

令和 2 年度入学試験問題

理 科

(注 意 事 項)

1. 問題冊子は指示があるまで開かないこと。
2. 届け出た選択科目以外は解答してはならない。
3. 問題冊子のページ及び解答紙は次のとおりである。「始め」の合図があったら届け出た選択科目についてそれぞれを確認すること。

科 目	問 題 冊 子	解 答 紙	
	ペ ー ジ	解答紙番号	枚 数
物理基礎・物理	1 ～ 18	32 ～ 34	3
化学基礎・化学	19 ～ 36	35 ～ 39	5
生物基礎・生物	37 ～ 52	40 ～ 44	5
地学基礎・地学	53 ～ 64	45 ～ 48	4

4. 各解答紙の 2 箇所受験番号を記入すること。
5. 解答はすべて解答紙の所定の欄に記入すること。
6. 計算その他を試みる場合は、解答紙の裏又は問題冊子の余白を利用すること。
7. この教科は、2 科目 250 点満点(1 科目 125 点満点)です。なお、医学部保健学科(看護学専攻)については、2 科目 100 点満点に換算します。

化学基礎・化学

必要な場合には、次の値を用いよ。

原子量：H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Cl = 35.5,

Mn = 54.9, Zn = 65.4, Br = 80.0, I = 127

気体定数 R : $8.3 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol}) = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$

理想気体のモル体積 : $22.4 \text{ L}/\text{mol}$ (0°C , $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$)

アボガドロ定数 N_A : $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$

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

$\sqrt{2} = 1.4$, $\sqrt{3} = 1.7$, $\sqrt{5} = 2.2$

$\log_e 10 = 2.3$

[1] 次の文章を読み、問 1 ～問 4 に答えよ。(25 点)

密閉した反応容器中で、1 分子の物質 A (気体) と 1 分子の物質 B (気体) を反応させると、2 分子の物質 C (気体) と 3 分子の物質 D (固体) が生成すると仮定する。この反応は可逆反応であり、式 (I) で表せる。



ここで、式 (I) の正反応および逆反応を、それぞれ式 (II) および式 (III) とする。



問 1. 反応 (I) が平衡状態にあるとき、反応容器の温度と体積をいずれも一定に保ったまま物質 C (気体) を加えると、物質 A (気体) と物質 B (気体) の物質量が [ア] する方向へ平衡が移動する。一方、温度を一定に保ったまま反応容器の圧力を下げると、平衡は [イ]。また、反応容器の温度と体積をいずれも一定に保ったまま反応 (I) に作用する触媒 (固体) を加えると、平衡は [ウ]。

文章中の [ア] ～ [ウ] に入る適切な語句を 1 つ選んで数字で答えよ。ただし、固体の体積は無視できるものとする。

- [ア] ① 減少 ② 増加
- [イ] ① 右方向に移動する ② 左方向に移動する
- ③ どちらにも移動しない
- [ウ] ① 右方向に移動する ② 左方向に移動する
- ③ どちらにも移動しない

問 2. 反応容器に物質 A (気体) 2.0 mol と物質 B (気体) 2.0 mol を入れて一定温度に保つと反応 (I) が平衡状態となり、物質 C (気体) 1.0 mol と物質 D (固体) 1.5 mol が生成する。この反応の平衡定数 K は [エ] である。

文章中の [エ] に入る数字を有効数字 2 桁で答えよ。

問 3. 化学反応が進行するためには, [オ]と呼ばれるエネルギーの高い不安定な中間状態を経由しなければならない。この[オ]にある原子の集合体を[カ]という。

反応(Ⅲ)は吸熱反応であり, その活性化エネルギーは $E_{a,1}$ [J/mol], 反応熱は Q [J/mol] である。反応容器の温度と体積をいずれも一定に保ったまま, 反応(Ⅰ)に作用する触媒(固体)を加える。このとき, 反応(Ⅲ)の活性化エネルギーは $E_{a,2}$ [J/mol] へと変化して反応速度は大きくなり, 反応(Ⅱ)の活性化エネルギー $E_{a,3}$ [J/mol] は [キ] へと変化して反応速度は [ク]。

