

(平 29 前)

理 科

	ページ
物 理	1～ 6
化 学	7～14
生 物	15～24
地 学	25～30

・ ページ番号のついていない白紙は下書き用紙である。

注意 解答はすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。

物 理	75 点
化 学	75 点
生 物	75 点
地 学	75 点

化 学

計算のために必要であれば、以下の値を用いなさい。

原子量：H 1.00 C 12.0 N 14.0 O 16.0 Mg 24.3 Al 27.0

S 32.0 Ca 40.0 Mn 55.0 Fe 55.9 Cu 63.5 Zn 65.4

Ag 108 Cd 112 Pb 207

- I 次の文章を読んで、問 1 ～ 6 に答えなさい。計算結果は、すべて有効数字 2 桁で答えなさい。(配点 18 点)

ある純溶媒、分子量 120 の不揮発性物質 X、および中央を半透膜で仕切った左右対称な U 字型の容器(U 字管)を用いて、以下に示す 2 種類の実験 A、B を行った。物質 X は、用いた溶媒中において電離度 α で Y^+ と Z^- に電離する。なお、溶液中では、これらのイオンも溶質粒子として働く。

実験温度 $T[K]$ は一定で、気体定数 $R[Pa \cdot L / (mol \cdot K)]$ との積を $RT = 2.5 \times 10^6 Pa \cdot L / mol$ とする。実験時の大気圧は $1.0 \times 10^5 Pa$ で、空気は理想気体とする。空気は溶媒に溶解せず、溶媒は蒸発しないものとする。U 字管の内径の断面積は $1.0 cm^2$ で一定であり、かつ、高さ 1000 cm の溶液の液柱が底面に及ぼす液柱による圧力は、溶液の濃度に関わらず $1.0 \times 10^5 Pa$ とする。

実験 A (図 1 参照)

15 mg の物質 X を純溶媒に溶解し、全体積が 500 mL となるように溶液を調製した。その溶液のうち、20 mL を U 字管の右側に入れた。一方、U 字管の左側には、純溶媒を 20 mL 入れた(図 1(a))。その後、十分な時間放置すると右側の液面が上昇し、左右の液面の高さの差が 10 cm で一定となった(図 1(b))。以降、U 字管の右側の溶液を溶液 1 と呼ぶ。

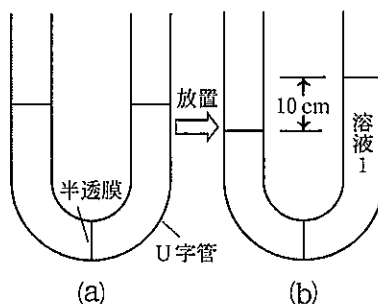


図 1

問 1 希薄溶液の浸透圧 Π [Pa] は、溶液中の溶質粒子のモル濃度 C [mol/L] と絶対温度 T [K] に比例し、溶媒や溶質の種類によらない。この法則を、提唱者の名前にちなんで何と呼ぶか答えなさい。

問 2 図 1 (b) の状態にある溶液 1 の浸透圧は何 Pa となるか答えなさい。

問 3 溶液 1 中の全溶質粒子のモル濃度 C_1 を、溶液 1 中に存在する物質 X の電離前のモル濃度 C_X と、物質 X の電離度 α を用いて表しなさい。

問 4 図 1 (b) の状態にある溶液 1 中の物質 X の電離度 α を求めなさい。なお、解答に際しては計算過程も示しなさい。

実験 B (図 2 参照)

U 字管の左側に純溶媒、右側に同じ溶媒に物質 X を溶解させた濃度未知の溶液を、それぞれ 20 mL 入れ、直後にしっかりと栓をして空気の出入りを遮断した。このとき、左右の液面の高さは等しく、液面から栓までの距離は 15 cm で、閉じ込められた空気相の圧力は左右いずれも 1.0×10^5 Pa であった (図 2 (a))。その後、十分な時間放置すると右側の液面が上がり、左右の液面の高さの差が実験 A と同じ 10 cm で一定となった (図 2 (b))。以降、U 字管の右側の溶液を溶液 2、左側の空気相を空気 1、右側の空気相を空気 2 と呼ぶ。

