

4 物質質量

1 原子量・分子量・式量

- 原子の相対質量** 炭素原子 ^{12}C の質量を12とし、各原子の質量を相対的に表した値。
- 原子量** 同位体の相対質量と天然存在比から求めた、元素ごとの相対質量の平均値。同位体の存在しない元素の原子量は、原子の相対質量に一致する。
(例) $\text{H} = 1.0$, $\text{C} = 12$, $\text{N} = 14$, $\text{O} = 16$, $\text{Na} = 23$, $\text{Cl} = 35.5$, $\text{Ca} = 40$, $\text{Ag} = 108$
・塩素の原子量 塩素には、 ^{35}Cl と ^{37}Cl の2つの同位体がある。各同位体の相対質量は質量数にほぼ等しく、35.0、37.0である。

同位体	^{35}Cl	^{37}Cl
相対質量	35.0	37.0
天然存在比	75.8%	24.2%

$$\text{原子量} = 35.0 \times \frac{75.8}{100} + 37.0 \times \frac{24.2}{100} \div 35.5$$

- 分子量** 分子を構成するすべての元素の原子量の総和。

(例) $\text{O}_2 = 16 \times 2 = 32$, $\text{NH}_3 = 14 + 1.0 \times 3 = 17$, $\text{CO}_2 = 12 + 16 \times 2 = 44$

- 式量** イオンの化学式や組成式を構成するすべての元素の原子量の総和。

(例) $\text{H}^+ = 1.0$, $\text{CO}_3^{2-} = 12 + 16 \times 3 = 60$, $\text{CaCl}_2 = 40 + 35.5 \times 2 = 111$

2 物質質量

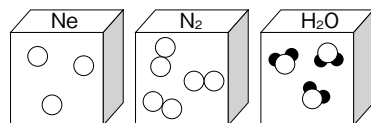
- 1 mol (モル)** 原子、分子、イオンなどの粒子の**アボガドロ数** 6.02×10^{23} 個の集団。また、各粒子の1 molの質量は原子量、分子量、式量の値にグラムをつけたものに相当する。物質1 molあたりの質量を**モル質量** $[\text{g/mol}]$ という。

原子量・分子量・式量	$\text{C} = 12$	$\text{NH}_3 = 17$	$\text{Ca}^{2+} = 40$	$\text{NaCl} = 58.5$
1 mol	原子Cが 6.02×10^{23} 個	分子 NH_3 が 6.02×10^{23} 個	イオン Ca^{2+} が 6.02×10^{23} 個	NaCl 単位が 6.02×10^{23} 個
(モル質量)	12g/mol	17g/mol	40g/mol	58.5g/mol

- アボガドロ定数** 物質1 molに含まれる粒子数で、 $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$ で表される。

3 1 molの気体

- アボガドロの法則** 気体では、**同温・同圧**のとき、**同体積中には同数の分子が含まれる**。例えば、 0°C , $1.013 \times 10^5 \text{Pa}$ (1 atm) のとき、気体22.4L中には 6.02×10^{23} 個の分子が含まれる。

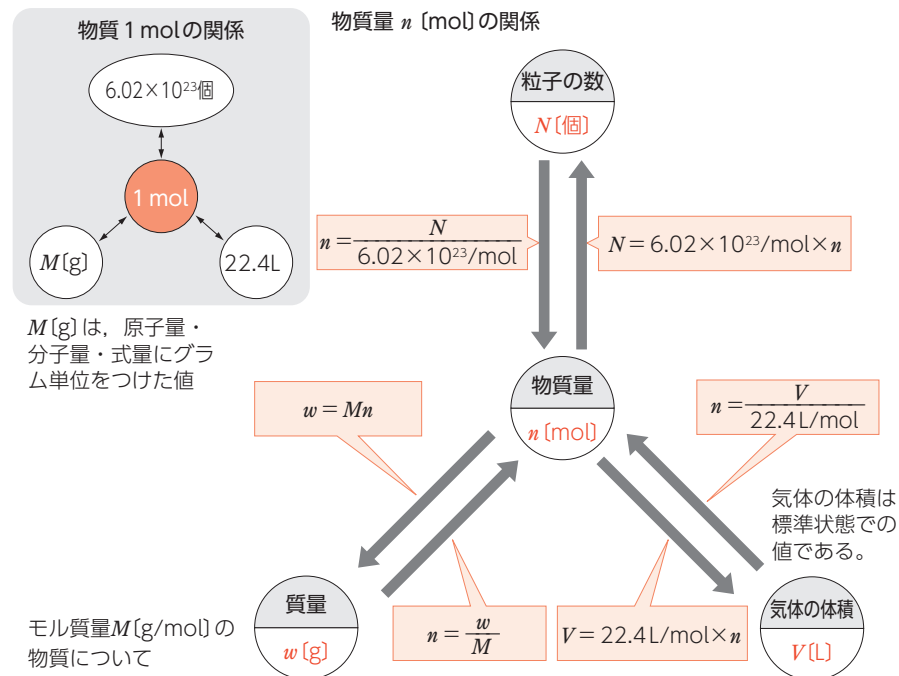


- 気体1 molの体積** 物質1 molの体積を**モル体積** $[\text{L/mol}]$ という。 0°C , $1.013 \times 10^5 \text{Pa}$ (1 atm) のとき、**すべての気体1 molは22.4Lの体積を占める**。 0°C , $1.013 \times 10^5 \text{Pa}$ の状態を**標準状態**ということもある。

同じ体積を占める気体 どのような気体でも同温・同圧下では同数の分子を含む。

4 物質質量と粒子の数・質量・気体の体積

粒子の数・質量・気体の体積のように、異なる単位に変換する場合は、一度、物質質量 $[\text{mol}]$ に変換した後、ほかの単位に変えるとよい。その関係を次に示す。



