Réponse 1

^{12}C contient 6 protons et 6 neutrons, ce qui permet de calculer sa masse théorique :

$^{12}_{6}C$

6 protons	=>	6 ·1,007825 uma
6 neutrons	=>	6 ·1,008665 uma
Total	=>	12,098940 uma

La masse réelle du ^{12}C est 12 uma (par définition).

Le déficit de masse est 0,09894 uma.

Conversion de la masse en énergie

Pour le ^{12}C

E_B = 0,09894 uma ·931,5 MeV/uma

= 92,16261 MeV ou 7,68 MeV par nucléon.

Réponse 2

- La masse d'un atome de ^{12}C est 12 uma.

Sachant que 1 uma = 1,6605655 · 10^{-24} g, le poids d'un atome de ^{12}C en grammes est égal à :12 ·1,6605655 · 10^{-24}

soit 1,99268 · 10^{-23} g.

- Etant donné que 1 mole de ^{12}C pèse 12 g (par définition), le nombre d'atome contenus dans une mole de ^{12}C est obtenu par le rapport 12 g/poids d'un atome de ^{12}C :

12 [g] / 1,99268 · 10^{-23} [g/atome]

soit : 6,022 · 10^{23} [atomes]

Nombre d'Avogadro = 6,022 · 10^{23} [/mol]

Réponse 3

Notons $Ab_{(35)}$, l'abondance du ^{35}Cl
et $Ab_{(37)}$, l'abondance du ^{37}Cl

$$\begin{cases} Ab_{(35)} + Ab_{(37)} = 100\ \% \\ Ab_{(35)} \cdot 0{,}349688 + Ab_{(37)} \cdot 0{,}369659 = 35{,}45269 \end{cases}$$

$\Rightarrow$ $Ab_{(35)} \cdot 0{,}349688 + (100 - Ab_{(35)}) \cdot 0{,}369659 = 35{,}45269$
$Ab_{(35)} \cdot (0{,}349688 - 0{,}369659) + 36{,}9659 = 35{,}45269$
$Ab_{(35)} = (35{,}45269 - 36{,}9659)/-0{,}019971$

$\Rightarrow$ $Ab_{(35)} = 75{,}77\ \%$
et
$Ab_{(37)} = 100 - 75{,}77 = 24{,}23\ \%$

Réponse 4

Les deux particules exercent entre elles deux types de forces :

1) une force répulsive qui augmente rapidement lorsque la distance entre les deux particules diminue (en $1/r^{12}$); et

2) une force attractive qui augmente avec la diminution de la distance, mais moins fortement (en $1/r^6$) que les forces répulsives.

Il en résulte que les particules vont rester à une certaine distance l'une de l'autre : c 'est la distance entre l'origine et le puits.

Pour la rupture de la liaison, il faut 's'échapper' du puits, ce qui nécessite une énergie cinétique suffisante pour surmonter la force attractive. Cette énergie est équivalente à l'énergie de liaison (E_B).

• L'énergie de liaison varie en fonction de la température (différence du niveau entre T_0 et T).

• A une température donnée, les isotopes d'un même élément ont des énergie de liaison différentes. L'isotope léger a une énergie de liaison faible, il sera donc plus réactif que l'isotope lourd lors des processus physico-chimiques. Par conséquent, les deux isotopes vont subir un fractionnement isotopique suit à ces processus.

• Lorsque la température augmente, la différence entre les énergies de liaison des isotopes diminue. Elle devient très faible à haute température, ce qui explique l'absence du fractionnement isotopique dans les conditions de haute température.

Conclusion

Les molécules ayant des compositions isotopiques différentes n'ont pas la même énergie de liaison entre les atomes constitutifs.

Ces différences d'énergie, aussi faibles soient elles, font que les molécules contenant des isotopes lourds soient plus stables que celles contenant des isotopes légers.

L'effet cinétique est d'autant plus important pour les processus physiques et/ou chimiques irréversibles (unidirectionnels), faisant intervenir l'énergie de liaison comme l'évaporation, la diffusion des gaz, l'activité bactérienne, etc.

