

化学基础·化学

化学基礎・化学

必要があるば、原子量は次の値を用いること。

原子量 H : 1.0 C : 12 O : 16 Na : 23 Ca : 40

気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$

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

0 °C, $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ (標準状態) で気体 1 mol が占める体積 22.4 L

第1問 次の各問いに答えよ。

問1 陽イオンと陰イオンの数が1:1の割合で結合している物質として最も適当なものを、次の①~⑥のうちから一つ選べ。 1

- ① 塩化マグネシウム ② 炭酸ナトリウム ③ 硝酸銀
④ 水酸化バリウム ⑤ 硫酸アルミニウム ⑥ 酸化銅(I)

問2 次の文の下線部について、誤りを含むものを、次の①~⑤のうちから一つ選べ。 2

- ① 塩酸は HCl で表される 化合物 である。
② 18 族に属する貴ガス(希ガス)元素は 単原子分子 である。
③ ダイヤモンドと黒鉛は 炭素の同素体 である。
④ 水蒸気と水を表す 化学式は同じ である。
⑤ 水銀は 金属のうち常温で唯一の液体 である。

問3 放射性同位体が放射線を放出して他の元素の原子に変化することを壊変(崩壊)といい、次のような壊変がある。

α 壊変: α 線(^4He の原子核)を出して他の元素の原子になる。

β 壊変: 中性子が電子と陽子に分かれる。

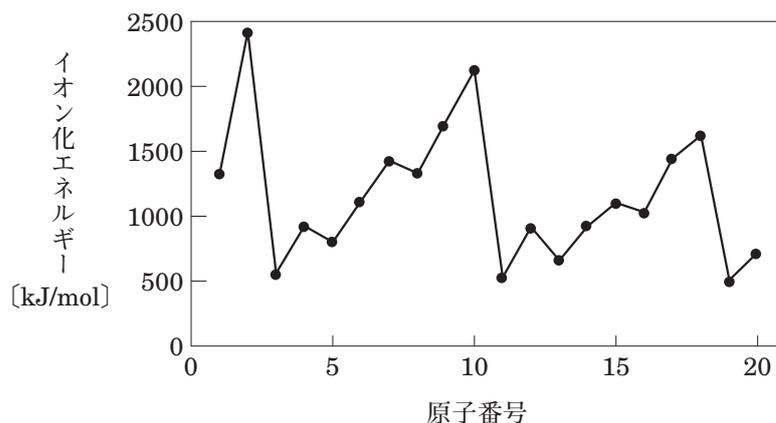
ウラン $^{238}_{92}\text{U}$ が α 壊変と β 壊変をそれぞれ1回ずつ行って元素Xの原子になったときの、原子番号と質量数はいくらか。最も適当なものを、次の①~⑤のうちから一つ選べ。 3

- ① $^{230}_{90}\text{X}$ ② $^{230}_{91}\text{X}$ ③ $^{234}_{90}\text{X}$ ④ $^{234}_{91}\text{X}$ ⑤ $^{234}_{92}\text{X}$

問4 銅 Cu には ^{63}Cu (存在比 70%) と ^{65}Cu (存在比 30%) の二種類の同位体が存在する。このことから計算される銅の原子量として最も適当な数値を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、相対質量は質量数の値と同じとする。

- ① 63.3 ② 63.6 ③ 64.0 ④ 64.3 ⑤ 64.7

問5 次図は、原子番号が 1～20 の元素について、気体状態の原子から電子 1 個を取り 1 価の陽イオンにするために必要なエネルギーを示したものである。これに関する記述として誤りを含むものを、下の①～⑤のうちから一つ選べ。



- ① 周期的な変化は、原子の価電子の数が原子番号に対して規則的に変化するためである。
 ② 最も陽イオンになりやすいのは、カリウムである。
 ③ 最も陽イオンになりにくいのは、ヘリウムである。
 ④ 同じ族に属する原子では、原子番号が大きくなるほど陽イオンになりやすい。
 ⑤ 同一周期に属する原子では、原子番号が大きくなるほど陽イオンになりやすい。

問6 第4周期までの元素の周期表に関する記述として誤りを含むものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① 周期表は、元素を原子番号順に並べている。
 ② 典型元素と遷移元素では、遷移元素の数の方が多い。
 ③ 遷移元素はすべて、金属元素である。
 ④ 族の同じ典型元素の原子は、価電子の数が等しい。
 ⑤ 第3周期に属する原子の最外殻は、M 殻である。

