

# 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6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。1ページに原子量、定数が記載してあります。必要があれば使用しなさい。
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。

必要ならば、次の原子量、定数を使用しなさい。

[原子量]

$$H = 1.0 \quad C = 12.0 \quad N = 14.0 \quad O = 16.0 \quad S = 32.0 \quad Cu = 63.5$$

[気体定数]

$$R = 8.31 \frac{\text{m}^3 \cdot \text{Pa}}{\text{K} \cdot \text{mol}} = 8.31 \times 10^3 \frac{\text{L} \cdot \text{Pa}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$$

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

[アボガドロ定数]

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

[ファラデー定数]

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

1 濃度未知の硫酸銅水溶液Ⅰ～Ⅲの濃度を決定するために、それぞれ以下の方法Ⅰ～Ⅲを用いた。これらの文章を読み、問1～7に答えなさい。なお計算の答えは、有効数字2桁で求めなさい。

方法Ⅰ 50 mLの溶液Ⅰを蒸発乾固して青色結晶を得た。これをさらに加熱乾燥して白色粉末を得た。この粉末の重量を測定すると2.5 gであった。

方法Ⅱ 50 mLの溶液Ⅱに酸性条件下で硫化水素の気体を通じると沈殿を生じた。この沈殿をろ過して乾燥し、その重量を測定すると1.8 gであった。

方法Ⅲ 50 mLの溶液Ⅲに水酸化ナトリウムを少量加え、陽極を白金板、陰極を銅板として電気分解した。1.6 Aの電流を通じたところ、25分後に電流が流れにくくなり、陰極から気泡が発生し始めた。

問1 下線部①で起こった反応の反応式を書きなさい。

問2 方法Ⅰにより決定した溶液Ⅰの硫酸銅のモル濃度を求めなさい。

問3 下線部②について、沈殿を生じる反応の反応式を書きなさい。

問4 方法Ⅱにより決定した溶液Ⅱの硫酸銅のモル濃度を求めなさい。

問5 下線部③について、気体を生じる反応の反応式を書きなさい。

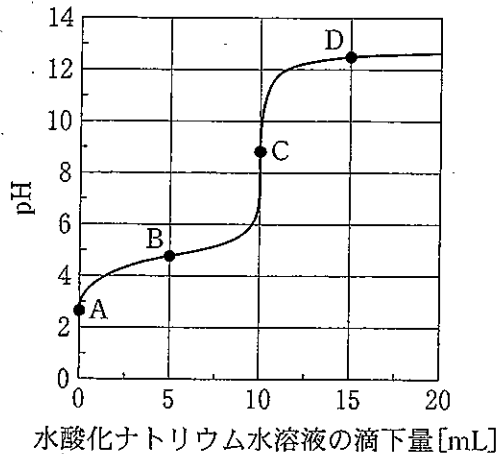
問6 方法Ⅲにより決定した溶液Ⅲの硫酸銅のモル濃度を求めなさい。

問7 もしこれらの硫酸銅水溶液に硫酸亜鉛が混入していたとしたら、方法Ⅰ～Ⅲによって硫酸銅の濃度は正しく決定できるだろうか。方法Ⅰ～Ⅲについて、決定できるかどうか、およびその理由を答えなさい。

問題は次ページに続く。

2 次の文章を読み、問1および問2に答えなさい。

0.20 mol/L 酢酸水溶液 10.0 mL に、水酸化ナトリウム水溶液を滴下していくと、下図のように水溶液の pH は変化した。なお、水溶液の pH は pH メーターを用いて測定した。



問1 次の(1)~(5)に答えなさい。ただし、酢酸の電離定数  $K_a$  [mol/L] =  $2.7 \times 10^{-5}$ 、水のイオン積  $K_w$  [mol<sup>2</sup>/L<sup>2</sup>] =  $1.0 \times 10^{-14}$ 、 $\log_{10} 2.0 = 0.30$ 、 $\log_{10} 2.7 = 0.43$  とする。

- (1) 滴定に使用した水酸化ナトリウム水溶液の濃度を答えなさい。
- (2) 点 A の pH、つまり 0.20 mol/L 酢酸水溶液の pH を以下のような手順で求める。(ア)~(エ)に適切な式または数値を入れなさい。なお、(エ)は小数点第1位まで答えなさい(計算過程も必ず示すこと)。

