

第 1 章 問題解答

1 - 1 ドリル問題

1. 対数表あるいは関数電卓の計算により, $\log_{10}5 = 0.699$ を利用する。
 $\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+]$ より, $-\log_{10}(5.0 \times 10^{-3}) = -\log_{10}5.0 + (-\log_{10}10^{-3})$
 $= -0.699 + 3 \log_{10}10 = 2.301 \div 2.30$ (答)

2. (1) メタノール CH_3OH

$$\text{CH}_3\text{OH}: (12.01 \times 1) + (1.008 \times 4) + (16.00 \times 1) = 32.042 \div 32.04$$

- (2) アンモニア NH_3

$$\text{NH}_3: (14.01 \times 1) + (1.008 \times 3) = 17.034 \div 17.03$$

- (3) 硫酸 H_2SO_4

$$\text{H}_2\text{SO}_4: (1.008 \times 2) + (32.07 \times 1) + (16.00 \times 4) = 98.086 \div 98.09$$

- (4) 過マンガン酸カリウム KMnO_4

$$\text{KMnO}_4: (39.10 \times 1) + (54.94 \times 1) + (16.00 \times 4) = 158.04$$

- (5) 塩化ナトリウム NaCl

$$\text{NaCl}: (22.99 \times 1) + (35.45 \times 1) = 58.44$$

- (6) 炭酸カルシウム CaCO_3

$$\text{CaCO}_3: (40.08 \times 1) + (12.01 \times 1) + (16.00 \times 3) = 100.09$$

- (7) ベンゼン C_6H_6

$$\text{C}_6\text{H}_6: (12.01 \times 6) + (1.008 \times 6) = 78.108 \div 78.11$$

- (8) 硝酸カリウム KNO_3

$$\text{KNO}_3: (39.10 \times 1) + (14.01 \times 1) + (16.00 \times 3) = 101.11$$

3. (1) 水 H_2O の分子量: $(1.008 \times 2) + (16.00 \times 1) = 18.016$ 、
モル質量は 18.016 g/mol となり、 100 g の物質量は

$$\text{物質量 (mol)} = \frac{\text{物質の質量 (g)}}{\text{モル質量 (g/mol)}} = \frac{100 \text{ g}}{18.016 \text{ g/mol}} \div 5.55 \text{ mol}$$

- (2) 金 Au の原子量: 197.0 、

モル質量は 197.0 g/mol となり、 100 g の物質量は

$$\text{物質量 (mol)} = \frac{\text{物質の質量 (g)}}{\text{モル質量 (g/mol)}} = \frac{100 \text{ g}}{197.0 \text{ g/mol}} \div 0.508 \text{ mol}$$

- (3) 水銀 Hg の原子量: 200.6 、

モル質量は 200.6 g/mol となり、 100 g の物質量は

$$\text{物質量 (mol)} = \frac{\text{物質の質量 (g)}}{\text{モル質量 (g/mol)}} = \frac{100 \text{ g}}{200.6 \text{ g/mol}} \div 0.499 \text{ mol}$$

(4)エタノール $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ の分子量: $(12.01 \times 2) + (1.008 \times 6) + (16.00 \times 1) = 46.068$ 、
モル質量は 46.068 g/mol となり、 100 g の物質量は

$$\text{物質量 (mol)} = \frac{\text{物質の質量(g)}}{\text{モル質量(g/mol)}} = \frac{100 \text{ g}}{46.068 \text{ g/mol}} \doteq 2.17 \text{ mol}$$

(5)セシウム Cs

Cs の式量: 132.9

モル質量は 132.9 g/mol となり、 100 g の物質量は

$$\text{物質量 (mol)} = \frac{\text{物質の質量(g)}}{\text{モル質量(g/mol)}} = \frac{100 \text{ g}}{132.9 \text{ g/mol}} \doteq 0.752 \text{ mol}$$

(6)炭酸カルシウム CaCO_3

CaCO_3 の式量: $(40.08 \times 1) + (12.01 \times 1) + (16.00 \times 3) = 100.09$ 、
モル質量は 100.09 g/mol となり、 100 g の物質量は

$$\text{物質量 (mol)} = \frac{\text{物質の質量(g)}}{\text{モル質量(g/mol)}} = \frac{100 \text{ g}}{100.09 \text{ g/mol}} \doteq 0.999 \text{ mol}$$

