

Hledání řádu

O objevu periodického zákona

„... Přeji vám abyste postihovali pravdu tím neklidnějším způsobem, a nejpokorněji vás prosím, abyste nedoprovázeli můj odchod potleskem, z mnoha různých příčin“

D.I. Mendělejev

22. 3. 1890

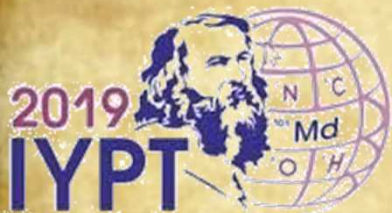
Periodická tabulka prvků a rok 2019

Group Period	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	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
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	57 La	* 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 At	* 86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	89 Ac	* 104 Rf	* 105 Db	* 106 Sg	* 107 Bh	* 108 Hs	* 109 Mt	* 110 Ds	* 111 Rg	* 112 Cn	* 113 Nh	* 114 Fl	* 115 Mc	* 116 Lv	* 117 Ts	* 118 Og
				* 58 Ce	* 59 Pr	* 60 Nd	* 61 Pm	* 62 Sm	* 63 Eu	* 64 Gd	* 65 Tb	* 66 Dy	* 67 Ho	* 68 Er	* 69 Tm	* 70 Yb	* 71 Lu	
				* 90 Th	* 91 Pa	* 92 U	* 93 Np	* 94 Pu	* 95 Am	* 96 Cm	* 97 Bk	* 98 Cf	* 99 Es	* 100 Fm	* 101 Md	* 102 No	* 103 Lr	

17. února 1869

Mendělejev D. I.: Žurnal ruského chيميčeského občestva 1, 60 (1869)

Mendělejev, D. (1869). " O vztazích vlastností k atomovým hmotnostem prvků ". Zeitschrift für Chemie (v němčině): 405–406



2019
IYPT
International Year
of the Periodic Table
of Chemical Elements

Antické představy o povaze látek

Přírodní filosofie

28. květen 585 př. Kr
zatmění slunce předpovězené Thalesem

Stoicheia – úvaha o živlech

Thales z Milétu (627 – 547 př. Kr.)

Anaximandros z Milétu (610 – 546 př. Kr.)

Anaximenés (585 – 525 př. Kr.)

Hérakleitos z Efesu (530 – 480 př. Kr.)

Empedoklés z Akragantu (493 – 430 př. Kr.)

Aristotelés (384 – 322 př. Kr.)

antický atomismus

Anaxagoras z Klazomen (500 – 428 př. Kr.)
semena (sperma) věcí

vznik a zánik = spojování a
rozdělování semen

Leukippos (500 – 440 př. Kr.)

neustálý pohyb částic v nebytí

Demokritos z Ader (460 – 370 př. Kr.)

Epikúros ze Samu (341 – 270 př. Kr.)

zásadní vlastnost atomu je hmotnost

Titus Lucretius Carus (99 – 55 př. Kr.)

De rerum natura

A

lchymistický náhled na hmotu

Aristotelovské živly

oheň, voda, země, vzduch, éther

Merkurosulfátová teorie (filosofická rtuť a síra)

Apollónius z Tyany (Balínus) 1. stol.

Džábir 8. stol.

Avicenna 10. stol.

Tria prima materia (rtuť, síra a sůl)

Paracelsus 16. stol.

Flogistonová teorie

Becher, Stahl 17. stol.

Renesance atomové teorie

Korpuskulární představy:

Paulus z Tarenta – Summa perfectionis (14. stol.)

mediocris substantia

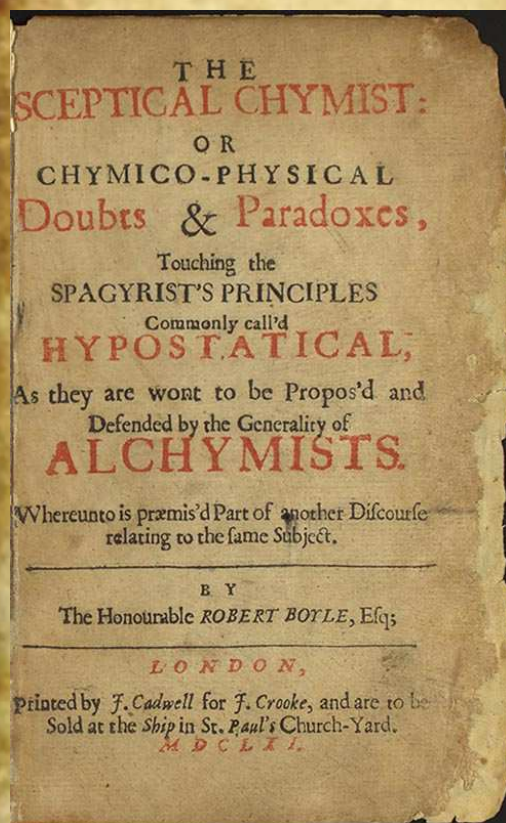
Renesance atomové teorie

Korpuskulární představy:

Paulus z Tarenta – Summa perfectionis (14. stol.)

mediocris substantia

Robert Boyle 1661



„...A abych zabránil chybám, musím vám oznámit, že nyní pokládám za elementy jistá primitivní a jednoduchá nebo dokonale nesmísená těla, která nejsou tvořena z žádných jiných těl nebo ze sebe samých a jsou složkami, z nichž je okamžitě skládáno to, co je nazýváno dokonale smísenými těly, a na něž jsou tato těla konečně rozkládána.“

Prvek = čistá látka, kterou nelze rozložit na žádnou jednodušší látku a nelze jej chemickými procesy přeměnit na jiné chemické prvky



Robert Boyle (1627 – 1691)

Renesance atomové teorie

Korpuskulární představy:

Paulus z Tarenta – Summa perfectionis (14. stol.)

mediocris substantia

Robert Boyle

„mořská sůl, když je rozpuštěna, bude srážet stříbro z jeho roztoku v aqua fortis. .. v precipitacích se tvoří koalice mezi malými částicemi precipitantu a částicemi rozpuštěného kovu a často také se slanými duchy menstrua, jak může být snadno ukázáno na základě váhy precipitátu, který, ač pečlivě vypláchnut a vysušen, často překonává váhu, a někdy velmi podstatně, surového kovu, jenž byl rozpuštěn.“



Robert Boyle (1627 – 1691)

„jiný způsob, jak učinit rozpouštějící částice menstrua neschopné udržet v roztoku rozpuštěné tělo, je poskytnout jim jiné tělo, které mohou udržet snáze.“

Renesance atomové teorie

Korpuskulární představy:

Paulus z Tarenta – Summa perfectionis (14. stol.)

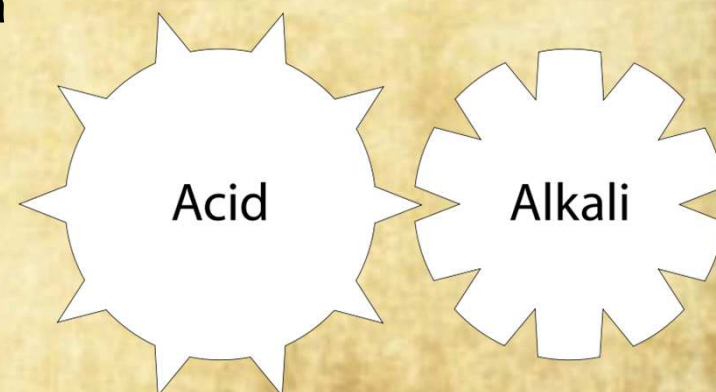
mediocris substantia

Robert Boyle

Nicolas Lemery (1645 – 1715)



„Silné a zpočátku čilé tvoření bublinek pochází z toho, že spiritus nitri nalézá více než velké póry v mědi, které svou velikostí souhlasí s jeho hroty, takže ty se tam ukládají. .. neboť jakmile tyto hroty, které zprvu volně v kapalině plují, do těla kovu zasazeny jsou, pak činí násilí, aby se svým pohybem uvolnily a přitom rozhánějí částice mědi od sebe. Toto prudké rozptylování vyvolává horko, když hroty kyseliny hrubě na pevné částice narážejí, právě tak, jako když se dvě velmi hrubá těla srážejí a třou o sebe.“



Cours de chymie (1675)

A tomistika 18. století

Michail Vasiljevič Lomonosov
(1711 – 1765)



- přírodovědec, pedagog, básník, překladatel
- při pokusech používal váhy a jiné fyzikální přístroje
- „Základy matematické chemie“ (1741)
- 25. 1. 1755 se šlechticem Šuvalovem zakládá v Moskvě univerzitu (Lomonosovova Univerzita)
- první přednášky z fyzikální chemie

*„Když přibude něco na jednom místě, ubyde to na jiném;
když získá některá látka na váze, jiná právě tolik ztratí.“*

zákon zachování hmotnosti
(1748, publikováno až 1760)

