

京都大学

平成 29 年度 入学 試験 問題

理 科

各科目 100 点満点

《配点は、一般入試学生募集要項に記載のとおり。》

物 理	(1～14 ページ)	化 学	(15～34 ページ)
生 物	(35～52 ページ)	地 学	(53～66 ページ)

(注 意)

1. 問題冊子および解答冊子は係員の指示があるまで開かないこと。
2. 問題冊子は表紙のほかにも 66 ページである。また、解答冊子は表紙のほかにも、物理：16 ページ、化学：20 ページ、生物：12 ページ、地学：20 ページ、である。
3. 問題は物理 3 題、化学 4 題、生物 4 題、地学 4 題である。
4. 試験開始後、選択した科目の解答冊子の表紙所定欄に学部名・受験番号・氏名をはっきり記入すること。表紙には、これら以外のことを書いてはならない。
5. ◇総合人間学部(理系)・理学部・農学部受験者は、物理・化学・生物・地学のうちから 2 科目を選択すること。
◇教育学部(理系)受験者は、物理・化学・生物・地学のうちから 1 科目を選択すること。
◇医学部・薬学部受験者は、物理・化学・生物のうちから 2 科目を選択すること。
◇工学部受験者は、物理・化学の 2 科目を解答すること。
6. 解答は、すべて解答冊子の指定された箇所に記入すること。
7. 解答に関係のないことを書いた答案は無効にすることがある。
8. 解答冊子は、どのページも切り離してはならない。
9. 問題冊子は持ち帰ってもよいが、選択した科目の解答冊子は持ち帰ってはならない。

化学問題 I

次の(a), (b)について, 問1~問7に答えよ。解答はそれぞれ所定の解答欄に記入せよ。なお, 問題中のLはリットルを表す。水のイオン積は $1.0 \times 10^{-14} \text{ (mol/L)}^2$ である。また, 必要があれば, $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{5} = 2.24$, $\log_{10} 4.4 = 0.643$, $\log_{10} 1.2 = 7.92 \times 10^{-2}$ の値を用いよ。

(a) 黄銅鉱 CuFeS_2 と黄鉄鉱 FeS_2 の結晶構造を図1に示す。どちらもイオン結晶で, 図には単位格子と各イオンの配置, および単位格子の体積 v を示す。

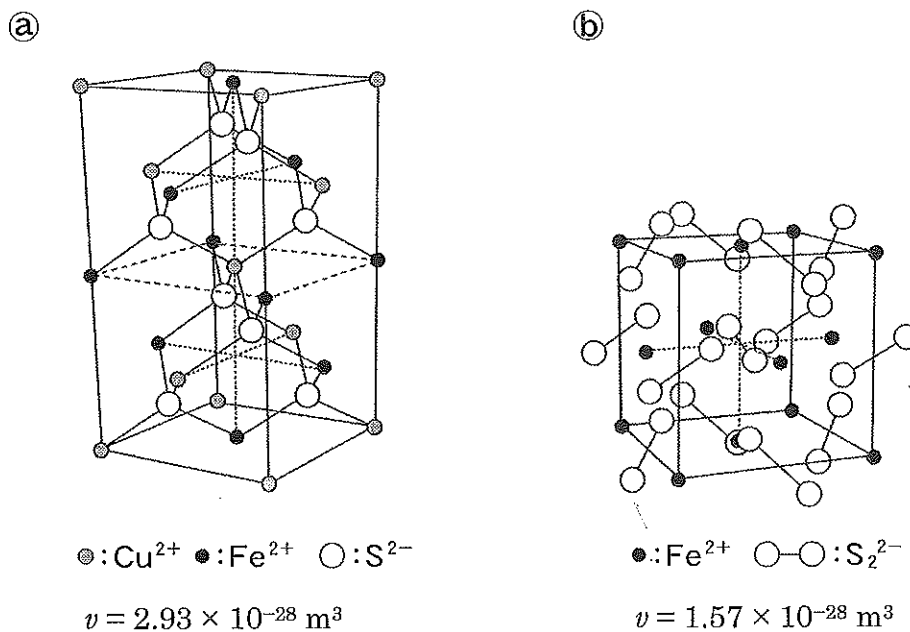


図1 黄銅鉱(a)と黄鉄鉱(b)の結晶構造

CuFeS₂(図1(a))は、銅(II)イオン(Cu²⁺)、鉄(II)イオン(Fe²⁺)と硫化物イオン(S²⁻)から構成され、立方体が縦方向に少し縮んだ直方体(半格子)が、2つ重なった構造をとる。それぞれの半格子について見れば、金属イオンは、6つの面の中心と8つの頂点に配置されており、銅イオンと鉄イオンの数は同じである。FeS₂(図1(b))は、鉄(II)イオン(Fe²⁺)と二硫化物イオン(S₂²⁻)から構成されるNaCl型の結晶構造である。鉄(II)イオンが、6つの面の中心と8つの頂点に配置されている。

