帝京大学

2021 年度　一般選抜　化学

化学①

（2 科目　120 分）

1 以下の各問いに答えなさい。

問 1　次の文章を読み，文中の空欄 [あ]〜[う] にあてはまる数値を答えなさい。ただし，必要ならば四捨五入して，有効数字 3 桁の指数表記（$a \times 10^n$；$1 \leqq a < 10$）で答えなさい。

原子 1 個の質量は非常に小さく，このままの数値では取り扱いにくい。そこで，実際の質量は [あ]g である ^{12}C 原子の質量を 12.0 とし，これを基準とする相対的な値で種々の原子の質量を表している。また，^{12}C 原子の 12.0 g に含まれる原子の数，すなわち 6.02×10^{23}，と同数の粒子（原子，分子，イオンなど）の集団を 1.00 mol とし，mol を単位として物質量を表している。気体の場合，1.00 mol の占める体積は，その種類によらず標準状態において，有効数字 3 桁の範囲で同じ 22.4 L である。これらのことから，たとえば標準状態で 14.0 mL の体積を占める塩素は，[い]mol に相当し，それに含まれる塩素分子の数は [う] 個であると求めることができる。

問 2　自然界に安定に存在する塩素は，^{35}Cl と ^{37}Cl の 2 種の同位体からなる。塩素の原子量を 35.45 とし，^{12}C を基準にした各同位体の質量を 34.97 および 36.97 とすると ^{35}Cl の存在比は何 % になるか答えなさい。ただし，数値は指数表記（$a \times 10^n$）で表さず，必要ならば四捨五入して，有効数字 3 桁で答えなさい。

問 3　現在の原子量は $^{12}C = 12$ を基準として定められているが，もし基準を $^{12}C = 24$ として定め 1.00 mol あたりの質量も 12.0 g/mol から 24.0 g/mol に変更したとすると，次の値は現在の値の何倍になるか，分数を用いずに小数点第 1 位までの数値で答えなさい。ただし，現在の塩素の原子量を 35.5，現在の値と比較して変化しない場合は 1.0 と答えなさい。

① アボガドロ定数

② 塩素 71.0 g の物質量

③ 標準状態での塩素の密度

④ 標準状態で 1.40 L を占める塩素の物質量

問 4　27.00 ℃，1.013×10^5 Pa に保たれた部屋で体積 150.0 mL を占める気体 X の質量を測定した。

その結果，得られた質量は同部屋で測定された同じ体積 150.0 mL を占める塩素の質量の 0.4513 倍であった。

① 塩素の原子量を 35.45 として気体 X の分子量を答えなさい。ただし，数値は指数表記（$a \times 10^n$）で表さず，必要ならば四捨五入して，有効数字 4 桁で答えなさい。

② 気体 X が二原子分子の単体であるとすると，今回の結果より予想される気体 X とは何か，名称を漢字で答えなさい。

問 5　元素 A と元素 B からなる化合物がある。この化合物は A が質量で 60 % 含まれている。A の原子量が B の原子量の 2.5 倍であるとき，この化合物の組成式は $A_{\square}B_{\square}$ となる。□ にあてはまる数値を算用数字で答えなさい。

問 6　次の文章を読み，文中の空欄 [え]〜[き] にあてはまる数値を答えなさい。ただし，$(3.110)^3 = 30.08$ とし，数値は必要ならば四捨五入して，有効数字 3 桁の指数表記（$a \times 10^n$；$1 \leqq a < 10$）で答えなさい。

ステアリン酸（$C_{17}H_{35}COOH = 284.0$ とする）56.80 mg をヘキサン 100.0 mL に溶かし，ステアリン酸の物質量 [え]mol に相当する 0.1250 mL を水面に滴下するとヘキサンは蒸発し，水面上にステアリン酸の分子が一層に並んだ単分子膜 332.2 cm^2 を生じた。水面上でステアリン酸 1 分子の占める面積を 2.200×10^{-15} cm^2 とすると，この 332.2 cm^2 の単分子膜中には [お] 個のステアリン酸分子が含まれているので，この実験からアボガドロ定数を [か](/mol) と求めることができる。

また，単位格子 1 辺の長さが 0.3110 nm である体心立方格子とよばれる配列をしているある金属（原子量：50.96）の結晶の密度が 5.600 g/cm^3 であったとすると，計算でアボガドロ定数を [き](/mol) と求めることもできる。

2 次の文章を読み，以下の各問いに答えなさい。ただし，原子量は H = 1.01，C = 12.0，O = 16.0，気体定数を 8.31×10^3 [Pa·L/(K·mol)] とする。

炭素，水素，酸素だけからなる化合物 A を 37.0 mg とり，元素分析装置で完全燃焼させたところ，二酸化炭素 88.0 mg，水 45.0 mg を得た。また，化合物 A を 10.0 mg とり，127 ℃，1.01×10^3 Pa で蒸気にしたところ，体積が 444 mL であった。ただし，化合物 A は 127 ℃で分解しないものとする。

問 1　実験結果より導いた化合物 A の①組成式，②分子量，および③分子式を答えなさい。ただし，分子量については指数表記（$a \times 10^n$）で表さず，必要ならば四捨五入して，有効数字 3 桁で答えな

さい。

化合物 A および化合物 A の異性体である化合物 B〜H の計 8 種類の化合物を用いて以下の実験を行った。ただし，化合物 A〜H は**同一化合物ではなく**，化合物 A は枝分かれのある炭素鎖を含まないものとする。

【実験 1】化合物 A〜H に単体のナトリウムの小片を加えたところ，化合物 A〜E は気体を発生して溶け，化合物 F〜H は反応しなかった。

【実験 2】化合物 A〜E に硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を加えて加熱したところ，化合物 A〜D は，それぞれ分子量が 2.02 小さい化合物 I〜L が生じ，化合物 I と J はさらに反応が進行し，それぞれ酸性を示す化合物 M，N となった。化合物 E は反応しなかった。

【実験 3】化合物 I〜L にフェーリング液を加えて加熱したところ，化合物 I〜L のいずれかで沈殿が生じた。ただし，化合物はすべて別方法で合成し，精製後用いた。

【実験 4】化合物 A〜E にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱したところ，化合物 A〜E のいずれかで特有の臭気をもつ沈殿が生じた。