A tomistika 18. století

Michail Vasiljevič Lomonosov
(1711 – 1765)



atomová a molekulová teorie hmoty

- prvotní částice = v dnešním pojetí atomy
- korpuskule = jsou složeny z prvotních částic (molekuly)

částice na sebe působí prostřednictvím srážek

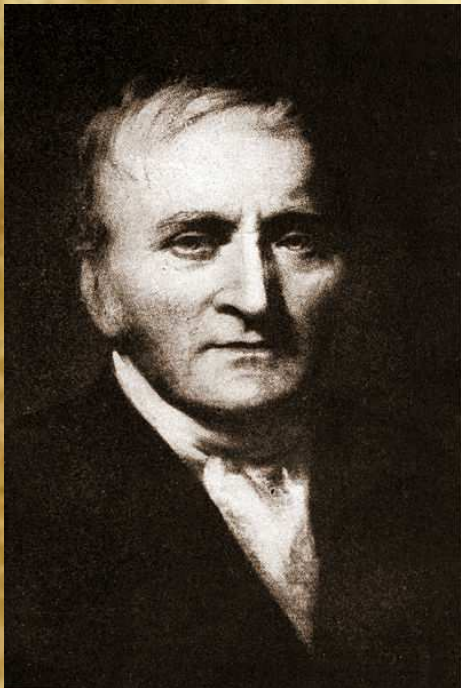
teplo je otáčivý pohyb částic

předpověděl izomerii

atomy charakterizuje polohou a rychlostí, ne formou a rozměrem

nedostatek empirického materiálu = nemožnost definice atomové teorie → Dalton

Atomistika dle Daltona



John Dalton
(1766 – 1844)

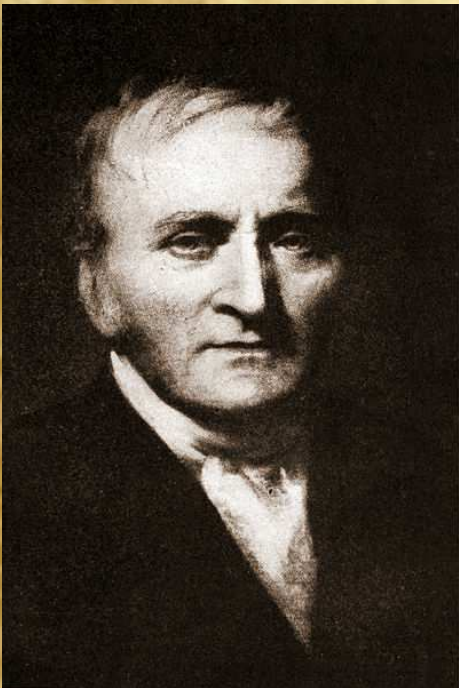
rozšíření korpuskulární teorie do plnohodnotné vědecké teorie

New system of chemical philosophy (1808)

- prvky jsou složeny z nepatrných částic, atomů, mající tvar, velikost a hmotnost („atomová váha“, $H = 1$)
- atomy jsou dále nedělitelné, nelze je vytvořit ani zničit
- atomy téhož prvku jsou stejné, mají stejné vlastnosti i hmotnost
- sloučeniny jsou tvořeny určitým počtem atomů, počty atomů lze vyjádřit obvykle malými celými čísly
- hmotnost částice je sumou hmotností atomů

Atomová váha – kvantitativní faktor vyjadřující poměrnou hmotnost atomů, základem byla hmotnost atomu vodíku, kterou Dalton stanovil jednotkovou.

Atomová váha



John Dalton
(1766 – 1844)

atomová váha = kolikrát je prvek těžší než atom vodíku

$$m_{\text{H}} = 1$$

ostatní prvky stanoveny pomocí sloučenin s vodíkem

problém nejasného složení – princip největší jednoduchosti

voda, amoniak, etylen poměry atomů 1:1

Atomová váha

excelentní experimentátor, horlivý zastánce atomové teorie

1819 – dualistická slučovací teorie = elektrický náboj atomu

atomová váha kyslíku = 100

1814 - první tabulka atomových vah obsahuje 42 prvků

1829 – tabulka obsahuje 53 známých prvků (12 určeno chybně)

Prvek	Dalton	Berzelius	dnes
vodík	1,0	1,0	1,0
kyslík	7,0	16,0	16,0
dusík	5,0	14,2	14,0
uhlík	5,4	12,2	12,0
síra	13,0	32,2	32,1
fosfor	9,0	31,0	31,0
zlato	60,0	199,0	197,0
platina	73,0	197,1	196,1
olovo	90,0	207,0	207,2
zinek	29,0	65,0	65,4
antimon	40,0	129,0	121,7
arsen	21,0	75,0	74,9
mangan	25,0	55,0	54,9



Jöns Jacob Berzelius
(1779 – 1848)

A tomová váha

dva rozdílné základy pro určování atomových vah (vodík a kyslík)
1820 Berzelius - poměr mezi nimi 16,05



Amadeo Avogadro

Amadeo Avogadro
(1776-1856)

molekulová hypotéza (1811)

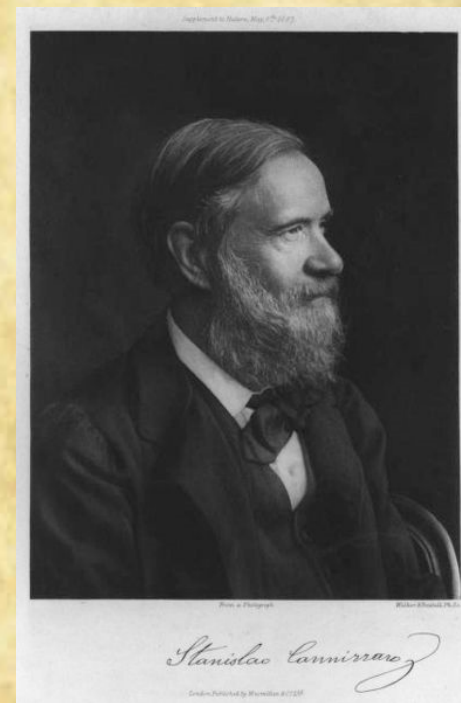
Atomové váhy plynů z jejich hustot
kromě atomů existují i molekuly
prvků složené z atomů

Avogadro A. J. Phys. 73, 58-78 (1811)

1860 – Kongres chemiků, Karlsruhe

„O chemické filosofii“

důsledky a možnost využití Avogadrovy teorie
pro stanovení molekulových hmotností



Stanislao Cannizzaro
(1826-1910)

