

令和4年度一般選抜試験(後期)

理科(問題)

注 意

- 1) 理科の問題冊子は全部で37ページあり、問題数は、物理4問、化学4問、生物4問である。白紙・余白の部分は計算・下書きに使用してよい。
- 2) 別に解答用紙が3枚ある。解答はすべてこの解答用紙の指定欄に記入すること。指定欄以外への記入はすべて無効である。
- 3) 3枚の解答用紙のすべての所定欄に、それぞれ受験番号を記入すること。氏名を記入してはならない。なお、記入した受験番号が誤っている場合や無記入の場合は、当該科目の試験が無効となる。また、※印の欄には何も記入してはならない。
- 4) 理科は物理・化学・生物のうち2科目を選択して解答すること。選択しない科目の解答用紙には(受験番号は忘れず記入の上)用紙全体に大きく×印をつけて、選択しなかったことがはっきりと分かるようにすること。
- 5) 3科目全部にわたって解答したもの、および解答用紙3枚のうち1枚に×印のないものは、理科の試験全部が無効となる。
- 6) 問題冊子は持ち帰ること。
- 7) 解答用紙は持ち出してはならない。
- 8) 試験終了時には、解答用紙を裏返して、下から順に物理、化学、生物の解答用紙を重ねて置くこと。解答用紙の回収後、監督者の指示に従い退出すること。

化 学 (後期)

[注意] 問題を解く際に、必要ならば、次の値を用いなさい。

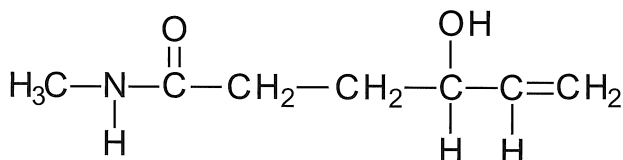
原子量 H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, S = 32.1,

Na = 23.0, Cl = 35.5, Ca = 40.0, Cu = 63.6

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

$\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{5} = 2.24$, $\log_{10} 2 = 0.301$, $\log_{10} 3 = 0.477$

また有機化合物を構造式で解答する場合に特別な指示がなければ、次の例を参考にしなさい。



I 次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。

過酸化水素水に触媒を加えると酸素が発生する。

いま、27℃、1032 hPaにおいて、濃度不明の過酸化水素水 50.0 mL と、ある触媒 A の水溶液 50.0 mL を混合したところ、酸素が発生した。この酸素を全て水上置換で捕集し、その量の時間変化を測定した。捕集した酸素は、時間経過とともに増加したが、45分後に 55.4 mL となった後は体積に変化はなかった。

右表は、触媒混合後の経過時間とその時間までに捕集された酸素の量をまとめたものである。

触媒混合後の経過時間(分)	捕集した酸素量(mL)
0	0.0
5	18.2
10	30.7
15	38.3
20	45.2
25	49.8
30	52.8
45	55.4
60	55.4
90	55.4

問 1 下線部の反応を化学反応式で表し、解答欄に答えなさい。

問 2 触媒混合前の過酸化水素水の濃度は何 mol/L か、有効数字 3 桁で答えなさい。ただし、発生した酸素の水への溶解は無視できるものとし、27℃での水の飽和水蒸気圧を 3.20 kPa とする。

問 3 触媒混合 5 分後には、反応開始時に存在した過酸化水素の何%が分解したか。解答欄に有効数字 3 桁で答えなさい。

問 4 触媒混合直後から 5 分間の過酸化水素の分解反応速度を v_0 、混合後 25 分から 30 分の 5 分間の過酸化水素の分解反応速度を v_{25} とすると、 v_0 は v_{25} の何倍になるか。解答欄に有効数字 2 桁で答えなさい。

問 5 触媒 A とは異なる触媒 B を、触媒 A の水溶液と同じモル濃度になるように水に溶解して触媒 B の水溶液を作製した。この触媒 B の水溶液を触媒 A の水溶液の代わりに用いて同様の実験を行ったところ、混合開始から 5 分後に生じた酸素の量は 35.8 mL であった。さらに反応を進めると、最終的に触媒 A の水溶液を用いた時と同様に 55.4 mL の酸素が捕集された。

