

令和3年度一般選抜試験(後期)

理 科 (問 題)

注 意

- 1) 理科の問題冊子は全部で36ページあり、問題数は、物理4問、化学4問、生物4問である。白紙・余白の部分は計算・下書きに使用してよい。
- 2) 別に解答用紙が3枚ある。解答はすべてこの解答用紙の指定欄に記入すること。指定欄以外への記入はすべて無効である。
- 3) 3枚の解答用紙のすべての所定欄に、それぞれ受験番号を記入すること。氏名を記入してはならない。なお、記入した受験番号が誤っている場合や無記入の場合は、当該科目の試験が無効となる。また、※印の欄には何も記入してはならない。
- 4) 理科は物理・化学・生物のうち2科目を選択して解答すること。選択しない科目の解答用紙には(受験番号は忘れず記入の上)用紙全体に大きく×印をつけて、選択しなかったことがはっきりと分かるようにすること。
- 5) 3科目全部にわたって解答したものを、および解答用紙3枚のうち1枚に×印のないものは、理科の試験全部が無効となる。
- 6) 問題冊子は持ち帰ること。
- 7) 解答用紙は持ち出してはならない。
- 8) 試験終了時には、解答用紙を裏返して、下から順に物理、化学、生物の解答用紙を重ねて置くこと。解答用紙の回収後、監督者の指示に従い退出すること。

化 学 (後期)

[注意] 問題を解く際に、必要ならば、次の値を用いなさい。

原子量 H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0,
S = 32.1, Cl = 35.5, Cu = 63.6, Zn = 65.4, Ag = 107.9,
I = 126.9, Au = 197.0, Pb = 207.2

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

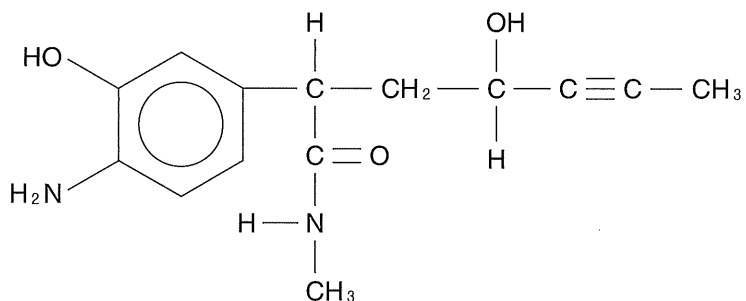
標準状態 (0°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$)における気体のモル体積 22.4 L/mol

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

$\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{5} = 2.24$, $\log_{10} 2 = 0.301$, $\log_{10} 3 = 0.477$

選択肢で答える問題においては同じ選択肢を何度使ってもかまわない。

また、有機化合物を構造式で解答する場合には、次の例を参考にしなさい。



I 次の2つの文章を読み、問1～問7に答えなさい。

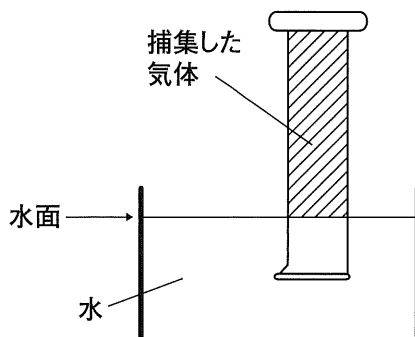
[文章1]

炭素原子の数(炭素数)が2のアルケンであるエチレンは常温・常圧では無色の気体である。実験室では、濃硫酸を入れたフラスコに沸騰石を入れて $160 \sim 170^\circ\text{C}$ に加熱したところにエタノールを少しずつ滴下すると、(ア)反応によってエチレンを発生させることができる。エチレンは、空気(イ)気体である。またエチレンは水に(ウ)気体であるので、水上置換により捕集することができる。いま、

気温 27℃，気圧 1.04×10^5 Pa の室内でエチレンを下図のような状態で捕集した。

この時，捕集した気体(図中斜線部)の体積は 249.3 mL であった。

①



また，炭素数が 2 のアルキンを赤熱した鉄に触れさせると化合物 X が生成した。この化合物 X を (エ) と濃硝酸の混酸に作用させると X の一置換体である化合物 Y が得られた。この化合物 Y をスズと塩酸で還元したのちに水酸化ナトリウム水溶液を加えると^②化合物 Z が遊離した。^③

