

物質と濃度

◇ プロセス

1. 次の文中の () に適当な語句、記号をいれよ。

(1) 質量数 12 の (ア) 原子の質量を 12 としたときの、各原子の質量を相対的に表した数値が原子の (イ) である。同位体の存在する元素では、各同位体の (ウ) から求めた (イ) の平均値を元素の (エ) として用いられる。

(2) 分子を構成する原子の原子量の総和を (オ)、イオン式や組成式で示される物質の化学式を構成する原子の原子量の総和を (カ) という。

(3) 質量数 12 の炭素原子 12g 中には 6.0×10^{23} 個の炭素原子が含まれる。これと同数の粒子の集団を 1mol と表し、 $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ を (キ) という。

(4) 物質 1mol の質量を (ク) といい、原子の場合、原子量に単位 (ケ) をつけて表す。

(5) 溶液の質量に対する溶質の質量の割合をパーセントで表した濃度を (コ) といい、溶液 1L 中に含まれる溶質の物質質量で表した濃度を (サ) という。

(6) 溶媒 100g に溶けうる溶質の最大質量(g)の数値を (シ) という。

(7) 次の物質の分子量を求めよ。

- a. 水素 H_2 b. ヘリウム He c. 水 H_2O d. メタン CH_4

(8) 次の物質やイオンの式量を求めよ。

- a. アルミニウムイオン Al^{3+} b. 水酸化物イオン OH^- c. 硝酸イオン NO_3^-
d. 鉄 Fe e. 塩化カルシウム CaCl_2 f. 酸化鉄(Ⅲ) Fe_2O_3

(9) 次の各粒子の物質質量を求めよ。

- a. 水素原子 3.0×10^{23} 個 b. 水分子 6.0×10^{24} 個 c. 銀イオン 1.5×10^{24} 個

(10) 次の各粒子の個数を求めよ。

- a. H^+ b. NH_4^+ c. Fe^{2+} d. OH^- e. HCO_3^- f. S^{2-}

(11) 物質と質量の関係について、次の各問いに答えよ。

- a. 0.50mol のヘリウム He は何 g か。 b. 4.0mol の銅(Ⅱ)イオン Cu^{2+} は何 g か。
c. 27g の銀 Ag は何 mol か。 d. 27g の水 H_2O は何 mol か。

(12) 物質と構成粒子の数について、次の各問いに答えよ。

- a. 2.0mol の塩化ナトリウム NaCl には、何個の塩化物イオンが含まれているか。
b. 0.25mol の水 H_2O には、何個の酸素原子が含まれているか。
c. 4.0mol のメタン CH_4 には、何個の水素原子が含まれるか。

(13) 次の各問いに答えよ。気体の体積は標準状態におけるものとする。

- a. 水素 11.2L は何 mol か。 b. 酸素 5.6L は何 mol か。
c. アンモニア 2.5mol は何 L か。 d. 窒素 0.300mol は何 L か。

e. 78.4L の二酸化炭素に含まれる酸素原子は何 mol か。

(14) 次の組み合わせで、互いに溶け合うものには○、溶け合わないものには×を記せ。

- a. ヨウ素とヘキサン b. 塩化ナトリウムとヘキサン c. ヨウ素と水
d. スクロースと水 e. 塩化水素と水 f. 水とヘキサン

(15) 次の各問いに答えよ。

a. 25g のグルコースを水 100g に溶かした水溶液の質量パーセント濃度は何%か。

b. 5.0%の硫酸水溶液 200g に溶けている硫酸の質量は何 g か。

c. 1.0mol のアンモニア水を水に溶かして 500mL にした水溶液の濃度は何 mol/L か。

d. 0.10mol/L の塩酸 100mL に溶けている塩化水素の物質量は何 mol か。

(16) 次の各問いに答えよ。ただし、硝酸ナトリウムの水への溶解度は、40°Cで 105 である。

a. 40°Cの水 100g に硝酸ナトリウムは何 g まで溶けるか。

b. 40°Cの水 80g に硝酸ナトリウムは何 g まで溶けるか。

◇ 基本問題

2. 同位体と原子量：天然の塩素は、 ^{35}Cl および ^{37}Cl の 2 種類の同位体からなり、その原子量は 35.5 である。また、 ^{35}Cl および ^{37}Cl の相対質量は、35.0 および 37.0 である。次の各問いに答えよ。

