

化 学

注 意 事 項

1. 「解答始め」の合図があるまでこの冊子は開かないこと。
2. この冊子は9ページである。
3. 学部名と受験番号は、必ず5枚の解答用紙のそれぞれに記入すること。
4. 解答は、解答用紙の指定された所に、問題に指示してある方法で記入すること。
5. 気体はすべて理想気体と考えなさい。必要ならば、次の原子量、定数を使用しなさい。

[原子量]

$$\begin{array}{llll} \text{H} = 1.00 & \text{C} = 12.0 & \text{N} = 14.0 & \text{O} = 16.0 \\ \text{Na} = 23.0 & \text{Cl} = 35.5 & \text{I} = 127 & \end{array}$$

[気体定数]

$$R = 8.3 \frac{\text{m}^3 \cdot \text{Pa}}{\text{K} \cdot \text{mol}} = 8.3 \times 10^3 \frac{\text{L} \cdot \text{Pa}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$$

($1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$; $1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$)

[アボガドロ定数]

$$N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$$

[ファラデー定数]

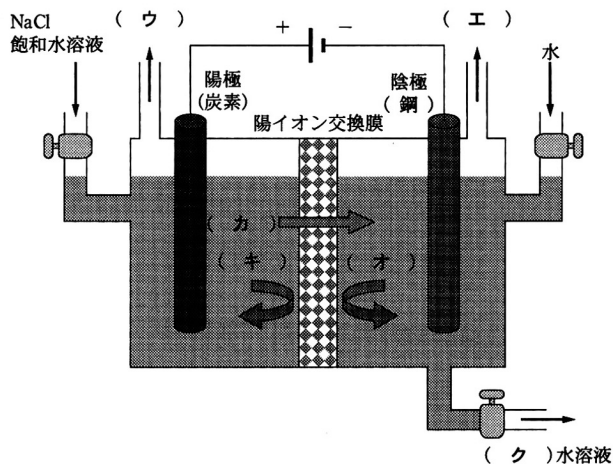
$$F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$$

6. 文字、記号、数字などは誤読されないように正確に書くこと。

1

〔I〕 次の文を読み、下記の問1～4に答えなさい。

電気分解において、陽極では電子を奪う(ア)反応が、陰極では電子を与える(イ)反応が起こる。下図のように陽イオン交換膜で仕切られた陽極側に飽和塩化ナトリウム水溶液を、陰極側に水を入れ電気分解を行う。陽極では気体として(ウ)が発生する。陰極では気体として(エ)と液中には(オ)イオンが発生する。溶液中の陰極付近では(オ)イオンの濃度が高くなり、また、(カ)イオンは陽極から陰極へ陽イオン交換膜を透過できる。一方、(オ)イオンや(キ)イオンは陽イオン交換膜を透過できない。したがって、陰極付近では(オ)イオンと(カ)イオンの濃度が高くなり、この水溶液を濃縮すると(ク)が得られる。



問1 上図は上記文章を図示したものである。これを参考に文中の(ア)～(ク)に適切な語句を入れなさい。なお、これらの語句は重複することはない。

問 2 1.00 A の電流を 1.93×10^3 秒間流して電気分解したとき、陰極で発生する気体は標準状態 (0°C , 1 atm) では何 L か答えなさい。計算式も示しなさい。ただし、標準状態の気体の体積は 22.4 L/mol とする。

問 3 陽極で生成した気体をヨウ化物イオンを含む水溶液に吹き込んだときに起こる反応をイオン反応式で示しなさい。

問 4 問 3 の反応が進行する理由を 40 字以内で説明しなさい。

〔Ⅱ〕 次の文を読み、下記の間 5, 6 に答えなさい。

酸素は (ア) の強い元素である。酸素は金属のような (イ) の強い元素と (ウ) 結合して 酸化物 を形成する。また、酸素は非金属元素と (エ) 結合して 酸化物 を形成する。