問 1 文中の (ア) ~ (エ) に入る最も適切な語句を下の語群から選び，その記号を解答欄(ア)~(エ)に答えなさい。

あ. 濃塩酸	い. 希塩酸	う. 濃硫酸
え. 希硫酸	お. 水和	か. 脱水
き. 付加	く. 置換	け. ラジカル
こ. 連鎖	さ. より軽い	し. より重い
す. 溶けにくい	せ. 溶けるが電離しない	そ. 溶けて電離する

問 2 下線部①について，得られたエチレンの物質量は何 mol か。有効数字 3 桁で解答欄に答えなさい。ただし，この温度での水の蒸気圧は 4.00×10^3 Pa とする。

問 3 エチレンと水素が反応して 1 mol のエタンが生成する時には 1.37×10^2 kJ の熱量が生じる。水(液体)と二酸化炭素(気体)の生成熱をそれぞれ 2.86×10^2 kJ/mol, 3.94×10^2 kJ/mol, エタンの燃焼熱を 1.56×10^3 kJ/mol とすると、エチレンの生成熱は何 kJ/mol になるか。有効数字 3 桁で解答欄に答えなさい。

問 4 下線部②について、この反応で生じた有機化合物の物質名を解答欄に答えなさい。

問 5 下線部③について、化合物 Z を塩酸に溶解して、亜硝酸ナトリウムを用いてジアゾ化した。この反応の結果得られた有機化合物の構造式を解答欄(i)に、その物質名を解答欄(ii)にそれぞれ答えなさい。

[文章 2]

0.50 mol の鎖式炭化水素 A に水素を十分な時間反応させたところ、0.50 mol の水素が付加した。また同様に、33.6 g の A に塩素を付加したところ、その質量が 42.6 g 増加した。

問 6 A の構造として考えられる構造は何種類か。解答欄に答えなさい。

問 7 A に水を付加させて生じた 1 価のアルコール B を酸化すると、常温で液体である化合物 C が得られた。化合物 C は銀鏡反応を示さず、また化合物 C を青色リトマス紙につけても色の変化はなかった。この化合物 C の構造式を解答欄に答えなさい。

Ⅱ 次の2つの文章を読み、問1～問5に答えなさい。

[文章1]

白金、銀、アルミニウム、亜鉛、鉛の5種類の金属片がある。これらの金属片を用いて以下の実験1～実験4を行った。

【実験1】

5種類の金属片それぞれを水酸化ナトリウム水溶液に入れると、(ア)、(イ)、(エ)は気体を出しながら溶解したが、(ウ)と(オ)は溶解しなかった。また、各金属片を塩酸に浸けると(ア)と(イ)は気体を出しながら溶解した。

【実験2】

金属片(イ)を粉末にし、火をつけたところ激しく燃焼した。

【実験3】

5種類の金属片それぞれを濃硝酸に入れると、(ア)、(エ)、(オ)は溶解した。これらの金属が溶解した硝酸溶液に硫化水素を吹き込むと、(ア)では変化が観察されなかったが、(エ)と(オ)ではいずれも黒色の沈殿が生じた。次に(ア)の硝酸溶液を弱アルカリ性にした後、再度硫化水素を吹き込むと白い沈殿が生じた。

【実験4】

(エ)の硝酸溶液にアンモニア水を滴下すると、(エ)の溶液は白く濁った。この濁りはアンモニア水をさらに加え続けても変化が見られなかった。これに対して(オ)の硝酸溶液にアンモニア水を加えると、はじめ褐色沈殿の析出が確認されたが、さらにアンモニア水を加えると、やがてこの沈殿は全て溶解し、無色透明の溶液となった。

[文章2]

鉛と酸化鉛(Ⅳ)をそれぞれ電極として希硫酸に浸すと起電力が生じる。いま、質量 103.6 g の鉛の棒と、質量 119.6 g の酸化鉛(Ⅳ)の棒を用意し、3.00 L の希硫酸^①

を入れた容器にそれらの棒を浸し、電極とした。各電極に接続した導線を電球につ
ないだところ点灯した。しばらくすると、正極の表面が白く変化し、それと共にや
がて電球が点灯しなくなった。^②

