

## 化学基礎・化学（化学）

すべての受験者は、～の全問を解答しなさい。

なお、問題を解くのに必要があれば、下記の数値を用いなさい。

原子量 H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0, Cu = 63.6, Zn = 65.4

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

次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。

アボガドロ定数  $N_A$  という用語は、アボガドロの法則<sup>①</sup>を提唱したアメデオ・アボガドロにちなんだものである。アボガドロ定数  $N_A$  は1モルあたりの粒子の数であり、種々の実験的方法によって測定されている。以下に、アボガドロ定数  $N_A$  の測定例(1)と(2)を示す。

- (1) ダイヤモンドの結晶構造からアボガドロ定数  $N_A$  を決定する方法がある。炭素原子は4個の  電子を持ち、ダイヤモンド中では隣接する  個の炭素原子と  結合を形成している。また、ダイヤモンドは炭素原子からなる  面体を基本単位とした立体網目構造となっている。その単位格子は立方体であり、単位格子中には8個の炭素原子が含まれている。ここで、ダイヤモンドの密度を  $d[\text{g/cm}^3]$ 、炭素の原子量を  $x$  とすると、ダイヤモンド1molの体積は   $[\text{cm}^3/\text{mol}]$  となる。よって、単位格子の一辺の長さを  $a[\text{cm}]$  とすると、アボガドロ定数  $N_A$  は、 $N_A =$    $[/math>mol]として算出できる。$
- (2) 水の電気分解実験から、発生した水素の分子数を求めて、アボガドロ定数  $N_A$  を算出できる。希硫酸水溶液に2本の白金電極を浸し、直流電流を流すと、陰極に水素が発生する。陽極では、硫酸イオンは酸化されにくいので、水分子が酸化されて  が発生する。電流の強さを  $I[\text{A}]$ 、電流を流した時間を  $t[\text{s}]$  とすると、流した電気量は   $[\text{C}]$  となる。ここで、両極で変化する物質の量は流した電気量に  するので   $[\text{C}]$  と電子1個のもつ電気量の大きさ  $q[\text{C}]$  から、発生した水素の分子数  $N$  は、 $N =$   個となる。

このときの絶対温度は  $T$  [K]、圧力は  $P$  [Pa]、発生した水素の体積は  $V$  [L] であった。次に、発生した水素を標準状態(絶対温度  $T_0$  [K]、圧力  $P_0$  [Pa])において、体積が  $V_0$  [L] となった。発生した水素を理想気体と仮定すると、ボイル・シャルルの法則から、 $\frac{PV}{T} = \boxed{\text{サ}}$  となる。ここで、標準状態における水素 1 モルの体積を  $y$  [L] とすると、アボガドロ定数  $N_A$  は、 $N_A = \frac{yN}{V_0}$  として算出できる。

問 1 下線部①のアボガドロの法則を説明しなさい。その際、「分子の数」を説明文中に用いなさい。

問 2  $\boxed{\text{ア}}$  ~  $\boxed{\text{サ}}$  に適切な語句、数値、または式を入れなさい。

問 3 下線部②の標準状態に関し、その絶対温度  $T_0$  [K] と圧力  $P_0$  [Pa] の具体的な数値を書きなさい。 $T_0$  は整数値で、 $P_0$  は有効数字 4 桁で答えなさい。

問 4 下線部③の理想気体に関連し、次の文章中の  $\boxed{\text{A}}$  と  $\boxed{\text{B}}$  に適切な語句を入れなさい。

一般に、常温・常圧付近では、実在気体を理想気体とみなすことができる。しかし、常圧を保ったまま温度を低くしていくと、気体分子の熱運動のエネルギーが小さくなるため、 $\boxed{\text{A}}$  が無視できなくなり、理想気体からのずれが生じてくる。一方、常温を保ったまま圧力を高くしていくと、体積が小さくなるため、 $\boxed{\text{A}}$  に加えて気体分子自身の  $\boxed{\text{B}}$  が無視できなくなり、理想気体からのずれが生じてくる。

問 5 下線部④に関し、 $y$  [L] の具体的な数値を小数第 1 位まで書きなさい。

2 次の文章を読み、問1～問7に答えなさい。

水溶液中で金属が陽イオンになろうとする性質を **ア** という。  
**ア** の大きな金属は **イ** を失いやすく、酸化還元反応では主に **ウ** 剤として作用しやすい。逆に、**ア** の小さな金属は、酸化還元反応で主に **エ** 剤として作用しやすい。酸化還元反応に伴って放出される化学エネルギーを電気エネルギーに変換する装置を **オ** という。