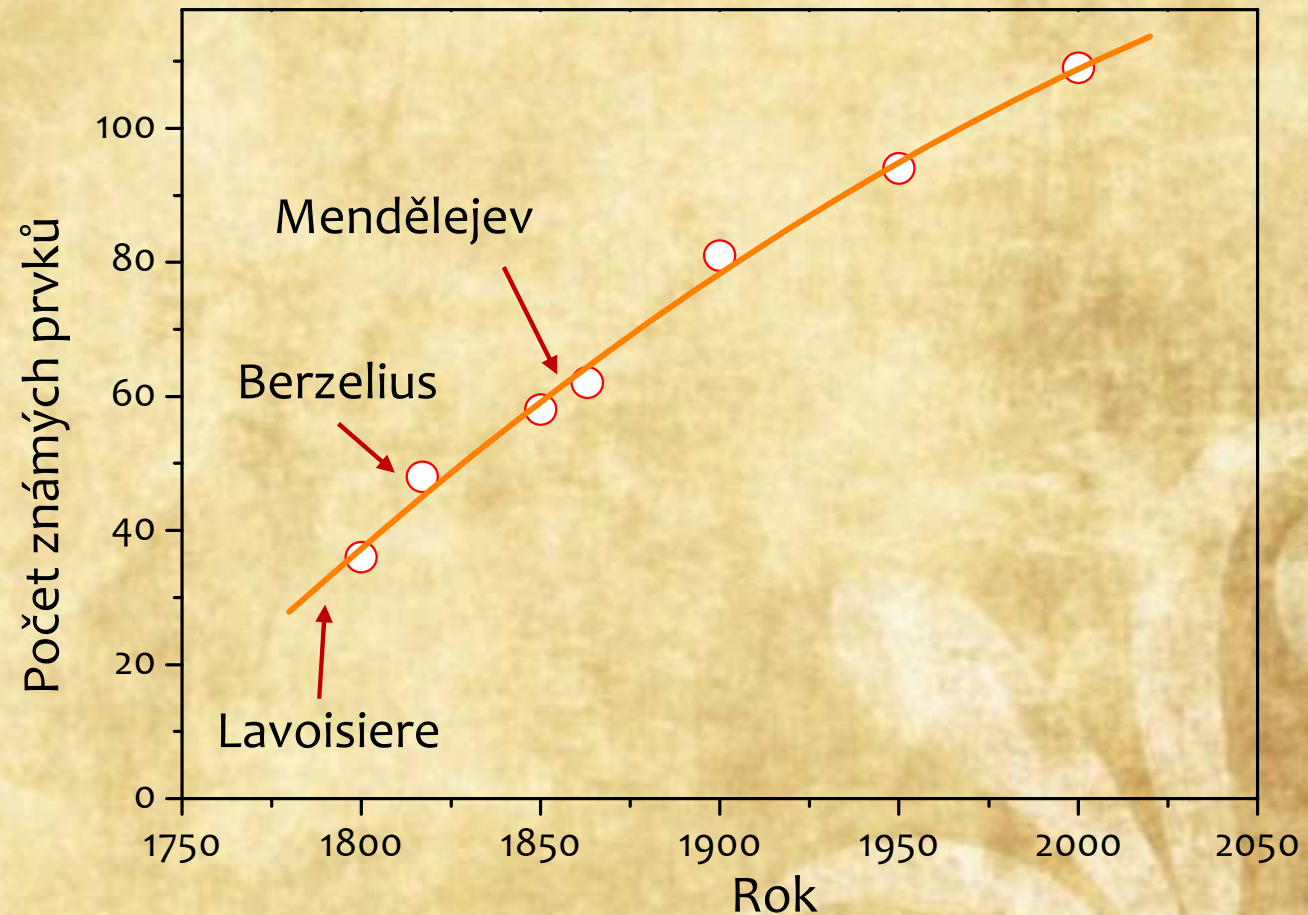
A tomová váha

„Za rozhodující okamžik ve vývoji své myšlenky o periodickém zákoně pokládám rok 1860, sjezd chemiků v Karlsruhe, jehož jsem se zúčastnil, a myšlenky, jenž na tomto sjezdu vyslovil italský chemik Cannizaro. Jeho pokládám za svého skutečného předchůdce, neboť atomové váhy, které stanovil, poskytly mi nezbytnou oporu. Hned tehdy jsem zpozoroval, že změny atomových vah, které navrhl, vnášejí novou uspořádanost, a už tehdy se mi představila myšlenka možné periodicity vlastností chemických prvků při růstu atomové váhy...“

D. I. Mendělejev

Na startu

- Dostatečný počet známých prvků
- Správně určené relativní atomové váhy
- Určeny vlastnosti prvků



Hledání řádu

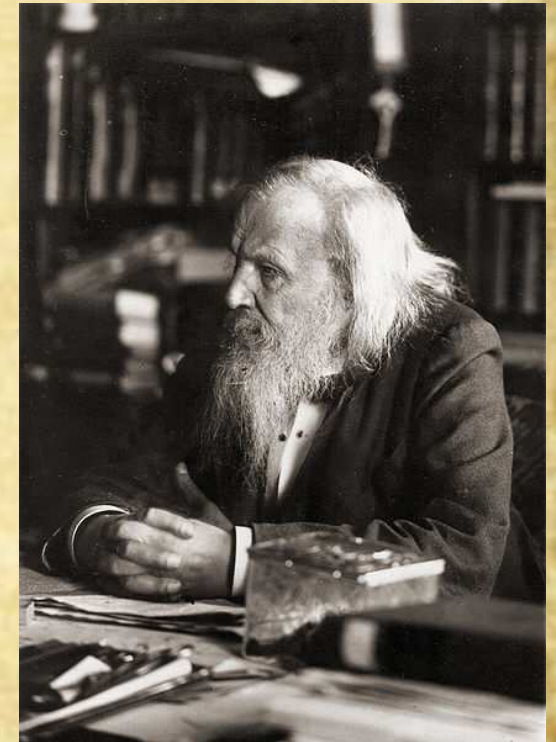
Periodická tabulka prvků

Group →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Period ↓	1																	2
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be										5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	
3	11 Na	12 Mg										13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
4	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
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	57 La *	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 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	89 Ac *	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
				* 58 Ce	* 59 Pr	* 60 Nd	* 61 Pm	* 62 Sm	* 63 Eu	* 64 Gd	* 65 Tb	* 66 Dy	* 67 Ho	* 68 Er	* 69 Tm	* 70 Yb	* 71 Lu	
				* 90 Th	* 91 Pa	* 92 U	* 93 Np	* 94 Pu	* 95 Am	* 96 Cm	* 97 Bk	* 98 Cf	* 99 Es	* 100 Fm	* 101 Md	* 102 No	* 103 Lr	

Hledání řádu

Periodická tabulka prvků

Group →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Period ↓																		
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be										5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	
3	11 Na	12 Mg										13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
4	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
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	57 La *	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 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	89 Ac *	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
				* 58 Ce	* 59 Pr	* 60 Nd	* 61 Pm	* 62 Sm	* 63 Eu	* 64 Gd	* 65 Tb	* 66 Dy	* 67 Ho	* 68 Er	* 69 Tm	* 70 Yb	* 71 Lu	
				* 90 Th	* 91 Pa	* 92 U	* 93 Np	* 94 Pu	* 95 Am	* 96 Cm	* 97 Bk	* 98 Cf	* 99 Es	* 100 Fm	* 101 Md	* 102 No	* 103 Lr	



Dmitrij Ivanovič Mendělejev
(1834 – 1907)

17. února 1869

Hledání řádu

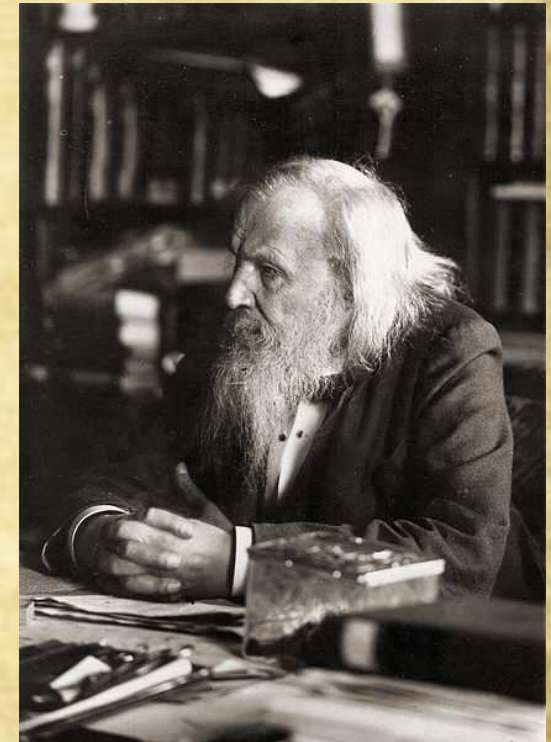


Julius Lothar Meyer
(1830 – 1895)

Periodická tabulka prvků

6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18					
1 H												2 He					
2 3 Li	4 Be						5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne					
3 11 Na	12 Mg						13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar					
4 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
5 37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6 55 Cs	56 Ba	57 La *	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 At	86 Rn
7 87 Fr	88 Ra	89 Ac *	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
			* 58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	
			* 90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	

17. února 1869



Dmitrij Ivanovič Mendělejev
(1834 – 1907)

Hledání řádu

The Periodic System of the Chemical Elements: The Search for Its Discoverer

By Heinz Cassebaum* and George B. Kauffman**

IN A LONG SERIES OF ARTICLES Johannes Willem van Spronsen has attempted to prove that de Chancourtois, Newlands, Meyer, Odling, Hinrichs, and finally Mendeleev discovered the periodic system independently of one another.¹ The importance of the periodic system and the number of apparent discoverers would seem to make this an appropriate example for the study of the meaning of the term *discovery* in science,² and to this end van Spronsen's careful work provides an unusually rich background of historical research. In this paper we have attempted to analyze the work of the six claimants, according to rigorously specified criteria, to decide to what extent they should be viewed as discoverers of the periodic system.

Our criteria are fivefold and together constitute a definition of a classical periodic system. We define it as a table which has the following characteristics:

1. It contains a continuously increasing sequence of atomic weights of all the elements which were well known at the time in question.
2. The sequence of atomic weights referred to in point 1 serves only to define a place value (ordinal number) in the table.

* Majakowskistrasse 26, Magdeburg, Deutsche Demokratische Republik.

** Department of Chemistry, California State College at Fresno, Fresno, California 93710. This author wishes to acknowledge the assistance of the History and Philosophy of Science Program, Social Sciences Division of the National Science Foundation (Grant GS-1580), the donors of the Petroleum Research Fund administered by the American Chemical Society (Grant 1152-B), the American Philosophical Society (Johnson Grant 876), and the California State College at Fresno Research Committee for a special leave for research and creative activity.