①の酸化物の多くは水と反応して (オ) を示すため、(オ) 酸化物という。一方、②の酸化物の多くは水に溶けて (カ) を示すため、(カ) 酸化物という。酸化アルミニウムは塩酸とも、水酸化ナトリウム水溶液とも反応し、(キ) 酸化物 と呼ばれる。

問 5 (ア) ~ (キ) に適切な語句を次の語群から選び、記号で答えなさい。

(語群) (a) 水素, (b) 共有, (c) 分子, (d) イオン,
(e) 金属, (f) 陽性, (g) 陰性, (h) 両性,
(i) 極性, (j) 無極性, (k) 酸性, (l) 塩基性

問 6 次の (a) ~ (e) は、下線①~③の酸化物のいずれと同じ性質を示すか数字で答えなさい。

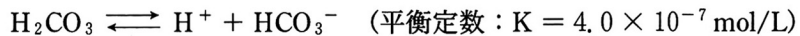
(a) Na_2O , (b) NO_2 , (c) SO_2 , (d) CaO , (e) ZnO

2

次の文を読み、下記の問1～4に答えなさい。

化学実験では蒸留水が必須であるが、密閉せずに放置しておく、蒸留水はやや(1)に偏ることが知られている。この現象は、蒸留水と大気中の二酸化炭素との反応で説明することができる。一般に気体の液体に対する溶解度は(2)の法則に従い、その気体の分圧に比例する。大気中には、二酸化炭素が約0.04%含まれている。地表付近における大気圧は1 atmであるので、大気中の二酸化炭素の分圧は(ア) atmとなる。また、25℃、1 atmの二酸化炭素が同温度の蒸留水に溶ける量は 3.4×10^{-2} mol/Lであるため、25℃、1 atmの大気に含まれる二酸化炭素は、同温度の蒸留水に(イ) mol/Lまで溶解することができる。

蒸留水に溶解した二酸化炭素は、さらに以下のように電離する。



したがって、大気中の二酸化炭素と平衡状態にある蒸留水の水素イオン濃度は(ウ) mol/Lとなり、pHは(エ)となる。このことは、天然の雨水でも同様に考えることができ、pHが(エ)よりも(3)雨を、一般に(4)雨とよんでいる。

問1 (1)～(4)に入る適切な語句を以下から選び、記号で答えなさい。なお、これらの語句は重複して選んでもよい。

- (a) 酸性 (b) 塩基性 (c) 可燃性 (d) 還元性
 (e) アボガドロ (f) ヘンリー (g) ル・シャトリエ
 (h) ヘス (i) ラボアジェ (j) 大きい (k) 小さい

問2 (ア)および(イ)に入る適切な数字を以下から選び、記号で答えなさい。

- (a) 4×10^4 (b) 4×10^2 (c) 4 (d) 4×10^{-2}
 (e) 4×10^{-4} (f) 4×10^{-6} (g) 1.4×10^3 (h) 1.4×10
 (i) 1.4×10^{-1} (j) 1.4×10^{-3} (k) 1.4×10^{-5} (l) 1.4×10^{-7}

問 3 (ウ)に入る適切な数字を $A \times 10^{-B}$ の形式(有効数字1桁)で答えなさい。ただし、A および B には、それぞれ 0 から 9 までの整数が入る。解答欄には計算式も記入しなさい。ただし、 $\sqrt{5} = 2.2$, $\sqrt{6} = 2.4$ とする。

問 4 (エ)に入る適切な数字を以下から選び、記号で答えなさい。ただし、 $\log_{10} 2 = 0.3$ とする。

- | | | | |
|---------|---------|---------|---------|
| (a) 4.3 | (b) 4.7 | (c) 5.3 | (d) 5.7 |
| (e) 6.3 | (f) 6.7 | (g) 7.3 | (h) 7.7 |