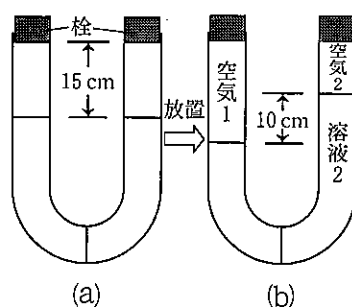


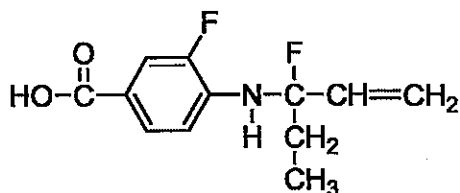
図 2

問 5 図 2 (b) の状態にある空気 1、空気 2 の圧力はそれぞれ何 Pa であるか答えなさい。

問 6 図 2 (b) の状態にある溶液 2 の全溶質粒子のモル濃度 C_2 は、実験 A の図 1 (b) の状態にある溶液 1 の全溶質粒子のモル濃度 C_1 の何倍であるか答えなさい。なお、解答に際しては計算過程も示しなさい。

Ⅱ 次の文章(Ⅱ a)，(Ⅱ b)を読んで，問 1 ～ 4 に答えなさい。なお，構造式は下記の例にならって書きなさい。(配点 19 点)

[構造式の記入例]



(Ⅱ a)

分子内に (ア) 基を持つ化合物をカルボン酸という。カルボン酸の一つである酢酸は，食酢中に 4～5 % 含まれる，刺激臭のある液体である。酢酸の純粋なものは気温が低いと凝固するので，特に (イ) と呼ばれる。酢酸を十酸化四リン P_4O_{10} と共に加熱すると，(ウ) が得られる。サリチル酸を (ウ) と反応させることで，解熱鎮痛剤としても知られる (エ) を合成することができる。

炭素数の多いカルボン酸は脂肪酸として，動物の体内に存在している油脂から得ることができる。油脂は，(オ) が持つ 3 つのヒドロキシ基と脂肪酸が (カ) 化することにより生成した化合物である。一般に，油脂の融点は炭素数が (キ) いほど高くなり，炭素数が等しい場合は二重結合の数が (ク) いほど高くなる。

問 1 (ア)～(ク)に最も適した語句を書きなさい。構造式での解答は不可とする。

問 2 サリチル酸 10 mol と(ウ)10 mol を反応させた。1 時間後，目的生成物である(エ)の生成は確認されたが，未反応のサリチル酸と(ウ)も確認された。この時点で，この反応液中に大量の水を加えて穏やかに加熱したところ，未反応の(ウ)は完全に加水分解された。その後，反応液中に存在する(エ)と酢酸の物質量の比を確認したところ，

$$(エ)の物質量 : 酢酸の物質量 = 1 : 2$$

であった。今回の反応で生成した(エ)の物質量を有効数字 2 桁で答えなさい。ただし，水を加えたのち反応液中では(エ)の生成も分解も起こらないものとする。

(Ⅱ b)

化合物 A～C は、全て同じ分子式を持つ異性体であり、炭素、水素、酸素からなる分子量 88 の化合物である。化合物 A～C の性質を調べたところ、以下のことがわかった。

- 1) 88 mg の化合物 A～C をそれぞれ完全燃焼させたところ、いずれの化合物からも 220 mg の二酸化炭素と 108 mg の水が生成した。
- 2) 化合物 A～C を二クロム酸カリウムの希硫酸水溶液と穏やかに反応させたところ、化合物 A、B は酸化され、それぞれ化合物 D、E になったが、化合物 C は変化しなかった。化合物 D、E の分子量は互いに異なり、その差は 16 であった。
- 3) 化合物 A～C それぞれのジエチルエーテル溶液にナトリウムを加えたところ、いずれの溶液からも水素が発生した。
- 4) 化合物 A を脱水すると、互いに構造異性体である 2 種類のアルケンが得られたが、いずれのアルケンも幾何異性体(シス・トランス異性体)は存在しなかった。

問 3 化合物 A～C に共通する分子式を答えなさい。

問 4 化合物 A～C の構造式を考えなさい。化合物の構造として一つの構造異性体に決定できる場合、その化合物の解答欄には、構造式を書きなさい。化合物の構造として複数の候補がある場合、その化合物の解答欄には、構造式を書かず可能な構造異性体の数を数字で書きなさい。ただし、立体異性体は区別しないものとする。

Ⅲ 次の文章を読んで、問 1 ～ 8 に答えなさい。(配点 19 点)

