

Το Πείραμα
στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών
(2021-2022)

Δημήτρης Κοιλάκος
dkilakos@primedu.uoa.gr

Ο Περιοδικός Πίνακας και η εννοιολογική ανάπτυξη της Χημείας

- Ταξινόμηση των στοιχείων σε οριζόντιες γραμμές (περίοδοι) και κάθετες στήλες (ομάδες)
- Στα άτομα των στοιχείων κάθε περιόδου, τα ηλεκτρόνια κατανέμονται σε ίδιο αριθμό στιβάδων
- Ο αριθμός των στιβάδων είναι ο αριθμός της περιόδου

Πριν τον Π.Π.:

- Παράθεση στοιχείων σε αλφαβητική σειρά
- Μη διάκριση μετάλλων – μη

Στην πορεία προς τον Π.Π.:

- Ταξινόμηση με βάση Χημικές συμπεριφορές, ατομικό βάρος

IUPAC Periodic Table of the Elements

1 H Hydrogen (1.007 94)																	2 He Helium (4.002 602)
3 Li Lithium (6.941 15)	4 Be Beryllium (9.012 24)	Key atomic number Symbol www.iupac.org/periodic										5 B Boron (10.811 1)	6 C Carbon (12.011 15)	7 N Nitrogen (14.006 42)	8 O Oxygen (15.999 10)	9 F Fluorine (18.998 40)	10 Ne Neon (20.179 7)
11 Na Sodium (22.989 77)	12 Mg Magnesium (24.304 7)											13 Al Aluminum (26.981 54)	14 Si Silicon (28.085 5)	15 P Phosphorus (30.973 76)	16 S Sulfur (32.06 5)	17 Cl Chlorine (35.45 3)	18 Ar Argon (39.948 1)
19 K Potassium (39.098 31)	20 Ca Calcium (40.078 4)	21 Sc Scandium (44.955 91)	22 Ti Titanium (47.88 7)	23 V Vanadium (50.941 5)	24 Cr Chromium (51.996 1)	25 Mn Manganese (54.938 04)	26 Fe Iron (55.845 2)	27 Co Cobalt (58.933 15)	28 Ni Nickel (58.69 34)	29 Cu Copper (63.546 3)	30 Zn Zinc (65.38 2)	31 Ga Gallium (69.723 1)	32 Ge Germanium (72.630 8)	33 As Arsenic (74.921 6)	34 Se Selenium (78.96 4)	35 Br Bromine (79.904 7)	36 Kr Krypton (83.80 1)
37 Rb Rubidium (85.467 8)	38 Sr Strontium (87.62 4)	39 Y Yttrium (88.905 84)	40 Zr Zirconium (91.224 4)	41 Nb Niobium (92.906 38)	42 Mo Molybdenum (95.94 1)	43 Tc Technetium (98)	44 Ru Ruthenium (101.07 4)	45 Rh Rhodium (102.905 5)	46 Pd Palladium (106.36 3)	47 Ag Silver (107.868 2)	48 Cd Cadmium (112.411 8)	49 In Indium (114.818 1)	50 Sn Tin (118.710 7)	51 Sb Antimony (121.757 1)	52 Te Tellurium (127.6 3)	53 I Iodine (126.905 4)	54 Xe Xenon (131.29 4)
55 Cs Cesium (132.905 45)	56 Ba Barium (137.327 7)	57-71 Lanthanoids	72 Hf Hafnium (178.49 3)	73 Ta Tantalum (180.947 9)	74 W Tungsten (183.84 1)	75 Re Rhenium (186.207 1)	76 Os Osmium (190.23 4)	77 Ir Iridium (192.222 1)	78 Pt Platinum (195.084 1)	79 Au Gold (196.966 57)	80 Hg Mercury (200.59 6)	81 Tl Thallium (204.383 3)	82 Pb Lead (207.2 3)	83 Bi Bismuth (208.980 4)	84 Po Polonium (209)	85 At Astatine (210)	86 Rn Radon (222)
87 Fr Francium (223)	88 Ra Radium (226)	89-103 Actinoids	104 Rf Rutherfordium (261)	105 Db Dubnium (262)	106 Sg Seaborgium (263)	107 Bh Bohrium (264)	108 Hs Hassium (265)	109 Mt Meitnerium (266)	110 Ds Darmstadtium (267)	111 Rg Roentgenium (268)	112 Cn Copernicium (269)	113 Uut Ununtrium (270)	114 Fl Flerovium (271)	115 Uup Ununpentium (272)	116 Lv Livermorium (273)	117 Uus Ununseptium (274)	118 Uuo Oganesson (276)