(7)二酸化炭素 CO_2 の分子量: $(12.01 \times 1) + (16.00 \times 2) = 44.01$ 、

モル質量は 44.01 g/mol となり、 100 g の物質量は

$$\text{物質量 (mol)} = \frac{\text{物質の質量(g)}}{\text{モル質量(g/mol)}} = \frac{100 \text{ g}}{44.01 \text{ g/mol}} \doteq 2.27 \text{ mol}$$

(8)ウラン U の原子量: 238.0 、

モル質量は 238.0 g/mol となり、 100 g の物質量は

$$\text{物質量 (mol)} = \frac{\text{物質の質量(g)}}{\text{モル質量(g/mol)}} = \frac{100 \text{ g}}{238.0 \text{ g/mol}} \doteq 0.420 \text{ mol}$$

(9)塩素 Cl_2 の分子量: $35.45 \times 2 = 70.90$ 、

モル質量は 70.90 g/mol となり、 100 g の物質量は

$$\text{物質量 (mol)} = \frac{\text{物質の質量(g)}}{\text{モル質量(g/mol)}} = \frac{100 \text{ g}}{70.90 \text{ g/mol}} \doteq 1.41 \text{ mol}$$

$$4. \quad 1.0 \text{ mol/m}^3 = 1.0 \text{ mol} / (10^3 \text{ L}) = 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

5. アボガドロ定数を 6.022×10^{23} 個/mol とすると

$$\text{物質量 (mol)} = \frac{\text{個数}}{\text{アボガドロ定数 (mol}^{-1}\text{)}} = \frac{6.022 \times 10^{22}}{6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}} \doteq 0.1000 \text{ mol}$$

6. アルミニウムの原子量は 26.98、モル質量は 26.98g/mol

$$\text{アルミニウム原子の個数(個)} = \frac{\text{質量(g)}}{\text{モル質量(g mol}^{-1}\text{)}} \times \text{アボガドロ数(mol}^{-1}\text{)}$$

$$= \frac{1.0\text{g}}{26.98\text{g mol}^{-1}} \times 6.02 \times 10^{23}\text{mol}^{-1} \approx 0.0371 \text{ mol} \times 6.02 \times 10^{23}\text{mol}^{-1} \approx 2.2 \times 10^{22} \text{個}$$

1 - 2 ドリル問題

1.

水の分子量は 18.02g/mol であり、 $1000 \div 18.02 \div 55.49 \text{ mol}$ (答)

2.

$200\text{g} \div 98\text{g/mol} = 2.0408163 \text{ mol} \div 2.0 \text{ mol}$ (答: 有効数字は、98g/mol の 2桁に合わせる)

3.

$$x \div (500 + x) \times 100 = 3.0$$

$$x = 3.0 \div 100 \times (500 + x) = 15.46 \div 15 \text{ g} \quad (\text{答})$$

4.

周期表より、2,3,7,8-ダイオキシンのモル質量は

$$12.01 \times 12 + 1.008 \times 4 + 35.45 \times 4 + 16.00 \times 2 = 321.932 \div 322.0 \text{ g/mol}$$

$$1.0 \div 322.0 = 3.1 \times 10^{-3} \text{ mol} \quad (\text{答})$$

5.

周期表より、二酸化窒素のモル質量は 46.01 g/mol

$$46.1 \times 5.000 = 230.05 \div 230.1 \text{ g} \quad (\text{答})$$

6.

$$1.0 \text{ mol/L} \times 0.20\text{L} = 0.4\text{mol/L} \times x [\text{L}]$$

$$x = 0.5\text{L} \quad (\text{答})$$

7.

$$10 = -\log_{10}[\text{H}^+] \text{ より}$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-10} \text{ mol/L} \quad (\text{答}) \quad 1.0 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$$

8.

$$1000 \text{ g} \div 55.85\text{g/mol} = 17.9051 \text{ mol} \quad (\text{答}) \quad 17.91 \text{ mol}$$

9 .

$$(1) \quad \int_0^1 x^n dx = \left[\frac{x^{n+1}}{n+1} \right]_0^1 = \frac{1^{n+1}}{n+1} - \frac{0^{n+1}}{n+1} = \frac{1}{n+1}$$

$$(2) \quad \int_0^2 e^{2x} dx = \left[\frac{e^{2x}}{2} \right]_0^2 = \frac{e^{2 \times 2}}{2} - \frac{e^{2 \times 0}}{2} = \frac{e^4 - 1}{2}$$

$$(3) \quad \int_1^9 \frac{2}{x} dx = [2 \ln x]_1^9 = 2 \ln 9 - 2 \ln 1 = 4 \ln 3$$