問1 CuFeS₂の密度 d_1 とFeS₂の密度 d_2 の比 $\frac{d_1}{d_2}$ を、有効数字2けたで答えよ。
導出過程も記せ。ただし、式量はCuFeS₂ = 184, FeS₂ = 120とする。

問2 FeS₂を希硫酸とともに加熱するとH₂Sガスが発生する。その反応式を示せ。

問3 以下の文章中の下線部①、下線部②の反応式を示せ。

黄銅鉱から粗銅を生産するには、まず、CuFeS₂からCuをCu₂Sとして分離する。次に、Cu₂Sを酸素の存在下で加熱し金属Cuを得る。Cu₂SがCuとなる反応は、全体では式(1)で表される。



この反応は、連続する2つの反応からなると考えられている。まず、最初の反応では、一部のCu₂Sから硫黄がSO₂として取り除かれ、Cu₂Sと同じ酸化数をもつ別のCu化合物となる。①このCu化合物は、続く反応において、Cu₂Sと反応し、その反応により金属Cuが生成する。②

問4 金属銅は水には溶けないが、ある特定の水溶液には銅イオンとなって溶け出す。このような銅の腐食・溶解反応を利用するのが、エッチング加工である。銅のエッチング加工に用いられる代表的な反応液に、塩化鉄(III)水溶液がある。塩化鉄(III)水溶液中で、銅がイオン化し溶解する理由をイオン反応式と簡潔な文章で説明せよ。

(b) 工場から排出される廃水には様々な物質が含まれているので、これらを適切に処理してから排出しなければならない。なかでも、金属を含む廃水は酸性であることが多いため、廃水処理ではアルカリ水溶液を加えて、溶けている金属イオンを水酸化物として沈殿させる。

亜鉛イオン、アルミニウムイオン、鉄(Ⅲ)イオン、銅(Ⅱ)イオンをそれぞれ 1.0×10^{-2} mol/L 含んだ pH = 1.0 の工場廃水进行处理する場合を考える。この廃水に水酸化ナトリウムを加えて pH の値を上げていくと、4つの金属イオンの水酸化物が沈殿する。さらに水酸化ナトリウムを加えると、水酸化亜鉛と水酸化アルミニウムの沈殿は錯イオンを形成して溶け出す。なお、これら4つの金属の水酸化物の溶解度積 K_{sp} は、イオンの濃度を mol/L で表すとき表1の値となる。

表1

水酸化物	溶解度積 K_{sp} (室温) 単位省略
水酸化亜鉛	1.2×10^{-17}
水酸化アルミニウム	1.1×10^{-33}
水酸化鉄(Ⅲ)	7.0×10^{-40}
水酸化銅(Ⅱ)	6.0×10^{-20}

問5 図2に4つの金属イオンの溶解度と pH の関係をア～エの線で示す。それぞれに該当する金属イオンの化学式を記せ。

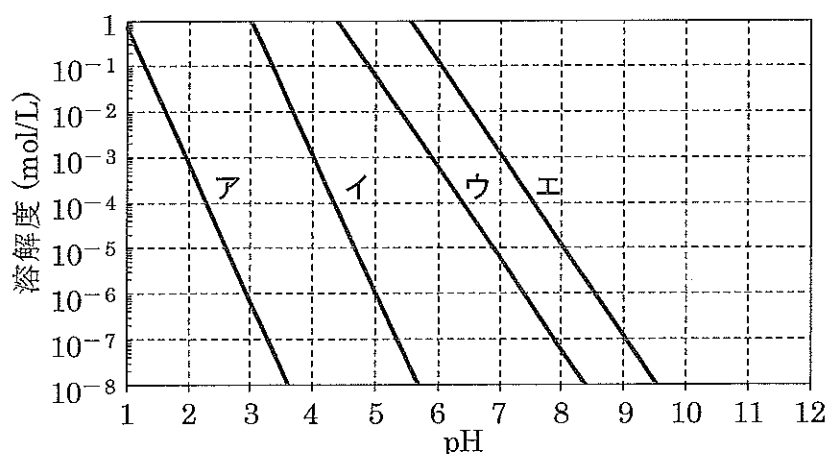


図2

問 6 下線部③について、以下の(i), (ii)に答えよ。

- (i) 廃水の pH が 5.0 となった時点で形成されている沈殿の化学式をすべて記せ。
- (ii) 水酸化亜鉛の沈殿が生成しはじめる時の水素イオン濃度を、有効数字 2 けたで答えよ。