(1) ^{35}Cl の天然存在比は何%か。

(2) 天然に存在する塩素分子 Cl_2 には、質量の異なるものが何種類存在するか。

3. 分子量と質量：次の各問いに答えよ。

(1) 0.25mol の尿素 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ は何 g か。また、この中に含まれる窒素原子 N の質量は、尿素的質量の何%か。

(2) 3.2g の酸素 O_2 は、標準状態で何 L の体積を占めるか。

(3) 分子量 M の気体の標準状態における密度 [g/L] を M を用いて表せ。

4. 結晶の析出：硝酸ナトリウムの水への溶解度は、80°Cで 148、20°Cで 88 である。次の各問いに整数値で答えよ。

(1) 80°Cにおける硝酸ナトリウム飽和水溶液 100g には、硝酸ナトリウムが何 g 溶けているか。

(2) この水溶液を 20°Cまで冷却すると、硝酸ナトリウムが何 g 析出するか。

5. 原子の相対質量：原子の相対質量は、質量数 12 の炭素原子 ^{12}C を基準とし、その質量を 12 としたときの相対値で表される。次の問いに答えよ。

(1) ^{12}C 1 個の質量は $2.0 \times 10^{-23}\text{g}$ 、ベリリウム原子 1 個の質量は $1.5 \times 10^{-23}\text{g}$ である。ベリリウム原子の相対質量はいくらか。

(2) アルミニウム原子 ^{27}Al の相対質量は 27 である。アルミニウム原子 1 個の質量は、 ^{12}C 1 個の質量の何倍か。

6. 同位体と原子量：次の各問いに答えよ。ただし、質量数＝総体質量とする。

(1) 銅には ^{63}Cu が 69.2%、 ^{65}Cu が 30.8% 含まれている。銅の原子量はいくらか。

(2) 銀は ^{107}Ag と ^{108}Ag からなっており、銀の原子量は 107.9 である。銀原子 1000 個中には ^{107}Ag が何個存在しているか。整数値で答えよ。

7. 分子量・式量：次の (1)～(6) の分子量または式量を求めよ。

- (1) 窒素 N_2 (2) 塩化水素 HCl (3) 硫化水素 H_2S (4) 硫酸イオン SO_4^{2-}
(5) 炭酸水素イオン HCO_3^{2-} (6) 硫酸銅(Ⅱ)五水和物 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

8. 物質質量：次の表中の(ア)～(サ)に適切な化学式、または数値を入れよ。

物質	化学式	物質質量 (mol)	質量 (g)	粒子数 (個)	標準状態の体積 (L)
ネオン	(ア)	0.50	(イ)	(ウ)	(エ)
カルシウムイオン	(オ)	(カ)	(キ)	1.2×10^{23}	—
二酸化炭素	(ク)	(ケ)	6.6	(コ)	(サ)

9. 分子量・式量と物質質量：次の各問いに答えよ。

(1) 3.2g のメタノール CH_4O に含まれる水素原子の物質質量は何 mol か。また、その質量は何 g か。

(2) 0.50mol の硝酸マグネシウム $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ に含まれる硝酸イオンは何 mol か。また、酸素原子は何 g か。

(3) グルコース $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 中において、炭素原子は質量で何 g を占めるか。

(4) ある金属 M の酸化物 MO_2 17.4g を還元すると、M の単体が 11.0g 得られた。金属 M の原子量を求めよ。

10. 気体の体積と物質質量：気体はすべて標準状態として、次の各問いに答えよ。

(1) 0.25mol のメタン分子 CH_4 の質量 (g) および体積 (L) を、それぞれ求めよ。

- (2) 8.40L の窒素 N_2 と 5.60L の酸素 O_2 を混合すると、質量は何 g になるか。
- (3) 標準状態において、密度が 1.34g/L である気体の分子量を求めよ。
- (4) 窒素と酸素の混合気体 5.6L 中には、何個の分子が存在するか。
- (5) 体積で水素 80%、酸素 20%が混合した混合気体の平均分子量を求めよ。

