

# 理 科(化学)

(2023)

- (注意事項)
- 1 問題文は12ページあります。
  - 2 解答は解答用紙の所定欄に記入してください。指示されたところでは解答の導き方についても記入してください。下書きは、問題冊子の余白を利用してください。ただし、回収はしませんので採点の対象とはなりません。
  - 3 定規を使用することができます。ただし、計算・メモ・通信などの機能をもった時計や電卓、携帯電話などは使用できません。
  - 4 解答は一部記述を含むマークセンス方式となっていますので、解答用紙の注意事項をよく読み解答してください。
  - 5 受験番号・氏名・フリガナは、監督者の指示に従って、解答用紙の所定欄に丁寧に記入してください。
  - 6 解答用紙にマークセンス方式の受験番号欄があります。受験番号をマークする際は濃く丁寧にぬってください。
  - 7 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページ落丁・乱丁及び解答用紙の汚れなどに気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。

必要ならば下記の数値を参照せよ。

原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Cl = 35.5, Zn = 65

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

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

**第1問** 次の問い（問1～7）に答えよ。〔解答番号  ～  〕

問1 次の記述 a～e の中で、誤っているものの組合せとして、最も適当なものを下の①～⑩のうちから一つ選べ。

- a 固体が液体を経ずに直接気体になることを昇華という。
- b 塩化ナトリウムは、塩素原子とナトリウム原子が共有結合した分子である。
- c 酸素とオゾンと同じ元素からなる単体であり、互いに同位体である。
- d ヘリウム原子とネオン原子の電子配置は閉殻構造である。
- e 分子からできている物質の結晶を分子結晶といい、分子どうしが分子間力で引き合っ  
てできたものである。

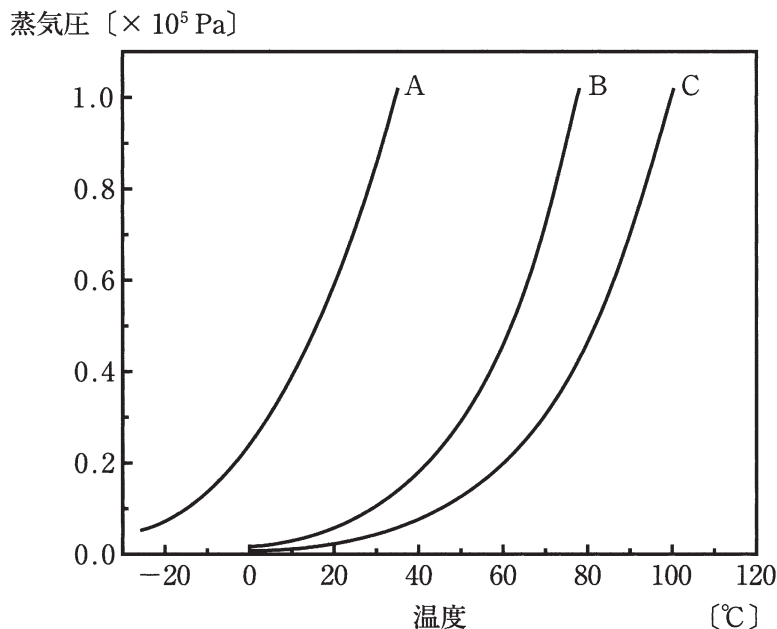
- ① a・b    ② a・c    ③ a・d    ④ a・e    ⑤ b・c  
⑥ b・d    ⑦ b・e    ⑧ c・d    ⑨ c・e    ⑩ d・e

問2 酸素 4.00 g, 窒素 7.00 g, 水素 1.25 g を 20.0 L の容器に入れ、温度を 300 K に保つた。これらの物質の間で反応が起こらないとすると、容器内の圧力の値として、最も適当なものを下の①～⑧のうちから一つ選べ。

- ①  $3.1 \times 10^3 \text{ Pa}$     ②  $6.2 \times 10^3 \text{ Pa}$     ③  $1.2 \times 10^4 \text{ Pa}$     ④  $2.5 \times 10^4 \text{ Pa}$   
⑤  $3.1 \times 10^4 \text{ Pa}$     ⑥  $6.2 \times 10^4 \text{ Pa}$     ⑦  $1.2 \times 10^5 \text{ Pa}$     ⑧  $2.5 \times 10^5 \text{ Pa}$

問3 次の図はエタノール、ジエチルエーテル、水の蒸気圧曲線を表す。蒸気圧曲線A～Cと化合物の組合せとして、最も適当なものを下の①～⑥のうちから一つ選べ。

3



	A	B	C
①	エタノール	ジエチルエーテル	水
②	エタノール	水	ジエチルエーテル
③	ジエチルエーテル	エタノール	水
④	ジエチルエーテル	水	エタノール
⑤	水	ジエチルエーテル	エタノール
⑥	水	エタノール	ジエチルエーテル

