

C5 – Quantité de matière

Mole et nombre d'Avogadro

Livre p. 94
 TP C12 - Dénombrement
 TP C13 - Schtroumpf

I. La mole

1. Nécessité de la mole

Pour qu'il ne reste plus de réactifs à la fin d'une réaction, les réactifs doivent être introduits dans les proportions stœchiométriques.

Exemple

L'oxydation du dihydrogène en eau demande deux fois plus de dihydrogène que de dioxygène :



Pour mener à bien une réaction chimique et connaître la quantité de produit formé, il faut donc connaître le nombre de molécules de chacun des réactifs.

Nombre de molécules dans une goutte d'eau

Une goutte d'eau ($V=0,050 \text{ mL}=0,050 \text{ cm}^3$ soit environ $0,050 \text{ g}$ d'eau) contient :

$$1,7 \times 10^{21} \text{ molécules}$$



Les molécules sont trop petites et trop nombreuses, on ne peut pas les compter.

Pour « compter » les molécules, on utilise la quantité de matière.

2. Nombre d'Avogadro

Pour les dénombrer, les entités chimiques (atomes, ions, molécules...) sont groupées par paquets appelés « moles ».

Nombre d'Avogadro

Le nombre d'entités par mole est donc constant, c'est le nombre d'Avogadro \mathcal{N}_A :

$$\mathcal{N}_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

Remarque

Le nombre d'Avogadro a été choisi arbitrairement : c'est le nombre d'atomes dans 12 g de l'isotope ^{12}C du carbone.

3. Quantité de matière

La quantité de matière représente le nombre de moles contenues dans un échantillon d'une espèce chimique (corps pur). Notée n , elle s'exprime en moles (mol).

$$n = \frac{N}{\mathcal{N}_A} \quad \left| \begin{array}{l} n : \text{quantité de matière (mol)} \\ N : \text{nombre d'entités (sans unité)} \\ \mathcal{N}_A : \text{nombre d'Avogadro (mol}^{-1}\text{)} \end{array} \right.$$

Ex. 28 p. 103 – Dioxygène absorbé

II. Mesure d'une quantité de matière

1. Masse et nombre d'entités

Dans un échantillon de masse $m_{\text{échantillon}}$ le nombre N d'entités est :

$$N = \frac{m_{\text{échantillon}}}{m_{\text{entité}}} \quad \left| \begin{array}{l} N : \text{nombre d'entités (sans unité)} \\ m_{\text{échantillon}} : \text{masse de l'échantillon (g)} \\ m_{\text{entité}} : \text{masse d'une entité (g)} \end{array} \right.$$

Remarque

La masse d'une entité est très faible.

Élément	C	H	O	N
$m_{\text{entité}} \text{ (kg)}$	$1,99 \times 10^{-26}$	$1,67 \times 10^{-27}$	$2,66 \times 10^{-26}$	$2,33 \times 10^{-26}$

Ex. 22 p. 103 – Fullerène

2. Masse et quantité de matière

On sait que $n = \frac{N}{\mathcal{N}_A}$ et $N = \frac{m_{\text{échantillon}}}{m_{\text{entité}}}$.

En remplaçant N par $\frac{m_{\text{échantillon}}}{m_{\text{entité}}}$ dans $n = \frac{N}{\mathcal{N}_A}$ on obtient :

$$n = \frac{m_{\text{échantillon}}}{\mathcal{N}_A m_{\text{entité}}} \quad \left| \begin{array}{l} N : \text{nombre d'entités (sans unité)} \\ m_{\text{échantillon}} : \text{masse de l'échantillon (g)} \\ \mathcal{N}_A : \text{nombre d'Avogadro (mol}^{-1}\text{)} \\ m_{\text{entité}} : \text{masse d'une entité (g)} \end{array} \right.$$

Ex. 32 p. 104 – Ozone

Exercices

Ex. 11 p. 101

Exprimer puis calculer la masse m d'une molécule de dioxyde de titane, TiO_2 .

Données :

- masse d'un atome de titane, $m_{\text{Ti}} = 7,96 \times 10^{-26}$ kg ;
- masse d'un atome d'oxygène, $m_{\text{O}} = 2,66 \times 10^{-26}$ kg.

SOLUTION

La masse d'une entité est la somme des masses de chacun des atomes qui la constituent :

$$m = m_{\text{Ti}} + 2 \times m_{\text{O}}$$

$$\text{A.N. : } m = 7,96 \times 10^{-26} \text{ kg} + 2 \times 2,66 \times 10^{-26} \text{ kg} \\ = 1,33 \times 10^{-25} \text{ kg}$$

APPLICATION - Sur le modèle de l'exercice résolu

Le propane est un combustible gazeux couramment utilisé, de formule brute C_3H_8 .

Exprimer puis calculer la masse m d'une molécule de propane.

Données :

- masse d'un atome de carbone, $m_{\text{C}} = 1,99 \times 10^{-26}$ kg ;
- masse d'un atome d'hydrogène, $m_{\text{H}} = 1,67 \times 10^{-27}$ kg.