11. 質量パーセント濃度：次の各問いに答えよ。

- (1) 尿素 5.0g を水 45g に溶かした水溶液の質量パーセント濃度はいくらか。
- (2) 10%の塩化ナトリウム水溶液 180g と 20%の塩化ナトリウム水溶液 120g を混合した水溶液の質量パーセント濃度は何%か。

12. モル濃度：次の各問いに答えよ。

- (1) 9.0g のグルコース $C_6H_{12}O_6$ を水に溶かして 200mL にした水溶液は何 mol/L か。
- (2) 0.25mol/L の水酸化ナトリウム NaOH 水溶液 200mL 中に、NaOH は何 mol 含まれるか。また、含まれる NaOH の質量は何 g か。
- (3) 0.10mol/L の硫酸水溶液 100mL と 0.30mol/L の硫酸水溶液 300mL を混合した水溶液 400mL のモル濃度は何 mol/L か。

13. 濃度の変換：次の各問いに答えよ。

- (1) 0.20mol/L 硫酸水溶液（密度 1.05g/cm³）の質量パーセント濃度は何%か。
- (2) 10%硫酸水溶液を用いて、0.50mol/L の水溶液を 100mL つくりたい。10%硫酸水溶液は何 g 必要か。

14. 物質と文字式：アボガドロ定数を N_A (/mol) として、次の各問いに答えよ。

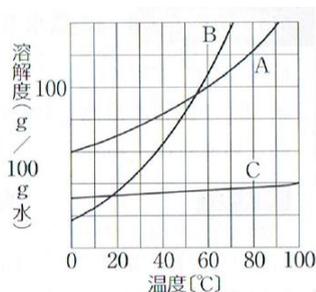
- (1) 密度 (g/cm³) の、ある金属 1cm³ 中には n 個の原子が含まれていた。この金属の原子量を求めよ。
- (2) 分子量 M の気体の質量が w (g) であるとき、この気体の標準状態における体積は何 L か。また、この気体の分子数は何個か。
- (3) 分子量 M の物質 w (g) を水に溶解させて体積を v (mL) とした。この水溶液のモル濃度 (mol/L) はいくらか。
- (4) 分子量 M の物質を水に溶解させ、質量パーセント濃度 C (%)、密度 (g/cm³) の水溶液を得た。この水溶液のモル濃度 (mol/L) を求めよ。

15. 物質の溶解性：次の①～⑥の記述のうちから、正しいものを3つ選べ。

- ① 塩化ナトリウム NaCl が水に溶けると、ナトリウムイオン，塩化物イオンは水分子と水和する。
- ② エタノール C₂H₅OH が水に溶けるのは、電離してイオンを生じるためである。
- ③ ヨウ素 I₂ は水に溶けにくい、ヘキサンにはよく溶ける。
- ④ 塩化水素 HCl は分子性物質なので、水溶液は非電解質溶液である。
- ⑤ スクロース C₁₂H₂₂O₁₁ は分子性物質なので、水に溶けても水和は起こらない。
- ⑥ エタノール C₂H₅OH は、水にもヘキサンにもよく溶ける。

16. 溶解度曲線：図は A, B, C の溶解度曲線である。次の各問いに答えよ。

- (1) 50g の水に 50g の物質 A を加えて加熱した。A が完全に溶解する温度は何°Cか。
- (2) 10g の B を含む水溶液 50g がある。この水溶液を冷却したとき、何°Cで結晶が析出するか。
- (3) 物質 A, B, C のうち、再結晶で物質を精製する場合、この方法が適さないのはどれか。



17. 溶解度：表は硝酸カリウムの溶解度 (g/100g の水) を表したものである。次の各問いに答えよ。

- (1) 30°Cにおける硝酸カリウムの飽和溶液の濃度は何%か。
- (2) 50°Cにおける硝酸カリウムの飽和溶液 70g から水を完全に蒸発させると、何 g の結晶が得られるか。
- (3) 70°Cにおける硝酸カリウムの飽和溶液 100g を 30°C

硝酸カリウムの溶解度

温度 (°C)	30	50	70
溶解度	45	85	135

- に冷却すると、何 g の結晶が得られるか。
- (4) 50°Cにおける硝酸カリウムの飽和溶液 200g から水 50g を蒸発させたのち、30°Cまで冷却すると、何 g の結晶が得られるか。