57 La Lanthanum (138.905 5)	58 Ce Cerium (140.12 1)	59 Pr Praseodymium (140.907 6)	60 Nd Neodymium (144.24 2)	61 Pm Promethium (145)	62 Sm Samarium (150.36 2)	63 Eu Europium (151.964 1)	64 Gd Gadolinium (157.25 3)	65 Tb Terbium (158.925 3)	66 Dy Dysprosium (162.50 1)	67 Ho Holmium (164.930 3)	68 Er Erbium (167.259 7)	69 Tm Thulium (168.930 4)	70 Yb Ytterbium (173.054 7)	71 Lu Lutetium (174.967 1)
89 Ac Actinium (227)	90 Th Thorium (232.037 7)	91 Pa Protactinium (231.036 8)	92 U Uranium (238.028 91)	93 Np Neptunium (237)	94 Pu Plutonium (244)	95 Am Americium (243)	96 Cm Curium (247)	97 Bk Berkelium (247)	98 Cf Californium (251)	99 Es Einsteinium (252)	100 Fm Fermium (257)	101 Md Mendelevium (258)	102 No Nobelium (259)	103 Lr Lawrencium (260)

Ο Περιοδικός Πίνακας και η εννοιολογική ανάπτυξη της Χημείας

- Αριστοτέλης:
 - (← Εμπειδοκλής) 4 στοιχεία (νερό, φωτιά, γη, αέρας), που φέρουν ιδιότητες
 - ταξινόμηση ουσιών (→ μεταστοιχείωση): ο χρυσός ήταν το πλέον «καθαρό» απ' όλα τα μέταλλα και μπορούσε να υποβαθμιστεί και να μετατραπεί σε λιγότερο «καθαρές» ουσίες
- Αλχημεία: σύνθεση και διαχωρισμός υλικών, ώστε μέσω ανασυνδυασμού πρωταρχικών στοιχείων να συντεθούν νέα υλικά
 - Magnum Opus η αναζήτηση της 'φιλοσοφικής λίθου': ουσία που θα μετέτρεπε τα βασικά μέταλλα σε χρυσό ή άργυρο και θα ήταν ελιξήριο ζωής (επίτευξη αθανασίας)

Ο Περιοδικός Πίνακας και η εννοιολογική ανάπτυξη της Χημείας

- Boyle (1627-1691): Διάκριση χημείας/αλχημείας
-Υπάρχουν κάποιες απλές ουσίες που δεν μπορούν να διαχωρισθούν σε απλούστερες και αποτελούν τη βάση σύνθετων ουσιών

«[E]ννοώ τώρα με τον όρο στοιχεία ... κάποια πρωτογενή και απλά ή εντελώς μη αναμεμειγμένα σώματα, τα οποία χωρίς να είναι φτιαγμένα από άλλα σώματα, ή το ένα από το άλλο είναι τα συστατικά από τα οποία όλα τα αποκαλούμενα τέλεια αναμεμειγμένα σώματα, άμεσα συντίθενται και στα οποία τελικά αποσυντίθεται» (Ο Σκεπτικιστής Χημικός)

- Τί ακριβώς είναι τα στοιχεία και τί οι σύνθετες ουσίες;
(π.χ. αέρας: στοιχείο μέχρι το 18ο αι., συνδυασμός αερίων μετά)