10 .

$$(1) \quad \frac{dy}{dx} = \frac{d(2x^3 - 3x^2 + x - 5)}{dx} = 6x^2 - 6x + 1$$

$$(2) \quad \frac{dy}{dx} = \frac{d\left(\frac{1}{x^3}\right)}{dx} = \frac{d(x^{-3})}{dx} = -3x^{-3-1} = -3x^{-4} = -\frac{3}{x^4}$$

$$(3) \quad \frac{dy}{dx} = \frac{d(2e^x)}{dx} = 2e^{2x}$$

$$(4) \quad \frac{dy}{dx} = e^x \frac{1}{x} = \frac{e^x}{x}$$

$$(5) \quad \frac{dy}{dx} = 2x + 3$$

$$(6) \quad \frac{dy}{dx} = 2 - \frac{7}{x^2} - \frac{4}{x^3}$$

11 .

$$(1) \quad \int (2x^3 + 3x^2 - x + 4) dx = \frac{2x^4}{4} + \frac{3x^3}{3} - \frac{x^2}{2} + \frac{4x}{1} + C$$

$$= \frac{x^4}{2} + x^3 - \frac{x^2}{2} + 4x + C$$

$$(2) \quad \int e^{3x} dx = \frac{e^{3x}}{3} + C$$

$$(3) \quad \int \left(4x + \frac{3}{x} \right) dx = \frac{4x^2}{2} + 3 \ln x + C = 2x^2 + 3 \ln x + C$$

1 章 演習問題

1. アボガドロ数個の質量は

モル質量 (g) = アボガドロ数個の質量 (g)

$$= 9.85\text{g} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{mol}^{-1}}{3.01 \times 10^{22}} = 9.85\text{g} \times 2.00 \times 10 \text{mol}^{-1} = 197\text{gmol}^{-1}$$

よって、原子量は 197 であり、周期表から金 Au

2. 水 H_2O の分子量は 18.0、モル質量は 18.0g/mol

水 180mL の物質量は、物質量 $= 180\text{mL} \times 1.0\text{g/mL} \div 18.0\text{g/mol} = 10\text{mol}$

$14 \text{ 億 km}^3 = 1.4 \times 10^9 \text{km}^3 = 1.4 \times 10^9 \times 10^9 \text{m}^3 = 1.4 \times 10^{18} \times 10^6 \text{mL}$

$= 1.4 \times 10^{24} \text{mL}$

こぼした水 180mL が地球上の水の総量 $1.4 \times 10^{24} \text{mL}$ で薄めて、その中から 180mL (10mol) を採取したので、

採取した水の中に含まれるこぼれた水 = 採取した水 $\times$ (こぼした水 / 地球上の水の総量) $= 10\text{mol} \times (180\text{mL} / (1.4 \times 10^{24} \text{mL}))$

$= 1.29 \times 10^{-21} \text{mol}$

よって、「こぼした水の分子」は、

$1.29 \times 10^{-21} \text{mol} \times (6.02 \times 10^{23} \text{mol}^{-1}) = 7.8 \times 10^2$ (個) 入っている。

3. $340 \text{ 億トン} = 3.40 \times 10^{10} \text{トン} = 3.40 \times 10^{13} \text{kg}$

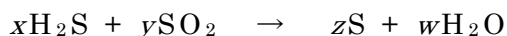
大気中の二酸化炭素濃度の増加は、

二酸化炭素濃度の増加 $= 3.40 \times 10^{13} \text{kg} / (5.0 \times 10^{18} \text{kg}) = 6.8 \times 10^{-6}$

$= 6.8 \text{ppm}$

4. (1) $\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 \rightarrow \text{S} + \text{H}_2\text{O}$

化学反応は次のように表せる。



ここで係数を決定するために、左辺と右辺の水素、硫黄、酸素の原子の数が等しくなるには、

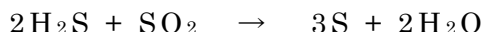
水素の数 $2x = 2w \rightarrow x = w$

硫黄の数 $x + y = z$

酸素の数 $2y = w$

の関係が成り立つ。仮に $x=1$ とすると $w=1$ 、 $y=0.5$ から、 $z=1.5$ となる。最も簡単な整数比にすると、 $x:y:z:w = 1:0.5:1.5:1 = 2:1:3:2$ となる。

