

L'atomo

Gli atomi sono per convenzione le unità costituenti le sostanze.

Queste possono essere costituite da atomi di una sola specie atomica e allora si chiamano **sostanze elementari**; oppure da atomi di specie diverse e allora si chiamano sostanze composte o **composti**.

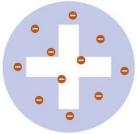
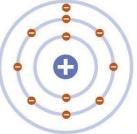
Le sostanze costituiscono la materia, cioè tutto ciò che ha massa.

Capire come sia fatto l'atomo è fondamentale per capire perché la materia è fatta come la osserviamo!!!

10

A History of the Atom: Theories and Models

How have our ideas about atoms changed over the years? This graphic looks at atomic models and how they developed.

Solid sphere model	Plum pudding model	Nuclear model	Planetary model	Quantum model
				
John Dalton	J.J. Thomson	Ernest Rutherford	Niels Bohr	Erwin Schrödinger
 1803	 1904	 1911	 1913	 1926
Dalton drew upon the Ancient Greek idea of atoms (the word 'atom' comes from the Greek 'atomos' meaning indivisible). His theory stated that atoms are indivisible, those of a given element are identical, and compounds are combinations of different types of atoms.	Thomson discovered electrons (which he called 'corpuscles') in atoms in 1897, for which he won a Nobel Prize. He subsequently produced the 'plum pudding' model of the atom. It shows the atom as composed of electrons scattered throughout a spherical cloud of positive charge.	Rutherford fired positively charged alpha particles at a thin sheet of gold foil. Most passed through with little deflection, but some deflected at large angles. This was only possible if the atom was mostly empty space, with the positive charge concentrated in the centre: the nucleus.	Bohr modified Rutherford's model of the atom by stating that electrons moved around the nucleus in orbits of fixed sizes and energies. Electron energy in this model was quantised; electrons could not occupy values of energy between the fixed energy levels.	Schrödinger stated that electrons do not move in set paths around the nucleus, but in waves. It is impossible to know the exact location of the electrons; instead, we have 'clouds of probability' called orbitals, in which we are more likely to find an electron.
 Recognised that atoms of a particular element differ from other elements.	 Recognised electrons as components of atoms.	 Realised that positive charge was localised in the nucleus of an atom.	 Proposed stable electron orbits; explained the emission spectra of some elements.	 Shows electrons don't move around the nucleus in orbits, but in clouds where their position is uncertain.
 Atoms aren't indivisible - they're composed from subatomic particles.	 No nucleus, and didn't explain later experimental observations.	 Did not explain why electrons remain in orbit around the nucleus.	 Moving electrons should emit energy and collapse into the nucleus; model did not work well for heavier atoms.	 Still widely accepted as the most accurate model of the atom.

www.compoundchem.com © Andy Brunning/Compound Interest 2023 | Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives licence.

11

L'atomo

Il **protone**, il **neutrone** ed l'**elettrone** sono le tre particelle subatomiche che costituiscono l'atomo.

Il raggio di un atomo è dell'ordine di 1 \AA (10^{-10} m).

Il nucleo ha un raggio di $\sim 10^{-5} \text{ \AA}$.

Il nucleo è costituito da neutroni e protoni (nucleoni).

Il neutrone non ha carica e la sua massa è $1,675 \times 10^{-27} \text{ Kg}$.

Il protone ha una carica positiva di $1,6022 \times 10^{-19} \text{ C}$ e una massa di $1,673 \times 10^{-27} \text{ Kg}$.

L'elettrone ha carica uguale e di segno opposto al protone; la sua massa è $9,1095 \times 10^{-31} \text{ Kg}$.

12

I nuclidi

Il numero di protoni presenti nel nucleo di un atomo viene definito come **numero atomico Z**.

La somma dei neutroni e dei protoni presenti nel nucleo di un atomo viene definito **numero di massa A**.

Un nuclide è un atomo caratterizzato dal **numero atomico Z** (numero di protoni) e dal **numero di massa A** (numero di neutroni e di protoni).

$\begin{matrix} A \\ Z \end{matrix}$ Simbolo

Il nuclide neutro ha un numero di elettroni uguale a quello di protoni.



