

Η ιστορία του Περιοδικού Πίνακα

Στουγιάννη Χαρά¹, Γουνοπούλου Ειρήνη¹, Δουδούμη Κωνσταντίνα²

τύπος εργασίας:θεωρητικό άρθρο

¹Πειραματικό Γυμνάσιο Πανεπιστημίου Μακεδονίας,

²Πειραματικό Γενικό Λύκειο Πανεπιστημίου Μακεδονίας,

Νεάπολη Θεσσαλονίκης

earg97@hotmail.com, mail@gym-peir-uom.thess.sch.gr zarapink@yahoo.gr

Επιβλέπων καθηγητής: Γεωργολιός Νικόλαος, Καθηγητής Χημείας,
Πειραματικό Γυμνάσιο-Λύκειο Παν. Μακεδονίας, ngeorgol@sch.gr.

Περίληψη

Ο Περιοδικός Πίνακας αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο για τη Χημεία, αφού ταξινομεί τα μέχρι σήμερα γνωστά χημικά στοιχεία με βάση, ουσιαστικά, τις ιδιότητές τους. Η ιστορία της ταξινόμησης των χημικών στοιχείων, με τη μορφή που γνωρίζουμε σήμερα, αρχίζει στα μέσα του 19^{ου} αιώνα, όπου οι επιστήμονες, που ασχολούνταν με τη χημεία, είχαν καταγράψει τα ατομικά βάρη όλων των τότε γνωστών χημικών στοιχείων και τις χημικές τους ιδιότητες. Τότε ήταν που άρχισε η διερεύνηση, οι ανακαλύψεις και οι διάφορες απόπειρες ταξινόμησης των τότε γνωστών χημικών στοιχείων.

Πολλοί επιστήμονες της εποχής ασχολήθηκαν με τη διερεύνηση των ιδιοτήτων των στοιχείων, αναπτύσσοντας διάφορες θεωρίες, ο δημιουργός της σημερινής μορφής του Περιοδικού Πίνακα ήταν ο Μεντελέγιεβ, ο οποίος με τα λίγα μέσα της εποχής του κατάφερε να κατατάξει τα χημικά στοιχεία που γνώριζε με μία θαυμαστή ακρίβεια με βάση το ατομικό τους βάρος. Στηρίχτηκε στην περιοδικότητα των ιδιοτήτων που παρουσίαζαν τα χημικά στοιχεία.

Η σημερινή μορφή του Περιοδικού Πίνακα είναι ουσιαστικά μια βελτιωμένη έκδοση της πρώτης μορφής που έκανε ο Μεντελέγιεβ και ολοκληρώθηκε από τον Moseley στις αρχές του 20^{ου} αιώνα.

Λέξεις κλειδιά: Περιοδικός Πίνακας, ταξινόμηση, χημικά στοιχεία, ατομικός αριθμός, Μεντελέγιεβ, χημικές ιδιότητες.

Ο Περιοδικός Πίνακας των στοιχείων είναι μία από τις πιο ζωντανές εικόνες της Επιστήμης, ένας πίνακας ο οποίος περιέχει στην πραγματικότητα όλη τη φιλοσοφία της επιστήμης της Χημείας. Πρόκειται για μία ταξινόμηση όλων των χημικών στοιχείων (των πιο απλών ουσιών που υπάρχουν) ανάλογα με τις ιδιότητές τους. Η ταξινόμηση σε σύνολα με κοινές ιδιότητες είναι ένα κύριο γνώρισμα των επιστημών.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η ιστορία του Περιοδικού Πίνακα. Πώς γεννήθηκε η ιδέα; Ποιος ασχολήθηκε πρώτα; Αν και ο θεμελιωτής της σύγχρονης μορφής του είναι ο Ρώσος Dimitri Mendeleev (Ντιμίτρι Μεντελέγεβ), πολλές προσπάθειες κατάταξης των απλούστερων υλικών από τις οποίες αποτελείται ο κόσμος μας ξεκίνησαν πολύ νωρίτερα...

Οι θεωρίες για τα υλικά (τα στοιχεία στη γλώσσα της Χημείας) που συνθέτουν τον κόσμο χάνονται στο παρελθόν, στις μυθολογίες των αρχαίων λαών.

