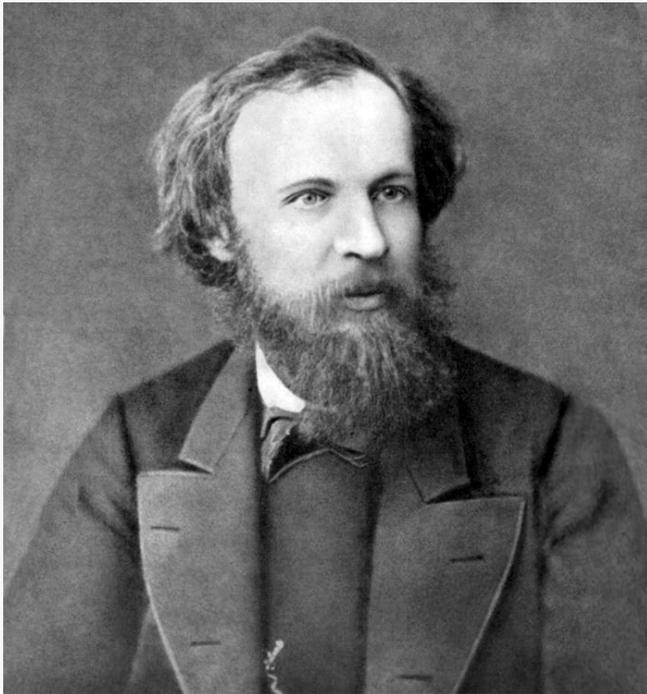


La Tavola Periodica ieri oggi e domani



D. D.I. Mendeleev, 1869

Dmitrij Ivanovič
Mendeleev

Una forte personalità tra
scienza e progresso civile

Rosa Lanzetta
dip. di Scienze Chimiche
Università di Napoli Federico II

La famiglia e i primi anni



Tobolsk, 1850

- 1834 Nasce a Tobolsk, nella Siberia a ridosso degli Urali
- 1847 Morte del padre
 - Forte rapporto con la madre Marya Dmitrievna, proveniente dalla famiglia Kornil'ev
 - La madre regge le sorti della famiglia gestendo una vetreria
- 1849 Maturità

Dall'Istituto Pedagogico ad Odessa e ritorno



Simferopol, quadro di Carlo Bossoli

- 1850, in primavera da Tobolsk a Mosca, da Mosca a S.Pietroburgo. In estate iscritto all'Istituto Pedagogico
- 1855, a Simferopol in Crimea poi ad Odessa
- 1857-1859 Insegna a S. Pietroburgo teoria chimica, storia della chimica, chimica organica.
- 1859, il Ministero dell'Istruzione gli assegna una borsa per 22 mesi di soggiorno all'estero.

A Heidelberg



N. Zhitinsky,
A. P. Borodin,
D. I. Mendeleev,
V. I. Olevinsky

- Aprile-giugno 1859 Mendeleev visita una dozzina di Università, incontrando a Parigi Berthelot, Wurtz e Dumas, Liebig a Monaco
- Decide di stabilirsi a Heidelberg, dove insegnano Robert Bunsen (1811-1899), Emil Erlenmeyer (1825-1909), Gustav Kirchhoff (1824-1887).
- A Heidelberg il 10% degli studenti è di origine russa
- Contrae due debiti:
 - 1000 rubli per attrezzare un laboratorio privato
 - 1000 rubli per il mantenimento di Rosa, una bimba nata dalla relazione con l'attrice Agnes Feuchtman

Il primo e il secondo matrimonio

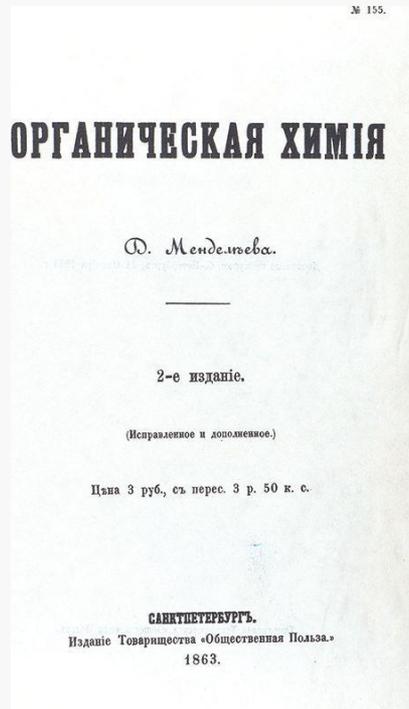


- 1862 Sposa Feozva Nikitichna (*née* Leshcheva)



- 1876 Conosce Anna Ivanovna Popova, una ragazza allora diciassettenne.
- Il lungo conteggiamento si conclude nel 1882, quando infrangendo la legge sul divorzio Mendeleev sposa Anna.

Debiti e crediti



- Ritorno a S. Pietroburgo
- L'Istituto Pedagogico è chiuso
- Per pagare i debiti insegna in diversi Istituti, dà lezioni private
 - Dal diario: "debiti [al punto] di cucire cappotti e stivali, sempre affamato"
- Traduce il manuale di Johannes Wagner (1822-1880), lo *Handbuch der chemischen Technologie*.
- Scrive in quattro mesi il primo testo russo di chimica organica, vince il premio Devidov di 5.000 rubli

La carriera accademica



Università di S. Pietroburgo

- 1865 Dottorato "Sui composti dell'acqua con l'alcol".
- 1865 Ordinario di chimica tecnologica
- 1867 Ordinario di Chimica Generale
- 1890 Dimissioni
- 1892 Custode della Camera Misure e Pesi

Le dimissioni

FLOGGING WITH THE KNOT.

WIDESPREAD INDIGNATION.

LONDON, March 28.

The agitation among Russian University students in favor of establishing constitutional government in place of the present despotism is spreading from St. Petersburg, Kieff, Charkoff, and other places to Moscow.

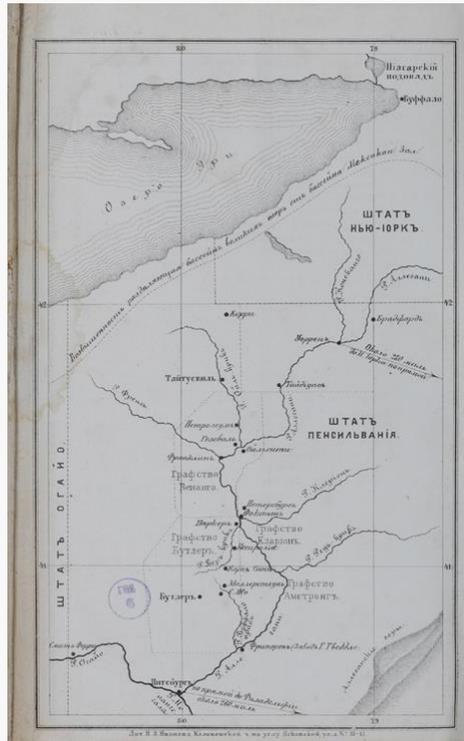
Several students in the Moscow University who had revolted against the authorities were subjected to floggings with the knot, a mode of punishment abolished by the late Czar.

Their companions were infuriated by this treatment, and the result has been to intensify the agitation. The police are making numerous arrests in Moscow and elsewhere.

