3 - \frac{1}{2} \right) \text{ を解き, 増減を調べると } I \text{ が最小となるのは } a = \frac{1}{\sqrt[3]{2}}.$$

$$(3) a + b = 0 \text{ より, } I = \begin{cases} \frac{1}{4} - \frac{a}{6} & (a < 0, 0 < a \leq 1) \\ -\frac{(a-1)^4}{6} + \frac{(a-1)^3}{3} - \frac{a-1}{6} + \frac{1}{12} & (1 < a \leq 2) \\ \frac{a}{6} - \frac{1}{4} & (2 < a) \end{cases}.$$

$$1 < a \leq 2 \text{ のとき } 0 = I' = \left(a - \frac{3}{2} \right) \left\{ -\frac{2}{3}(a-1)^2 + \frac{2}{3}(a-1) + \frac{1}{3} \right\} \text{ を解き, 増減を調べると}$$

$$a = \frac{3}{2}, b = -\frac{3}{2} \text{ で最小値 } I = \frac{1}{32} \text{ をとる.}$$

解答例

物 理

1

解答欄

イ	3.6×10^{22}	N
ロ	1	%
ハ	$C_1 + C_2 + C_3$	
ニ	$\frac{(C_1 + C_2)C_3}{C_1 + C_2 + C_3}$	
ホ	2.94×10^{-2}	u

3

解答欄

イ	$\frac{c}{\lambda}$
ロ	$A \sin \left(\frac{2\pi c}{\lambda} \left(t - \frac{a}{c} \right) \right)$
ハ	$A \sin \left(\frac{2\pi c}{\lambda} \left(t - \frac{a + 2b}{c} \right) \right)$
ニ	1, 3, 5, 7, 9
ホ	$\frac{\lambda'}{2}, \frac{3\lambda'}{2}$

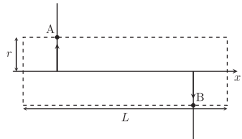
2

解答欄

イ	$e^2 H_1$
ロ	$(1 + e)s_1$
ハ	$\frac{1}{2}(1 - e^2)mv_0^2 \sin^2 \theta$
ニ	$\frac{S}{v_0 \cos \theta}$
ホ	小球 B
ヘ	$\frac{3}{8} \frac{v_0^2}{g}$
ト	$-\frac{\sqrt{3}-1}{4}v_0$

4

解答欄

イ	$\lambda \Delta X$
ロ	$\left(0, 0, \frac{2rk\lambda \Delta X}{(X^2 + r^2)^{3/2}} \right)$
ハ	$4\pi k\lambda L$
ニ	
ホ	0
ヘ	$\left(0, 0, \frac{2k\lambda}{r} \right)$
ト	$\frac{1}{2}$ 倍

解答例
A 日程
英語外部試験
利用日程
2/7

解答例

化 学

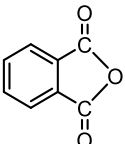
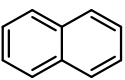
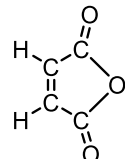
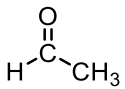
① 解 答 欄