5 溶液の濃度

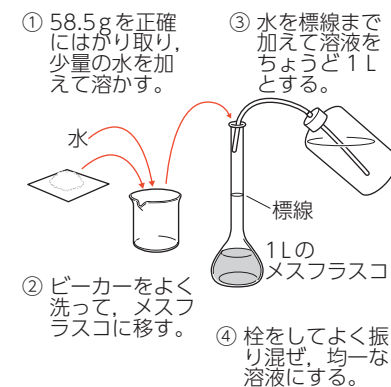
液体状態の均一な混合物を**溶液**，その中に溶けている物質を**溶質**，溶かしている液体を**溶媒**という。

- 質量パーセント濃度** 溶液の質量 $[\text{g}]$ に対する溶質の質量 $[\text{g}]$ の割合を、百分率で表した濃度。

$$\text{質量パーセント濃度} [\%] = \frac{\text{溶質の質量} [\text{g}]}{\text{溶液の質量} [\text{g}]} \times 100$$

- モル濃度** 溶液1 L中に含まれている溶質の量を、物質質量 $[\text{mol}]$ で表した濃度。

$$\text{モル濃度} [\text{mol/L}] = \frac{\text{溶質の物質質量} [\text{mol}]}{\text{溶液の体積} [\text{L}]}$$



(例) 1 mol/Lの塩化ナトリウム水溶液の調製

基礎チェック

- 1 次の文章中の()に適する語句や数値を入れよ。

原子の質量は極めて小さいので、基準の原子を定め、この原子の質量をもとに原子の(ア)で扱う。この基準の原子として、質量数(イ)の(ウ)原子が用いられる。同位体の相対質量と天然の存在比から求めた平均値を元素の(エ)という。分子を構成しているすべての元素の原子量の総和を(オ)といい、組成式やイオンの化学式を構成しているすべての元素の原子量の総和を(カ)という。

1
ア…相対質量
イ…12
ウ…炭素
エ…原子量
オ…分子量
カ…式量

- 2 次の各物質の分子量または式量を計算せよ。

H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23, S = 32, Cl = 35.5

- (1) CO₂ (2) H₂SO₄ (3) NaCl (4) Na⁺ (5) OH⁻
(6) NH₄⁺

2
(1) 44 (2) 98
(3) 58.5 (4) 23
(5) 17 (6) 18

- 3 次の文章中の()に適する語句や数値を入れよ。

原子・分子・イオンなどの粒子の(ア)個の集団を1 mol といい、粒子の数を mol の単位で表したものを(イ)という。分子量18の水分子1 molの質量は(ウ)gである。0℃, 1.013×10⁵Paの状態では、気体1 molの体積は、気体の種類によらず(エ)Lである。

3
ア…6.02×10²³
イ…物質
ウ…18
エ…22.4

例題 1 元素の原子量

天然のホウ素原子には¹⁰Bが19.9%, ¹¹Bが80.1%の割合で存在している。ホウ素の原子量を有効数字3桁で求めよ。ただし、各同位体の相対質量は、質量数に等しいものとする。

解説 同位体が存在しない(1種の原子しか存在しない)アルミニウムやナトリウムの原子量は、その相対質量に等しい。しかし、2種以上の同位体が存在する原子では、**原子量は同位体の相対質量と天然存在比を用いて求められた平均値**である。

したがって、**原子量 = (相対質量 × 天然存在比) の和**より、

ホウ素の原子量 = ¹⁰Bの相対質量 × 天然存在比 + ¹¹Bの相対質量 × 天然存在比
と計算できる。同位体の相対質量が与えられていないときには、相対質量は質量数にほぼ等しいと考えてよい。したがって、ホウ素の原子量は、

$$\text{原子量} = 10 \times \frac{19.9}{100} + 11 \times \frac{80.1}{100} = 10.801 \approx 10.8$$

解答 10.8

例題 2 物質質量

アンモニア分子NH₃について、次の各問いに答えよ。

原子量: H = 1.0, N = 14, O = 16 アボガドロ定数: 6.0 × 10²³/mol

- (1) アンモニア 0.50 molの質量は何gか。
- (2) 5.1 gのアンモニアの物質質量は何molか。また、それは標準状態で何Lか。
- (3) 3.4 gのアンモニアの物質質量は何molか。また、それには何個のアンモニア分子が含まれるか。
- (4) 標準状態で2.24 Lを占めるアンモニアの物質質量は何molか。また、このアンモニア中には何molの水素原子が含まれるか。
- (5) 標準状態で5.6 Lを占めるアンモニアがある。これと同じ体積を占める酸素の質量は何gか。

解説 (1) 分子量にgをつけると1 molの質量になる。

NH₃ = 17 (モル質量は17 g/mol)なので、0.50 molの質量は、**質量 = モル質量 × 物質質量**より、

$$17 \text{ g/mol} \times 0.50 \text{ mol} = 8.5 \text{ g}$$

- (2) 5.1 gのアンモニアの物質質量は、

$$\text{物質質量} = \frac{\text{質量}}{\text{モル質量}} \text{より, } \frac{5.1 \text{ g}}{17 \text{ g/mol}} = 0.30 \text{ mol}$$

1 molの気体は標準状態で22.4 Lなので、0.30 mol

の体積は、**体積 = モル体積 × 物質質量**より、22.4 L/mol × 0.30 mol = 6.72 L ≈ 6.7 L

- (3) 3.4 gのアンモニアの物質質量は、**物質質量 = \frac{質量}{モル質量}**より、 $\frac{3.4 \text{ g}}{17 \text{ g/mol}} = 0.20 \text{ mol}$

そこに含まれるアンモニア分子は、**粒子数 = アボガドロ定数 × 物質質量**より、
6.0 × 10²³/mol × 0.20 mol = 1.2 × 10²³