- Marzo 1890, a partire da S. Pietroburgo scoppia una rivolta studentesca contro il regime autocratico.
- La repressione è particolarmente dura a Mosca.
- Mendeleev accetta di consegnare un documento degli studenti al Ministro dell'Istruzione, guadagnandosi una censura da parte del ministro Delyanov.
- Mendeleev si dimette da ogni incarico universitario.



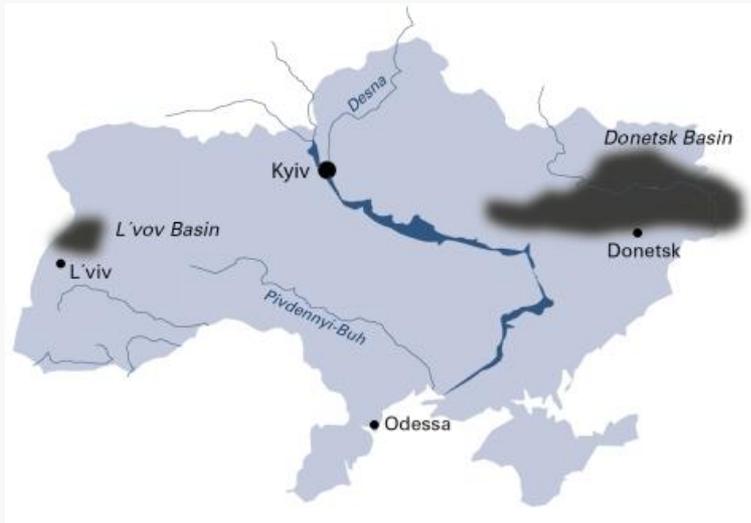
L'impegno tecnologico La questione del petrolio



- Agosto 1863, V.A. Kodorev chiede a Mendeleev di 'visitare' gli impianti di Baku, che gli danno una perdita di 200.000 rubli all'anno.
- Mendeleev riceve 1000 rubli; l'anno successivo gli impianti rendono 200.000 rubli
- 1876, visita la Petroleum Valley in Pensilvania

La questione del carbone

Donez 1888

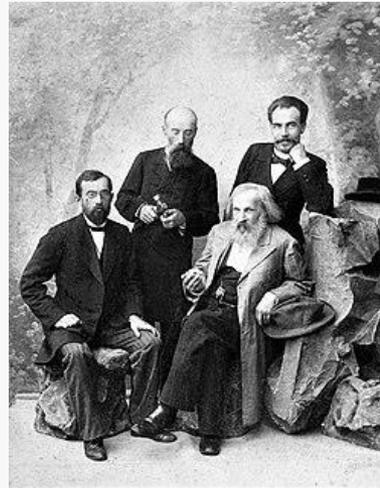
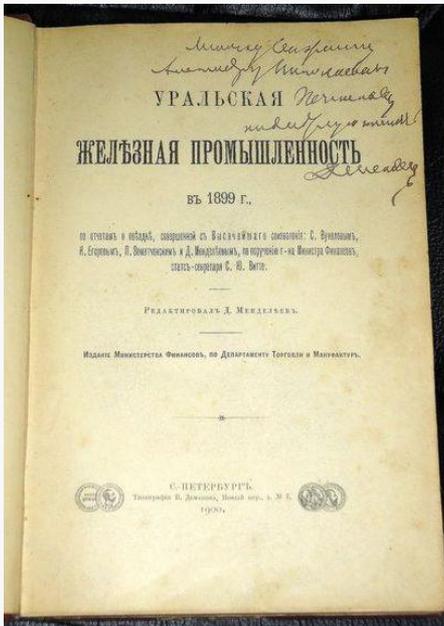


- Dopo una ampia ricognizione dell'intero bacino, Mendeleev non esitò a parlare di «valore mondiale» di quelle risorse nazionali.
- A livello scientifico propone la gassificazione del carbone in loco e il trasporto mediante tubazioni del combustibile gassoso.

La questione del ferro 1899



- Inviato da Witte, tre mesi di viaggio
- Due mesi di sistemazione del materiale raccolto
- Pubblica il volume *Industria del ferro degli Urali nell'anno 1899*», una vera *summa* di dati statistici, tecnici, scientifici, ricchissima di immagini e di diagrammi



P.A. Zemyatchensky,
K.N. Egorov, S.P. Vukolov,
DI. Mendeleev.

Petrolio, carbone, ferro,
standardizzazione ... la
tavola periodica

Il rapporto con Witte



Sergej Jul'evič Witte
1849 –1915

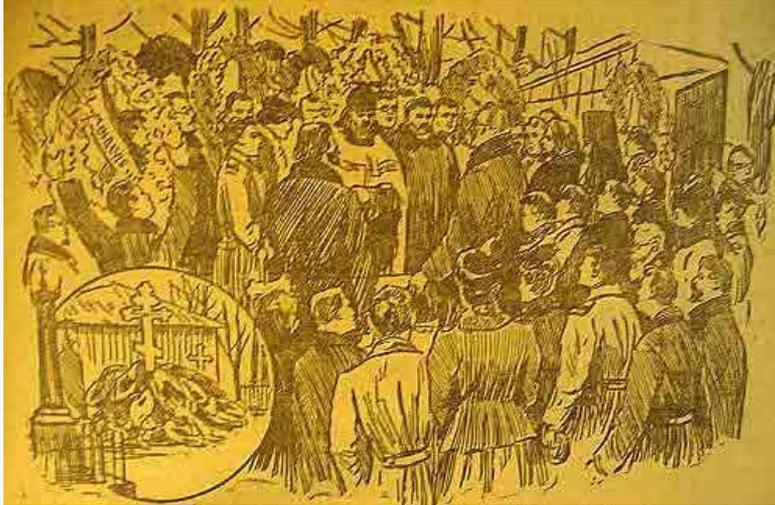
- Witte e Mendeleev condividono una visione di modernizzazione dell'Impero.
- Witte come Ministro delle Finanze promosse la costruzione di ferrovie, compresa la Transiberiana, stabilizzò la moneta con l'introduzione del rublo-oro.
- Witte protesse Mendeleev con il suo potere politico. Mendeleev aiutò Witte mettendogli a disposizione il proprio prestigio scientifico e tecnologico.
- Nel 1892 Witte nomina Mendeleev 'custode' della Camera Misure e Pesi



L'impegno in metrologia

- Nuovi prototipi delle unità di misura di lunghezza (arshin) e di peso (libbra)
- Copie degli standard europei (sistema metrico decimale)
- Legge del giugno 1899, con la possibilità di usare il sistema metrico decimale.



