



POLITECNICO
MILANO 1863

1863 POLITECNICO DI MILANO

CORSO DI CHIMICA GENERALE

Ing. Informatica/Automazione/Telecomunicazioni

Introduzione al Corso - A.A. 2024/2025

Docente

Dr. Claudia Pigliacelli

Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica, Politecnico di Milano, via Mancinelli 7, 20131, Milano

Contatti & ricevimento studenti:

- via e-mail: claudia.pigliacelli@polimi.it
- via Teams (previo appuntamento via e-mail)
- in ufficio: via Luigi Mancinelli 7 (previo appuntamento via e-mail)
- [Aula Virtuale](#)



Orario Lezioni

Lunedì 10:15-12:15 **Aula B.4.4 LEZIONE**

Mercoledì 11:15-13:15 **Aula 2.1.2 ESERCITAZIONE**

Lezioni ed esercitazioni saranno erogate **in presenza**.

Lo **streaming** verrà attivato ma, soprattutto per le esercitazioni, la frequenza in presenza è fortemente consigliata.

Gli argomenti delle esercitazioni seguiranno di pari passo le lezioni teoriche.



Informazioni pratiche: testi e materiale



Testi consigliati

Kotz, Treichel, Townsend, Treichel, *Chimica*, Editore: EdiSES, Anno edizione: 2021, ISBN: 978-88-3623-051-8

Atkins-Jones, *Fondamenti di chimica generale*, Editore: Zanichelli, Anno edizione: 2014, ISBN: 9788808636140

Schiavello, Palmisano, *Fondamenti di chimica*, Editore: EdiSES, Anno edizione: 2022, ISBN: 978-88-3623-071-6

Credi, Del Zotto, Gasparotto, Marchetti, D. Zuccacci, *Viaggio nella Chimica*, Editore: EdiSES, Anno edizione: 2023, ISBN: 9788836231119

Caselli, Rizzato, Tessore, *Stechiometria*, Editore: EdiSES, Anno edizione: 2021, ISBN: 978-883623-031-0
Note: eserciziario (non solo di stechiometria)

D'Arrigo, Famulari, Gambarotti, Scotti, *Chimica: Esercizi e Casi Pratici*, Editore: EdiSES, Anno edizione: 2021, ISBN: 978-88-3623-059-4

Note: eserciziario



Informazioni pratiche: testi e materiale

In WeBeep verranno caricati:

- Slides delle lezioni
- Tabelle di riferimento
- Tavola Periodica

Le lezioni verranno registrate e il link alla registrazione verrà inviato agli iscritti al corso.



Calendario accademico 24/25 – semestre I

1° SEMESTRE				SESSIONE D'ESAME		2° SEMESTRE				SESSIONE D'ESAME		VACANZE ESTIVE		SESSIONE D'ESAME	
SETTEMBRE 2024	OTTOBRE 2024	NOVEMBRE 2024	DICEMBRE 2024	GENNAIO 2025	FEBBRAIO 2025	MARZO 2025	APRILE 2025	MAGGIO 2025	GIUGNO 2025	LUGLIO 2025	AGOSTO 2025	SETTEMBRE 2025			
1 MAR	1 VEN	1 DOM	1 MER	1 SAB	1 SAB	1 MAR	1 SAB	1 GIO	1 DOM	1 MAR	1 VEN	1 LUN			
2 MER	2 SAB	2 LUN	2 GIO	2 DOM	2 DOM	2 MER	2 VEN	2 LUN	2 MER	2 MAR	2 SAB	2 MAR			
3 GIO FEST. EBR	3 DOM	3 MAR	3 VEN	3 LUN	3 LUN	3 GIO	3 SAB	3 GIO	3 GIO	3 GIO	3 DOM	3 MER			
4 VEN FEST. EBR	4 LUN	4 MER	4 SAB	4 MAR	4 MAR	4 MER	4 DOM	4 MER	4 MER	4 VEN	4 LUN	4 GIO			
5 SAB	5 MAR	5 GIO	5 DOM	5 MER	5 MER	5 MER	5 SAB	5 LUN	5 GIO	5 SAB	5 MAR	5 VEN			
6 DOM	6 MER	6 VEN PATR. LECCO	6 LUN	6 GIO	6 GIO	6 GIO	6 DOM	6 DOM	6 VEN	6 DOM	6 MER	6 SAB			
7 LUN	7 GIO	7 DOM	7 MAR	7 VEN	7 VEN	7 VEN	7 MAR	7 MER	7 SAB	7 LUN	7 GIO	7 DOM			
8 MAR	8 VEN	8 DOM	8 MER	8 GIO	8 GIO	8 GIO	8 SAB	8 MAR	8 GIO	8 MAR	8 VEN	8 LUN			
9 MER TERRIT.	9 SAB	9 LUN	9 GIO	10 VEN	10 VEN	9 DOM	9 DOM	9 MER	9 VEN	9 MER	9 SAB	9 MAR			
10 GIO MILANO	10 DOM	10 MAR TERRIT.	10 SAB	11 MER MILANO	11 MER MILANO	10 LUN	10 LUN	10 GIO	10 SAB	10 MAR	10 DOM	10 MER			
11 VEN	11 LUN	11 MAR	12 GIO	12 DOM	12 DOM	11 MAR	11 MAR	11 VEN	11 MER	11 VEN	11 LUN	11 GIO			
12 SAB FEST. EBR	12 MAR	13 MER	13 VEN	13 LUN	13 LUN	13 GIO	12 MER	12 MER	12 SAB	12 GIO	12 MAR	12 VEN			
13 DOM	13 MER	14 LUN	14 GIO	14 SAB	14 MAR	14 VEN	13 GIO	13 GIO	13 DOM	13 VEN	13 DOM	13 MER			
14 LUN	15 VEN	15 MAR	15 VEN	15 DOM	15 MER	15 SAB	15 SAB	14 VEN	14 LUN	14 LUN	14 GIO	14 VEN			
15 MAR	16 SAB	16 LUN	16 LUN	16 GIO	16 DOM	16 DOM	16 DOM	16 MER	15 DOM	15 MAR	15 VEN	15 SAB			
16 MER	17 GIO FEST. EBR	17 DOM	17 MAR	17 VEN	17 LUN INIZIO 2 SEM.	17 LUN	17 LUN	17 GIO FEST. EBR	17 SAB	17 MAR	17 GIO TERRIT.	17 DOM			
16 LUN INIZIO 1 SEM.	17 MAR	18 VEN FEST. EBR	18 LUN	18 MER	18 SAB	18 MAR	18 MAR	18 VEN FEST. EBR	18 MER	18 MAR	18 VEN	18 LUN			
17 MAR	18 VEN FEST. EBR	19 SAB	19 MAR	19 GIO	19 DOM	19 MER	19 MER	19 SAB	19 LUN	19 GIO	19 SAB	19 MAR			
18 MER	19 SAB	19 MAR	19 GIO	20 VEN FINE 1 SEM.	20 LUN	20 GIO	20 GIO	20 DOM	20 MAR	20 VEN	20 DOM	20 MER			
19 GIO	20 DOM	20 MER	20 MER	20 VEN	21 LUN	21 VEN	21 VEN	21 LUN LUN. ANGELO	21 MER	21 LUN	22 MAR	21 GIO			
20 VEN	21 LUN	21 GIO	21 GIO	21 SAB	21 MAR	21 VEN	22 SAB	22 MAR	22 GIO	22 DOM	22 MAR	22 VEN			
21 SAB	22 DOM	22 MAR	22 VEN	22 DOM	22 MER	23 GIO	23 DOM	23 MER	23 VEN	23 LUN	23 MER	23 SAB			
22 DOM	23 MER	23 SAB	23 LUN	23 LUN	24 MAR	24 VEN	24 LUN	24 GIO	24 SAB	24 MAR	24 GIO	24 DOM			
23 LUN	24 GIO FEST. EBR	24 DOM	24 MAR	25 MER NATALE	25 SAB	25 MAR	25 MAR	25 VEN	25 DOM	25 MER	25 VEN	25 LUN			
24 GIO FEST. EBR	25 VEN FEST. EBR	25 LUN	25 MER	25 GIO	26 DOM	26 MER	26 MER	26 SAB	26 LUN	26 GIO	26 SAB	26 MAR			
25 MER	26 SAB	26 MAR	26 GIO	27 VEN	27 LUN	27 GIO	27 GIO	27 DOM	27 MAR	27 VEN	27 DOM	27 MER			
26 GIO TERRIT.	27 DOM	27 MER	27 VEN	28 SAB	28 MAR	28 VEN	28 VEN	29 SAB	28 MER	28 SAB	28 LUN	28 GIO			
27 VEN	28 LUN	28 GIO	28 SAB	29 DOM	29 MER	29 MER	29 MER	29 DOM	29 GIO	29 MAR	29 VEN	29 MER			
28 SAB	29 MAR	29 VEN	29 DOM	30 LUN	30 GIO	30 GIO	30 GIO	30 DOM	30 MER	30 VEN	30 MER	30 SAB			
29 DOM	30 MER	30 SAB	30 LUN	31 MAR	31 VEN	31 LUN	31 LUN	31 LUN FINE 2 SEM.	31 SAB	31 LUN	31 GIO	31 DOM			
30 LUN	31 GIO														