¹ J. W. van Spronsen, "The Pre-History of the Periodic System," *Journal of Chemical Education*, 1959, 36:565-567; "The Priority Conflict between Mendeleev and Meyer," *J. Chem. Educ.*, 1969, 46:136-139; "One Hundred Years of the 'Law of Octaves,'" *Chymia*, 1966, 11: 125-137; "1867—Faraday et Marie Curie et le Système Périodique des Éléments Chimiques," *Janus*, 1967, 54(3-4):212-219; "Gustavus Detlef

Hinrichs Discovered, One Century Ago, the Periodic System of Chemical Elements," *Janus*, 1969, 54(1-2):46-62; "Faraday, Marie Curie en het periodiek systeem," *Chemisch Weekblad*, 1968, 64(2):13-15; "Hinrichs als ontdekker van het periodiek systeem," *Chem. Weekblad*, 1968, 64(10):11-15; "Lothar Meyer ontdekte in 1868 het periodiek systeem," *Chem. Weekblad*, 1968, 64(51):15-21; "Dmitri Iwanowitsch Mendeleev de voornaamste ontdekker van het periodiek systeem (1869-1969)," *Chem. Weekblad*, 1969, 65(37):31-32, 37-40; "La priorité dans la découverte du système périodique des éléments chimiques," *Actes du XI^{me} Congrès International d'Histoire des Sciences*, 1965, (1968), pp. 121-125; "Het periodiek systeem bestaat 100 jaar," *Nederlandse Chemische Industrie*, 21 Oct. 1969, 11:3-11; *The Periodic System of Chemical Elements: A History of the First Hundred Years* (New York: Elsevier, 1969).

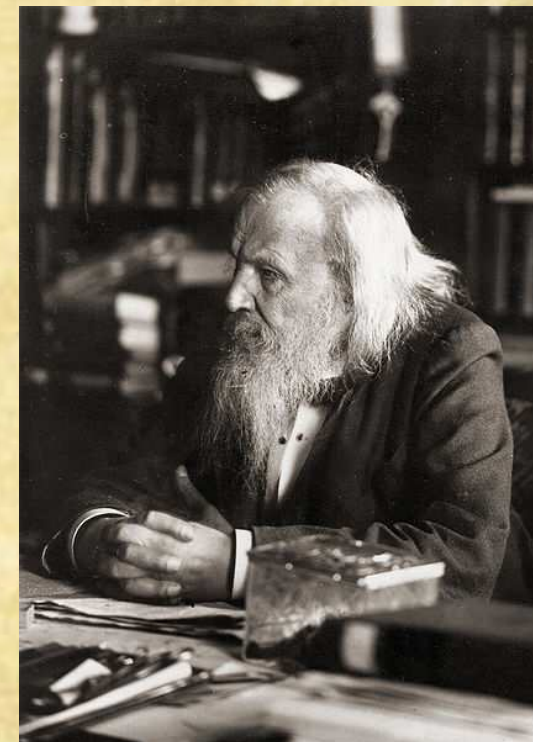
² Thomas S. Kuhn has dealt with this topic in his classic *The Structure of Scientific Revolutions* (Chicago: Univ. Chicago Press, 1962), Ch. 6.

314

17. února 1869

tabulka prvků

10	11	12	13	14	15	16	17	18
								2 He
			5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
			13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	
96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	



Dmitrij Ivanovič Mendělejev
(1834 – 1907)

Hledání řádu

The Periodic System of the Chemical Elements: The Search for Its Discoverer

By Heinz Cassebaum* and George B. Kauffman**

IN A LONG SERIES OF ARTICLES Johannes Willem van Spronsen has attempted to prove that de Chancourtois, Newlands, Meyer, Odling, Hinrichs, and finally Mendeleev discovered the periodic system independently of one another.¹ The importance of the periodic system and the number of apparent discoverers would seem to make this an appropriate example for the study of the meaning of the term *discovery* in science,² and to this end van Spronsen's careful work provides an unusually rich background of historical research. In this paper we have attempted to analyze the work of the six claimants, according to rigorously specified criteria, to decide to what extent they should be viewed as discoverers of the periodic system.

Our criteria are fivefold and together constitute a definition of a classical periodic system. We define it as a table which has the following characteristics:

1. It contains a continuously increasing sequence of atomic weights of all the elements which were well known at the time in question.
2. The sequence of atomic weights referred to in point 1 serves only to define a place value (ordinal number) in the table.

* Majakowskistrasse 26, Magdeburg, Deutsche Demokratische Republik.

** Department of Chemistry, California State College at Fresno, Fresno, California 93710. This author wishes to acknowledge the assistance of the History and Philosophy of Science Program, Social Sciences Division of the National Science Foundation (Grant GS-1580), the donors of the Petroleum Research Fund administered by the American Chemical Society (Grant 1152-B), the American Philosophical Society (Johnson Grant 876), and the California State College at Fresno Research Committee for a special leave for research and creative activity.

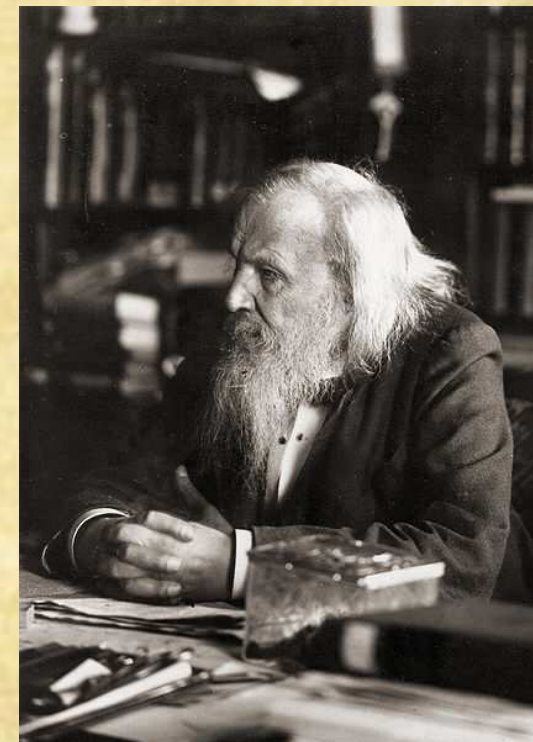
¹ J. W. van Spronsen, "The Pre-History of the Periodic System," *Journal of Chemical Education*, 1959, 36:565-567; "The Priority Conflict between Mendeleev and Meyer," *J. Chem. Educ.*, 1969, 46:136-139; "One Hundred Years of the 'Law of Octaves,'" *Chymia*, 1966, 11: 125-137; "1867—Faraday et Marie Curie et le Système Periodique des Éléments Chimiques," *Janus*, 1967, 54(3-4):212-219; "Gustavus Detlef

Hinrichs Discovered, One Century Ago, the Periodic System of Chemical Elements," *Janus*, 1969, 54(1-2):46-62; "Faraday, Marie Curie en het periodiek systeem," *Chemisch Weekblad*, 1968, 64(2):13-15; "Hinrichs als ontdekker van het periodiek systeem," *Chem. Weekblad*, 1968, 64(10):11-15; "Lothar Meyer ontdekte in 1868 het periodiek systeem," *Chem. Weekblad*, 1968, 64(51):15-21; "Dmitri Iwanowitsch Mendeleev de voornaamste ontdekker van het periodiek systeem (1869-1969)," *Chem. Weekblad*, 1969, 65(37):31-32, 37-40; "La priorité dans la découverte du système périodique des éléments chimiques," *Actes du XI^{me} Congrès International d'Histoire des Sciences*, 1965, (1968), pp. 121-125; "Het periodiek systeem bestaat 100 jaar," *Nederlandse Chemische Industrie*, 21 Oct. 1969, 11:3-11; *The Periodic System of Chemical Elements: A History of the First Hundred Years* (New York: Elsevier, 1969).