Réponse 5

Poids des molécules : $m(^{12}C^{16}O) = 28$ et $m(^{12}C^{18}O) = 30$

$$E_{(^{12}C^{16}O)} = ½ \cdot 28 \cdot (v_{(^{12}C^{16}O)})^2$$
$$E_{(^{12}C^{18}O)} = ½ \cdot 30 \cdot (v_{(^{12}C^{18}O)})^2$$

D'après la théorie de l'énergie cinétique, les deux énergies sont égales à une température donnée (même k), ce qui permet de déduire le rapport des vitesses suivant :

$$(v_{(^{12}C^{16}O)})/(v_{(^{12}C^{18}O)}) = 1,035$$

Ce résultat montre que dans le même système, la vitesse moyenne de $^{12}C^{16}O$ est 3,5% plus élevée que celle de $^{12}C^{18}O$.
Cette différence de vitesse explique pourquoi les molécules contenant l'isotope léger sont plus mobiles et ont donc une vitesse de diffusion supérieure à celle des molécules contenant l'isotope lourd. Par conséquent, l'effet cinétique favorise le fractionnement isotopique qui aboutit à l'enrichissement du système en $^{12}C^{18}O$.

Réponse 6

♦ Le cas le plus simple est celui du quartz où toutes les liaisons sont de type Si-O-Si.

Pratiquement, cela veut dire que :

A 0°C ==> $1000 \ln \alpha_{Qz\text{-}eau} = 41{,}45$

A 17°C ==> $1000 \ln \alpha_{Qz\text{-}eau} = 36{,}36$

♦ Pour les feldspaths :

A 0°C ==> $1000 \ln \alpha_{Fd\text{-}eau} = ½ \cdot 41{,}45 + ½ \cdot 29{,}63 = 35{,}54$

A 17°C ==> $1000 \ln \alpha_{Fd\text{-}eau} = ½ \cdot 36{,}36 + ½ \cdot 25{,}94 = 31{,}15$

Il est intéressant de remarquer que l'équation :

$$\ln \alpha_{X\text{-}Y} = A + B\,(10^6/T^2)$$

permet de calculer α à différentes températures à condition de connaître les constantes A et B.

Les valeurs obtenues pour les feldspaths à 0°C et à 17°C peuvent être utilisées pour déduire A et B.

A 0°C : $35{,}54 = A + B\,(10^6/(273{,}2)^2)$

A 17°C : $31{,}15 = A + B\,(10^6/(290{,}2)^2)$

Ce qui implique que : B = 4,39/1,5237 = 2,88 et A = -3,046

L'équation reliant α et **T** peut être écrite comme suit :

$1000 \ln \alpha_{Fd\text{-}eau} = -3{,}046 + 2{,}88\,(10^6/T^2)$

Cette équation est proche de celle déduite expérimentalement par O'Neil :

$1000 \ln \alpha_{Fd\text{-}eau} = -3{,}41 + 2{,}91\,(10^6/T^2)$

Réponse 7

Nous avons $\delta = R_e - R_{Std} / R_{Std}$
$\Longrightarrow \delta \cdot R_{Std} + R_{Std} = R_e$
$\Longrightarrow R_e = R_{Std} (1+\delta)$

Réponse 8

$\delta^{18}O_v \cdot 10^{-3} = R_v - R_{Std}/R_{std}$
$\Rightarrow \delta^{18}O_v \cdot R_{std} = 1000 \cdot R_v - 1000 \cdot R_{Std}$
$\Rightarrow 1000\, R_v = R_{Std} \cdot (\delta^{18}O_v + 1000)$
De même pour l'état d'origine : $1000 \cdot R_0 = R_{Std} \cdot (\delta^{18}O_0 + 1000)$
Ainsi on obtient :

$$\frac{R_v}{R_0} = \frac{1000\, R_v}{1000\, R_0} = \frac{\delta^{18}O_v + 1000}{\delta^{18}O_0 + 1000}$$

En remplaçant R_v/R_0 dans l'équation de Rayleigh, on obtient :

$$\frac{R_v}{R_0} = \frac{\delta^{18}O_v + 1000}{\delta^{18}O_0 + 1000} = \mathbf{f}^{(\alpha-1)}$$