問 7 下線部④について、以下の(i), (ii)に答えよ。

- (i) 水酸化亜鉛が溶け出して錯イオンが形成される反応の平衡定数を K とする。廃水の pH を x , この錯イオンの溶解度の常用対数を y として, y を x と K を用いて示せ。導出過程も含めて答えよ。
- (ii) この錯イオンの濃度が亜鉛イオン濃度の 10 倍になるときの廃水の pH の値を、有効数字 2 けたで答えよ。導出過程も記せ。なお, $K = 4.4 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}^{-1}$ である。ただし、他の金属イオンの影響はないものとする。

化学問題 II

次の(a), (b)について, 問1~問6に答えよ。解答はそれぞれ所定の解答欄に記入せよ。なお, 問題文中のLはリットルを表し, sは秒を表す。[C]はmol/Lを単位とした分子Cの濃度とする。

- (a) ある水溶性タンパク質は, XとYという2つの構造をとり得る。Xは光の作用でYになり, Yは光の有無によらずXに戻る。その反応速度は $v_{X \rightarrow Y} = k_P[X]$, および $v_{Y \rightarrow X} = k_R[Y]$ と与えられる。 k_P は光の強度に比例し, 光がなければゼロである。一方, k_R は光の有無に依存しない定数であり, 次のように実験的に決められる。光を照射してYの濃度を高めた後, 照射を瞬時にやめる。それ以後の任意の2つの時刻 t_1, t_2 ($t_2 > t_1$)でのYの濃度 $[Y]_1, [Y]_2$ をそれぞれ測定し, 式(1)に示す $v_{Y \rightarrow X} = k_R[Y]$ の近似式を用いて k_R を決定できる。

$$-\frac{[Y]_2 - [Y]_1}{t_2 - t_1} = k_R[Y]_1 \quad (1)$$

以下の実験1と実験2では水の蒸発は無視できるものとする。

- 実験1 Xのみが溶けた水溶液を暗所で調製し, $[X] = 1.000 \times 10^{-4}$ mol/Lとした。次に, この水溶液全体に対して一定強度の光を均一に長時間照射し続けたところ^①(k_P は一定), 濃度比 $[X] : [Y] = 1.00 : 4.00$ の平衡状態になった。さらに, この平衡状態において光の照射を瞬時にやめたところ,^②5.0 s後に $[Y]$ は 7.82×10^{-5} mol/Lとなった。

問1 下線部①の平衡状態に関して, $k_P : k_R$ の比を最も簡単な整数比で記せ。

問2 下線部②において, 式(1)を用いて k_R の値を有効数字2けたで求めよ。単位を明記し, 導出過程も示せ。

次に、前記の X と、別の水溶性分子 Z を含む混合水溶液について考察する。Z は X とは会合しないが、Y とは 1 : 1 の会合体 YZ を形成する。ただし、会合体 YZ は Y と Z へと解離もする。この混合水溶液は、一定強度の光を照射し続けると式(2)で表される平衡状態に達する。



実験 2 水分子のみを透過する半透膜で仕切られた容器が大気中にある。光が照射されていない状態で、容器左側には X と Z のみが溶けた水溶液が、右側にはグルコース (G) のみが溶けた水溶液 (G 水溶液) が入っており、左右の水面の高さが等しく保たれていた。このとき、左側の X と Z の濃度は $[X]_0$ と $[Z]_0$ 、右側の G の濃度は $[G]_0$ であった (図 1 (a))。この容器の左側全体に一定強度の光を均一に照射し始めると、G 水溶液側の水面が高くなり始めたので、左右の水面の高さを常に等しく保つように G 水溶液の水面だけに大気圧に加えて追加的な圧力をかけた (図 1 (b))。光を長時間照射するとやがて平衡状態に達し、追加的な圧力はある一定値になった。

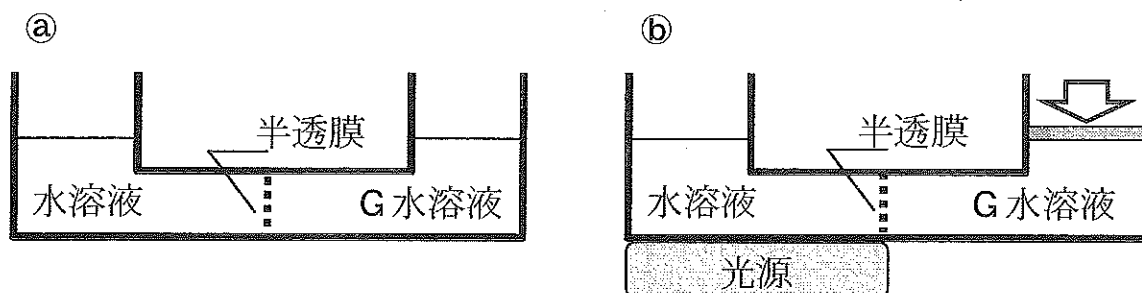


図 1

問 3 光を照射する前の濃度 $[X]_0$ 、 $[Z]_0$ 、および、下線部③の平衡状態の濃度 $[Y]$ 、 $[YZ]$ のうち必要なものを用いて、下線部③の平衡状態における濃度 $[X]$ と $[Z]$ を表せ。ただし、式(2)以外の反応は考えないとし、解答は解答欄 X と Z にそれぞれ記せ。