水溶液中の酢酸の濃度を  $c$  [mol/L] とし、その酢酸の電離度を  $\alpha$  とすると、電離平衡時には  $[\text{CH}_3\text{COO}^-] = [\text{H}^+] = c\alpha$ 、 $[\text{CH}_3\text{COOH}] = (\text{ア})$  となる。したがって、 $K_a$  は  $c$  と  $\alpha$  を用いて以下のように表すことができる。

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = (\text{イ})$$

電離度  $\alpha$  は 1 に比べて著しく小さいと見なせるため、 $\alpha$  は  $K_a$  と  $c$  を用いて以下のように表すことができる。

$$\alpha = (\text{ウ})$$

これより、 $[\text{H}^+]$  を  $K_a$  と  $c$  を用いて表すことができる。 $K_a$  と  $c$  に数値を代入し計算すると、点 A の pH は (エ) となる。

- (3) 点 B の状態の水溶液に少量の酸や塩基を加えても、その pH はあまり変化しない。その理由を答えなさい。
- (4) 中和点である点 C は中性でなく弱塩基性である。その理由を答えなさい。
- (5) 点 D の pH を小数点第 1 位まで求めなさい (計算過程も必ず示すこと)。

問 2 pH メーターが使用できない場合、この滴定の中和点を知るための指示薬に関する次の記述のうちから正しいものを 1 つ選んで記号で答えなさい。

選択肢

- (a) メチルオレンジ、フェノールフタレインともに用いることができる。
- (b) メチルオレンジは用いることができるが、フェノールフタレインは用いることができない。
- (c) メチルオレンジは用いることができないが、フェノールフタレインは用いることができる。
- (d) メチルオレンジ、フェノールフタレインともに用いることができない。

3

次の文章を読み、問1～6に答えなさい。

タンパク質と多糖はいずれも分子量の大きな有機(ア)化合物である。

タンパク質はアミノ酸が(イ)重合した構造をしており、この重合により形成される共有結合を特に(ウ)結合という。生体内のタンパク質を構成する主なアミノ酸として、側鎖の違いにより20種類が知られている。<sup>①</sup>

一方、多糖は(エ)糖が(オ)重合した構造をしており、生体内ではデンプンや(カ)のように(キ)を貯蔵する役割や、セルロースのように(ク)の構成成分として細胞の構造を支える役割などを担っている。デンプンにヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を加えると青色～青紫色になるが、これはヨウ素デンプン反応と呼ばれ、らせん状のデンプン分子の鎖の中にヨウ素分子が入り込むことによって起こる呈色反応である。<sup>②</sup>

問1 文中の空欄(ア)～(ク)に入る最も適切な語を次の選択肢から選び、記号で答えなさい。ただし、与えられた語は複数回使用してもよい。

選択肢

- (a) アルブミン (b) エネルギー (c) グリコーゲン  
 (d) 合成 (e) 高分子 (f) 細胞壁 (g) 細胞膜  
 (h) 酸素 (i) 縮合 (j) 水素 (k) スクロース  
 (l) 単 (m) 麦芽 (n) 付加 (o) ペプチド

問2 次の(1)～(4)は、タンパク質と多糖のどちらに関する記述としてより適切か、解答欄記載の選択肢の中から選び○で囲んで答えなさい。

- (1) その水溶液はビウレット反応を示す。  
 (2) その水溶液はフェーリング反応を示さないが、酸などで分解した後ではこの反応を示すようになる。  
 (3) 枝分かれ構造を含む場合がある。  
 (4) 構成元素の質量比がC > O > N > Hの順になるものが多い。

問 3: 下線部①について、これらのアミノ酸を次の(1)~(4)の有無について判別すると結果はどのようなになるか、次の(a)~(c)の選択肢から選びなさい。また、グリシンとフェニルアラニンについて(1)~(4)の有無をそれぞれ答えなさい。なお、解答欄記載の選択肢の中から適切なものを○で囲んで答えること。

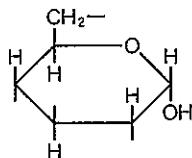
- (1) 不斉炭素原子 (2) ベンゼン環 (3) 等電点 (4) 側鎖中のアミノ基

選択肢

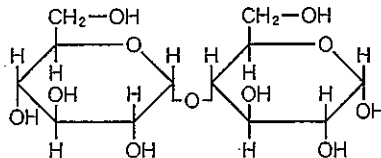
- (a) 20 種類の全てが「あり」と判別される  
 (b) 20 種類の中に「あり」と判別されるものと「なし」と判別されるものがある  
 (c) 20 種類の全てが「なし」と判別される