LEZIONE

ESAMI

PROVE IN ITINERE

ALTRÉ ATTIVITÀ

LAUREE MAGISTRALI

LAUREE 1° LIVELLO

SABATO

FESTIVITÀ

VACANZE

TERRIT. = POLI TERRITORIALI (CREMONA, MANTOVA, PIACENZA, LECCO)
MILANO = POLI DI MILANO (LEONARDO, BOVISA CANDIANI, BOVISA DURANDO)



Calendario accademico 24/25 - semestre I

Sospensione delle lezioni da calendario accademico che interessano il corso: **11 - 13 novembre 2024**

Calendario Settembre 2024

Data	Aula	n. Ore	Tipo Lezione	Argomento	Prof.
SEP 16 Lun	B.4.4	2 10.15 12.15	Lezione	Lezione 1: Introduzione alla Chimica	C. Pigliacelli
SEP 18 Mer	2.1.2	2 11.15 13.15	Lezione	Lezione 2: Teoria atomica della materia	C. Pigliacelli
SEP 23 Lun	B.4.4	2 10.15 12.15	Lezione	Lezione 3: Struttura elettronica	C. Pigliacelli
SEP 25 Mer	2.1.2	2 11.15 13.15	Esercitazione	Esercitazione 1: Stechiometria	C. Pigliacelli
SEP 30 Lun	B.4.4	2 10.15 12.15	Lezione	Lezione 4: I legami chimici	C. Pigliacelli



Modalità d'esame

- 4 appelli d'esame, nelle date stabilite dal calendario della scuola:
 - 1° Gennaio/Febbraio
 - 2° e 3° Giugno/Luglio
 - 4° Agosto/Settembre
- 2 prove in itinere che, qualora risultino entrambe sufficienti, permettono di superare l'esame; Prima prova in itinere: **12 NOVEMBRE**
- L'esame consiste in una prova scritta costituita da domande (teoriche o esercizi) a risposta multipla e domande (teoriche o esercizi) a risposta aperta. La prova si intende superata con una votazione maggiore o uguale a 18. L'orale è facoltativo e può essere richiesto dagli studenti che hanno superato la prova scritta inviando comunicazione scritta al docente. Il docente si riserva di convocare gli studenti per l'orale nel caso in cui ci fosse necessità di verificare/confermare il voto dello scritto.
- In ogni caso, lo scritto conterrà sia domande teoriche, sia esercizi numerici, analoghi a quanto svolto durante le esercitazioni, e riguarderà tutto il programma svolto in modo da verificare sia i concetti di base, sia la capacità di applicarli numericamente in semplici casi.
- E' consentito ritirarsi durante le prove scritte entro la prima ora.



Obiettivi del corso

L'insegnamento articolato in due parti:

La prima (struttura atomica e molecolare, fondamenti di termochimica e di termodinamica) fornisce i concetti di base per lo studio della struttura e delle trasformazioni fisiche della materia e dei materiali.

La seconda (reattività chimica, acidi e basi, processi elettrochimici) descrive le trasformazioni chimiche della materia.

Obiettivo dell'insegnamento è portare lo studente a comprendere la stretta relazione tra la struttura microscopica della materia e le sue proprietà chimiche e fisiche.



Risultati di apprendimento attesi

A seguito del superamento dell'esame, lo studente:

Conoscenza e comprensione

- comprende la relazione tra composizione chimica della materia e le sue proprietà;
- conosce la struttura atomica e molecolare della materia, e ne comprende le modalità di interconversione e la reattività, inclusi gli aspetti termodinamici.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

- è in grado di risolvere problemi numerici relativi alle reazioni chimiche;
- è in grado di comunicare concetti di chimica in maniera efficace e utilizzando la corretta terminologia;
- è in grado di disegnare e nominare correttamente i legami chimici e le strutture dei composti nelle reazioni;
- è in grado di prevedere equilibri chimici e bilanciare reazioni.



Contenuto del corso, in sintesi

Il corso, è incentrato sull'apprendimento della struttura a livello atomico/molecolare della materia, e fornisce i concetti di base per lo studio delle trasformazioni della materia, alla base degli equilibri chimici e delle reazioni, compresi aspetti termodinamici e cinetici.

Argomenti del corso saranno:

- ✓ LA MATERIA: Composizione della materia: sostanze pure e miscele; elementi e composti. Gli atomi. Particelle elementari. Il nucleo atomico, isotopi.
- ✓ L'ATOMO: Quantizzazione dell'energia. La struttura elettronica degli atomi secondo la meccanica ondulatoria. Il sistema periodico e le proprietà periodiche degli elementi (raggio atomico, carica nucleare effettiva, energia di ionizzazione, affinità per l'elettrone, elettronegatività).



- ✓ LEGAME CHIMICO: Il legame ionico: struttura cristallina e proprietà dei composti ionici, raggi ionici, energia reticolare. Il legame covalente: le molecole. Geometria molecolare e proprietà delle sostanze molecolari. I solidi covalenti. Il legame metallico: metalli (conduttori) e semiconduttori. Forze intermolecolari, legame a idrogeno. Polarità delle molecole. Bilanciamento delle reazioni.
- ✓ STATI DI AGGREGAZIONE DELLA MATERIA. Solidi, liquidi e gas. Descrizione dello stato gassoso mediante l'equazione di stato del gas perfetto. Cenni ai gas reali. Descrizione degli stati liquido e solido. Diagrammi di stato.
- ✓ TERMODINAMICA CHIMICA. Primo principio della termodinamica: energia, calore e lavoro. Entalpia e calore di reazione. Entropia e secondo principio della termodinamica. Energia libera di Gibbs. Costante di equilibrio. Previsione della spontaneità e delle condizioni di equilibrio delle reazioni chimiche. Fattori che influenzano l'equilibrio.



- ✓ LE REAZIONI CHIMICHE IN SOLUZIONE ACQUOSA. Definizione di acidi e basi. Equilibri acido-base in soluzione acquosa. Il prodotto ionico dell'acqua e il pH. Reazioni di ossido-riduzione. Pile e forza elettromotrice. Potenziali standard di riduzione. Elettrolisi.