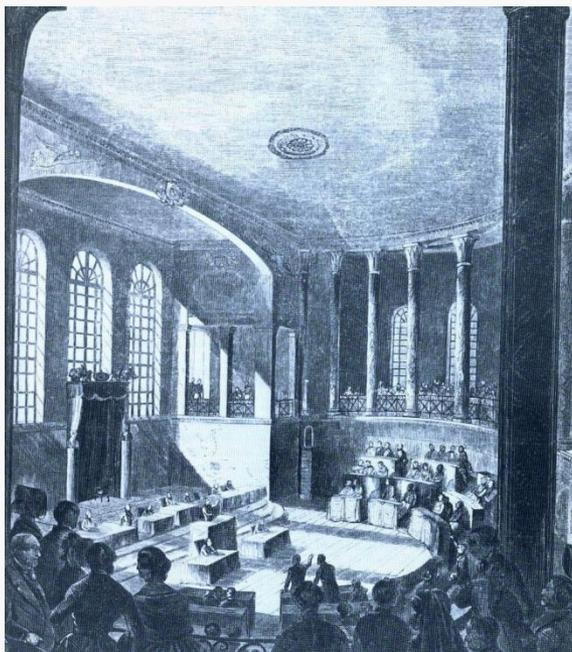


I. I. Borgman
1849- 1914)

La morte e il funerale

- 11 gennaio 1907, Mendeleev mostra la Camera delle Misure e dei Pesi al Ministro del Commercio D.A. Filosofov. Si ammala per il freddo, il 20 gennaio muore.
- Il discorso di commemorazione è tenuto dal fisico Borgman, il primo Rettore eletto dell'Università di S. Pietroburgo.

The Karlsruhe Congress



- 3 September 1860
 - 9.00 Plenary session (Weltzien)
 - Opening by Weltzien
 - A long discourse by Kekulé
 - Election of a Committee of 30 members
 - 11.00 Committee session (Kopp)
 - Kopp invites to speak Kekulé and Cannizzaro
 - The two chemists are divided on the concept of chemical molecule and physical molecule
 - Five questions are prepared to be put into discussion

After Karlsruhe

Mendeleev's testimony



Borodin and Mendeleev
at Heidelberg, 1860

- **Letter to A.A. Voskresenski, published on the *Sankt-Peterburgskie Vedomosti***
- "The question of the **difference of molecules, atoms and equivalents; the question of the sizes of the atomic weights**"
- "There was chosen a commission of thirty members for the preliminary treatment of these two questions. S. Cannizzaro was finally also on it, whose animated speech, in justice, was met by general approval"
- "At its last session, J. Dumas made a brilliant speech proposing to use the new atomic weights only in organic chemistry leaving the old for inorganic. Against this Cannizzaro spoke heatedly, showing that all should use the same new atomic weight. There was no vote on this question, but the great majority took the side of Cannizzaro"
 - D. Mendeleev, Heidelberg, September 7, 1860
 - Tr. H.M. Leicester, *J. Chem. Ed.*, **28**, p. 422 (1951)

La via verso la tavola e primo annuncio

но въ ней, какъ кажется, уже ясно выражается приближенность вы-
ставленного кандидата ко всей совокупности элементовъ, надъ
которыхъ извѣстныя съ достоверностію. На этотъ разъ я и желаю
преимущественно найти общую систему элементовъ. Вотъ этотъ
смыслъ:

		Ti=50	Zr=90	Y=180.
		V=51	Nb=94	Ta=182.
		Cr=52	Mo=98	W=186.
		Mn=55	Rh=104,5	Pt=197,5
		Fe=56	Ir=104,5	Os=199.
		Ni=Co=59	Pt=106,5	Os=199.
		Cu=63,5	Ag=108	Hg=200.
H=1		Zn=65,2	Cd=112	
He=9,5	Mg=24	Zn=65,2	U=118	Am=197,7
B=11	Al=27,5	Y=68	Sn=118	
C=12	Si=28	Y=70	Sb=122	Bi=210
N=14	P=31	As=75	Te=128,7	
O=16	S=32	Se=79,5	I=127	
F=19	Cl=35,5	Br=80	Cs=133	Tl=204
Li=7	Na=23	K=39	Ba=137	Pb=207.
		Rb=85,5		
		Sr=87,5		
		Y=45	Ce=92	
		YEr=96	La=94	
		YTi=60	Di=95	
		Yn=75,5	Th=118,7	

а потому приходится изъяснить раздѣлъ между различныя группы элементовъ,
что ибъ изъяснить таблицу приближенной таблицы. Какъ же изъяснить пред-
ложить при составленіи системы очень много возмозможныхъ элементовъ. То и
крупно надо изъяснить. Какъ кажется изъяснить, наиболее естественный составъ
элементахъ системы (приближенно) есть плоскостный, но и попутно да и обра-
зуютъ изъяснить въ изъяснительной результатъ.

- L'interesse per la sistematica chimica era nato durante la stesura del testo di chimica organica.
- Un secondo interesse di Mendeleev riguardava la didattica.
- Aveva iniziato la stesura del suo poderoso testo dei principi di chimica.

▫ 6 marzo, 1869

Mendeleev, 1871

(The most famous table in the world. Later)

Reihen	Gruppe I. $\overline{R^2O}$	Gruppe II. \overline{RO}	Gruppe III. $\overline{R^2O^3}$	Gruppe IV. $\overline{RH^4}$ $\overline{RO^2}$	Gruppe V. $\overline{RH^3}$ $\overline{R^2O^5}$	Gruppe VI. $\overline{RH^2}$ $\overline{RO^3}$	Gruppe VII. \overline{RH} $\overline{R^2O^7}$	Gruppe VIII. $\overline{RO^4}$
1	H=1							
2	Li=7	Be=9,4	B=11	C=12	N=14	O=16	F=19	
3	Na=23	Mg=24	Al=27,3	Si=28	P=31	S=32	Cl=35,5	
4	K=39	Ca=40	—=44	Ti=48	V=51	Cr=52	Mn=55	Fe=56, Co=59, Ni=59, Cu=63
5	(Cu=63)	Zn=65	—=68	—=72	As=75	Se=78	Br=80	
6	Rb=85	Sr=87	?Yt=88	Zr=90	Nb=94	Mo=96	—=100	Ru=104, Rh=104, Pd=106, Ag=108
7	(Ag=108)	Cd=112	In=113	Sn=118	Sb=122	Te=125	J=127	
8	Cs=133	Ba=137	?Di=138	?Ce=140	—	—	—	— — — —
9	(—)	—	—	—	—	—	—	
10	—	—	?Er=178	?La=180	Ta=182	W=184	—	Os=195, Ir=197, Pt=198, Au=199
11	(Au=199)	Hg=200	Tl=204	Pb=207	Bi=208	—	—	
12	—	—	—	Th=231	—	U=240	—	— — — —

La Tabella Periodica

	Gruppe I.	Gruppe II.	Gruppe III.	Gruppe IV.	Gruppe V.	Gruppe VI.	Gruppe VII.	Gruppe VIII.
Typische Elemente	H 1							
1. Periode	Li 7	Be 9,4	Bo 11	C 12	N 14	O 16	F 19	
Reihe 1	Na 23	Mg 24	Al 27,3	Si 28	P 31	S 32	Cl 35,5	
- 2	Ka 39	Ca 40	—44	Ti 50(?)	V 51	Cr 52	Mn 55	Fe 56, Co 59, Ni 56, Cu [63]
Reihe 3	(Cu 63)	Zn 65	—68	—72	As 75	Se 78	Br 80	
- 4	Rb 85	Sr 87	(Yt 88)(?)	Zr 90	Nb 94	Mo 96	—100	Ru 104, Rh 104, Pt 106, [Ag 108]
Reihe 5	(Ag 108)	Cd 112	In 113	Sn 118	Sb 122	Te 125	J 127	
- 6	Cs 133	Ba 137	—137	Ce 138(?)	—	—	—	
Reihe 7	—	—	—	—	—	—	—	
- 8	—	—	—	—	Ta 183	W 184	—	Os 199 (?), Jr 198, Pt [197, Au 197]
Reihe 9	(Au 197)	Hg 200	Tl 204	Pb 207	Bi 208	—	—	
- 10	—	—	—	Th 232	—	U 240	—	
Höchste salzbild. Oxyde	R ² O	R ² O ² od. RO	R ² O ³	R ² O ⁴ o. RO ²	R ² O ⁵	R ² O ⁶ o. RO ³	R ² O ⁷	R ² O ⁸ od. RO ⁴
Höchste H-Verbindung				RH ⁴	RH ³	RH ²	RH	(R ² H) (?)