よって化学反応式は、



となる。

(2) $\text{N}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{NH}_3$

化学反応は次のように表せる。



ここで係数を決定するために、左辺と右辺の窒素、水素の原子の数が等しくなるには、

$$\text{窒素の数} \quad 2x = z$$

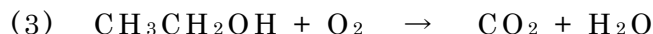
$$\text{水素の数} \quad 2y = 3z$$

の関係が成り立つ。仮に $x=1$ とすると $z=2$ から、 $y=3$ となる。最も簡単な整数比にすると、 $x:y:z=1:3:2$ となる。

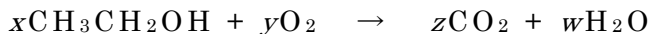
よって化学反応式は、



となる。



化学反応は次のように表せる。



ここで係数を決定するために、左辺と右辺の炭素、水素、酸素の原子の数が等しくなるには、

$$\text{炭素の数} \quad 2x = z$$

$$\text{水素の数} \quad 6x = 2w \rightarrow 3x = w$$

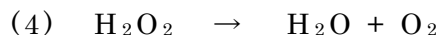
$$\text{酸素の数} \quad x + 2y = 2z + w$$

の関係が成り立つ。仮に $x=1$ とすると $z=2$ 、 $w=3$ から、 $y=3$ となる。最も簡単な整数比にすると、 $x:y:z:w=1:3:2:3$ となる。

よって化学反応式は、



となる。



化学反応は次のように表せる。



ここで係数を決定するために、左辺と右辺の水素、酸素の原子の数が等しくなるには、

$$\text{水素の数} \quad 2x = 2y \rightarrow x = y$$

$$\text{酸素の数} \quad 2x = y + 2z$$

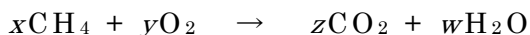
の関係が成り立つ。仮に $x=1$ とすると $y=1$ から、 $z=0.5$ となる。最も簡単な整数比にすると、 $x:y:z=1:1:0.5=2:2:1$ となる。

よって化学反応式は、



となる。

5. 化学反応は次のように表せる。



ここで係数を決定するために、左辺と右辺の炭素、水素、酸素の原

子の数が等しくなるには、

$$\text{炭素の数} \quad x = z$$

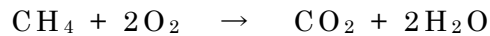
$$\text{水素の数} \quad 4x = 2w \rightarrow 2x = w$$

$$\text{酸素の数} \quad 2y = 2z + w$$

の関係が成り立つ。仮に $x=1$ とすると $z=1$ 、 $w=2$ から、 $y=2$ となる。

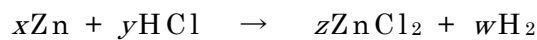
最も簡単な整数比にすると、 $x:y:z:w=1:2:1:2$ となる。

よって化学反応式は、



となる。

6. 化学反応は次のように表せる。



ここで係数を決定するために、左辺と右辺の亜鉛、水素、塩素の原子の数が等しくなるには、

$$\text{亜鉛の数} \quad x = z$$

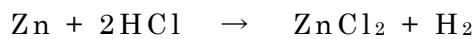
$$\text{水素の数} \quad y = 2w$$

$$\text{塩素の数} \quad y = 2z$$

の関係が成り立つ。仮に $x=1$ とすると $z=1$ から、 $y=2$ 、 $w=1$ 、となる。

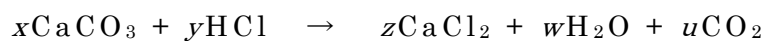
最も簡単な整数比にすると、 $x:y:z:w=1:2:1:1$ となる。

よって化学反応式は、



となる。

7. 化学反応は次のように表せる。



ここで係数を決定するために、左辺と右辺のカルシウム、炭素、酸素、水素、塩素の原子の数が等しくなるには、

$$\text{カルシウムの数} \quad x = z$$

$$\text{炭素の数} \quad x = u$$

$$\text{酸素の数} \quad 3x = w + 2u$$

$$\text{水素の数} \quad y = 2w$$

$$\text{塩素の数} \quad y = 2z$$

の関係が成り立つ。仮に $x=1$ とすると $z=1$ 、 $u=1$ から、 $y=2$ 、 $w=1$ 、となる。最も簡単な整数比にすると、 $x:y:z:w:u=1:2:1:1:1$ となる。

よって化学反応式は、



となる。

8. ダイオキシシン $\text{C}_{12}\text{H}_4\text{Cl}_4\text{O}_2$ の分子量： $(12.01 \times 12) + (1.008 \times 4) + (35.45 \times 4) + (16.00 \times 2) = 144.12 + 4.032 + 141.80 + 32.00 = 321.95$