問4 ある1価の酸0.600 molを水10.0 kgに溶解させた溶液の凝固点降下度として、最も適当なものを下の①～⑧のうちから一つ選べ。ただし、水のモル凝固点降下は1.85 K $\cdot$ kg/molであり、水中においてこの酸の10.0%が電離しているものとする。

4

- ① 0.12 K      ② 0.24 K      ③ 0.48 K      ④ 0.60 K  
 ⑤ 0.78 K      ⑥ 0.95 K      ⑦ 1.2 K      ⑧ 1.9 K

問5 二価の金属イオン  $M^{2+}$  を含む水溶液を白金電極を用いて 2.0 A の電流で 60 分間電気分解したところ、陰極に金属 M が 2.4 g 得られた。この金属の原子量として、最も適当なものを下の①～⑧のうちから一つ選べ。ただし、流れた電子はすべて  $M^{2+}$  の還元に使われたものとする。

5

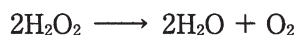
- |      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| ① 32 | ② 48  | ③ 64  | ④ 80  |
| ⑤ 96 | ⑥ 112 | ⑦ 128 | ⑧ 144 |

問6 40℃,  $1.0 \times 10^5$  Pa において水 1.0 L に窒素は  $5.5 \times 10^{-4}$  mol, 酸素は  $1.1 \times 10^{-3}$  mol 溶ける。40℃,  $1.0 \times 10^5$  Pa において水に空気（窒素と酸素の体積比は 4.0 : 1.0）が接し溶解平衡に達しているとき、水に溶解している窒素の質量に対する酸素の質量の割合として、最も適当なものを下の①～⑧のうちから一つ選べ。

6

- |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|
| ① 0.28 | ② 0.50 | ③ 0.57 | ④ 0.85 |
| ⑤ 1.0  | ⑥ 1.1  | ⑦ 1.5  | ⑧ 2.0  |

問7 1.00 mol/L の過酸化水素水 10.0 mL に酸化マンガン(IV)を加えて 300 K に保ったところ、以下の反応が起こり、酸素が発生した。



初めの 30 秒間の過酸化水素の平均の分解速度は  $3.00 \times 10^{-3}$  mol/(L·s) であった。この間に発生した酸素の体積 (300 K,  $1.00 \times 10^5$  Pa とする) として、最も適当なものを下の①～⑧のうちから一つ選べ。なお、水溶液の体積は変化しないものとする。

7

- |          |          |          |          |
|----------|----------|----------|----------|
| ① 2.2 mL | ② 4.5 mL | ③ 9.0 mL | ④ 11 mL  |
| ⑤ 22 mL  | ⑥ 45 mL  | ⑦ 90 mL  | ⑧ 110 mL |

第2問 次の問い（問1～7）に答えよ。〔解答番号 8 ～ 14 〕

問1 次の記述 a～e の中で、誤っているものの組合せとして、最も適当なものを下の①～⑩のうちから一つ選べ。 8

- a 元素の周期表で、第2周期と第3周期の元素では非金属元素は右側に位置している。
- b 元素の周期表の原型はドルトンによって1800年代に作成された。
- c 貴ガス（希ガス）原子は他の原子と反応しにくい。
- d イオン化エネルギーの大きい原子は陽イオンになりやすい。
- e 典型元素では、価電子の数が等しい同族元素どうしの化学的性質は似ている。

- ① a・b    ② a・c    ③ a・d    ④ a・e    ⑤ b・c  
 ⑥ b・d    ⑦ b・e    ⑧ c・d    ⑨ c・e    ⑩ d・e

問2 PH<sub>3</sub>分子とH<sub>2</sub>S分子には非共有電子対がそれぞれ何組あるか。最も適当な組合せを下の①～⑨のうちから一つ選べ。 9

	PH <sub>3</sub> 分子の非共有電子対	H <sub>2</sub> S分子の非共有電子対
①	0	0
②	0	1
③	0	2
④	1	0
⑤	1	1
⑥	1	2
⑦	2	0
⑧	2	1
⑨	2	2