❖ *Esercitazioni*

E' previsto lo svolgimento di esercitazioni ed esempi pratici su tutti i temi trattati.





POLITECNICO
MILANO 1863

CORSO DI CHIMICA GENERALE

Ing. Informatica/Automazione/Telecomunicazioni

Introduzione alla chimica - A.A. 2024/2025

◆ Che cos'è la Chimica?

Dall'Enciclopedia Treccani la seguente definizione:

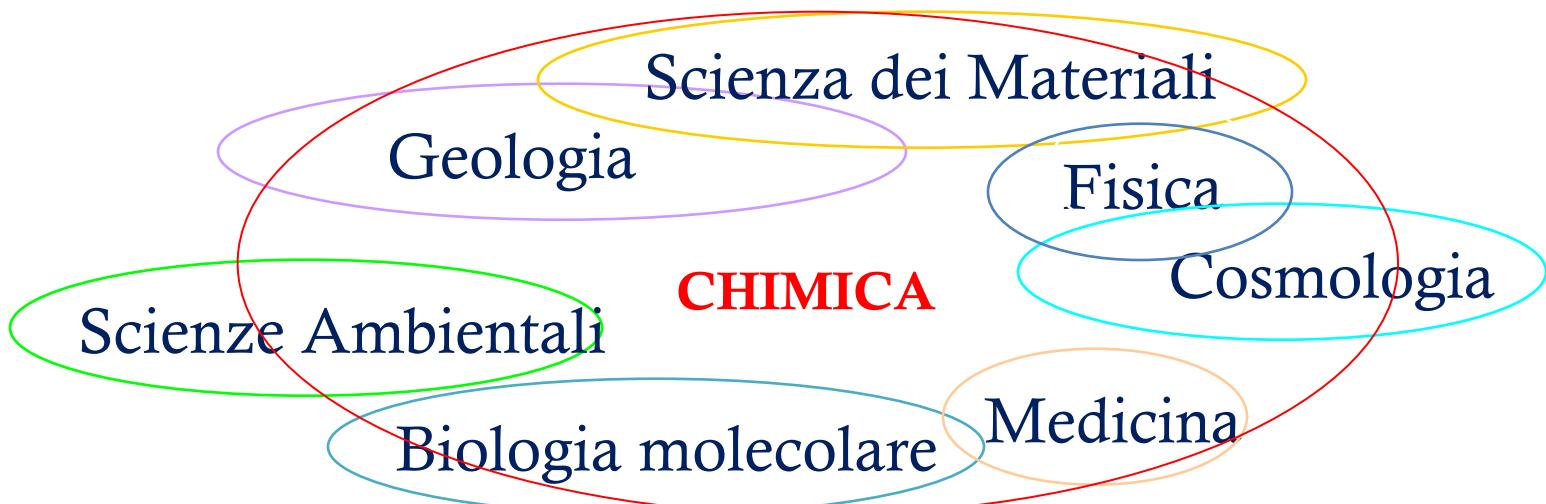
«Scienza che studia le proprietà, la composizione, l'identificazione, la preparazione e il modo di reagire delle sostanze sia naturali sia artificiali del regno inorganico e di quello organico.»



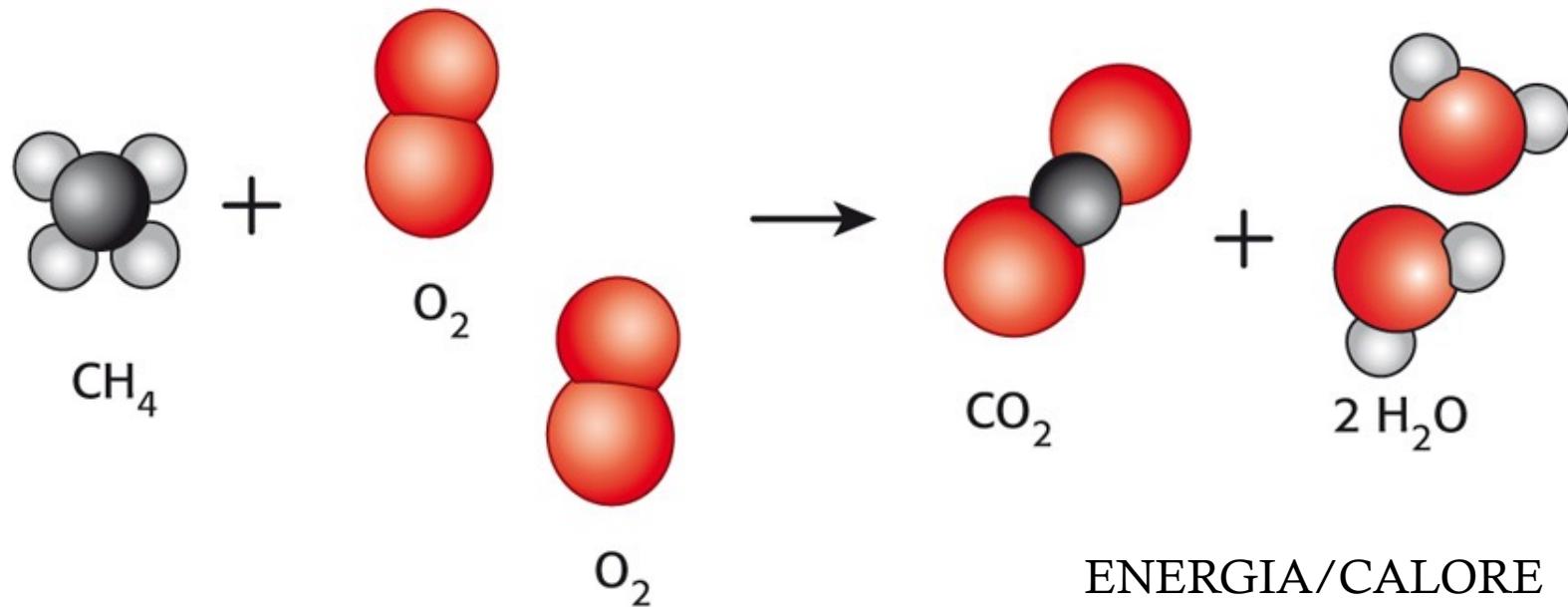
◆ Che cos'è la Chimica?

La chimica è la scienza che studia la relazione tra struttura e proprietà della materia, e le sue trasformazioni che avvengono durante le reazioni; si fonda sulla *comprendizione e la previsione della reattività chimica*, i.e. rottura e formazione di legami tra atomi diversi.

La chimica è una scienza sperimentale strettamente in relazione ad altre scienze:



La chimica è TRASFORMAZIONE

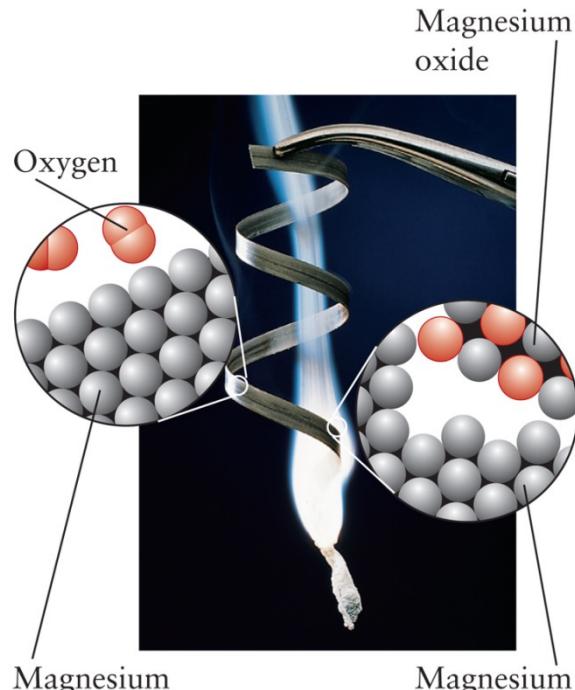


«Nulla si crea, nulla si distrugge, tutto si trasforma.» Antoine-Laurent de Lavoisier

