

令和 5 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 ~ 24	2 枚	
	生 物	25 ~ 42	2 枚	
	物 理	43 ~ 50	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。

—余 白—

(このページに問題はありません)

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 = 23.0,
Cl = 35.5

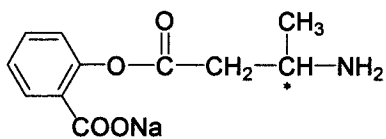
気体定数 : $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

理想気体の標準状態における体積 : 22.4 L/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】 次の金属の性質に関する(ア)~(オ)の文章のうち、誤りを含むものをすべて選び、記号で答えよ。

- (ア) 銅は鉛よりもイオン化傾向が小さく、銅の小片を希塩酸や希硫酸に浸すと速やかに溶解する。
- (イ) 濃硝酸にアルミニウム板を浸したとき、表面に酸化被膜が生じて腐食を防ぐため、アルミニウム板が完全に溶解することはない。
- (ウ) 非常に強い酸化力を持つ王水は、金や白金をはじめとするあらゆる金属単体の小片を速やかに溶解させる。
- (エ) 金属のイオン化傾向は、水や酸素、酸に対する金属単体の反応性の高さ(低さ)の順序である。
- (オ) 優れた触媒作用を持つ白金は、排気ガスの浄化や化学物質の工業的製造などで広く用いられている。

【2】 陽極に炭素、陰極に鉄を用い、両極間に隔膜等は置かずに塩化ナトリウム水溶液の電気分解を行った。設問(1)~(3)に答えよ。

- (1) 陽極で生じる気体が何かを安全に確認するための方法を、40字程度で具体的に説明せよ。
- (2) 5.00 A の電流で16分5秒の時間、電気分解を行った。陽極で発生した気体をすべて回収したとすると、標準状態で何Lになるか答えよ。
- (3) 陽極および陰極付近におけるpHはどのようになるか、[高くなる・変わらない・低くなる]から選べ。

【3】 80℃の硫酸銅(Ⅱ)飽和水溶液 50 g を 20℃ に冷やしたところ、硫酸銅(Ⅱ)五水和物の結晶が析出した。設問(1)、(2)に答えよ。ただし、硫酸銅(Ⅱ)の 20℃、80℃における溶解度を、それぞれ 20、56 とする。また、硫酸銅(Ⅱ)および硫酸銅(Ⅱ)五水和物の式量は、それぞれ 160 および 250 とする。

- (1) 80℃の硫酸銅(Ⅱ)飽和水溶液 50 g に含まれる硫酸銅(Ⅱ)の質量を答えよ。
- (2) 析出した硫酸銅(Ⅱ)五水和物の質量を答えよ。

【4】 理想気体と実在気体に対する以下の文章を読み、(a) に当てはまる適切な語句を、(b) に当てはまる適切な数値を答えよ。また、(c) ~ (e) に当てはまる式を選択肢 i) ~ iii) から選び、記号で答えよ。

理想気体は、(a) がなく、分子の体積を(b) とした仮想的な気体である。また、次式のように Z を定義したときに、理想気体では(c) となる。

$$\frac{PV}{nRT} = Z$$

ただし、 P は気体の圧力、 V は気体の体積、 n は物質量、 T は絶対温度である。これに対して、実在する気体では、圧力が高くなり(d) となる場合には、(a) の影響が強く表れていることを示し、(e) となる場合には、分子の体積の影響が強く表れていることを示す。

i) $Z = 1$

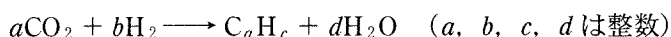
ii) $Z > 1$

iii) $Z < 1$

【5】 炭素(黒鉛)、水素(気)およびメタノール(液)の燃焼熱[kJ/mol]を、それぞれ Q_1 、 Q_2 、 Q_3 とする。設問(1)、(2)に答えよ。

- (1) メタノールの生成熱[kJ/mol]を Q_4 として、メタノールの生成反応を表す熱化学方程式を書け。また、 Q_4 を Q_1 、 Q_2 、 Q_3 を用いて表せ。
- (2) 炭素(黒鉛)の燃焼熱を 394 kJ/mol、水素(気)の燃焼熱を 284 kJ/mol、メタノール(液)の燃焼熱を 726 kJ/mol として、 Q_4 の値を有効数字 3 ケタで求めよ。