問 4 $[X]_0 = [Z]_0 = 1.00 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$, $[G]_0 = 2.00 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ の場合, 下線部③の追加的な圧力は $2.00 \times 10^2 \text{ Pa}$ であった。下線部③の平衡状態の濃度 $[YZ]$ を有効数字 2 けたで求めよ。導出過程も示せ。なお, 気体定数は $8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ とし, 全ての水溶液濃度は十分低く, 光によって水溶液の温度は変化せず 300 K に保たれているものとする。

この問題は, 23 ページに続いている。

白 紙

(b) 物質 A および B はともに揮発性であり、気体状態では理想気体としてふるまう。液体状態の物質 A と B を混合して溶液を作るとき、この混合溶液と平衡にある気体相の成分 A の分圧 p_A は、 $p_A = x_A \times \pi_A$ で表され、成分 B の分圧 p_B は、 $p_B = x_B \times \pi_B$ で表される。ここで、 π_A は純粋な液体 A の蒸気圧、 π_B は純粋な液体 B の蒸気圧であり、 x_A および x_B は混合溶液における成分 A および B のモル分率である。この物質 A および B を用いて、以下の操作(1)~(5)を順に行った。

(1) 図 2 ㉔のようにピストンを備えた円筒容器があり、温度 300 K の物質 A の液体が n_A [mol] 入っている。その円筒容器内の圧力が常に 1.60×10^5 Pa となるようにピストンの位置を調整しつつ、ゆっくりと加熱したところ、温度 370 K において気体が発生し始め、最終的に $0.10 \times n_A$ [mol] の気体が生じ、気体相と液体相の共存状態となった(図 2 ㉕)。加えた全ての熱量が物質 A に吸収されたとすると、その熱量は物質 A 1 mol あたり J である。

(2) 次に、ピストンを引き上げて固定し、円筒容器内を加熱したところ、残存していた液体は全て気体となった。さらに加熱を続けると、円筒容器内の温度は 400 K となり、圧力は 1.70×10^5 Pa となった(図 2 ㉖)。

(3) 円筒容器内の体積が、図 2 ㉖の状態の 5 倍となるまでピストンを引き上げて固定し、コックを操作して物質 B を注入したところ、円筒容器内は全て気体となり、温度は 370 K、圧力は 7.0×10^4 Pa となった(図 2 ㉗)。このとき、円筒容器内に存在する混合気体の成分 A のモル分率は である。

(4) 次に、温度を 370 K に保ったままピストンを押し込んで円筒容器内の体積を小さくし、気体の圧力 P を 1.00×10^5 Pa としたところ、成分 A と B の混合溶液が生じ、気体相と液体相の共存状態となった(図 2 ㉘)。このとき、液体相の成分 A のモル分率 x_A は、 P 、 π_A 、 π_B のみによって、 $x_A =$ のように表され、その値は と求められる。ただし、温度 370 K における純粋な液体 B の蒸気圧は 6.7×10^4 Pa であり、円筒容器とコックをつなぐ細管の体積は無視できるものとする。

(5) 続いて、温度を 370 K に保ったまま、さらにピストンを押し込み、気体相の体積を小さくしたところ、液体相の成分 A のモル分率 x_A は増加し、円筒容器内の圧力 P は大きくなった。このことは、気体相の成分 A のモル分率 y_A が ことを意味している。

問 5 , , に適切な数値を、また、 に適切な式を、それぞれの解答欄に記入せよ。ただし、圧力 $1.60 \times 10^5 \text{ Pa}$ における液体 A のモル比熱を $1.4 \times 10^2 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ 、蒸発熱を $31 \text{ kJ}/\text{mol}$ とし、数値は有効数字 2 けたで答えよ。

問 6 (5) について、気体相の成分 A のモル分率 y_A を、 x_A , π_A , π_B のみによって表す式として求めよ。導出過程も示せ。また、導出した式から に適切な語句を以下より選び、解答欄に番号を記入せよ。