文章中の [オ] [カ] に入る適切な語句を答えよ。また, [キ] [ク] に入る適切な語句を 1 つ選んで数字で答えよ。ここで, $E_{a,1}$, $E_{a,2}$ および Q は正の値 (> 0) である。また, 固体の体積は無視できるものとする。

- [キ] ① $E_{a,1}$ ② $E_{a,2}$
 ③ $E_{a,1} + E_{a,2}$ ④ $E_{a,1} - E_{a,2}$
 ⑤ $E_{a,1} + Q$ ⑥ $E_{a,2} + Q$
 ⑦ $E_{a,1} - Q$ ⑧ $E_{a,2} - Q$
 ⑨ $E_{a,1} + E_{a,2} + Q$ ⑩ $E_{a,1} + E_{a,2} - Q$

- [ク] ① 小さくなる ② 大きくなる ③ 変化しない

問 4. 化学反応の反応速度定数 k は、活性化エネルギー E_a [J/mol] と絶対温度 T [K]、気体定数 R [J/(mol·K)]、比例定数 A を用いて、次のアレニウスの式で表される。

$$k = Ae^{-E_a/RT}$$

(1) 反応(Ⅱ)に対する 300 K および 350 K での速度定数 k が表 1 の通りであるとき、活性化エネルギー $E_{a,4}$ は [ケ] $\times 10^2$ kJ/mol である。

文章中の [ケ] に入る数字を有効数字 2 桁で答えよ。

表 1 反応(Ⅱ)に対する速度定数 k の温度依存性

温度 T [K]	速度定数 k
300	1.0×10^{-6}
350	1.0×10^{-3}

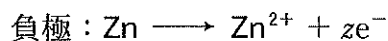
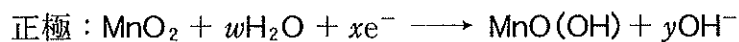
(2) (1)のように、温度を高くすると反応速度が急激に大きくなる。この理由として、分子の衝突回数の増加および活性化エネルギーより大きい運動エネルギーをもつ分子の割合の[Ⓐ][a][Ⓑ]の2つが主な要因として挙げられるが、[b]の寄与が支配的である。

[a]に入る語句と [b]に入る記号の正しい組み合わせを、次の①~④の中から1つ選んで [コ]に数字で答えよ。

- ① [a] 減少 [b] Ⓐ
- ② [a] 減少 [b] Ⓑ
- ③ [a] 増加 [b] Ⓐ
- ④ [a] 増加 [b] Ⓑ

〔2〕 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。(25点)

マンガン乾電池では下の式に示す反応により起電力が得られる。



ただし、 $\text{MnO}(\text{OH})$ および MnO_2 は水に全く溶解せず、 $\text{MnO}(\text{OH})$ は正極から剥落しないものとする。また、正極、負極および電解液は重量の損失なく完全に分離できるものとする。

一方、電解液に水酸化カリウム水溶液を用いるアルカリマンガン乾電池では、負極で生じる物質が〔ア〕となって溶解するため、負極の電気抵抗を小さく保つことができる。

負極の〔イ〕は水酸化カリウム水溶液と反応し、自発的に〔ア〕と〔ウ〕を生じる。この副反応を防ぐため、アルカリマンガン乾電池では〔エ〕という工夫が施されている。

問1. 正極および負極の半反応式が適切となるように、文章中の w 、 x 、 y および z に当てはまる数を答えよ。

問2. 文章中の〔ア〕～〔ウ〕に適するものを、以下の(A)～(J)のなかからそれぞれ一つずつ選んで記号で答えよ。

- | | | |
|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|
| (A) Zn | (B) ZnO | (C) ZnCl_2 |
| (D) $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ | (E) $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ | (F) O_2 |
| (G) H^+ | (H) MnO_2 | (I) KCl |
| (J) H_2 | | |

問 3. 文章中の〔エ〕として最も適切なものを下記より一つ選んで記号で答えよ。

- (A) 電解液に塩酸を添加しておく
- (B) 負極に MnO_2 を添加しておく
- (C) 電解液に塩化亜鉛を十分に溶解させておく
- (D) 電池の内部に酸素ガスを封入しておく
- (E) 氷晶石を添加しておく

問 4. アルカリマンガン乾電池を放電したとき、負極の重量と、電解液の pH はどのように変化するか。それぞれ「増加」、「減少」もしくは「変わらない」のいずれかで答えよ。