La tabella periodica è la rappresentazione grafica della **legge di periodicità**, individuata nel 1869 dal chimico russo Dmitri Ivanovic Mendeleév (1834 – 1907).

La legge di periodicità

La *legge di periodicità* e la *tabella periodica*

rappresentano

punto di arrivo

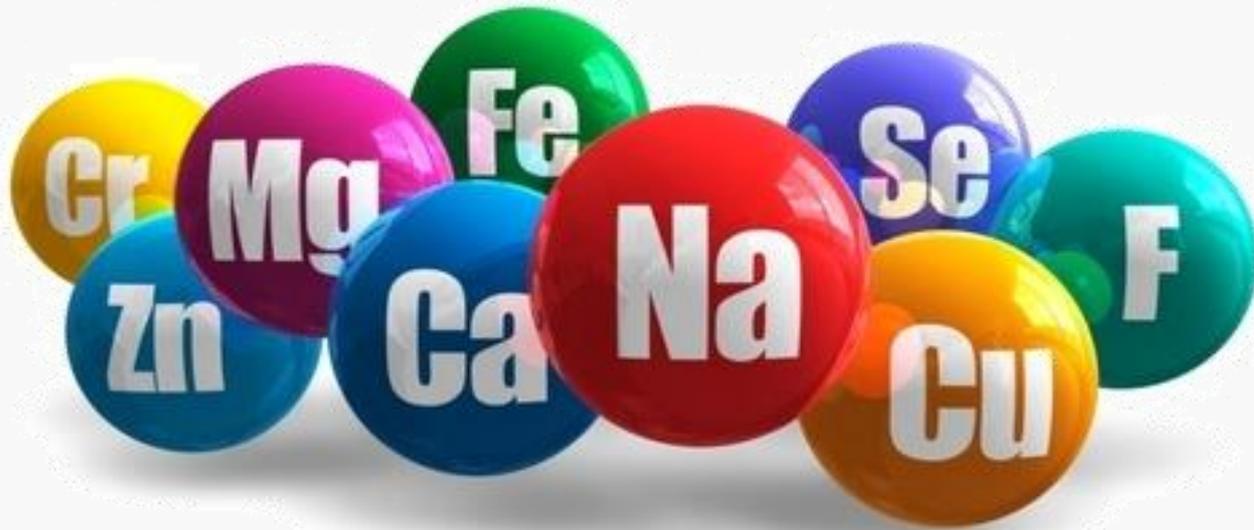
dei tentativi di *classificare* le sostanze chimiche

punto di partenza

della *ricerca* sistematica degli elementi ancora *mancanti*,

della *razionalizzazione* delle loro proprietà,

della *comprensione* della struttura atomica.



La definizione di Elemento

La definizione di elemento

Ha subito una profonda e continua evoluzione,
a partire da Empedocle, attraverso Aristotele, Paracelso, Lemery, fino ad arrivare a Lavoisier.



L'elemento secondo Lavoisier

E' un oggetto **concreto, tangibile e osservabile**, caratterizzato da proprietà reali e ben definite,
che è possibile identificare su basi sperimentali:

... se usiamo il termine elemento per esprimere l'idea dell'ultimo punto al quale si può spingere l'analisi, dobbiamo accettare come elementi tutte le sostanze nelle quali siamo capaci di ridurre i corpi per decomposizione.

L'elemento secondo Mendeleév

Svincola l'elemento dalla sua esteriorità
elevandolo allo stato di *intima essenza* delle
sostanze sia semplici che composte:

*... in tutti i cambiamenti delle proprietà dei
corpi qualcosa rimane immutato e che, nella
trasformazione degli elementi nei composti,
questo qualcosa determina le caratteristiche
comuni ai corpi formati da un dato
elemento.*

Un esempio

L'Ossigeno gassoso si combina con un metallo liquido argenteo, il Mercurio, per dare una polvere rosso arancio, l'ossido di mercurio:

... questo non contiene due corpi semplici, un metallo e un gas, ma due elementi, mercurio e ossigeno, che, quando sono liberi, sono un metallo e un gas; contiene soltanto la sostanza dei due elementi.



Classificare gli elementi

Per questo, Mendeleév decide di classificare gli elementi, basandosi soprattutto su *parametri quantitativi*, senza trascurare l'incidenza delle proprietà non esprimibili quantitativamente.

il solo parametro numerico ricollegabile a ciascun singolo elemento è

il *peso atomico*

Il peso atomico

... il valore del peso atomico è una quantità che non si riferisce allo stato momentaneo di una sostanza ma è qualcosa che ha in comune la sostanza semplice libera con tutti i suoi composti.

Il peso atomico non appartiene al carbone o al diamante, ma al carbonio.

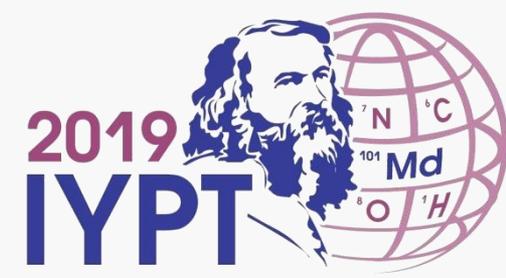


La determinazione dei pesi atomici

La determinazione dei pesi atomici

Dalton ha introdotto il concetto di peso atomico come aspetto quantitativo fondamentale della ***teoria atomica*** (1803). Anche se la determinazione dei pesi atomici degli elementi era stata caratterizzata da una notevole ***incertezza***

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
H	He																
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne										
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
55	56	57-71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
87	88	89-103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
Fr	Ra		Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu			
107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	Nd	Lr			



I contributi italiani alla scoperta e al consolidamento della legge di periodicità