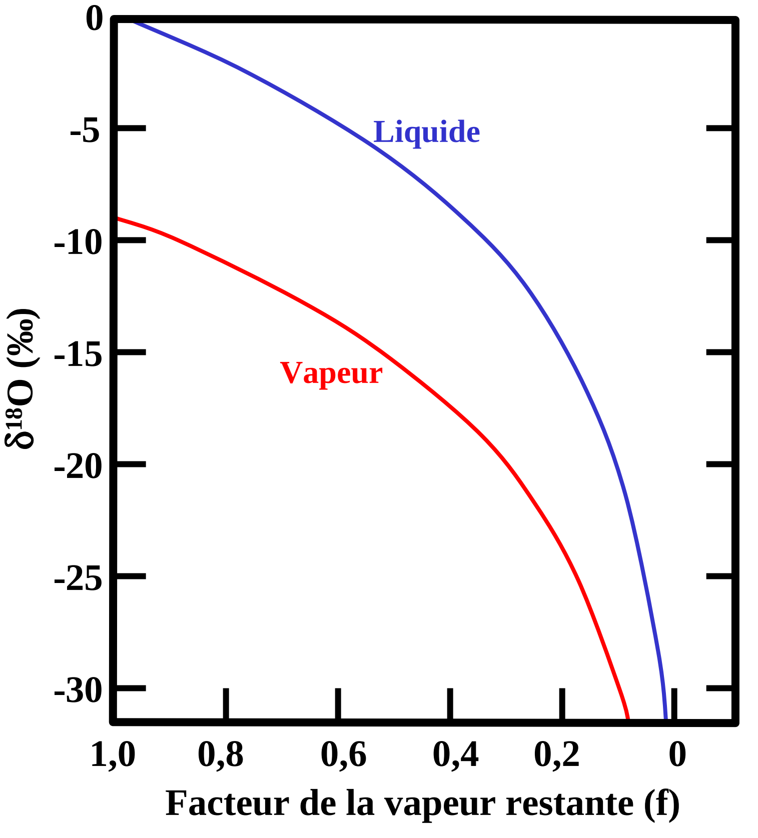
Ce qui permet d 'écrire : $\delta^{18}O_v = (\delta^{18}O_0 + 1000) \cdot f^{(\alpha-1)} - 1000$
De la même manière que ci-dessus on peut écrire

$$\alpha = \frac{R_l}{R_v} = \frac{1000\, R_l}{1000\, R_v} = \frac{\delta^{18}O_l + 1000}{\delta^{18}O_v + 1000}$$

d'où :

$$\delta^{18}O_l = \alpha\, (\delta^{18}O_v + 1000) - 1000$$

ce qui permet de tracer la courbe d'évolution de $\delta^{18}O_l$ à partir de $\delta^{18}O_v$.
La figure 5 illustre le fait que les précipitations deviennent progressivement appauvries en ^{18}O par rapport à l'eau de mer. Etant donné que l'évaporation de l'eau de mer donne une vapeur appauvrie en ^{18}O, l'appauvrissement en cet isotope suite à la condensation de la vapeur, amplifie la différence des signatures isotopiques entre l'eau de mer d'une part les précipitations d'autre part.



Fractionnement des isotopes de l'oxygène durant la condensation de la vapeur d'eau à 25°C selon le modèle de distillation de Rayleigh (α = 1,0092). La valeur de $\delta^{18}O$ de la vapeur initiale est de -9,2 ‰. Le premier produit de la condensation a un $\delta^{18}O$ de 0 ‰. Si la partie condensée est retranchée du système sans évaporation nouvelle, la vapeur restante s'enrichit progressivement en ^{16}O ($\delta^{18}O$ diminue progressivement). L'eau formée par condensation en équilibre avec la vapeur acquiert également des valeurs de $\delta^{18}O$ négatives.

Réponse 9

Nous avons $\Delta = \delta^{18}O_{Pl} - \delta^{18}O_{Cpx} = 6,4 - 5,7 = 0,7$

$\beta = 0,5 \Rightarrow B = 1,58 - 1,09\ (0,5) = 1,035$

L'équation devient :

$0,7 = 0 + 1,035\ 10^6 / T^2$

=> $T^2 = 1,035\ 10^6 / 0,7$

=> $T^2 = 1478571$

=> T = 1216 °K = 1216 - 273,15 = 942 °C