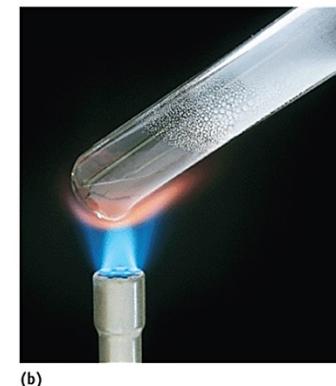
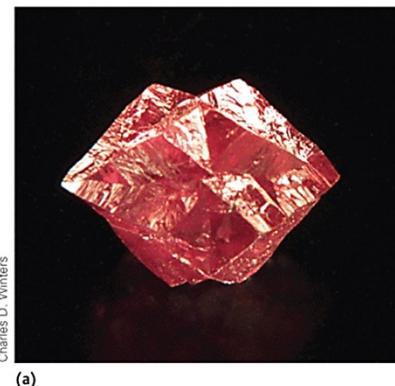


Le trasformazioni chimiche

Le proprietà chimiche si evidenziano quando una molecola o un elemento reagisce per formare un'altra molecola attraverso una trasformazione chimica (**reazione chimica**).



Charles D. Winters



La materia e la sua classificazione

- Stato solido
- Stato liquido
- Stato gassoso

Stati di aggregazione della materia

FIGURA 1.7 Gli stati di aggregazione della materia: solido, liquido e gas. Il bromo, in prossimità della temperatura ambiente, si può trovare in tutti e tre gli stati di aggregazione. Le sferette rappresentano gli atomi di bromo (Br). Nel bromo allo stato elementare, due atomi di bromo si uniscono per dare una molecola Br_2 . (Si veda Paragrafo 1.3 e Capitolo 2).



Kotz, Treichel, Townsend
Edises



❖ Proprietà chimiche o fisiche? es. Rame (Cu)

Proprietà fisiche

- Lucente
(colore rosso-bruno)



- Malleabile (fogli)
e duttile (fili)



- Buon conduttore di calore ed elettricità
- Fonde (diventa liquido) ad elevate temperature (1083°C ; p.e. 2570°C)

Proprietà chimiche

- In presenza di umidità e anidride carbonica forma nel tempo una sostanza di colore verde (carbonato di rame - malachite)



- Forma una soluzione blu scuro in una soluzione acquosa di ammoniaca



- Reagisce con acido nitrico e solforico



★ Storia della chimica...in breve

Nell'antica Grecia si credeva che tutta la materia fosse formata dall'insieme di quattro elementi: ARIA, TERRA, FUOCO ed ACQUA (**Aristotele** 350 a.C.)



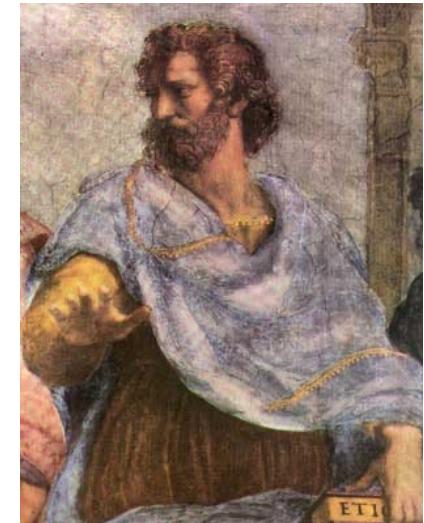
Robert Boyle
(25 gennaio 1627 – 30 dicembre 1691)



Secoli di **ALCHIMIA**



La nascita della chimica moderna viene fatta risalire alla seconda metà del XVII secolo, con la pubblicazione da parte di **Robert Boyle** del libro “*The Sceptical Chymist*” (1661), in cui sosteneva che la materia fosse costituita da particelle e le sostanze da atomi diversi. Si dovette attendere quasi cinquant'anni perché quelle idee rivoluzionarie venissero accettate dalla comunità scientifica.



Chimica e Metodo Scientifico: *Galilei*

*«...tra le sicure maniere di conseguire la verità è
l'anteporre l'esperienza a qualsivoglia discorso, non
senso possibile che una sensata esperienza sia
contraria al vero...»*



Galileo Galilei

Contemporaneo di Boyle, è considerato il **padre della scienza moderna**.



Il Metodo Scientifico

Osservazione di un fenomeno naturale o sperimentale



Tentativo di spiegazione: ipotesi



Esperimenti studiati per provare l'ipotesi



Revisione se gli esperimenti dimostrano l'ipotesi inadeguata



Modello che generalizza l'ipotesi ed è in grado di essere predittivo



Esperimenti ulteriori per provare le previsioni del modello



Nuova Teoria Scientifica



Modello modificato se gli esperimenti dimostrano che è inadeguato



- ✓ Importanza della **verifica sperimentale** e della **riproducibilità degli esperimenti**.
- ✓ Alcune teorie possono essere/sono state confutate anche molto tempo dopo la loro elaborazione, con l'intervento di nuove evidenze sperimentali o nuove tecnologie!!!
- ✓ La scienza si rimette sempre in discussione.



Chimica e Metodo Scientifico: *de Lavoisier*

È universalmente riconosciuto come il **padre della chimica**.



Marie-Anne e Antoine-Laurent de Lavoisier
(chimici)

Dipinto di Jacques-Louis David,
Metropolitan Museum of Art di New York.

- Identificò l'aria come miscela composta principalmente di azoto ed ossigeno.
- Stabilì il ruolo dell'ossigeno nella combustione e nell'ossidazione dei metalli.
- Intuì che i processi vitali sono alimentati attraverso un meccanismo analogo alla combustione.
- Contribuì alla nuova nomenclatura chimica.
- Enunciò, nel 1783, la **legge della conservazione della massa**: «in una reazione chimica, in un sistema chiuso, la somma delle masse dei reagenti è uguale alla somma delle masse dei prodotti.»



Classificazione della materia: *definizioni*

✓ Definizioni: Materia

Qualsiasi cosa che occupi spazio ed abbia una massa.

✓ Definizioni: Sostanza pura

Porzione di materia costituita da una sola specie, o di atomo o di molecola.

Non è possibile purificare ulteriormente le sostanze pure.

✓ Definizioni: Miscela

Due o più sostanze diverse che non sono combinate chimicamente, cioè che sono mescolate fisicamente.

I componenti di una miscela possono essere solidi, liquidi o gassosi; un esempio di miscela di sostanze gassose, liquide e solide è l'aria: i gas omogeneamente miscelati sono principalmente l'azoto (78%), l'ossigeno (21%), l'argon (1%) e l'anidride carbonica (0,04%), più una percentuale variabile di acqua sotto forma di vapore; le particelle di polvere costituiscono la parte solida e le goccioline d'acqua costituiscono la parte liquida.

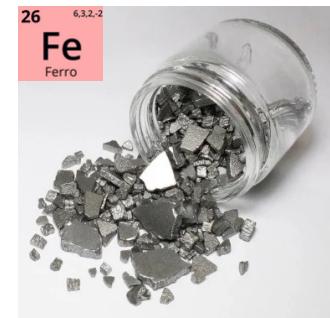


Classificazione della materia: *definizioni*

✓ Definizioni: Elemento

Sostanza costituita da un solo tipo di atomi: non può essere scomposta tramite reazioni chimiche (non nucleari) in sostanze più semplici. E' lo stato più semplice della materia, con proprietà fisiche e chimiche esclusive.