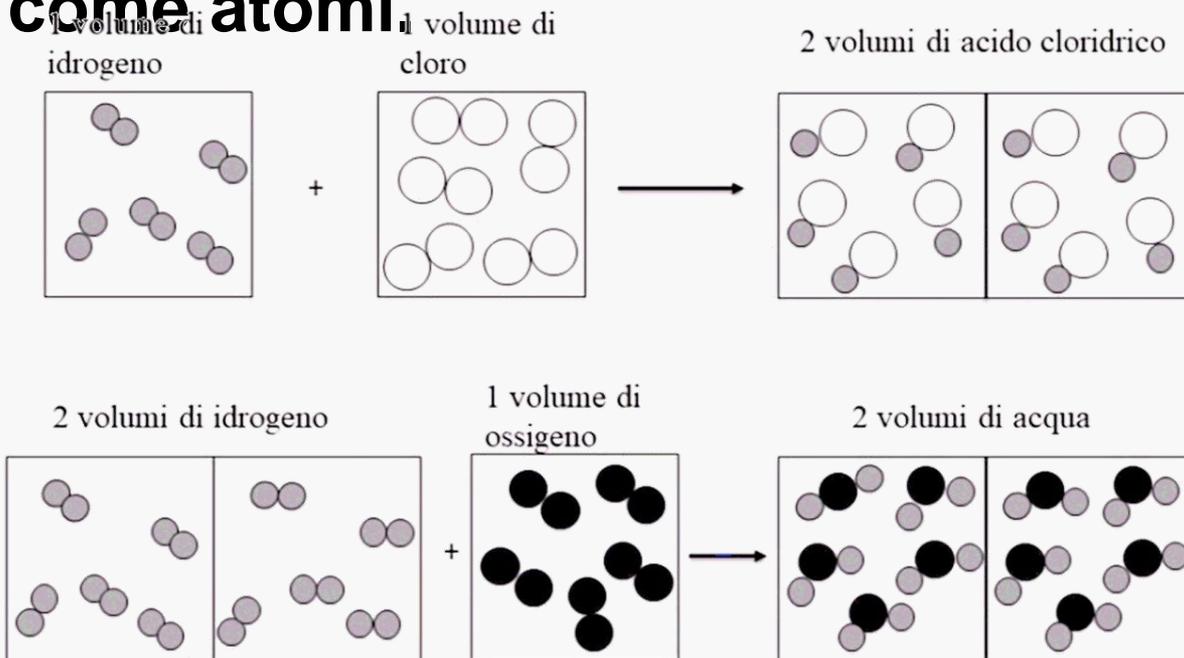
Stanislao Cannizzaro (1826 – 1910)

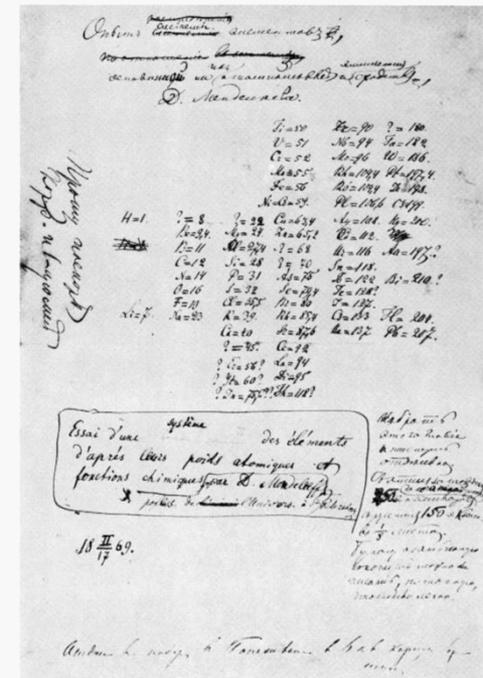
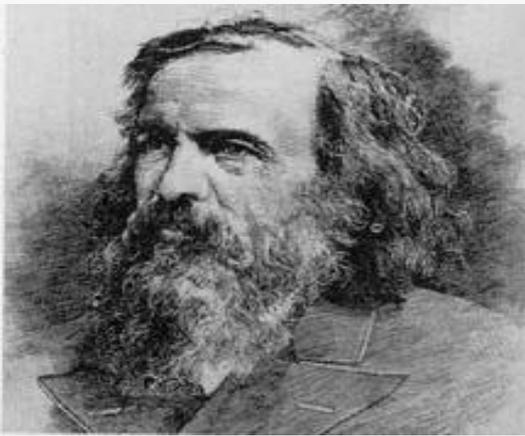


Nell'approccio alla *Filosofia Chimica*, parte dalla distinzione ontologica tra atomo e molecola e dalla enfaticizzazione della loro relazione parte – tutto.

Il principio di Avogadro

Basandosi sul principio di Avogadro, e sulla legge di Gay-Lussac, afferma che i gas elementari esistono come **molecole** e non come atomi.





La legge di periodicità La scelta del criterio di similitudine

Una distribuzione sistematica degli elementi non può che basarsi sul *peso atomico*
Mendeleév decide di prendere in considerazione le proprietà degli elementi

Un primo approccio

Dispone gli elementi più leggeri secondo il peso atomico crescente

Li = 7	Be = 9,4	B = 11	C = 12	N = 14	O = 16	F = 19
Na = 23	Mg = 24	Al = 27,3	Si = 28	P = 31	S = 32	Cl = 35,5

Leggendo ciascuna riga da sinistra a destra, nota

una ***variazione regolare*** delle caratteristiche chimiche, e la ***stretta somiglianza*** di quelle degli elementi sovrapposti.

Un primo approccio

**Per stabilire similitudini e differenze,
utilizza sia grandezze quantificabili che non.**

Li = 7	Be = 9,4	B = 11	C = 12	N = 14	O = 16	F = 19
Na = 23	Mg = 24	Al = 27,3	Si = 28	P = 31	S = 32	Cl = 35,5

Il carattere metallico diminuisce da sinistra a destra, passando dai metalli ai non metalli e da ossidi molto basici a ossidi molto acidi, attraverso situazioni intermedie.

L'enunciato della legge

Interpreta questa regolarità come la prova che tale disposizione formi *una serie naturale*

Le proprietà degli elementi mostrano una dipendenza periodica dai loro pesi atomici...

le multiformi relazioni tra le proprietà degli elementi e i loro pesi atomici hanno la forma di una funzione periodica.

La prima tabella

Per visualizzare l'andamento regolare e periodico delle proprietà, Mendeleev ricorre a una rappresentazione grafica, sistemando gli elementi in una tabella, in colonne verticali, dall'alto in basso.

ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ,
ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ

			Ti = 50	Zr = 90	? = 180
			V = 51	Nb = 94	Ta = 182
			Cr = 52	Mo = 96	W = 186
			Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,4
			Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198
			Ni = 59	Co = 59	Pt = 106,6 Os = 199
			Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200
H = 1			Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65,2 Cd = 112
			B = 11	Al = 27,4	? = 68 Ur = 116 Au = 197?
			C = 12	Si = 28	? = 70 Sn = 118
			N = 14	P = 31	As = 75 Sb = 122 Bi = 210?
			O = 16	S = 32	Se = 79,4 Te = 128?
			F = 19	Cl = 35,5	Br = 80 I = 127
	Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133 Tl = 204
			Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137 Pb = 207
			? = 45	Ce = 92	
			?Er = 56	La = 94	
			?Yt = 60	Di = 95	
			?In = 75,6	Th = 118?	