問3 次の記述 a～e の中で、誤っているものの組合せとして、最も適当なものを下の①～⑩のうちから一つ選べ。

10

- a 黒鉛の層状構造が筒状に丸まったものはフラーレンと呼ばれる。
- b スズめっき鋼板はトタンと呼ばれる。
- c 高純度のケイ素はコンピュータの部品や太陽電池などの材料に用いられる。
- d ケイ素の単体はダイヤモンドと同じ構造の共有結合の結晶を形成する。
- e ケイ素は岩石の成分元素として、地殻中に酸素に次いで多く含まれる。

- ① a・b    ② a・c    ③ a・d    ④ a・e    ⑤ b・c  
⑥ b・d    ⑦ b・e    ⑧ c・d    ⑨ c・e    ⑩ d・e

問4 電池に関する次の記述 a～e の中で、誤っているものの組合せとして、最も適当なものを下の①～⑩のうちから一つ選べ。

11

- a ダニエル電池では、銅板が負極、亜鉛板が正極となる。
- b リチウムイオン電池はノートパソコンや携帯電話などに広く使われている。
- c 鉛蓄電池は二次電池である。
- d 電池の起電力とは、取り出せる電力の大きさのことである。
- e 燃料電池には、水素と酸素を利用するものがある。

- ① a・b    ② a・c    ③ a・d    ④ a・e    ⑤ b・c  
⑥ b・d    ⑦ b・e    ⑧ c・d    ⑨ c・e    ⑩ d・e

問5 次の記述 a～e の中で、誤っているものの組合せとして、最も適当なものを下の①～⑩のうちから一つ選べ。

12

- a 硫酸銅(Ⅱ)は黄色の化合物である。
- b チタンの酸化物には光触媒として使われるものがある。
- c 鉄の単体は塩酸とも水酸化ナトリウム水溶液とも反応する。
- d ハロゲン化銀には感光性がある。
- e マンガンの酸化物は乾電池の材料として使われている。

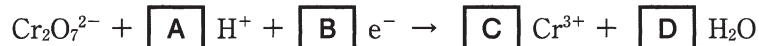
- ① a・b    ② a・c    ③ a・d    ④ a・e    ⑤ b・c  
⑥ b・d    ⑦ b・e    ⑧ c・d    ⑨ c・e    ⑩ d・e

問6 二クロム酸カリウム  $K_2Cr_2O_7$  は酸性溶液中で強い酸化剤として作用し、このときの反応は以下のような反応式で表される。

$\boxed{A}$  から  $\boxed{D}$  には数字が入る。

$\boxed{B}$  に入る数字として、最も適当なものを下の①～⑦のうちから一つ選べ。

13



- ① 2    ② 3    ③ 4    ④ 6    ⑤ 7    ⑥ 10    ⑦ 14

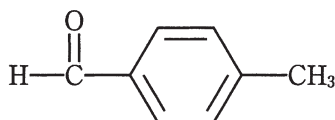
問7 亜鉛 13 g を 3.0 mol/L の塩酸 200 mL に加えて溶解した。反応が終了した後の溶液中の塩化水素の濃度として、最も適当なものを下の①～⑥のうちから一つ選べ。なお、反応中の溶液の体積変化はないものとする。

14

- ① 0.25 mol/L    ② 0.50 mol/L    ③ 0.75 mol/L  
④ 1.0 mol/L    ⑤ 1.5 mol/L    ⑥ 2.0 mol/L

第3問 次の問い（問1～7）に答えよ。〔解答番号 15 ～ 21 〕

問1 次に示す化合物を完全燃焼させたところ、二酸化炭素 88 mg が生成した。このときに生成した水の質量として、最も適当なものを下の①～⑧のうちから一つ選べ。 15



- ① 9.0 mg      ② 16 mg      ③ 18 mg      ④ 33 mg  
⑤ 36 mg      ⑥ 54 mg      ⑦ 67 mg      ⑧ 88 mg

問2 次の記述 a～d の中で、正しいものの組合せとして、最も適当なものを下の①～⑥のうちから一つ選べ。 16

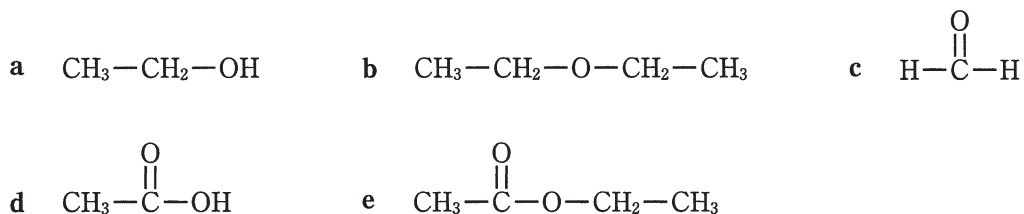
- a メタン分子  $\text{CH}_4$  のすべての原子は同一平面上に存在している。  
b エチレン（エテン）分子  $\text{C}_2\text{H}_4$  のすべての原子は同一平面上に存在している。  
c アセチレン（エチン）分子  $\text{C}_2\text{H}_2$  のすべての原子は同一直線上に存在している。  
d ベンゼン分子  $\text{C}_6\text{H}_6$  はいす形の立体構造をとっている。