【実験 5】化合物 A〜E に濃硫酸を加え約 170 ℃に加熱したところ，いずれも不飽和炭化水素が得られた。

【実験 6】化合物 A と化合物 M を混合し，少量の濃硫酸を加えておだやかに加熱したところ，果実のような香りをもつ化合物 O を生じた。

問 2　【実験 2】の化合物 A〜D の反応前のクロムを含むイオンの①化学式および②色，反応後のクロムを含むイオンの③化学式および④色を答えなさい。ただし，色については，次の (ア)〜(キ) から最も近いものを 1 つずつ選び，記号で答えなさい。

(ア) 無色　(イ) 黒　(ウ) 赤　(エ) 黄　(オ) 緑　(カ) 橙赤　(キ) 青

問 3　【実験 3】で①沈殿が生じた化合物をすべて選び，I〜L の記号でアルファベット順に答えなさい。また，沈殿の②化学式と③色を答えなさい。ただし，色については，次の (ア)〜(キ) から最も近いものを 1 つ選び，記号で答えなさい。

(ア) 白　(イ) 黒　(ウ) 赤　(エ) 黄　(オ) 緑　(カ) 橙赤　(キ) 青

問 4　【実験 4】で①沈殿が生じた化合物をすべて選び，A〜E の記号でアルファベット順に答えなさい。また，沈殿の②化学式と③色を答えなさい。さらにこのとき沈殿と同時に生成した有機化合物に含まれる④官能基をカタカナで答えなさい。ただし，色については，次の (ア)〜(キ) から最も近いものを 1 つ選び，記号で答えなさい。

(ア) 白　(イ) 黒　(ウ) 赤　(エ) 黄　(オ) 緑　(カ) 橙赤　(キ) 青

問 5　【実験 6】で得られた化合物 O の化学式を，次の (ア)〜(キ) から 1 つ選び，記号で答えなさい。

(ア) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

(イ) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-O-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

(ウ) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-COO-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

(エ) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CO-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

(オ) $CH_3-CH_2-CH_2-O-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

(カ) $CH_3-CH_2-CH_2-COO-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

(キ) $CH_3-CH_2-CH_2-CO-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

問 6　化合物 I の異性体のうち，もっとも多くの不斉炭素原子をもつアルコールに含まれる不斉炭素の数を算用数字で答えなさい。ただし，不斉炭素原子をもつものがない場合には解答欄に算用数字の 0 を記入しなさい。

問 7　次の文章 (ア)〜(オ) について，正しいものをすべて選び，記号で五十音順に答えなさい。ただし，該当するものがない場合には解答欄に × を記入しなさい。

(ア) 化合物 A〜E の沸点は，いずれも化合物 F〜H の沸点よりも低い。

(イ) 化合物 K と化合物 L は，同一化合物である。

(ウ) 化合物 F〜H は，すべて 2 種類のアルコールを濃硫酸と混合し約 130 ℃に加熱して得られる。

(エ) 【実験 5】において化合物 C からは，幾何異性体を区別すると 3 種類の不飽和炭化水素が得られる。

(オ) 【実験 5】において化合物 A から得られる生成物のすべての炭素原子は，常に同一平面上に存在する。

3 次の文章を読み，以下の各問いに答えなさい。

炎色反応とは，原子が炎より熱エネルギーを吸収してエネルギーの高い不安定な状態（励起状態）となり，そこからエネルギーの低い安定な状態（基底状態）にもどる際に，両状態のエネルギーの差に相当する光（可視光）が観察される現象をいう。なお，エネルギー E と光の波長 λ には相関があることが知られており，波長が短いほどエネルギーが高い。炎色反応においては，たとえばリチウムでは [あ] 色，ナトリウムでは [い] 色，カリウムでは [う] 色をそれぞれ呈する。以下，炎色反応の原理について触れていく。

まず，原子の基底状態の電子配置について考える。電子は原子核を取り囲む電子殻とよばれるいくつかの層に存在しており，電子殻は原子核に近い順に K 殻，L 殻，M 殻・・・と名付けられている。電子殻について原子核から近い順に与えられる自然数 n を主量子数とよび，図 1 のように K 殻
(a)

を $n = 1$，L 殻を $n = 2$ と表せる。K 殻以外の電子殻は，エネルギー準位の異なるいくつかのオービタル（電子軌道）に分かれていることが知られている。オービタルには s 軌道，p 軌道などが存在し，図 2 に示すように s 軌道は球対称であり方向性を持たないが，p 軌道では x 軸，y 軸，z 軸に対して軸対称を持つ 3 つの軌道を有し，それぞれ p_x 軌道，p_y 軌道，p_z 軌道という。K 殻では 1 つの s 軌道を有することから，K 殻の主量子数である $n = 1$ を付してこの s 軌道は 1s 軌道とよばれる。同様にして，L 殻（$n = 2$）では 1 つの s 軌道（2s 軌道）と 3 つの p 軌道（$2p_x$ 軌道，$2p_y$ 軌道，$2p_z$ 軌道）がそれぞれ存在する。各軌道には最大で 2 個までの電子が入ることができる。

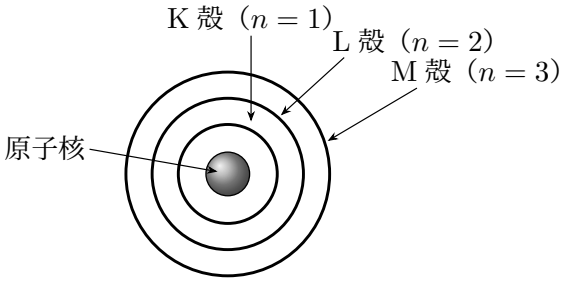


図 1

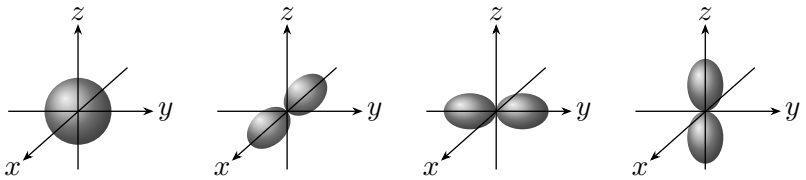


図 2

ここで，基底状態における電子の各軌道の占有には次の (1)〜(3) の規則がある。

(1) 構成原理：各軌道を電子が占める順序は，1s，2s，2p，3s，3p，4s・・・の順である。

(2) フントの規則：同じエネルギーの軌道が 2 つ以上あるときは，電子は別々の軌道に入り，スピンが互いに平行になるように入る。

(3) パウリの排他律：2 個を超える電子が 1 つの軌道を占めることはできない。もし 2 個の電子が同じ軌道を占めるときは，それらのスピンは互いに反対でなければならない。