ダイオキシンの濃度は、

$$\begin{aligned}0.13\text{pg/m}^3 &= 0.13 \times 10^{-12}\text{g}/(10^3\text{L}) = 1.3 \times 10^{-16}\text{g/L} \\ &= 0.13\text{pg}/(10^3\text{L}) = 1.3 \times 10^{-4}\text{pg/L}\end{aligned}$$

したがって、ヒトは1回の呼吸(0.50L)で $1.3 \times 10^{-16}\text{g/L} \times 0.50\text{L} = 6.5 \times 10^{-17}\text{g}$ のダイオキシンを肺に取り入れる。この物質量は、
 $2.02 \times 10^{-19}\text{mol}$ ($6.5 \times 10^{-17}\text{g}/(321.95\text{g/mol})$) であり、分子の個数は
 1.2×10^5 個 ($2.02 \times 10^{-19}\text{mol} \times 6.02 \times 10^{23}\text{mol}^{-1}$) である。

1日の呼吸回数は、 $15\text{回/分} \times 60\text{分/時間} \times 24\text{時間/日} = 2.16 \times 10^4\text{回/日}$ なので、1日に肺に取り入れるダイオキシンの量は、

$$(1.3 \times 10^{-4}\text{pg/L}) \times (0.50\text{L/回}) \times (2.16 \times 10^4\text{回/日}) = 1.404 \div 1.4\text{pg/日}$$

9.

化学反応は次のように表される。



反応では

11.17g 4.80g 15.97g であるので、
酸素分子が 0.150mol 使われている。このとき、金属は 0.200mol

$$\text{金属のモル質量 (g/mol)} = \frac{11.17\text{g}}{0.200\text{mol}} = 55.85\text{g/mol} \approx 55.9\text{g/mol}$$

よって、この金属の原子量は 55.9

10.

$$2000\text{ kcal} = 2000 \times 10^3\text{ cal}$$

$$1\text{ cal} : 4.184\text{ J} = 2000 \times 10^3\text{ cal} : x [\text{J}] \text{ より}$$

$$x = 4.184 \times 2000 \times 10^3 = 8.368 \times 10^6\text{ J} \quad (\text{答}) \quad 8.368 \times 10^6\text{ J}$$

11.

$0.3 \times 1\text{L} = x \times 10\text{L}$ より、過酸化水素の濃度(x)は3%となる。(答)

12.

$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$ より、 $[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$ であることから、 $\text{pH}=3$ のときの
 $[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-3}\text{ mol/L}$ である。(答)

13.

$$12.01 + 16.00 \times 2 = 44.01$$

$$200 \div 44.01 = 4.54 \quad (\text{答}) \quad 4.54\text{mol}$$

14.

$$x \times (3.5/100) = 100$$

$$x = 2857.14 \div 2860 \text{ g} \quad (\text{答})$$

15.

$$12.01 \times 3 + 1.008 \times 8 = 44.094 \div 44.09 \text{ g/mol}$$

$$10 \times 10^3 \text{ g} \div 44.09 = 226.808 \div 230 \quad (\text{答}) \quad 230 \text{ mol}$$

16.

$$(x \div (0.180 + x)) \times 100 = 15$$

$$x = 0.03176 \quad (\text{答}) \quad 0.0318 \text{ g}$$

17.

$$(80 \text{ mg}/100 \text{ mL}) \times 500 \text{ mL} = 400 \text{ mg} = 0.40 \text{ g} \quad (\text{答})$$

18. < 解答例 >

答 雨水の pH は 5～6 である。

pH = $-\log[\text{H}^+]$ より、 $[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$ であることから、pH=5 のときの
 $[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-5} \text{ mol/L}$ 、pH=6 のときの $[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-6} \text{ mol/L}$ 。

よって、雨水中のプロトン濃度 $[\text{H}^+]$ は $10^{-5} \text{ mol/L} \sim 10^{-6} \text{ mol/L}$ 。

19.

生理食塩水は滅菌した塩化ナトリウムの水溶液で、その 100mL 中に塩化ナトリウムが 0.85g～0.95g 溶けている。生理食塩水の密度を 1.0g/mL とすると、

$$\text{塩の濃度}(\%) = 0.85/100 \times 100 = 0.85\%$$

よって、生理食塩水中の塩の濃度は 0.85～0.95%。