触媒 A の水溶液を用いた時と、触媒 B の水溶液を用いた時を比べた場合、下線部の反応における反応熱および、活性化エネルギーの大小関係について、それぞれ次の選択肢(ア)~(ウ)のうちどれが最も適切な記述か、反応熱については解答欄(i)に、活性化エネルギーについては解答欄(ii)に、それぞれ(ア)~(ウ)の記号で答えなさい。

- (ア) 触媒 A の水溶液を用いた方が大きい
- (イ) 触媒 B の水溶液を用いた方が大きい
- (ウ) どちらの触媒の水溶液を用いても変わらない

問 6 以下の(ア)~(オ)の各文章のうち、それらの現象において下線部の物質が均一触媒として働いているものをすべて選び、解答欄に記号で答えなさい。

- (ア) スクロース溶液にインペルターゼ溶液を加えて 37℃で保温すると、溶液はやがて還元性を示した。
- (イ) エチレンを白金の板とともに密閉容器に入れ、水素と反応させるとエタンが生じた。
- (ウ) エタノールと酢酸の混合溶液に濃硫酸を少量加えて加熱すると、酢酸エチルが得られた。
- (エ) 亜鉛の容器に酸化マンガン(IV)の粉末を充填し、容器に接しないように炭素の棒を入れた後、電解液として水酸化カリウム水溶液を入れると、亜鉛容器と炭素棒との間で 1.5 V の起電力が確認された。
- (オ) フェノールの水溶液に塩化鉄(III)水溶液を加えると、紫色の呈色が確認された。

II 次の問 1～問 5 に答えなさい。

問 1 塩化ナトリウムの結晶構造は、塩化ナトリウム型と呼ばれる格子構造である。

ある温度での塩化ナトリウムの結晶の密度を $d \text{ g/cm}^3$ 、ナトリウムイオンのイオン半径を $x \text{ cm}$ 、塩化物イオンのイオン半径を $y \text{ cm}$ 、両イオン半径の和 $(x + y)$ を $r \text{ cm}$ としたとき、アボガドロ定数 (N_A) を d 、 r を用いた最も簡単な文字式で表し解答欄に答えなさい。ただし、文字式に小数は用いないこと。

問 2 ナトリウムおよび塩化ナトリウムについて、以下の記述からそれぞれに該当するものをすべて選び、それぞれの解答欄に(ア)～(カ)の記号で答えなさい。ただし、同じ記号を何度用いてもよい。

- | | |
|-------------------|--------------------|
| (ア) 結晶ではへき開が見られる。 | (イ) 結晶状態で電気を通す。 |
| (ウ) 融解状態で電気を通す。 | (エ) 自由電子がある。 |
| (オ) 昇華性を持つ。 | (カ) 固体では展性や延性が大きい。 |

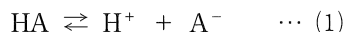
問 3 試験管①と試験管②に、分子式がいずれも $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ であるが異なる性質の化合物(液体)を 5 mL ずつ入れた。次に、それぞれの試験管に固体のナトリウムの小片を入れたところ、試験管①では変化が見られなかったが、試験管②では気体を発生してナトリウムは全て溶解した。試験管①に入れた化合物の名称を解答欄(i)に、その構造式を解答欄(ii)に答えなさい。また、試験管②で生じた反応を化学反応式で表し解答欄(iii)に答えなさい。ただし、化学反応式中の有機化合物はすべて示性式で表しなさい。

問 4 固体のナトリウム 2.99 g を少しずつ水に溶解し、すべて溶けた後に水を加えて正確に 200 mL にした。この溶液を中和するためには 0.200 mol/L の硫酸が何 mL 必要か。有効数字 3 桁で解答欄に答えなさい。

問 5 酢酸ナトリウムの水溶液に酢酸を加えると、緩衝液(pH 緩衝液)として利用することができる。このとき、目的の pH 値となる緩衝液を作製する際に役立つ

つ計算式として、ヘンダーソン・ハッセルバルヒ式がある。この式は下記のよ
うに導かれる。

ある弱酸を HA とすると、水溶液中でこの弱酸は、



の反応式で表されるように、一部が電離して生じた H^+ 、 A^- と、弱酸 HA の
平衡状態となる。この状態の平衡定数は酸解離定数 K_a と呼ばれ、次の式で定
義される。