ここで，スピンとは電子の自転運動をいい，右回りか左回りの 2 通りがあることから，これらを区別するために便宜上右回りは上矢印（↑），左回りは下矢印（↓）で表すこととする。たとえば窒素で

は，まず構成原理により 1s 軌道に 2 個，2s 軌道に 2 個，2p 軌道に 3 個の電子がそれぞれ入ることが分かる。このとき，各軌道に入っている電子数を反映して窒素の電子配置は $(1s)^2(2s)^2(2p)^3$ であると表現することとする。次に電子は軌道ごとに特定のエネルギー状態しかとれないこと，またスピンについてフントの規則およびパウリの排他律を満たすように考えると，窒素の電子配置は図 3 のようにまとめることができる。

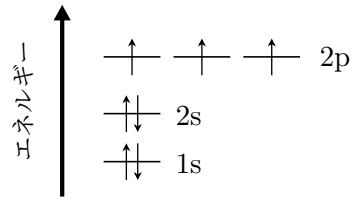


図 3

ここで，ナトリウム（基底状態の電子配置は $(1s)^2(2s)^2(2p)^6(3s)^1$）の炎色反応を例に取る。3s 軌道にある電子は熱エネルギーを吸収して不安定な励起状態となり，輝線スペクトルとよばれる様々な波長の光を放ちながら再び安定な基底状態にもどる。ナトリウムの場合は 4p 軌道から 3s 軌道（波長：330 nm），および 3p 軌道から 3s 軌道（波長：589 nm）が主な輝線スペクトルであるが，330 nm は紫外光領域であるため，我々には 589 nm の波長の光のみ観察できることから，ナトリウムの炎色反応では [い] 色を呈することになる。

輝線スペクトルの波長について，水素を例に取って説明する。水素の輝線スペクトルの波長 λ は次のリュードベリの式によって表されることが知られている。

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

ただし，n_1，n_2 は自然数であり，$n_1 < n_2$ とする。R はリュードベリ定数とよばれ，

$R = 1.1 \times 10^7\ (\mathrm{m}^{-1})$ とする。

$n_1 = 1$ の系列（$n_2 = 2, 3, 4, \cdots$）をライマン系列，$n_1 = 2$ の系列（$n_2 = 3, 4, 5, \cdots$）をバルマー系列，$n_1 = 3$ の系列（$n_2 = 4, 5, 6, \cdots$）をパッシェン系列とそれぞれよぶ。たとえばバルマー系列において，$n_2 = 3$ に励起された電子が $n_1 = 2$ にもどるときに放出する光の波長（nm）は，リュードベリの式より：

$$\frac{1}{\lambda} = 1.1 \times 10^7 \times \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}\right)$$

から $\lambda = 655$（nm）と求まる。

このような電子におけるエネルギー（波長）の不連続性に着目して，ボーアは電子殻の概念を着想したとされている。

問 1　文中の空欄 [あ]〜[う] にあてはまる最適な語句を，次の (ア)〜(ク) から 1 つずつ選び，記号で答えなさい。ただし，同じものを何度選んでもよい。

（ア）橙赤　（イ）赤　（ウ）紅　（エ）青緑

（オ）黄　（カ）黄緑　（キ）赤紫　（ク）青

問 2　下線部 (a) に関して，①各電子殻に入る電子の個数の最大値は主量子数 n を用いてどのように表されるか，②主量子数 n（$= 1, 2, \cdots$）までのすべての電子殻に入りうる電子の個数の最大値について最適なものを，次の (ア)〜(シ) からそれぞれ 1 つずつ選び，記号で答えなさい。

（ア）$2n$　（イ）$2(n-1)^2$　（ウ）$2n^2$

（エ）$2(n+1)^2$　（オ）$n(n+1)$　（カ）n^2+1

（キ）$\dfrac{1}{2}n(n+1)$　（ク）$\dfrac{1}{6}n(n+1)(2n+1)$　（ケ）$\dfrac{1}{3}n(n+1)(2n+1)$

（コ）$\dfrac{1}{6}n(n+1)(2n-1)$　（サ）$\dfrac{1}{2}n(n-1)$　（シ）$\left\{\dfrac{1}{2}n(n+1)\right\}^2$

問 3　①酸素，②塩素の基底状態の電子配置として最適なものを，次の (ア)〜(コ) から 1 つずつ選び，記号で答えなさい。

（ア）$(1\mathrm{s})^2(2\mathrm{s})^2$　（イ）$(1\mathrm{s})^2(2\mathrm{s})^2(2\mathrm{p})^2$

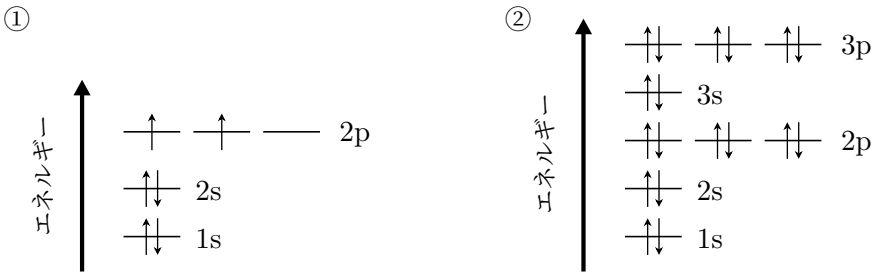
（ウ）$(1\mathrm{s})^2(2\mathrm{s})^2(2\mathrm{p})^4$　（エ）$(1\mathrm{s})^2(2\mathrm{s})^2(2\mathrm{p})^6$

（オ）$(1\mathrm{s})^2(2\mathrm{s})^2(2\mathrm{p})^6(3\mathrm{s})^2$　（カ）$(1\mathrm{s})^2(2\mathrm{s})^2(2\mathrm{p})^6(3\mathrm{s})^2(3\mathrm{p})^1$

（キ）$(1\mathrm{s})^2(2\mathrm{s})^2(2\mathrm{p})^6(3\mathrm{s})^2(3\mathrm{p})^3$　（ク）$(1\mathrm{s})^2(2\mathrm{s})^2(2\mathrm{p})^6(3\mathrm{s})^2(3\mathrm{p})^5$