- 1 減少した 2 増加した 3 変化しなかった

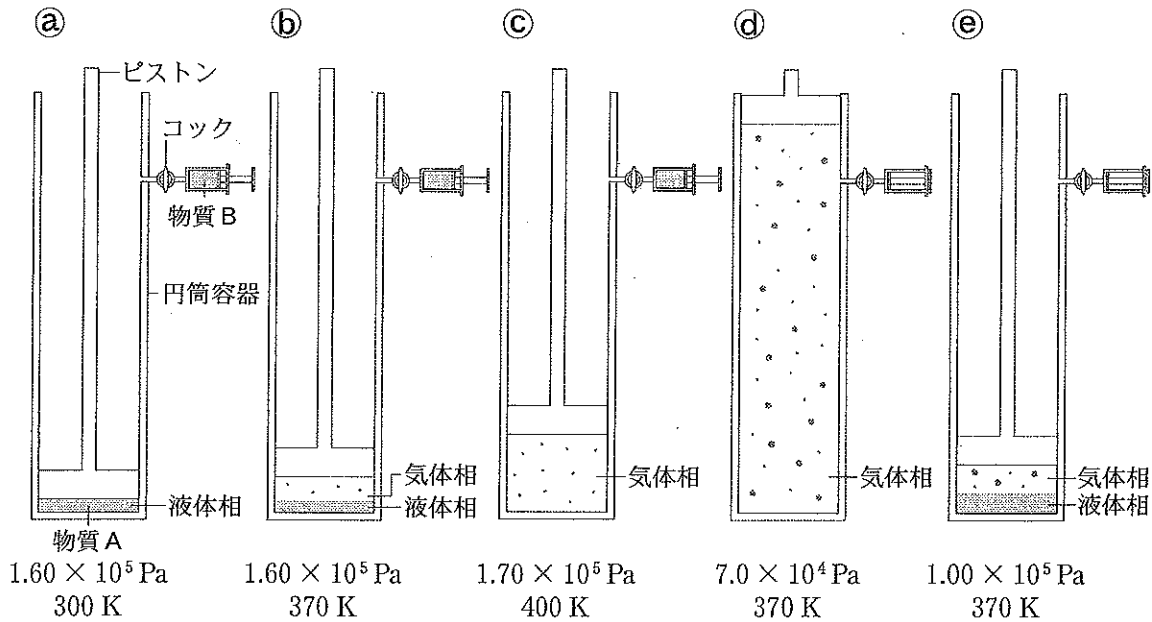


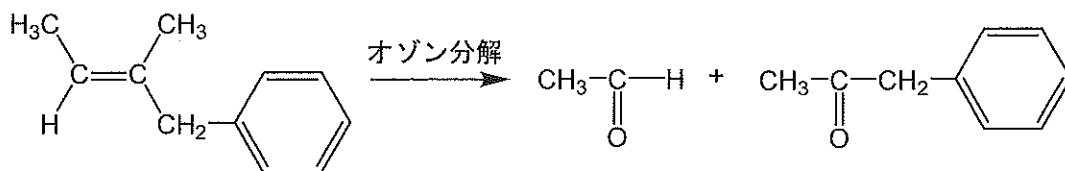
図 2

(図中の数値は各状態における円筒容器内の圧力と温度を示す)

化学問題 III

次の(a), (b)について, 問1~問9に答えよ。解答はそれぞれ所定の解答欄に記入せよ。

- (a) 炭素—炭素の二重結合は, オゾン分解により, 次の反応例に示すように酸化的に切断される。原子量は $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$ とし, 標準状態の気体 1 mol の体積は 22.4 リットルとする。構造式は次の例にならって記せ。



カルボニル基を3つもち, 不斉炭素をもたず, 分子式 $\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{O}_6$ で示される化合物 A 10.0 g に白金触媒により常圧で十分な量の水素 (H_2) を反応させると, 標準状態において 0.732 リットルの水素が消費されて化合物 B が生じた。一方, 1 mol の化合物 A を水酸化ナトリウム水溶液で完全に加水分解し, 中和したところ, 化合物 C, D, E がそれぞれ 1 mol, 2 mol, 1 mol 生成した。化合物 C は粘性の高い液体であり, 天然の油脂を加水分解して得られる分子量 92.0 の化合物と同じ物質であった。また, 化合物 D および化合物 E は銀鏡反応を示さなかった。化合物 E をオゾン分解するとベンズアルデヒドと化合物 F が得られた。

問 1 化合物 B の分子式を記せ。

問 2 化合物 C の名称を記せ。

問 3 化合物 D および F の構造式を記せ。

問 4 化合物 E として考えられる構造は 2 つある。その 2 つの構造式を記せ。

問 5 化合物 A に水素を反応させて生じた化合物 B の構造式を記せ。

この問題は、次のページに続いている。

(b) 乳酸は不斉炭素原子を1つもつヒドロキシ酸であり，L-乳酸とD-乳酸の2つの鏡像異性体が存在する。特にL-乳酸はトウモロコシなどの植物から大量に得られることから，L-乳酸を重合させたポリ-L-乳酸はバイオプラスチックとして盛んに研究されている。しかし，L-乳酸を直接重合しても，高い重合度のポリ-L-乳酸は得られなかった。そこで，図1のようにL-乳酸2分子を脱水縮合させることで環状構造をもつL-ラクチドを合成し，開環重合を行ったところ，高い重合度のポリ-L-乳酸が得られた。