- ① a・b      ② a・c      ③ a・d  
④ b・c      ⑤ b・d      ⑥ c・d



問3 次の化合物 a～e の中で、水に溶けにくいものの組合せとして、最も適当なものを下の①～⑩のうちから一つ選べ。

17



- ① a・b    ② a・c    ③ a・d    ④ a・e    ⑤ b・c  
 ⑥ b・d    ⑦ b・e    ⑧ c・d    ⑨ c・e    ⑩ d・e

問4 分子式が  $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$  で表される化合物の構造異性体および立体異性体のうち、ヨードホルム反応を示す化合物の数として、最も適当なものを下の①～⑩のうちから一つ選べ。

18

- ① 1      ② 2      ③ 3      ④ 4      ⑤ 5  
 ⑥ 6      ⑦ 7      ⑧ 8      ⑨ 9      ⑩ 10

問5 カルボン酸に関する次の記述 a～e の中で、正しいものの組合せとして、最も適当なものを下の①～⑩のうちから一つ選べ。

19

- a アルデヒドを還元するとカルボン酸が生成する。  
 b カルボン酸は塩酸よりも強い酸である。  
 c カルボン酸は水酸化ナトリウムと反応して塩をつくる。  
 d カルボン酸と炭酸水素ナトリウムが反応すると一酸化炭素が発生する。  
 e ギ酸は還元性を示す。

- ① a・b    ② a・c    ③ a・d    ④ a・e    ⑤ b・c  
 ⑥ b・d    ⑦ b・e    ⑧ c・d    ⑨ c・e    ⑩ d・e

問6 アニリンに関する次の記述 a～e の中で、誤っているものの組合せとして、最も適切なものを下の①～⑩のうちから一つ選べ。

20

- a ベンゼンにアンモニアを付加させるとアニリンが得られる。
- b ニトロベンゼンのニトロ基を還元するとアニリンが得られる。
- c アニリンは水にはわずかししか溶けないが、水酸化ナトリウム水溶液にはよく溶ける。
- d アニリンに無水酢酸を作用させると、アミド結合をもつ化合物が得られる。
- e 氷冷したアニリンの希塩酸溶液に亜硝酸ナトリウム水溶液を加えるとジアゾ化が進行する。

- ① a・b    ② a・c    ③ a・d    ④ a・e    ⑤ b・c  
⑥ b・d    ⑦ b・e    ⑧ c・d    ⑨ c・e    ⑩ d・e

問7 次の記述 a～e の中で、メタノールとフェノールに共通する性質の組合せとして、最も適切なものを下の①～⑩のうちから一つ選べ。

21

- a 水酸化ナトリウムと反応して塩を生じる。
- b ナトリウムと反応して水素を発生する。
- c 塩化鉄(Ⅲ)水溶液と反応して、紫色の呈色反応を示す。
- d 無水酢酸と反応してエステルを生成する。
- e 水溶液が弱酸性を示す。

- ① a・b    ② a・c    ③ a・d    ④ a・e    ⑤ b・c  
⑥ b・d    ⑦ b・e    ⑧ c・d    ⑨ c・e    ⑩ d・e

**第4問** 炭酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  と炭酸水素ナトリウム  $\text{NaHCO}_3$  を含む水溶液 A がある。

- (1) 水溶液 A を 10.0 mL はかり取り、フェノールフタレイン溶液を加えると、赤色を呈した。  
この水溶液に 0.200 mol/L の塩酸を滴下すると、6.25 mL 加えたところで水溶液の色が無色になった。
- (2) さらに、(1) で得られた水溶液にメチルオレンジ溶液を加えると、水溶液は黄色になった。  
この水溶液に 0.200 mol/L の塩酸を 13.5 mL 滴下したところで水溶液の色が赤色になった。

下の問い（問 1～4）に答えよ。なお、フェノールフタレインの変色域は pH 8.0～9.8、メチルオレンジの変色域は pH 3.1～4.4 である。答は解答用紙裏面の記述式解答記入欄 1 に記せ。計算問題は計算過程も記し、解答は有効数字 3 桁で答えよ。