² Thomas S. Kuhn has dealt with this topic in his classic *The Structure of Scientific Revolutions* (Chicago: Univ. Chicago Press, 1962), Ch. 6.

tabulka prvků

10	11	12	13	14	15	16	17	18
								2 He
			5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
			13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	
96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	



Dmitrij Ivanovič Mendělejev
(1834 – 1907)

Hledání řádu ~ triády a přírozené rodiny

1829

Ca, Sr, Ba
Li, Na, K
S, Se, Te
Cl, Br, I



tzv. triády

podobné chemické vlastnosti
pravidelně stoupající atomové váhy

Döbereiner JW. Versuch einer Gruppierung der elementaren Stoffe nach ihrer Analogie. Pogg Ann. Phys. Chem., 15 (1829) 301–307



Johann Wolfgang Döbereiner
(1780 – 1849)

Hledání řádu ~ třídy a přírozené rodiny

1829

Ca, Sr, Ba
Li, Na, K
S, Se, Te
Cl, Br, I

} tzv. třídy

podobné chemické vlastnosti
pravidelně stoupající atomové váhy

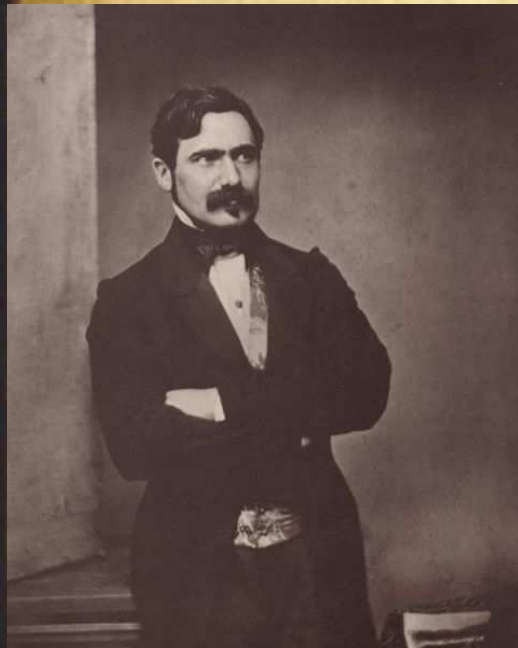


Johann Wolfgang Döbereiner
(1780 – 1849)

1850

takové přírozené skupiny mohou
obsahovat více prvků

např. N, P, As, Sb



Max Joseph von Pettenkofer
(1818 - 1901)

Hledání řádu – triády a přírozené rodiny

1829

Ca, Sr, Ba
Li, Na, K
S, Se, Te
Cl, Br, I

} tzv. triády

podobné chemické vlastnosti
pravidelně stoupající atomové váhy



Johann Wolfgang Döbereiner
(1780 – 1849)

1850

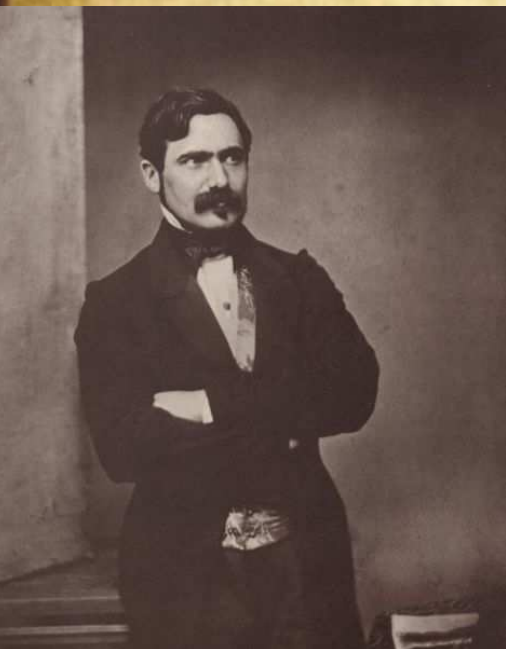
takové přírozené skupiny mohou
obsahovat více prvků
např. N, P, As, Sb

1857

„přírozené rodiny“
F, Cl, Br, I
N, P, As, Sb, Bi
O, S, Se, Te
Mg, Ca, Sr, Ba



Jean Baptiste André Dumas
(1800 – 1884)



Max Joseph von Pettenkofer
(1818 - 1901)

J. B.A. Dumas, in Comptes rendus, 45 (1857) 709—731

Hledání řádu – objev periodického zákona

1862 - 1869

Chancourtois

Newlands

Odling

Hinrichs

Meyer

Mendělejev

Hledání řádu – objev periodického zákona

1862 - 1869

Chancourtois

Newlands

Odling

Hinrichs

Meyer

Mendělejev



1862, 1863

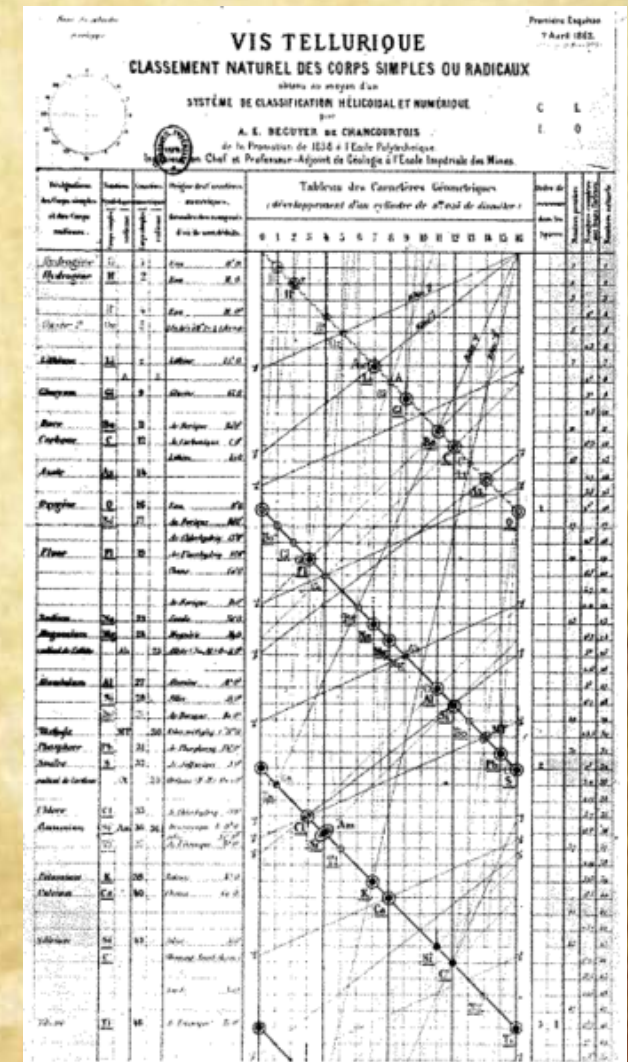
seřazení prvků dle atomové váhy
telurický šroub

23 prvků správně
26 špatně

zavedl pojem perioda

Alexander Émile Béquyer de Chancourtois
(1802 – 1898)

Comptes rendus de l'Académie des sciences, 54 (1862), 757–761, 840–843, 967–971



Hledání řádu – objev periodického zákona

1862 - 1869

Chancourtois

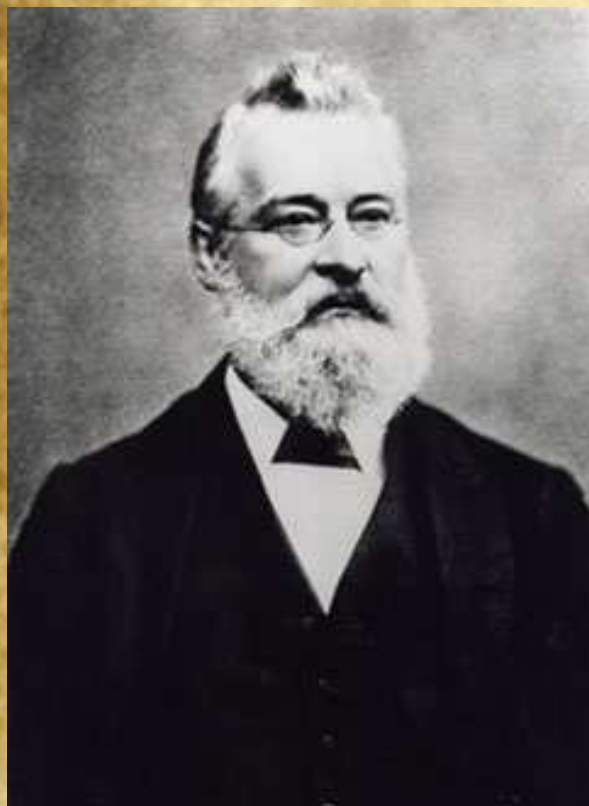
Newlands

Odling

Hinrichs

Meyer

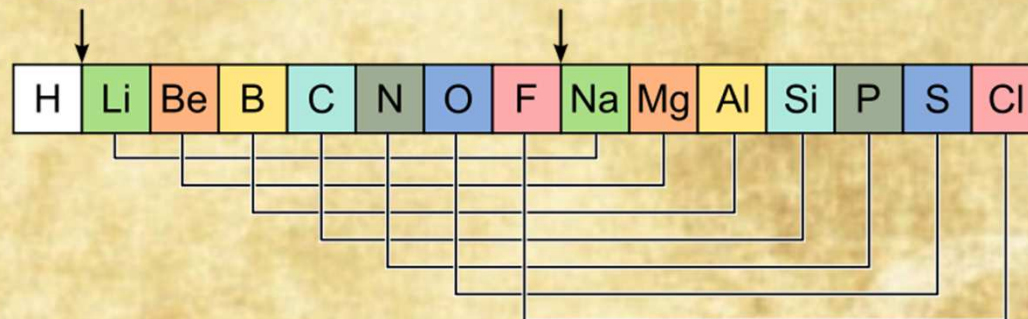
Mendělejev



John Alexander Reina Newlands
(1837 – 1898)