- (4) 標準状態で2.24 Lのアンモニアの物質質量は、**物質質量 = \frac{体積}{モル体積}**より、

$$\frac{2.24 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = 0.100 \text{ mol}$$

そこに含まれる水素原子Hは、分子式NH₃から、アンモニア分子の物質質量の3倍であるから、0.100 mol × 3 = 0.300 mol

- (5) 標準状態では1 molの気体は22.4 Lを占め、その中に含まれる粒子の数は等しい。また、標準状態で同じ体積を占める気体中には、同じ数の粒子を含み、その物質質量は等しい。5.6 Lを占めるアンモニアの物質質量は、**物質質量 = \frac{体積}{モル体積}**より、 $\frac{5.6 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = 0.25 \text{ mol}$

標準状態で同じ体積5.6 Lを占めるなら、アンモニアと酸素の物質質量は等しい。この物質質量をもつ酸素の質量は、O₂ = 32 (モル質量は32 g/mol)なので、**質量 = モル質量 × 物質質量**より、
32 g/mol × 0.25 mol = 8.0 g

解答 (1) 8.5 g (2) 0.30 mol, 6.7 L (3) 0.20 mol, 1.2 × 10²³個
(4) 0.100 mol, 0.300 mol (5) 8.0 g

物質質量の計算

1 molにおける粒子の数、質量、気体の体積を基準とする。
物質質量 (1 mol)
↔ 粒子の数 (6.0 × 10²³ 個)
↔ 質量 (分子量 g, 式量 g)
↔ 気体の体積 (22.4 L, 標準状態)

基本問題

原子量：H = 1.0, He = 4.0, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23, S = 32, Cl = 35.5, Ar = 40, Ca = 40

アボガド定数： $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$

□56 原子量 次の各問いに答えよ。相対質量： $^{12}\text{C} = 12$

- (1) ある原子1個の質量は、 ^{12}C 原子1個の質量の7.1倍であった。この原子の相対質量として最も適切なものを選び、記号で答えよ。
(ア) 7.1 (イ) 21 (ウ) 43 (エ) 57 (オ) 85
- (2) アルミニウム原子1個の質量は、 $4.5 \times 10^{-23} \text{g}$ である。アルミニウムの原子量を求めよ。

□57 同位体と原子量 次の文章を読み、あとの各問いに答えよ。

同位体を含む元素の原子量は、同位体の相対質量と天然存在比に基づく平均値で表される。例えば、リチウム原子には、 ^6Li が7.0%、 ^7Li が93%の割合で存在している。各同位体の相対質量がその同位体の質量数に等しいとすれば、 ^6Li の相対質量は(ア)、 ^7Li の相対質量は(イ)となるので、天然存在比に基づく平均値は、次のように計算される。

$$\text{原子量} = (\text{ア}) \times \frac{(\text{ウ})}{100} + (\text{イ}) \times \frac{(\text{エ})}{100} = (\text{オ})$$

- (1) 文章中の()に適する数値を入れよ。
- (2) 天然の塩素は ^{35}Cl と ^{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。 ^{35}Cl の存在率は何%か。ただし、相対質量を $^{35}\text{Cl} = 35.0$ 、 $^{37}\text{Cl} = 37.0$ とする。

□58 物質質量 次の表の空欄(ア)~(ソ)に適する記号や数値を入れよ。

	化学式	物質質量 [mol]	質量 [g]	粒子の数 [個]	標準状態での体積 [L]
ヘリウム	(ア)	0.50	(イ)	(ウ)	(エ)
ナトリウムイオン	(オ)	(カ)	(キ)	1.2×10^{23}	(ク)
塩化水素	(コ)	(ケ)	73	(コ)	
二酸化炭素	(シ)	(ス)	(セ)	(ソ)	5.6

□59 化合物中の原子・イオンの物質質量 次の各問いに答えよ。

- (1) 二酸化炭素 CO_2 1.0 mol には何個の酸素原子Oが含まれているか。
- (2) 標準状態のアンモニア NH_3 11.2 L 中には何個の水素原子Hが含まれているか。
- (3) メタン CH_4 1.6 g 中に含まれる原子の総数は何個か。
- (4) プロパン C_3H_8 分子1個の質量は何gか。
- (5) 酸化アルミニウム Al_2O_3 2.0 mol 中には何molのイオンが含まれているか。
- (6) 塩化カルシウム CaCl_2 1.11 g に含まれる塩化物イオン Cl^- は何molか。

□60 気体の分子量 次の(1)、(2)にあてはまる気体を下の(ア)~(オ)から選べ。

- (1) 標準状態で2.8 L を占める気体の質量が2.0 g である気体
- (2) 標準状態における密度が1.25 g/L である気体
(ア) He (イ) N_2 (ウ) O_2 (エ) Cl_2 (オ) CH_4

□61 空気平均分子量 空気は窒素と酸素とから構成されるとして、次の各問いに答えよ。

- (1) 空気を体積の比が窒素：酸素 = 4.0 : 1.0 の混合気体であるとして、空気の平均分子量を求めよ。
- (2) 同温・同圧・同体積で空気の1.6倍の質量を示す気体の分子量を求めよ。
- (3) 標準状態で、空気より密度の小さい気体を選び、記号で答えよ。
(ア) N_2 (イ) O_2 (ウ) NO_2 (エ) CO_2 (オ) Ar