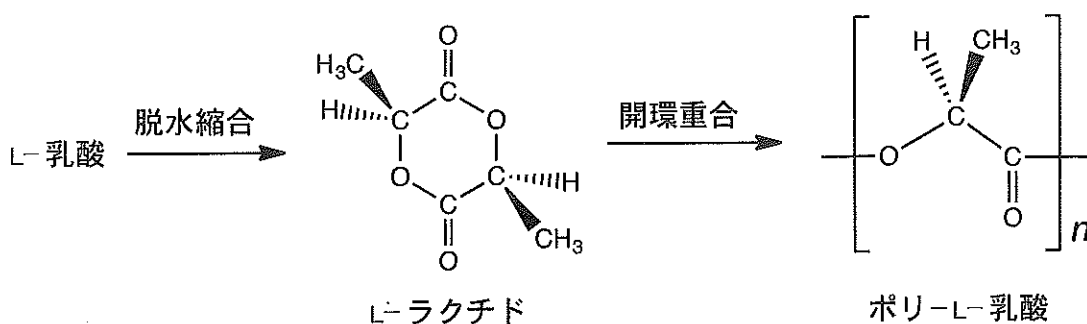


図1

問6 L-ラクチドは，図1に示すような立体構造をもつ。図1に示す結合のうち，で示す結合は紙面の手前側に，は紙面の奥側に伸びていることを表す。図2にL-乳酸の鏡像異性体であるD-乳酸の立体構造を示す。
ア および イ に入る原子または原子団を化学式で答えよ。

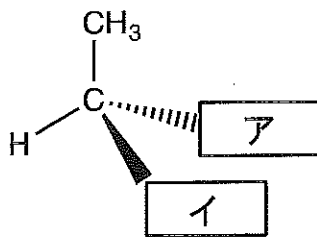


図2 D-乳酸

問 7 ラクチドの立体異性体は全部で 3 つある。L-ラクチドを除く、残り 2 つのラクチドの異性体の立体構造を、図 1 の L-ラクチドの例にならって構造式で示せ。

問 8 L-ラクチドとその鏡像異性体である D-ラクチドの等量混合物を用いて開環重合したところ、L-乳酸部位と D-乳酸部位が不規則に配列したポリ-DL-乳酸が得られた。このポリ-DL-乳酸と先に得られたポリ-L-乳酸のかたさを比較した結果、ポリ-L-乳酸の方がかたかった。ポリ-L-乳酸の方がかたかった理由について、「分子鎖の配列」、「結晶部分の割合」という 2 つの語句を用いて、30 字以内で記述せよ。

問 9 以下の文章中の {ウ} ~ {オ} について、{ } 内の適切な語句を選び、その番号をそれぞれ解答欄に記入せよ。

D-ラクチドを開環重合してポリ-D-乳酸を合成した。このポリ-D-乳酸の密度は {ウ： 1. D-乳酸, 2. ポリ-L-乳酸, 3. ポリ-DL-乳酸} と同じであった。ポリ-D-乳酸とポリ-L-乳酸では、水酸化ナトリウム水溶液による加水分解のされやすさは {エ： 1. 同じであった, 2. 異なっていた}。また、ポリ-D-乳酸とポリ-L-乳酸では、土壌中の微生物がもつ酵素による生分解のされやすさは、大部分の酵素において、 {オ： 1. 同じであった, 2. 異なっていた}。

化学問題 IV

次の(a), (b)について, 問1~問8に答えよ。解答はそれぞれ所定の解答欄に記入せよ。

(a) 化学物質による遺伝子の突然変異誘発について考えよう。

1953年, ワトソンとクリックはDNAの二重らせん構造モデルを示した。本モデルでは, 図1に示すプリン塩基とピリミジン塩基が, 水素結合を介して塩基対を形成している。プリン塩基の 位とピリミジン塩基の 位で直接形成される水素結合と, プリン塩基の 位とピリミジン塩基の 位の置換基間で形成される水素結合は, 2組の塩基対のどちらにも存在する。