（ケ）$(1\mathrm{s})^2(2\mathrm{s})^2(2\mathrm{p})^6(3\mathrm{s})^2(3\mathrm{p})^7$　（コ）$(1\mathrm{s})^2(2\mathrm{s})^2(2\mathrm{p})^6(3\mathrm{s})^2(3\mathrm{p})^6(4\mathrm{s})^1$

問 4　次の①，②で表される元素の基底状態の電子配置について，元素記号で答えなさい。



問 5　以下の各問いに答えなさい。

① バルマー系列において，$n_2 = 4$ に励起された電子が $n_1 = 2$ にもどるときに放出する光の波長 λ（nm）を，小数点以下を四捨五入して整数で答えなさい。

② ライマン系列において，$\lambda = 103$（nm）のとき，n_2 の値として最適な値を自然数で答えなさい。

問 6　次の文章 (ア)〜(ウ) について，正しいものをすべて選び，記号で五十音順に答えなさい。ただし，該当するものがない場合には解答欄に × を記入しなさい。

(ア) ライマン系列の輝線スペクトルの波長はすべて 150 nm 未満の範囲にある。

(イ) バルマー系列の輝線スペクトルの波長はすべて 300〜700 nm の範囲にある。

(ウ) ライマン系列とバルマー系列の輝線スペクトルでは，同じ波長のものが存在する（ただし，それぞれの系列について n_2 の最大値を 6 とする）。

4 以下の各問いに答えなさい。

問 1　次の文章を読み，以下の各問いに答えなさい。

一般的な化学反応においては，[あ] 温にするほど [い] 速度は大きくなることが多い。しかし，生体内の酵素反応においては，[う] 温度を外れると [い] 速度は急激に [え] なる。

(1) 文中の空欄 [あ]，[え] にあてはまる最適なものを，次の (ア)〜(ク) から選び，記号で答えなさい。

(ア) 大きく　(イ) 高　(ウ) 恒　(エ) 常

(オ) 小さく　(カ) 高く　(キ) 低　(ク) 低く

(2) 文中の空欄 [い], [う] にあてはまる最適な語句を漢字 2 文字で答えなさい。

問 2　鎮痛剤や風邪薬のように，病気の症状を緩和するための薬を [あ] 療法薬，抗生物質のように病気の原因を根本的に取り除くための薬を [い] 療法薬という。

[あ], [い] にあてはまる最適な語句を漢字 2 文字で答えなさい。

問 3　完全に加水分解をしたとき，2 種類以上の単糖が生成するものを，次の (ア)〜(カ) からすべて選び，記号で五十音順に答えなさい。

(ア) 果糖　　(イ) ショ糖　　(ウ) セルロース

(エ) 麦芽糖　　(オ) 乳糖　　(カ) グリコーゲン

問 4　最も低い等電点を持つアミノ酸を，次の (ア)〜(オ) から 1 つ選び，記号で答えなさい。

(ア) アスパラギン酸　(イ) アラニン　　(ウ) グルタミン

(エ) ヒスチジン　　(オ) リシン

問 5　メチレンブルー（青色）は還元されるとロイコメチレンブルー（無色）となる。このメチレンブルーに塩基性条件下，反応に適した温度で糖を加えたとき，溶液の色が**無色に変化しなかったもの**を，次の (ア)〜(オ) からすべて選び，記号で五十音順に答えなさい。ただし，メチレンブルー溶液には十分な量の糖を加えることとする。

(ア) グルコース　　(イ) スクロース　　(ウ) セロビオース

(エ) フルクトース　(オ) マルトース

問 6　次の①〜③の合成繊維の重合形式を，以下の (ア)〜(オ) から選び，記号で答えなさい。ただし，同じものを何度選んでもよい。

① アクリル繊維

② ナイロン 6

③ ポリエチレンテレフタラート

(ア) 開環重合　(イ) 共重合　(ウ) 付加重合　(エ) 付加縮合　(オ) 縮合重合

問 7　グルコースのアルコール発酵において二酸化炭素が標準状態で 4.48 L 発生したとき，生成したアルコールの質量（g）を答えなさい。ただし，標準状態における気体の体積は 22.4 L であるとする。また，H = 1.00，C = 12.0，N = 14.0，O = 16.0 とし，数値は指数表記（$a \times 10^n$）で表さず，必要ならば四捨五入して，有効数字 3 桁で答えなさい。

問 8　アクリロニトリルとブタジエンを 1 : 2 の割合で共重合させて合成ゴムを得たとき，平均分

子量が 5.4×10^5 であった。この合成ゴムの中に存在する二重結合の数を答えなさい。ただし，H = 1.0，C = 12，N = 14，O = 16 とし，数値は必要ならば四捨五入して，有効数字 2 桁の指数表記（$a \times 10^n$；$1 \leqq a < 10$）で答えなさい。

化学②

（2 科目　120 分）

1 次の文章を読み，以下の各問いに答えなさい。

空気亜鉛電池は [あ] 極の活物質として亜鉛，[い] 極の活物質として空気中の [う] を用いており，電解液として [え] 水溶液が用いられている。

正極では [お]+2[か]+$4e^-$ → 4[き] の反応が生じ，

負極では [く]+4[け]→[こ]+$2e^-$ の反応が生じ，さらに電解液内で

[こ]→[さ]+[し]+2[す] の反応が進行する。[さ] は白色顔料や化粧品，医薬品などとしても用いられる物質である。

冬場にストーブなどを使用している室内では，空気中の [せ] 濃度が高くなり，

[せ]+[そ]→[た] の反応が生じ，[そ] の濃度低下により [ち] 極の反応の進行が抑制されて起電力が低下し，補聴器の動作不良のひとつの原因となる。

空気亜鉛電池の亜鉛の質量を 0.654 g とした場合，すべての亜鉛が酸化または還元されたと仮定して生じる電気量（理想放電容量）は [つ] クーロンとなる。これは [て]mA·hour に相当し，補聴器の使用する電流量を 1.00 mA とした場合，1 日 16.0 時間の使用で [と] 日間使用できる計算となる。すべての活物質が酸化または還元されることにより同じ理想放電容量となるアルカリマンガン乾電池では，正極と負極の活物質の総質量は [な]g となる。このように空気亜鉛電池は軽量なために，補聴器用の電池として利用されている。

