

2021 年 度

## 問題冊子

教 科	科 目	ページ数
理 科	化 学	12

試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。

### 解答の書き方

1. 解答は、すべて別紙解答用紙の所定欄に、はっきりと記入すること。
2. 解答を訂正する場合には、きれいに消してから記入すること。
3. 解答用紙には、解答と選択した選択問題の番号、志望学部及び受験番号のほかは、いっさい記入しないこと。
4. 問題〔IV〕、〔V〕は選択問題である。どちらか一方のみを解答すること。両方を解答してはいけない。選択問題〔IV〕、〔V〕のうち、選択した問題の番号を解答用紙(その4)の所定の枠内に記入すること。

### 注 意 事 項

1. 試験開始の合図の後、すべて(5枚)の解答用紙に志望学部及び受験番号を必ず記入すること。
2. 理科の選択科目は、出願時に選択したものと異なるものについて解答してはいけない。
3. 下書き用紙は、片面だけ使用すること。
4. 試験終了時には、解答用紙を必ずページ順に重ね、机の上に置くこと。解答用紙は、解答していないものも含め、すべて(5枚)を回収する。
5. 試験終了後、問題冊子及び下書き用紙は持ち帰ること。

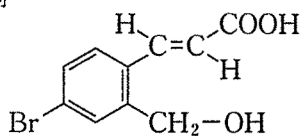
必要があれば，原子量は次の値を使うこと。

H 1.0      C 12.0      N 14.0      O 16.0      Na 23.0

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

有機化合物の構造式は，以下の例にならって示すこと。

例



〔 I 〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。なお、問 3 において数値を解答する場合は、有効数字 2 桁で答えなさい。

食品添加物として法律で使用が認められている塩酸と水酸化ナトリウムはミカンの缶詰を作るときに利用されている。缶詰のミカンは、じょうのうからじょうのう膜が取り除かれている。じょうのう膜は、処理(1)から(3)の過程で取り除かれる(図 1)。

(1) 処理 1

希釈した塩酸による処理を行う。

(2) 処理 2

① 水酸化ナトリウム水溶液による処理を行う。

(3) 処理 3

② 処理 2 で残留している水酸化ナトリウムを  
水で完全に洗い流す。

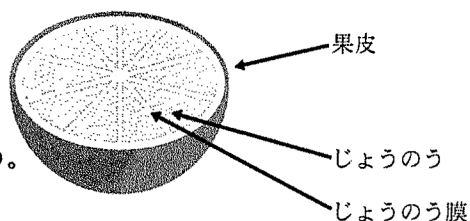


図 1

問 1 ミカンのじょうのう膜の除去にはセルロースの他に構造の異なる多糖が含まれていてじょうのうの中にある果汁や果肉にはあまり含まれていないことを利用している。セルロースの構造と性質について 200 字程度で説明しなさい。

問 2 溶媒 1 kg に溶けている溶質の量を物質量 [mol] で表した濃度は、質量モル濃度 [mol/kg] と呼ばれる。溶液のモル濃度が  $c$  [mol/L]、密度が  $d$  [g/cm<sup>3</sup>]、溶質のモル質量が  $M$  [g/mol] であるとき、この溶液の質量モル濃度を求める式を表しなさい。

問 3 下線部①の水酸化ナトリウムの質量パーセント濃度は0.3%から0.6%の範囲のものが用いられている。水酸化ナトリウムの質量パーセント濃度が0.60%、密度を $1.01\text{ [g/cm}^3\text{]}$ としたとき、この水酸化ナトリウムの質量モル濃度を求めなさい。

問 4 下線部②では、①の処理で使用した水酸化ナトリウムが残留していないか調べるため、pH指示薬を用いた検査などが行われる。このとき使うことのできる指示薬を1つ答えなさい。

問 5 酸から生じる陰イオンと、塩基から生じる陽イオンからなるイオン結合の物質を塩という。以下に示す塩の水溶液の性質を予測し、pHの小さい順に化学式で示しなさい。