Na 11 protoni 11 elettroni 12 neutroni

Na⁺ 11 protoni 10 elettroni 12 neutroni

13

Gli isotopi

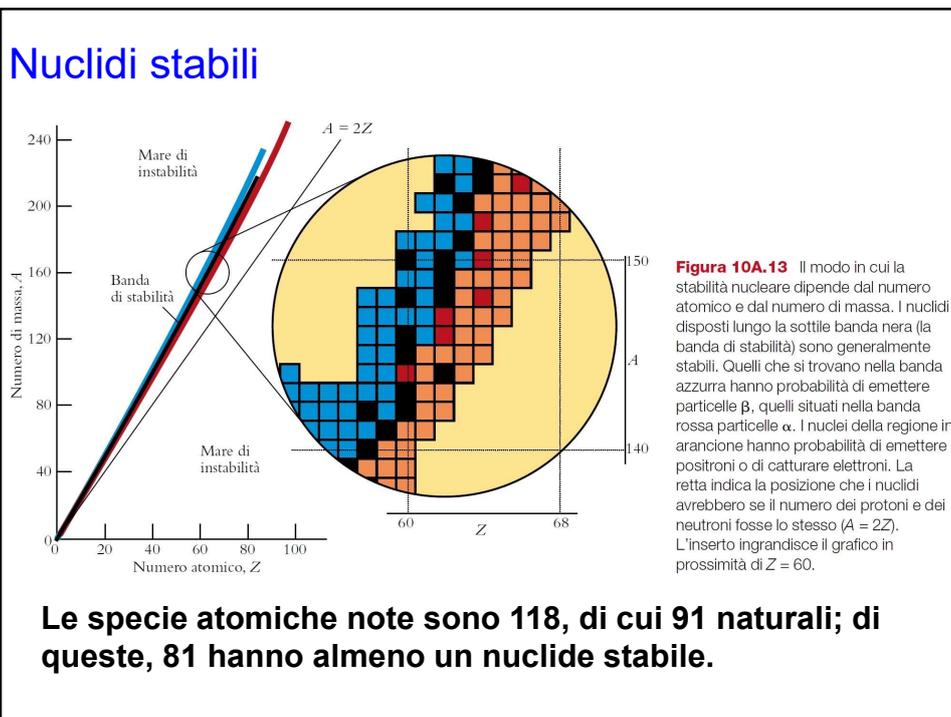
Nuclidi con lo stesso Z ma differente A possono esistere e si chiamano **isotopi**.

Una stessa specie atomica ha, di norma, diversi isotopi. Si parla di miscela isotopica naturale la composizione dei vari nuclidi di un dato elemento presente in natura.

Alcuni nuclidi sono stabili, altri sono instabili (radioattivi) e decadono attraverso una reazione nucleare. La composizione del nucleo in termini di protoni e neutroni determina la stabilità del nuclide.

I diversi **isotopi** di uno stesso elemento hanno **uguali proprietà chimiche** e **diverse proprietà fisiche**.

14



15

Tavola Periodica degli elementi

Gruppi

- Metalli Alcalini
- Metalli Alcalino-Terrosi
- Lantanidi
- Attinidi
- Elementi di Transizione
- Metalloidi / Non Metalli
- Alogeni
- Gas Nobili

Proprietà di un elemento (es. Idrogeno):

- Numero Atomico: 1
- Peso Atomico: 1,00794
- Valenza: 1
- Densità (g/cm³): 0,08988
- Temp. Fusione (°C): -252,87
- Temp. Ebollizione (°C): -252,87
- Nome: Idrogeno
- Simbolo: H
- Numero di Ossidazione: +1

STATI DI AGGREGAZIONE A 20 °C

- SOLIDI
- LIQUIDI
- GASSOSI
- ARTIFICIALI

Serie dei Lantanidi

Serie degli Attinidi

16

P.E. Lecoq C. Winkler

Alluminio		Silicio	
13	27	14	28
31	69,72	32	72,59
+3	3,2	+4	4,3
Gallio		Germanio	
31	69,72	32	72,59
5,93	29,7	5,46	5,61
2347	2247	957,8	2834