問7 プラスチックに関する記述として最も適当なものを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。

7

- ① 石油や石炭から抽出された高分子化合物である。
- ② イオン交換樹脂や導電性樹脂など，新しい機能をもったものが開発されている。
- ③ 化学薬品に強く，埋め立てると微生物によって分解される。
- ④ ペットボトル(PET)や食品用ラップは，ポリエチレンからできている。
- ⑤ 消しゴムには，ポリスチレンからできているものがある。

第2問 次の各問いに答えよ。

問1 次の分子のうち、共有電子対の数が最も多いものはどれか。最も適当なものを、次の①～

⑥のうちから一つ選べ。

- ① アンモニア ② 水 ③ 二酸化炭素
④ メタン ⑤ エタン ⑥ 四塩化炭素

問2 次の記述 a～c に当てはまる物質の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、物質は次の6種類のいずれかである。

アルミニウム、銅、ケイ素、ヨウ素、ナフタレン、塩化ナトリウム

- a 常温では銀白色の軽い固体で、660℃に加熱すると融解する。固体でも液体でも電気伝導性がある。
b 常温では固体で801℃まで加熱すると液体になり、固体では電気を通さないが液体になると電気を通す。
c 常温では黒紫色の固体で、加熱すると昇華し赤紫色の気体になる。

	a	b	c
①	アルミニウム	塩化ナトリウム	ナフタレン
②	アルミニウム	ケイ素	ヨウ素
③	アルミニウム	塩化ナトリウム	ヨウ素
④	銅	ケイ素	ヨウ素
⑤	銅	塩化ナトリウム	ナフタレン
⑥	銅	ケイ素	ナフタレン

問3 分子からなる物質に関する記述として誤りを含むものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

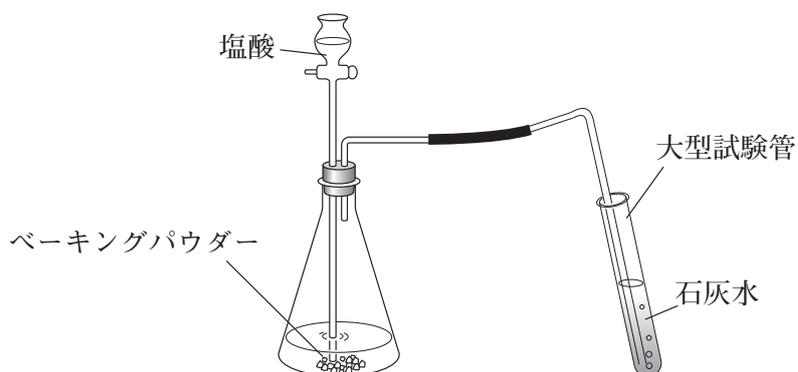
- ① 酸素や窒素は二原子分子で、原子どうしが二重結合により結びついている。
② 水とエタノールはともに極性分子で、混合すると均一な溶液になる。
③ アンモニアはHとNの電気陰性度の差が大きく三角錐形なので、極性分子である。
④ 二酸化炭素は無色無臭の気体で、固体はドライアイスという。
⑤ メタンとエチレンは有機化合物で、いずれも無極性分子である。

問4 ふくらし粉やベーキングパウダーには、炭酸水素ナトリウム NaHCO_3 が含まれている。ベーキングパウダーを用いた次の実験操作に関する下の各問いに答えよ。ただし、反応は完全に進み、ベーキングパウダーの成分のうちナトリウムを含む物質、および塩酸と反応する物質は炭酸水素ナトリウムのみとする。また、強電解質の電離度は1とする。

【操作1】 次図のようにベーキングパウダー 5.0 g を三角フラスコに入れ、2.0 mol/L の塩酸 100 mL を加えた。

【操作2】 発生した気体を石灰水に通じたところ、白色沈殿が生成した。

【操作3】 操作2で生成した白色沈殿をろ過、乾燥させて質量をはかったところ、5.0 g であった。



(1) この実験操作に関する記述として誤りを含むものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

11

- ① 操作1では、二酸化炭素が発生すると同時に水も生成している。
- ② 操作2で生成した白色沈殿は、炭酸カルシウムである。
- ③ 操作1の三角フラスコ内には、塩化ナトリウムが生成している。
- ④ この実験から炭酸水素ナトリウムはC, H, Oを含むことが確認できる。
- ⑤ 炭酸水素ナトリウムは、加熱することでも二酸化炭素が発生する。

