

Definizione **rigorosa** di Mole

- Quantità di sostanza di un sistema che contiene un numero di entità elementari pari al numero di atomi presente in 0.012 kg di carbonio(12).

Quant'è grande questo numero?

$$N_{\text{Avogadro}} = 6.02205 \times 10^{23} \text{ mole}^{-1}$$

Definizione **rigorosa** di u.m.a. = Dalton

- 1 u.m.a. = 1/12 della massa di un atomo di ^{12}C

Definizione **rigorosa** di massa atomica relativa, o Peso Atomico

- Il Peso Atomico è il numero che esprime quante volte la dodicesima parte della massa atomica di ^{12}C è contenuta nella massa atomica dell'elemento in questione

Definizione **Pratica** di Mole (I)

- Quantità di sostanza di un particolare individuo chimico che contiene un N_{AV} di unità elementari

Definizione **Pratica** di Mole (II)

- Una mole corrisponde alla quantità in grammi di un individuo chimico **numericamente** uguale al suo peso atomico (o molare)

Mole: è il numero di atomi contenuti in 0.012 kg di ^{12}C

U.m.a.: unità di massa atomica (1.66×10^{-24} g)
1/12 della massa di un atomo di ^{12}C

Originariamente:

- 1 u.m.a.: ‘peso’ di un atomo di H $\sim 1.66 \times 10^{-24}$ g
(poi...scoperta di Deuterio e Trizio...)
- 1 u.m.a.: 1/16 ‘peso’ di un atomo di ossigeno
(poi...scoperta di ^{17}O e ^{18}O)
- 1 u.m.a.: 1/12 della **massa** di un atomo di ^{12}C , contenente 6 protoni, 6 neutroni e 6 elettroni

Quindi, la **massa** di un atomo di ^{12}C vale 12 u.m.a, ovvero
 $12 \times 1.66 \times 10^{-24}$ g

Quanti atomi di ^{12}C ci sono in 0.012 kg di ^{12}C ?

$N(\text{atomi}) = \text{massa del campione} / \text{massa di un atomo di } ^{12}\text{C}$

$= 12 \text{ g di un atomi di } ^{12}\text{C} / 12 \times 1.6605 \times 10^{-24} \text{ g} = 6.022 \times 10^{23}$

Questo è il numero di Avogadro!

Peso Atomico = **Massa media** degli atomi
di un elemento presenti in un campione naturale

Peso Atomico Relativo =
Massa media di un atomo (in abbondanza naturale) / u.m.a.

$$\text{Peso Atomico} \sim \sum m(p^+) + \sum m(n^0) + \sum m(e^-)$$

Ove $m(e^-) / m(p^+) = 1/1836$ e $m(n^0) / m(p^+) = 1.0014$

~ 0 u.m.a

~ 1 u.m.a

$$m(e^-) = 9.1096 \times 10^{-28} \text{ g} \quad m(p^+) = 1.6726 \times 10^{-24} \text{ g} = 1.00728 \text{ uma}$$
$$m(n^0) = 1.6749 \times 10^{-24} \text{ g} = 1.00866 \text{ uma}$$

Quindi, i pesi atomici relativi sono circa degli interi [$\sim n(p^+ + n^0)$]

Ma: ^{35}Cl 75.53%
e ^{37}Cl 24.47% $\text{PAR} = 0.7553 \times 35 + 0.2447 \times 37 = 35.49$
(sperimentale: 35.47)

Ma: ^{50}Cr 4.31%
 ^{52}Cr 83.76%
 ^{53}Cr 9.55%
e ^{54}Cr 2.38% $\text{PAR} = \sum_i (\text{nucleoni})_i (\%)_i = 52.06$
(sperimentale: 52.00)

Definizione pratica di mole:

Una mole corrisponde ad un Numero di Avogadro di entità.

Per ottenere una mole di un qualsiasi elemento, basta pesare una massa in grammi pari al suo peso atomico, espresso in u.m.a.

1 mole di Magnesio (P.A. 24.31 uma) corrisponde a 24.31 g di Mg

Il P.A = 24.31 uma diventa 24.31 g/mole (Massa Molare)

Per un elemento:

Massa Molare = Peso Atomico relativo espresso in g/mole

Per un composto A_nB_m :

Massa Molare = \sum_i (masse molari atomiche)_i in g/mole

‘Peso Molecolare’ (A_nB_m) = P.A.R.(A) x n + P.A.R.(B) x m

Passaggio fondamentale:

GRAMMI \longleftrightarrow MOLI (proprietà estensive)

Grandezza FISICA

Grandezza CHIMICA

Moli = **grammi** / **PM** ovvero **grammi** = **Moli** x **PM**

Dimensioni di PM: *uma* *o dalton* *o g/mole*

Nelle reazioni chimiche, si conservano le masse (g)
ma NON LE MOLI!