【6】 燃焼排ガスや大気から CO_2 を回収し、再生可能エネルギーを利用して製造した水素と反応させて、燃料を製造する方法が近年検討されている。その一つであるフィッシャー・トロプシュ法は、直鎖アルカンを製造する方法であり、次の反応式によってあらわされる。



また、この反応は、300 °C 程度の高温で Fe などの遷移金属を触媒として用いて行なわれる。次の設問(1)~(3)に答えよ。

- (1) 反応式中の係数 b を、 a のみを用いて表せ。
- (2) CO_2 5.00 mol に過剰量の水素を含む混合ガスを反応させたところ、60.0 % の CO_2 が反応した。生成物が炭素原子を 10 個含む直鎖アルカンと考えて、このとき生成する水の物質量を有効数字 3 ケタで答えよ。
- (3) (2) で生成する直鎖アルカンと水の体積を有効数字 3 ケタで答えよ。ただし、直鎖アルカンと水の密度は、それぞれ 0.700 g/cm^3 、 1.00 g/cm^3 とし、蒸気圧は無視できるものとする。

【7】 (ア)~(カ)は日常生活で体験する様々な操作や現象である。下線部を説明するのに最も適切な化学用語を、例に従って書け。

例) メガネが曇る。

化学用語：凝結

(ア) ^{かつおぶし}鰹節を沸騰した水に入れたのちに、^{ふきん}布巾でこして透明なだしをとる。

(イ) ひいたコーヒー豆に熱湯をゆっくり注いで、コーヒーを入れる。

(ウ) 洗濯物を干す。

(エ) 冷蔵庫の中を活性炭で消臭する。

(オ) アイスクリームを買ったときについていたドライアイスが、しばらくしたらなくなった。

(カ) ケーキの生地にベーキングパウダーが入っていたので、焼くと膨らんだ。

【8】 次の文章を読み、設問 (1), (2) に答えよ。

単体の塩素は、実験室では酸化マンガ(IV)に濃塩酸を加え、加熱して発生さ
①せる。この実験において発生した気体には、不純物として(ア)と(イ)が含まれているため、発生した気体をまず(ウ)に通して(ア)を除いたのち、(エ)に通して(イ)を除いて純粋な塩素を得る。

(1) 下線部①の反応の化学反応式を書け。

(2) (ア)~(エ)に当てはまる適切な語句を答えよ。

【9】 次の設問 (1), (2) に答えよ.

- (1) 希塩酸によくみがいた亜鉛板を入れると水素が発生した. この反応が起きる理由を 50 字以内で説明せよ.
- (2) 希塩酸によくみがいた鉛板を入れると泡が発生したが, すぐに泡の発生が止まった. すぐに泡の発生が止まった理由を 30 字以内で説明せよ.

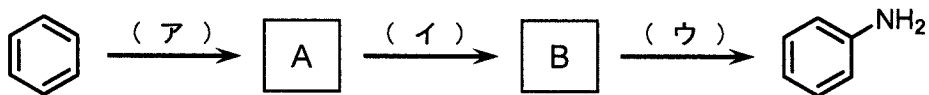
【10】 アンモニアに関する次の文章を読み, 設問 (1), (2) に答えよ.

実験室において, 塩化アンモニウムと(ア)の混合物を加熱してアンモニアを発生させた. 発生した気体にはアンモニア以外に(イ)が含まれていたの
で, 気体を(ウ)を詰めた管に通して(イ)を除き, (エ)置換で捕集した.

- (1) (ア)~(エ)に当てはまる適切な語句を答えよ.
- (2) 捕集したアンモニアを 0.20 mol/L の希硫酸 100 mL に完全に吸収させた.
次に, この溶液を 0.20 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定すると,
40.0 mL 必要であった. 捕集したアンモニアの物質量を求めよ.