3

シュウ酸と水酸化ナトリウムを用いた中和滴定に関する次の文を読み、下記の問1～3に答えなさい。

シュウ酸二水和物 $[(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ の結晶(ア)gを水で溶解して正確に100 mLとした。この溶液10 mLを(1)で正確に量りとり、(2)に移し、水を20 mL加えた。これに(3)溶液を指示薬として加えたが、シュウ酸溶液は無色透明のままで変化は無かった。次に0.10 mol/Lの水酸化ナトリウム(NaOH)溶液を(4)に移し、(2)に入ったシュウ酸溶液を中和滴定したところ、ちょうど40 mL加えたところで溶液は(5)色に着色した。

問1 (1)～(5)に入る適切な語句を〈選択群1〉から選び、記号で答えなさい。なお、これらの語句は重複して選んでもよい。

〈選択群1〉

- | | | |
|-------------|--------------|----------------|
| (a) 直示天秤 | (b) コニカルピーカー | (c) 秤量ビン |
| (d) ホールピペット | (e) ビュレット | (f) コマゴメピペット |
| (g) メスシリンダー | (h) ブフナーロート | (i) 青 |
| (j) 黄 | (k) 赤 | (l) オレンジ |
| (m) リトマス | (n) メチルオレンジ | (o) フェノールフタレイン |

問2 (ア)に入る数字を〈選択群2〉から選び、記号で答えなさい。

〈選択群2〉

- | | | | |
|----------|----------|----------|----------|
| (a) 0.45 | (b) 0.63 | (c) 0.90 | (d) 1.26 |
| (e) 1.3 | (f) 1.8 | (g) 2.5 | (h) 3.6 |
| (i) 5.0 | (j) 6.3 | (k) 9.0 | (l) 12.6 |

問3 この操作で用いる器具類[(1), (2), (4)]のうち、共洗いを要しないものはどれか。その器具名を〈選択群1〉から選び、記号で答えなさい。

4

次の文(1)~(3)を読み、下記の問1, 2に答えなさい。

- (1) 有機化合物AとBは互いに異性体であり、分子式 C_2H_6O をもつ。化合物Aは金属ナトリウムと反応しないが、化合物Bは金属ナトリウムと激しく反応する。

化合物Bはおだやかに酸化すると化合物Cを生じ、さらに酸化を続けると酸性化合物Dになる。化合物Bと化合物Dの混合物を酸性水溶液中で熱すると芳香をもつ揮発性化合物Eが生成する。

化合物Bを濃硫酸とともに約 $130^\circ C$ で加熱すると、化合物Aが得られる。一方、化合物Bを約 $170^\circ C$ で加熱すると、化合物Fが生じる。化合物Fを触媒として硫酸水銀(II)を溶かした希硫酸の中へ通じると、化合物Cになる。

- (a) 化合物Fを適当な条件のもとで反応させると、多数のFがつながった分子量の大きい化合物(高分子化合物)が生じる。

化合物Fに塩素を付加すると化合物Gが生じ、Gを熱分解すると塩化水素が脱離し、化合物Hが生じる。化合物Hが繰り返し結合すると高分子化合物となり、バケツなどの成形品や電気絶縁材などに用いられる。

- (2) 化合物Iは気体で、実験室では炭化カルシウム(カーバイド)に水を加えてつくられる。化合物Iの1分子に1分子の塩化水素が反応すると化合物Hが得られる。^(b)

化合物Iは触媒を用いて高温、高圧で反応させると重合し、特有のにおいをもつ最も簡単な芳香族化合物Jになる。化合物Jは濃硫酸を加えて加熱すると、化合物Kを生じる。^(c)化合物Kのナトリウム塩を水酸化ナトリウムとともに高温で加熱(アルカリ融解)すると化合物Lが生成し、この水溶液に二酸化炭素を吹き込むと、化合物Mが遊離する。化合物Mの水溶液に塩化鉄(III)の水溶液を加えると紫色になる。