(2) 操作1の反応後の水溶液中に存在しているナトリウムイオンのモル濃度は、何 mol/L か。最も適当な数値を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、水溶液の体積は100 mLのまま、変化しないものとする。12 mol/L

- ① 0.10 ② 0.20 ③ 0.50 ④ 1.0 ⑤ 2.0

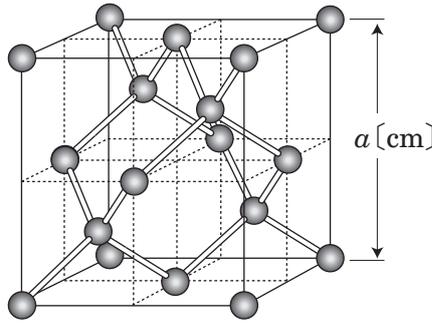
(3) ベーキングパウダー中に含まれていた炭酸水素ナトリウムの質量パーセント濃度は何% か。最も適当な数値を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。13 %

- ① 64 ② 70 ③ 76 ④ 80 ⑤ 84

第3問 次の各問いに答えよ。

問1 次図はダイヤモンドの単位格子を示しており、炭素原子4個の価電子がすべて隣接する4個の炭素原子と共有結合している。単位格子一辺の長さを a [cm] としたとき、炭素原子間の長さ(中心間の距離)は何 cm か。最も適当なものを、下の①～⑤のうちから一つ選べ。

cm



- ① $\frac{\sqrt{2}}{8}a$ ② $\frac{\sqrt{3}}{8}a$ ③ $\frac{\sqrt{2}}{4}a$ ④ $\frac{\sqrt{3}}{4}a$ ⑤ $\frac{\sqrt{3}}{2}a$

問2 内容積を変えることのできる容器に、 0°C 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 下でブタン C_4H_{10} 2.0 L と酸素 15.0 L を封入して完全燃焼させたのち、 27°C 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ にした。反応後の容器内には水が存在していたが、 27°C 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ に保ちながら容器の内容積を大きくしていったところ、すべて気体になった。このときの内容積は何 L か。最も適当な数値を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、 27°C における飽和水蒸気圧は $3.6 \times 10^3 \text{ Pa}$ とする。

L

- ① 250 ② 280 ③ 310 ④ 340 ⑤ 360

問3 次の数値を用いてアセチレン C_2H_2 の燃焼熱 Q を求めると何 kJ/mol になるか。最も適当な数値を、下の①～⑤のうちから一つ選べ。 kJ/mol

C (黒鉛) の燃焼熱 $394kJ/mol$

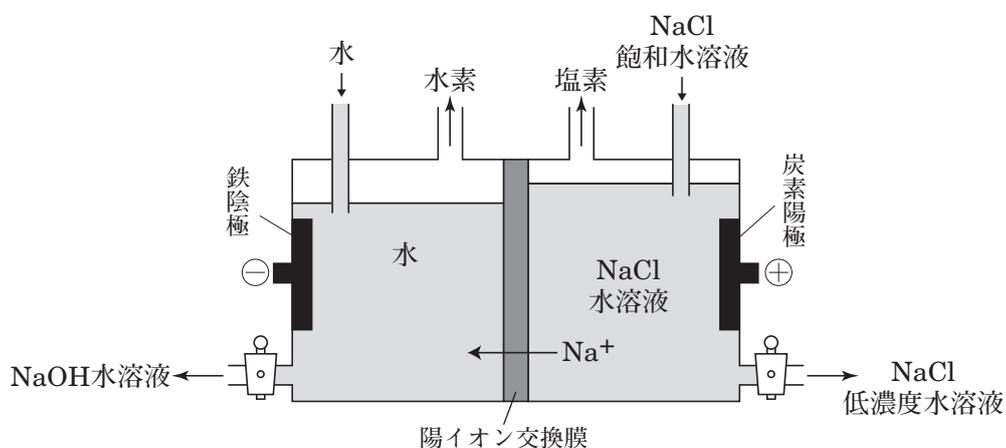
H_2O (液) の生成熱 $286kJ/mol$

C_2H_2 (気) の生成熱 $-227kJ/mol$



- ① 850 ② 910 ③ 1260 ④ 1300 ⑤ 1590

問4 イオン交換膜法では、水酸化ナトリウムは次図のような装置により製造されている。



鉄電極側に 10 L の純水を入れ 2.0 A の電流を 5 時間流したとき、鉄電極側に生成した水酸化ナトリウム水溶液の濃度は何 mol/L になっているか。最も適当な数値を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、鉄電極側の水溶液の体積は 10 L のまま変化しないものとする。