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \quad \dots (2)$$

酸解離定数 K_a の値をもとに、 K_a の逆数の常用対数である $\text{p}K_a$ は次のように
定義される。

$$\text{p}K_a = -\log K_a \quad \dots (3)$$

式(2)(3)より、

$$\text{p}K_a = -\log K_a = -\log \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \quad \dots (4)$$

$$\text{p}K_a = -\log[\text{H}^+] - \log \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \quad \dots (5)$$

ここで、 $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$ より、

$$\text{p}K_a = \text{pH} - \log \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \quad \dots (6)$$

となる。

この式を、 pH を求める形に変形すると、

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \quad \dots (7) \quad \text{となり、}$$

この式をヘンダーソン・ハッセルバルヒ式という。

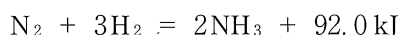
いま、酢酸ナトリウム(無水物) 8.61 g を約 90 mL の水に溶かした溶液があ
る。この溶液に 2.40 mL の酢酸を入れてよくかき混ぜた後、水で全量
を 100 mL にした。得られた溶液の pH はいくらになるか。ヘンダーソン・ハッ
セルバルヒ式(7)を利用して求め、その値を小数点以下第 2 位まで解答欄に答え
なさい。ただし、この実験における温度(27 °C)での酢酸の密度を 1.05 g/cm^3 、
 $\text{p}K_a$ の値を 4.56 とする。

Ⅲ 次の[実験1]～[実験3]についての文章を読み、問1～問6に答えなさい。

[実験1]

窒素 2.00 mol と水素 6.00 mol の混合気体を密閉容器に入れて高温・高圧で十分な時間反応させたところ、反応は平衡に達して 3.00 mol の気体のアンモニアが生じた。この平衡状態における容器内の水素の分圧は 2.40×10^6 Pa であった。

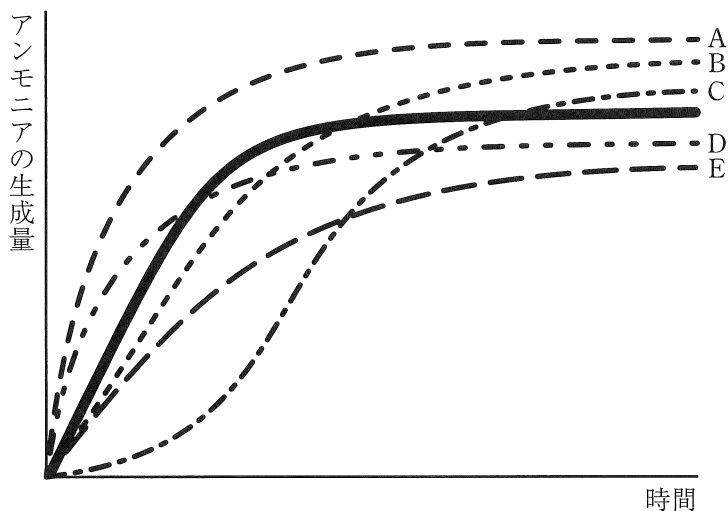
この反応においては、次の熱化学方程式が成立する。



問1 [実験1]の反応において、平衡時にアンモニアをより多く生成させるためには、どのように条件を変化させるとよいか、次の(ア)～(オ)から最も適切な条件変化を選び、解答欄に記号で答えなさい。

- (ア) 適当量の触媒を添加する。
- (イ) 温度を低く、圧力を低くする。
- (ウ) 温度を低く、圧力を高くする。
- (エ) 温度を高く、圧力を低くする。
- (オ) 温度を高く、圧力を高くする。

問 2 下のグラフ(実線)は、[実験1]において反応が進んだ際のアンモニア生成量の時間変化を示している。いま、反応時の温度を上げると、アンモニアの生成量の時間変化を表すグラフはどのように変化するか。最も適切なグラフを図から選び、その記号を解答欄に答えなさい。



問 3 [実験1]において、反応が平衡に達した際の窒素の分圧は何 Pa か。解答欄に有効数字3桁で答えなさい。

問 4 [実験1]において、反応が平衡に達した際の圧平衡定数 K_p はいくらか。解答欄に有効数字3桁で答えなさい。

[実験2]