Ex. 12 p. 101

Un morceau de sucre de masse $m = 6,0$ g contient $N = 1,0 \times 10^{22}$ molécules de saccharose.

Exprimer puis calculer la quantité n de saccharose dans ce morceau, en mol puis en mmol.

Donnée : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

SOLUTION

La quantité de saccharose est : $n = \frac{N}{N_A}$.

$$\text{A.N. : } n = \frac{1,0 \times 10^{22}}{6,0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = 1,7 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$n = 1,7 \times 10^{-2} \times 10^3 \text{ mmol} = 17 \text{ mmol}$$

APPLICATION - Sur le modèle de l'exercice résolu

Le cerveau d'un adulte consomme quotidiennement une masse $m = 140$ g de glucose, soit $N = 4,68 \times 10^{23}$ molécules de glucose.

Exprimer puis calculer la quantité n de glucose consommée quotidiennement par le cerveau d'un adulte, en mol puis en mmol.

Ex. 16 p. 102

L'acide désoxyribonucléique (ADN) est une espèce chimique qui contient l'information génétique des organismes vivants. La longueur d'une molécule d'ADN peut atteindre 7 m une fois dépliée. Sa formule brute varie d'un individu à l'autre, mais peut être décrite en moyenne par $\text{C}_a\text{H}_b\text{N}_d\text{O}_e\text{P}_f$ avec : $a = 6,4 \times 10^9$; $b = 6,4 \times 10^9$; $d = 3,1 \times 10^9$; $e = 3,1 \times 10^9$; $f = 4,4 \times 10^8$. Calculer la masse d'une entité d'ADN.

Ex. 20 p. 102

a. Exprimer puis calculer la longueur L qu'aurait une ligne de molécules d'eau se touchant entre-elles, construite à partir d'un échantillon d'eau de masse $m = 1,0$ kg.

b. Commenter le résultat en quelques lignes à l'aide des données fournies.

Données :

- masse d'une molécule d'eau, $m_{\text{eau}} = 3,0 \times 10^{-23}$ g ;
- une molécule d'eau est géométriquement assimilable à une boule de rayon $r = 0,15$ nm ;
- distance de la Terre au système planétaire le plus proche du système solaire, Proxima du Centaure, $d = 4 \times 10^{16}$ m.

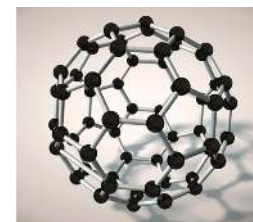
Aide méthodologique

- ▶ Exprimer le nombre N de molécules d'eau à partir de m et de m_e .
- ▶ Faire une phrase de présentation pour expliquer comment exprimer L à partir de N et de r , puis exprimer L à partir des données de l'énoncé, c'est-à-dire m , m_e et r .
- ▶ Calculer L en faisant attention au nombre de chiffres significatifs et à l'unité.
- ▶ Calculer le quotient de L par d afin, puis rédiger une phrase permettant de répondre à la question b.

Ex. 21 p. 102

Le nombre d'atomes de fer dans un clou en fer pur de masse $m = 11,7 \times 10^{-3}$ kg est $N = 1,26 \times 10^{23}$. Calculer la masse $m_{\text{entité}}$ d'un atome de fer.

Ex. 22 p. 103



Le fullerène C_{60} est une molécule dont les liaisons dessinent exactement les coutures d'un ballon de football de masse $m_B = 400$ g.

La masse d'une entité de fullerène est $m_F = 1,19 \times 10^{-24}$ kg.

Exprimer puis calculer le nombre de « micro-ballons » de fullerène présents dans un échantillon ayant la même masse qu'un ballon de football.

Ex. 28 p. 103

À chaque inspiration, un être humain absorbe une quantité $n = 20$ mmol de dioxygène.

Exprimer puis calculer le nombre N de molécules de dioxygène absorbées par un être humain à chaque inspiration.

Ex. 32 p. 104

L'oxygène est, en masse, le troisième élément le plus abondant dans l'Univers, après l'hydrogène et l'hélium, et le plus abondant des éléments de l'écorce terrestre. Dans l'atmosphère, l'oxygène existe sous forme de dioxygène O_2 et d'ozone O_3 .



Déterminer quel échantillon de quantité $n = 1,0$ mol de O_2 ou de O_3 a une masse $m = 48$ g.

Ex. 40 p. 105

Le citronellol, de formule brute $C_{10}H_{20}O$, est la molécule responsable de l'arôme de rose. Il faut environ 4 tonnes de pétales pour obtenir 1 kg d'huile essentielle de rose contenant 45 % en masse de citronellol. Le seuil de détection olfactif est tel que notre nez peut en détecter une masse aussi faible que 500 femtogrammes ($5,00 \times 10^{-13}$ g).

1. Exprimer puis calculer la masse m d'une molécule de citronellol.
2. Exprimer puis calculer la quantité n de citronellol dans $m = 1$ kg d'huile essentielle de rose.
3. Exprimer puis calculer le nombre N de molécules de citronellol correspondant au seuil de détection olfactif.