2 種類の金属 A, B の無水硫酸塩と純水を用いて次の溶液 1, 2 を調製した。

溶液 1 : 金属 A の無水硫酸塩 0.807 g を 100 g の純水に溶かした溶液

溶液 2 : 金属 B の無水硫酸塩 0.581 g を 100 g の純水に溶かした溶液

溶液 1, 2 の性質を調べたところ、以下のことがわかった。

- 1) 溶液 1 に少量の水酸化ナトリウム水溶液を加えると沈殿が生じた。
(a) さらに過剰の水酸化ナトリウム水溶液を添加すると、この沈殿は溶解した。
(b)
- 2) 1) で生じた沈殿を含む溶液に塩酸を添加すると沈殿は溶解した。
- 3) 溶液 1 に少量のアンモニア水を加えると沈殿が生じた。
(c) さらに過剰のアンモニア水を添加すると、この沈殿は溶解した。
- 4) 溶液 2 に硫化水素を通じても、また水酸化ナトリウム水溶液、アンモニア水、塩酸をそれぞれ加えても沈殿は生じなかった。
- 5) 溶液 1, 2 の凝固点は等しかった。
(d)

問 1 1), 2) より、金属 A の単体も、塩酸と水酸化ナトリウム水溶液の両方に反応することが予想される。このように、その単体が酸の水溶液にも強塩基の水溶液にも反応し、塩を生成するような元素を一般に何と呼ぶか答えなさい。

問 2 金属 A は、亜鉛、鉛、銅、カドミウム、銀、マンガン、鉄、アルミニウム、カルシウムのうちのいずれかであることがわかっている。1) ～ 3) の記述より、金属 A を特定し、その元素名を元素記号で答えなさい。

問 3 下線部(a)の沈殿の名称と色を日本語で答えなさい。名称については、化学式での解答は不可とする。

問 4 下線部(b), (c)の反応を化学反応式で表しなさい。

問 5 下線部(c)の反応の結果生じる錯イオンの名称と形を日本語で答えなさい。化学式や構造式での解答は不可とする。

問 6 溶液 1 中に存在するすべての溶質粒子(電離したイオンを含む)の質量モル濃度を有効数字 2 桁で求めなさい。ただし、金属 A の硫酸塩は水溶液中で完全に電離しているものとする。

問 7 金属 B は溶液中で 1 価の陽イオンの状態で存在していることがわかっている。下線部(d)の結果から、金属 B の原子量を有効数字 2 桁で求めなさい。ただし、金属 B の硫酸塩は水溶液中で完全に電離しているものとする。なお、解答に際しては計算過程も示しなさい。

問 8 金属 B を元素記号で答えなさい。また、水溶液中に金属 B の陽イオンが含まれている場合、この金属陽イオンを定性分析する方法と、その分析を行った結果どのような現象が観測されるかを答えなさい。

Ⅳ 次の文章(Ⅳ a)，(Ⅳ b)を読んで，問 1 ～ 5 に答えなさい。(配点 19 点)

(Ⅳ a)

酵素は 100～1000 個程度のアミノ酸からできたタンパク質を主成分とする高分子化合物である。酵素は生体内の化学反応に対して触媒作用を示す。酵素が作用する物質を という。酵素は， と立体的に結合して反応を起こす と呼ばれる特定の分子構造をもつ。また，酵素はそれぞれ決まった^(a) にしか作用しない。この性質を，酵素の という。

一般の化学反応では，温度が高くなるほど反応速度は大きくなる。一方，酵素反応では，ある温度を超えると反応速度は急激に低下する。酵素が最もよくはたらく温度を^(b) といい，これより高温になると多くの酵素は触媒作用を示さなくなる。このように，酵素の触媒作用がなくなる現象を，酵素の という。

問 1 文章中の(ア)～(オ)にあてはまる適切な語句を答えなさい。

問 2 下線部(a)について，油脂を加水分解する酵素の酵素名を一つ答えなさい。

問 3 下線部(b)では，酵素の反応条件として温度が重要な因子であることが述べられている。温度以外に酵素の触媒作用に影響を与える因子を一つ答えなさい。

(IV b)

デンプンに酵素を作用させて加水分解を行い、グルコースを得た。後日、同じ手
(c) 順で実験を行ったところ、デンプンが全く分解されず、グルコースは一切検出され
なかった。この原因の一つとして、デンプンを分解させるために用いた酵素の中
に、異なる酵素 X が混入していたことが考えられる。
(d)

問 4 下線部(c)について、45 g のデンプンを完全に加水分解すると何 g のグル
コースが得られるか答えなさい。

問 5 下線部(d)について、以下の(1)、(2)に答えなさい。

- (1) 酵素 X の酵素名を一つ答えなさい。
- (2) デンプンが分解されなくなった理由を 30 字以内で答えなさい。ただし、
句読点も字数に含めるものとする。