芳香族化合物Jは、濃硝酸と濃硫酸との混合物(混酸)と反応して一置換生成物Nを生じる。化合物Nをスズと濃塩酸で還元し、生じた化合物Oに塩酸を加え塩とした後、亜硝酸ナトリウムを $5^\circ C$ 以下で加えると、化合物Pが得られ

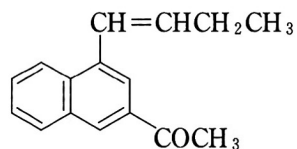
る。化合物Pの水溶液に化合物Mを作用させると、橙赤色の化合物p-ヒドロキシアゾベンゼンが生じる。

- (3) 分子式 C_8H_{10} をもつ3種の異性体は、塩素水や臭素水と反応しないが、紫外線を照射しながら塩素を作用させると反応が起こる。3種の異性体を過マンガン酸カリウムで酸化すると、それぞれジカルボン酸Q, R, およびSを生じる。

化合物Qは加熱すると脱水され、化合物Tが得られる。化合物Rはエチレングリコールと反応して高分子化合物となり、^(d)ポリエステル繊維として用いられる。

問 1 化合物A～Tの構造式を例にならって示しなさい。

構造式の例



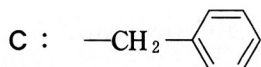
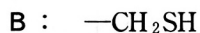
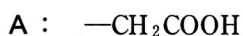
問 2 (a)～(d)の反応名に最も適切な用語を下記の語群から1つ選び、番号で答えなさい。

(a) () (b) () (c) () (d) ()

語 群

1. 中和反応,
2. 酸化反応,
3. 還元反応,
4. 置換反応,
5. 付加反応,
6. 縮合重合(縮重合)反応,
7. 付加重合反応

5 3種類の化合物A, B, Cがある。これらはすべて α -アミノ酸であり、側鎖(置換基)の構造は次のとおりである。



さらにA, B, Cがある順序で結合したトリペプチドDがある。以下の間に答えなさい。

問 1 A~Dのうち、ニンヒドリンを加え、煮沸して冷却すると青紫色を示すものはどれか、すべて答えなさい。

問 2 A~Dのうち、濃硝酸を加えて熱すると黄色になり、さらにアンモニアを加えて塩基性になると橙黄色に変わるものはどれか、すべて答えなさい。また、この反応を何と呼ぶか答えなさい。

問 3 A~Dのうち、水酸化ナトリウム水溶液を加えて塩基性にした後、硫酸銅(II)水溶液を加えると赤紫色を呈するものはどれか、すべて答えなさい。また、この反応を何と呼ぶか答えなさい。

問 4 Cの α -炭素に結合しているカルボキシル基がメチルエステルになったものとAがペプチド結合したものはアスパルテームと呼ばれ、砂糖の約200倍の甘味を示す。アスパルテームの構造式を書きなさい。

問 5 次の各項目から間違っているものを2つ選び、(a)~(e)の記号で答えなさい。

- (a) A~Dは、すべて双性イオンになることができる。
- (b) A~Dは、それぞれの等電点において、水溶液中での+の電荷と-の電荷の量がともに最大となり、その時に水に対する溶解度が最高となる。
- (c) Dは不斉炭素原子を3つもっている。
- (d) Bの水溶液を空气中に放置すると、Bの2分子が結合した化合物が生じる。
- (e) タンパク質は α -アミノ酸が、アミロペクチンは α -グルコースが、ともに直鎖状に連なったものである。

問 6 次の文中の()の中に適当な数字、化学式、あるいは語句を入れなさい。

ペプチド結合は、Dには(a)つあるが、タンパク質のように1つの分子内にペプチド結合が多数存在すると、その(b)基と(c)基の間に(d)ができるようになる。このことによって、 α -ヘリックスや β -シートが安定に保たれ、さらに疎水的相互作用などの働きが加わってタンパク質の立体構造が形づくられる。この立体構造が熱や酸の作用によって失われる現象を(e)という。