

# 令和 3 年 度

## 試 験 問 題 ②

# 学 科 試 験

(9時～12時)

### 【注 意】

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中をみてはならない。
2. 試験教科、試験科目、ページ、解答用紙および選択方法は下表のとおりである。

教 科	科 目	ページ	解答用紙数	選 択 方 法
数 学	数 学	1～10	2 枚	数学、英語は必須解答とする。 理科は左の3科目のうちから1科目を選択せよ。
英 語	英 語	11～14	3 枚	
理 科	化 学	15～26	2 枚	
	生 物	27～44	2 枚	
	物 理	45～52	1 枚	

3. 監督者の指示に従って、選択しない理科科目を含む全解答用紙(10枚)に受験番号と選択科目(理科のみ)を記入せよ。
  - ① すべての受験番号欄に受験番号を記入せよ。
  - ② 理科は選択科目記入欄に選択する1科目を○印で示せ。  
上記①、②の記入がないもの、および理科2科目または理科3科目選択した場合は答案全部を無効とする。
4. 解答はすべて解答用紙の対応する場所に記入せよ。
5. 問題冊子の余白を使って、計算等を行ってもよい。
6. 試験開始後、問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせよ。
7. 解答用紙はいずれのページも切り離してはならない。
8. 解答用紙は持ち帰ってはならない。問題冊子は持ち帰ってよい。

# 化 学

## 【注意】

- 1 化学の全問を通して、必要ならば次の数値を用いよ.

原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23, S = 32,

K = 39, Ar = 40, Cu = 63.6, Ag = 108

理想気体の標準状態における体積：22.4 L/mol

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

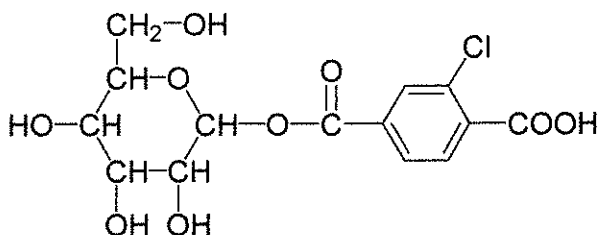
ファラデー定数： $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

アボガドロ定数： $N_A = 6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$

$\log_{10} 2 = 0.30$ ,  $\log_{10} 3 = 0.48$ ,  $\log_{10} 5 = 0.70$

- 2 特に指定のない限り、有効数字は2ケタで答えよ.

- 3 構造式は下の例にならって書け.



【1】 緩衝液に関する次の設問(1)、(2)に答えよ。

(1) 次の(ア)~(オ)に示す二種類の水溶液を1：1で混合した水溶液が、緩衝液となるものを全て選び、記号で答えよ。ただし、すべての水溶液の濃度は0.1 mol/Lとする。

(ア) アンモニア水と塩化アンモニウム水溶液

(イ) リン酸水素二ナトリウム水溶液とリン酸二水素ナトリウム水溶液

(ウ) 塩酸と塩化ナトリウム水溶液

(エ) 酢酸水溶液と酢酸カリウム水溶液

(オ) 水酸化ナトリウム水溶液と塩化ナトリウム水溶液

(2) 次の(カ)~(コ)の文章のうち、誤りを含むものを全て選び、記号で答えよ。

(カ) ヒトの血液は、主として二酸化炭素( $\text{CO}_2$ )と炭酸水素イオン( $\text{HCO}_3^-$ )による緩衝系により pH は約 7.4 に保たれている。

(キ) 酢酸水溶液を水酸化ナトリウム水溶液で滴定を行ったとき、pH 5 付近で見られる滴定曲線の傾きがなだらかな pH 範囲では、緩衝作用が働いている。

(ク) ある緩衝液 50 mL と同じ成分で 100 倍薄い緩衝液 50 mL の緩衝能力はほとんど変わらない。

(ケ) 細胞内は主にクエン酸イオンによる緩衝系により pH は約 6.9 に保たれている。

(コ) 緩衝液を 2 倍程度に薄めても緩衝液の pH はほとんど変わらない。

【2】 白金電極を用いた硝酸銀水溶液の電気分解について、次の設問(1)、(2)に答えよ。

- (1) 陽極で発生する気体の名称を答えよ。
- (2) 5.0 A の電流を流して電気分解を行い、(1)の気体が標準状態で 0.56 L 生じた時点で電流を止めた。このとき、電気分解していた時間は何秒間か答えよ。

【3】 酢酸に関する次の設問(1)、(2)に答えよ。

- (1) 0.10 mol/L 酢酸水溶液の pH を求めよ。ただし、電離度は 0.016 とする。
- (2) 薄い酢酸水溶液では、酢酸の電離度は大きな値となる。この理由について、(ア)~(オ)の文章のうち最も適するものをひとつ選び記号で答えよ。