実験

□62 濃度 次の各問いに答えよ。

- (1) グルコース 5.0 g を水 45 g に溶かした水溶液の質量パーセント濃度は何%か。
- (2) スクロース 0.010 mol を水に溶かして 100 mL にした水溶液のモル濃度は何 mol/L か。
- (3) 水酸化ナトリウム 2.0 g を水に溶かして 250 mL にした水溶液のモル濃度は何 mol/L か。
- (4) 0.50 mol/L の硫酸 400 mL に含まれる溶質としての H_2SO_4 は何 mol か。
- (5) 0.40 mol/L の塩化ナトリウム水溶液を 500 mL つくるためには、塩化ナトリウムは何g必要か。
- (6) 5.00 mol/L の硫酸を薄めて 0.200 mol/L の硫酸を 3.00 L つくるには、5.00 mol/L の硫酸は何mL必要か。
- (7) 0.50 mol/L の塩酸 200 mL と 0.20 mol/L の塩酸 300 mL を混合し、500 mL の塩酸とした。混合後の塩酸のモル濃度は何 mol/L か。
- (8) 水 80 g に塩化ナトリウム 20 g を溶かした水溶液の密度は、1.15 g/cm³ となる。この水溶液のモル濃度は何 mol/L か。

実験

□63 溶液の調製 0.50 mol/L のシュウ酸 $(\text{COOH})_2$ 水溶液を 1 L つくるのに最も適切な方法を選び、記号で答えよ。ただし、シュウ酸の結晶は $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ である。

- (ア) 45 g のシュウ酸の結晶を水 955 g に溶かす。
- (イ) 45 g のシュウ酸の結晶を水 1 L に溶かす。
- (ウ) 45 g のシュウ酸の結晶を水に溶かして 1 L の溶液にする。
- (エ) 63 g のシュウ酸の結晶を水 937 g に溶かす。
- (オ) 63 g のシュウ酸の結晶を水 1 L に溶かす。
- (カ) 63 g のシュウ酸の結晶を水に溶かして 1 L の溶液にする。

応用問題

原子量 : H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, S = 32, Cl = 35.5
アボガドロ定数 : $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$

重要

- 64 酸化物の化学式 金属元素Mの原子量は150で、その25gは酸素4gと化合して酸化物を生じる。この酸化物の化学式として考えられるものを選び、記号で答えよ。
(ア) M_2O (イ) MO (ウ) M_2O_3 (エ) MO_2 (オ) M_2O_5 (カ) MO_3 (芝浦工大)

- 65 物質量 次のA項に定義された記号およびB項で与えられた記号を用いて、(1)~(5)に該当する数値を求める式を記せ。

[A] M : 分子量 A : 原子量 N : アボガドロ数

V : 標準状態での1 molの気体の体積[L]

[B] (1) 原子1個の質量[g]

(2) 気体 $m[\text{g}]$ 中の分子の数[個]

(3) 標準状態における気体 $v[\text{L}]$ の質量[g]

(4) 標準状態における密度 $D[\text{g/L}]$ の気体の分子量

(5) 標準状態における気体 $m[\text{g}]$ の体積[L]

- 66 水素原子の数 (a)アンモニア NH_3 , (b)メタン CH_4 , (c)エタン C_2H_6 の3種類の気体がある。次の(1), (2)にあてはまるものを下から選び、記号で答えよ。

(1) 標準状態で1 Lの気体に含まれる水素原子の数の大小の順序。

(2) 1 gの気体に含まれる水素原子の数の大小の順序。

(ア) (a) > (b) > (c) (イ) (a) > (c) > (b) (ウ) (b) > (a) > (c)

(エ) (b) > (c) > (a) (オ) (c) > (a) > (b) (カ) (c) > (b) > (a)

- 67 気体の質量と分子の数 次の(1), (2)にあてはまる気体を下から選び、記号で答えよ。

(1) 同温、同圧で同体積とったとき、質量が最も大きいもの。

(2) 1 gずつとったとき、その中に含まれる分子の数が最も多いもの。

(ア) 窒素 (イ) 酸素 (ウ) 二酸化炭素 (エ) 塩化水素 (オ) アンモニア
(東京薬科大)

- 68 アボガドロ数 次の記述の下線部が誤りならば、下の(ア)~(カ)から正しい値を選べ。誤りがなければ、(ハ)と答えよ。なお、Nはアボガドロ数である。

(1) ヘリウム1 mol中のヘリウム原子の数は4N個である。

(2) 窒素ガス1 mol中の窒素原子の数は2N個である。

(3) 水素ガス1 g中の水素分子の数はN個である。

(4) リチウムイオン1 mol中の電子の数は3N個である。

(5) 水 H_2O 1 mol中に存在する電子の数は8N個である。

(ア) $0.5N$ (イ) N (ウ) $2N$ (エ) $4N$ (オ) $8N$ (カ) $10N$ (福井大)

重要 実験

- 69 アボガドロ定数の確認

ステアリン酸をヘキサンに溶かした溶液を図1のように水槽の水面にゆっくり滴下し、ヘキサンを蒸発させていくと、図2のように単分子膜として並ぶ。



図1 ステアリン酸のヘキサン溶液を水面に滴下する図

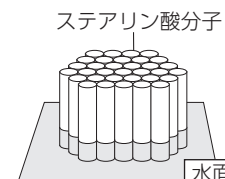


図2 ステアリン酸の単分子膜の模式図

質量0.0160 gのステアリン酸をヘキサンに溶かして体積100 mLの溶液とし、その溶液を体積0.620 mLだけ滴下したときに、水面いっぱいに広がった単分子膜が形成された。

分子間のすきまを無視し、水面の面積を $4.52 \times 10^2 \text{ cm}^2$ 、ステアリン酸1分子あたりの水面での占有面積を $2.05 \times 10^{-15} \text{ cm}^2$ 、ステアリン酸のモル質量を 284 g/mol として、アボガドロ定数 N_A を計算で求めるといくらになるか。 (東京農工大 改)

化学

- 70 金属の結晶格子とアボガドロ定数 ナトリウムの結晶

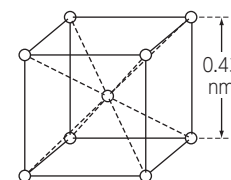
構造は、右図のような体心立方格子である。

$\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$

(1) 単位格子中には何個の原子が含まれるか。

(2) ナトリウムの単位格子の1辺の長さを 0.43 nm とすると、ナトリウム原子の半径はいくらになるか。

(3) ナトリウムの結晶の密度を 0.97 g/cm^3 、アボガドロ定数を $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$ とすると、ナトリウムの原子量はいくらになるか。