1863 - 1866

zákon oktáv



pracoval se starými, nesprávnými atomovými vahami
pozdější verze jeho systému obsahují jen pořadová čísla

20 prvků umístěno špatně

Hledání řádu – objev periodického zákona

1862 - 1869

Chancourtois

Newlands

Odling

Hinrichs

Meyer

Mendělejev



John Alexander Reina Newlands
(1837 – 1898)

1863 - 1866

No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.
H 1	F 8	Cl 15	Co & Ni 22	Br 29	Pd 36	I 42	Pt & Ir 50
Li 2	Na 9	K 16	Cu 23	Rb 30	Ag 37	Cs 44	Os 51
G 3	Mg 10	Ca 17	Zn 24	Sr 31	Cd 38	Ba & V 45	Hg 52
Bo 4	Al 11	Cr 19	Y 25	Ce & La 33	U 40	Ta 46	Tl 53
C 5	Si 12	Ti 18	In 26	Zr 32	Sn 39	W 47	Pb 54
N 6	P 13	Mn 20	As 27	Di & Mo 34	Sb 41	Nb 48	Bi 55
O 7	S 14	Fe 21	Se 28	Ro & Ru 35	Te 43	Au 49	Th 56

pracoval se starými, nesprávnými atomovými vahami
pozdější verze jeho systému obsahují jen pořadová čísla

20 prvků umístěno špatně

John A. R. Newlands, Chemical News 12, 83 (Aug. 18, 1865).

John A. R. Newlands, Chemical News 13, 113 (March 9, 1866).

Hledání řádu – objev periodického zákona

1862 - 1869

Chancourtois

Newlands

Odling

Hinrichs

Meyer

Mendělejev



William Odling
(1829 – 1921)

1864

zařadil 57 ze 60 známých prvků
rozlišil hlavní a vedlejší skupiny
pochopil prioritu vlastností (tellur před jód)
zahrnul do systému volná místa pro neobjevené prvky

Odlingova
tabulka z roku
1864

H 1	"	"	Rb 104	Pt 197
" 7	"	Zn 65	Ru 104	Ir 197
G 9	"	"	Pd 106,5	Os 199
B 11	Al 27,5	"	Ag 108	Au 196,5
C 12	Si 28	"	Cd 112	Hg 200
N 14	P 31	As 75	"	Tl 203
O 16	S 32	Se 79,5	U 120	Pb 207
F 19	Cl 35,5	Br 80	Sn 118	"
Na 23	K 39	Rb 85	Sb 122	Bi 210
Mg 24	Ca 40	Sr 87,5	Te 129	"
	Ti 50	Zr 89,5	I 127	"
	"	Ce 92	Cs 133	"
	Cr 52,5	Mo 96	Ba 137	Th 231,5
	Mn 55		Ta 138	
	Fe 56		"	
	Co 59		V 137	
	Ni 59		W 184	
	Cu 63,5			

Odling W. (1864) On the proportional numbers of the elements. Q. J. Sci. 1, 642–648

Hledání řádu – objev periodického zákona

1862 - 1869

Chancourtois

Newlands

Odling

Hinrichs

Meyer

Mendělejev



Gustavus Detlef Hinrichs
(1836 - 1923)

1867

dopracoval se správného systému nezávisle
první verze měla hvězdicový tvar
volná místa pro neobjevené prvky



Hinrichs G. *Atomechanik oder die Chemie Eine Mechanik der Panatome*. Davenport, IA 1867

Hledání řádu – objev periodického zákona

1862 - 1869

Chancourtois

Newlands

Odling

Hinrichs

Meyer

Mendělejev



Gustav Detlef Hinrichs
(1836 - 1923)

1867

dopracoval se správného systému nezávisle
první verze měla hvězdicový tvar
volná místa pro neobjevené prvky

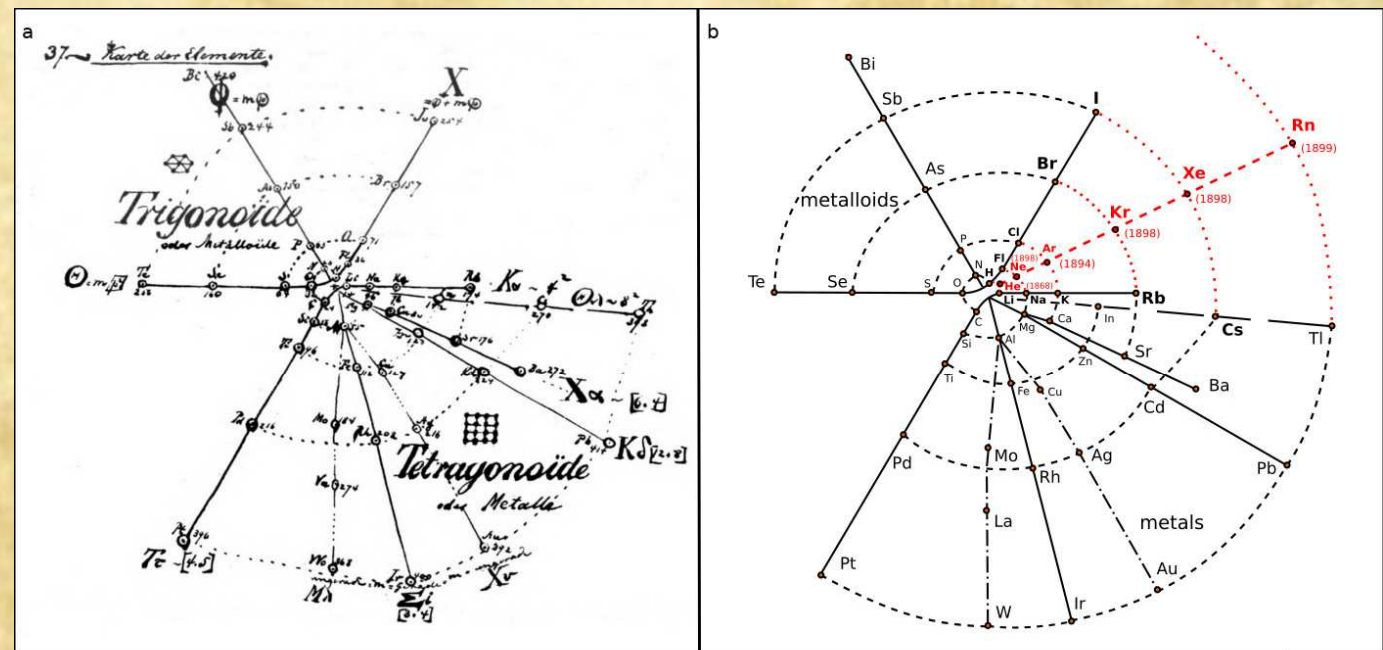


Figure 2. a) Hinrichs's Chart of Elements from *Atomechanik oder die Chemie eine Mechanik der Panatome*. (1867); b) modified with addition of inert gases by V. Trimble [cleaned version by J. Ybarra]

Hledání řádu – objev periodického zákona

1862 - 1869

Chancourtois

Newlands

Odling

Hinrichs

Meyer

Mendělejev

1868

práce byla otištěna až o dva roky později
systém obsahuje hlavní a vedlejší skupiny
Al, Mo, W, V – zařazeny nesprávně
volná místa pro neobjevené prvky



Julius Lothar Meyer
(1830 – 1895)

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
	B = 11,0	Al = 27,3		—		? In = 113,4		Tl = 202,7
	C = 11,97	Si = 28		—		Sn = 117,8		Pb = 206,4
			Ti = 48		Zr = 89,7			
	N = 14,01	P = 30,9		As = 74,9		Sb = 122,1		Bi = 207,5
			V = 51,2		Nb = 93,7		Ta = 182,2	
	O = 15,96	S = 31,98		Se = 78		Te = 128?		
			Cr = 52,4		Mo = 95,6		W = 183,5	
	F = 19,1	Cl = 35,38		Br = 79,75		J = 126,5		
			Mn = 54,8		Ru = 103,5		Os = 198,6?	
			Fe = 55,9		Rh = 104,1		Ir = 196,7	
			Co = Ni = 58,6		Pd = 106,2		Pt = 196,7	
Li = 7,01	Na = 22,99	K = 39,04		Rb = 85,2		Cs = 132,7		
				Cu = 63,3		Ag = 107,66		Au = 196,2
?Be = 9,3	Mg = 23,9	Ca = 39,9		Sr = 87,0		Ba = 136,8		
				Zn = 64,9		Cd = 111,6		Hg = 199,8

Lothar Meyer J. Die Natur der Chemischen Elemente als Function ihrer Atomgewichte. Annalen der Chemie, 7 (1870) 354–364

Hledání řádu – objev periodického zákona

1862 - 1869

Chancourtois

Newlands

Odling

Hinrichs

Meyer

Mendělejev

1868

práce byla otištěna až o dva roky později
systém obsahuje hlavní a vedlejší skupiny
Al, Mo, W, V – zařazeny nesprávně
volná místa pro neobjevené prvky



