

A.C.A. - Associazione Cernuschese Astrofili

LA LUNGA STORIA DELL'ATOMO



by Andrea Grieco

L'IPOTESI ATOMICA

“SE IN UN CATACLISMA ANDASSE DISTRUTTA TUTTA LA CONOSCENZA SCIENTIFICA, E SOLTANTO UNA FRASE POTESSE ESSERE TRASMESSA ALLE GENERAZIONI SUCCESSIVE, QUALE AFFERMAZIONE CONTERREBBE LA MASSIMA QUANTITÀ DI INFORMAZIONI NEL NUMERO MINIMO DI PAROLE? IO CREDO CHE SAREBBE L'IPOTESI ATOMICA (O DATO DI FATTO ATOMICO, O COMUNQUE VOGLIAMO CHIAMARLO) SECONDO CUI TUTTE LE COSE SONO FATTE DI ATOMI, PICCOLE PARTICELLE CHE SI AGITANO CON UN MOTO PERPETUO, ATTRAENDOSI QUANDO SONO UN PO' DISTANTI UNA DALL'ALTRA, MA RESPINGENDOSI QUANDO SONO SCHIACCIATE UNA CONTRO L'ALTRA. IN QUESTA SINGOLA FRASE C'È UN'ENORME QUANTITÀ DI INFORMAZIONE SUL MONDO CHE CI CIRCONDA, SE SOLTANTO CI SI RIFLETTE SOPRA CON UN PO' DI IMMAGINAZIONE” R. FEYNMAN



UN'IDEA ANTICA

VI-I SEC. A.C. INDIA KANADA FILOSOFO HINDU' SCUOLA NYAYA-VAISESIKA 4 ELEMENTI O 24 DIFFERENTI QUALITA'



Miniatura da un manoscritto
Jaina (British Museum)

IV SECOLO A.C. INDIA
BUDDISTI 4 ELEMENTI

I SECOLO A.C. INDIA SCUOLA JAINICA

- MATERIA COSTITUITA DA ATOMI *Paramāgu*
- GLI ATOMI ESISTONO IN DUE STATI
- SI MUOVONO IN LINEA RETTA O CURVA
- GLI ATOMI INTERAGISCONO TRA LORO



GLI ATOMISTI

ATOMA SOMATA (ατομα σωματα) CORPI INDIVISIBILI

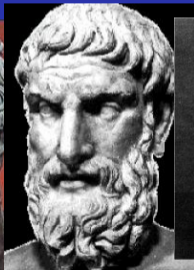
"...gli atomi sono soggetti a un movimento casuale e non preordinato e si muovono incessantemente e con velocità grandissima..." *Mégas Diàkosmos* Leucippo



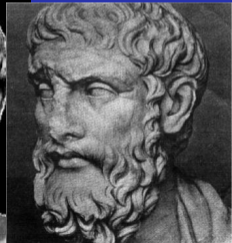
Leucippo V sec. A.C.



Democrito 460-370 A.C.



Epicuro 341-271 A.C.



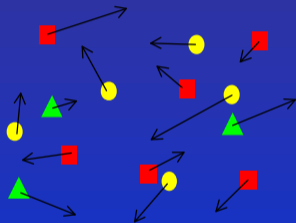
Lucrezio 98-55 A.C.



L'ATOMO GRECO

ATOMI

- INDIVISIBILI E NON COMPOSTI
 - ETERNI E IMMUTABILI
 - PROPRIETA' QUANTITATIVE
- CONTINUO MOVIMENTO (CASUALE)
- SEPARATI DA SPAZIO VUOTO
- SI AGGREGANO E SI DISAGGREGANO

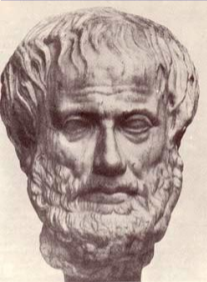




IL LUNGO OBLIO

ARISTOTELE CRITICA L'ATOMISMO

- **TERRA, ARIA, ACQUA E FUOCO** COSTITUISCONO LA MATERIA E SONO ELEMENTI **CONTINUI**
- **NON ESISTE IL VUOTO**



Aristotele 384-322 A.C.



CRISTIANESIMO

- **RIFIUTO DELLE TEORIE ATOMISTICHE**
- **ACQUISIZIONE DELLE TEORIE PLATONICHE E ARISTOTELICHE**





LA RISCOPERTA DI EPICURO



1417 P. Bracciolini SCOPRE UNA COPIA DEL "*De rerum natura*" NEL MONASTERO DI SAN GALLO IN SVIZZERA

1430 C. Raimondi "*Defensio Epicuri*"
DIFENDE LA DOTTRINA EPICUREA

1433 L. Valla "*De vero bono*"
RIPRENDE LA DOTTRINA EPICUREA



P. Bracciolini 1380-1459

L. Valla 1405-1457



1524 Erasmo da Rotterdam "*Epicureus*"
CONCILIAZIONE TRA IL PENSIERO
EPICUREO E LA DOTTRINA
CRISTIANA

IL RINASCIMENTO SI CHIUDE CON UN RINNOVATO
INTERESSE PER LE IPOTESI ATOMICHE

Erasmo da R. 1466-1536



IL SEICENTO

1623 **G. Galilei** "*Il Saggiatore*" SVILUPPA UNA TEORIA CORPUSCOLARE DELLA MATERIA



R. Descartes 1596-1650

1644 **R. Descartes** "*Principia philosophiae*" CONSIDERA LA MATERIA COMPOSTA DA CORPUSCOLI MA RIFIUTA IL CONCETTO DI VUOTO



Galilei 1564-1642

1658 **P. Gassendi** "*Syntagma philosophicum*" RIPRENDE LE DOTTRINE EPICUREE SUGLI ATOMI E IL VUOTO



P. Gassendi 1592-1655



COSA NE PENSA NEWTON?