mol/L

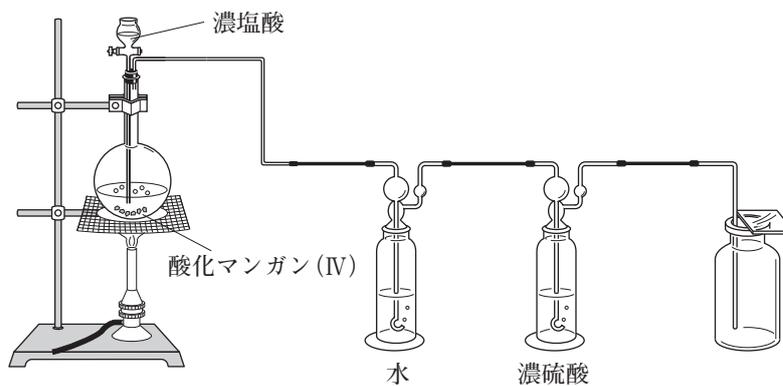
- ① 0.020 ② 0.037 ③ 0.20 ④ 0.37 ⑤ 0.50

問5 次の記述中の空欄 , に当てはまる記号や数値の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑦のうちから一つ選べ。ただし、酢酸の電離定数 Ka は $\frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$ で計算され、 $Ka = 3.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ である。また、 $\log 3 = 0.48$ とする。

0.10 mol/L 酢酸水溶液 10.0 mL に、濃度不明の水酸化ナトリウム水溶液を加えていったところ、8.0 mL 滴下したとき中和が完了した。よって、4.0 mL 滴下したときの $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ と $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ の大小関係は、 $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ であり、4.0 mL 滴下したときの水溶液の pH は である。

	ア	イ
①	>	4.5
②	>	5.0
③	=	4.5
④	=	5.0
⑤	=	5.2
⑥	<	5.2
⑦	<	5.5

問6 塩素を発生させるため、次図の装置を組み立てた。酸化マンガン(IV) MnO_2 に 6.0 mol/L の濃塩酸 100 mL を加えて加熱したところ、塩素が 0°C 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ (標準状態) に換算して 560 mL 得られ、フラスコ内には酸化マンガン(IV) がまだ残っていた。このときのフラスコ内の塩酸の濃度は何 mol/L になっているか。最も適当な数値を下の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、フラスコ内の水溶液の体積は変わらず、発生した塩素はすべて捕集できたものとする。 19 mol/L



- ① 4.8 ② 5.0 ③ 5.2 ④ 5.4 ⑤ 5.6

問7 リンとその化合物に関する記述として誤りを含むものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

20

- ① 黄リンは淡黄色の固体で、自然発火するので水中に保存する。
- ② 赤リンは赤褐色の粉末で、マッチの側薬などに利用されている。
- ③ リン酸は潮解性のある無色の結晶で、水に溶けると酸性を示す。
- ④ リンを燃焼させると、白色粉末状の十酸化四リンになる。
- ⑤ 十酸化四リンは吸湿性が強く、アンモニアなどの乾燥剤として用いられる。

第4問 次の各問いに答えよ。

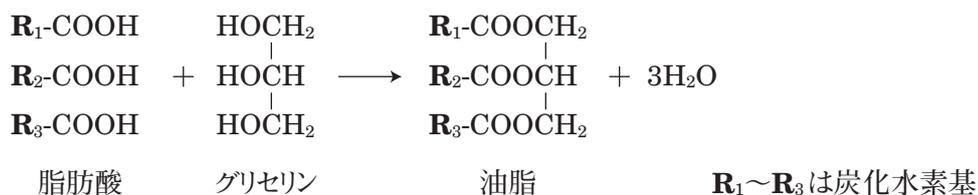
問1 エタノールに濃硫酸を加え、油浴で加熱してエチレンを発生させた。この実験操作とエチレンに関する記述として誤りを含むものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 21

- ① 濃硫酸は、触媒としてのはたらきをする。
- ② 反応温度は、130～140℃に設定する。
- ③ 臭素水にエチレンを通じると、臭素水の色が薄くなる。
- ④ エチレンに触媒の存在下で水素と反応させると、エタンが生成する。
- ⑤ エチレンに塩素を作用させると、1,2-ジクロロエタンが生成する。