問 5. アルカリマンガン乾電池を 20 mA で 16 分 5 秒間放電したときの正極の重量変化を「増加」、「減少」もしくは「変わらない」のいずれかで答えよ。またその変化量 [g] を有効数字 2 桁で答えよ。

問 6. 268 mA の電流値で 1 時間放電することのできるアルカリマンガン乾電池を作製するためには、正極と負極の合計の重量は最低で何 g 必要か、有効数字 2 桁で答えよ。ただし電池は使い切るまで抵抗が変化せず完全に放電できるものとする。

〔3〕 フッ素，塩素，臭素，ヨウ素に関する以下の問1～問5に答えよ。(25点)

問1. 以下の文章を読み，問いに答えよ。

ハロゲンは〔ア〕族の原子であり，〔イ〕個の価電子をもつことから〔ウ〕価の陰イオンになりやすい。また，ハロゲンの単体の酸化力は〔エ〕が最も弱く，〔オ〕が最も強い。

ハロゲン単体を水素と反応させて得られるハロゲンの化合物は，水によく溶け，それら水溶液の酸の強さは〔カ〕が最も弱く，〔キ〕が最も強い。また，ハロゲン単体を水素と反応させて得られるハロゲンの化合物の中で沸点が最も高いものは〔ク〕，沸点が最も低いものは〔ケ〕である。これは，〔ク〕には〔コ〕結合が働いているためである。

(i) 〔ア〕〔イ〕〔ウ〕に適切な数字を記入せよ。

(ii) 〔エ〕～〔ケ〕に適切な物質の分子式を記入せよ。

(iii) 〔コ〕に適切な語句を以下の(A)～(D)の中から選び記号で答えよ。

(A) 共有 (B) イオン (C) 金属 (D) 水素

問 2. 以下の文章中の〔サ〕～〔セ〕に当てはまるハロゲン化物の分子式を記入し、融点が変わする理由を以下の(A)～(D)の中から選り記号で答えよ。

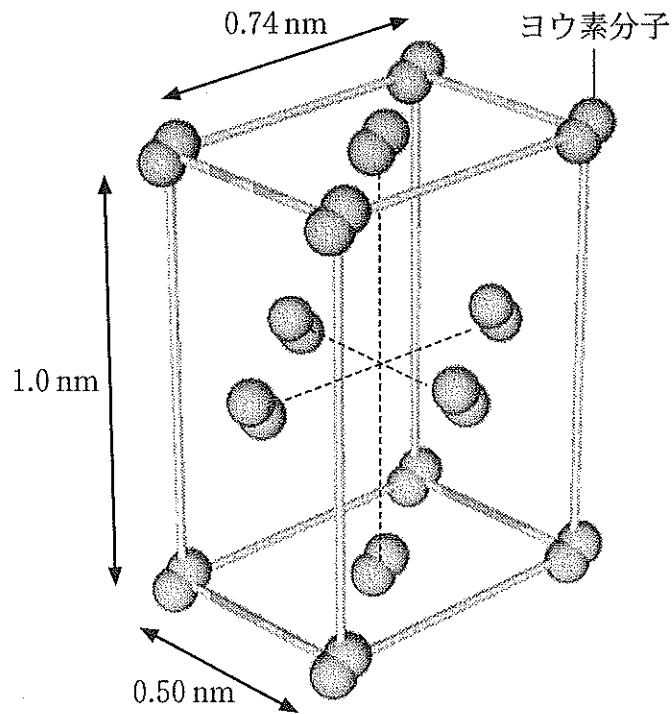
ハロゲン単体をナトリウムと反応させて得られるハロゲン化物の融点は〔サ〕が最も低く、〔シ〕、〔ス〕、〔セ〕の順に高くなる。

- (A) 陰イオンのイオン半径が大きくなるほど、結晶の密度が小さくなり融点が変わする。
- (B) 陰イオンのイオン半径が大きくなるほど、陽イオンと陰イオンとの間にはたらく静電的な引力が減少し融点が変わする。
- (C) 陰イオンのイオン半径が大きくなるほど、配位数が増え融点が変わする。
- (D) 陰イオンのイオン半径が大きくなるほど、充填率が小さくなり融点が変わする。