炭酸水素ナトリウム

硫酸水素ナトリウム

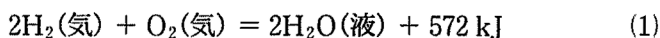
塩化ナトリウム

炭酸ナトリウム

〔Ⅱ〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。なお、問6において数値を解答する場合は、有効数字3桁で答えなさい。

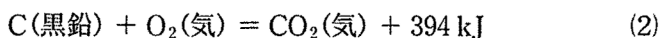
物質の化学変化や状態変化には、熱の出入りが伴う。熱を発生しながら進む反応を(ア)反応といい、周囲から熱を吸収しながら進む反応を(イ)反応という。こうした化学反応に伴い、発生または吸収する熱量を反応熱というが、特に1 molの化合物がその成分元素の(ウ)から生成する時の反応熱を生成熱という。

水素は二原子分子であり、常温では無色無臭の気体である。水素と酸素の混合気体に点火すると、式(1)のように爆発的に化合して水になるが、水素-酸素燃料電池<sup>①</sup>(固体高分子型(形)あるいはリン酸型(形)燃料電池であるとする)は、この反応の際に発生するエネルギーを電気エネルギーとして取り出すことができる。

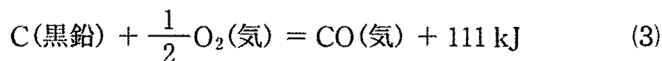


水素は、工業的には、ニッケル触媒を用いて、メタンと水蒸気を高温で反応させて水素と一酸化炭素に変換する方法<sup>②</sup>などによって製造される。実験室では、亜鉛に希硫酸を加えて発生させて得ることができる<sup>③</sup>。一方、酸化亜鉛触媒を用いて、水素と一酸化炭素を加熱・加圧することで、メタノールが製造されている<sup>④</sup>。

我々がガスコンロを用いて調理する際には、プロパン等の有機化合物が酸素によって酸化される際に発生する熱を活用している<sup>⑤</sup>。また、ガスが手に入らない場所で調理する際にはしばしば炭が用いられるが、これは式(2)のように、炭素が酸素によって酸化される際に発生する熱を利用している。



一方、換気が不十分な条件では、式(3)のように、不完全燃焼が進行して有害な一酸化炭素が生成する場合があるので、注意が必要である。



問 1 文章中の(ア)から(ウ)に、適切な語句を入れなさい。

問 2 下線部①について、正極と負極でおこる反応を、それぞれイオン反応式で示しなさい。

問 3 下線部②に示した反応について、化学反応式を示しなさい。

問 4 下線部③に示した反応について、化学反応式を示しなさい。

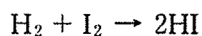
問 5 下線部④に示した反応について、化学反応式を示しなさい。

問 6 下線部⑤について、以下の問いに答えなさい。

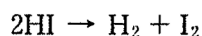
- (1) ある量のプロパン( $C_3H_8$ )を完全酸化して二酸化炭素と液体の水に変化させるのに、標準状態で 10.0 L の酸素が必要であった。その際に発生した熱量 [kJ] を求めなさい。ただし、プロパンの燃焼熱は 2220 kJ/mol とする。なお、計算過程も示しなさい。
- (2) 問題文および問いに示した数値を用いて、プロパンの生成熱 [kJ/mol] を答えなさい。なお、計算過程も示しなさい。
- (3) 標準状態で 2.00 L のプロパンを燃焼させたところ不完全燃焼がおり、プロパンの水素原子はすべて液体の水になったが、炭素原子の 70.0 % が二酸化炭素に、30.0 % が一酸化炭素となった。このとき消費した酸素の物質量 [mol] を答えなさい。また、発生した熱量 [kJ] を答えなさい。なお、計算過程も示しなさい。

〔Ⅲ〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。ただし、 $\log_{10}4.80 = 0.681$ 、 $\sqrt{23}=4.80$ 、 $25\text{ }^\circ\text{C}$ における水のイオン積は  $1.00 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$  とする。