問 4  $\alpha$ -グルコースの 2 位の OH 基へ  $\beta$ -グルコースが脱水して結合した、ある二糖を考える。

- (1) この二糖の還元性の有無を答えなさい。解答欄記載の選択肢の中から適切なものを○で囲んで答えること。  
 (2) 下の左図はこの二糖の構造式の一部を示したものである。右図に示したマルトースの例にならって、この二糖の構造式を完成させなさい。



ある二糖の構造式の一部



例：マルトースの構造式

問 5 あるアミロースを完全に分解したところ、アミロース  $1.00 \times 10^{-2}$  モルあたり 12.3 モルのグルコースが得られた。このアミロースの分子量はいくらか。計算過程を示し、有効数字 3 桁で答えなさい。

問 6 下線部②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、デンプンと対比しながら説明しなさい。



- 4 次の文章を読み、問1および問2に答えなさい。ただし、脂肪酸Aの構造は $R^A-COOH$ 、脂肪酸Bの構造は $R^B-COOH$ と省略すること。

油脂は脂肪酸3分子とグリセリンのエステルであり、脂肪酸の組み合わせによってさまざまな構造をもつものが知られている。脂肪酸は鎖状の炭化水素基にカルボキシル基が結合した分子であり、飽和脂肪酸の場合その一般式は(ア)で表される。

油脂Xは混合物であるが、完全に水素を付加させると、純物質である油脂Yが得られた。油脂Xを水酸化ナトリウム水溶液で加水分解したところ、2種類の脂肪酸ナトリウム塩の混合物が得られた。これを水に懸濁させ、(イ)すると、脂肪酸AおよびBが遊離してきた。

脂肪酸Aは直鎖状の飽和脂肪酸であり、脂肪酸Bは分子内にシス型の二重結合を2つ含む不飽和脂肪酸であった。脂肪酸B 10.0 g に対して水素を完全に付加させたとき、消費された水素の量は標準状態で1.60 Lであった。

問1 油脂および脂肪酸について、次の(1)~(6)に答えなさい。

- (1) (ア)に入る飽和脂肪酸の一般式を次の(a)~(f)のうちから1つ選んで記号で答えなさい。

選択肢

- |                      |                    |                      |
|----------------------|--------------------|----------------------|
| (a) $C_nH_{2n-2}O_n$ | (b) $C_nH_{2n}O_n$ | (c) $C_nH_{2n+2}O_n$ |
| (d) $C_nH_{2n-2}O_2$ | (e) $C_nH_{2n}O_2$ | (f) $C_nH_{2n+2}O_2$ |

- (2) 油脂Xの取りうる構造はいくつあるか。数字で答えなさい。ただし、光学異性体は無視すること。
- (3) 油脂Xの取りうる構造のうち、不斉炭素を持つものはいくつあるか。数字で答えなさい。

- (4) (イ)に入る最も適切な操作を次の(a)~(e)のうちから1つ選んで記号で答えなさい。

選択肢

- (a) 加熱 (b) 冷却 (c) 飽和食塩水を添加  
(d) 溶液が強酸性になるまで濃塩酸を添加  
(e) 溶液が強アルカリ性になるまで水酸化ナトリウムを添加

- (5) 油脂 Y の構造式を書きなさい。  
(6) 脂肪酸 A の分子式を示しなさい。計算の過程も書くこと。

問 2 脂肪酸 A にメタノールと少量の濃硫酸を加えて加熱すると、エステル  $R^A-COOCH_3$  を含む混合物が得られた。この反応について、次の(1)~(4)に答えなさい。

- (1) エステル  $R^A-COOCH_3$  のほかに、この混合物に含まれている化合物を次の(a)~(d)のうちからすべて選び、記号で答えなさい。

選択肢

- (a)  $R^A-COOH$  (b) グリセリン (c) 水 (d) メタノール

- (2) この反応で得られる  $R^A-COOCH_3$  の量を増やす方法として適切なものを次の(a)~(d)のうちからすべて選び、記号で答えなさい。

選択肢

- (a) 濃硫酸の量を増やす (b) メタノールの量を増やす  
(c) 濃硫酸のかわりに希硫酸を用いる  
(d) メタノールのかわりに水を用いる

- (3) この反応で濃硫酸はどんな役割を果たしているか、簡潔に答えなさい。  
(4) 濃硫酸を加えずにこの反応を行った場合、得られる  $R^A-COOCH_3$  の量はどうか。理由とともに答えなさい。ただし、反応時間は十分に長く取っているものとする。