Francia vs Germania

17



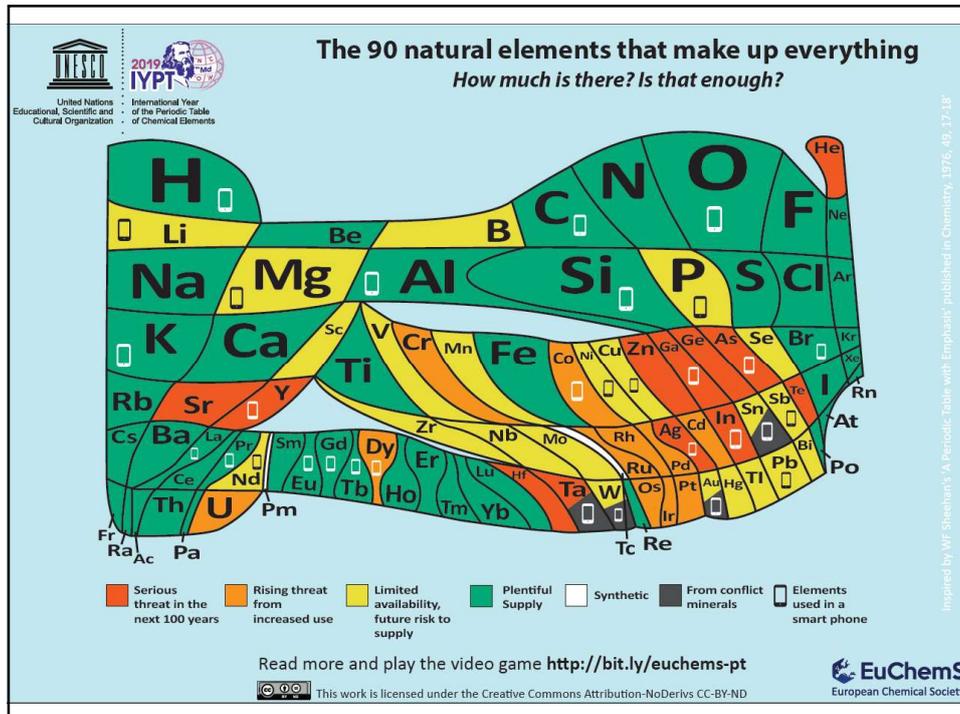
Ytterbium & Lutetium



70	173,04	71	174,967
+3	3,2	+3	3
8,97	9,84	8,84	1662,9
823,9	3395	1662,9	3395
1194			
Yb		Lu	
Itterbio		Lutezio	

Aldebaranium & Cassiopeium

18



19

La mia prima domanda riguarda le macchine elettriche e la loro diffusione.

Sono sempre stata convinta che la loro diffusione risolverebbe gran parte del problema del riscaldamento globale riducendo le emissioni di CO₂. Molti sostengono però che, poiché per fabbricarle sono necessarie grandissime quantità di materiali come il litio e il cobalto che sono presenti in quantità finite, non sarebbero un'alternativa "sostenibile". Oggi Lei ha fatto notare anche l'impatto sociale della ricerca di determinate risorse, che io onestamente avevo sempre ignorato. A maggior ragione, il mio dubbio persiste: il gioco vale la candela?

Diritti Umani

EMERGENZA COOPERAZIONE PROFUGHI DIRITTI UMANI IMMIGRAZIONE VOLONTARIATO

Congo, bambini in miniera ad estrarre cobalto per cellulari, tablet, computer e auto

Da *Nigeria.it*. Un'indagine di *Amnesty International* e *Afrewatch*, che coinvolge i principali marchi di elettronica e case automobilistiche. Al centro del business è una società cinese, la *Congo Dongfang Mining International*. Su 16 aziende indagate solo una ha emesso la provenienza del materiale. Le altre hanno detto di non saperlo. Centinaia di morti all'anno

di MARCO SIMONCELLI

ABBONATI A Rsp 27 gennaio 2016

f
t
in
p

ROMA - Tutti noi oggi facciamo largo uso di cellulari, tablet, computer portatili e altri dispositivi elettronici portatili e tutti noi spesso imprecisamente e senza la giusta consapevolezza e causa della scarsa durata delle batterie ai loro ricaricabili che li fanno funzionare. Pochi di noi però hanno la consapevolezza del fatto che il cobalto, elemento grazie al quale si riesce a produrre quelle batterie, viene ottenuto attraverso il lavoro schiavistico e inumano di adulti e



Morti sul lavoro e paghe da fame: il cobalto "sporco" nel cuore dell'auto pulita del futuro

Tesla pronta a rinunciare all'uso del metallo nelle batterie per le vetture elettriche dopo le denunce in America per lo sfruttamento di minorenni nelle miniere del Congo, da cui arriva il 60% della produzione mondiale. Nel mirino delle cause anche Apple, Dell, Google e Microsoft ma l'addio al minerale di cui la Cina controlla gran parte del commercio e giacimenti non sarà facile

20

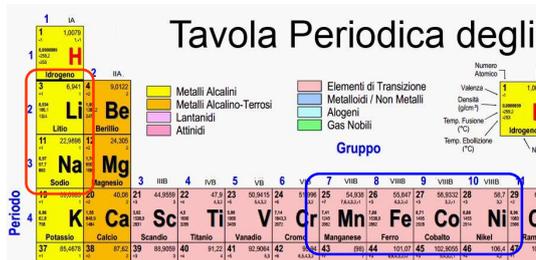
La mia prima domanda riguarda le macchine elettriche e la loro diffusione.