水素  $\text{H}_2$  とヨウ素  $\text{I}_2$  を密閉容器に入れて高温に保つと、水素とヨウ素が反応してヨウ化水素  $\text{HI}$  ができる。



また、 $\text{HI}$  を密閉容器に入れて高温に保つと、 $\text{HI}$  が分解して  $\text{H}_2$  と  $\text{I}_2$  ができ、上式の逆向きの反応が起こる。



このようにある反応について、その逆向きの反応も起こるとき、一方を(ア)反応、他方を(イ)反応という。(ア)反応と(イ)反応の両方が起こるとき、その反応を(ウ)といい、一方だけ進む反応を(エ)という。(ウ)において、実際に両方の反応が起きているにもかかわらず、見かけ上、反応が止まっているような状態を化学平衡の状態または反応の平衡状態という。

化学反応の平衡状態にあるとき、(オ)・(カ)・(キ)などの反応条件を変化させると、その変化をやわらげる方向に反応が進み、新しい平衡状態になる。これを(ク)の原理という。この原理は化学反応だけでなく、物質の状態変化にも適用できる。

問 1 文章中の(ア)から(ク)に適切な語句を入れなさい。

問 2 物質 A と B は次式のように反応して物質 C を生成する。



この反応の反応速度  $v$  は、反応速度定数を  $k$ 、A と B のモル濃度を  $[A]$ 、 $[B]$  とすると、 $v = k[A][B]$  で表される。

濃度がともに  $0.040 \text{ mol/L}$  の A と B の水溶液を同体積ずつ混合して、温度一定のもとで反応時間と C の濃度の関係を調べたところ図 1 のようになり、最終的に C の濃度は  $0.020 \text{ mol/L}$  になった。以下の問いに答えなさい。

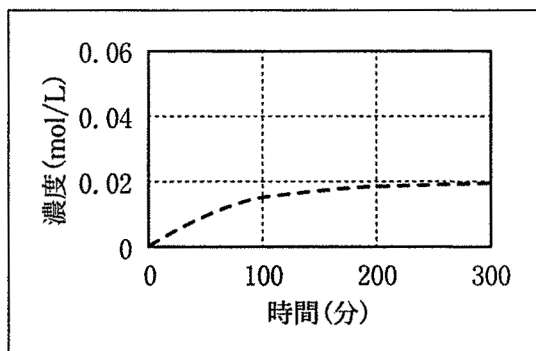


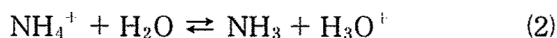
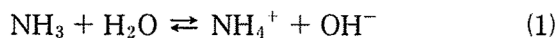
図 1

以下の実験を行ったときの反応開始直後の反応速度と最終的な C の濃度にどのような変化が起こるか。グラフ中に記入しなさい。

- (1) A の水溶液の濃度のみを 2 倍に変更した。
- (2) A, B 両水溶液の濃度を 2 倍に変更した。



問 3 水溶液中では、アンモニア  $\text{NH}_3$  は塩基として働き、式(1)のような平衡状態になる。一方、塩化アンモニウム  $\text{NH}_4\text{Cl}$  の水溶液では、アンモニウムイオン  $\text{NH}_4^+$  は一部が水と反応し、式(2)のようにオキソニウムイオン  $\text{H}_3\text{O}^+$  を生じる。



1. 式(1)のアンモニアの電離定数を  $2.30 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$  とした場合、 $1.00 \text{ mol/L}$  のアンモニア水の  $25^\circ\text{C}$  における pH を 有効数字 3 桁 で求めなさい。
2. 式(2)の平衡定数  $K[\text{H}_2\text{O}] = K_a = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{NH}_3]/[\text{NH}_4^+]$  となるとき、 $K_a$  を使って  $\text{NH}_3$  の電離定数  $K_b$  を求める式を示しなさい。