問 1	131 g
問 2	計算過程 60.0 °C での飽和水溶液(100 + 110) g を 30.0 °C まで冷却すると、KNO₃ が(110 - 45) g 析出するので、60 °C の飽和水溶液 250 g からの析出量を m [g] とすると、 $m \div 250 = (110 - 45) \div (100 + 110)$ よって、m = 77.4 g 答 77 g
問 3	再結晶
問 4	計算過程 結晶除去後の水溶液中に溶けている KNO₃ (式量 101) は (131.0 - 77.4) g であり、これが 250 mL 中に含まれるので、モル濃度は次のようになる。 $(131.0 - 77.4) \div 101 \times (1000 \div 250) = 2.12 \text{ mol/L}$ 答 2.1 mol/L
問 5	計算過程 30.0 °C の飽和溶液 100 g 中に含まれる KNO₃ を x [g] とおくと、$x \div 100 = 45.0 \div (100 + 45.0)$、$x = 31.03 \approx 31.0 \text{ g}$ 60.0 °C の溶液にあと y [g] の KNO₃ を溶かせるとすると、$(31.0 + y) \div (100 + y) = 110 \div (100 + 110)$ よって、y = 44.9 g 答 45 g
問 6	計算過程 飽和溶液中の溶質を x [g] とすると、$40 \div (100 + 40) = x \div 100$ より $x = 28.57 \approx 28.6 \text{ g}$。よって、水の質量は $100 - 28.6 = 71.4 \text{ g}$。 30 °C まで冷却して析出する CuSO₄ · 5H₂O の質量を y [g] とすると、その中に含まれる CuSO₄ と H₂O の質量は、それぞれ、 CuSO₄ : $159.5 \div 249.5 \times y \text{ [g]}$、5H₂O : $90.0 \div 249.5 \times y \text{ [g]}$ 結晶析出後の残溶液は、30 °C における飽和溶液であるから、 $(28.6 - 159.5 \div 249.5 \times y) \div (71.4 - 90.0 \div 249.5 \times y) = 25.0 \div 100$、 y = 19.5 g 答 20 g

② 解 答 欄

問 1	計算過程 グルコース C₆H₁₂O₆ の分子量は 180 なので、 $180 \times 0.080 \times (100 \div 1000) = 1.44 \text{ g}$ 答 1.4 g
2	溶液の温度が変わると体積が変化するためにモル濃度は変化するが、体積に関係しない質量モル濃度は温度に依存しないから。
3	水の凝固に伴い熱が発生するから。
4	5 -0.15 °C
	6 ア、イ
問 2	導出過程 溶かした酢酸のうちの α が電離したとすると、酢酸の濃度は c (1 - α) [mol/kg]、酢酸イオンの濃度は c α [mol/kg]、水素イオンの濃度は c α [mol/kg] である。 よって、溶質粒子の濃度は c (1 + α) [mol/kg] となるので、凝固点は $-c (1 + \alpha) K_f$ [°C] である。 答 $-c (1 + \alpha) K_f$ °C
問 3	1 水素結合 2

3 解 答 欄

問 1	CuO				
問 2	高温ではフタル酸が分子内で脱水反応を起こし，無水フタル酸へと変わるため。				
問 3	B  C  D  E 				
問 4	<table> <tr> <td>1</td><td>2</td></tr> <tr> <td>酢酸</td><td>アセトン</td></tr> </table>	1	2	酢酸	アセトン
1	2				
酢酸	アセトン				
問 5	ア，イ				
問 6	ウ				

4 解 答 欄

問 1	i		ii		
	グリセリン		ミセル		

問 2	1	2	3	4	5
	カ	キ	エ	ウ	ア

問 3	オレイン酸のような折れ曲がった形の分子と比べて，飽和脂肪酸は分子の形が直線状なので分子どうしが集まりやすいから				
-----	---	--	--	--	--

問 4	1	884			
	2	計算過程 NaOH の式量は 40 より， この油脂 1 g のけん化に必要な NaOH の質量〔mg〕は $3 \times 40 \times 1000 \div 884 = 135.7$			答 136 mg
	3	計算過程 オレイン酸に存在する C=C 結合の数は 1 なので，1 mol の油脂 A に付加する I ₂ （分子量 254）は 3 mol である。 よって求めるヨウ素価は $100 \times 3 \times 254 \div 884 = 86.2$			答 86 g

問 5	大豆油やアマニ油は不飽和脂肪酸を多く含むから。				
-----	-------------------------	--	--	--	--

解答例

生 物

1 解答欄

問1	イ	二 名	ロ	リボソームRNA	ハ	原 核
	ニ	真 核	ホ	細 菌	ヘ	アーキア
	ト	ドメイン	ロはrRNA, ホはバクテリア, ヘは古細菌, でも可			