Sono sempre stata convinta che la loro diffusione risolverebbe gran parte del problema del riscaldamento globale riducendo le emissioni di CO₂. Molti sostengono però che, poiché per fabbricarle sono necessarie grandissime quantità di materiali come il litio e il cobalto che sono presenti in quantità finite, non sarebbero un'alternativa "sostenibile". Oggi Lei ha fatto notare anche l'impatto sociale della ricerca di determinate risorse, che io onestamente avevo sempre ignorato. A maggior ragione, il mio dubbio persiste: il gioco vale la candela?

Na per Li
Mn, Fe, Ni per Co



RECYCLING !!!!



21

La mia prima domanda riguarda le macchine elettriche e la loro diffusione.

Sono sempre stata convinta che la loro diffusione risolverebbe gran parte del problema del riscaldamento globale riducendo le emissioni di CO₂. Molti sostengono però che, poiché per fabbricarle sono necessarie grandissime quantità di materiali come il litio e il cobalto che sono presenti in quantità finite, non sarebbero un'alternativa "sostenibile". Oggi Lei ha fatto notare anche l'impatto sociale della ricerca di determinate risorse, che io onestamente avevo sempre ignorato. A maggior ragione, il mio dubbio persiste: il gioco vale la candela?

Electric Vehicles Smart Fleets



Electric Unmanned aerial vehicles



22

La mia prima domanda riguarda le macchine elettriche e la loro diffusione.

Sono sempre stata convinta che la loro diffusione risolverebbe gran parte del problema del riscaldamento globale riducendo le emissioni di CO₂. Molti sostengono però che, poiché per fabbricarle sono necessarie grandissime quantità di materiali come il litio e il cobalto che sono presenti in quantità finite, non sarebbero un'alternativa "sostenibile". Oggi Lei ha fatto notare anche l'impatto sociale della ricerca di determinate risorse, che io onestamente avevo sempre ignorato. A maggior ragione, il mio dubbio persiste: il gioco vale la candela?



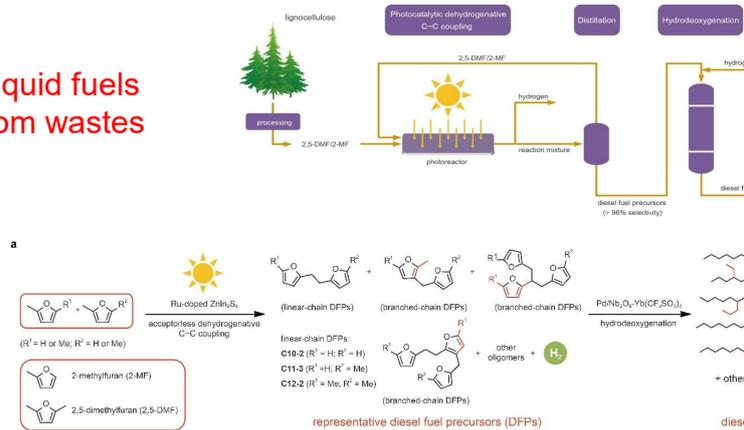
7 hrs 260,000 Kg of batteries

23

La mia prima domanda riguarda le macchine elettriche e la loro diffusione.

Sono sempre stata convinta che la loro diffusione risolverebbe gran parte del problema del riscaldamento globale riducendo le emissioni di CO₂. Molti sostengono però che, poiché per fabbricarle sono necessarie grandissime quantità di materiali come il litio e il cobalto che sono presenti in quantità finite, non sarebbero un'alternativa "sostenibile". Oggi Lei ha fatto notare anche l'impatto sociale della ricerca di determinate risorse, che io onestamente avevo sempre ignorato. A maggior ragione, il mio dubbio persiste: il gioco vale la candela?

Liquid fuels from wastes



24

Massa atomica

I valore sperimentale della massa atomica è inferiore al valore ottenuto dalla somma delle masse di tutte le particelle sub-atomiche che costituiscono l'atomo.