図1のように、硫酸銅水溶液に浸した銅板および硫酸亜鉛水溶液に浸した亜鉛板を素焼き板で隔てて導線でつなぐと **オ** となり、導線に電流が流れる。

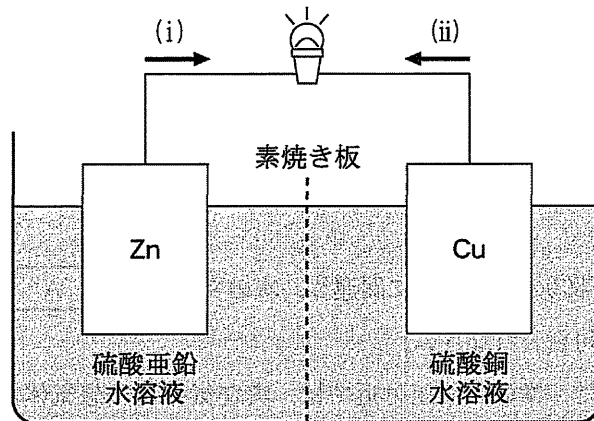


図1

問1 **ア** ~ **オ** に適切な語句を入れなさい。

問2 図1において、亜鉛板と銅板で起こる反応を、それぞれ電子 $e^-$ を含むイオン反応式で書きなさい。

問3 図1において、電流の流れる方向は(i)または(ii)のどちらか、答えなさい。

問 4 図 1 において、導線をつないでからしばらくすると負極が 13.08 g 減少した。このとき放電した電気量は何 C(クーロン)になるか、有効数字 3 桁で答えなさい。

問 5 問 4 の条件で、正極で析出する物質の質量は何 g になるか。有効数字 3 桁で答えなさい。

問 6 図 1 において、素焼き板を右から左に移動する主なイオンを下から 1 つ選んで、番号で答えなさい。

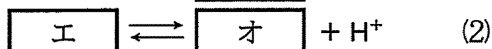
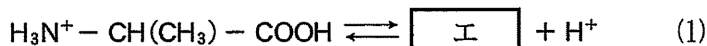
- ①  $\text{Cu}^{2+}$                       ②  $\text{Zn}^{2+}$                       ③  $\text{SO}_4^{2-}$                       ④  $\text{H}^+$

問 7 亜鉛は、耐腐食性メッキの材料としても広く利用される。鉄板に亜鉛をメッキした亜鉛メッキ鋼板は「トタン」と呼ばれ、鉄板の酸化腐食を防ぐ性質を持つ。トタンに耐腐食作用が生じる主な理由を 1 ～ 2 行で説明しなさい。

3 次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。ただし、アンモニアの電離定数  $K_b$  を  $1.8 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ 、水のイオン積  $K_w$  を  $1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ 、水温を  $25^\circ\text{C}$  とする。また、たとえば物質 X のモル濃度を  $[X]$  と表すものとする。

アンモニアは水によく溶け、一部が水と反応してアンモニウムイオンと **ア** イオンを生じるため、水溶液は塩基性を示す。アンモニア水溶液のモル濃度を  $C (\text{mol/L})$ 、電離度を  $\alpha$  とすると、水溶液中の **ア** イオンのモル濃度は **イ**  $(\text{mol/L})$  と表される。塩化アンモニウムも水によく溶け、完全に電離してアンモニウムイオンを生じる。このアンモニウムイオンの一部が水と反応して **ウ** イオンを生じるため、水溶液は酸性を示す。

次に、アミノ酸の1種であるアラニンは、水溶液中で次のように2段階で電離する。



いま、 $1.0 \text{ mol/L}$  のアラニン塩酸塩水溶液  $10.00 \text{ mL}$  をホールピペットで正確に取り、 $100 \text{ mL}$  メスフラスコに入れ、純水を加えて10倍に希釈した。この希釈水溶液  $10.00 \text{ mL}$  をホールピペットで正確にとってコニカルビーカーに入れ、 $0.10 \text{ mol/L}$  水酸化ナトリウム水溶液を **カ** (実験器具名) から滴下するという滴定実験を行った。図1はその際の **キ** である。図1中の点RのpHは  $0.10 \text{ mol/L}$  水酸化ナトリウム水溶液を  $10.00 \text{ mL}$  加えた時のpHであり、アラニンの **ク** に等しい。アミノ酸の **ク** は、分子全体としての電荷が0になるpHである。水溶液中でアラニンは陽イオン、双性イオン、および陰イオンとして存在し、このうち **エ** は分子全体として電氣的に中性である。したがって、点Rでは、わずかに存在する **オ** と  $\text{H}_3\text{N}^+ - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{COOH}$  のモル濃度が等しい。式(1)と式(2)の電離定数をそれぞれ  $K_1 = 5.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$  と  $K_2 = 2.0 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$  とすると、これらの電離定数の式と、上の **オ** と  $\text{H}_3\text{N}^+ - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{COOH}$  のモル濃度が等しいとの条件から、図1中の点RのpHを導き出すことができる。