Από τα αρχαία χρόνια, οι φιλόσοφοι είχαν αναπτύξει θεωρίες για την προέλευση και τη δημιουργία του κόσμου. Πρώτος ο Εμπεδοκλής είχε μιλήσει για τα τέσσερα στοιχεία τα οποία είναι οι δομικές μονάδες του κόσμου: η Γη, το Νερό, ο Άνεμος και η Φωτιά. Και τα τέσσερα υπάρχουν στην ταξινόμηση των 12 στοιχείων του ζωδιακού κύκλου. Ο Αριστοτέλης θεώρησε ότι όλα τα σώματα και οι ιδιότητές τους προκύπτουν από συνδυασμούς αυτών των τεσσάρων υλικών. Κάποιοι από τους φιλόσοφους πίστευαν ότι αυτά τα διαφορετικά στοιχεία αποτελούνται από μικροσκοπικά συστατικά με διαφορετικά σχήματα και με αυτό εξήγησαν τις ποικίλες ιδιότητες των στοιχείων. Αυτά τα σχήματα συνδέθηκαν με τη μορφή των Πλατωνικών στερεών.



Εικ. 1. Πλατωνικά στερεά

Έτσι π.χ. η φωτιά θεωρήθηκε ότι αποτελείται από τετράεδρα. Λίγο αργότερα το πέμπτο Πλατωνικό στερεό, το δωδεκάεδρο, ανακαλύφθηκε και αυτό οδήγησε στη θεωρία ότι μπορεί να υπάρχει ένα πέμπτο στοιχείο ή πεμπτουσία το οποίο έγινε γνωστό ως αιθέρας. Αν και η ιδέα ότι τα στοιχεία αποτελούνται από Πλατωνικά στερεά δεν είναι βέβαια σωστή, είναι πραγματικά εντυπωσιακή η αρχική ιδέα ότι οι ιδιότητες των σωμάτων καθορίζονται από τις ιδιότητες των μικροσκοπικών συστατικών από τα οποία αποτελούνται. Αυτά τα στοιχεία συνέχισαν να υπάρχουν και

στο Μεσαίωνα και πέρα, συμπληρωμένα με κάποια άλλα στοιχεία τα οποία ανακαλύφθηκαν από τους αλχημιστές, τους προδρόμους της σύγχρονης χημείας. Ένας από τους κύριους στόχους των αλχημιστών φαίνεται να ήταν η μεταστοιχείωση των στοιχείων, και κυρίως η μετατροπή κοινών μετάλλων σε χρυσό και ασήμι.

Η Χημεία, όμως, αρχίζει να οργανώνεται σαν Επιστήμη, όταν αποποιήθηκε τους αλχημιστές και τη μεταφυσική ερμηνεία της προέλευσης της ύλης και στηρίχθηκε στο πείραμα και την παρατήρηση. Δεν πρέπει βέβαια να παραγνωρίσουμε ότι κάποιες αφηρημένες έννοιες για τη μορφή της ύλης λειτούργησαν και ως κατευθυντήρια αρχή για το Dimitri Mendeleev για τη σύνταξη του Περιοδικού Πίνακα.

Ο αλχημιστής Henning Brand ήταν ο πρώτος που ανακάλυψε ένα στοιχείο, πέρα από κάποια μέταλλα κυρίως, που ήταν γνωστά από την προϊστορία. Όντας πτωχευμένος Γερμανός έμπορος έκανε προσπάθειες να ανακαλύψει ένα μυθικό αντικείμενο, τη Φιλοσοφική Λίθο. Μετά από διάφορους πειραματισμούς, κατάφερε να ανακαλύψει μια λαμπερή λευκή ουσία, την οποία ονόμασε φωσφόρο. Η ανακάλυψη του έμεινε μυστική μέχρι το 1680, όταν ο Robert Boyle ξαναανακάλυψε το φωσφόρο και τότε δημοσιοποίησε την ανακάλυψή του.



Εικ.2 Henning Brand

Μεγάλη συμβολή στην αναγνώριση και καταγραφή κάποιων πρώτων χημικών είχε ο πατέρας της Χημείας Antoine Lavoisier. Στο βιβλίο του «Στοιχειώδης Πραγματεία της Χημείας», το 1789, το οποίο θεωρείται το πρώτο χημικό βιβλίο, περιλάμβανε δεδομένα για τα τότε γνωστά

στοιχεία: το οξυγόνο, το άζωτο, το υδρογόνο, το φωσφόρο, τον υδράργυρο, τον ψευδάργυρο και το θείο. Το βιβλίο αποτέλεσε την βάση για τη σύγχρονη λίστα των στοιχείων, όμως επειδή περιείχε μόνο ταξινόμηση των μετάλλων και μη-μετάλλων, θεωρήθηκε ότι δεν ανταποκρινόταν σε μία πλήρη ανάλυση.