【11】 炭素には、質量数 12 の炭素 ^{12}C と質量数 13 の炭素 ^{13}C (相対質量 13.0) が存在する。 ^{12}C からなる $^{12}\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ と、 ^{13}C からなる $^{13}\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ を混合したものを完全に燃焼させたところ、2.16 g の水と 3.58 g の二酸化炭素が発生した。燃焼前の① $^{12}\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ と、② $^{13}\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ の質量をそれぞれ求めよ。

【12】 ベンゼンを原料としてアニリンを合成する、次の三段階の反応において、(ア)~(ウ)にあてはまる実験操作を選択肢(1)~(9)からひとつ選び、記号で答えよ。また、A と B にあてはまる化合物の構造式を書け。



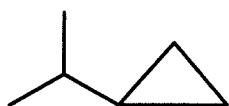
(選択肢)

- (1) 希硝酸を加える。
- (2) 濃塩酸と鉄を加えて加熱する。
- (3) 塩化鉄(III)を触媒として塩素を作用させる。
- (4) 濃塩酸と塩化スズ(IV)を加えて加熱する。
- (5) 塩化アルミニウムとクロロメタンを加えて加熱する。
- (6) 水酸化ナトリウム水溶液を加えて塩基性にする。
- (7) 濃塩酸と濃硝酸を 3 : 1 の体積比で混合した溶液を加える。
- (8) 濃硫酸を加えて加熱する。
- (9) 濃硝酸と濃硫酸を加えて加熱する。

【13】 グルコース 1.00 g が完全燃焼するときに必要な酸素の質量を，有効数字 3 ケタで求めよ．

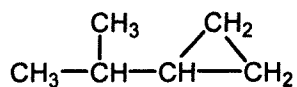
【14】 骨格構造式とは，C-H 結合の元素記号と価標を省略し，簡略化して表した構造式であり，下に示すように，線分の端と交点には水素原子が結合した炭素原子が存在する．次の (A)~(C) の骨格構造式で表される炭化水素の分子式をそれぞれ答えよ．

(骨格構造式)

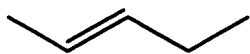


=

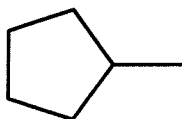
(構造式)



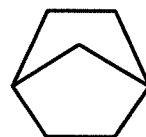
(A)



(B)



(C)



- 【15】 塩化ビニルとエチレンの共重合体(平均分子量 7.41×10^5)について、元素分析を行ったところ、塩素の質量は全重量の 40.0 % を占めることがわかった。このことから、共重合された塩化ビニル(A)とエチレン(B)の物質質量比 A : B を求め、(例)のように小数第 3 位まで求めて記せ。ただし、 $A + B = 1$ とする。

(例) $A : B = 0.111 : 0.889$

- 【16】 次のポリエチレンに関する文章の空欄(ア)~(コ)に適切な語句などを入れよ。ただし、(ア)~(ウ)、(キ)~(ケ)には、「高」または「低」のいずれかを入れること。

ポリエチレンのうち、エチレンを(ア)い温度、(イ)い圧力で重合して得られるものを(ウ)密度ポリエチレンとよぶ。この場合、高分子鎖の途中に水素原子が引き抜かれたラジカルとよばれる(エ)電子を持った炭素が、重合反応中に生じる。そのラジカルにもエチレンが反応して鎖が成長するので(オ)が多くできるため、(カ)化しにくい。これに対して、触媒を用いて重合して得られる(キ)密度ポリエチレンでは、(ク)い温度、(ケ)い圧力で重合する。この場合、鎖の途中にラジカルはほとんど生じず、(オ)ができにくく、(カ)の部分が多い。そのため、比較的硬く、容器などに用いられ、その材料名はアルファベット 4 文字の略称(コ)として容器の裏側に記されていることがある。

【17】 α -アミノ酸 A はヒトの必須アミノ酸であり，無水酢酸を反応させて完全にアセチル化すれば，分子量は 84 増えて 230 になる．A の構造式を書け．また，不斉炭素原子があれば*をつけよ．