5.00 g の炭酸カルシウムに 1.00 mol/L 塩酸を 120 mL 加えると気体 X を発生しながら溶解した。この気体 X を高温に熱した炭素が入った密閉容器に注入したところ、気体 Y が生じて、その反応はやがて平衡に達した。

問 5 下線部①の反応を化学反応式で表し、解答欄に答えなさい。

問 6 下線部①の平衡に達している密閉容器内へ、容積を変えないまま 1.5 mol の気体のアルゴンを外から加えた。容器内の状態はどうか、最も適した答えを(ア)~(ウ)から選びなさい。

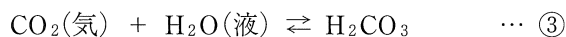
(ア) 気体 X の物質質量が増加する。

(イ) 気体 Y の物質質量が増加する。

(ウ) 気体 X の物質質量も、気体 Y の物質質量も変化しない。

[実験3]

ドライアイスの小片を水に加えたところ、生じた気体の二酸化炭素の一部が水に溶解し、やがて平衡に達した。この平衡時の水溶液の pH を測定したところ、その値は 5.0 であった。



問 7 この平衡時における水溶液の化学反応(④)の平衡定数を 8.00×10^{-7} mol/L とすると、下線部②の水溶液 1.00 L には何 g の二酸化炭素が溶解しているか、有効数字 3 桁で解答欄に答えなさい。なお、水に溶解した二酸化炭素は H_2CO_3 または HCO_3^- として存在するとし、炭酸イオンへの更なる電離を考慮する必要はない。

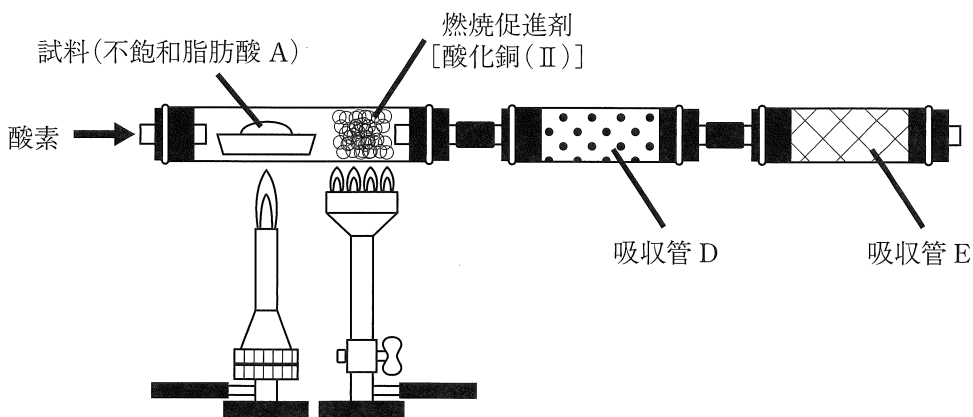
IV 以下の[実験1]～[実験4]についての記述を読み、問1～問6に答えなさい。

[実験1] モノカルボン酸である不飽和脂肪酸Aのみを構成脂肪酸とする油脂Bがある。2つの丸底フラスコ(フラスコ①及びフラスコ②)に油脂Bをそれぞれ1.00 g 取り、0.200 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液を、フラスコ①に15.0 mL、フラスコ②には20.0 mL 加えて、それぞれをゆるやかに加熱した。加熱終了後のフラスコ①では油脂Bは完全には加水分解されていなかったが、フラスコ②では油脂Bは全て加水分解されていた。

ここでいう油脂とは、グリセリンのすべてのヒドロキシ基に脂肪酸がエステル結合をしている化合物をさす。

[実験2] [実験1]の加水分解反応が終了したフラスコ②に0.100 mol/L 硫酸50.0 mLを加えた後、全ての内容物を上下に栓のついた実験器具Cに移した。続いて、ジエチルエーテル20.0 mLを加えた後、上下の栓をしっかりと閉じて振り混ぜ、十分に内容物を混合し、静置した。やがて内容物は上下2層に分離した。分離した層が混ざらないように注意して、上層、下層に分けてそれぞれの溶液を回収した。