Ο Περιοδικός Πίνακας και η εννοιολογική ανάπτυξη της Χημείας

- Lavoisier (1743-1794):
 - χημική θεωρία, νέα χημική ονοματολογία, λίστα χημικών στοιχείων
 - Ταξινόμηση (οργάνωση) στοιχείων με βάση τις ιδιότητές τους: μέταλλα, αμέταλλα, γήινες ουσίες, απλές ουσίες
 - υλικά με παρόμοια συμπεριφορά στις χημικές αντιδράσεις ταξινομήθηκαν ως παρόμοια
 - απόρριψη “φλογιστού” και εισαγωγή των αβαρών στοιχείων calorique (καλόριο/θερμίδιο – στοιχείο της θερμότητας) και lumie (λούμιο - στοιχείο του φωτός)
 - εξαλείφθηκαν από τη χημική θεωρία το 19ο αι., με την καθιέρωση της έννοιας της ενέργειας
 - ποσοτική ανάλυση χημικών αντιδράσεων
 - αρχή διατήρησης της μάζας

Ο Περιοδικός Πίνακας και η εννοιολογική ανάπτυξη της Χημείας

- J.W. Döbereiner (1780-1849)
Στα αποτελέσματα των πειραμάτων του, παρατήρησε ότι υπάρχουν αρκετές ομάδες 3 στοιχείων που συμπεριφέρονται με παρόμοιο τρόπο στις χημικές αντιδράσεις και παρουσιάζουν βασικές ομοιότητες
→ αναλογία μαζών (όπως και ο Berzelius)
→ 10 τριάδες (30 από τα 53 γνωστά μέχρι τότε στοιχεία)
- Νέες προσπάθειες συστηματικής ταξινόμησης, με βάση το ατομικό βάρος
- Alexandre-Émile Béguyer de Chancouros (1820-1886)
Σπειροειδής οργάνωση (*vis tellurique* – τελουρική δύναμη)
-Κάποια στοιχεία που το ένα τοποθετούνταν πάνω από το άλλο παρουσίαζαν μεγάλες ομοιότητες στη χημική συμπεριφορά

Ο Περιοδικός Πίνακας και η εννοιολογική ανάπτυξη της Χημείας

- J.A.R. Newlands (1837-1898)

Ταξινόμηση των 56 γνωστών στ. σε 11 ομάδες κοινών ιδιοτήτων

“Αν τα στοιχεία τοποθετηθούν στη σειρά των ισοδυνάμων τους με λίγες μετατοπίσεις γίνεται φανερό ότι τα στοιχεία που ανήκουν στην ίδια ομάδα εμφανίζονται στην ίδια οριζόντια γραμμή. Επίσης, οι αριθμοί παρόμοιων στοιχείων διαφέρουν κατά επτά ή πολλαπλάσια του επτά. Τα στοιχεία έχουν μεταξύ τους την ίδια σχέση όπως τα άκρα μιας μουσικής οκτάβας. Έτσι, στην ομάδα του αζώτου ο φώσφορος είναι το έβδομο στοιχείο μετά το άζωτο, και το αρσενικό είναι το δέκατο τέταρτο στοιχείο μετά το φώσφορο, όπως και το αντιμόνιο μετά το αρσενικό. Προτείνω να ονομαστεί αυτή η περίεργη σχέση 'Νόμος των Οκτάβων'”

? Υπάρχει κάποια συστημική σχέση που “κρύβεται” πίσω από αυτή τη συμπεριφορά;

! δομή στ. → μουσ. Οκτάβες ~ Κέπλερ: ταξ. πλανητών → Αρμονία του Κόσμου

Ο Περιοδικός Πίνακας και η εννοιολογική ανάπτυξη της Χημείας

- D.I. Mendeleev (1834-1907)

Η Εξάρτηση μεταξύ των Ιδιοτήτων των Ατομικών Βαρών των Στοιχείων (1869): περιγραφή στοιχείων με βάση ατομικό βάρος και σθένος

- Κατάταξη των γνωστών στοιχείων με βάση τα ατομικά βάρη σε πίνακα με 8 στήλες
- Τα στοιχεία κάθε στήλης έχουν παρόμοιες ιδιότητες

[αντίστοιχα: L. Meyer (με σθένος, χωρίς πρόβλεψη), W. Odling]

- Κενά σε ορισμένες θέσεις

! Πρόγνωση/πρόβλεψη ανακάλυψης άγνωστων ως τότε στοιχείων:

- 45 (εκα-αλουμίνιο → γάλλιο)
- 68 (εκα-βόρον → σκάνδιο)
- 70 (εκα-σιλικόνη → γερμάνιο)

Περιοδικός νόμος: Οι χημικές ιδιότητες είναι περιοδική συνάρτηση του ατομικού βάρους

Handwritten notes and calculations, possibly related to atomic weights or chemical formulas. Includes numbers like 425, 115, 130 and various chemical symbols and formulas such as $Ca=40$, $Li=7$, $Na=23$, $K=39$, $Rb=85$, $Cs=133$, $Ag=108$, $Au=199$, $Hg=200$, $Tl=204$, $Pb=207$, $Bi=208$, $Th=231$, $U=240$. There are also some circled numbers and symbols.