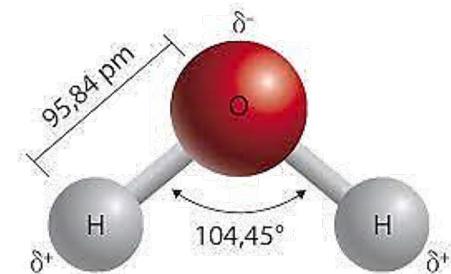
Tutti gli elementi sono classificati nella **tavola periodica** in modo sistematico e prevedibile. Di questi, 90 sono di origine naturale, gli altri sono «artificiali», ottenuti in laboratorio e predetti dalla tavola.

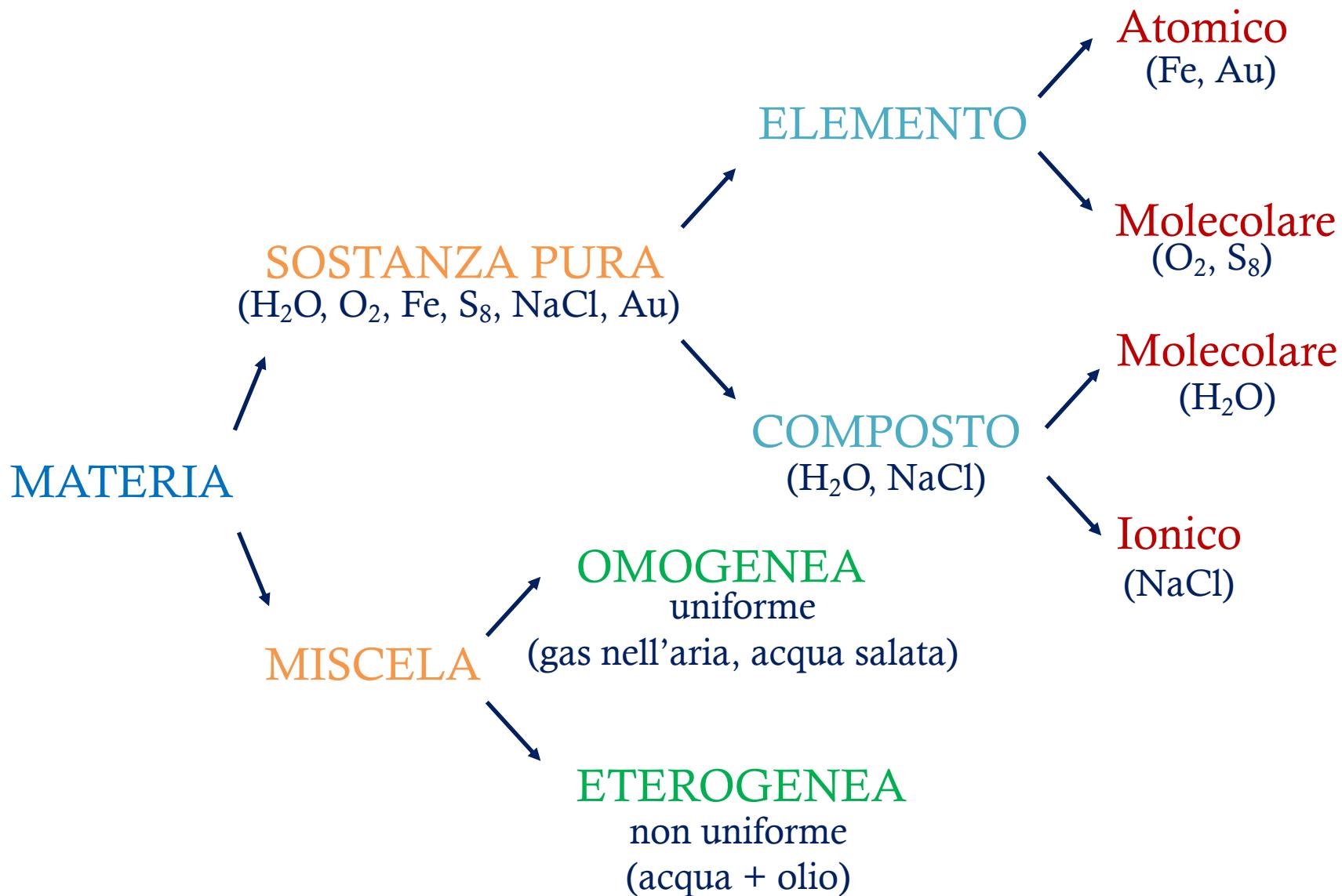


✓ Definizioni: Composto

Sostanza costituita da più atomi diversi aventi composizione fissa; materia costituita da due o più elementi chimicamente legati tra loro.

Le sue proprietà dipendono dal tipo di atomi e da come questi sono legati tra di loro.





MATERIA

1) E' uniforme ?

OMOGENEA

SI

NO

ETEROGENEA
(due o più fasi)

2) Può essere separata con metodi fisici ?

MISCELA OMOGENEA

SI

Separazione

SOSTANZA

3) Può essere decomposta in sostanze più semplici con metodi chimici ?

COMPOSTO

SI

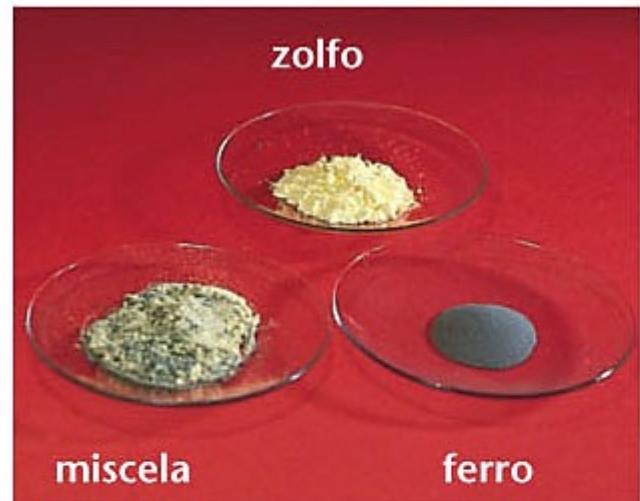
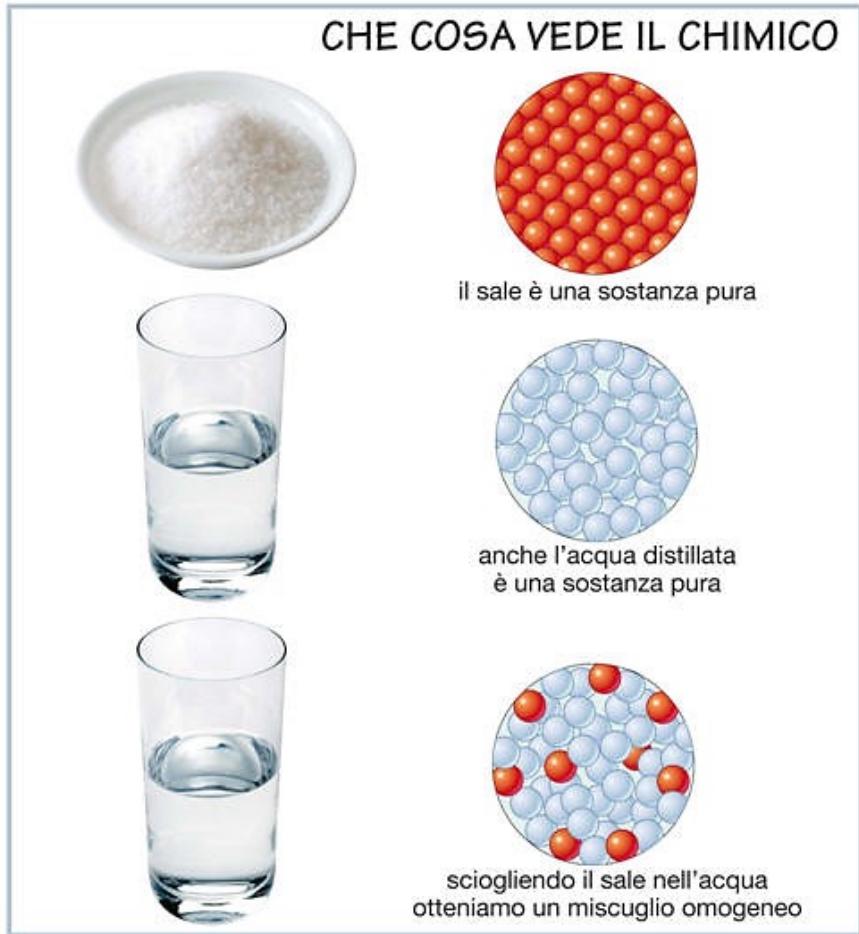
Separazione