問 1　文中の空欄 [あ]，[い]，[ち] にあてはまる語句を，それぞれ漢字 1 文字で答えなさい。

問 2　文中の空欄 [う]〜[た] にあてはまる物質，もしくはイオンを，次の (ア)〜(テ) から 1 つずつ選び，記号で答えなさい。ただし，同じものを何度選んでもよい。

(ア) Ag　(イ) Ag_2O　(ウ) CO　(エ) CO_2　(オ) HCO_3^-

(カ) HNO_3　(キ) H_2O　(ク) KCl　(ケ) KOH　(コ) N_2

(サ) NaCl　(シ) NH_4Cl　(ス) O_2　(セ) OH^-　(ソ) Zn

(タ) ZnO　(チ) $ZnCl_2$　(ツ) $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$　(テ) $[Zn(OH)_4]^{2-}$

問 3　文中の空欄 [つ], [て], [な] にあてはまる数値を答えなさい。ただし, O = 16.0, Mn = 54.9, Zn = 65.4，ファラデー定数は 9.65×10^4 C/mol とし，[つ], [て] に関しては，数値は必要ならば四捨五入して，有効数字 3 桁の指数表記（$a \times 10^n$；$1 \leqq a < 10$）で答えなさい。また，[な] に関しては，数値は指数表記（$a \times 10^n$）で表さず，必要ならば四捨五入して，有効数字 3 桁で答えなさい。

問 4　文中の空欄 [と] に最も近い値を，次の (ア)〜(オ) から 1 つ選び，記号で答えなさい。

（ア）10　（イ）30　（ウ）50　（エ）70　（オ）90

2 次の文章を読み，以下の各問いに答えなさい。

鏡像異性体（光学異性体）では，4 種の異なる原子や原子団が結合した炭素原子が存在し，この炭素原子を [あ] という。一般に [あ] を n 個もつ分子では，メソ体を除いて，鏡像異性体が [Ⓐ] 種類存在する。ここで，メソ体とは図 1 に示すように [あ]（図中 C*）を有し，一見鏡像異性体のように見えるが，構造が同一であるものをいう（右側の分子を 180 度回転させると左側の分子と同一となることがわかる）。例えば乳酸は，示性式が $CH_3-C^*H(OH)-COOH$ で表され，[あ] を 1 個もち，鏡像異性体としては図 2 に示すように 2 種類の異性体が考えられる。図 2 で，左にある配置のものを L-乳酸，右にある配置のものを D-乳酸とよび，DL 表記法とよばれる表記法で両者の配置を区別している。ここで，DL 表記法について考えていく。

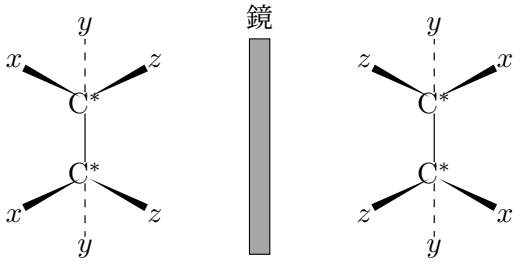


図 1

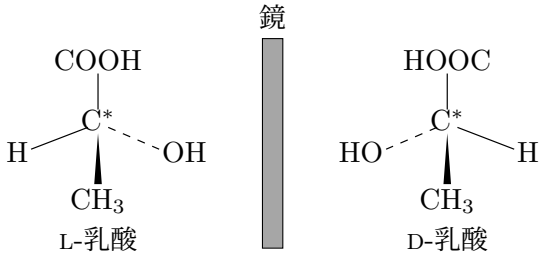


図 2

まず，DL 表記法を理解するためには Fischer 投影式を理解する必要がある。Fischer 投影式は，図 3 に描かれた手順によって，[あ] を中心とした四面体骨格を平面的に記載する方法である。ただし，図 3(A) においてくさび型で表された太い実線は xz 平面の手前側へ，破線は xz 平面の奥側へ向かう結合を示し，実線は xz 平面上にある結合を示すものとする。これを z 軸方向から xy 平面上に投影したものが図 3(B) である。また Fischer 投影式（図 3(C)）において，紙面に対して水平（W － X）の線は紙面の手前側に，紙面に対して垂直（Z － Y）の線は紙面の奥側に向いている結合をそれぞれ表している。

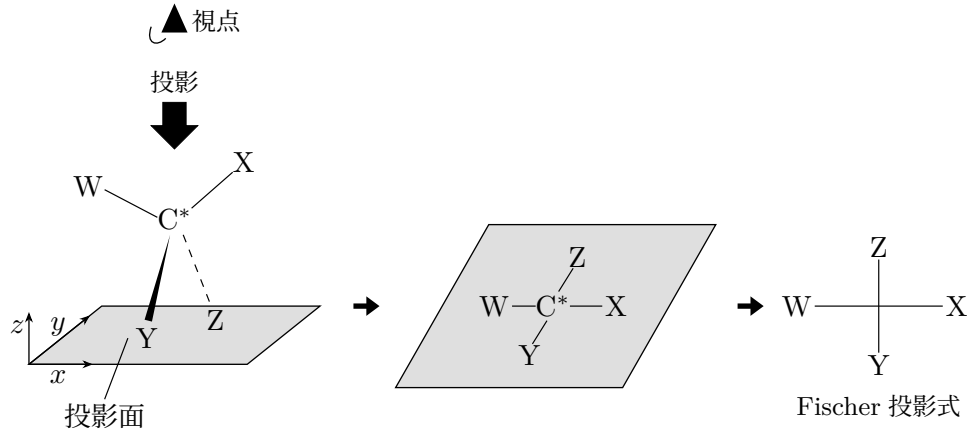
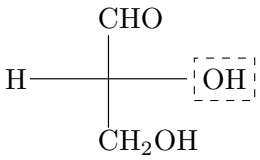
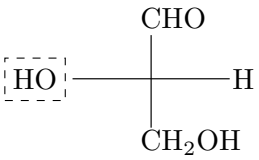


図 3

DL 表記法では，グリセルアルデヒドという立体配置の基準となる物質が存在する。グリセルアルデヒドの Fischer 投影式において，ホルミル基（ただし，フルクトースの場合は $CH_2(OH)CO$ 基）を上，CH_2OH が下にくるように配置したとき，ホルミル基から一番遠いヒドロキシ基（図 4：点線で囲んだ部分）が右側にくるものを D 体，左側にくるものを L 体とよぶというルールとした。したがって，例えば図 5 は D-グルコースの Fischer 投影式を表しているが，ホルミル基から一番遠くにあるヒドロキシ基が右側にあることが確認できる。