◇ 発展問題

18. 溶液の調製：0.10mol/L の硫酸銅(II)水溶液 100mL を調整したい。次の本文中の空欄 (ア) に適当な数値、(イ) に適当な語句を記せ。

硫酸銅(II)五水和物 CuSO₄·5H₂O を天びんで (ア) g はかり取り、ビーカー内の少量の純水に溶かし、100mL メスフラスコに移した。ビーカー内を少量の純水で洗い、この液も同じ 100mL のメスフラスコに移した。(イ) まで純水を加えたのち、栓をしてよく振り混ぜた。

19. 結晶水を含む決結晶の析出 :硫酸銅(Ⅱ) CuSO_4 の水への溶解度は、 60°C で 40 , 20°C で 20 である。 60°C における硫酸銅(Ⅱ)の飽和溶液 150g を 20°C に冷却すると、硫酸銅(Ⅱ)五水和物 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ の結晶が何 g 析出するか。ただし、 CuSO_4 の式量を 160 とする。

20. 同位体と原子量 : 各原子の相対質量は、その質量数に等しいものとして、次の各問いに答えよ。

(1) 天然の銅は、 ^{63}Cu と ^{65}Cu の同位体が、ある一定の比率で混じり合っている。銅の原子量を 63.5 として、各同位体の天然存在比(%)を有効数字 2 桁で求めよ。

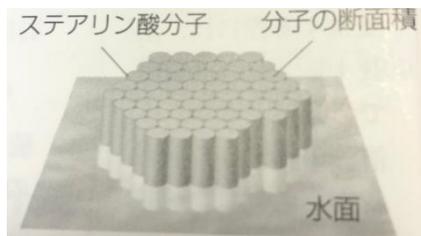
(2) 天然の同位体比の原子で構成された、硝酸銀 AgNO_3 水溶液と臭化ナトリウム NaBr 水溶液がある。これらを混合し、臭化銀 AgBr を沈殿させた。沈殿した臭化銀の「質量」分布を表にならって示せ。ただし、Na には同位体がなく ^{23}Na のみが存在し、Br と Ag の各同位体の天然存在比は、

それぞれ $^{79}\text{Br} : ^{81}\text{Br} = 50 : 50$, $^{107}\text{Ag} : ^{109}\text{Ag} = 50 : 50$ とする。また、イオン結晶の「質量」とは、その組成式を構成する各原子の相対質量の和とする。

NaBr の「質量」分布

「質量」	存在比[%]
102	50
104	50

21. アボガドロ定数 : 分子量 M のステアリン酸 $w(\text{g})$ を有機溶媒に溶かし、全体積を 100mL にした。この溶液 $v(\text{mL})$ を静かに水面に滴下し、溶媒を蒸発させて図のような単分子膜を形成させた。この面積を測定すると、 $S_1(\text{cm}^2)$ であった。次の各問いに、文字式で答えよ。



- (1) 単分子膜を形成したステアリン酸の物質量は何 mol か。
- (2) ステアリン酸分子の断面積が $S_0(\text{cm}^2)$ のとき、単分子膜中の分子数は何個か。
- (3) この実験から求められるアボガドロ定数(単位は/mol)の値はいくらか。
- (4) 単分子膜の密度を $d(\text{g}/\text{cm}^3)$ とすると、ステアリン酸分子の長さは何 cm か。

22. 金属の原子量 : 次の各問いに答えよ。

(1) 金属 M の塩化物は水和物 $\text{MCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ を形成する。この水和物 422mg を加熱して無水物 MCl_2 にすると、質量は 333mg に減少した。金属 M の原子量を求めよ。

(2) A(g)の金属 X を空気中で燃焼させたところ、B(g)の X_3O_4 の化学式で表される酸化物が生成した。金属 X の原子量を A と B を用いて表せ。

23. 溶液の調製 : 0.100mol/L のシュウ酸水溶液のつくり方として正しいものを、次の①～⑥から選べ。ただし、シュウ酸の結晶は $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ で表される。

- ① シュウ酸の結晶 9.00g を 1000mL の水に溶かす。
- ② シュウ酸の結晶 9.00g を水に溶かして 1000mL にする。
- ③ シュウ酸の結晶 9.00g を 991.0g の水に溶かす。
- ④ シュウ酸の結晶 12.6g を 1000mL の水に溶かす。
- ⑤ シュウ酸の結晶 12.6g を水に溶かして 1000mL にする。
- ⑥ シュウ酸の結晶 9.00g を 987.4g の水に溶かす。

