

令和 4 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.

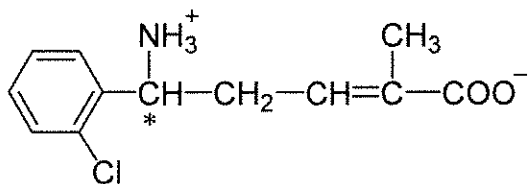
原子量 : H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23, S = 32,

K = 39, Ca = 40, Fe = 56

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

- 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. また、不斉炭素原子には*印を付けよ.



【1】 分離と精製の方法に関する以下の説明を読み、設問(1)、(2)に答えよ。

ろ 過	液体と固体、気体と固体の混合物からろ紙を用いて固体を分離する方法。
分 留	(ア)の異なる液体の混合物を、蒸発、凝縮により分離または濃縮する方法。
再結晶	(イ)が温度などによって異なることを利用して、目的物を結晶として精製する方法。
抽 出	混合物のうち目的とする成分のみを(ウ)へ溶かし出して分離する方法。

- (1) 空欄(ア)～(ウ)に適する語句を答えよ。
 (2) 上記以外の変離あるいは精製方法を一つ挙げ、20～50字程度で説明せよ。

【2】 次の文章を読み、設問(1)、(2)に答えよ。

硫化銅(II)は塩酸にはほとんど溶解しないが、(ア)には溶解する。これは、硫化銅(II)の溶解平衡である①式において、ごくわずかに水に溶解する硫化物イオン S^{2-} が(イ)されて硫黄となり、平衡が右に移動するためである。



- (1) (ア)、(イ)の空欄に適する語句を答えよ。ただし、(ア)は酸の名称である。
 (2) 硫化銅(II)と(ア)の反応について、化学反応式をひとつ記せ。

【3】 次の(1)~(3)の実験操作について、下線部の操作における化学反応式を答えよ。

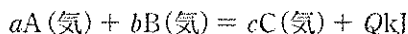
- (1) 塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱して気体を発生させ、十分に加熱した白金網を用いてこの気体を酸化させた。酸化された気体をさらに酸化すると褐色の気体が生じた。
- (2) 水酸化カルシウム飽和水溶液に十分な(過剰な)二酸化炭素を通じた後、溶液を煮沸すると白色の沈殿が生じた。
- (3) セッケンを完全燃焼させると塩が生じた。これを希塩酸に溶解させると二酸化炭素が発生した。

【4】 滴定に関する次の文章を読み、設問(1)、(2)に答えよ。

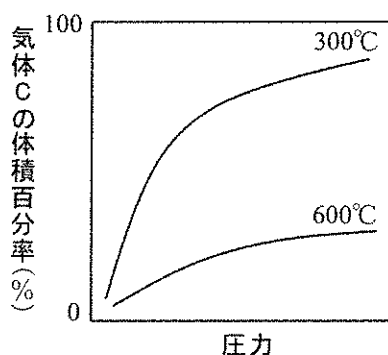
希硫酸 40.0 mL に純粋な硫酸鉄(II)の水和物 0.278 g を溶解させ、これに 2.00×10^{-2} mol/L 過マンガン酸カリウム水溶液を徐々に滴下した。滴下量 10.0 mL で終点となった。

- (1) 過マンガン酸カリウム水溶液を滴下した時に生じる反応について、化学反応式を答えよ。
- (2) 実験で用いた硫酸鉄(II)の水和物 1 mol には何 mol の結晶水が含まれるか答えよ。

- 【5】 気体 A と気体 B から気体 C を生成する可逆反応について考える。この反応の熱化学方程式は以下のように表される。 a 、 b 、 c は各物質 A、B、C の係数である。



300℃ と 600℃ において、触媒を用いずに、様々な圧力で平衡に達するまでこの反応を行った。このとき、気体 C の体積百分率(%) は反応終了後の圧力に対して図のように変化した。



- (1) この反応の反応熱について正しいものを以下から選び記号で答えよ。
- (ア) この反応は吸熱反応である。
 - (イ) この反応は発熱反応である。
 - (ウ) 反応による熱の出入りはない。
- (2) 係数 a 、 b 、 c について正しいものを以下から選び、記号で答えよ。
- (ア) $a + b > c$
 - (イ) $a - b > c$
 - (ウ) $a + b = c$
 - (エ) $a = b = c$
 - (オ) $a + b < c$
 - (カ) $a - b < c$
- (3) 400～500℃ の間のある温度で、触媒を用いて平衡に達するまで様々な圧力で反応を行った。このときの、気体 C の体積百分率の変化を解答用紙の図中に描け。