Es: Quante moli ci sono in 7.12 g di NaCl?

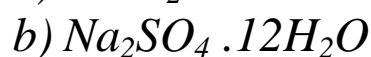
$$PM(\text{NaCl}) = 23.99 + 35.45 = 58.44 \text{ g/mole}$$

$$\text{Moli} = 7.12 \text{ g} / 58.44 \text{ g/mole} = 0.123 \text{ moli}$$

Es. A quanti grammi corrispondono 10.7 moli di argento?

$$\text{Grammi}(\text{Ag}) = PA(\text{Ag}) \times \text{moli}(\text{Ag}) = 107.87 \times 10.7 = 11.5 \text{ kg}$$

Calcolare il peso molecolare (MASSA MOLARE) di:



↙
peso formula
massa molecolare
peso molare

$$\text{a) } 1 \times PA(\text{Ca}) + 2 \times PA(\text{Cl}) = 40.08 + 2 \times 35.45 = 110.98 \text{ g/mole}$$

$$\begin{aligned} \text{b) } & 2 \times PA(\text{Na}) + PA(\text{S}) + 4 \times PA(\text{O}) + 12 \times \mathbf{PM}(\text{H}_2\text{O}) = \\ & 2 \times 22.99 + 32.06 + 4 \times 16.00 + 12 \times 18.02 = 358.28 \text{ g/mole} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) } & PA(\text{Ag}) + 2 \times PA(\text{N}) + 6 \times PA(\text{H}) + PA(\text{Cl}) = \\ & 107.87 + 2 \times 14.01 + 6 \times 1.01 + 35.45 = 177.40 \text{ g/mole} \end{aligned}$$

**N.B. E' buona norma utilizzare 2 decimali
per Pes Atomici e Molecolari!**

Percentuale in Peso (Analisi Quantitativa)

Per una specie $A_nB_mC_p$: con peso molecolare $PM(A_nB_mC_p)$ noto

$$\% \text{ in peso di A} = n \times PA(A) / PM(A_nB_mC_p) \times 100$$

$$\% \text{ in peso di B} = m \times PA(B) / PM(A_nB_mC_p) \times 100$$

$$\% \text{ in peso di C} = p \times PA(C) / PM(A_nB_mC_p) \times 100$$

ovviamente: $\sum_i (\% \text{ in peso})_i = 100\%$

Es.: Quanto zolfo c'è in SO_3 ?

$$\begin{aligned} \% S &= 1 \times PA(S) / PM(SO_3) \times 100 = \\ &= 32.06 / [32.06 + 3 \times 16.01] = 40.02\% \end{aligned}$$

Es.: Quanto potassio c'è in $K_4[Fe(CN)_6]$?

$$\begin{aligned} \% K &= 4 \times PA(K) / PM(K_4[Fe(CN)_6]) \times 100 = \\ &= 4 \times 39.10 / [4 \times 39.10 + 55.85 + 6 \times 12.01 + 6 \times 14.01] = 42.3\% \end{aligned}$$

Es.: Quanta acqua c'è in $Na_2SO_4 \cdot 12H_2O$?

$$\begin{aligned} \% H_2O &= 12 \times PM(H_2O) / PM(Na_2SO_4 \cdot 12H_2O) \times 100 = \\ &= 12 \times 18.02 / 358.28 = 60.4\% \end{aligned}$$

Calcolo della Formula Minima da dati analitici
(percentuali in peso)

*Es.: Un composto ha dato all'analisi chimica i seguenti risultati:
C 76.93%; H 5.12 %; N = 17.95 %. Qual'è la formula più
semplice che ne esprime la composizione?*

Supponiamo di avere 100 g di composto; di essi:

76.93 g sono di C

5.12 g sono di H

17.95 sono di N

Ma: $\text{g/PA} = \text{moli}$, quindi:

$76.93 \text{ g} / 12.01 \text{ g/mole} = 6.405 \text{ moli di C}$

$5.12 \text{ g} / 1.01 \text{ g/mole} = 5.069 \text{ moli di H}$

$17.95 \text{ g} / 14.01 \text{ g/mole} = 1.281 \text{ moli di N}$

la formula è : $\text{C}_{6.405} \text{H}_{5.069} \text{N}_{1.281}$?