D-グリセルアルデヒド



L-グリセルアルデヒド

図 4

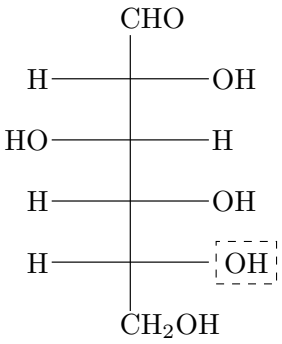


図 5

他方，アミノ酸の DL 表記法では，[あ] に結合する COOH，R（側鎖），NH_2，H について，H を紙面の奥側になるように置いたときに，COOH，R，NH_2 がこの順で時計回りに配置されていれば D 体，反時計回りに配置されていれば L 体と判断できる。

問 1　文中の空欄 [あ] にあてはまる最適な語句を，漢字 6 文字で答えなさい。

問 2　文中の空欄 [Ⓐ] にあてはまる数値として最適なものを次の (ア)〜(ケ) から 1 つ選び，記号で答えなさい。

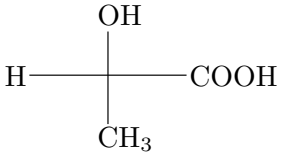
(ア) $2n$　　(イ) $2(n+1)$　　(ウ) $2(n-1)$

(エ) 2^n　　(オ) 2^{n+1}　　(カ) 2^{n-1}

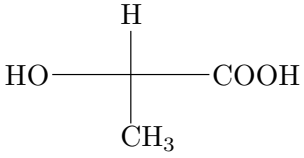
(キ) $2n+2^n$　　(ク) $2(n+1)+2^{n+1}$　　(ケ) $2(n-1)+2^{n-1}$

問 3　図 2 で示される L-乳酸を Fischer 投影式として描いた場合，L-乳酸の Fischer 投影式として正しいのは (ア)，(イ) のどちらか，記号で答えなさい。

(ア)

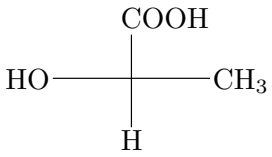


(イ)

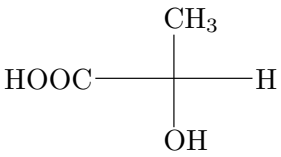


問 4　問 3 で選択した Fischer 投影式は，次の (ア)〜(カ) のどれと立体構造が同一であるか，最適なものを **3 つ選び**，記号で五十音順に答えなさい。

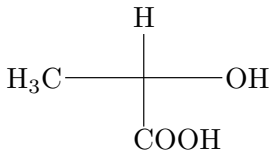
(ア)



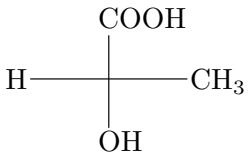
(イ)



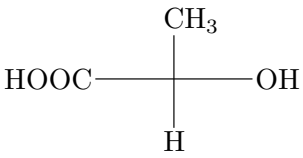
(ウ)



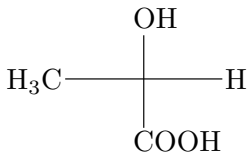
(エ)



(オ)



(カ)



問 5　次の Fischer 投影式についての文章 (ア)〜(ウ) において，正しいものをすべて選び，記号で五十音順に答えなさい。ただし，該当するものがない場合には解答欄に × を記入しなさい。

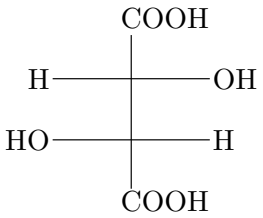
(ア) ある鏡像異性体の Fischer 投影式全体を 180° 回転させても，元の鏡像異性体になる。

(イ) ある鏡像異性体の Fischer 投影式全体を 90° 回転させても，元の鏡像異性体になる。

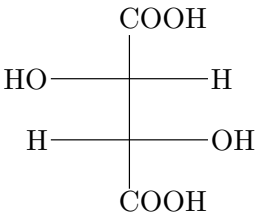
(ウ) ある鏡像異性体の Fischer 投影式について，1 つの置換基を固定して他の 3 つの置換基を時計回りに回転しても，元の鏡像異性体になる。

問 6　酒石酸（示性式は $(CH(OH)COOH)_2$）では 3 つの立体異性体が存在し，2 つの鏡像異性体と 1 つのメソ体を有する。次の酒石酸の Fischer 投影式 (A)〜(D) のうちメソ体は 2 つ存在する。以下の表より，その正しい組み合わせを (ア)〜(カ) から 1 つ選び，記号で答えなさい。

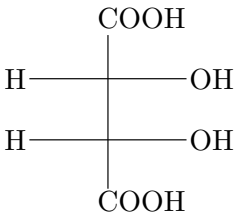
(A)



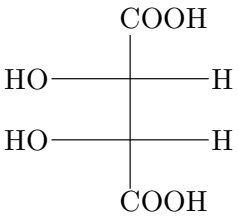
(B)



(C)



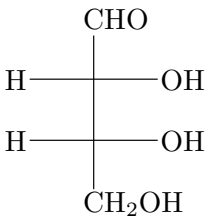
(D)



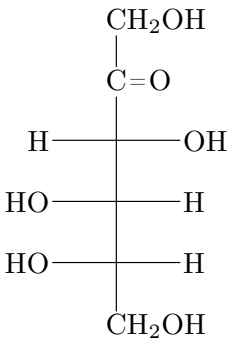
(ア)	(A)	(B)
(イ)	(A)	(C)
(ウ)	(A)	(D)
(エ)	(B)	(C)
(オ)	(B)	(D)
(カ)	(C)	(D)

問 7　次の Fischer 投影式で表される (A)〜(D) の 4 種の糖について，以下の表より D 体・L 体の組み合わせとして正しいものを (ア)〜(タ) から 1 つ選び，記号で答えなさい。

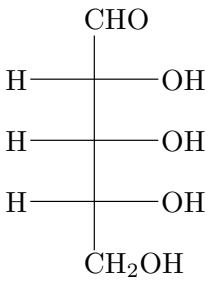
(A)