問 4 アンモニア水に塩化マグネシウムを加えたとき、水酸化マグネシウムの沈殿が生ずる。 $0.200 \text{ mol/L}$  のアンモニア水  $25.0 \text{ mL}$  に、 $0.200 \text{ mol/L}$  の塩化マグネシウム水溶液  $25.0 \text{ mL}$  を加えたとき、沈殿が生じるかどうか根拠となる数字を使って説明しなさい。ただし、水酸化マグネシウムの溶解度積は  $1.80 \times 10^{-11} \text{ mol}^3/\text{L}^3$  とする。溶液を混合する過程での体積変化は無視できるものとする。

試験問題は次に続く。

〔選択問題〕

〔IV〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。

食用油や動物の脂肪の主成分は、高級脂肪酸と(ア)が(イ)化により結合した構造の化合物であり油脂と呼ばれる。この問題では1分子の(ア)に3分子の高級脂肪酸が結合した油脂についてのみ考えることにする。表1にオリーブ油、牛脂および油脂Xを構成する主要脂肪酸組成を示した。ここに示した油脂を構成する主要脂肪酸は炭素数16または18である。パルミチン酸、ステアリン酸、オレイン酸、リノール酸、リノレン酸が1分子内に有する炭素原子間の二重結合の数はそれぞれ、(ウ)である。オリーブ油と牛脂は常温でそれぞれ液体および固体であり、両者の融点は異なることがわかる。融点の違いは構成脂肪酸の分子形状の違いに起因することが知られており、これによれば油脂Xは常温で(エ)であると考えられる。また油脂Xは、空気中の(オ)と化合し分子間で架橋構造をつくりやすいという性質を持つと考えられる。このような性質を持つ油脂は(カ)と呼ばれ、塗料や油絵の具の原料として利用されている。

一般に油脂に臭素やヨウ素を混合すると炭素原子間の二重結合1つに対し(キ)分子1つが付加されるが、これは(キ)原子の価電子が(ク)個であり電子を1つ取り込んで安定化する傾向が強いからである。ヨウ素価は、油脂100gに付加するヨウ素の質量をgで示した数値である。油脂Xのヨウ素価は、油脂Xに含まれる分子の平均分子量を $M$ とし、炭素原子間の二重結合数の平均を $n$ とすると、

油脂Xのヨウ素価 =  $\frac{100 \times n \times (\text{ケ})}{M}$  と表わせる。ただしIの原子量を127とする。

油脂から(コ)を作るとき過不足なく塩基を加えるためには、けん化価を知る必要がある。けん化価とは、油脂1gをけん化するために必要な水酸化カリウムの質量をmgで示した数値である。油脂Xのけん化価は、油脂Xに含まれる分子の、平均分子量を $M$ とすると、

油脂Xのけん化価 =  $\frac{(\text{サ}) \times 1000}{M}$  と表わせる。ただしKの原子量を39とする。

表1 3種の油脂を構成する主要脂肪酸組成(モル%)\*

	パルミチン酸 (C <sub>15</sub> H <sub>31</sub> COOH)	ステアリン酸 (C <sub>17</sub> H <sub>35</sub> COOH)	オレイン酸 (C <sub>17</sub> H <sub>33</sub> COOH)	リノール酸 (C <sub>17</sub> H <sub>31</sub> COOH)	リノレン酸 (C <sub>17</sub> H <sub>29</sub> COOH)
オリーブ油	10.5	3.0	77.0	6.9	0.7
牛脂	25.0	15.0	41.0	3.3	0.2
油脂 X	6.0	4.0	10.0	20.0	60.0

\*：実測値に基づく仮想データ

問1 文中の( )に適切な用語を下記の語群から選びその記号を解答欄に記入しなさい。ただし(ウ)には5つの整数をコンマで区切って記入し、(ク)、(ケ)、(サ)には適切な整数を記入しなさい。

語群

A エタノール B グリセリン C グルコース D エステル  
 E エチレン F エーテル G 窒素 H 酸素  
 I 二酸化炭素 J ハロゲン K 気体 L 液体 M 固体  
 N 液晶 O 揮発油 P 硬化油 Q 乾性油  
 R バイオディーゼル S プラスチック T セッケン