【6】 鉛の単体に関する以下の記述のうち、正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

- (ア) 常温で液体の金属である。
- (イ) 無毒であり、密度が小さいためやわらかい。
- (ウ) 放射線を吸収する。
- (エ) 蓄電池の負極活物質として用いられる。
- (オ) 塩酸と反応して速やかに溶ける。

【7】 水酸化ナトリウム 1.0 mol を水に完全に溶かすと 45 kJ の発熱が起きた。また、水酸化ナトリウム 1.0 mol を塩酸に完全に溶かすと 101 kJ の発熱が起きた。このことから、水酸化ナトリウム水溶液に塩酸を加えて反応させた時の熱化学方程式を書け。

【8】 以下の(ア)~(ウ)の実験操作は、いずれも気体を発生する。気体の物質量が最も大きいものについて、化学反応式を書け。また、発生する気体の物質量を求めよ。ただし、反応は完全に進行するものとする。

(ア) 硫化鉄(Ⅱ)1.0 g に希硫酸を加える。

(イ) 亜硫酸ナトリウム1.0 g を含む水溶液に希硫酸を加える。

(ウ) 炭化カルシウム1.0 g に水を加える。

【9】 リンに関する次の文章を読んで、設問(1)、(2)に答えよ。

リンは天然には単体として存在せず、工業的にはリン酸カルシウムを含む鉱石に、ケイ砂やコークスを混ぜて電気炉中で強熱し、(ア)として得られている。(ア)を窒素中において約250℃で長時間加熱すると、(イ)が得られる。(ア)と(イ)はともにリンの単体であり、互いに(ウ)である。

リン酸カルシウムを硫酸と反応させると、(エ)と呼ばれる、リン酸肥料に用
① いられる混合物が得られる。

(1) 空欄(ア)~(エ)にあてはまる適切な語句を書け。

(2) 下線部①の化学反応式を書け。

【10】 陰極，陽極の両方に白金を用いて，次の①～④の物質の水溶液の電気分解を行った．このとき，陽極で生じる反応を電子 e^- を含むイオン反応式で書け．

- ① ヨウ化カリウム
- ② 水酸化ナトリウム
- ③ 硫酸銅
- ④ 硝酸銀

【11】 次の3つの反応は硝酸の工業的製造法における主要な反応である．設問(1)～(4)に答えよ．

反応1 (ア)法で製造された化合物(イ)と空気を，白金を触媒として，
800～900℃に加熱し，(ウ)を得る．

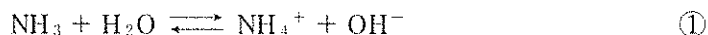
反応2 (ウ)を酸化して(エ)を得る．

反応3 (エ)を水と反応させる．

- (1) 空欄(ア)～(エ)にあてはまる適切な語句を書け．ただし，(イ)～(エ)は窒素を含む化合物の物質名とする．
- (2) 反応3で生じる反応の化学反応式を書け．
- (3) 反応3において硝酸とともに生成する化合物は，この製造法ではどのように使われるか．化合物名を含めて簡潔に説明せよ．
- (4) 反応1～3が完全に進むと仮定する．このとき，濃硝酸(質量パーセント濃度60%，密度1.4 g/cm³)を500 mL得るためには，(イ)は何g必要か答えよ．