問 1 [文章 1]の(ア)～(オ)にあてはまる金属をそれぞれ元素記号で表し、
解答欄(ア)～(オ)に答えなさい。

問 2 [文章 2]の下線部①で構成される電池を表す最も適切な名称を解答欄(i)に答
えなさい。また、この電池は起電力が低下した後、充電することにより十分な
起電力を持った状態に戻すことができる。このように何度も再利用できる電池
を以下から全て選び、その記号を解答欄(ii)に答えなさい。

- | | |
|---------------|-------------|
| あ. リチウム電池 | い. ニッケル水素電池 |
| う. アルカリマンガン電池 | え. 酸化銀電池 |
| お. マンガン乾電池 | か. ボルタ電池 |
| き. リチウムイオン電池 | く. 燃料電池 |

問 3 [文章 2]の下線部①について、この電池の正極および負極で生じる反応をそ
れぞれイオン反応式で表しなさい。

問 4 [文章 2]の下線部②について、この電極を取り出し、質量を量ったところ、
6.41 g 増加していた。この時までにはこの電池から取り出された電気量は何 C
であったか。有効数字 3 桁で解答欄に答えなさい。

問 5 点灯している時に 0.4 A の電流が流れる電球がある。この電球を下線部①の
電池に接続して 16 時間 5 分間灯した。この時、この電池の電解液の質量は何
g 減少したか、有効数字 3 桁で解答欄に答えなさい。なお、電解液の質量変化
は放電に関する反応のみが関係するものとし、電球の点灯時は常に一定の電流
が流れていたものとする。

Ⅲ 次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。

塩化ナトリウムの飽和水溶液がある。この溶液にアンモニアと二酸化炭素を吹き
①込むと白色沈殿が生じた。この沈殿を回収して高温で熱分解させたところ、炭酸ナ
トリウムの無水塩が3.50 kg 得られた。この炭酸ナトリウム無水塩を用いて、以下
②の2つの実験を行った。

【実験1】

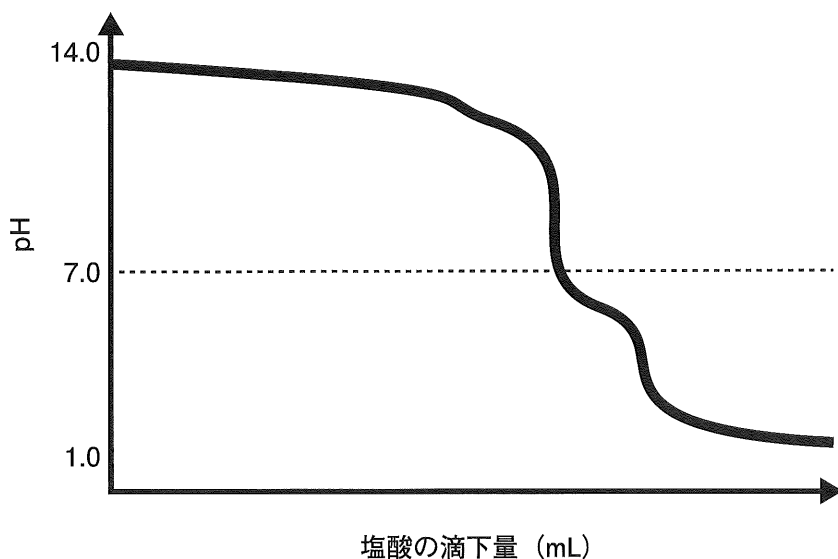
ある温度において炭酸ナトリウムの飽和水溶液を作製した。その200 gをビーカーに取り、6.4℃まで冷却したところ、炭酸ナトリウム十水和物の結晶が14.3 g析出した。

【実験2】

炭酸ナトリウム無水塩を濃度不明の水酸化ナトリウム水溶液に溶解し、混合溶液
③を作製した。

この混合溶液30.0 mLをビーカーに取り、はじめに指示薬Ⅰ(変色域：pH 8.0～9.8)を数滴加え、0.200 mol/Lの塩酸で滴定した。この時、滴定の終点までに20.00 mLの塩酸を要した。続いて、この状態の溶液に指示薬Ⅱ(変色域：pH
④3.1～4.4)を数滴加え、同じ0.200 mol/Lの塩酸で滴定を続けたところ、終点までにさらに4.00 mLの塩酸を要した。