Julius Lothar Meyer
(1830 – 1895)

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
	B = 11,0	Al = 27,3		—		? In = 113,4		Tl = 202,7
	C = 11,97	Si = 28		—		Sn = 117,8		Pb = 206,4
			Ti = 48		Zr = 89,7			
	N = 14,01	P = 30,9		As = 74,9		Sb = 122,1		Bi = 207,5
			V = 51,2		Nb = 93,7		Ta = 182,2	
	O = 15,96	S = 31,98		Se = 78		Te = 128?		
			Cr = 52,4		Mo = 95,6		W = 183,5	
	F = 19,1	Cl = 35,38		Br = 79,75		J = 126,5		
			Mn = 54,8		Ru = 103,5		Os = 198,6?	
			Fe = 55,9		Rh = 104,1		Ir = 196,7	
			Co = Ni = 58,6		Pd = 106,2		Pt = 196,7	
Li = 7,01	Na = 22,99	K = 39,04		Rb = 85,2		Cs = 132,7		
				Cu = 63,3		Ag = 107,66		Au = 196,2
?Be = 9,3	Mg = 23,9	Ca = 39,9		Sr = 87,0		Ba = 136,8		
				Zn = 64,9		Cd = 111,6		Hg = 199,8

1876

A. Wurtz svými výroky vyvolal spor

Hledání řádu – objev periodického zákona

1862 - 1869

Chancourtois

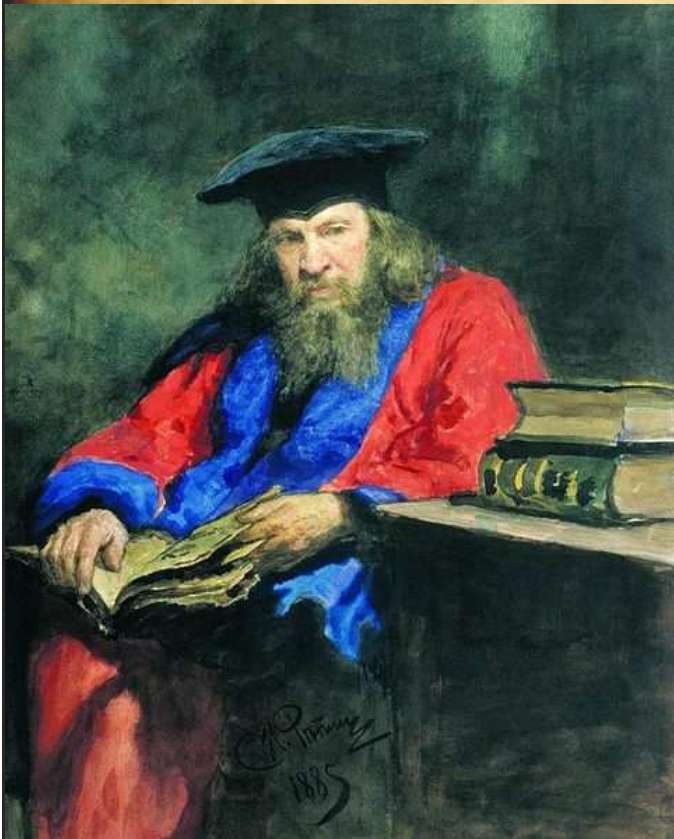
Newlands

Odling

Hinrichs

Meyer

Mendělejev



1854 - 1856

Izomorfismus v souvislosti s dalšími vztahy mezi krystalickou formou a složením

1860

Kongres chemiků v Karlsruhe - Cannizzaro

17. února 1869

Pokus o soustavu prvků založenou na jejich atomové váze

Dmitrij Ivanovič Mendělejev
(1834 – 1907)

Hledání řádu – objev periodického zákona

1862 - 1869

Chancourtois

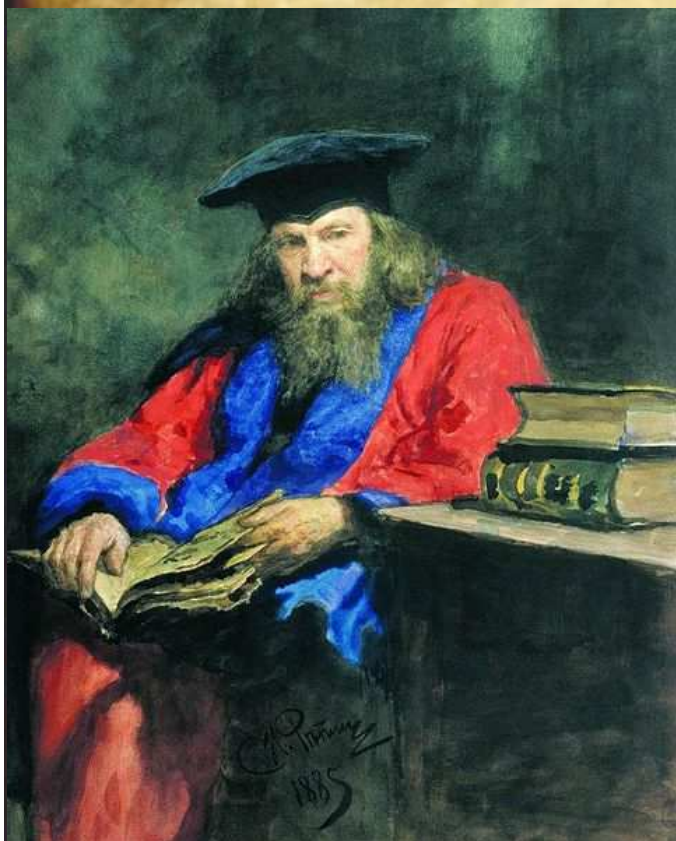
Newlands

Odling

Hinrichs

Meyer

Mendělejev



Dmitrij Ivanovič Mendělejev
(1834 – 1907)



Таблица IV

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

	Tl= 50	Zr= 90	?= 130.		
	Y= 51	Nb= 94	Ta= 132.		
	Cr= 52	Mo= 96	W= 136.		
	Mn= 55	Rb= 104,4	Pt= 197,4		
	Fe= 56	Ra= 104,4	Ir= 198.		
	Ni= 59	Pi= 106,6	Os= 199.		
H= 1	Cu= 63,4	Ag= 108	Hg= 200		
He= 0,4	Ng= 24	Zn= 65,2	Cd= 112		
B= 11	Al= 27,4	?= 68	Cr= 116	Au= 197?	
C= 12	Si= 28	?= 70	Sr= 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= 115?		

Д. Мендѣлевъ.

Mendělejev D. I.: Žurnal ruskogo chimičeskogo občestva 1, 60 (1869)

Hledání řádu – objev periodického zákona

1862 - 1869

Chancourtois

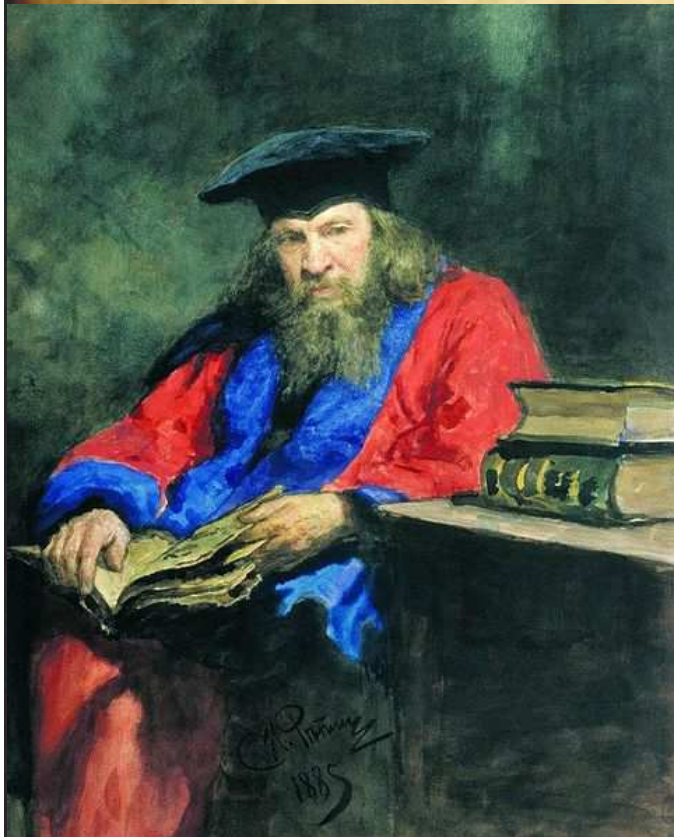
Newlands

Odling

Hinrichs

Meyer

Mendělejev



Dmitrij Ivanovič Mendělejev
(1834 – 1907)

Ueber die Beziehungen der Eigenschaften zu den Atomgewichten der Elemente. Von D. Mendelejeff. — Ordnet man Elemente nach zunehmenden Atomgewichten in verticale Reihen so, dass die Horizontalreihen analoge Elemente enthalten, wieder nach zunehmendem Atomgewicht geordnet, so erhält man folgende Zusammenstellung, aus der sich einige allgemeinere Folgerungen ableiten lassen.