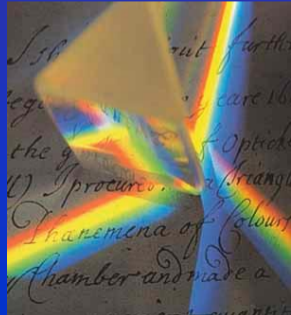


I. Newton 1642-1727

CONSIDERA LA MATERIA COMPOSTA
DA ATOMI

ELABORA UNA TEORIA CORPUSCOLARE
DELLA LUCE

I CORPUSCOLI LUMINOSI
SONO DIFFERENTI A
SECONDA DEL COLORE DELLA
LUCE E RISENTONO DELLA
FORZA DI GRAVITA'





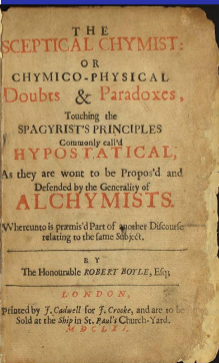
IL CHIMICO SCETTICO

**R. BOYLE E' UN FILOSOFO
NATURALE CHE SI OCCUPA DI
FISICA, CHIMICA E ALCHIMIA**



R. Boyle 1627-1691

$$PV = P_0V_0$$



1661 "*The Sceptical Chymist*" ALCUNI
ESPERIMENTI DI CHIMICA SONO
DIFFICILMENTE INTERPRETABILI
DALLA FISICA ARISTOTELICA E
MEGLIO SI ACCORDANO CON UNA
TEORIA ATOMICA DELLA MATERIA

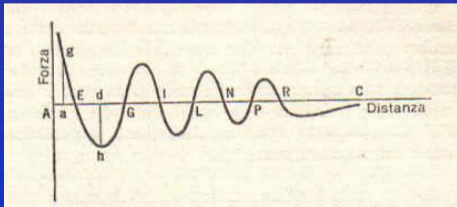


ATOMI PUNTIFORMI

FORMULA UNA TEORIA ATOMICA
DELLA MATERIA SULLA BASE DELLA
MECCANICA NEWTONIANA E DELLA
TEORIA DELLE MONADI DI LEIBNIZ



R. Boscovich 1711-1787



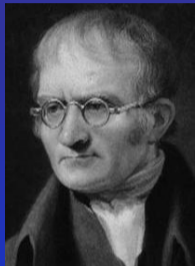
GLI ATOMI SONO PUNTI MATERIALI DOTATI DI
MASSA E SI COMPORTANO COME CENTRI DI FORZE
ATTRATTIVE E REPULSIVE



DALTON

1808 "*A New System of Chemical Philosophy*" J. DALTON ESPONE LA SUA TEORIA ATOMICA

- GLI ELEMENTI SONO COSTITUITI DA MICROSCOPICHE PARTICELLE: GLI ATOMI
- GLI ATOMI DI UN DATO ELEMENTO SONO TUTTI IDENTICI
 - ATOMI DI ELEMENTI DIVERSI SI DIFFERENZIANO PER AVERE MASSE DIVERSE
 - GLI ATOMI SI COMBINANO TRA LORO A FORMARE I COMPOSTI
- NELLE REAZIONI CHIMICHE GLI ATOMI NON POSSONO ESSERE CREATI O DISTRUTTI O DIVISI IN PARTI



J. Dalton 1766-1844



PROPORZIONI DEFINITE

LEGGE DELLE PROPORZIONI DEFINITE:

quando due o più elementi reagiscono, per formare un determinato composto, si combinano sempre secondo proporzioni in massa definite e costanti



J. Proust 1754-1826

7 g	AZOTO	+	8 g	OSSIGENO	→	15 g	OSSIDO NITRICO	NO
14 g	AZOTO	+	16 g	OSSIGENO	→	30 g	OSSIDO NITRICO	NO
21 g	AZOTO	+	24 g	OSSIGENO	→	45 g	OSSIDO NITRICO	NO
28 g	AZOTO	+	32 g	OSSIGENO	→	60 g	OSSIDO NITRICO	NO
35 g	AZOTO	+	40 g	OSSIGENO	→	75 g	OSSIDO NITRICO	NO



PROPORZIONI MULTIPLE

LEGGE DELLE PROPORZIONI MULTIPLE: *quando due elementi si combinano in modi diversi per formare diversi composti, una certa massa di un elemento si combina con masse dell'altro che stanno tra loro in un rapporto che si può esprimere con frazioni semplici*

7 g AZOTO + 4 g OSSIGENO	→ 11 g OSSIDO NITROSO	N_2O
7 g AZOTO + 8 g OSSIGENO	→ 15 g OSSIDO NITRICO	NO
7 g AZOTO + 12 g OSSIGENO	→ 19 g ANIDRIDE NITROSA	N_2O_3
7 g AZOTO + 16 g OSSIGENO	→ 23 g BISSIDO AZOTO	NO_2
7 g AZOTO + 20 g OSSIGENO	→ 27 g ANIDRIDE NITRICA	N_2O_5



IL LEGO DEGLI ATOMI

ALCUNI ELEMENTI



IDROGENO



OSSIGENO



CARBONIO



ZOLFO



AZOTO



FOSFORO

ALCUNI COMPOSTI PER DALTON



ACQUA



AMMONIACA



GAS
NITROSO



ACIDO
CARBONICO



ACIDO
SOLFORICO



IDROGENO
SOLFORATO



ELEMENTS

Diads

1	2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20				

Triads

21	22	23	24	25

Tetads

26	27	28	29

Quaternary

30	31	32	33

Quaternary & Binary

34	35

Quinary

36	37

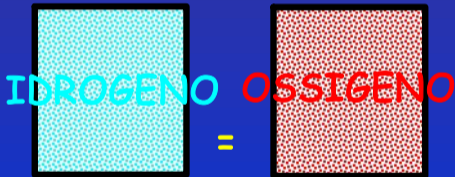


L'IPOTESI DI AVOGADRO

IPOTESI DI AVOGADRO (1811): volumi uguali di gas ideali alle stesse condizioni di pressione e temperatura contengono lo stesso numero di molecole o atomi