問2	属 名	
	種 小 名	順不同

問3	チ	d	リ	c	ヌ	a
	ル	f	ヲ	b	ワ	e

問4	(チ)	生 物
	原生生物	h, i
	菌	g, k

問5	(1)	I	o	II	l	III	m
----	-----	---	---	----	---	-----	---

(2) シダ植物

r, u

裸子植物

q, t

被子植物

s

2 解答欄

問1	イ	NADPH	ロ	チラコイド	ハ	ストロマ
	ニ	1	ホ	2	ヘ	オキサロ酢酸
	ト	維管束鞘	ヘはリンゴ酸, C4化合物でも可			

問2 (薄層)クロマトグラフィー

問3 酸素原子の同位体を含んだ水を使うと, 同位体を含む酸素が
発生するが, 酸素原子の同位体を含んだ二酸化炭素を使っても,
同位体を含む酸素は発生しない

問4 (1) トウモロコシ サトウキビなどでも可

(2) C₃植物よりC₄植物の方が, 強い光の中でも高い光合成速度を
維持することができる

問5 (1) 3 mg/時間

(2) 1 mg/時間

(3) 2 mg/時間

3 解答欄

問1	イ	屈 筋	ロ	膝 蓋 腱	ハ	脊 髄
	ニ	灰 白 質	ホ	延 髄	ヘ	瞳 孔
	ト	中 脳	チ	反 射 弓	ニは髄質でも可	

問2	2種類の繊維状の構造体	
	アクチンフィラメント	ミオシンフィラメント
	太い繊維を構成する構造体	ミオシンフィラメント

問3	生得的に特定の行動を引き起こす刺激	無条件刺激
	訓練によって特定の行動を引き起こす刺激	条件刺激

問4	(1) 2種類の視細胞	
	錐体細胞	桿体細胞
	明るい所で働き、色の識別にかかわる細胞	錐体細胞

(2)	遠くのものを見るときには、 <u>水晶体</u> を取り巻いている <u>毛様筋</u> が弛緩し、
	水晶体は薄く、焦点は遠くに合っている。近くのものを見るときには、
	毛様筋が収縮して水晶体が厚くなる。

4 解答欄

問1	イ	腐食	ロ	キーストーン	ハ	復元力
	ハはレジリエンスでも可					

問2	(1)	間接効果
	(2)	生態系エンジニア

問3	(1)	赤 潮	アオコでも可
	(2)	プランクトンには毒素を出すものがある	
		(プランクトンにより水の透明度が低下し、藻場(沈水植物)が減少する)	
		プランクトンが魚介類のえらに付着し、害を与える	
		(プランクトンの死骸の分解のために、多量の酸素が消費される)	

問4	(1)	①	b	②	a	③	f
		④	e	⑤	c	⑥	d

(2)	自然浄化
-----	------

問5	供 給	サービス
	調 整	サービス 調節でも可
	文 化 的	サービス

略解

数 学

$$\boxed{1} \quad \text{ア } 2 \quad \text{イ } -2 \quad \text{ウ } \frac{\pi}{4} \quad \text{エ } \frac{\pi}{5} \quad \text{オ } -t-1 \quad \text{カ } \sqrt{3}-1 \quad \text{キ } \frac{7}{2} \quad \text{ク } \frac{7}{8}$$

$$\boxed{2} \quad (1) |\alpha + \beta| = |-3 + i| = \sqrt{10}.$$

$$(2) w = \cos \frac{3}{4}\pi + i \sin \frac{3}{4}\pi \text{ より, } w^4 + \frac{i}{w^4} = -1 - i.$$

$$(3) \alpha = kw\beta \text{ より, } -3 + i = (1 + kw)\beta, k|\beta|^2 = 10\sqrt{2} \text{ である. } |1 + kw|^2 |\beta|^2 = 10, \\ |1 + kw|^2 = 1 - \sqrt{2}k + k^2 \text{ より, } k^2 - \frac{3\sqrt{2}}{2}k + 1 = 0. \text{ これを解いて } k = \sqrt{2}, \frac{\sqrt{2}}{2}.$$