La disposizione orizzontale

	Gruppe I.	Gruppe II.	Gruppe III.	Gruppe IV.	Gruppe V.	Gruppe VI.	Gruppe VII.	Gruppe VIII.	
Typische Elemente	H 1								
	Li 7	Be 9,4	Bo 11	C 12	N 14	O 16	F 19		
1. Periode	Reihe 1	Na 23	Mg 24	Al 27,3	Si 28	P 31	S 32	Cl 35,5	
2. Periode	- 2	Ka 39	Ca 40	—44	Ti 50(?)	V 51	Cr 52	Mn 55	Fe 56, Co 59, Ni 56, Cu [63]
3. Periode	Reihe 3	(Cu 63)	Zn 65	—68	—72	As 75	Se 78	Br 80	
4. Periode	- 4	Rb 85	Sr 87	(Yt 88)(?)	Zr 90	Nb 94	Mo 96	—100	Ru 104, Rh 104, Pt 106, [Ag 108]
5. Periode	Reihe 5	(Ag 108)	Cd 112	In 113	Sn 118	Sb 122	Te 125	J 127	
6. Periode	- 6	Cs 133	Ba 137	—137	Ce 138(?)	—	—	—	
7. Periode	Reihe 7	—	—	—	—	—	—	—	
8. Periode	- 8	—	—	—	—	Ta 183	W 184	—	Os 199 (?), Jr 198, Pt [197, Au 197]
9. Periode	Reihe 9	(Au 197)	Hg 200	Tl 204	Pb 207	Bi 208	—	—	
10. Periode	- 10	—	—	—	Th 232	—	Ur 240	—	
Höchste salzbild. Oxyde	R ² O	R ² O ² od. RO	R ² O ³	R ² O ⁴ o. RO ²	R ² O ⁵	R ² O ⁶ o. RO ³	R ² O ⁷	R ² O ⁸ od. RO ⁴	
Höchste H-Verbindung				RH ⁴	RH ³	RH ²	RH	(R ² H) (?)	

In un lungo articolo, scritto in tedesco appena due anni dopo, Mendeleév passa dalla disposizione verticale a quella orizzontale.

Gli spazi vuoti

Gli *spazi vuoti* costituiscono l'aspetto più innovativo ed eclatante delle tabelle di Mendeleév.

La scoperta dei primi elementi mancanti e la coincidenza delle loro proprietà con quelle previste da Mendeleév sanciscono la definitiva accettazione della legge di periodicità da parte della comunità scientifica internazionale, anche se soltanto come strumento di classificazione.

Una legge naturale

Mendeleév vede nella legge di periodicità una conferma dell'armonia della Natura, e dell'ordine cui è soggetto il mondo degli atomi.

Piuttosto che un semplice strumento per la classificazione, il sistema periodico rappresenta un *codice* che identifica gli elementi, le loro proprietà, il loro comportamento, e uno strumento per dedurre le proprietà degli elementi sconosciuti, da quelle degli elementi noti che li circondano.

La struttura della tabella

Sin dalla sua comparsa, è oggetto di un'ampia discussione sulla corretta posizione degli elementi e sulla sua struttura globale.

Nonostante ciò, essa si adatta, senza subire contraccolpi devastanti, anche all'introduzione di intere nuove famiglie, come il gruppo dei gas nobili o il periodo dei lantanidi.

I gas nobili

La scoperta dell'Argon (1894) è messa in discussione finché non si riesce a posizionarlo nel sistema periodico.

Solo dopo che se ne determina la valenza e si identifica anche l'Elio (1895), i due elementi zerovalenti sono accettati, e collocati in una nuova colonna, tra gli alogeni e i metalli alcalini.

Il sistema periodico regge l'urto, anzi rende implicita l'esistenza di un nuovo gruppo, e degli elementi sconosciuti che lo costituiscono, individuati nel 1898 da Ramsay e Travers.

Le terre rare

Problemi di posizionamento crea anche la scoperta dei 14 elementi delle terre rare, tutti con valenza tre

Nel 1902, espandendo la tabella subito dopo la casella del lantanio, Brauner ne crea una grossa abbastanza per ospitarli tutti.

Nel 1905, Werner espande le righe, in modo da poter ospitare, in caselle differenti, sia gli elementi di transizione che quelli delle terre rare.

La tabella di Werner (1905)

Periodi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
																	1. H	2. He
I	3. Li	4. Be											5. B	6. C	7. N	8. O	9. F	10. Ne
II	11. Na	12. Mg											13. Al	14. Si	15. P	16. S	17. Cl	18. Ar
III	19. K	20. Ca	21. Sc	22. Ti	23. V	24. Cr	25. Mn	26. Fe	27. Co	28. Ni	29. Cu	30. Zn	31. Ga	32. Ge	33. As	34. Se	35. Br	36. Kr
IV	37. Rb	38. Sr	39. Y	40. Zr	41. Nb	42. Mo	43. Ma	44. Ru	45. Rd	46. Pd	47. Ag	48. Cd	49. In	50. Sn	51. Sb	52. Te	53. I	54. X
V	55. Cs	56. Ba	57-71 Terre rare	72. Hf	73. Ta	74. W	75. Re	76. Os	77. Ir	78. Pt	79. Au	80. Hg	81. Tl	82. Pb	83. Bi	84. Po	85. —	86. Em
VI	87 —	88 Ra	89. Ac	90. Th	91. Pr.Ac.	92. U												

57-71 Terre rare	57. La	58. Ce	59. Pr	60. Nd	61. Fi	62. Sm	63. Eu	64. Gd	65. Tb	66. Dy	67. Ho	68. Er	69. Tu	70. Yb	71. Cp
---------------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------



Il contributo di Giuseppe Oddo

Giuseppe Oddo (1865-1954)

Nativo di Caltavuturo (PA), studia presso l'Università di Palermo tra il 1887 e il 1891, è preparatore nel Gabinetto di Chimica diretto da Paternò.

Si laurea in Chimica nel 1889 e in Medicina nel 1891, nel 1898 vince la cattedra di Chimica generale a Cagliari, nel 1905 a Pavia e nel 1917 si trasferisce a Palermo, dove sarà Direttore dell'Istituto e Preside della Facoltà di Scienze, completando la carriera nel 1935.

I composti dei gas nobili

El. monovalenti	El. zerovalenti	El. monovalenti
	Elio	Litio
	4	7
Fluoro	Neon	Sodio
19	20	23
Cloro	Argon	Potassio
35,5	40	39
Bromo	Cripton	Rubidio
80	82	85
Iodio	Xenon	Cesio
127	128	133

Nel luglio del 1902, in una lettera a Ramsay, avanza l'ipotesi che, tra i gas rari (prevalentemente zerovalenti), quelli a peso atomico maggiore possano formare composti, ipotesi poi confermata da Antropoff nel 1932.

La regola di Oddo (1914)

Gli elementi a numero atomico pari sono più abbondanti di quelli a loro contigui, con numero atomico dispari.

Enunciata qualche anno più tardi anche dal chimico statunitense William Draper Harkins, è oggi nota come *legge di Oddo - Harkins*.

La proposta di Oddo

Mantenendo l'ordine stabilito da Mendeleév,

la tabella di Oddo è centrata sulla colonna dei gas nobili, a destra della quale sono posti gli elementi metallici, a sinistra quelli non metallici,

in modo tale che un nuovo periodo cominci quando da un elemento a carattere prevalentemente metallico, si passa a uno a carattere prevalentemente non metallico.

La proposta di Oddo

TAVOLA XX *Classificazione periodica degli elementi di G. ODDO*
(p. a. 1931, Comm. ted.).