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

1. Die nach der Größe des Atomgewichts geordneten Elemente zeigen eine stufenweise Abänderung in den Eigenschaften.
2. Chemisch-analoge Elemente haben entweder übereinstimmende Atomgewichte (Pt, Ir, Os), oder letztere nehmen gleichviel zu (K, Rb, Cs).
3. Das Anordnen nach den Atomgewichten entspricht der *Werthigkeit* der Elemente und bis zu einem gewissen Grade der Verschiedenheit im chemischen Verhalten, z. B. Li, Be, B, C, N, O, F.
4. Die in der Natur verbreitetsten Elemente haben *kleine* Atomgewichte

Mendělejev, D. (1869). " O vztazích vlastností k atomovým hmotnostem prvků ". Zeitschrift für Chemie (v němčině): 405–406

Hledání řádu – objev periodického zákona

1862 - 1869

Chancourtois

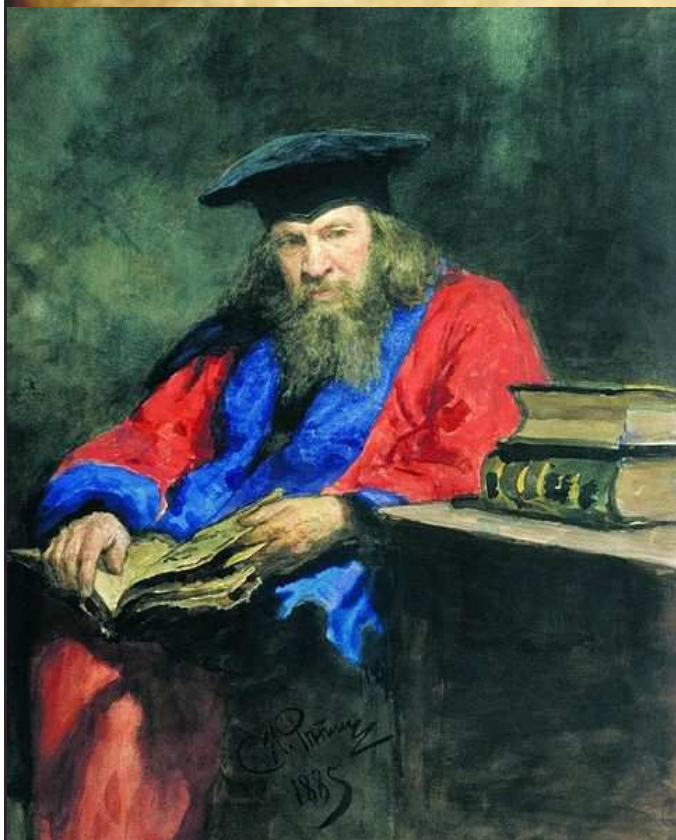
Newlands

Odling

Hinrichs

Meyer

Mendělejev



Dmitrij Ivanovič Mendělejev
(1834 – 1907)

1870

formulace periodického zákona jako přírodního zákona

1871 *Mendelejeff D.: Ann. Chem. Pharm., Suppl. 8, (1871) 133*

předpověď devíti nových prvků

Předpověděné a nalezené prvky

Mendělejevův název	Předpověděná atomová hmotnost	Nalezený prvek	Nalezená atomová hmotnost	Objevitel
<i>eka</i> -bor	44	skandium	44,96	Lars Fredrik Nilson, 1879
<i>eka</i> -aluminium	68	galium	69,72	Lecoq de Boisbaudran, 1875
<i>eka</i> -silicium	72	germanium	72,63	Clemens Winkler, 1886
<i>eka</i> -mangan	100	technecium	97 ^a	Carlo Perrier, Emilio Segrè, 1939
<i>eka</i> -jod	170	astat	210 ^a	Dale Corson, Kenneth MacKenzie, Emilio Segrè, 1940
<i>tri</i> -mangan	190	rhenium	186,21	Ida a Walther Nodack, Otto Berg, 1927
<i>dvi</i> -tellur	212	polonium	209 ^a	Marie Curie, 1898
<i>dvi</i> -cesium	220	francium	223 ^a	Marguerite Perey, 1939
<i>eka</i> -tantal	235	protaktinium	231 ^a	Kazimierz Fajans, Oswald (Otto) Göhring, 1913

M. Novák, Chem. Listy 113 (2019) 191

Hledání řádu – objev periodického zákona

1862 - 1869

Chancourtois

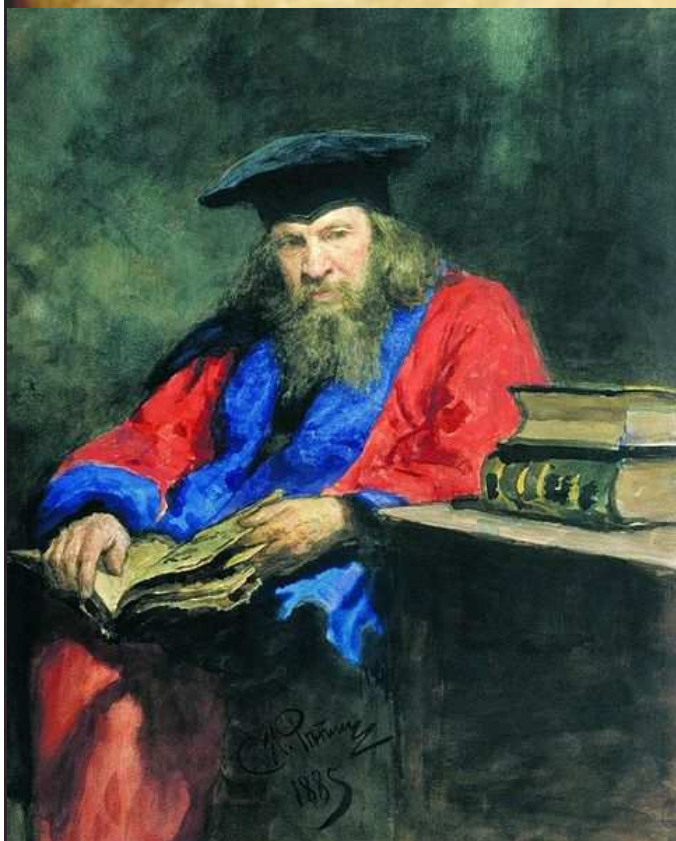
Newlands

Odling

Hinrichs

Meyer

Mendělejev



Dmitrij Ivanovič Mendělejev
(1834 – 1907)

1870

formulace periodického zákona jako přírodního zákona

1871

předpověď devíti nových prvků

Srovnání vlastností *eka*-aluminia a *eka*-silicia s vlastnostmi galia a germania

Vlastnost	<i>Eka</i> -aluminium (<i>Ea</i>)	Galium	<i>Eka</i> -silicium (<i>Es</i>)	Germanium
Atomová hmotnost	68	69,72	72	72,60
Hustota [g cm ⁻³]	6,0	5,96	5,5	5,35
Atomový objem	11,5	11,8	13	13,57
Teplota tání [°C]	nízká	29,78		
Tvorba kamenců	ano	ano		
Složení oxidu	<i>Ea</i> ₂ O ₃	Ga ₂ O ₃	<i>Es</i> O ₂	GeO ₂
Hustota oxidu [g cm ⁻³]	5,5	3,90	4,7	4,23 ^a
Složení chloridu	<i>Ea</i> Cl ₃	GaCl ₃	<i>Es</i> Cl ₄	GeCl ₄
Teplota varu chloridu [°C]	nižší než u ZnCl ₂ (230 °C)	201	~ 100	83
Hustota chloridu [g cm ⁻³]			1,9 (0 °C)	1,88 (20 °C)

M. Novák, Chem. Listy 113 (2019) 191

Hledání řádu – objev periodického zákona

1862 - 1869

Chancourtois

Newlands

Odling

Hinrichs

Meyer

Mendělejev

Zákon periodicity

- Prvky sestavené podle velikosti atomové váhy jeví zřetelnou periodičnost vlastností
- Velikost atomové váhy určuje charakter prvku tak, jako hodnota váhy částice (= molekuly) určuje vlastnosti složeného těla (=charakter sloučeniny)
- Velikost atomové váhy prvku je možné někdy opravit, jestliže známe její analogie
- Některé analogie prvků se odhadují podle velikosti váhy jejich atomu
- Je třeba očekávat objevy ještě mnoha neznámých prostých těl , například prvků shodných s Al a Si s váhou 65 - 75

Děkuji za pozornost