【12】 アンモニアに関する次の文章を読み、空欄(ア)～(キ)に当てはまる語句または数値を書け。

アンモニアは水に溶けて式①の化学平衡状態となる。

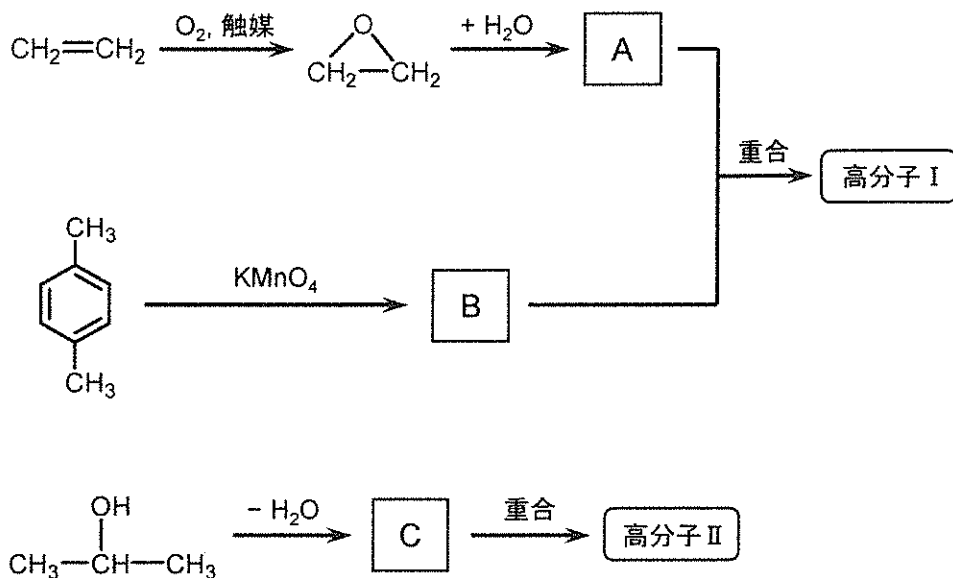


NH_4^+ は(ア)イオンと呼ばれ、水素イオンがアンモニア分子に(イ)結合した陽イオンである。(ア)イオンの4つのN-H結合はすべて等価で、どれが(イ)結合によりできたものかは区別ができない。アンモニアの電離定数 K_b は 2.3×10^{-5} mol/L であり、例えば 1.0 mol/L の水溶液では①の平衡は大きく(ウ)方向に傾いていることになる。

水素原子(H)の代わりに相対質量 2.0 の重水素原子(D)で構成される水は重水と呼ばれ、分子式 D_2O で表される。 D_2O に NH_3 を溶解すると、式①に従い、重水素イオン(D^+)が NH_3 に(イ)結合し、 NH_3D^+ が生じる。 NH_3D^+ から、式①の逆反応が進行するとき、 H^+ も解離することにより、 NH_2D を生じる。これを繰り返すことで、溶液中にはさらに NHD_2 と ND_3 も生じる。これをアンモニアの重水素交換反応とよぶ。

NH_3 3.0 mol を D_2O 180 g に溶解する場合を考える。 NH_3 3.0 mol 中の H の物質量が(エ) mol であるのに対し、 D_2O 180 g 中の D の物質量は(オ) mol である。D の化学的性質は H とほぼ同一であることから、アンモニアの重水素交換反応が平衡に達したとき、D はアンモニア分子と水分子中に均等に分散したとみなせる。したがって、平均するとアンモニア分子は3個中(カ)個の H が D に置換されており、すべての水素原子が置換された ND_3 は約(キ) mol 存在すると考えられる。

【13】 以下の反応式は、二種類の高分子ⅠとⅡを合成する方法を示している。



- (1) A, B, C に当てはまる化合物の構造式を書け。
- (2) 高分子Ⅰ, Ⅱの名称を書け。また、高分子を合成するときに行われる重合反応を何と呼ぶか、それぞれ以下の選択肢から選び、記号で答えよ。

- (ア) 付加重合 (イ) 開環重合 (ウ) 縮合重合
- (エ) 共重合 (オ) 付加縮合

【14】 炭素と水素と酸素のみから成る化合物 A 30 mg を完全燃焼させると、二酸化炭素 44 mg と水 18 mg が生じる。A はヨードホルム反応を示すが、銀鏡反応を示さない。また、A は分子量が 100 以下で、不斉炭素原子を 1 つとカルボキシ基を持つが、環状構造を持たない。

- (1) A の組成式を書け。
- (2) A の化合物名を書け。

【15】 アクリロニトリルとブタジエンの共重合体(平均分子量 7.3×10^5)について、元素分析を行ったところ、窒素の質量は全重量の 10 % を占めることがわかった。このことから、共重合されたアクリロニトリル(A)とブタジエン(B)の物質質量比 A : B を求め、以下の例のように小数で記せ。ただし、 $A + B = 1$ とする。

(例) $A : B = 0.11 : 0.89$

【16】 アスパラギン酸は、分子量 133 の α -アミノ酸である。水に溶解させたとき、アスパラギン酸は pH に応じて変化するイオンの構造式が 4 つある。このうち、最も高い pH で見られるイオンの構造式を書け。不斉炭素原子に * 印をつけること。

【17】 フェノールに対してホルムアルデヒドを混合し、塩基触媒の存在下で反応させるとレゾールが形成する。さらにこれを加熱して硬化させることにより立体網目状構造をしたフェノール樹脂が得られる。フェノール 470 g からフェノール樹脂 554 g を得たとすると、理論上、ホルムアルデヒドを何 g 使用したと考えられるか。ただし反応は完全に進行し、未反応物や生成した水は残存しないものとする。

—余 白—

(このページに問題はありません)