A. Avogadro 1776-1856



$$p T = p T$$

$$N_A = 6,022 \times 10^{23}$$

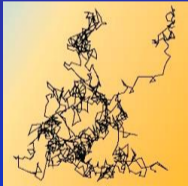


DISORDINE



R. Brown 1773-1858

1827 **R. BROWN** OSSERVA AL MICROSCOPIO PARTICELLE DI POLLINE IN SOSPENSIONE NELL'ACQUA ANIMATE DA UN **MOTO CAOTICO**



MOTO BROWNIANO

1785 **J. INGENHOUSZ** AVEVA GIA' OSSERVATO IL FENOMENO CON PARTICELLE DI CARBONE IN SOSPENSIONE ALCOLICA

60 A.C. **LUCREZIO** "*De rerum natura*" AVEVA DESCRITTO IL **MOTO CAOTICO DELLE PARTICELLE DI FUMO IN SOSPENSIONE NELL'ARIA** ATTRIBUENDOLO AGLI URTI CON **GLI ATOMI INVISIBILI AD OCCHIO NUDO**



INTERVIENE EINSTEIN



A. Einstein 1879-1955

1905 **EINSTEIN** INTERPRETA IL MOTO BROWNIANO IN MODO QUANTITATIVO COME DOVUTO AD URTI ATOMICI

$$P\left(L \leq \min_{0 < t < T} S_t; \max_{0 < t < T} S_t \leq H\right) = \frac{\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{Y}{\sigma} - \frac{1}{2}\sigma\right)^2 T\right]}{\sigma\sqrt{2\pi T}} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \int_L^H \frac{1}{x} \left(\frac{x}{S_0}\right)^{\frac{Y}{\sigma^2} - \frac{1}{2}} (A - B) dx$$

with

$$A = \exp\left[-\frac{(\ln(x/S_0) + 2n \ln(H/L))^2}{2\sigma^2 T}\right]$$
$$B = \exp\left[-\frac{(\ln(xS_0/L^2) + 2n \ln(H/L))^2}{2\sigma^2 T}\right]$$

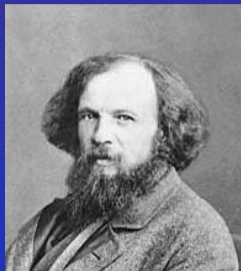
1908 **PERRIN** VERIFICA SPERIMENTALMENTE I CALCOLI DI EINSTEIN TROVANDOLI IN ACCORDO CON LE OSSERVAZIONI