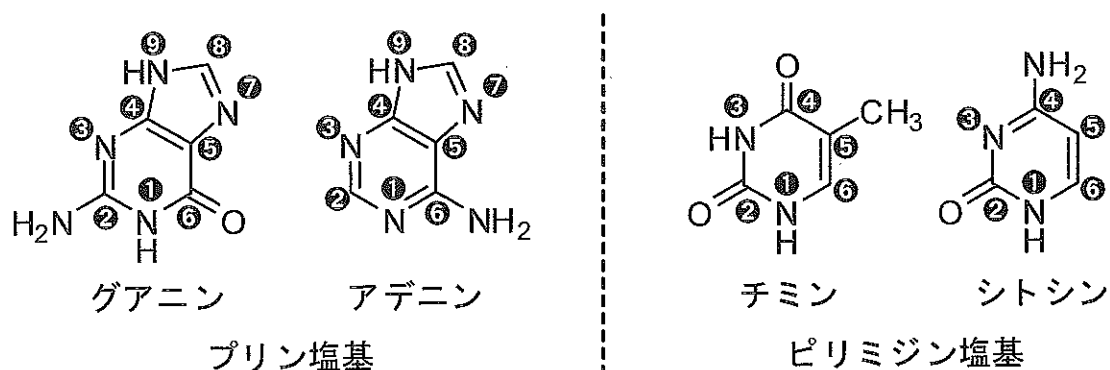
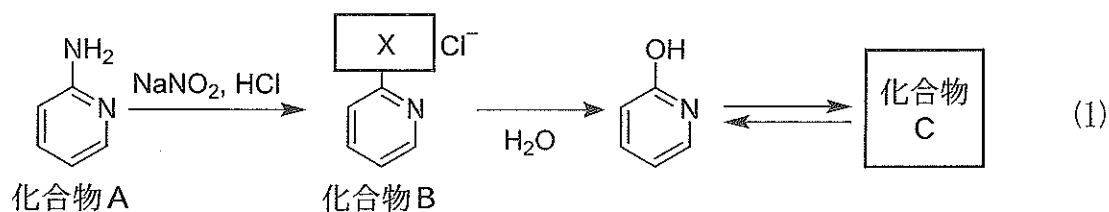


図1

(図中の白抜きの数字は炭素原子もしくは窒素原子につけた番号で, 1位, 2位などと呼ぶ)

問1 ~ に適切な数字を記入せよ。

亜硝酸ナトリウム (NaNO_2) は、肉の発色や細菌繁殖の防止のための食品添加物として用いられている。しかしながら、これを大量に摂取すると核酸塩基の脱アミノ化反応などが引き起こされ、毒性や発がん性を示すことが知られている。例えば式(1)の化合物 A は、塩酸中で亜硝酸ナトリウムと反応し、化合物 B となる。この化合物を加水分解すると、最終的にアミド結合を有する化合物 C となる。



この脱アミノ化反応が DNA 中のシトシンで起こった場合、生成物の塩基部位は速やかに生体内のある修復酵素により除去される。一方、シトシンの 5 位にメチル基 ($-\text{CH}_3$) が導入された 5-メチルシトシン で同様の脱アミノ化反応が起こった場合、この修復酵素では除去の対象とならず、異なる遺伝情報をもたらす塩基配列となる。これは、突然変異誘発の原因となり得る。

問 2 式(1)の X に入る原子または原子団を化学式で答えよ。

問 3 化合物 C の構造式を記せ。

問 4 下線部の反応で生成した化合物の名称を記せ。

タバコの煙に含まれるベンゾ[*a*]ピレンは、生体内で酵素反応により酸化物となり、DNA 中のグアニンと結合する。このような化学物質の核酸塩基への結合は DNA の化学修飾と呼ばれ、突然変異誘発の原因となり得る。

問 5 以下の(i), (ii)に答えよ。

- (i) ある細胞の DNA では、全塩基数に対するアデニンの数の比率が 10 % であった。この DNA のヌクレオチド単位の式量の平均値を有効数字 3 けたで答えよ。

なお、DNA 中には 4 種類の核酸塩基のみ存在し、各核酸塩基を含むヌクレオチド単位の式量は、アデニン：310、グアニン：330、シトシン：290、チミン：300 とする。

- (ii) あるタバコ 1 本を燃焼させたときの煙に含まれるベンゾ[*a*]ピレン(分子量 252)の総量は 1.134×10^{-7} g であった。ベンゾ[*a*]ピレンの酸化物が(i)の細胞の DNA 中に存在する全てのグアニンと結合すると仮定したとき、このタバコ 1 本で細胞何個分の DNA を化学修飾できるか、有効数字 3 けたで答えよ。導出過程も記せ。

なお、1 mol のベンゾ[*a*]ピレンは 1 mol の酸化物となり、グアニン 1 mol と結合するものとし、また、(i)の細胞 1 個に含まれる DNA の重量は 3.40×10^{-12} g とする。

(b) 分子模型を使って環状有機化合物の構造を考えよう。

メタン CH_4 は、炭素原子を中心とした正四面体構造をとっており、その4つの水素原子は各頂点に配置されている。シクロヘキサン C_6H_{12} においても、各炭素原子は直接結合する水素原子と隣接する炭素原子から構成される正四面体構造の中心に位置する。そのため、炭素が形成する環は上方からは正六角形に見えるが、側方から見ると図2のⒶ、Ⓑのような「いす形」と呼ばれる構造をとっていることが分子模型を用いると容易に理解できる。シクロヘキサン環をほぼ平面に見立てたとき、各炭素原子には、その平面に対して垂直な方向とほぼ平行な方向に1つずつ水素原子が結合している。図2のⒶ、Ⓑは、原子間の結合を切断することなく相互変換可能であり、両者は平衡状態にある。Ⓐの C^1 を下に押し下げ、 C^4 を上に持ち上げると、炭素—炭素間の結合が回転し、水素原子の配置が変わりⒷへと変換される。