実験 論述

- 71 溶液の濃度 次の各問いに答えよ。ただし、計算結果は、(1)~(3)は有効数字2桁で、(4)は1の位まで答えよ。また、純水の密度を 1.00 g/cm^3 とする。

(1) 濃度が 18 mol/L の濃硫酸がある。その密度は 1.84 g/cm^3 である。この濃硫酸1000 mLの質量を求めよ。

(2) この濃硫酸1000 mL中に含まれる硫酸の質量を求めよ。

(3) この濃硫酸の質量パーセント濃度を求めよ。

(4) この濃硫酸を用いて、質量パーセント濃度が5.0%の希硫酸を500 gつくりたい。

① 濃硫酸と純水をそれぞれ何 mL ずつ混合すればよいか。

② 5.0%の希硫酸を調製する際の希釈方法として正しいものを選び、記号で答えよ。

(ア) 濃硫酸をビーカーに取り、よくかき混ぜながら純水を少量ずつ加える。

(イ) 純水をビーカーに取り、よくかき混ぜながら濃硫酸を少量ずつ加える。

(ウ) (ア), (イ)のどちらでもよい。

③ ②で解答した希釈方法を選んだ理由を簡単に述べよ。 (山形大 改)

原子量 : H = 1.0, He = 4.0, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23, Al = 27, S = 32, Cl = 35.5,
Ca = 40, Cu = 64

アボガドロ定数 : $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$ 気体の体積は標準状態での値とする。

1 mol の物質は以下の 3 つの量をもつ。

- ① 質量は, 原子量, 分子量, 式量に [g] をつけた値
- ② 気体の体積は, 気体の種類によらず, 標準状態で 22.4 L
- ③ 粒子の数は 6.0×10^{23} 個

これらを, 比例関係を用いて質量, 気体の体積, 粒子の数の単位に変換する。

□ 1 [分子量] 次の分子量を計算せよ。

- | | | |
|--------------------------------|----------------------------------|---|
| (1) 酸素 O_2 | (2) 窒素 N_2 | (3) 水 H_2O |
| (4) 塩化水素 HCl | (5) アンモニア NH_3 | (6) 二酸化炭素 CO_2 |
| (7) 硫酸 H_2SO_4 | (8) メタノール CH_3OH | (9) グルコース $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ |

□ 2 [式量] 次の式量を計算せよ。

- | | |
|---|--|
| (1) 塩化ナトリウム NaCl | (2) 水酸化ナトリウム NaOH |
| (3) 塩化カルシウム CaCl_2 | (4) 炭酸カルシウム CaCO_3 |
| (5) 硫酸アンモニウム $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | (6) 水酸化カルシウム $\text{Ca}(\text{OH})_2$ |
| (7) 硝酸アルミニウム $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ | (8) 硫酸銅(Ⅱ)五水和物 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ |
| (9) 塩化物イオン Cl^- | (10) 水酸化物イオン OH^- |

□ 3 [質量・体積・粒子の数から物質量へ] 次の物質量を求めよ。

- | | |
|---|---|
| (1) 水 H_2O 36 g は何 mol か。 | (2) 水素 H_2 4.0 g は何 mol か。 |
| (3) 塩化ナトリウム NaCl 11.7 g は何 mol か。 | (4) 硫酸 H_2SO_4 49 g は何 mol か。 |
| (5) メタン CH_4 11.2 L は何 mol か。 | (6) アンモニア NH_3 56 L は何 mol か。 |
| (7) 二酸化炭素 CO_2 5.6 L は何 mol か。 | |
| (8) アルミニウム原子 Al 3.0×10^{23} 個は何 mol か。 | |
| (9) アンモニア分子 NH_3 3.0×10^{24} 個は何 mol か。 | |
| (10) 塩化物イオン Cl^- 1.2×10^{23} 個は何 mol か。 | |

□ 4 [物質量から質量・体積・粒子の数へ] 次の計算をせよ。

- (1) 酸素 O_2 0.50 mol は何 g か。
- (2) 二酸化炭素 CO_2 2.0 mol は何 g か。
- (3) 水酸化ナトリウム NaOH 0.40 mol は何 g か。
- (4) アンモニウムイオン NH_4^+ 0.30 mol は何 g か。
- (5) 硫化物イオン S^{2-} 0.50 mol は何 g か。

- (6) プロパン C_3H_8 0.500 mol は何 L か。
- (7) 水素 H_2 2.00 mol は何 L か。
- (8) 塩化水素 HCl 0.200 mol は何 L か。
- (9) 窒素 N_2 5.0 mol 中には, 何個の窒素分子が含まれるか。
- (10) 酢酸 CH_3COOH 0.020 mol 中には, 何個の酢酸分子が含まれるか。

□ 5 [質量・体積・粒子の数の単位の変換] 次の計算をせよ。

- (1) 水 H_2O 180 g 中に含まれる水分子は何個か。
- (2) アルミニウムイオン Al^{3+} 9.0 g に含まれるイオンは何個か。
- (3) 窒素分子 N_2 3.0×10^{22} 個は何 g か。
- (4) 硫化物イオン S^{2-} 6.0×10^{22} 個は何 g か。
- (5) 二酸化炭素 CO_2 5.6 L は何 g か。
- (6) ヘリウム He 44.8 L は何 g か。
- (7) 水素 H_2 1.0 g の体積は何 L か。
- (8) ヘリウム 1.0 g の体積は何 L か。
- (9) メタン分子 CH_4 1.2×10^{24} 個の体積は何 L か。
- (10) 酸素分子 O_2 6.0×10^{22} 個の体積は何 L か。
- (11) 塩化水素 HCl 2.8 L 中に塩化水素分子は何個含まれるか。
- (12) アンモニア NH_3 224 L 中にアンモニア分子は何個含まれるか。

$$\text{モル濃度} [\text{mol/L}] = \frac{\text{溶質の物質量} [\text{mol}]}{\text{溶液の体積} [\text{L}]}$$

$$\Leftrightarrow \text{溶質の物質量} [\text{mol}] = \text{モル濃度} [\text{mol/L}] \times \text{溶液の体積} [\text{L}]$$