G. B. Perrin 1870-1942



E UN PO' DI ORDINE



D. Mendeleev 1834-1907

D. Mendeleev

*Memorandum
Comp. a Langmuir*

$H=1$	$?=8$	$?=22$	$Cu=63.4$	$Ag=107.88$	$?=160$
$H=1$	$Li=7$	$Na=23$	$K=39.1$	$Rb=85.47$	$Sr=87.62$
	$B=10.81$	$Al=27$	$Sc=44.955$	$Y=88.905$	$Zr=91.224$
	$C=12$	$P=31$	$Ti=78.917$	$V=50.9415$	$Nb=92.90638$
	$N=14$	$S=32$	$Mn=54.938$	$Cr=51.9961$	$Mo=95.94$
	$O=16$	$Ca=40.078$	$Fe=55.845$	$Co=58.93319$	$Rh=101.07$
	$F=19$	$Zn=65.38$	$Ni=58.69$	$Nd=144.24$	$Pd=106.36$
	$Na=23$	$As=74.9216$	$Cu=63.546$	$Sm=150.36$	$Os=190.23$
		$Se=78.96$	$Zn=65.37$	$Eu=151.964$	$Ir=192.22$
		$Br=79.904$	$Ag=107.865$	$Gd=157.25$	$Pt=195.084$
		$Kr=83.8$	$Au=196.967$	$Tb=158.9253$	$Hg=200.59$
		$Rb=85.468$	$Hg=200.59$	$Dy=162.5003$	$Tl=204.387$
		$Sr=87.62$		$Ho=164.93032$	
		$Zr=91.224$		$Er=167.259$	
		$Nb=92.90638$		$Tm=168.93032$	
		$Mo=95.94$		$Yb=173.0547$	
		$Ti=78.917$		$Lu=174.967$	
		$V=50.9415$			
		$Cr=51.9961$			
		$Mn=54.938$			
		$Fe=55.845$			
		$Ni=58.69$			
		$Cu=63.546$			
		$Zn=65.37$			
		$As=74.9216$			
		$Se=78.96$			
		$Br=79.904$			
		$Kr=83.8$			
		$Rb=85.468$			
		$Sr=87.62$			
		$Zr=91.224$			
		$Nb=92.90638$			
		$Mo=95.94$			
		$Ti=78.917$			
		$V=50.9415$			
		$Cr=51.9961$			
		$Mn=54.938$			
		$Fe=55.845$			
		$Ni=58.69$			
		$Cu=63.546$			
		$Zn=65.37$			
		$As=74.9216$			
		$Se=78.96$			
		$Br=79.904$			
		$Kr=83.8$			
		$Rb=85.468$			
		$Sr=87.62$			
		$Zr=91.224$			
		$Nb=92.90638$			
		$Mo=95.94$			
		$Ti=78.917$			
		$V=50.9415$			
		$Cr=51.9961$			
		$Mn=54.938$			
		$Fe=55.845$			
		$Ni=58.69$			
		$Cu=63.546$			
		$Zn=65.37$			
		$As=74.9216$			
		$Se=78.96$			
		$Br=79.904$			
		$Kr=83.8$			
		$Rb=85.468$			
		$Sr=87.62$			
		$Zr=91.224$			
		$Nb=92.90638$			
		$Mo=95.94$			
		$Ti=78.917$			
		$V=50.9415$			
		$Cr=51.9961$			
		$Mn=54.938$			
		$Fe=55.845$			
		$Ni=58.69$			
		$Cu=63.546$			
		$Zn=65.37$			
		$As=74.9216$			
		$Se=78.96$			
		$Br=79.904$			
		$Kr=83.8$			
		$Rb=85.468$			
		$Sr=87.62$			
		$Zr=91.224$			
		$Nb=92.90638$			
		$Mo=95.94$			
		$Ti=78.917$			
		$V=50.9415$			
		$Cr=51.9961$			
		$Mn=54.938$			
		$Fe=55.845$			
		$Ni=58.69$			
		$Cu=63.546$			
		$Zn=65.37$			
		$As=74.9216$			
		$Se=78.96$			
		$Br=79.904$			
		$Kr=83.8$			
		$Rb=85.468$			
		$Sr=87.62$			
		$Zr=91.224$			
		$Nb=92.90638$			
		$Mo=95.94$			
		$Ti=78.917$			
		$V=50.9415$			
		$Cr=51.9961$			
		$Mn=54.938$			
		$Fe=55.845$			
		$Ni=58.69$			
		$Cu=63.546$			
		$Zn=65.37$			
		$As=74.9216$			
		$Se=78.96$			
		$Br=79.904$			
		$Kr=83.8$			
		$Rb=85.468$			
		$Sr=87.62$			
		$Zr=91.224$			
		$Nb=92.90638$			
		$Mo=95.94$			
		$Ti=78.917$			
		$V=50.9415$			
		$Cr=51.9961$			
		$Mn=54.938$			
		$Fe=55.845$			
		$Ni=58.69$			
		$Cu=63.546$			
		$Zn=65.37$			
		$As=74.9216$			
		$Se=78.96$			
		$Br=79.904$			
		$Kr=83.8$			
		$Rb=85.468$			
		$Sr=87.62$			
		$Zr=91.224$			
		$Nb=92.90638$			
		$Mo=95.94$			
		$Ti=78.917$			
		$V=50.9415$			
		$Cr=51.9961$			
		$Mn=54.938$			
		$Fe=55.845$			
		$Ni=58.69$			
		$Cu=63.546$			
		$Zn=65.37$			
		$As=74.9216$			
		$Se=78.96$			
		$Br=79.904$			
		$Kr=83.8$			
		$Rb=85.468$			
		$Sr=87.62$			
		$Zr=91.224$			
		$Nb=92.90638$			
		$Mo=95.94$			
		$Ti=78.917$			
		$V=50.9415$			
		$Cr=51.9961$			
		$Mn=54.938$			
		$Fe=55.845$			
		$Ni=58.69$			
		$Cu=63.546$			
		$Zn=65.37$			
		$As=74.9216$			
		$Se=78.96$			
		$Br=79.904$			
		$Kr=83.8$			
		$Rb=85.468$			
		$Sr=87.62$			
		$Zr=91.224$			
		$Nb=92.90638$			
		$Mo=95.94$			
		$Ti=78.917$			
		$V=50.9415$			
		$Cr=51.9961$			
		$Mn=54.938$			
		$Fe=55.845$			
		$Ni=58.69$			
		$Cu=63.546$			
		$Zn=65.37$			
		$As=74.9216$			
		$Se=78.96$			
		$Br=79.904$			
		$Kr=83.8$			
		$Rb=85.468$			
		$Sr=87.62$			
		$Zr=91.224$			
		$Nb=92.90638$			
		$Mo=95.94$			
		$Ti=78.917$			
		$V=50.9415$			
		$Cr=51.9961$			
		$Mn=54.938$			
		$Fe=55.845$			
		$Ni=58.69$			
		$Cu=63.546$			
		$Zn=65.37$			
		$As=74.9216$			
		$Se=78.96$			
		$Br=79.904$			
		$Kr=83.8$			
		$Rb=85.468$			
		$Sr=87.62$			
		$Zr=91.224$			
		$Nb=92.90638$			
		$Mo=95.94$			
		$Ti=78.917$			
		$V=50.9415$			
		$Cr=51.9961$			
		$Mn=54.938$			
		$Fe=55.845$			
		$Ni=58.69$			
		$Cu=63.546$			
		$Zn=65.37$			
		$As=74.9216$			
		$Se=78.96$			
		$Br=79.904$			
		$Kr=83.8$			
		$Rb=85.468$			
		$Sr=87.62$			
		$Zr=91.224$			
		$Nb=92.90638$			
		$Mo=95.94$			
		$Ti=78.917$			
		$V=50.9415$			
		$Cr=51.9961$			
		$Mn=54.938$			
		$Fe=55.845$			
		$Ni=58.69$			
		$Cu=63.546$			
		$Zn=65.37$			
		$As=74.9216$			
		$Se=78.96$			
		$Br=79.904$			
		$Kr=83.8$			
		$Rb=85.468$			
		$Sr=87.62$			
		$Zr=91.224$			
		$Nb=92.90638$			
		$Mo=95.94$			
		$Ti=78.917$			
		$V=50.9415$			
		$Cr=51.9961$			
		$Mn=54.938$			
		$Fe=55.845$			
		$Ni=58.69$			
		$Cu=63.546$			
		$Zn=65.37$			
		$As=74.9216$			
		$Se=78.96$			
		$Br=79.904$			
		$Kr=83.8$			
		$Rb=85.468$			
		$Sr=87.62$			
		$Zr=91.224$			
		$Nb=92.90638$			
		$Mo=95.94$			
		$Ti=78.917$			
		$V=50.9415$			
		$Cr=51.9961$			
		$Mn=54.938$			
		$Fe=55.845$			
		$Ni=58.69$			
		$Cu=63.546$			
		$Zn=65.37$			
		$As=74.9216$			
		$Se=78.96$			
		$Br=79.904$			
		$Kr=83.8$			
		$Rb=85.468$			
		$Sr=87.62$			
		$Zr=91.224$			
		$Nb=92.90638$			
		$Mo=95.94$			
		$Ti=78.917$			
		$V=50.9415$			
		$Cr=51.9961$			
		$Mn=54.938$			
		$Fe=55.845$			
		$Ni=58.69$			
		$Cu=63.546$			
		$Zn=65.37$			
		$As=74.9216$			
		$Se=78.96$			
		$Br=79.904$			