- (ア) 酢酸は濃度により電離定数が異なるため。
- (イ) 十分に薄い酢酸水溶液中では、水は電離しないため。
- (ウ) 十分に薄い酢酸水溶液中では、水の電離によって生じる水酸化物イオンの濃度が無視できないため。
- (エ) 十分に薄い酢酸水溶液中では、弱酸である酢酸であっても無視できない割合で電離するため。
- (オ) 十分に薄い酢酸水溶液中では、緩衝作用が働くため。

【4】 水溶液の濃度に関する次の(ア)~(オ)の文章のうち、誤りを含むものを全て選び記号で答えよ。

- (ア) 乾燥した 100 mL メスフラスコに 1.0 mol/L 塩化ナトリウム水溶液を 10 mL 入れ、蒸留水を標線まで入れてよく混合した。このときの塩化ナトリウムの濃度は 0.10 mol/L である。
- (イ) 蒸留水で濡れた 100 mL メスフラスコに 1.0 mol/L 塩化ナトリウム水溶液を 10 mL 入れ、蒸留水を標線まで入れてよく混合した。このときの塩化ナトリウムの濃度は 0.10 mol/L である。
- (ウ) 質量パーセント濃度 18 % の水酸化ナトリウム水溶液(密度  $1.2 \text{ g/cm}^3$ )について、質量モル濃度を  $x \text{ mol/kg}$ 、モル濃度を  $y \text{ mol/L}$  とすると、 $x < y$  である。
- (エ) エタノール 80 g と水 20 g を混合すると、質量パーセント濃度 80 % のエタノール水溶液が調製できる。
- (オ) 塩化ナトリウム飽和水溶液に塩化水素ガスを吹き込んでも、水溶液中のナトリウムイオン濃度は変化しない。

【5】 物質の状態に関する次の設問(1)、(2)に答えよ。

- (1) ある物質の液体とその蒸気を容器に入れて密閉した。この容器を加熱すると容器内の蒸気は増え、その密度が高くなり、臨界点に達した。臨界点とはどのような状態か、20 字以内で答えよ。
- (2) 臨界点より温度と圧力が高い物質の状態を何と呼ぶか。

【6】  $^{14}\text{C}$ に関する次の設問(1)、(2)に答えよ。

(1)  $^{14}\text{C}$ が $\beta$ 壊変して生成する元素名を答えよ。

(2)  $^{14}\text{C}$ の半減期は5730年であり、遺跡等の出土品や生物の遺骸の年代測定に用いられている。17190年経過すると $^{14}\text{C}$ の原子数は元の数の何分の1になるか、分数で答えよ。

【7】 以下の(ア)~(カ)に示す物質のうち共有結合を含むものをすべて選び、記号で答えよ。

(ア) ナトリウム

(イ) グラファイト

(ウ) 酸化鉄(II)

(エ) 塩化カリウム

(オ) 塩化アンモニウム

(カ) 酸素

【8】 次の(ア)~(ウ)の酸化物が生じる反応の化学反応式をそれぞれ書け。また、下線で示した酸化物の質量が大きい順に記号で答えよ。

- (ア) 希硝酸中で 6.3 g の金属銅を完全に反応させたときに生じる窒素酸化物。
- (イ) 濃硝酸中で 3.1 g の金属銅を完全に反応させたときに生じる窒素酸化物。
- (ウ) 5.0 g の硫化銅(Ⅰ)を酸素と完全に反応させたときに生じる硫黄酸化物。

【9】  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Ag}^+$  の 6 種の金属イオンをすべて含む水溶液に対し、次の(ア)~(ウ)の操作を行った。設問(1)、(2)に答えよ。

- (ア) 水溶液に対し希塩酸を加えてよく混合してろ過し、沈殿とろ液に分ける。
- (イ) (ア)のろ液に対し、硫化水素を通じたのちろ過し、沈殿とろ液に分ける。
- (ウ) (イ)のろ液を煮沸したのち、希硝酸を加えて反応させる。さらに過剰量のアンモニア水を加えてろ過し、沈殿とろ液に分ける。

- (1) 操作(イ)で沈殿する化合物の物質名をすべて書け。
- (2) 操作(ウ)で沈殿する化合物の物質名をすべて書け。

【10】 次の文章を読んで、設問(1)~(5)に答えよ。

実験室において、高度さらし粉に希塩酸を加えて塩素を発生させた。反応容器から出てきた気体には、塩素と空気以外に2種類の物質が含まれると考えられる。

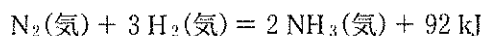
この2種類の物質を取り除いた気体をガラスびんに満たし、その中に加熱した銅線を入れると激しく反応し、黄褐色の化合物が生成した。