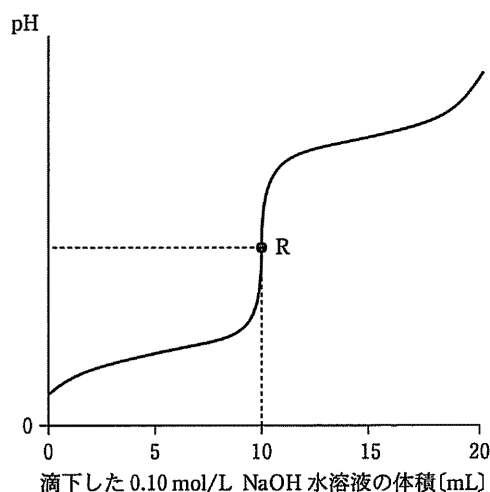
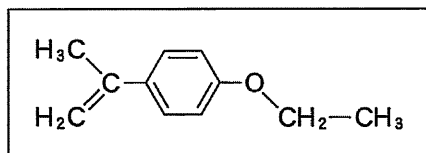


図 1

- 問 1 ア ~ ク に適切な語句, 実験器具名, またはイオン式などを入れなさい。
- 問 2 以下のAとBに答えなさい。
- A. アンモニアの電離定数  $K_b$  をモル濃度を使って表しなさい。
- B. 下線部①に関し, アンモニウムイオンが水と反応することによって生じたイオンや分子と, 残っているアンモニウムイオンとの間で平衡が成立している。その平衡定数  $K$  をアンモニアの電離定数  $K_b$  と水のイオン積  $K_w$  で表しなさい。
- 問 3 アンモニア水と塩化アンモニウムを混合した緩衝液に, 少量の強酸や強塩基を加えても, この水溶液の pH はほとんど変化しない。この理由について説明しなさい。
- 問 4 下線部②に関し, 点 R の pH を求めるのに必要な 3 つの式を書きなさい。その際, アラニンの陽イオン, 双性イオン, および陰イオンのモル濃度を, それぞれ  $a$ ,  $b$ , および  $c$  [mol/L] としなさい。
- 問 5 問 4 の 3 つの式から, 点 R における  $[H^+]$ ,  $K_1$ , および  $K_2$  の間の関係式を導き出すことで点 R の pH を計算し, 小数第 2 位までの値で書きなさい。

- 4 次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。構造式は以下の記入例にならって書きなさい。

記入例



有機化合物のうち、分子式が同じで構造が異なる化合物を互いに異性体という。

異性体のうち、分子の構造式が異なる異性体を  といい、構成原子のつながりや結合の種類は同じであるが、分子の立体的な形が異なるために生じる異性体を  という。 のうち、炭素間の結合が回転できないことによって生じる異性体を  といい、構造式が同一であるにもかかわらず立体的に重ね合わせることができない異性体を  という。

有機化合物の分子式から、分子に含まれている原子の数と種類のほか、不飽和度と呼ばれる数値を算出することができる。不飽和度とは、分子中の環および二重結合の数を合計したものである。例えば、二重結合を一つもつエチレンの不飽和度は1、環構造を1つ持つシクロヘキサンは1、ベンゼンは4である。炭化水素の不飽和度は、下記の式から計算できる。

$$\text{不飽和度} = \text{炭素数} - (\text{水素数} \div 2) + 1$$

問1  ～  に適切な語句を入れなさい。

問2 炭素数4、不飽和度1である炭化水素のうち、 をすべて、構造式で書きなさい。

問 3  $C_5H_{10}$  の分子式で表される炭化水素について、以下のA～Dに答えなさい。

A. 二重結合をもつ  はいくつあるか。

B. 三員環をもつ  はいくつあるか。

C. 四員環をもつ  はいくつあるか。

D. 五員環をもつ  はいくつあるか。

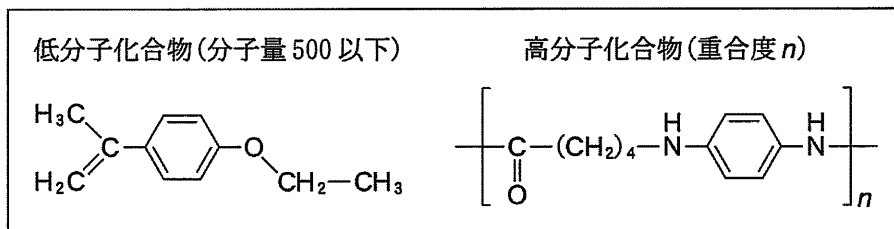
問 4 問3のAで解答したもののうち、 が存在するものはいくつあるか、答えなさい。