Troviamo degli interi semplici tali che:

$6.405 : 5.069 : 1.281 = n_{\text{C}} : n_{\text{H}} : 1$

$n_{\text{C}} = 4.99$ $n_{\text{H}} = 3.96$

la formula cercata è : $\text{C}_5 \text{H}_4 \text{N}$

In forma tabulare:

Elemento	%	PA	Moli	Moli'	Nintero
C	76.93	12.01	6.405	4.999	5
H	5.12	1.01	5.069	3.956	4
N	17.95	14.01	1.281	1.000	1

Es.: Un ossido di ferro possiede il 72.80 % di Fe. Che formula minima possiede?

Elemento	%	PA	Moli	Moli'	Nintero
Fe	72.80	55.85	1.303	1.000	3
O	27.20	16.01	1.699	1.300	4

L'ossido di Ferro è Fe_3O_4 (magnetite).

*Es. Un solfato di potassio e cromo ha dato all'analisi i seguenti risultati: K 7.82 %; Cr 10.41 %; SO_4^{2-} 38.4 %; H_2O 43.3 %.
Calcolare la formula minima.*

Elemento	%	PA o PM	Moli	Moli'	Nintero
K^+	7.82	39.1	0.20	1.00	1
Cr^{3+}	10.41	52.01	0.20	1.00	1
SO_4^{2-}	38.4	98.06	0.392	1.96	2
H_2O	43.3	18.02	2.40	2.40	12

La formula cercata sarà: $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

*Es. Un solfuro di antimonio contiene 0.962 g di S e 2.435 g di Sb.
Calcolare la formula minima.*

Elemento	grammi	PA	Moli	Moli'	Nintero
S	0.962	32.01	0.030	1.50	3
Sb	2.435	121.75	0.020	1.00	2

La formula cercata sarà: Sb_2S_3

Differenti tipi di formule chimiche

- Formula MINIMA o BRUTA
Analisi Chimica / Rapporto Molare interno
- Formula MOLECOLARE
Formula Minima + Peso Molecolare
- Formula di Struttura (alla Lewis)
Connettività Molecolare, Spettroscopia, Raggi X

Esempi	(1)	(2)	(3)
Acqua	H ₂ O	H ₂ O	H-O-H (angolare)
Acetilene	CH	C ₂ H ₂	H - C ≡ C - H
Benzene	CH	C ₆ H ₆	Esagonale, mesomero
Butenino	CH	C ₄ H ₄	H - C ≡ C - CH = CH ₂

[Altri esempi C₆H₆ su *Dickerson, Gray, Height*, p.42]

Formaldeide	CH ₂ O	CH ₂ O	H ₂ C=O
Acido Acetico	CH ₂ O	C ₂ H ₄ O ₂	CH ₃ COOH
2-idrossietanale	CH ₂ O	C ₂ H ₄ O ₂	O=CH - CH ₂ OH
Glucosio	CH ₂ O	C ₆ H ₁₂ O ₆	complessa
Saccarosio	≈ CH ₂ O	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	complessa
Nicotina	C ₅ H ₇ N	C ₅ H ₇ N	complessa

Miscela e purezza di un campione

A) Dall'analisi elementare si può calcolare la purezza

*Es.: Un campione di HgS impuro contiene il 78.47% di Hg.
Trovare la purezza di HgS in percentuale.*

Ipotesi: HgS Incognito = 100 g, di cui 78.47 sono di Hg.

$78.47 \text{ g} / 200.59 \text{ g/mole} = 0.391 \text{ moli di Hg,}$
che sono anche le moli di S
 $\text{g(S)} = 0.391 \text{ moli} \times 32.06 \text{ g/mole} = 12.54 \text{ g S}$

quindi, i grammi di HgS sono $78.47 + 12.54 = 91.01 \text{ g HgS}$

Quindi , la purezza è del 91.01 %

B) Dalla purezza si può calcolare il contenuto percentuale

Es.: Un campione di Cu_2S è puro al 67.0%. Quanto rame posso estrarre da 1.30 kg di campione? Qual è la percentuale di rame nel campione?

$1.38 \text{ kg} \times 0.67 = 0.925 \text{ kg (Cu}_2\text{S)} = 925 \text{ g}$

$925 \text{ g} / 159.16 \text{ g/mole [PM]} = 5.81 \text{ moli Cu}_2\text{S}$

che contengono $5.81 \times 2 \text{ moli di Cu} = 11.62 \text{ moli di Cu,}$
equivalenti a $11.62 \times \text{PA(Cu)} = 738 \text{ g Cu}$

$738 \text{ g Cu in } 1380 \text{ g di campione} = \mathbf{53 \% \text{ di rame.}}$

*Es. Siano dati: a) 3 g di KCl al 50% , b) 2 g di K_2SO_4 al 97% e c)
5 g di KOH al 24 %. Quale dei tre campioni contiene più
potassio? [a = 0.887 g; b = 0.870 g; c = 0.836 g]*