Handwritten notes at the bottom of the page, possibly a signature or additional calculations.

Reihen	Gruppe I. — R ⁰	Gruppe II. — R ⁰	Gruppe III. — R ^{0'}	Gruppe IV. RH ⁴ R ^{0'}	Gruppe V. RH ³ R ^{0'}	Gruppe VI. RH ² R ^{0'}	Gruppe VII. RH R ^{0'}	Gruppe VIII. — R ^{0'}
1	II=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	—	— — — —

«Ρόλος της επιστήμης είναι να ανακαλύψει την ύπαρξη μιας γενικής τάξης (νόμων) στη φύση και να βρει τις αιτίες που διέπουν αυτή την τάξη. Και αυτό έχει εξίσου εφαρμογή και στις σχέσεις μεταξύ των ανθρώπων, κοινωνικές, πολιτικές και στο σύμπαν στο σύνολό του»

- “Χορογράφος” των χημικών στοιχείων

THE PERIODICITY OF THE ELEMENTS

The Element	Atomic Weight	Valence	Symbol	Group	Period	Atomic Number
Hydrogen	1	1	H	1	1	1
Lithium	7	1	Li	1	2	3
Sodium	23	1	Na	1	3	11
Potassium	39	1	K	1	4	19
Calcium	40	2	Ca	2	4	20
Strontium	87	2	Sr	2	5	38
Barium	137	2	Ba	2	6	56
Radium	226	2	Ra	2	7	88
Actinium	227	3	Ac	3	7	89
Thorium	232	4	Th	4	7	90
Uranium	238	4	U	4	7	92
Protactinium	231	3	Pa	3	7	91
Neptunium	237	3	Np	3	7	93
Plutonium	244	4	Pu	4	7	94
Americium	243	3	Am	3	7	95
Curium	247	4	Cm	4	7	96
Berkelium	247	3	Bk	3	7	97
Californium	251	4	Cf	4	7	98
Einsteinium	252	3	Es	3	7	99
Fermium	253	4	Fm	4	7	100
Mendelevium	258	3	Md	3	7	101
Nobelium	259	4	Nb	4	7	102
Lanthanum	139	3	La	3	6	57
Cerium	140	3	Ce	3	6	58
Praseodymium	141	3	Pr	3	6	59
Neodymium	142	3	Nd	3	6	60
Europium	152	3	Eu	3	6	63
Gadolinium	157	3	Gd	3	6	64
Terbium	159	3	Tb	3	6	65
Dysprosium	163	3	Dy	3	6	66
Hoium	165	3	Ho	3	6	67
Erbium	167	3	Er	3	6	68
Thulium	169	3	Tm	3	6	69
Ytterbium	173	3	Yb	3	6	70
Lutetium	175	3	Lu	3	6	71
Scandium	45	3	Sc	3	4	21
Titanium	48	4	Ti	4	4	22
Vanadium	51	5	V	5	4	23
Chromium	52	6	Cr	6	4	24
Manganese	55	7	Mn	7	4	25
Iron	56	8	Fe	8	4	26
Cobalt	59	9	Co	9	4	27
Nickel	59	10	Ni	10	4	28
Copper	63	11	Cu	11	4	29
Zinc	65	12	Zn	12	4	30
Gallium	69	13	Ga	13	4	31
Germanium	72	14	Ge	14	4	32
Arsenic	75	15	As	15	4	33
Selenium	79	16	Se	16	4	34
Bromine	80	17	Br	17	4	35
Krypton	84	18	Kr	18	4	36
Rubidium	85	1	Rb	1	5	37
Strontium	88	2	Sr	2	5	38
Yttrium	89	3	Y	3	5	39
Zirconium	91	4	Zr	4	5	40
Niobium	93	5	Nb	5	5	41
Molybdenum	96	6	Mo	6	5	42
Technetium	98	7	Tc	7	5	43
Ruthenium	101	8	Ru	8	5	44
Rhodium	103	9	Rh	9	5	45
Palladium	106	10	Pd	10	5	46
Silver	108	11	Ag	11	5	47
Cadmium	112	12	Cd	12	5	48
Indium	115	13	In	13	5	49
Thallium	119	14	Tl	14	5	50
Lead	120	15	Pb	15	5	51
Bismuth	126	16	Bi	16	5	52
Polonium	210	17	Po	17	5	53
Astatine	210	18	At	18	5	54
Radium	226	19	Ra	19	5	55
Actinium	227	20	Ac	20	5	56
Thorium	232	21	Th	21	5	57
Uranium	238	22	U	22	5	58