$$(4) \beta = 1 + 3i, -2 + 4i.$$

$$\boxed{3} \quad (1) Y_3 \text{ が奇数となるのは, } Y_1 \text{ と } X_3 \text{ の偶奇が異なる場合である. よって, } p_3 = \frac{4}{9}.$$

$$(2) p_{2m} = p_{2m-1} \text{ であるので, } p_{2m+1} = \frac{2}{3}(1 - p_{2m-1}) + \frac{1}{3}p_{2m-1}.$$

$$\text{よって, } p_{2m+1} - \frac{1}{2} = -\frac{1}{3} \left(p_{2m-1} - \frac{1}{2} \right) \text{ であり, } a = \frac{1}{2}, b = -\frac{1}{3}.$$

$$(3) (2) \text{ より } p_{2m} = p_{2m-1} = \frac{1}{2} \left\{ 1 - \left(-\frac{1}{3} \right)^m \right\}.$$

$$(4) -\frac{1}{2} \left(-\frac{1}{3} \right)^m > 5 \cdot 10^{-4} \text{ より, } m \text{ は奇数かつ } 3^m < 10^3. \text{ 従って, } m = 5, N = 2m = 10.$$

$$\boxed{4} \quad (1) 0 = f'(x) = (e^{2x} - 5)e^{-x} \text{ を解いて } x = \frac{1}{2} \log 5.$$

$$\text{増減を調べて, } f(x) \text{ は } x = \frac{1}{2} \log 5 \text{ で極小値 } m = 2\sqrt{5} \text{ をとる.}$$

$$(2) 2 = \int_0^a f(x) dx = e^a - 5e^{-a} + 4 \text{ より, } e^{2a} + 2e^a - 5 = 0. \text{ これを解いて } a = \log(\sqrt{6} - 1).$$

$$(3) I = \int_0^{\log 2} \frac{e^x}{(e^x - 2)^2 + 1} dx \text{ であるので, } t = e^x - 2 \text{ とおくと, } I = \int_{-1}^0 \frac{dt}{t^2 + 1}.$$

$$\text{さらに, } t = \tan \theta \text{ とおくと, } I = \int_{-\frac{\pi}{4}}^0 d\theta = \frac{\pi}{4}.$$

$$\boxed{5} \quad (1) k > 0 \text{ より, } C \text{ と } \ell \text{ は } x = 0 \text{ 及び } x > 2 \text{ において共有点をもつ.}$$

$$\text{また, } \ell \text{ が放物線 } y = -x^2 + 2x \text{ に接するとき } k = 2 \text{ であるので, 求める } k \text{ の範囲は } 0 < k < 2.$$

$$(2) 0 \leq x \leq 2 \text{ のとき, } -x^2 + 2x = kx \text{ を解き, } x = 0, -k + 2. \quad x < 0, 2 < x \text{ のとき, } x^2 - 2x = kx \text{ を解き, } x = k + 2. \text{ よって, } x = 0, -k + 2, k + 2.$$

$$(3) \quad S(k) = \int_0^{-k+2} (-x^2 + 2x - kx) dx + \int_{-k+2}^2 (kx + x^2 - 2x) dx + \int_2^{k+2} (kx - x^2 + 2x) dx \\ = -\frac{1}{6}k^3 + 3k^2 - 2k + \frac{4}{3}.$$

$$(4) 0 = S'(k) = -\frac{1}{2}(k^2 - 12k + 4) \text{ を解くと } k = 6 \pm 4\sqrt{2}. \quad 0 < k < 2 \text{ において増減を調べると, } S(k) \text{ が最小となる } k \text{ の値は } k = 6 - 4\sqrt{2}.$$