METALLOIDI					INERTI	METALLI																
GRUPPI					PERIODI	GRUPPI																
V	IV	III	II	I	(fine)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	
						1. H 1,0078																
					I	2. He 4,002	3. Li 6,94	4. Be 9,02														
5. B 10,32	6. C 12	7. N 14,008	8. O 16	9. F 19	II	10. Ne 20,18	11. Na 22,997	12. Mg 24,32	13. Al 26,97													
	14. Si 28,06	15. P 31,02	16. S 32,06	17. Cl 35,457	III	18. Ar 39,94	19. K 39,104	20. Ca 40,07	21. Sc 45,1	22. Ti 47,9	23. V 50,95	24. Cr 52,01	25. Mn 54,93	26. Fe 55,84	27. Co 58,94	28. Ni 58,69	29. Cu 63,57	30. Zn 65,38	31. Ga 69,72	32. Ge 72,60		
		33. As 74,93	34. Se 79,2	35. Br 79,916	IV	36. Kr 82,9	37. Rb 85,45	38. Sr 87,63	39. Y 88,93	40. Zr 91,22	41. Nb 93,5	42. Mo 96	43. Ma —	44. Ru 101,7	45. Rd 102,9	46. Pd 106,7	47. Ag 107,88	48. Cd 112,41	49. In 114,8	50. Sn 118,7		
		51. Sb 121,76	52. Te 127,5	53. I 126,93	V	54. X 130,2	55. Cs 132,81	56. Ba 137,36	57. La 138,9	58. Ce 140,13	59. Pr 140,92	60. Nd 144,27	61. Fi —	62. Sm 150,43	63. Eu 153	64. Gd 157,3	65. Tb 159,2	66. Dy 162,46	67. Ho 163,5	68. Er 167,64		
							69. Tu 169,4	70. Yb 173,5	71. Cp 175	72. Hf 178,6	73. Ta 181,36	74. W 184	75. Re 186,31	76. Os 190,9	77. Ir 193,1	78. Pt 195,23	79. Au 197,2	80. Hg 200,61	81. Tl 204,39 Th C' Ac C' Ra C'	82. Pb 207,21 Th CeB Ac CeB Ra Q, B, D	83. Bi 209 Th C Ac C Ra CeE	84. Th AcC' Ac AeC' Ra A, C' er=Po
				85. —	VI	Em. Th Em. Ac 86. Em. Ra 222	87. —	Th. X Ms Tb ₁ Ac X 88. Ra 226,97	89. Ms Th ₂ Ac	90. Tb 232,12 R. Th Ra Ac Uy Ux 10	91. Pr, Ae Ux ₂ —	U II 92. U 238,14										
Atmosfera rispetto a	H	4	3	2	1	0	1	2	3											4	3	
	0	(2) 4	(2)3(4)5	2.4.6	1.3.(4)5.7	0	1	2	3	2.3.4	2.3.4.5	2.3.4.5.6	2.3.4.6.7	2.3.4.6.8	1.2.3.4	2.3.4	1.2.3	1.2	1.2.3	2.4	1.3.(5)	

La proposta di Oddo

La classificazione periodica che propongo ci ha permesso di separare nettamente metalloidi e metalli, trovare posto sufficiente e razionale ora e per l' avvenire per tutti i metalli delle terre rare o gli elementi radioattivi;

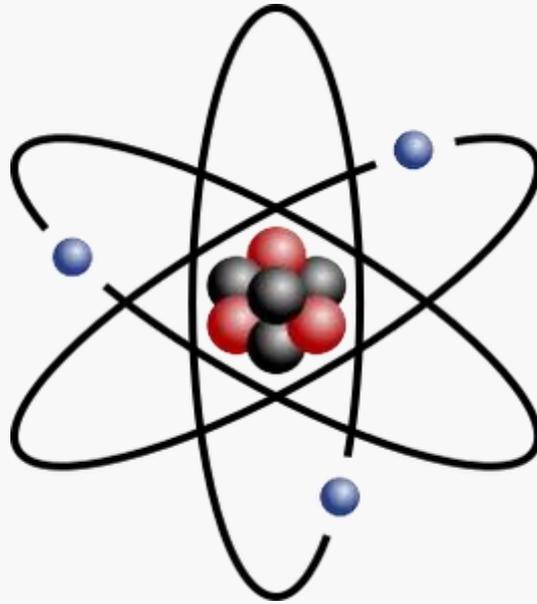
ci ha mostrato le poche lacune ancora esistenti, ci ha fatto ricavare nozioni decisive o direttive sulla valenza e le possibili forme di combinazione, sulla grandezza molecolare degli elementi, ecc.

Il contributo di Oddo

Malgrado il compiacimento di Oddo, anche questa disposizione non è esente da incertezze:

nelle successive versioni, del 1920, del 1924 e del 1935, la posizione di boro e antimonio cambia più volte, tra metalli e non metalli.

Anche se le sue proposte non avranno seguito, Oddo dimostra di essere pienamente coinvolto nel processo di consolidamento del sistema periodico, e di parteciparvi con idee originali e non banali, anche se non sempre corrette o accettabili.



La struttura atomica

Un nuovo modello atomico

Il numero atomico

Identificato nel numero atomico il *criterio ordinatore* degli elementi, resta da metterlo in relazione con le proprietà degli elementi e il loro periodico riprodursi.

Nel 1913, Bohr formula un modello atomico che, partendo da quello di Rutherford, cerca di giustificare le serie di righe spettrali individuate da Balmer (1885), in accordo con la teoria quantistica di Planck.

Gli elementi di uno stesso gruppo hanno la stessa configurazione elettronica esterna

ed è questa e non la loro valenza a causarne la

La distribuzione degli elettroni

Piuttosto che spiegare la periodicità della tabella di Mendeleév, il riempimento orbitalico è regolato dalla periodicità delle proprietà chimiche.

I principi teorici della meccanica quantistica consentono di definire le configurazioni soltanto in maniera grossolana, mentre sono gli argomenti chimici induttivi a giocare un ruolo predominante.

Gli elementi di uno stesso gruppo hanno la stessa configurazione elettronica esterna,

è questo, e non la loro valenza, a causarne la similitudine delle proprietà chimiche