問2 油脂 X について、表1に示した以外の脂肪酸は検出されなかったものとする。以下の(1)~(4)に、有効数字2桁で答えなさい。

- (1) 油脂 X の平均分子量を求めるための計算過程を示し、その値を求めなさい。
- (2) 油脂 X の分子内の炭素原子間二重結合の平均数を求めるための計算過程を示し、その値を求めなさい。
- (3) 油脂 X のヨウ素価を求めるための計算過程を示し、その値を求めなさい。
- (4) 油脂 X のけん化価を求めるための計算過程を示し、その値を求めなさい。

〔選択問題〕

〔V〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。

(ア)は、タンパク質、油脂と並んで三大栄養素の1つである。食品としての(ア)は穀物やイモ類から得られ、その主成分はでんぷんである。でんぷん<sup>①</sup>は、 $\alpha$ -グルコースが重合した多糖であり、水溶液中では(イ)構造となっている。一方、セルロース<sup>②</sup>は、植物細胞壁の主成分である。単糖はそれ以上小さな糖単位に加水分解されない糖類であり、二糖は加水分解で2つの単糖を生じる。

酵素は生体内で起こる様々な化学反応の触媒として働く。酵素は特定の物質の、特定の反応に対してだけ作用する。この性質を、酵素の(ウ)という。また、酵素はタンパク質であることに由来する特徴をもち、酵素のはたらきは、温度や pH の影響を大きく受ける。<sup>③</sup>

問 1 文章中の(ア)から(ウ)にあてはまる語句を下記の選択肢から選んで答えなさい。

ビタミン・炭水化物・直線状・らせん・触媒・基質特異性・活性部位

問 2 次の問いに答えなさい。

- (1) 下線部①を加水分解する酵素の名前を1つ答えなさい。
- (2) 下線部②を加水分解する酵素の名前を1つ答えなさい。

問 3 下線部③のように、酵素のはたらきが、温度や pH の影響を受ける理由を150字以内で説明しなさい。

問 4 A～E の各試験管に入っている二糖の種類を調べるための実験を行った。  
A～E の試験管には、それぞれ1種類ずつの二糖を含む水溶液が入っている。  
実験1～3の結果から、A～Eのそれぞれに該当する二糖を下記の選択肢から選んで答えなさい。

実験1 A～E の水溶液にフェーリング液を加えて加熱したところ、A～C  
の水溶液からは赤色沈殿が生じることが分かった。

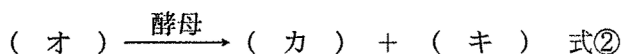
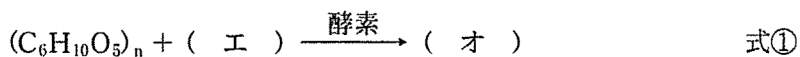
実験2 A～E を希酸で加水分解したところ、A, C, E は2分子のグル  
コースで構成される二糖であることが分かった。

実験3 A～E の水溶液にマルターゼを加え、温和な条件で反応させた。反  
応液にフェーリング液を加えて加熱したところ、C の反応液からは  
A と B の反応液の2倍の量の赤色沈殿が生じることが分かった。

トレハロース・セロビオース・マルトース・スクロース・ラクトース

問 5 でんぷん 486 g を酵素で単糖まで完全に加水分解(式①)し、さらに酵母で  
アルコール発酵させる(式②)と、エタノールが何 g 得られるかを考えること  
にした。

(1) でんぷんからエタノールをつくる反応の化学反応式を完成させた。  
(エ)から(キ)に最も適する化学式を入れなさい。なお、化学式は  
左辺のでんぷんの化学式にならって示し、必要ならば係数をもつけること。



(2) この化学反応式から、理論上エタノールは何 g 得られるかを計算し、有効数字3桁で答えなさい。なお、途中の計算過程も示しなさい。