生成した化合物を試験管にとり、過剰量のアンモニア水を加えると、(オ)色の水溶液が得られた。

- (1) 下線部(ア)の反応の化学反応式を書け。
- (2) 下線部(イ)の物質名を2つとも答えよ。
- (3) 下線部(ウ)の化合物名を書け。
- (4) 下線部(エ)の操作で起きる反応の化学反応式を書け。
- (5) (オ)に当てはまる語句を書け。

【11】 次の文章を読んで、設問(1)、(2)に答えよ。

ハーバー・ボッシュ法によるアンモニアの製造反応は可逆反応であり、その熱化学方程式は次のように表される。



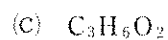
(ア)の原理に基づいて考えると、アンモニアの生成率を大きくするためには、温度を(イ)するほど、圧力を(ウ)するほどよい。

- (1) (ア)~(ウ)にあてはまる語句を書け。
- (2) 工業的には、温度を(イ)しすぎると問題が生じる。どのような問題が生じるか、40字程度で書け。



【12】 硝酸銀水溶液 100 mL によく磨いた銅板を入れると、銅板の表面に銀が析出し、銅は銅イオン(II)となって水溶液中に溶け出した。水溶液中の銅イオン(II)の濃度を求めると、 $5.1 \times 10^{-3}$  mol/L であった。このときに析出した銀の質量を求めよ。ただし、反応の前後で水溶液の体積の変化はないものとする。

【13】 次の(a)~(f)の分子式で表される有機化合物のうち、不斉炭素を持つ構造が考えられるものを全て選び、記号で答えよ。



【14】 (A) フェノール, (B) アニリン, (C) サリチル酸のそれぞれに対し, 無水酢酸を反応させて得られる芳香族化合物について, その物質名と構造式を書け.

【15】 グルコースは水溶液中で 99.9 % 以上が環状構造の状態が存在し, 還元性をもつ鎖状構造は 0.1 % 未満しか存在しない. しかし, フェーリング液にグルコース水溶液を加え加熱すると, すべてのグルコースが反応し,  $\text{Cu}_2\text{O}$  の沈殿を生成する. すべてのグルコースが還元剤として反応するのはなぜか, 100 字程度で説明せよ.

- 【16】 ある地域に供給されている都市ガスの組成を表1に示す。この都市ガスの標準状態における密度(単位：g/L)を求めよ。ただし、気体は全て理想気体としてふるまうものとする。

表1

成分	体積%
メタン	90.0
エタン	6.0
プロパン	3.0
ブタン	1.0

- 【17】 クロロブレンとメタクリル酸を共重合させる。重合に使用するクロロブレンとメタクリル酸の物質比が4：1であり、得られる共重合体の平均分子量が $1.00 \times 10^5$ のとき、平均の重合度はいくつか。有効数字3ケタで答えよ。

【18】 油脂 1 g をけん化するのに必要な水酸化カリウムの質量[mg]を、けん化価という。パルミチン酸(炭素数 16)のみから形成された油脂がある。この油脂のけん化価を計算して有効数字 3 ケタで答えよ。

【19】 核酸に関連する次の設問(1)~(3)に答えよ。

- (1) ある DNA の塩基の組成(モル分率)は、チミン(T)が 33 % であった。このことから、シトシン(C)、グアニン(G)、アデニン(A)はそれぞれ何パーセントと考えられるか。
- (2) 塩基対は水素結合を介して形成される。3つの水素結合を介して対が形成される塩基対は、どの組み合わせか答えよ。
- (3) RNA の構成単位の1つであるアデノシンーリン酸の構造式をかけ。ただし、塩基のアデニンは置換基 R- と略記して良い。塩基のアデニンは環状の五炭糖リボースの 1 位の炭素に結合している。また、リボースの 5 位の炭素に結合したヒドロキシ基とリン酸がエステル結合した構造をしている。

【20】 界面活性剤に関する次の文章を読み、設問(1)、(2)に答えよ。

高級一価アルコール(炭素数  $m + 1$  個)に三員環の環状化合物であるエチレンオキシド(酸化エチレン)を  $n$  個付加反応させると、ポリ(オキシエチレン)アルキルエーテルが得られ、非イオン性界面活性剤として広く利用されている。その示性式は、 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_m\text{O}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n\text{H}$  と表せる。

- (1) この分子を構成する炭素原子の総数が 30 で、分子量が 582 のとき、 $m$  と  $n$  の値を求めよ。
- (2)  $m = 15$ 、 $n = 12$  で表される界面活性剤は、純水中において 150 個の分子が集合して、一つのみセルを形成する。濃度が 0.77 g/L の水溶液中において、1 L あたりみセルは何個形成されているか。ただし全ての界面活性剤がみセルを形成しているものとする。