L'ATOMO DI ELETTRICITA'



1897 J.J. THOMSON
MOSTRA CHE I RAGGI
CATODICI DI CROOKES
SONO PARTICELLE DI
CARICA NEGATIVA
MISURANDO IL
RAPPORTO e/m

J. J. Thomson 1856-1940 CON L'APPARATO
SPERIMENTALE PER LA MISURA DI e/m

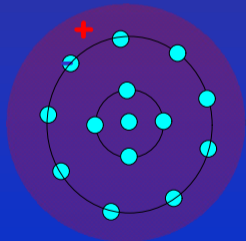
L'ELETTRONE (NOME PROPOSTO DA G. J. STONEY NEL
1894 CHE INSIEME A R. LAMING AVEVA IPOTIZZATO
L'ESISTENZA DI PARTICELLE DI CARICA NEGATIVA)
ERA STATO INDIVIDUATO



L'ATOMO E' COMPOSTO!

1904 MODELLO A PANETTONE DI THOMSON

"...gli atomi degli elementi consistono di un certo numero di corpuscoli carichi negativamente racchiusi in una sfera di carica positiva uniforme,..."



ATOMO DI THOMSON

- SFERA DI CARICA POSITIVA UNIFORME
- ELETTRONI SEGUONO ORBITE DI EQUILIBRIO
- L'EMISSIONE E L'ASSORBIMENTO DI RADIAZIONE ELETTROMAGNETICA E' DOVUTO ALLE DIFFERENTI ENERGIE DELLE ORBITE
- GLI ELETTRONI POSSONO ESSERE ESPULSI DALL'ATOMO



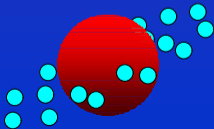
SATURNO

1904 MODELLO SATURNIANO DI NAGAOKA

- ANALOGIA COL SISTEMA DI ANELLI DI SATURNO
- NUCLEO DI CARICA POSITIVA E GRANDE MASSA RISPETTO AGLI ELETTRONI
- GLI ELETTRONI ORBITANO ATTORNO AL NUCLEO LEGATI DALLA FORZA ELETTROSTATICA



H. Nagaoka 1865-1950

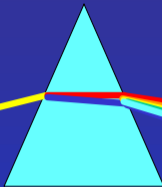




L'IMPRONTA DELLA LUCE

RAGGIO
DI LUCE

1666 I. Newton
SPETTRO



PRISMA



SOLIDO



GAS



SOLIDO GAS





GLI SPETTRI DEGLI ELEMENTI

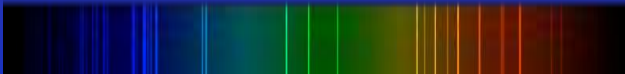
H



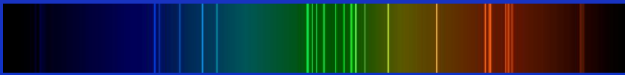
He



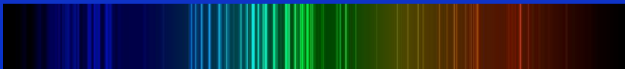
O



S



Fe



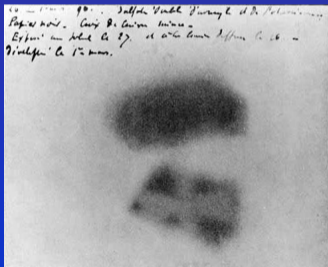


RADIOATTIVITA'

1896 **BECQUEREL** SCOPRE
ACCIDENTALMENTE IL FENOMENO
DELLA RADIOATTIVITA'



H. Becquerel 1852-1908



**LASTRA FOTOGRAFICA
IMPRESSIONATA DA SALI DI
URANIO**



M. Curie 1867-1934



ALFA BETA GAMMA



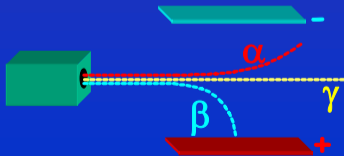
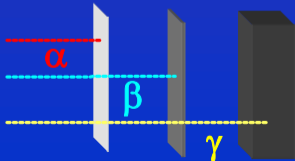
1898 RUTHERFORD SCOPRE
CHE LA RADIOATTIVITA' E'
COSTITUITA DA DUE TIPI DI
RADIAZIONE CHE CHIAMA
ALFA E BETA



1900 VILLARD SCOPRE I
RAGGI GAMMA

E. Rutherford 1871-1937

P. Villard 1860-1934





BOMBARDARE GLI ATOMI

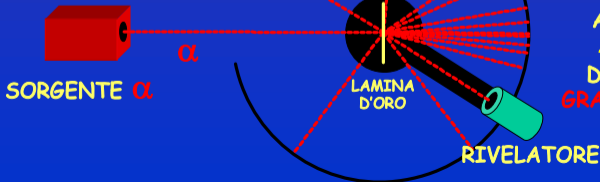


H. Geiger 1882-1945

1909 **GEIGER E MARSDEN**
BOMBARDANO UNA
SOTTILISSIMA LAMINA D'ORO
CON **PARTICELLE ALFA**



E. Marsden 1889-1970

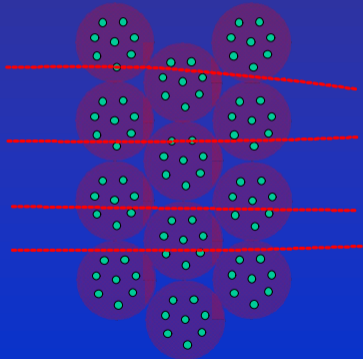


ALCUNE α
 $\sim 1/20.000$
DEFLESSE A
GRANDI ANGOLI

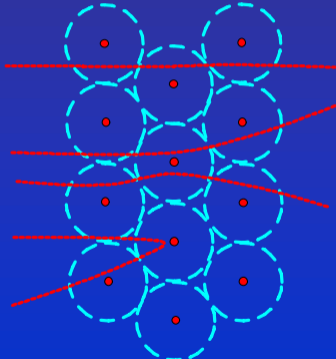


PALLE DI CANNONE

"...era come sparare una palla di cannone da 15 pollici su un foglio di carta velina e vedersela rimbalzare indietro!" **E. Rutherford**