解答例 物 理

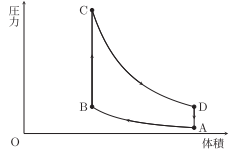
1

解答欄

イ	1
ロ	(b)
ハ	$\frac{I}{2\pi r}$
ニ	$\frac{I}{2r}$
ホ	クォーク
ヘ	2 個

3

解答欄

イ	(a)
ロ	
ハ	$\frac{3}{2}nR(T_C - T_D)$
ニ	過程 過程 II 熱 $\frac{3}{2}nR(T_C - T_B)$
ホ	$\frac{T_B}{T_C}$
ヘ	$1 - \frac{T_D}{T_C}$

2

解答欄

イ	$\frac{\mu mg}{k}$
ロ	$ma = -kx + \mu' mg$
ハ	大きさ V 方向 正
ニ	$\frac{\mu' mg}{k}$
ホ	$\frac{\mu' mg}{k} + \sqrt{(\mu - \mu')^2 \frac{m^2 g^2}{k^2} + \frac{m}{k} V^2}$
ヘ	$(2\mu' - \mu) \frac{mg}{k}$

4

解答欄

イ	0 A
ロ	1.80×10^3 A
ハ	1.41×10^3 V
ニ	3.00×10^2 A
ホ	1.50×10^3 A
ヘ	1.59×10^3 V
ト	1.56×10^3 V
チ	1.47×10^3 V

解答例

化 学

① 解 答 欄

問 1	6	問 2	陰イオンの数 4	陽イオンの数 4
問 3	1 陰イオンどうしが接していて、反発によりエネルギーが高くなるから。 計算過程 $2(R+r)^2 = (2R)^2 \text{ より,}$ $r \div R = \sqrt{2} - 1 = 0.41$ 答 $r/R = 0.41$			
問 4	1 計算過程 面の対角線の長さは $R+r = 1.67 \times 10^{-8} + 1.16 \times 10^{-8} = 2.83 \times 10^{-8} \text{ cm}$ 一辺の長さはこの 2 倍なので、 $2.83 \times 10^{-8} \times 2 = 5.66 \times 10^{-8} \text{ cm}$ 答 $5.7 \times 10^{-8} \text{ cm}$			
	2 計算過程 単位格子に含まれる NaCl は 4 個で、これらの体積は $4 \div 3 \times \pi \times \{ (1.16 \times 10^{-8})^3 + (1.67 \times 10^{-8})^3 \} \times 4$ $= 16 \div 3 \times 3.14 \times (1.56 + 4.66) \times 10^{-24} \text{ cm}^3$ 単位格子の体積は $(5.66 \times 10^{-8})^3 = 181 \times 10^{-24} \text{ cm}^3$ よって、充填率は $\{ 16 \div 3 \times 3.14 \times (1.56 + 4.66) \} \div 181 \times 100 = 57.54 \%$ 答 58%			
	3 計算過程 NaCl の式量は $23.0 + 35.5 = 58.5$ で、単位格子に含まれる NaCl は 4 個である。 単位格子の体積は $(5.66 \times 10^{-8})^3 = 181 \times 10^{-24} \text{ cm}^3$ よって、密度は $58.5 \times \{ 4 \div (6.02 \times 10^{23}) \} \div (181 \times 10^{-24}) = 2.14 \text{ g/cm}^3$ 答 2.1 g/cm^3			
問 5	Mg—O 間の距離は Na—Cl 間の距離よりも短く、さらに、Mg と O は 2 価の電荷をもっているため、Mg—O 間には Na—Cl 間よりも強い静電的引力が働くため。			