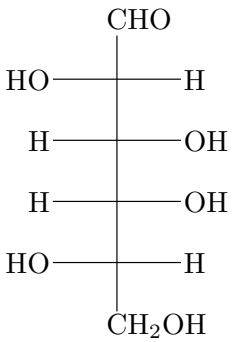
(B)



(C)



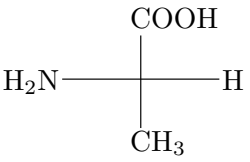
(D)



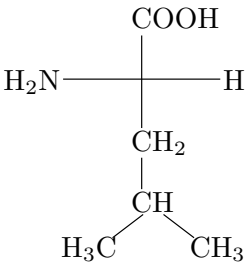
	(A)	(B)	(C)	(D)
(ア)	D 体	D 体	D 体	D 体
(イ)	D 体	D 体	D 体	L 体
(ウ)	D 体	D 体	L 体	D 体
(エ)	D 体	D 体	L 体	L 体
(オ)	D 体	L 体	D 体	D 体
(カ)	D 体	L 体	D 体	L 体
(キ)	D 体	L 体	L 体	D 体
(ク)	D 体	L 体	L 体	L 体
(ケ)	L 体	D 体	D 体	D 体
(コ)	L 体	D 体	D 体	L 体
(サ)	L 体	D 体	L 体	D 体
(シ)	L 体	D 体	L 体	L 体
(ス)	L 体	L 体	D 体	D 体
(セ)	L 体	L 体	D 体	L 体
(ソ)	L 体	L 体	L 体	D 体
(タ)	L 体	L 体	L 体	L 体

問 8　次の Fischer 投影式で表される (ア)〜(カ) の 6 種のアミノ酸から，D 体をすべて選び，記号で五十音順に答えなさい。

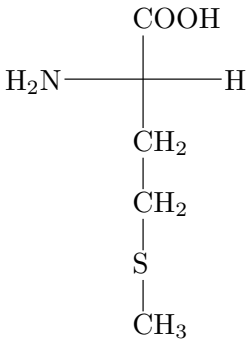
(ア)



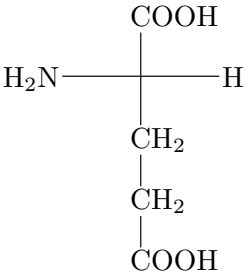
(イ)



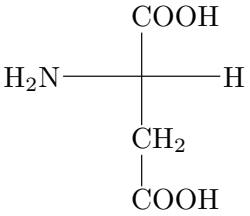
(ウ)



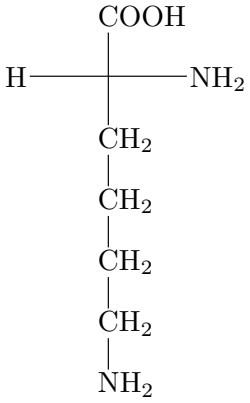
(エ)



(オ)



(カ)



3 以下の各問いに答えなさい。

問 1　次の化合物のうち最も強い酸性を示すものを，1 つ選び (ア)〜(エ) の記号で答えなさい。

(ア) HF　(イ) HCl　(ウ) HBr　(エ) HI

問 2　鉄電極を電源の負極につなぎ，これを A 極とする。また，炭素電極を電源の正極につなぎ，これを B 極とした。この A 極と B 極を用いて，塩化ナトリウム水溶液を電気分解したとき，次の (ア)〜(エ) から正しいものをすべて選び，記号で五十音順に答えなさい。ただし，該当するものがない場合には解答欄に × を記入しなさい。

(ア) B 極で発生する気体は比重が最も小さい。

(イ) A 極で発生する気体は刺激臭をもつ。

(ウ) B 極付近の溶液は塩基性となる。

(エ) A 極付近の溶液は薄い黄色となる。

問 3　フッ素分子と水との反応で生成する気体について，正しいものをすべて選び，(ア)〜(エ) の記号で五十音順に答えなさい。ただし，該当するものがない場合には解答欄に × を記入しなさい。

(ア) この気体は塩素酸カリウムに触媒を加えて加熱しても得られる。

(イ) この気体はすべての気体のうちで最も軽い。

(ウ) この気体はヨウ化カリウムデンプン紙を青紫色に変色させる。

(エ) この気体は強い還元性をもつ。

問 4　塩素分子を水に溶解させたときの反応について，正しいものをすべて選び，(ア)〜(エ) の記号で五十音順に答えなさい。ただし，該当するものがない場合には解答欄に × を記入しなさい。

(ア) 強い還元性をもつ物質が生成する。

(イ) 薄い青紫色の物質も生成する。

(ウ) 強酸と弱酸が生成する。

(エ) 消毒作用を示す物質も生成する。

問 5　酸化マンガン (IV) MnO_2 に濃塩酸を加え，加熱したところ気体が発生した。発生した気体は水を入れた洗気びん I に通した後に濃硫酸を入れた洗気びん II を通し，その後，捕集した。この実験に関して以下の①〜⑦に答えなさい。ただし，気体はすべて理想気体とし，$H = 1.008$，$N = 14.01$，$O = 16.00$，$F = 19.00$，$Cl = 35.45$，$Mn = 54.94$，$Br = 79.90$ とする。

① この反応で発生した気体の色として，最も近いものを次の (ア)〜(キ) から 1 つ選び，記号で答えなさい。

(ア) 無色　(イ) 黄緑色　(ウ) 赤褐色　(エ) 赤紫色

(オ) 淡青色　(カ) 淡緑色　(キ) 赤橙色

② この反応における酸化マンガン (IV) MnO_2 の作用として，正しいものをすべて選び，(ア)〜(エ) の記号で五十音順に答えなさい。ただし，該当するものがない場合には解答欄に × を記入しなさい。

(ア) 触媒　(イ) 脱水剤　(ウ) 酸化剤　(エ) 還元剤

③ 洗気びん I を通す目的として，正しいものをすべて選び，(ア)〜(エ) の記号で五十音順に答えなさい。ただし，該当するものがない場合には解答欄に × を記入しなさい。

(ア) 反応で生成した水素を除去するため

(イ) 加熱で生じた塩化水素を除去するため

(ウ) 反応で生成した酸素を除去するため

(エ) 反応で生じた過マンガン酸ナトリウムの微粒子を除去するため

④ 洗気びん II を通す目的として，正しいものをすべて選び，(ア)〜(エ) の記号で五十音順に答えなさい。ただし，該当するものがない場合には解答欄に × を記入しなさい。