ELEMENTO

NO



Classificazione della materia: esempi



❖ Da dove vengono gli elementi??

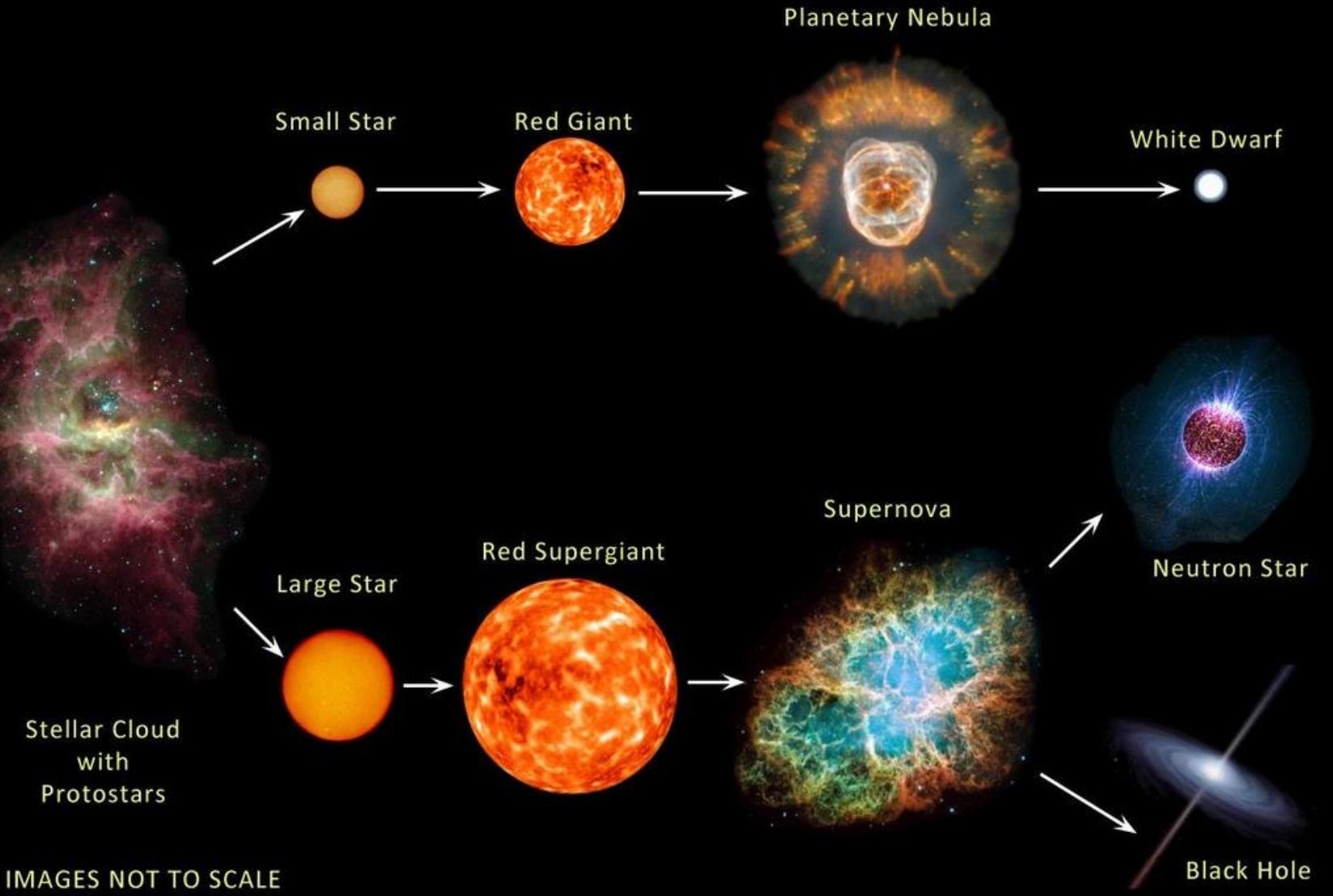
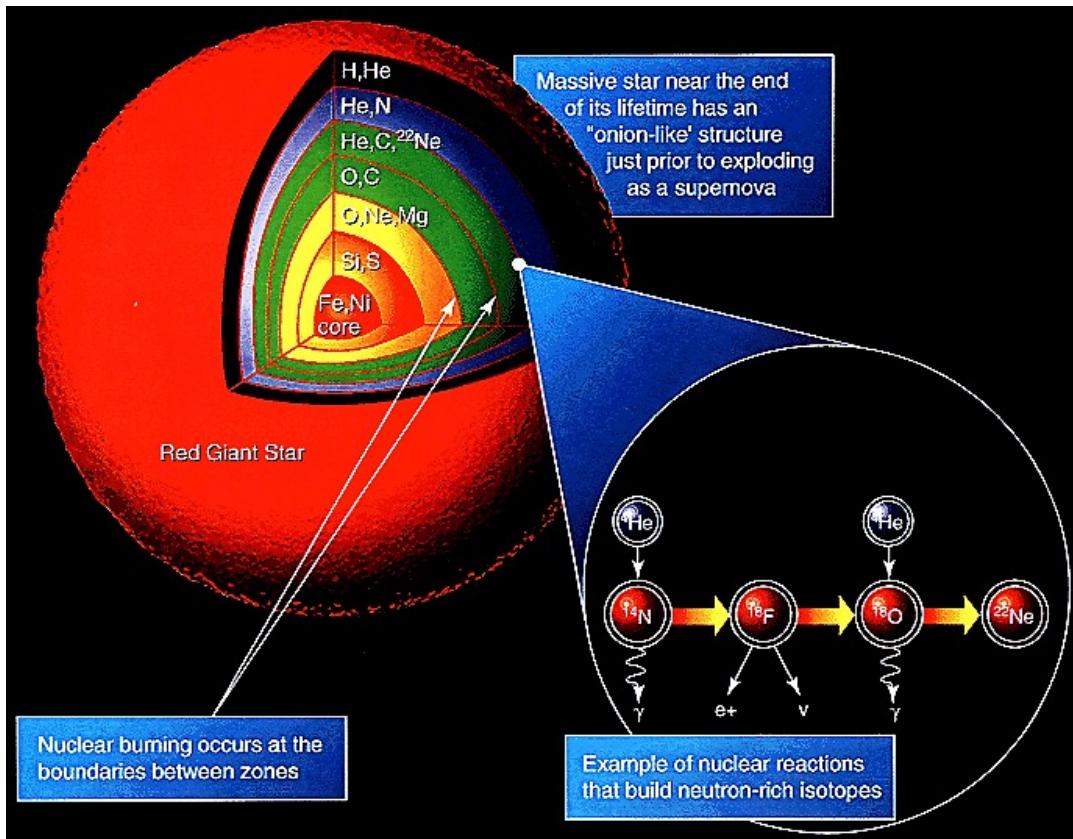