□ 6 [濃度] 次の各問いに答えよ。

- (1) 水 100 g に塩化ナトリウム NaCl 25 g を溶かしてつくった水溶液の質量パーセント濃度は何 % か。
- (2) 質量パーセント濃度が 5.0 % の水酸化ナトリウム NaOH の水溶液 200 g に含まれる水酸化ナトリウムの質量は何 g か。
- (3) 塩化ナトリウム 0.50 mol を水に溶かして 2.0 L にした水溶液のモル濃度は何 mol/L か。
- (4) スクロース $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ 2.0 mol を水に溶かして 500 mL にした水溶液のモル濃度は何 mol/L か。
- (5) 尿素 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 3.0 g を水に溶かして 200 mL にした水溶液のモル濃度は何 mol/L か。
- (6) 2.0 mol/L のグルコース $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 水溶液 3.0 L に含まれるグルコースは何 mol か。
- (7) 0.50 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 200 mL に含まれる水酸化ナトリウムは何 mol か。

1 身近な物質とその性質

物質	用途・性質など
黒鉛(グラファイト) C	鉛筆の芯や電極に使用。軟らかい。電気伝導性あり。石炭の主成分。燃焼によってCO ₂ を生じる。
ダイヤモンド C	掘削ドリルの先端に使用。透明。非常に硬い。電気伝導性なし。
フラーレン	炭素の同素体。C ₆₀ はサッカーボール状。
カーボンナノチューブ	炭素の同素体。筒状の構造。
赤リン P(P ₄)	マッチの摩擦面に使用。毒性少。比較的安定。
黄リン(白リン) P ₄	化学肥料の原料に使用。有毒。自然発火。
ケイ素 Si	金属光沢あり。半導体。単体は天然には存在しない。
水素 H ₂	密度が最小の気体。燃焼によって水を生じる。燃料電池で利用。
塩素 Cl ₂	黄緑色の気体。刺激臭。有毒。酸化作用(漂白や水道水の消毒に使用)。
ヨウ素 I ₂	消毒薬として使用。黒紫色の結晶。昇華性。水に難溶。
オゾン O ₃	殺菌作用。有毒。強い紫外線や、酸素中での無声放電により生成。大気上層部にオゾン層として存在し、有害な紫外線を吸収。
鉄 Fe	炭素含有量が約4%の銑鉄や、2%~0.02%の鋼がある。
銅 Cu	電線や調理器具に使用。熱伝導性・電気伝導性は金属で2番目に大きい。さびると緑色。
銀 Ag	抗菌剤に使用。熱伝導性・電気伝導性・光の反射率は金属で最大。
金 Au	ICチップの配線に使用。展性・延性が非常に大きい。さびにくい。
アルミニウム Al	1円硬貨に使用。表面を酸化被膜にしたものがアルマイト。
リチウム Li	電池に使用。リチウムイオンを利用した充電可能な電池がある。
亜鉛 Zn	電池の負極に使用。鉄板に亜鉛をめっきしてさびにくくしたのがトタン。
スズ Sn	はんだに使用。鉄板にスズをめっきしてさびにくくしたのがブリキ。
鉛 Pb	鉛蓄電池、遮蔽板、おもりに使用。密度が大きい。はんだに使用されたが、有毒のため無鉛はんだが使用されている(環境問題)。
白金 Pt	自動車の排気ガスの浄化を促進する触媒として利用。さびにくい。
青銅(ブロンズ)	CuとSnの合金。10円硬貨や銅メダルに使用。酸化されると青緑色。
黄銅(真ちゅう)	CuとZnの合金。5円硬貨や金管楽器に使用。黄色。
ステンレス鋼	FeにCrやNiを加えた合金。流し台や食器に使用。さびにくい。
ジュラルミン	AlにCuやMgなどを加えた合金。航空機の機体に使用。軽量で高強度。
白銅	CuとNiの合金。100円硬貨や50円硬貨に使用。白色。
酸化アルミニウム Al ₂ O ₃	純粋なものがアルミナ。研磨剤に利用。結晶はルビーやサファイア。
炭酸カルシウム CaCO ₃	石灰石として産出。セメントやガラスに使用。大理石や貝殻、サンゴの主成分。
水酸化ナトリウム NaOH	セッケンの製造に使用。水溶液は強塩基性。空気中の水分を吸収(潮解性)。CO ₂ も吸収。