Μορφή του Περιοδικού Πίνακα των στοιχείων από την πρώτη αγγλική έκδοση του εγχειριδίου χημείας του Μεντελέγιεφ (1891), που βασίστηκε στην πέμπτη ρωσική έκδοση του βιβλίου

Ο Περιοδικός Πίνακας και η εννοιολογική ανάπτυξη της Χημείας

? Γιατί στα μέσα του 19ου αι.;

- Φασματοσκοπική χημική ανάλυση (R.W. Bunsen, G.R. Kirchhoff)
→ ανακάλυψη νέων στοιχείων

Φασματοσκοπία

- Νεύτων, 1668: Ανάλυση φάσματος ηλιακού φωτός
- Wollaston, 1802: “Σκοτεινές” ραβδώσεις σε φάσμα ηλιακού φωτός
- Fraunhofer, 1814: Οι ραβδώσεις είναι ανεξάρτητες από το υλικό του πρίσματος και τη γωνία διάθλασης
- Kirchhoff, 1859: Οφείλονται στην ύπαρξη διάπυρων αερίων στοιχείων στον Ήλιο (νάτριο, κάλιο, σίδηρος κ.α.)

Ο Περιοδικός Πίνακας και εννοιολογική ανάπτυξη της Χημείας

- Moseley (1913)

Σχέση μεταξύ του μήκους κύματος στο φάσμα των ακτίνων X και του ατομικού αριθμού

“Υπάρχει στο άτομο μια θεμελιώδης ποσότητα που αυξάνεται κανονικά από στοιχείο σε στοιχείο. Η ποσότητα αυτή είναι το θετικό ηλεκτρικό φορτίο. Ο αριθμός των θετικών φορτίων του πυρήνα είναι ίδιος με τον αύξοντα αριθμό που έχει το στοιχείο στον περιοδικό πίνακα”

→ Αναδιάταξη του πίνακα με βάση τον ατομικό αριθμό και όχι το ατομικό βάρος

- Σύγχρονος περιοδικός νόμος: Οι ιδιότητες των στοιχείων είναι περιοδική συνάρτηση του ατομικού τους αριθμού

Ο Περιοδικός Πίνακας και η διδασκαλία της Χημείας

(Σημ.: Αν και συνήθως ο Περιοδικός Πίνακας περιλαμβάνεται στη διδακτέα ύλη τάξεων της β'-βάθμιας εκπαίδευσης, κάποιες πλευρές έχουν αξία προς προβληματισμό και σε σχέση με την α'-βάθμια)

- Συνήθεις δυσκολίες:

- Διαμόρφωση νοητικού μοντέλου που θα συνδυάζει τη θέση των ατόμων των στοιχείων στον Π.Π. με την υποατομική τους δομή και τις ιδιότητές τους

- Κατανόηση της σημασίας του Π.Π. ως πηγής πληροφοριών για τα χημικά στοιχεία

- Δυσκολίας χρήσης του Π.Π. για την πρόβλεψη χημικής συμπεριφοράς και φυσικών ιδιοτήτων των χημικών στοιχείων

→ *Πως μπορούμε να εντάξουμε στη διδακτική πράξη πλευρές όσων έχουμε δει για παρατήρηση-μέτρηση-ταξινόμηση και την ιστορία του ΠΠ ώστε να αντιμετωπιστούν αυτές οι δυσκολίες;*