[実験3] [実験2]で分離後回収した層から溶媒を除き、不飽和脂肪酸Aを得た。このうちの一部(139 mg)を燃焼皿に量りとり、図のような装置を使用して、矢印(→)の口から乾燥した酸素を通じて完全に燃焼させた。この時、吸収剤をつめた吸収管Dと吸収管Eの質量の増加から、それぞれ水135 mgと二酸化炭素396 mgの生成が確認された。



図

[実験4] 不飽和脂肪酸は、アルケンと同様に硫酸酸性下で過マンガン酸カリウムを作用させると、その分子内の炭素-炭素の二重結合を構成する炭素が酸化されて、炭化水素基が切断され、最終的にケトンまたはカルボン酸が生じる。

いま、 H_2^{18}O を含む水を用いて水酸化ナトリウム水溶液を作製した。この水酸化ナトリウム水溶液を用いて油脂 B を加水分解し、得られた不飽和脂肪酸 A に対して硫酸酸性下で過マンガン酸カリウムを十分に作用させたところ、1種類のモノカルボン酸と2種類のジカルボン酸のみが得られた。さらに分析を進めると、モノカルボン酸は炭素数6のカプロン酸であり、2種類のジカルボン酸は、アジピン酸とマロン酸(分子式： $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_4$)であることが判明し、それら3種のカルボン酸の物質量の比は、1:1:2であった。また、 ^{18}O はアジピン酸にのみ存在が確認された。

問1 [実験1]から、この油脂Bの分子量Mは、 $\boxed{\text{ア}} < M \leq \boxed{\text{イ}}$ であることが分かる。 $\boxed{\text{ア}}$ 、 $\boxed{\text{イ}}$ に入る最も適切な数値を解答欄(ア)、(イ)にそれぞれ整数で答えなさい。

問 2 [実験1]のように、油脂を水酸化ナトリウムなどの塩基を用いて加水分解することを何というか。解答欄に答えなさい。

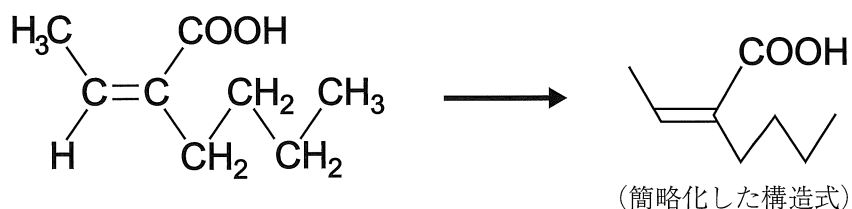
問 3 [実験2]で使用する実験器具 C として最も適切な器具の名称を解答欄に答えなさい。

問 4 [実験2]の下線部において、上層および下層に存在する化合物やイオンなど(溶媒は考慮しない)を下の(ア)~(ク)から該当するものをすべて選び、それぞれ対応する解答欄に記号で答えなさい。ただし R- は、不飽和脂肪酸 A のカルボキシ基以外の炭化水素基の部分を表している。

- (ア) Na^+ (イ) H^+ (ウ) Cl^-
(エ) SO_4^{2-} (オ) $\text{R}-\text{COO}^-$ (カ) $\text{R}-\text{COOH}$
(キ) $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2-\text{OH}$ (ク) $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$

問 5 [実験1]から[実験3]の結果をもとに、不飽和脂肪酸 A の分子式を答えなさい。

問 6 [実験4]の結果を参考にして、不飽和脂肪酸 A の構造式を決定し、それを以下の例にならって簡略化した構造式を用いて解答欄に答えなさい。ただし、炭素-炭素間に存在する二重結合は、全てシス形の配置となっているものとして記述しなさい。



令和4年度医学部 一般選抜試験（後期）第一次試験
理科（化学）の問題訂正

<訂正1>

P.15 大問Ⅲリード文

（誤）次の〔実験1〕～〔実験3〕についての文章を読み、問1～問6に答えなさい。

↓

（正）次の〔実験1〕～〔実験3〕についての文章を読み、問1～問7に答えなさい。

<訂正2>

P.20 大問Ⅳ 問1

（誤）〔実験1〕から、この油脂Bの分子量Mは、 $\boxed{\text{ア}} < M \leq \boxed{\text{イ}}$ であることが分かる。

↓

（正）〔実験1〕から、この油脂Bの分子量Mは、 $\boxed{\text{ア}} \leq M < \boxed{\text{イ}}$ であることが分かる。