問 3. ヨウ素単体は室温で分子結晶である。以下の物質の中から、分子結晶となりうる物質をすべて選り、それらの分子式を記入せよ。

ドライアイス	硫化亜鉛	炭酸カルシウム	ナフタレン	氷
二酸化ケイ素	斜方硫黄			

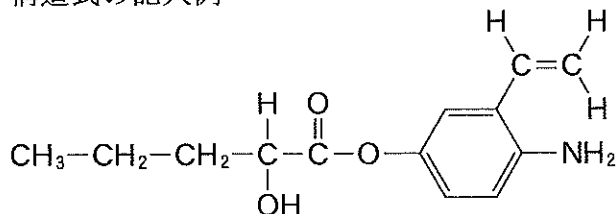
問 4. 常温常圧下におけるヨウ素結晶の単位格子が下図で与えられると仮定し、ヨウ素結晶の密度を有効数字 2 桁で求めよ。ヨウ素分子は、直方体の頂点と面の中央に位置している。



問 5. 問 4 で示したヨウ素結晶に 64 GPa の高圧をかけると原子間結合が切断され、ヨウ素原子は面心立方格子の結晶構造をとる。このときの単位格子の一辺の長さを 0.42 nm と仮定して、最近接のヨウ素原子間の距離を有効数字 2 桁で求めよ。また、問 4 で示した常温常圧下のヨウ素結晶と比較して、64 GPa の高圧下ではヨウ素結晶の密度が何倍に増加したか、有効数字 2 桁で求めよ。

- [4] 次の(1)から(9)の文章を読み、問 1 ~ 問 5 に答えよ。構造式を答える際には記入例にならって答えよ。(25 点)

構造式の記入例



- (1) 炭素と水素だけからなる化合物 **A** を 20.5 mg 量りとり、完全に燃焼させたところ、二酸化炭素 66.0 mg と水 22.5 mg が生じた。また、化合物 **A** の分子量は 150 以下である。
- (2) 化合物 **A** に対して白金を触媒として水素を反応させると、化合物 **A** と等モル量の水素と反応し、飽和炭化水素化合物 **B** が得られた。
- (3) 化合物 **A** を酸性の過マンガン酸カリウム溶液と反応させると、炭素骨格が直鎖状の化合物 **C** が得られた。
- (4) 化合物 **C** の 0.05 mol/L 水溶液を 20 mL 量りとり、0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、20 mL を加えたときに中和点に達し、溶液はアルカリ性を示した。
- (5) 化合物 **C** をアンモニア性硝酸銀水溶液とともに加熱したが、銀鏡反応を示さなかった。
- (6) 化合物 **A** を塩基性条件下で過マンガン酸カリウムと反応させると化合物 **D** が得られた。化合物 **D** は 1,2-ジオール(隣り合う二つの炭素上にヒドロキシ基を有する化合物)で、化合物 **A** よりも分子量が 34 大きかった。また、上記と異なる方法によって、1,2-ジオール化合物の立体異性体を作ることができる。そこで、化合物 **A** をいくつかの方法で反応させ、1,2-ジオール化合物 **D** のすべての立体異性体を合成した。
- (7) 単体のナトリウムとは反応しない適切な溶媒で化合物 **D** を溶解させたのち、単体のナトリウムを加えて反応させると水素が発生した。

- (8) 化合物 **D** のすべての立体異性体は、塩基の存在下に無水酢酸と反応させると、モノエステル化合物 **E** を経由して、ジエステル化合物 **F** に変換された。
- (9) 化合物 **F** に過剰量の $\text{CH}_3^{18}\text{OH}$ (メタノールの酸素を同位体 ^{18}O で置き換えた化合物) を加えて溶解させ、酸触媒存在下に加熱還流したところ、低沸点の化合物 **G** が生じた。

問 1. 化合物 **A** の分子式および構造式を答えよ。

問 2. 化合物 **C** の構造式を答えよ。

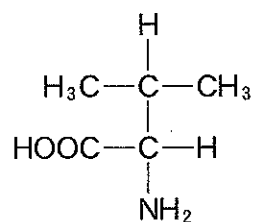
問 3. 0.10 mol の化合物 **D** を過剰量の単体のナトリウムと反応させたときに発生する水素の体積 (0°C , $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$) を有効数字 2 桁で答えよ。