問2 分子式が $C_4H_{10}O$ で表されるアルコールには、いくつかの異性体が考えられる。これらの異性体に関する記述として誤りを含むものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 22

- ① このアルコールの構造異性体は、全部で4種類が考えられる。
- ② 濃硫酸を加えて分子内脱水すると、いずれの異性体からもアルケンが生成する。
- ③ これらの構造異性体を十分に酸化すると、いずれもカルボン酸またはケトンが生成する。
- ④ これらの異性体の中には、鏡像異性体をもつものが1種類ある。
- ⑤ ヨードホルム反応を示す異性体は、1種類である。

問3 脂肪は脂肪酸とグリセリンのエステルであり、脂肪を構成する脂肪酸にはいろいろな種類がある。



構成する脂肪酸が、リノール酸 $C_{17}H_{31}COOH$ (分子量 280) が 70 %、オレイン酸 $C_{17}H_{33}COOH$ (分子量 282) が 30 % であるひまわり油がある。このひまわり油 1 mol の炭素-炭素間二重結合に水素を付加させて硬化油にするとき、必要な水素は何 g か。最も適当な数値を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 23 g

- ① 3.4
- ② 5.1
- ③ 8.4
- ④ 10.2
- ⑤ 12.0

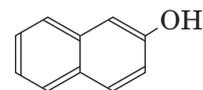
問4 次の操作によってアゾ染料を合成した。下の各問いに答えよ。なお、2-ナフトールはここではフェノールのジアゾ化と同様な反応を起こす。

【操作1】 100 mL ビーカーにアニリンを入れ、塩酸を加える。これをよく振り混ぜて溶かし、氷水に浸けておく。

【操作2】 試験管に亜硝酸ナトリウムをとり、純水を加えて溶かす。次に試験管を氷水に浸けて冷却する。

【操作3】 操作2の溶液を操作1の溶液に入れて振り混ぜる。

【操作4】 50 mL ビーカーに2-ナフトール(右図)をとり、水酸化ナトリウム水溶液を加えて溶かす。



【操作5】 操作4の溶液に布片を浸したのち取り出し、紙にはさんで水分をとる。この布片を操作3の溶液に入れる。

(1) 操作1の反応と同じ種類の反応として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

24

- ① ニトロベンゼンにスズと塩酸を加える。
- ② 酢酸エチルに水酸化ナトリウム水溶液を加える。
- ③ ベンゼンに塩素を作用させる。
- ④ トルエンに過マンガン酸カリウム水溶液を反応させる。
- ⑤ 安息香酸に水酸化ナトリウム水溶液を加える。

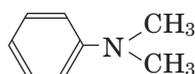
(2) 操作3で、塩化ベンゼンジアゾニウムを生成させるためには、0～5℃に冷却しながら操作を行う必要がある。操作3で冷却せず水溶液を温めて同じ操作を行ったときに生成する物質として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 25

- ① アニリン塩酸塩と塩酸
- ② アニリンと塩化ナトリウム
- ③ トルエンとアニリン
- ④ クロロベンゼンと窒素
- ⑤ フェノールと窒素

(3) 操作5では、アゾ染料の一種である、1-フェニルアゾ-2-ナフトールが生成する。この実験で用いたアニリンと2-ナフトールの代わりに、スルファニル酸とジメチルアニリンを用いて反応させると、赤色の染料Aが得られる。また、染料Aに水酸化ナトリウム水溶液を加えて中和すると、橙黄色のメチルオレンジが生成する。メチルオレンジの構造式として最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。 26



スルファニル酸



ジメチルアニリン

- | | | | |
|---|--|---|---|
| ① | <chem>CN(C)c1ccc(N=Nc2ccc(S(=O)(=O)[O-])cc2)cc1.[Na+]</chem> | ② | <chem>CN(C)c1ccc(N=Nc2ccc(S(=O)(=O)O)cc2)cc1</chem> |
| ③ | <chem>CN(C)c1ccc(NNc2ccc(S(=O)(=O)[O-])cc2)cc1.[Na+]</chem> | ④ | <chem>CN(C)c1ccc(NNc2ccc(S(=O)(=O)O)cc2)cc1</chem> |
| ⑤ | <chem>CN(C)c1ccc(N#Nc2ccc(S(=O)(=O)[O-])cc2)cc1.[Na+]</chem> | ⑥ | <chem>CN(C)c1ccc(N#Nc2ccc(S(=O)(=O)O)cc2)cc1</chem> |

(化学基礎・化学の問題は終わり)