1 H Hydrogen																	2 He Helium																														
3 Li Lithium	4 Be Beryllium											5 B Boron	6 C Carbon	7 N Nitrogen	8 O Oxygen	9 F Fluorine	10 Ne Neon																														
11 Na Sodium	12 Mg Magnesium											13 Al Aluminum	14 Si Silicon	15 P Phosphorus	16 S Sulfur	17 Cl Chlorine	18 Ar Argon																														
19 K Potassium	20 Ca Calcium	21 Sc Scandium	22 Ti Titanium	23 V Vanadium	24 Cr Chromium	25 Mn Manganese	26 Fe Iron	27 Co Cobalt	28 Ni Nickel	29 Cu Copper	30 Zn Zinc	31 Ga Gallium	32 Ge Germanium	33 As Arsenic	34 Se Selenium	35 Br Bromine	36 Kr Krypton																														
37 Rb Rubidium	38 Sr Strontium	39 Y Yttrium	40 Zr Zirconium	41 Nb Niobium	42 Mo Molybdenum	43 Tc Technetium	44 Ru Ruthenium	45 Rh Rhodium	46 Pd Palladium	47 Ag Silver	48 Cd Cadmium	49 In Indium	50 Sn Tin	51 Sb Antimony	52 Te Tellurium	53 I Iodine	54 Xe Xenon																														
55 Cs Cesium	56 Ba Barium	57-71	72 Hf Hafnium	73 Ta Tantalum	74 W Tungsten	75 Re Rhenium	76 Os Osmium	77 Ir Iridium	78 Pt Platinum	79 Au Gold	80 Hg Mercury	81 Tl Thallium	82 Pb Lead	83 Bi Bismuth	84 Po Polonium	85 At Astatine	86 Rn Radon																														
87 Fr Francium	88 Ra Radium	89-103	104 Rf Rutherfordium	105 Db Dubnium	106 Sg Seaborgium	107 Bh Bohrium	108 Hs Hassium	109 Mt Meitnerium	110 Ds Darmstadtium	111 Rg Roentgenium	112 Cn Copernicium	113 Nh Nihonium	114 Fl Flerovium	115 Mc Moscovium	116 Lv Livermorium	117 Ts Tennessine	118 Og Oganesson																														
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>57 La Lanthanum</td> <td>58 Ce Cerium</td> <td>59 Pr Praseodymium</td> <td>60 Nd Neodymium</td> <td>61 Pm Promethium</td> <td>62 Sm Samarium</td> <td>63 Eu Europium</td> <td>64 Gd Gadolinium</td> <td>65 Tb Terbium</td> <td>66 Dy Dysprosium</td> <td>67 Ho Holmium</td> <td>68 Er Erbium</td> <td>69 Tm Thulium</td> <td>70 Yb Ytterbium</td> <td>71 Lu Lutetium</td> </tr> <tr> <td>89 Ac Actinium</td> <td>90 Th Thorium</td> <td>91 Pa Protactinium</td> <td>92 U Uranium</td> <td>93 Np Neptunium</td> <td>94 Pu Plutonium</td> <td>95 Am Americium</td> <td>96 Cm Curium</td> <td>97 Bk Berkelium</td> <td>98 Cf Californium</td> <td>99 Es Einsteinium</td> <td>100 Fm Fermium</td> <td>101 Md Mendelevium</td> <td>102 Nd Nobelium</td> <td>103 Lr Lawrencium</td> </tr> </tbody> </table>																		57 La Lanthanum	58 Ce Cerium	59 Pr Praseodymium	60 Nd Neodymium	61 Pm Promethium	62 Sm Samarium	63 Eu Europium	64 Gd Gadolinium	65 Tb Terbium	66 Dy Dysprosium	67 Ho Holmium	68 Er Erbium	69 Tm Thulium	70 Yb Ytterbium	71 Lu Lutetium	89 Ac Actinium	90 Th Thorium	91 Pa Protactinium	92 U Uranium	93 Np Neptunium	94 Pu Plutonium	95 Am Americium	96 Cm Curium	97 Bk Berkelium	98 Cf Californium	99 Es Einsteinium	100 Fm Fermium	101 Md Mendelevium	102 Nd Nobelium	103 Lr Lawrencium
57 La Lanthanum	58 Ce Cerium	59 Pr Praseodymium	60 Nd Neodymium	61 Pm Promethium	62 Sm Samarium	63 Eu Europium	64 Gd Gadolinium	65 Tb Terbium	66 Dy Dysprosium	67 Ho Holmium	68 Er Erbium	69 Tm Thulium	70 Yb Ytterbium	71 Lu Lutetium																																	
89 Ac Actinium	90 Th Thorium	91 Pa Protactinium	92 U Uranium	93 Np Neptunium	94 Pu Plutonium	95 Am Americium	96 Cm Curium	97 Bk Berkelium	98 Cf Californium	99 Es Einsteinium	100 Fm Fermium	101 Md Mendelevium	102 Nd Nobelium	103 Lr Lawrencium																																	

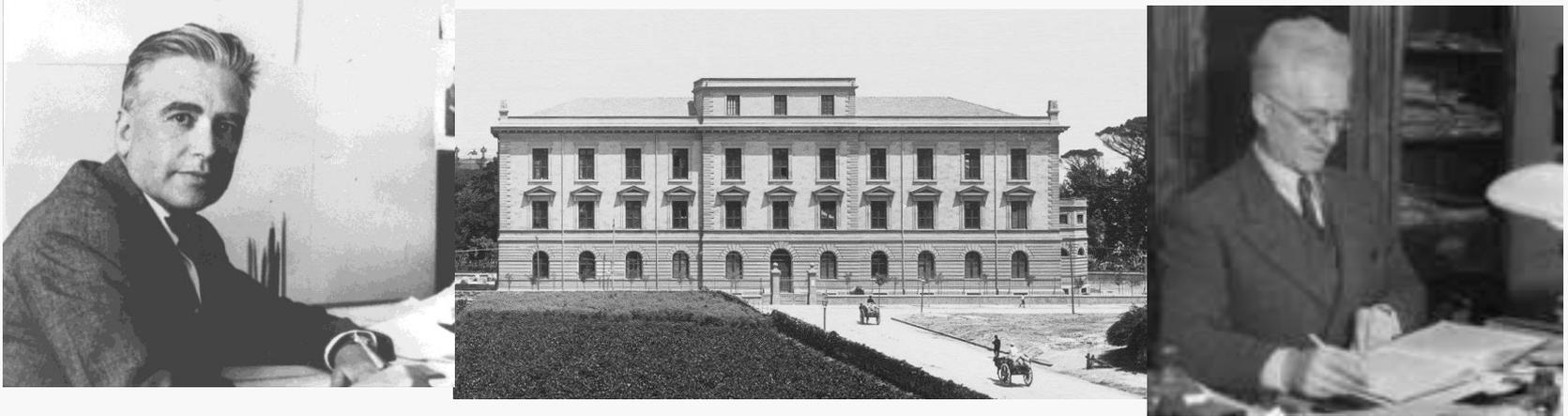
Il completamento della tabella

Il completamento della tabella

Con la scoperta del Renio nella molibdenite (1925) si esaurisce il numero di elementi dotati di nucleo stabile, che è possibile rinvenire nei minerali.

Altri saranno ottenuti soltanto come prodotto del decadimento radioattivo spontaneo di nuclei instabili, altri ancora risultano così instabili da essersi naturalmente esauriti nel processo evolutivo del pianeta e da dover essere *creati* in laboratorio.

L'elemento n° 43



Oltre agli elementi transuranici, rientra in questa categoria l'elemento a numero atomico 43, individuato da due ricercatori dell'Università di Palermo, Segrè e Perrier, che lavorano nello stesso edificio di Via Archirafi 36.

Il Tecneto

Si tratta del primo, e finora unico, elemento scoperto in Italia, cui è poi attribuito il nome di ***Tecneto*** (artificiale).

La sua scoperta segna anche il **passaggio** dalla ***ricerca*** degli elementi nei minerali, alla ***sintesi*** in laboratorio di elementi che, per il loro breve tempo di dimezzamento, non esistono più sulla crosta terrestre.

Effetti della legge di periodicità

Grazie al lavoro di Mendeleév, è stato possibile, non solo classificare correttamente gli elementi, ma anche razionalizzare la ricerca di quelli sconosciuti e caratterizzarne le proprietà.

In questo modo la Chimica è stata in grado di assimilare, senza cambiamenti fondamentali, le nuove scoperte della Fisica, l'elettrone, le trasformazioni radioattive, gli isotopi.