Tavola periodica degli elementi

Z = numero atomico numeri di ossidazione
massa atomica elettronegatività

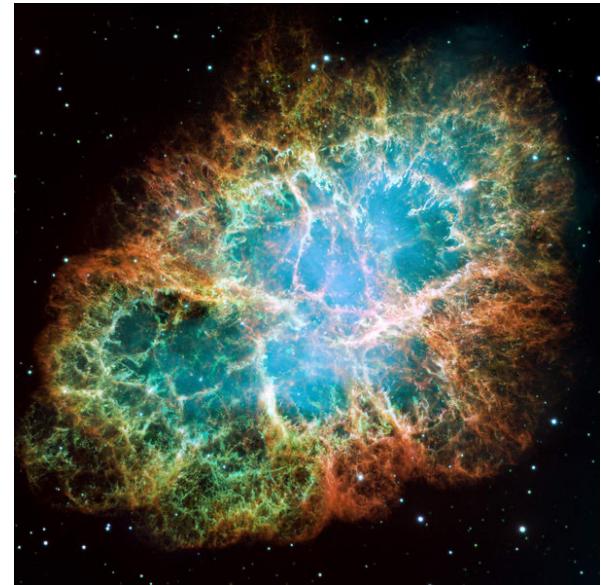
1	I	2	VIII
1 H Idrogeno 1.008 2.2	2 II Be Berillio 9.012 1.57	13 III B Boro 10.81 2.04	14 IV C Carbonio 12.01 2.55
3 Li Litio 6.941 0.98	4 Be Berillio 9.012 1.57	15 V N Azoto 14.01 3.04	16 VI O Ossigeno 16.00 3.44
11 Na Sodio 22.10 0.93	12 Mg Magnesio 24.31 1.31	17 VII F Fluoro 19.00 3.98	10 Ne Neon 4.00 20.18
19 K Potassio 39.10 0.82	20 Ca Calcio 40.08 1.0	21 Sc Scandio 44.97 1.36	22 Ti Titanio 47.87 1.54
37 Rb Rubidio 84.47 0.82	38 Sr Stronzio 87.62 0.95	39 Y Yttrio 88.91 1.22	40 Zr Zirconio 91.22 1.33
55 Cs Cesio 132.91 0.79	56 Ba Bario 137.33 0.89	57 La LantANIO 138.91 1.10	72 Hf Afnio 178.49 1.30
87 Fr Francio 223.02 0.70	88 Ra Radon 226.03 0.90	89 Ac Attinio 227.03 1.10	104 Rf Rutherfordio [261] --
58 Ce Cerio 140 1.12	59 Pr Praseodimio 141 1.13	60 Nd Neodimio 144 1.14	61 Pm Promezio [145] --
90 Th Torio 232 1.30	91 Pa Protoattinio [209] 1.50	92 U Uranio 238 1.38	93 Np Nettunio 237 1.36
140 Eu Europio 152 1.17	150 Sm Samario 152 1.17	152 Gd Gadolino 157 1.20	159 Tb Terbio 163 1.22
141 Dy Disprosio 165 1.23	157 Ho Olmo 165 1.23	167 Er Erbio 169 1.24	173 Tm Tullio 173 1.25
144 Cm Americio 243 1.30	159 Bk Berkelio 247 1.30	165 Cf Californio 247 1.30	175 No Nobelio 258 1.30
[145] Pu Plutonio 244 1.28	247 Am Americio 243 1.30	247 Esn Einstenio 252 1.30	257 Fm Fermio 258 1.30
1.14 Curio Curio 247 1.30	1.20 Bk Berkelio 247 1.30	1.22 Cf Californio 247 1.30	1.25 Es Einstenio 252 1.30
1.17 Eu Europio 152 1.17	1.20 Gd Gadolino 157 1.20	1.22 Tb Terbio 163 1.22	1.23 Ho Olmo 165 1.23
1.18 Sm Samario 152 1.17	1.21 Dy Disprosio 165 1.23	1.24 Er Erbio 169 1.24	1.25 Tm Tullio 173 1.25
1.19 Pr Praseodimio 141 1.13	1.22 Eu Europio 152 1.17	1.26 Er Erbio 169 1.24	1.27 Lu Lutezio 175 1.27
1.20 Nd Neodimio 144 1.14	1.23 Gd Gadolino 157 1.20	1.27 Tm Tullio 173 1.25	1.28 Yb Itterbio 175 1.27
1.21 Pm Promezio [145] --	1.24 Tb Terbio 163 1.22	1.28 Ho Olmo 165 1.23	1.29 Lu Lutezio 175 1.27
1.22 Sm Samario 150 1.17	1.25 Dy Disprosio 165 1.23	1.29 Er Erbio 169 1.24	1.30 Yb Itterbio 175 1.27
1.23 Eu Europio 152 1.17	1.26 Gd Gadolino 157 1.20	1.30 Tm Tullio 173 1.25	1.31 Lu Lutezio 175 1.27
1.24 Gd Gadolino 157 1.20	1.27 Tb Terbio 163 1.22	1.31 Ho Olmo 165 1.23	1.32 Yb Itterbio 175 1.27
1.25 Tb Terbio 163 1.22	1.28 Dy Disprosio 165 1.23	1.32 Er Erbio 169 1.24	1.33 Lu Lutezio 175 1.27
1.26 Dy Disprosio 165 1.23	1.29 Ho Olmo 165 1.23	1.33 Tm Tullio 173 1.25	1.34 Yb Itterbio 175 1.27
1.27 Ho Olmo 165 1.23	1.30 Er Erbio 169 1.24	1.34 Lu Lutezio 175 1.27	1.35 Yb Itterbio 175 1.27
1.28 Er Erbio 169 1.24	1.31 Tm Tullio 173 1.25	1.35 Lu Lutezio 175 1.27	1.36 Yb Itterbio 175 1.27
1.29 Tm Tullio 173 1.25	1.32 Ho Olmo 165 1.23	1.36 Yb Itterbio 175 1.27	1.37 Lu Lutezio 175 1.27
1.30 Ho Olmo 165 1.23	1.33 Er Erbio 169 1.24	1.37 Lu Lutezio 175 1.27	1.38 Yb Itterbio 175 1.27
1.31 Er Erbio 169 1.24	1.32 Tm Tullio 173 1.25	1.38 Lu Lutezio 175 1.27	1.39 Yb Itterbio 175 1.27
1.32 Tm Tullio 173 1.25	1.33 Ho Olmo 165 1.23	1.39 Yb Itterbio 175 1.27	1.40 Lu Lutezio 175 1.27
1.33 Ho Olmo 165 1.23	1.34 Er Erbio 169 1.24	1.40 Lu Lutezio 175 1.27	1.41 Yb Itterbio 175 1.27
1.34 Er Erbio 169 1.24	1.35 Tm Tullio 173 1.25	1.41 Lu Lutezio 175 1.27	1.42 Yb Itterbio 175 1.27
1.35 Tm Tullio 173 1.25	1.36 Ho Olmo 165 1.23	1.42 Yb Itterbio 175 1.27	1.43 Lu Lutezio 175 1.27
1.36 Ho Olmo 165 1.23	1.37 Er Erbio 169 1.24	1.43 Yb Itterbio 175 1.27	1.44 Lu Lutezio 175 1.27
1.37 Er Erbio 169 1.24	1.38 Tm Tullio 173 1.25	1.44 Lu Lutezio 175 1.27	1.45 Yb Itterbio 175 1.27
1.38 Tm Tullio 173 1.25	1.39 Ho Olmo 165 1.23	1.45 Yb Itterbio 175 1.27	1.46 Lu Lutezio 175 1.27
1.39 Ho Olmo 165 1.23	1.40 Er Erbio 169 1.24	1.46 Yb Itterbio 175 1.27	1.47 Lu Lutezio 175 1.27
1.40 Er Erbio 169 1.24	1.41 Tm Tullio 173 1.25	1.47 Lu Lutezio 175 1.27	1.48 Yb Itterbio 175 1.27