物質	用途・性質など
炭酸水素ナトリウム NaHCO ₃	重曹とも呼ばれる。ベーキングパウダーや消火剤、制酸剤(胃薬)に使用。
二酸化炭素 CO ₂	温室効果ガスの1つ。石炭や石油などの化石燃料の燃焼で生じる。水に溶けると炭酸 H ₂ CO ₃ を生じる。
二酸化硫黄 SO ₂	漂白剤として使用。石炭や石油に含まれる硫黄が燃えることで生じるSO _x の一種で、酸性雨の原因の1つ。亜硫酸ガスともいう。
硫化水素 H ₂ S	腐卵臭。有毒。還元性。
ガラス	けい砂 SiO ₂ 、ソーダ灰 Na ₂ CO ₃ 、石灰石 CaCO ₃ などを原料に製造。
セラミックス	刃物や電子部品に使用。ガラスや陶磁器などの古くからのセラミックスのほか、原料や焼成時間、焼成温度を精密に制御してつくるファインセラミックスがある。
肥料	(NH ₄) ₂ SO ₄ 、NH ₄ NO ₃ などの窒素肥料、Ca(H ₂ PO ₄) ₂ + CaSO ₄ などのリン酸肥料、K ₂ SO ₄ 、KClなどのカリ肥料がある。
メタン CH ₄	天然ガスに多く含まれ、燃料(都市ガスの主成分)として使用。
ブタン C ₄ H ₁₀	燃料(カセットコンロ、ライター)として使用。液化しやすい。
エタノール C ₂ H ₅ OH	酒や消毒薬として使用。医薬品や香料の原料としても使用。
酢酸 CH ₃ COOH	食酢(酢)の主成分。医薬品やプラスチックの原料として使用。
ポリエチレン(PE)	容器や包装用フィルムに使用。エチレンが付加重合したプラスチック。{CH ₂ -CH ₂ } _n
ポリプロピレン(PP)	食品用容器や注射器、自動車部品に使用。不織布マスクにも用いられる。プロピレンが付加重合したプラスチック。{CH ₂ -CH(CH ₃)} _n
ポリエチレンテレフタレート(PET)	容器や繊維に使用。エチレングリコールとテレフタル酸が縮合重合したプラスチック。{CO-C ₆ H ₄ -COO-(CH ₂) ₂ -O} _n
アスコルビン酸	ビタミンCとも呼ばれる。酸化されやすく、清涼飲料水などの食品に酸化防止剤として添加される。

2 金属の製法

鉄	磁鉄鉱や赤鉄鉱を、コークスC(石炭を約1200℃で蒸し焼きにして揮発成分を除いた、炭素を主成分とする燃料)と石灰石とともに溶鉱炉で加熱して還元し、銑鉄を得る。融解した銑鉄に酸素を吹き込み、鋼にする。
銅	黄銅鉱などを空気とともに溶鉱炉で加熱し、純度約99%の粗銅を得る。粗銅を電気分解によって精錬すると、純度99.99%以上の純銅が得られる(電解精錬)。
アルミニウム	ボーキサイトを精製してアルミナをつくり、氷晶石とともに溶融塩電解する。製造に多くの電気エネルギーが必要で、リサイクルされる。

1 物質の成分と構成元素

→ 解答 p.110 ~ 112

- 172 次の a・b にあてはまる 2 つの物質の組み合わせとして最も適当なものを、下の①～⑤のうちから 1 つずつ選べ。

a 単体と化合物

b 純物質と混合物

- ① ダイヤモンドと黒鉛 ② 塩素と塩化ナトリウム
③ 塩化水素と塩酸 ④ メタンとエタン
⑤ 希硫酸とアンモニア水

(2018年追試験)

- 173 純物質アと純物質イの固体をそれぞれ別のビーカーに入れ、次の実験Ⅰ～Ⅲを行った。アとイにあてはまる純物質として最も適当なものを、下の①～⑥のうちから 1 つずつ選べ。

実験Ⅰ アの固体に水を入れてかき混ぜると、アはすべて溶けた。

実験Ⅱ 実験Ⅰで得られたアの水溶液の炎色反応を観察したところ、黄色を示した。

また、アの水溶液に硝酸銀水溶液を加えると、白色沈殿が生じた。

実験Ⅲ イの固体に水を入れてかき混ぜてもイは溶けなかったが、続けて塩酸を加えると気体の発生を伴ってイが溶けた。

- ① 硝酸カリウム ② 硝酸ナトリウム ③ 炭酸カルシウム
④ 硫酸バリウム ⑤ 塩化カリウム ⑥ 塩化ナトリウム

(2018年本試験)

- 174 次の現象に関する記述のうち、下線部が化学変化によるものはどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから 1 つ選べ。

- ① 氷砂糖を水の中に入れておくと、氷砂糖が小さくなった。
② やかんで水を加熱して沸騰させると、湯気が出た。
③ ドライアイスを室温で放置すると、ドライアイスが小さくなった。
④ 貝殻を希塩酸の中に入れておくと、貝殻が小さくなった。

(2019年追試験)

- 175 物質の三態間の変化(状態変化)を示した記述として適当なものを、次の①～⑥のうちから 2 つ選べ。

- ① 冷え込んだ朝に、戸外に面したガラス窓の内側が水滴でくもった。
② 濁った水をろ過すると、透明な水が得られた。
③ 銅葺きの屋根の表面が、長年たつと、青緑色になった。
④ 紅茶に薄切りのレモンを入れると、紅茶の色が薄くなった。
⑤ とがった鉛筆の芯が、鉛筆を使うにつれて、すり減って丸くなった。
⑥ タンスに防虫剤として入れたナフタレンやショウノウが、時間がたつと小さくなった。

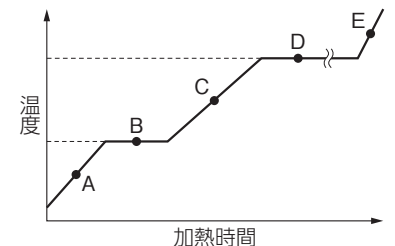
(2022年追試験)

- 176 純物質の状態に関する記述として誤りを含むものを、次の①～④のうちから 1 つ選べ。

- ① 液体では、沸点以下でも液面から蒸発が起こる。
② 気体から液体を経ることなく直接固体へ変化する物質は存在しない。
③ 気体では、一定温度であっても、空間を飛び回る速さが速い分子や遅い分子がある。
④ 分子結晶では、分子の位置はほぼ固定されているが、分子は常温でも常に熱運動(振動)をしている。

(2020年本試験)