DEFLESSIONE α CON
MODELLO THOMSON

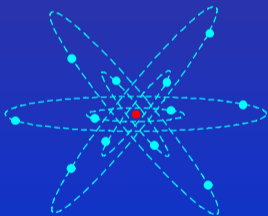


DEFLESSIONE α CON
MODELLO RUTHERFORD



MODELLO PLANETARIO

1911 **RUTHERFORD** SVILUPPA UN MODELLO DI ATOMO IN CUI GLI ELETTRONI ORBITANO ATTORNO A UN NUCLEO LEGATI DALLA **FORZA ELETTRICA**



MODELLO
PLANETARIO

- IL NUCLEO HA CARICA POSITIVA E DIMENSIONI DI $\sim 10^{-15}$ - 10^{-14} m
- GLI ELETTRONI VI ORBITANO ATTORNO A DISTANZA DI $\sim 10^{-10}$ m CENTOMILA VOLTE LE DIMENSIONI DEL NUCLEO
- LA MAGGIOR PARTE DELLA **MASSA** E' CONCENTRATA NEL NUCLEO CIRCA IL **99,97 %**

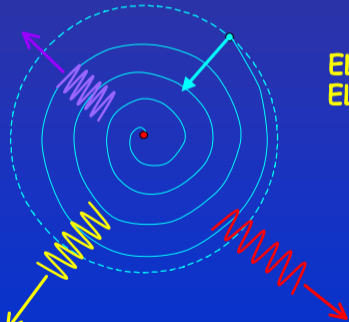


L'ATOMO COLLASSA!

PER LA MECCANICA CLASSICA L'ORBITA
DELL'ELETTRONE DOVREBBE **DECADERE** IN $\sim 10^{-8}$ s
EMETTENDO **ONDE Elettromagnetiche**

NEGLI ATOMI CON PIU'
ELETTRONI LA REPULSIONE
ELETTROSTATICA RENDE IL
SISTEMA INSTABILE

SPETTRI A RIGHE **NON**
INTERPRETABILI



COLLASSO DI UN
ELETTRONE SUL NUCLEO



RYDBERG

1888 **RYDBERG** FORMULA EMPIRICA PER DESCRIVERE LE RIGHE SPETTRALI DELL'ATOMO DI IDROGENO



$$\frac{1}{\lambda_{\text{vac}}} = R_{\text{H}} \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

LE RIGHE SI PRESENTANO IN **SERIE**
DANDO A n_1 E n_2 VALORI INTERI

R_{H} E' LA COSTANTE DI RYDBERG

J. Rydberg 1854-1919

H





STABILIZZARE L'ATOMO



N. BOHR 1885-1962

1913 **N. BOHR** "On the Constitution of Atoms and Molecules" Phil. Mag.

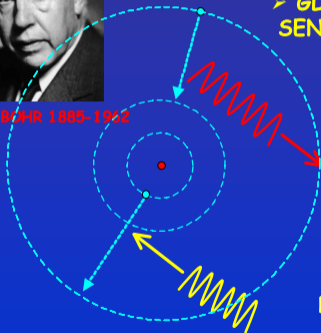
- GLI ELETTRONI POSSONO MUOVERSI SENZA IRRAGGIARE SU DETERMINATE ORBITE (ORBITALI)
- EMISSIONE E ASSORBIMENTO AVVENGONO QUANDO L'ELETTRONE SALTA DA UN ORBITALE A UN ALTRO

$$E_f - E_i = h\nu$$

- IL MOMENTO ANGOLARE DELL'ELETTRONE E' QUANTIZZATO

$$mvr = \hbar v$$

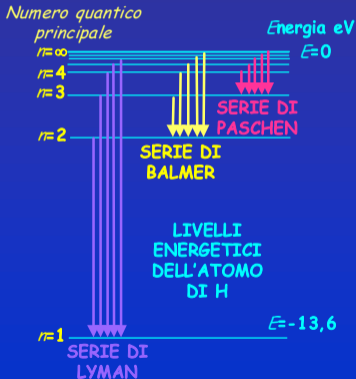
MODELLO DI BOHR
DELL'ATOMO DI IDROGENO





LIVELLI ENERGETICI

I LIVELLI ENERGETICI DELL'ATOMO SONO QUANTIZZATI



SI INTERPRETANO PARZIALMENTE LE RIGHE NEGLI SPETTRI ATOMICI

$$E_n = -\frac{e^4 m_e}{2\hbar^2} \cdot \frac{1}{n^2} = -13,6 eV \cdot \frac{1}{n^2}$$

R_H

LA FORMULA DI RYDBERG TROVA UNA GIUSTIFICAZIONE NON SOLO EMPIRICA



PERFEZIONAMENTI

PRIMA EHERENFEST (1914) E POI SOMMERFELD (1916)
PERFEZIONANO "L'ATOMO DI BOHR"

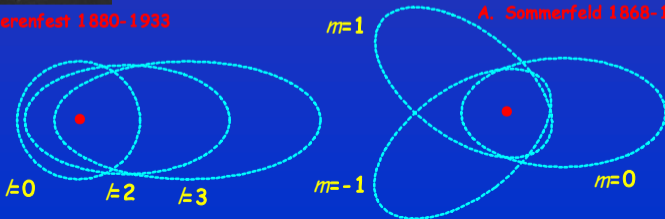


- ORBITALI ELLITTICI NUMERO QUANTICO SECONDARIO /
- ORIENTAZIONE DEGLI ORBITALI NUMERO QUANTICO MAGNETICO m



P. Ehrenfest 1880-1933

A. Sommerfeld 1868-1951





IL MISTERO DELLO SPIN



W. Pauli 1900-1958

1924 **PAULI**, PER SPIEGARE LE INCONGRUENZE OSSERVATE NEGLI SPETTRI, INTRODUCE PER GLI ELETTRONI UN NUOVO **GRADO DI LIBERTA'** **INTRINSECO A DUE VALORI**