② 解 答 欄

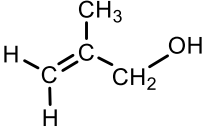
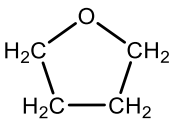
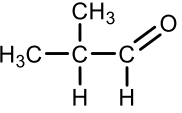
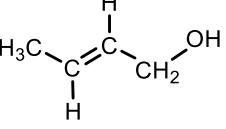
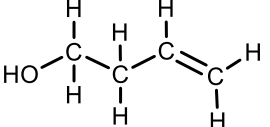
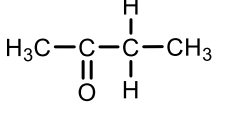
問 1				
問 2	1 計算過程 アルゴンの分圧は $P_A = 0.200 \times (8.31 \times 10^3) \times 300 \div 20.0 = 24930 \text{ Pa}$	答 2.5×10^4 P		
	2 計算過程 27 °C で 0.100 mol の水がすべて蒸発したときの仮の圧力を P'_W とすると、$P'_W = 0.100 \times (8.31 \times 10^3) \times 300 \div 20.0 = 12465 \text{ Pa}$ となり、水の飽和蒸気圧 $3.60 \times 10^3 \text{ Pa}$ を超えている。従って、水蒸気分圧は $3.6 \times 10^3 \text{ Pa}$ となる。	答 3.6×10^3 P		
	3 計算過程 67 °C で 0.100 mol の水がすべて蒸発したときの仮の圧力を P'_W とすると、$P'_W = 0.100 \times (8.31 \times 10^3) \times 340 \div 20.0 = 14127 \text{ Pa}$ となる。飽和蒸気圧 $2.70 \times 10^4 \text{ Pa}$ より小さいため、液体の水は存在しない。よって、水蒸気分圧は、すべて気体として仮定して求めた 14127 Pa である。アルゴンの分圧 $P_A = 0.200 \times (8.31 \times 10^3) \times 340 \div 20.0 = 28254 \text{ Pa}$ であるから、全圧は $P_T = P'_W + P_A = 42381 \text{ Pa}$	答 (水蒸気分圧) 1.4×10^4 P 答 (容器内の気体全圧) 4.2×10^4 P		
問 3	導出過程 67 °C で飽和状態なので、温度を下げると凝縮が起こる。このときに凝縮した水の量は、67 °C での水蒸気量 n_1 [mol] から 35 °C での水蒸気量 n_2 [mol] を引いたものである。35 °C での飽和蒸気圧は $6.00 \times 10^3 \text{ Pa}$ であるから、凝縮した割合は $(n_1 - n_2) \div n_1 \times 100 = \{ (V \div R) \times (2.70 \times 10^4 \div 340 - 6.00 \times 10^3 \div 308) \} \div \{ (V \div R) \times (2.70 \times 10^4 \div 340) \} \times 100 = 75.46 \%$			答 エ

3 解答欄

問1 フェーリング液

問2 エ

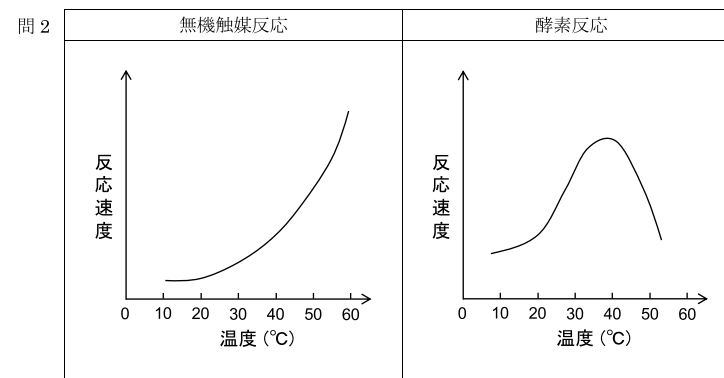
問3 イ

問4	A 	B 
	C 	D 
	E 	F 

問5 H, I

4 解答欄

1	2	3
活性部位 (活性中心)	基質	反応特異性(基質特異性)
4	5	6
ペプシン	アミラーゼ	トリプシン
7	8	
失活	(酵素) 阻害	



問3	計算過程 $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$ グルコースの分子量は $12.0 \times 6 + 1.00 \times 12 + 16.0 \times 6 = 180$ エタノールの分子量は $12.0 \times 2 + 1.00 \times 6 + 16.0 \times 1 = 46.0$ エタノール 1 g を得るために $180 \div (46.0 \times 2) = 90.0 \div 46.0$ g のグルコースが必要である。 46.0 mL のエタノールは 46.0×0.790 g 必要なグルコースは $46.0 \times 0.790 \times (90.0 \div 46.0) = 71.1$ g	答 71 g
----	---	---------------