問 4. 化合物 **D** と **E** の考えられる立体異性体の数をそれぞれ答えよ。

問 5. 化合物 **G** の構造式を答えよ。なお、化合物 **G** に同位体 ^{18}O が含まれる場合は ^{18}O と明記せよ。

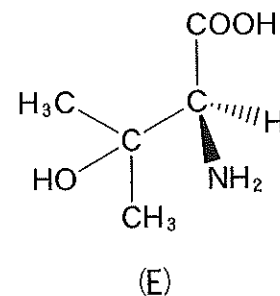
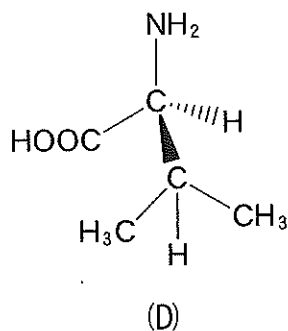
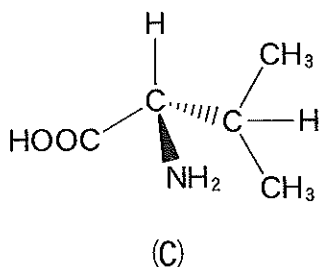
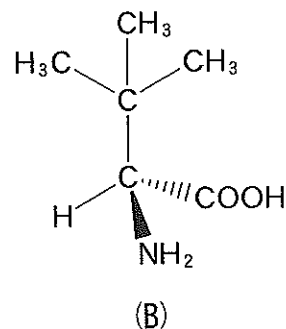
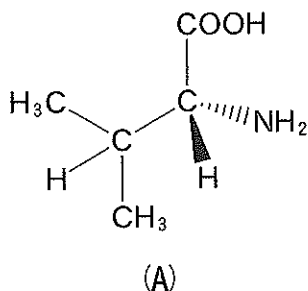
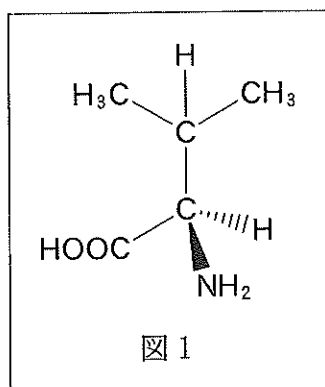
- [5] 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。ただし、問2、問3、問6についてはL型とD型の区別をつける必要はなく、構造式を答える際には記入例にならって答えよ。(25点)

構造式の記入例



化合物Aは $\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{N}_4\text{O}_5$ の分子式をもつペプチドであり、3個のペプチド結合、1個のアミノ基、1個のカルボキシ基を有する。化合物Aを完全に加水分解したところ、化合物Bとバリンが生成した。これら生成物の構造を調べたところ、化合物BはL型の α -アミノ酸であり、バリンはL型とD型の混合物であることが判明した。またバリンには、D型に比べ2倍量のL型が含まれていた。

問 1. 図 1 に D 型のバリンの構造を立体的に示した。ただし、図では不斉炭素の周りのみ立体構造を太線と破線で表した。なお、太線で示す結合は紙面の手前側にあり、破線で示す結合は紙面の向こう側にあることを意味する。D 型のバリンの鏡像異性体である L 型のバリンを(A)~(E)の中からすべて選び、記号で答えよ。



問 2. 下に示した α -アミノ酸の例のうち、化合物 B に該当するアミノ酸の名称および構造式を答えよ。

セリン アスパラギン酸 グリシン アラニン フェニルアラニン
システイン リシン メチオニン チロシン グルタミン酸

- 問 3. 化合物 **B** と同じ分子式を有するが，不斉炭素をもたないアミノ酸の構造式を一つ答えよ。
- 問 4. 772 mg の化合物 **A** を完全に加水分解すると，L 型のバリンは理論上何 mg 生成するか，有効数字 3 桁で答えよ。ただし，この加水分解反応では副反応は起こらないものとする。
- 問 5. 化合物 **A** のアミノ酸配列は，何種類考えられるか答えよ。ただし，L 型と D 型は区別するものとする。
- 問 6. 問 2 に示した α -アミノ酸の例のうち，不斉炭素をもたない α -アミノ酸の名称と構造式を答えよ。