(ア) 反応で生成した水素を除去するため

(イ) 加熱で生じた塩化水素を除去するため

(ウ) 反応で生成した酸素を除去するため

(エ) 反応で生じた過マンガン酸ナトリウムの微粒子を除去するため

⑤ 酸化マンガン (IV) MnO_2 が 0.100 mol であったとき，生成した気体の標準状態における体積（L）として，最も近いものを次の (ア)〜(キ) から 1 つ選び，記号で答えなさい。

(ア) 0.112　(イ) 0.224　(ウ) 0.448　(エ) 0.838

(オ) 1.02　(カ) 1.62　(キ) 2.24

⑥ 捕集した気体の空気に対する標準状態の比重として，最も近いものを次の (ア)〜(キ) から 1 つ選び，記号で答えなさい。ただし，空気の組成は窒素と酸素のみとし，その体積比は標準状態で 4.00：1.00 とする。また，気体の比重とは同温同体積における質量の比とする。

(ア) 1.00　(イ) 1.45　(ウ) 1.75　(エ) 2.00

(オ) 2.45　(カ) 2.75　(キ) 3.00

⑦ 捕集した気体と同じ気体が発生する反応として，正しいものをすべて選び，(ア)〜(エ) の記号で五十音順に答えなさい。ただし，該当するものがない場合には解答欄に × を記入しなさい。

(ア) さらし粉に塩酸を加える。

(イ) 生石灰に濃塩酸を加える。

(ウ) 塩化ナトリウムに濃硫酸を加える。

(エ) 濃塩酸に濃硫酸を加える。

4 次の文章を読み，以下の問いに答えなさい。

グリコーゲンは [あ] と同様に，[い] の 1 位の炭素と [a] 位の炭素に結合している −OH 基同士の脱水縮合により形成される鎖状の構造に加えて，[い] の 1 位の炭素と [b] 位の炭素に結合している −OH 基同士の脱水縮合により形成される枝分かれの構造を含む高分子化合物である。ヨウ素でんぷん反応では [あ] が [う] 色を呈するのに対し，グリコーゲンは [え] 色を呈する。

グリコーゲン試料 G の遊離の −OH 基をメチル化して $-OCH_3$ 基とし，希硫酸とともに加熱してグリコシド結合を加水分解することにより，主生成物である分子 A は [c] 個の CH_3O 基をもち，副生成物として $-OCH_3$ 基を [d] 個もつ分子 B と，[e] 個もつ分子 C がほぼ等モル生じた。分子 B は分子 C よりも多くの −OH 基をもっており，加水分解による $-OCH_3$ 基の反応は生じなかった。主生成物である分子 A が 1.865 g，副生成物である分子 B および分子 C がそれぞれ 0.142 g と 0.125 g 得られた。分子 A の分子量は [f]，分子 B の分子量は [g]，分子 C の分子量は [h] であることから，モル比は A : B : C =[i]: 1 : 1 であり，[い] 分子の約 [j] 分子あたり 1 箇所の枝分かれを含んでいると考えられる。

次に，グリコーゲン試料 G を溶媒に溶かし，27 ℃の条件で，いろいろな濃度 m で浸透圧 Π を測定したところ，以下の表に示す結果が得られた。

m (g/L)	Π (Pa)	Π/m (Pa·L/g)
1.00×10^2	2.12×10^2	2.12
2.00×10^2	4.64×10^2	2.32
3.00×10^2	7.56×10^2	2.52

浸透圧がモル濃度に比例するというファントホッフの法則から，浸透圧とモル濃度の比（Π/m）は一定であるはずだが，高分子化合物の場合，表に示したように濃度が高くなるほど法則からのずれが生じて一定とはならない。そこで，高分子化合物では濃度が 0 に近い溶液（無限希薄溶液）の Π/m を想定することにより平均分子量を求めることができる。Π/m が試料 G の濃度 m の一次関数であると仮定した場合，試料 G の平均分子量は [k] と考えられる。したがって，試料 G はグリコーゲン 1 分子あたり，約 [お] 個の枝分かれがあると考えられる。

問 1　文中の空欄 [あ]〜[え] にあてはまる語句を，次の (ア)〜(ツ) から 1 つずつ選び，記号で答

えなさい。ただし，同じものを何度選んでもよい。

(ア) アミロース　(イ) アミロペクチン　(ウ) セルロース

(エ) マルトース　(オ) スクロース　(カ) トレハロース

(キ) α-グルコース　(ク) β-グルコース　(ケ) α-フルクトース

(コ) β-フルクトース　(サ) α-ガラクトース　(シ) β-ガラクトース

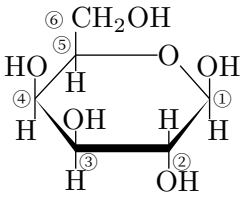
(ス) 赤褐　(セ) 白　(ソ) 濃青

(タ) 緑　(チ) 赤紫　(ツ) 黒

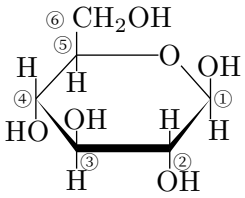
問 2　文中の空欄 [a]〜[j] にあてはまる数値を整数で答えなさい。ただし, H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0 とする。

問 3　文中の空欄 [い] の構造として正しいものを，次の (ア)〜(エ) から 1 つ選び，記号で答えなさい。

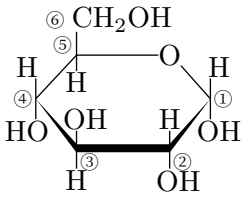
(ア)



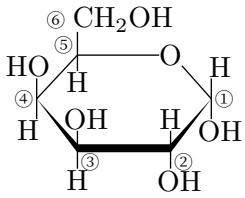
(イ)



(ウ)



(エ)



①〜⑥は炭素の 1 位〜6 位をあらわしている。

問 4　文中の空欄 [k] にあてはまる数値を答えなさい。ただし, 気体定数を 8.31×10^3 (Pa·L/(K·mol)) とし，数値は必要ならば四捨五入して，有効数字 3 桁の指数表記（$a \times 10^n$；$1 \leqq a < 10$）で答えなさい。

問 5　文中の空欄 [お] にあてはまる数値として，最も近い値を，次の (ア)〜(オ) から 1 つ選び，記号で答えなさい。

(ア) 200　(イ) 300　(ウ) 400　(エ) 500　(オ) 600