- 177 分子からなる純物質 X の固体を大気圧のもとで加熱して、液体状態を経てすべて気体に変化させた。そのときの温度変化を模式的に図に示す。A～E における X の状態や現象に関する記述ア～オにおいて、正しいものはどれか。正しい組み合わせとして最も適当なものを、下の①～⑩のうちから 1 つ選べ。



- ア A では、分子は熱運動していない。
イ B では、液体と固体が共存している。
ウ C では、分子は規則正しい配列を維持している。
エ D では、液体の表面だけでなく内部からも気体が発生している。
オ E では、分子間の平均距離は C のときと変わらない。

- ① ア、イ ② ア、ウ ③ ア、エ ④ ア、オ ⑤ イ、ウ
⑥ イ、エ ⑦ イ、オ ⑧ ウ、エ ⑨ ウ、オ ⑩ エ、オ

(2023年本試験)

1 物質の探究

→ p.10 ~ 12

1 物質の分類

解答

- (1) 純物質…(イ), (ロ), (ハ), (ニ) 混合物…(ア), (ウ), (オ), (カ), (ク) (2) (ロ), (ク)



純物質…ほかの物質が混じっていない単一の物質。単体と化合物に分類される。
混合物…2種類以上の物質が混じり合った物質。

- (1) **純物質は、1つの化学式**(分子式などのように元素記号を用いて物質を表したもの) **で示すことができる。**
(ア) 空気は、窒素 N_2 が約78%, 酸素 O_2 が約21%, その他の気体が約1%の混合気体である。
(イ) 酸素は純物質で、化学式は O_2 である。
(ウ) 五円硬貨は銅Cuと亜鉛Znの**合金(黄銅)**という) **で**できている。合金は混合物に分類される。なお、五十円硬貨・百円硬貨は、銅CuとニッケルNiの合金(**白銅**という)できている。
(ロ) ドライアイス(二酸化炭素の固体)は純物質で、化学式は CO_2 である。
(エ) 塩酸は塩化水素(気体)を水 H_2O に溶解させた水溶液なので、混合物である。
(オ) 牛乳は水 H_2O 、脂肪などからなる混合物である。
(カ) 一円硬貨はアルミニウムAlだけでできており、純物質である。
(ク) ガソリンは、いろいろな炭化水素(炭素と水素からできた有機化合物)が混合したものである。
(コ) 水は純物質で、化学式は H_2O である。

合金

ある金属に別の金属を添加した混合物を合金という。別の金属を添加することにより、その性質を改良することができる。

よく出る混合物

- 塩酸(水、塩化水素)、希硫酸(水、硫酸)、海水(水、塩化ナトリウム、塩化マグネシウムなど)などの水溶液
- 空気(窒素、酸素、アルゴン、二酸化炭素など)や原油(多種類の有機化合物など)
- ステンレス鋼(鉄、クロム、ニッケル)、ニクロム(ニッケル、クロム)、ジュラルミン(アルミニウム、銅、マグネシウム、マンガン)、黄銅(銅、亜鉛)、青銅(銅、スズ)などの合金

- (2) **化合物**は、純物質のうち、2種類以上の元素からなる物質である。一方、酸素 O_2 、一円硬貨Alのように1種類の元素からなる物質を**単体**という。

2 純物質と混合物

解答

- (1) C (2) BとD



純物質の凝固点(融点)は、物質ごとに一定の温度を示す。一方、混合物の凝固点(融点)は、混合している物質の割合(組成)によって異なり、一定の温度を示さない。

- (1) 液体から固体へ状態変化する際に、一定の温度を示さないもの(グラフに平らな部分がないもの)を選ぶ。
(2) **同じ物質は、同じ凝固点をもつ。**凝固点の等しいBとDが同じ物質である。

3 混合物の分離

解答

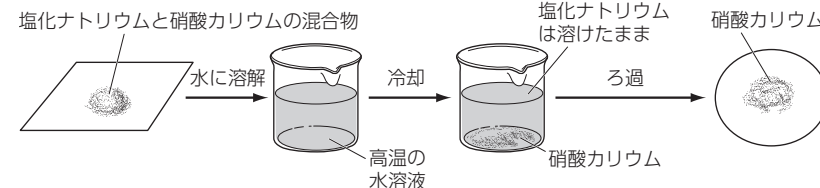
- (1) (ウ), (a) (2) (イ), (d) (3) (ア), (e) (4) (オ), (c) (5) (ロ), (b)



混合物から純物質を取り出すには、含まれる純物質の性質を利用する。

- (1) 海水から水だけを取り出す場合には、加熱して水(液体)を水蒸気(気体)に変え、これを凝縮させて水(液体)として取り出す。このとき、塩化ナトリウムなどの成分は不揮発性であるから、加熱しても気体にならず、溶液に残る。この分離方法が**蒸留**である。
(2) 茶葉に熱湯をかければ、クロロフィルなどの色素成分が水に溶け出る。このように、適当な液体に溶解する物質だけを溶かし出して分離する操作を**抽出**という。コーヒー豆から有効成分を取り出す方法も抽出である。
(3) ヨウ素は加熱すれば昇華して気体に変化するが、砂は加熱しても変化しないので、混合物を加熱すればよい。ヨウ素は、冷却すればもとの固体に戻る。このような分離方法が**昇華法**である。
(4) 混合物を高温の水に溶解した後、水溶液を冷却すれば、目的の硝酸カリウムだけが結晶として析出する。このとき、塩化ナトリウムは少量であるから、水に溶けたままで結晶として析出しない。このような分離方法が**再結晶**である。

再結晶では、目的の物質以外は少量でなくてはならない。冷却しても結晶を析出させないためである。



- (5) 原油は沸点の異なる炭化水素(炭素と水素からできた有機化合物)の混合物である。これを加熱して、沸点の低いものから順に蒸発させ、いくつかの成分に分離する。この方法を**分留**という。