Εκ. 3 Antoine Lavoisier

Αργότερα, ο Jöns Jakob Berzelius το 1828 ανέπτυξε έναν πίνακα για τα ατομικά βάρη και ήταν ο πρώτος που εισήγαγε γράμματα για τον συμβολισμό των χημικών στοιχείων. Ο συμβολισμός αυτός ισχύει σήμερα.



Εικ. 4 Jöns Jakob Berzelius

Το 1817 ο Johann Wolfgang Döbereiner άρχισε να σχηματίζει μια δικιά του ταξινόμηση των στοιχείων. Το 1828 βρήκε ότι ορισμένα στοιχεία σχημάτιζαν ομάδες των τριών ανάλογα με τις ιδιότητες τους. Ονόμασε αυτές τις ομάδες "τριάδες". Μερικές τριάδες που ταξινόμησε ο Döbereiner ήταν οι εξής:

1. χλώριο, βρώμιο, ιώδιο
2. ασβέστιο, στρόντιο, βάριο
3. λίθιο, νάτριο, κάλιο

Σε όλες τις τριάδες το ατομικό βάρος του δεύτερου στοιχείου ήταν σχεδόν ακριβώς ο μέσος όρος των ατομικών βαρών του πρώτου και του τρίτου στοιχείου.

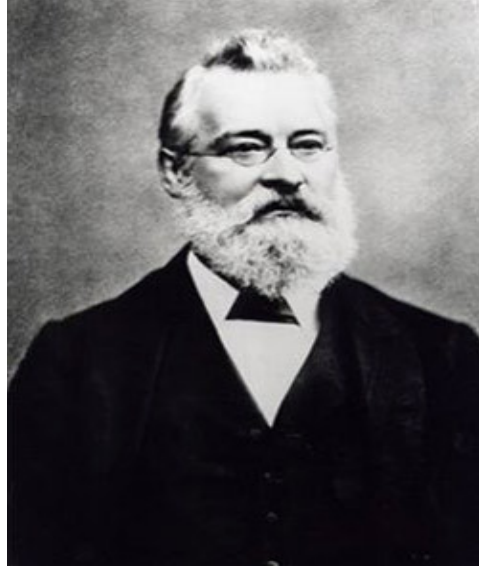
Ο Alexandre-Emile Béguyer de Chancourtois, ένας Γάλλος γεωλόγος, ήταν ο πρώτος που παρατήρησε την περιοδικότητα των στοιχείων. Επινόησε μια πρώιμη μορφή του περιοδικού πίνακα, την οποία αποκάλεσε το τελλουρικό έλικα, με τα στοιχεία τοποθετημένα σε ένα φαύλο κύκλο σε έναν κύλινδρο κατά αύξον ατομικό βάρος. Ο Alexandre-Emile Béguyer de Chancourtois παρατήρησε ότι τα στοιχεία με παρόμοιες ιδιότητες παρατάσσονται κάθετα.



Εικ. 5 Alexandre-Emile Béguyer de Chancourtois

Ο John Newlands ήταν Άγγλος χημικός, που το 1865 ταξινόμησε τα 56 στοιχεία που είχαν ανακαλυφθεί μέχρι εκείνη τη χρονική στιγμή σε έντεκα ομάδες, οι οποίες βασίστηκαν σε παρόμοιες φυσικές ιδιότητες. Ο Newlands, επηρεασμένος από την μουσική του παιδεία, διατύπωσε τον κανόνα των οκτάβων, υποστηρίζοντας ότι μετά από μια σειρά ανόμοιων

στοιχείων ακολουθούν άλλα επτά, που επαναλαμβάνουν της ιδιότητες των προηγούμενων όπως ακριβώς οι μουσικές κλίμακες. Δημοσίευσε το 1864 τις ιδέες του στην χημική εταιρεία του Λονδίνου, η οποία όμως δεν έγινε δεκτή γιατί υπήρχαν κάποια προφανή άτοπα όπως ότι ο σίδηρος <<έπρεπε>> να έχει ίδιες ιδιότητες με το οξυγόνο και ο φώσφορος με το μαγγάνιο.