1.41 Tm Tullio 173 1.25	1.42 Ho Olmo 165 1.23	1.48 Yb Itterbio 175 1.27	1.49 Lu Lutezio 175 1.27
1.42 Ho Olmo 165 1.23	1.43 Er Erbio 169 1.24	1.49 Yb Itterbio 175 1.27	1.50 Lu Lutezio 175 1.27
1.43 Er Erbio 169 1.24	1.44 Tm Tullio 173 1.25	1.50 Lu Lutezio 175 1.27	1.51 Yb Itterbio 175 1.27
1.44 Tm Tullio 173 1.25	1.45 Ho Olmo 165 1.23	1.51 Yb Itterbio 175 1.27	1.52 Lu Lutezio 175 1.27
1.45 Ho Olmo 165 1.23	1.46 Er Erbio 169 1.24	1.52 Yb Itterbio 175 1.27	1.53 Lu Lutezio 175 1.27
1.46 Er Erbio 169 1.24	1.47 Tm Tullio 173 1.25	1.53 Yb Itterbio 175 1.27	1.54 Lu Lutezio 175 1.27
1.47 Tm Tullio 173 1.25	1.48 Ho Olmo 165 1.23	1.54 Yb Itterbio 175 1.27	1.55 Lu Lutezio 175 1.27
1.48 Ho Olmo 165 1.23	1.49 Er Erbio 169 1.24	1.55 Yb Itterbio 175 1.27	1.56 Lu Lutezio 175 1.27
1.49 Er Erbio 169 1.24	1.50 Tm Tullio 173 1.25	1.56 Yb Itterbio 175 1.27	1.57 Lu Lutezio 175 1.27
1.50 Tm Tullio 173 1.25	1.51 Ho Olmo 165 1.23	1.57 Yb Itterbio 175 1.27	1.58 Lu Lutezio 175 1.27
1.51 Ho Olmo 165 1.23	1.52 Er Erbio 169 1.24	1.58 Yb Itterbio 175 1.27	1.59 Lu Lutezio 175 1.27
1.52 Er Erbio 169 1.24	1.53 Tm Tullio 173 1.25	1.59 Yb Itterbio 175 1.27	1.60 Lu Lutezio 175 1.27
1.53 Tm Tullio 173 1.25	1.54 Ho Olmo 165 1.23	1.60 Yb Itterbio 175 1.27	1.61 Lu Lutezio 175 1.27
1.54 Ho Olmo 165 1.23	1.55 Er Erbio 169 1.24	1.61 Yb Itterbio 175 1.27	1.62 Lu Lutezio 175 1.27
1.55 Er Erbio 169 1.24	1.56 Tm Tullio 173 1.25	1.62 Yb Itterbio 175 1.27	1.63 Lu Lutezio 175 1.27
1.56 Tm Tullio 173 1.25	1.57 Ho Olmo 165 1.23	1.63 Yb Itterbio 175 1.27	1.64 Lu Lutezio 175 1.27
1.57 Ho Olmo 165 1.23	1.58 Er Erbio 169 1.24	1.64 Yb Itterbio 175 1.27	1.65 Lu Lutezio 175 1.27
1.58 Er Erbio 169 1.24	1.59 Tm Tullio 173 1.25	1.65 Yb Itterbio 175 1.27	1.66 Lu Lutezio 175 1.27
1.59 Tm Tullio 173 1.25	1.60 Ho Olmo 165 1.23	1.66 Yb Itterbio 175 1.27	1.67 Lu Lutezio 175 1.27
1.60 Ho Olmo 165 1.23	1.61 Er Erbio 169 1.24	1.67 Yb Itterbio 175 1.27	1.68 Lu Lutezio 175 1.27
1.61 Er Erbio 169 1.24	1.62 Tm Tullio 173 1.25	1.68 Yb Itterbio 175 1.27	1.69 Lu Lutezio 175 1.27
1.62 Tm Tullio 173 1.25	1.63 Ho Olmo 165 1.23	1.69 Yb Itterbio 175 1.27	1.70 Lu Lutezio 175 1.27
1.63 Ho Olmo 165 1.23	1.64 Er Erbio 169 1.24	1.70 Yb Itterbio 175 1.27	1.71 Lu Lutezio 175 1.27
1.64 Er Erbio 169 1.24	1.65 Tm Tullio 173 1.25	1.71 Yb Itterbio 175 1.27	1.72 Lu Lutezio 175 1.27
1.65 Tm Tullio 173 1.25	1.66 Ho Olmo 165 1.23	1.72 Yb Itterbio 175 1.27	1.73 Lu Lutezio 175 1.27
1.66 Ho Olmo 165 1.23	1.67 Er Erbio 169 1.24	1.73 Yb Itterbio 175 1.27	1.74 Lu Lutezio 175 1.27
1.67 Er Erbio 169 1.24	1.68 Tm Tullio 173 1.25	1.74 Yb Itterbio 175 1.27	1.75 Lu Lutezio 175 1.27
1.68 Tm Tullio 173 1.25	1.69 Ho Olmo 165 1.23	1.75 Yb Itterbio 175 1.27	1.76 Lu Lutezio 175 1.27
1.69 Ho Olmo 165 1.23	1.70 Er Erbio 169 1.24	1.76 Yb Itterbio 175 1.27	1.77 Lu Lutezio 175 1.27
1.70 Er Erbio 169 1.24	1.71 Tm Tullio 173 1.25	1.77 Yb Itterbio 175 1.27	1.78 Lu Lutezio 175 1.27
1.71 Tm Tullio 173 1.25	1.72 Ho Olmo 165 1.23	1.78 Yb Itterbio 175 1.27	1.79 Lu Lutezio 175 1.27
1.72 Ho Olmo 165 1.23	1.73 Er Erbio 169 1.24	1.79 Yb Itterbio 175 1.27	1.80 Lu Lutezio 175 1.27
1.73 Er Erbio 169 1.24	1.74 Tm Tullio 173 1.25	1.80 Yb Itterbio 175 1.27	1.81 Lu Lutezio 175 1.27
1.74 Tm Tullio 173 1.25	1.75 Ho Olmo 165 1.23	1.81 Yb Itterbio 175 1.27	1.82 Lu Lutezio 175 1.27
1.75 Ho Olmo 165 1.23	1.76 Er Erbio 169 1.24	1.82 Yb Itterbio 175 1.27	1.83 Lu Lutezio 175 1.27
1.76 Er Erbio 169 1.24	1.77 Tm Tullio 173 1.25	1.83 Yb Itterbio 175 1.27	1.84 Lu Lutezio 175 1.27
1.77 Tm Tullio 173 1.25	1.78 Ho Olmo 165 1.23	1.84 Yb Itterbio 175 1.27	1.85 Lu Lutezio 175 1.27
1.78 Ho Olmo 165 1.23	1.79 Er Erbio<br		

«Siamo tutti polvere di stelle»



NUCLEOSINTESI

- Stelle come il Sole: da H, Hefino al Fe
- Supernove: dal Fe in poi



Con la loro esplosione a fine vita, le supernove rilasciano nello spazio gli elementi precedentemente sintetizzati.



Abbondanza degli elementi chimici nel Sistema Solare