問 5 問3のBで解答したもののうち、 が存在するものはいくつあるか、答えなさい。



5 次のⅠ、Ⅱの問いに答えなさい。構造式は以下の記入例にならって書きなさい。

記入例



Ⅰ. 次の文章を読み、問 1～問 4 に答えなさい。

二重結合や三重結合などの不飽和結合をもつ単量体が付加反応を繰り返しながら高分子化合物が得られる反応を ア という。酢酸ビニルを ア させるとポリ酢酸ビニルが得られ、これを水酸化ナトリウム水溶液で イ すると、<sup>①</sup>洗濯のりとして用いられる( A )が得られる。また、アクリロニトリルを ア させると、毛布などに用いられるアクリル繊維の主成分であるポリアクリロニトリルが得られる。ポリアクリロニトリルは染色されにくいため、アクリロニトリルと少量のアクリル酸メチルを一緒に反応させることで、<sup>②</sup>高分子の<sup>③</sup>一部に染料の分子と結びつきやすい原子団—COOCH<sub>3</sub>を導入して、染色されやすくすることがある。ポリアクリロニトリルの繊維を不活性ガス中、高温で処理すると、航空機材料などに用いられる、軽くて強度の高い ウ 繊維が得られる。

一方、単量体間で水などの小さい分子が取れる反応を繰り返しながら高分子化合物が得られる反応を エ という。テレフタル酸と( B )の エ では、飲料容器などに用いられるポリエチレンテレフタレートが得られ、アジピン酸とヘキサメチレンジアミンを用いた エ では合成繊維として用いられる( C )が得られる。

問 1  ~  に入る適切な語句を，以下の各語群からそれぞれ  
1つ選んで記号で答えなさい。

- |                                |   |          |          |          |          |
|--------------------------------|---|----------|----------|----------|----------|
| <input type="text" value="ア"/> | : | (a) 付加重合 | (b) 付加縮合 | (c) 縮合重合 | (d) 開環重合 |
| <input type="text" value="イ"/> | : | (a) 中和   | (b) 加水分解 | (c) 酸化   | (d) 還元   |
| <input type="text" value="ウ"/> | : | (a) ナイロン | (b) アクリル | (c) ガラス  | (d) 炭素   |
| <input type="text" value="エ"/> | : | (a) 付加重合 | (b) 付加縮合 | (c) 縮合重合 | (d) 開環重合 |

問 2 ( A ) ~ ( C ) に適切な物質名を入れなさい。

問 3 下線部①と下線部②の化合物の構造式を書きなさい。

問 4 下線部③のように複数の単量体を一緒に反応させて得られる高分子化合物  
を何というか，答えなさい。

II. 次の文章を読み、問1～問3に答えなさい。

デンプンは単糖であるグルコースが多数つながった天然高分子化合物であり、グルコースの1位と4位の水酸基が縮合した直鎖状の<sup>①</sup>アミロースと、一部分岐構造をもつアミロペクチンとで構成されている。デンプンに  を加えて加水分解するとマルトースが得られ、さらに  を作用させるとグルコースが得られる。

一方、紙の主成分であるセルロースもグルコースが多数つながった天然高分子化合物であるが、<sup>②</sup>ヨウ素デンプン反応を示さない。セルロースに  を作用させるとセロビオースが得られ、さらに  を作用させるとグルコースが得られる。

問1  ～  にあてはまる酵素の正しい組み合わせを以下から選び、番号で答えなさい。

1: (ア) マルターゼ (イ) アミラーゼ (ウ) セルラーゼ (エ) セロビアーゼ

2: (ア) アミラーゼ (イ) マルターゼ (ウ) セルラーゼ (エ) セロビアーゼ

3: (ア) マルターゼ (イ) アミラーゼ (ウ) セロビアーゼ (エ) スクラーゼ

4: (ア) アミラーゼ (イ) マルターゼ (ウ) セルラーゼ (エ) ラクターゼ

問2 下線部①と下線部②の2つの高分子中のグルコースの結合の仕方の違いを、1～2行で答えなさい。

問3 二重下線部について、セルロースがヨウ素デンプン反応を示さない理由を、1～2行で答えなさい。