UN **ELETTRONE** IN UN ATOMO E' DESCRITTO DA 4 **NUMERI QUANTICI** $n / m s$

1924 **PRINCIPIO DI ESCLUSIONE DI PAULI**: DUE **ELETTRONI** NON POSSONO AVERE TUTTI I **NUMERI QUANTICI UGUALI**



G. Uhlenbeck H. Kramers
S. Goudsmit

1925 **UHLENBECK E GOUDSMIT** INTRODUCONO LO **SPIN** DELL'ELETTRONE



SPIN
UP

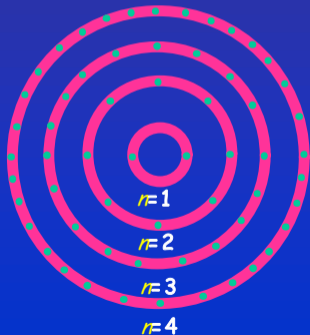


SPIN
DOWN



IL MODELLO A SHELL

NEGLI ATOMI CON PIU' ELETTRONI GLI STESSI SI DISPONGONO SU ORBITALI VIA VIA PIU' ESTERNI TENENDO CONTO DEL PRINCIPIO DI ESCLUSIONE DI PAULI



GLI ORBITALI CON STESSO NUMERO QUANTICO PRINCIPALE COSTITUISCONO UNA SHELL

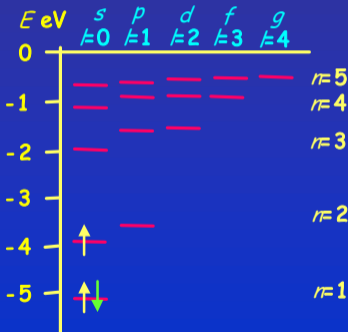
UNA SHELL PUO' ANCHE ESSERE DEFINITA RAGGRUPPANDO ORBITALI CORRISPONDENTI A LIVELLI ENERGETICI SIMILI

$$n = 1, 2, 3, 4, 5 \dots \quad 0 \leq l \leq n-1$$
$$-l \leq m \leq l \quad s = \pm 1/2$$



IL MODELLO VETTORIALE

I LIVELLI ENERGETICI DEGLI ATOMI A PIU' ELETTRONI SONO DIVERSI RISPETTO A QUELLI DELL'ATOMO D'IDROGENO



L'INTRODUZIONE DELLO SPIN ELETTRONICO PORTA ALLA COSTRUZIONE DI UN MODELLO VETTORIALE DELL'ATOMO

LO SPIN ELETTRONICO SI COMBINA VETTORIALMENTE CON LO SPIN DELL'ORBITALE

LIVELLI ENERGETICI DELL'ATOMO DI LITIO



COSTRUIRE ATOMI

IL RIEMPIMENTO DEI LIVELLI ENERGETICI AVVIENE SEGUENDO
ALCUNE SEMPLICI REGOLE (**AUFBAUPRINZIP**)

n	l	$n+l$	Orb.	$N_{el.}$
1	0	1	$1s^2$	2
2	0	2	$2s^2$	4
2	1	3	$2p^6$	10
3	0	3	$3s^2$	12
3	1	4	$3p^6$	18
4	0	4	$4s^2$	20
3	2	5	$3d^{10}$	30
4	1	5	$4p^6$	36
5	0	5	$5s^2$	38
4	2	6	$4d^{10}$	48

➤ GLI ORBITALI SONO
RIEMPITI IN ORDINE
CRESCENTE DEL VALORE $n+l$

➤ IN CASO DI PARITA' DI
VALORI $n+l$ SI CONSIDERA IL
VALORE MINORE DI n





LE ONDE DI DE BROGLIE

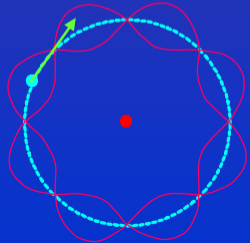


AIP

1924 **DE BROGLIE** "Recherches sur la theorie des quanta" TESI DI DOTTORATO

AD OGNI **PARTICELLA** IN MOTO E' ASSOCIATA UN'**ONDA**

$p = mv \quad \lambda = \frac{h}{p}$



L. De Broglie 1892-1987

GLI ORBITALI DI BOHR SI OTTENGONO IMPONENDO LA CONDIZIONE DI STAZIONARIETA' PER L'ONDA ELETRONICA



E IL NUCLEO?

~1918 RUTHERFORD: IL NUCLEO HA UNA STRUTTURA COMPOSTA DA NUCLEI DI H (PROTONI) E PARTICELLE NEUTRE

1928 W. BOTHE: EMISSIONE DI RAGGI NEUTRI DA PARTE DEL Be

1932 J. CHADWICK: LA RADIAZIONE DEL Be E' COMPOSTA DA PARTICELLE NEUTRE: I NEUTRONI

COSTITUENTI DEL NUCLEO

$\sim 10^{-15} \text{ m}$
↔



PARTICELLA	MASSA	CARICA
PROTONE	$\sim 1836 m_e$	+1
NEUTRONE	$\sim 1836 m_e$	0

$$m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$



L'EQUAZIONE D'ONDA

1926 E. SCHRÖDINGER "Quantisierung als Eigenwertproblem" An. Ph.



E. Schrödinger 1887-1961

AD OGNI PARTICELLA E' ASSOCIATA UN'ONDA
DESCRITTA DA UNA FUNZIONE ψ

$|\psi|^2$ E' ASSOCIATO ALLA PROBABILITA' DI
TROVARE LA PARTICELLA IN UN CERTO VOLUME
DI SPAZIO AD UN CERTO ISTANTE

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \psi = H\psi$$
 EQUAZIONE DI SCHRÖDINGER

$$H = -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2}{\partial x^2} \psi + U(x)$$
 OPERATORE HAMILTONIANO