記述式解答記入欄 1

**問 1** 炭酸ナトリウムと塩酸は二段階で反応する。第一段階の反応式と、第二段階の反応式をそれぞれ書け。

**問 2** (1) で反応した炭酸ナトリウムの物質量を求めよ。

**問 3** 水溶液 A 中の炭酸ナトリウム、炭酸水素ナトリウムのそれぞれの濃度 [mol/L] を求めよ。

**問 4** 水溶液 A 10.0 mL 中のナトリウムイオンの物質量を求めよ。

**第5問** 次の文章を読んで下の問い（問1～3）に答えよ。答は解答用紙裏面の記述式解答記入欄2に記せ。計算問題は計算過程も記し，解答は有効数字2桁で答えよ。

記述式解答記入欄2

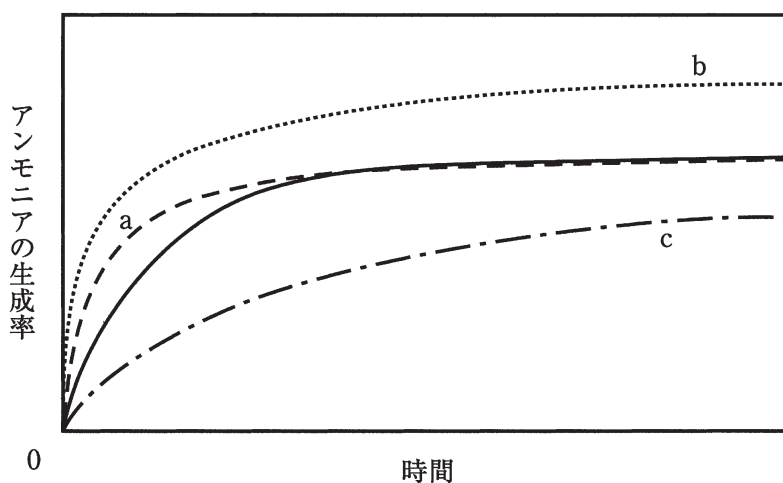
アンモニアを窒素と水素から合成するときの化学反応は可逆反応であり，以下のよう  
に表される。



**問1** (1)式の反応について，圧平衡定数  $K_p$  を表す式を書け。なお，窒素，水素，アンモニアはすべて気体であり，それぞれの分圧を  $p_{\text{N}_2}$ ， $p_{\text{H}_2}$ ， $p_{\text{NH}_3}$  と表すこととする。

**問2** 窒素と水素をそれぞれの分圧が  $1.00 \times 10^7 \text{ Pa}$  になるように混合した  $500^\circ\text{C}$  の気体がある。(1)式の反応が進行し，平衡に達したときアンモニアの分圧が  $2.0 \times 10^6 \text{ Pa}$  であった。このときの圧平衡定数を求めよ。なお反応中の温度と反応容器の体積は一定とする。

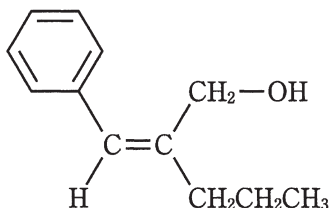
**問3** 下図の実線は，問2の条件で窒素と水素を反応させたときの，アンモニアの生成率を時間に対して示したものである。同じ反応を  $500^\circ\text{C}$  で触媒を用いて行った場合，アンモニアの生成率は図のどの曲線となるか。a～cのうちから最も適当な曲線の記号を一つ選び，それを選んだ理由を説明せよ。



**第6問** 次の文章を読んで下の問い（問1，2）に答えよ。答は解答用紙裏面の記述式解答記入欄3に記せ。構造式は解答記入欄に，次の例にならって記せ。計算問題は計算過程も記し，解答は有効数字2桁で答えよ。

記述式解答記入欄3

（構造式の例）



次の反応式に示すように，アルコールに塩化チオニル  $\text{SOCl}_2$  を反応させると，アルコールのヒドロキシ基が塩素原子で置換された化合物が生成する。



分子式  $\text{C}_9\text{H}_{18}\text{O}_2$  で表されるエステルAに対して，十分な量の水酸化ナトリウム  $\text{NaOH}$  を反応させてけん化すると，エステルAはすべて反応して化合物BとアルコールCが生成した。このアルコールCを十分な量の塩化チオニルと反応させると，アルコールCはすべて反応して1-クロロヘキサン  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-Cl}$  が生成した。

**問1** エステルAの構造式を記せ。ただし，異性体が明確に区別できるように書くこと。

**問2** 7.9 gのエステルAを用いてこれらの反応を行った場合に生成する1-クロロヘキサンの質量を求めよ。ただし，反応に用いたエステルAのすべてが1-クロロヘキサンに変化したものとする。

—問題文終り—