24. 溶液の濃度 : 密度 $1.20\text{g}/\text{cm}^3$ の希硫酸(A とする)の質量パーセント濃度は 21.0% である。次の各問いに答えよ。

- (1) 希硫酸 A のモル濃度は何 mol/L か。
- (2) 2.00mol/L の希硫酸 51.4mL をつくるのに必要な希硫酸 A の体積は何 mL か。
- (3) 希硫酸 A に水を加えて、質量パーセント濃度が 7.00% の水溶液 600g をつくりたい。使用する A および加える水の質量は、それぞれ何 g か。

25. 硫酸銅(Ⅱ)五水和物の析出量 : 硫酸銅(Ⅱ) CuSO_4 の飽和水溶液の質量パーセント濃度は、 10°C で 14.5% であり、 60°C では 28.5% である。 60°C の硫酸銅(Ⅱ)飽和水溶液 200g を 10°C まで冷却すると、硫酸銅(Ⅱ)五水和物 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ は最大何 g 析出するか。ただし、化合物の式量を $\text{CuSO}_4 = 160$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = 250$ とする。

解答

1. (1) ア 炭素 イ 相対質量 ウ 天然存在比 エ 原子量 (2) オ 分子量 カ 式量
(3) キ アボガドロ定数 (4) ク モル質量 ケ g/mol (5) コ 質量パーセント濃度
サ モル濃度 (6) シ 溶解度 (7) a 2.0 b 4.0 c 18 d 16 (8) a 27 b 17 c 62 d 56
e 111 f 160 (9) a 0.50mol b 10mol c 2.5mol (10) a 9.0×10^{23} 個 b 1.8×10^{22} 個
c 2.4×10^{23} 個 (11) a 2.0g b 2.5×10^2 g c 0.25mol d 1.5mol (12) a 1.2×10^{24} 個
b 1.5×10^{23} 個 c 9.6×10^{24} 個 (13) a 0.500mol b 0.25mol c 56L d 6.72L e 7.00mol
(14) a ○ b × c × d ○ e ○ f × (15) a 20% b 10g c 2.0mol/L
d 1.0×10^{-2} mol (16) a 105g b 84g

2. (1) 75.0% (2) 3 種類

3. (1) 47% (2) 2.2L (3) $\frac{M}{22.4}$ [g/L]

4. (1) 60g (2) 24g

5. (1) 9.0 (2) 2.3 倍

6. (1) 63.6 (2) 550 個

7. (1) 28 (2) 36.5 (3) 34 (4) 96 (5) 61 (6) 250

8. ア Ne イ 10 ウ 3.0×10^{23} エ 11 オ Ca^{2+} カ 0.20 キ 8.0 ク CO_2
ケ 0.15 コ 9.0×10^{22} サ 3.4

9. (1) 0.40mol, 0.40g (2) 1.0mol, 48g (3) 40% (4) 55

10. (1) 4.0g, 5.6L (2) 18.5g (3) 30.0 (4) 1.5×10^{23} 個 (5) 8.0

11. (1) 10% (2) 14%

12. (1) 0.25mol/L (2) 0.050mol, 2.0g (3) 0.25mol/L

13. (1) 1.9% (2) 49g

14. (1) $\frac{dN_A}{n}$ (2) $\frac{22.4w}{M}$ (L), $\frac{wN_A}{M}$ 個 (3) $\frac{1000w}{Mv}$ (mol/L) (4) $\frac{10Cd}{M}$ (mol/L)

15. ①, ③, ⑥

16. (1) 60°C (2) 10°C (3) C

17. (1) 31% (2) 32g (3) 38g (4) 66g

18. ア 2.5 イ 標線

19. 38g

20. (1) ^{63}Cu : 75%, ^{65}Cu : 25% (2) 略

21. (1) $\frac{vw}{100M}$ (mol) (2) $\frac{S_1}{S_0}$ 個 (3) $\frac{100MS_1}{vwS_0}$ (/mol) (4) $\frac{vw}{100dS_1}$ (cm)

22. (1) 64 (2) $\frac{64A}{3(B-A)}$

23. ⑤

24. 56.6g

25. 1.3×10^2