また、この混合溶液30.0 mLをビーカーに取り、0.200 mol/Lの塩酸で滴定しながらその溶液のpHをpHメーターにより連続的に測定、記録した。その結果が次の図である。



問 1 下線部①の反応を化学反応式で表し、解答欄(i)に答えなさい。その際、沈殿物については、その化学式の右側に「↓(下向き矢印)」の記号を書いて、沈殿物であることを明示しなさい。

また、下線部①で生じた沈殿を回収して水に溶解したとき、その水溶液の性質として当てはまるのはどれか。以下の(a)~(e)より最も適切なものを選び、その記号を解答欄(ii)に答えなさい。

- (a) 強い塩基性 (b) 弱い塩基性 (c) 中 性
 (d) 弱い酸性 (e) 強い酸性

問 2 下線部②について、炭酸ナトリウムの無水塩 3.50 kg を得た際に塩化ナトリウムの飽和溶液中の塩化ナトリウムは何 kg 消費されたか。有効数字 3 桁で解答欄に答えなさい。

問 3 次の(ア)~(オ)の化合物について、下線を引いた原子の酸化数が等しい化合物を 2 つ選び、それらの記号を解答欄に答えなさい。

- (ア) $\text{Na}_2\text{C}\underline{\text{O}}_3$ (イ) $\text{K}_2\text{C}\underline{\text{r}}_2\text{O}_7$ (ウ) $\text{H}_3\text{P}\underline{\text{O}}_4$
 (エ) $\text{Ag}\underline{\text{N}}\text{O}_3$ (オ) $\text{H}\underline{\text{C}}\text{I}\text{O}$

問 4 【実験 1】について、冷却前の飽和水溶液 200 g 中に含まれていた炭酸ナトリウムは無水塩として何 g か。有効数字 3 桁で解答欄に答えなさい。ただし、炭酸ナトリウム無水塩の水に対する溶解度は 6.4℃で 10.0 とする。

問 5 【実験 1】について、6.4℃で析出した結晶のうち 8.58 g を量り取り、水を加えて溶解すると、その溶液の質量は 80.0 g であった。この炭酸ナトリウム水溶液の濃度を質量パーセント濃度で表すと何%か。有効数字 3 桁で解答欄に答えなさい。

問 6 【実験 2】について、滴定開始時の混合溶液(下線部③)における水酸化ナトリウムのモル濃度は何 mol/L か、解答欄(i)に有効数字 3 桁で答えなさい。また、この実験に用いた指示薬Ⅱ(下線部④)として最も適当なものを次の(ア)~(オ)から選び、その記号を解答欄(ii)に答えなさい。

- (ア) フェノールフタレイン溶液 (イ) プロモチモールブルー溶液
(ウ) メチルオレンジ溶液 (エ) メチレンブルー溶液
(オ) チモールブルー溶液

IV 次の問1～問5に答えなさい。

問1 炭素の放射性同位体である ^{14}C の半減期は、 5.73×10^3 年である。ある生物の化石を分析したところ、含まれる炭素における ^{14}C の割合が現代の生物等と比べて512分の1であった。この生物が生育していた年代は何年前か。有効数字3桁で答えなさい。

問2 自然界において、臭素(Br)原子にはそれぞれ安定同位体である ^{79}Br (相対質量78.9)と ^{81}Br (相対質量80.9)の二種類が存在する。そしてそれらの存在比は、それぞれ50.7%と49.3%である。臭素の原子量はいくらか。有効数字3桁で答えなさい。

問3 ある人の胃液のpHを測定したところ、その値は2.50であった。この胃液の水素イオン濃度は何mol/Lか。有効数字3桁で答えなさい。

問4 スクロース3.42gを10.0mLの水に溶解した後、1.00mol/Lの塩酸を1.00mL加えて加熱し、完全に加水分解した。この溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えて弱アルカリ性にした後、大過剰量のフェーリング液を加えて十分に加熱したところ、赤色の沈殿が得られた。この時、得られた沈殿の化学式を解答欄(i)に、そしてその質量が何gになるかを解答欄(ii)に有効数字3桁で答えなさい。

問5 ある元素Xの二酸化物 XO_2 は標準状態(0°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$)において気体として存在する。元素Xの原子量がmである時、この気体の密度は標準状態で何g/Lか。最も簡単な文字式で答えなさい。ただし、文字式には小数は用いないこと。