Difetto di massa:

Nella formazione del nucleo (legami tra nucleoni) si libera energia ($E = mc^2$)

Perdita massa ~1%



Non ha difetto massa



ha significativi effetti dovuti a difetto di massa

25

Massa atomica

L'unità di riferimento per la misura della massa degli atomi è l'**unità di massa atomica (uma o Dalton)** definita come 1/12 della massa del nuclide neutro $^{12}_6\text{C}$

Protone 1.007276 uma

Neutrone 1.008665 uma

Elettrone 0.0005486 uma

Massa atomica di ^{10}B

$$5 \times 1.007276 + 5 \times 1.008665 + 5 \times 0.0005486 = 10.0129 \text{ uma}$$

Massa atomica di ^{11}B

$$5 \times 1.007276 + 6 \times 1.008665 + 5 \times 0.0005486 = 11.0093 \text{ uma}$$

26

Massa atomica

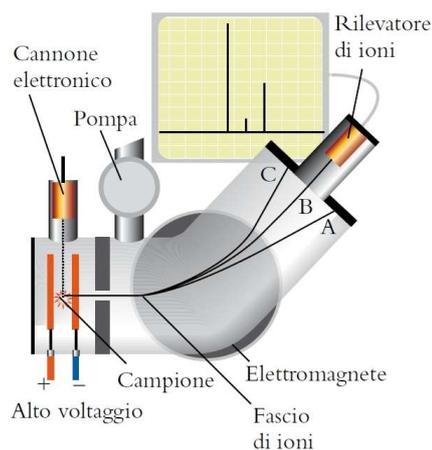


Figura B.5 Per misurare la massa degli atomi si fa uso dello spettrometro di massa. Gli elettroni escono da un cannone elettronico e passano attraverso un campo magnetico, accelerati da una differenza di potenziale. Una pompa rimuove l'aria. Variando l'intensità del campo magnetico la traiettoria degli ioni accelerati passa da A a C. Quando essa coincide con B il rilevatore di ioni invia un segnale al registratore. La massa dello ione è proporzionale all'intensità del campo magnetico necessario a spostare il raggio in posizione tale da colpire il rilevatore.

27

Massa atomica

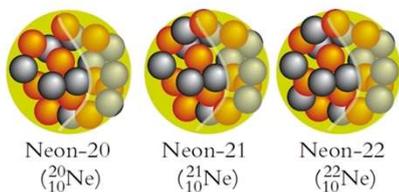
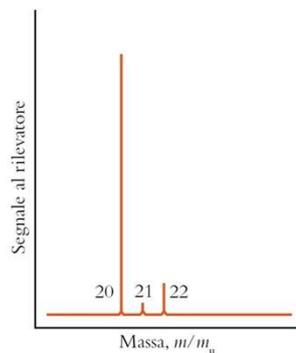


Figura B.7 I nuclei dei diversi isotopi dello stesso elemento hanno lo stesso numero di protoni e diverso numero di neutroni. Questi tre disegni mostrano la composizione del nucleo dei tre isotopi del neon. Su questa scala il diametro dell'atomo misurerebbe pressappoco 1 km. I disegni non tentano di mostrare come sono disposti protoni e neutroni dentro il nucleo.

28

Massa atomica

La **Massa Atomica Relativa** di un elemento è la massa atomica media (pesata rispetto all'abbondanza relativa degli isotopi naturali) dei vari nuclidi neutri di un dato elemento relativa all'uma (dalton).

Es. Il Boro è costituito da ^{10}B al 19.91% e da ^{11}B al 80.09%. La massa di ^{10}B è 10.0129 uma e la massa di ^{11}B 11.0093 uma.

$$M_{\text{B}} = 10.0129 * \frac{19.91}{100} + 11.0093 * \frac{80.09}{100} = 10.81\text{uma}$$

29

Esempi: massa atomica

La massa **atomica** dell'idrogeno è

$$1.007825 \times 0.99985 + 2.0140 \times 0.00015 = 1.00797 \text{ uma}$$

La massa **atomica** del carbonio è

$$12.00000 \times 0.9889 + 13.00335 \times 0.0111 = 12.0111 \text{ uma}$$

La massa **atomica** del cloro è

$$34.969 \times 0.758 + 36.966 \times 0.242 = 35.452 \text{ uma}$$

Isotopo	Abbondanza in natura	Massa atomica dell'isotopo
^{35}Cl	75,8%	34,969 u
^{37}Cl	24,2%	36,966 u