a	b	c	d	e	f
イ	エ	ア	オ	カ	ウ

解答例

生 物

1 解答欄

問1	イ	グリセリン	ロ	脂 肪 酸	ハ	アセチルC o A
	ニ	ア ミ ノ	ホ	アンモニア	ヘ	尿 素
	ト	A T P合成酵素				

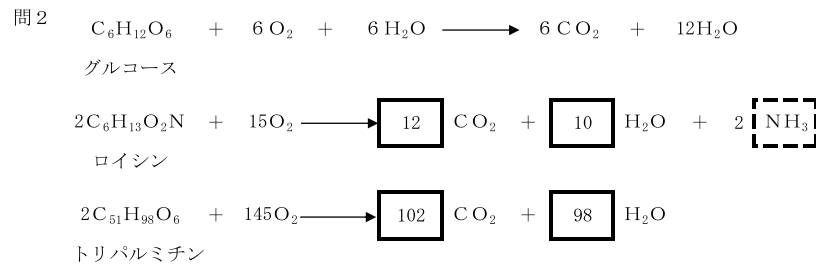


図1 それぞれの呼吸基質における反応式

問3	ロイシンの呼吸商
式	$12 \div 15 = 0.8$
	答 0.8
	トリパルミチンの呼吸商
式	$102 \div 145 = 0.7034 \dots$
	答 0.7

2 解答欄

問1	イ	卵 割 腔	ロ	胞 胚	ハ	中
	ニ	内	ホ	原 腸	ヘ	神 経 板

問2 半月状の溝
 原 口
 半月状の溝は将来、 肛 門 になる

問3 形 成 体 オーガナイザーでも可

問4	(1)	I	g	II	e	III	f	IV	a
		V	b	VI	d	VII	c		

(2) 神経堤細胞 神経冠細胞でも可

問5	体 節	p	腎 節	o	腸 管	h
	側 板	m	神 経 管	j	表 皮	k

3 解答欄

問1	イ	や く	ロ	花粉四分子	ハ	雄 原
	ニ	花 粉 管	ホ	胚 珠	ヘ	中 央
	ト	極 核	チ	胚	ホは子房壁や珠皮でも可	

問2	A	体細胞分裂 ・ 減数分裂
	B	体細胞分裂 ・ 減数分裂
	C	体細胞分裂 ・ 減数分裂
	D	体細胞分裂 ・ 減数分裂

問3 3 回

問4
(1) $3n$

(2) 植物 b, e
組織 子 葉

問5 重複受精

問6 しくみ 自家不和合性

利点 その種の遺伝的多様性が保たれる

4 解答欄

問1	イ	還 元	ロ	酸 化	ハ	アミノ酸
	ニ	還 元	ホ	リ ン	ホはリン酸でも可	

問2 根 粒 菌

問3	B	硝 化	C	窒素同化	D	脱 窒
----	---	-----	---	------	---	-----

問4 富栄養化

問5 プランクトンが急増すると、それ自身の呼吸や、死滅したプランクトンの細菌などによる分解によって酸素が大量に消費され、水中の酸素が減少して他の生物が呼吸できなくなるため。
プランクトンの持つ毒素による死滅、プランクトンがえらに付着して死滅、でも可

問6
(1) 式 $48 \text{ kg} \div 118 \text{ kg} \times 100 = 40.67\%$
答 41 %

(2) 式 $(118 - 48 - 12) \text{ kg} \div 118 \text{ kg} \times 100 = 49.15\%$
答 49 %

(3) 式 $48 \text{ kg} \times 0.72 \div 0.16 = 216 \text{ kg}$
答 216 kg