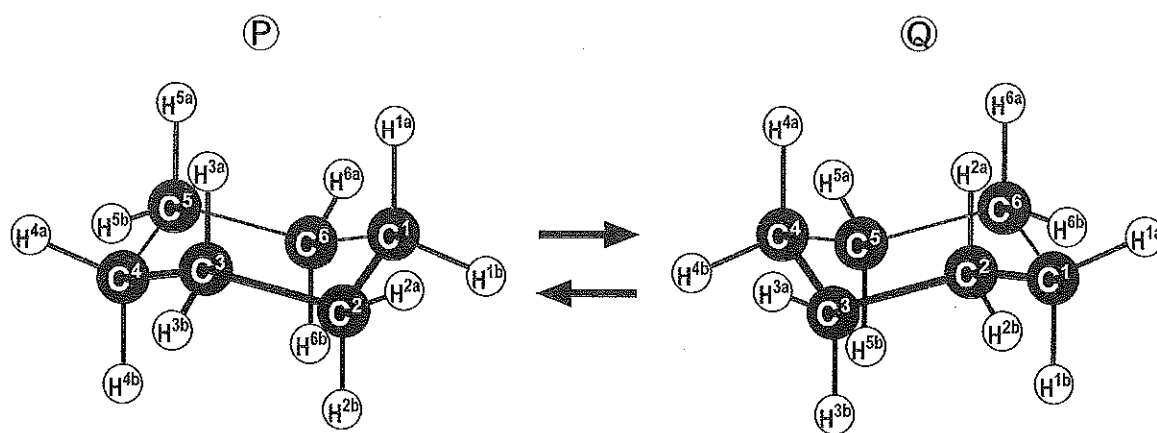


図2 シクロヘキサンの相互変換可能な2種類のいす形環状構造
(炭素—炭素間結合のうち、手前に位置するものを太線で表す)

問6 シクロヘキサンの水素原子 H^{2a} , H^{4b} , H^{6a} をすべてメチル基 ($-\text{CH}_3$) へと置換する。このとき、各置換基間の反発(立体反発)が小さくなるのは、2種の環状構造Ⓐ、Ⓑのどちらか、記号で答えよ。

次に、シクロヘキサンとよく似たいす形環状構造をとる六炭糖(ヘキソース)の立体構造について考えよう。

問 7 図 3 に記すハース投影式は糖の構造表記法の 1 つであり、ヘキソースの各炭素原子に結合する水素原子や置換基を上下に記すことで、それらの位置関係を表している。 α -ガラクトースがとる 2 種類のいす形環状構造のうち、立体反発が小さい構造における炭素原子 C^1 、 C^2 および C^5 の各置換基は、六員環をほぼ平面に見立てたとき、その平面に対していずれの方向に位置するか。最も適切なものを、次の選択肢あ～くから選び、記号で答えよ。

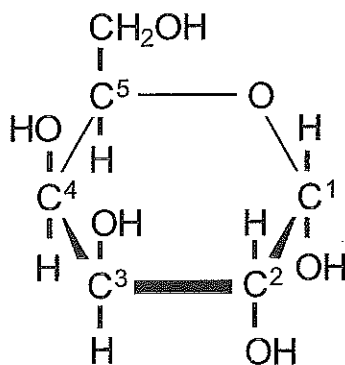


図 3 α -ガラクトースのハース投影式

選択肢	C^1 の OH	C^2 の OH	C^5 の CH_2OH
あ	垂 直	垂 直	垂 直
い	垂 直	垂 直	ほぼ平行
う	垂 直	ほぼ平行	垂 直
え	垂 直	ほぼ平行	ほぼ平行
お	ほぼ平行	垂 直	垂 直
か	ほぼ平行	垂 直	ほぼ平行
き	ほぼ平行	ほぼ平行	垂 直
く	ほぼ平行	ほぼ平行	ほぼ平行

問 8 次の文章を読み，以下の(i)，(ii)に答えよ。

水溶液中において，ガラクトースおよびグルコースは，いずれも C^1 の置換基の向きが異なる α 形および β 形として存在する。 α -グルコースがとる 2 種類のいす形環状構造のうち，立体反発が小さい構造では，六員環をほぼ平面に見立てたとき，その平面に対して垂直に位置する置換基の数は であり，ほぼ平行に位置する置換基の数は である。 β -グルコースの立体反発が小さいいす形環状構造では，六員環に対して垂直に位置する置換基の数は であり，ほぼ平行に位置する置換基の数は である。

(i) ~ に適切な数字を記入せよ。

(ii) α -ガラクトース， β -ガラクトース， α -グルコース， β -グルコースのうち，立体反発が最も小さいいす形環状構造をとる糖の名称を答えよ。

化学問題は，このページで終わりである。