30

Isotopi naturali

Nuclide	Massa relativa	% di nuclidi
^1H	1,007825	99,985
^2H	2,014102	0,015
^3He	3,016030	$\sim 10^{-4}$
^4He	4,002604	~ 100
^6Li	6,015126	7,42
^7Li	7,01605	92,58
^9Be	9,012186	~ 100
^{10}Be	10,013535	tracce
^{10}B	10,012939	19,6
^{11}B	11,009305	80,4
^{11}C	11,011433	tracce
^{12}C	12,	98,89
^{13}C	13,003354	1,11
^{14}C	14,003142	tracce

^1_1H Prozio

^2_1H Deuterio

^3_1H Trizio

Radioattivo

31

Il mio secondo dubbio era sulla massa atomica relativa. Mi chiedevo come fosse possibile che, nonostante l'attività dell'uomo, eventi come bombe atomiche e altro, si riuscissero a mantenere costanti le proporzioni delle quantità dei diversi isotopi.



Massa terrestre
 5.972×10^{24} kg



Massa Little Boy
 4.037×10^3 kg

- In natura avvengono continuamente reazioni nucleari a causa di fenomeni naturali
- Le masse atomiche relative vengono continuamente aggiornate perché non sono costanti universali ma risultato di misurazioni.

32

Massa molecolare

Una molecola è costituita da diversi atomi legati assieme: la **massa molecolare** è la somma delle masse atomiche di tutti gli atomi che costituiscono una molecola

La massa molecolare di Na_2CO_3 è data da
 $2 \times 22.99 + 12.01 + 3 \times 16.00 = 105.99$ uma

La massa molecolare di H_2O è data da
 $2 \times 1.01 + 16.00 = 18.02$ uma

33

Numero di Avogadro e concetto di mole

Il numero di atomi presenti in 12 g di ^{12}C (6.022×10^{23})
è chiamato **Numero** (o costante) **di Avogadro (N_A)**

La **Mole** è una unità di quantità di sostanza che contiene un
Numero di Avogadro di entità elementari quali atomi,
molecole, elettroni etc. (grandezza estensiva).

34

Conversione uma e g

Dalla definizione di uma sappiamo che

$$\boxed{\text{Massa di un atomo di } ^{12}\text{C in uma}} = 12 \text{ uma}$$

Dalla definizione di mole si ricava che

$$\boxed{\text{Massa di un atomo di } ^{12}\text{C in g}} = \frac{12}{N_A} \text{ g}$$

L'equivalenza è pertanto:

$$12 \text{ uma} = \frac{12}{N_A} \text{ g}$$

$$1 \text{ uma} = \frac{1}{N_A} \text{ g}$$

$$1 \text{ g} = N_A \text{ uma}$$

35

Massa molare

Si definisce massa molare la massa di 1 mole di particelle. Detta MM la massa molare e P la massa di una singola particella:

$MM \text{ (g/mol)} = N_A \cdot P \text{ (g)}$ dove N_A è il numero di Avogadro

Ricordando l'equivalenza tra uma e g possiamo scrivere

$$P \text{ (g)} = \frac{1}{N_A} P \text{ (uma)}$$

e quindi

$$MM \text{ (g/mol)} = N_A \frac{1}{N_A} P \text{ (uma)} = P \text{ (uma)}$$

La massa molare espressa in g/mol è numericamente uguale alla massa atomica / molecolare espressa in uma.

36

Esempi: mole

2 mol di O_2 significa:

$$2 \text{ (mol)} \times 6.022 \times 10^{23} \text{ (molecole/mol)} = 12.04 \times 10^{23} \text{ molecole di } O_2$$

A quante moli di Zn corrispondono 10^9 atomi di Zn ?

$$\text{Moli di Zn} = \boxed{\text{Moli di Zn corrispondenti ad un atomo di Zn}} \times \boxed{\text{Numero totale di atomi di Zn}}$$

$$\begin{aligned} \text{mol}_{Zn} &= \frac{1}{N_A} \left(\frac{1}{\text{atomi/mol}} \right) * 10^9 \text{ atomi} \\ &= \frac{1}{6.022 * 10^{23}} \left(\frac{1}{\text{atomi/mol}} \right) * 10^9 \text{ atomi} \\ &= 1.6606 * 10^{-15} \text{ mol} \end{aligned}$$

37

Esercizi

- Calcolare il numero di moli di H_2O contenute in 1.000L di acqua pura.
- Calcolare il numero di atomi Au contenuti in un anello del peso di 4.257g.
- Calcolare quanti grammi di NaCl sono necessari per prelevare 5.834×10^{-2} mol della sostanza desiderata.
- Calcolare il peso di un diamante che contiene 8.459×10^{21} atomi di C