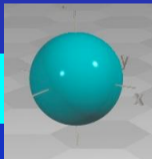


L'EQUAZIONE AL LAVORO

APPLICANDO L'EQUAZIONE DI **SCHRÖDINGER** ALL'ATOMO DI **IDROGENO** SI OTTENGONO DIRETTAMENTE GLI **ORBITALI** E I **LIVELLI ENERGETICI**

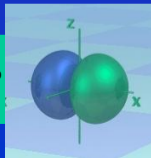
$$-\frac{\hbar^2}{2\mu} \frac{1}{r^2 \sin \theta} \left[\sin \theta \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial \psi_s}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial \psi_s}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial^2 \psi_s}{\partial \varphi^2} \right] + U(r) \psi_s(r, \theta, \varphi) = E \psi_s(r, \theta, \varphi)$$

$$\psi_{1s} = 2\sqrt{Z^3} e^{-Zr/a_0}$$



FUNZIONI D'ONDA PER GLI ORBITALI 1s E 2p_x DEGLI ATOMI IDROGENOIDI E LA LORO RAPPRESENTAZIONE
 ("The Orbitron" Un. Sheffield)

$$\psi_{2p_x} = \sqrt{\frac{3}{4\pi}} \sin \theta \cos \varphi \frac{1}{2\sqrt{6}} \frac{2Zr}{a_0 n} \sqrt{Z^3} e^{-Zr/a_0}$$

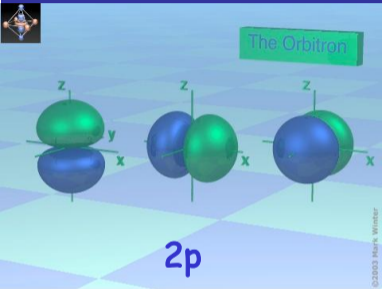


ORBITALI s



ORBITALI DI TIPO s
("The Orbitron" Un. Sheffield)

ORBITALI p

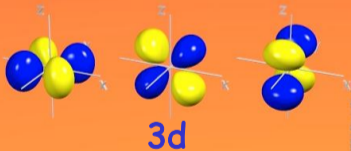
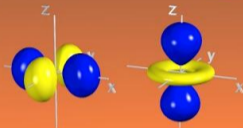


ORBITALI DI TIPO p NON VI E' PIU' SIMMETRIA SFERICA
("The Orbitron" Un. Sheffield)

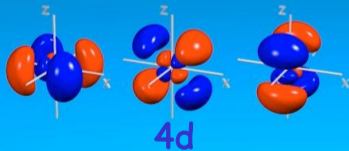
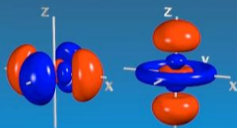
ORBITALI d



The Orbitron

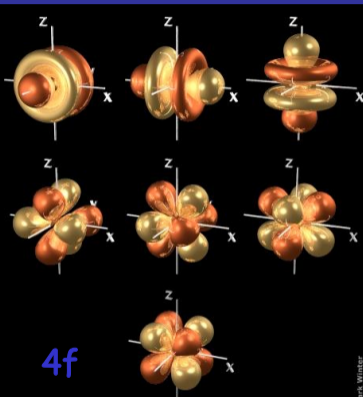


The Orbitron

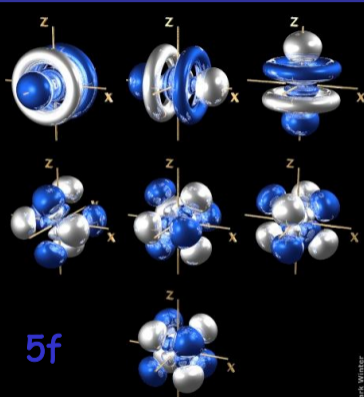


ORBITALI DI TIPO d NON VI E' PIU' SIMMETRIA SFERICA
("The Orbitron" Un. Sheffield)

ORBITALI f



© Mark Winter

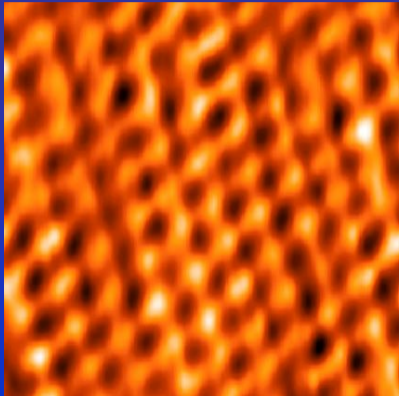
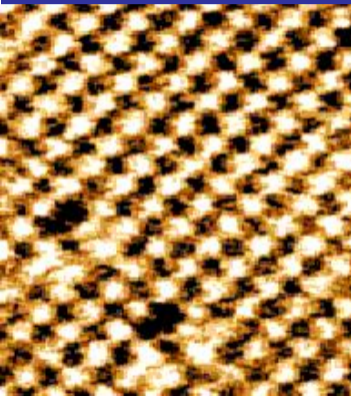


© Mark Winter

ORBITALI DI TIPO f NON VI E' PIU' SIMMETRIA SFERICA
("The Orbitron" Un. Sheffield)



VEDERE GLI ATOMI



**ATOMI DEL RETICOLO NaCl
OSSERVATI CON MICROSCOPIO A
FORZA ATOMICA**

**ATOMI DEL RETICOLO MoS_2
OSSERVATI CON MICROSCOPIO A
SCANSIONE A EFFETTO TUNNEL**

QUANTUM CORRAL REALIZZATO CON ATOMI DI FERRO SU UNA SUPERFICIE DI
RAME (Foto IBM Research, Almaden Research Center)



*GRAZIE PER
L'ATTENZIONE!!!*

DOMANDE?