Εικ. 6 John Newlands

Ο Dimitri Mendeleev ήταν ο πρώτος επιστήμονας που έκανε έναν περιοδικό πίνακα σαν αυτόν που χρησιμοποιούμε σήμερα.

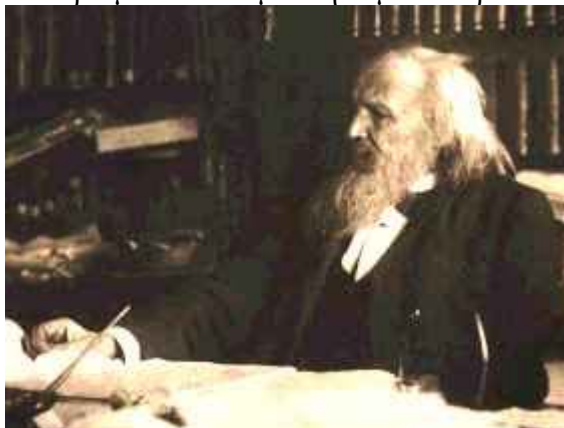
Γεννήθηκε στη Σιβηρία, στις 8 Φεβρουαρίου 1834. Φοίτησε αρχικά στο γυμνάσιο του Τομπόλσκ και μετά την εγκατάσταση της οικογένειάς του, το 1849, στην Αγ. Πετρούπολη, στο Κεντρικό Παιδαγωγικό Ινστιτούτο. Το 1855 διαγνώστηκε με φυματίωση και υποχρεώθηκε να μετακομίσει στην Κριμαία, στην βόρεια ακτή της Μαύρης Θάλασσας. Επέστρεψε στην Αγ. Πετρούπολη το 1857. Ο Mendeleev τοποθέτησε τα στοιχεία σε έναν πίνακα ανάλογα με το ατομικό τους βάρος που αντιστοιχεί στη σχετική μοριακή μάζα όπως ορίζεται σήμερα. Ο Mendeleev πρόβλεψε την ανακάλυψη των άλλων στοιχείων και άφησε χώρο για τα νέα αυτά στοιχεία. Μεταξύ 1868 και 1870, έγραψε το καθοριστικό δίτομο έργο του, *Αρχές Χημείας*.

The image shows a handwritten version of the periodic table by Dmitri Mendeleev. It is titled "Периодический Закон" (Periodic Law) at the top. The elements are arranged in groups and periods, with their atomic weights and chemical symbols written in Cyrillic. The table is organized into several columns and rows, with some elements circled or highlighted. The handwriting is dense and includes various annotations and corrections.

Εικ. 7 Η πρώτη μορφή του Περιοδικού Πίνακα του Medeleev

Η προσπάθεια ταξινόμησης των στοιχείων βάσει των χημικών τους ιδιοτήτων, τον οδήγησε στη δημιουργία του Περιοδικού Πίνακα. Επισήμανε ότι ορισμένα από τα τότε τρέχοντα ατομικά βάρη ήταν λανθασμένα και τα τοποθετούσε με άλλη σειρά (προωθύτερα). Επίσης άφηνε κενά για στοιχεία που δεν είχαν ανακαλυφθεί μέχρι τότε. Αυτές του τις κινήσεις τις δικαιολογούσε γιατί θεωρούσε ως βασική του αρχή στην ίδια κάθετο να βρίσκονται στοιχεία με παρόμοιες ιδιότητες. Στις 6 Μαρτίου 1869, ο Μεντελέγιεφ έκανε μια επίσημη παρουσίαση στη Ρωσική Χημική Εταιρεία, με τον τίτλο: *Η εξάρτηση μεταξύ των Ιδιοτήτων των Ατομικών Βαρών των Στοιχείων*, στην οποία περιέγραψε τα στοιχεία βάσει τόσο του βάρους όσο και του σθένους τους. Παρόλα αυτά ο πίνακας του δεν περιλάμβανε κανένα από τα ευγενή αέρια τα οποία ανακαλύφθηκαν αργότερα. Αυτά προστέθηκαν από τον Sir William Ramsay ως ομάδα 0, χωρίς αυτό να διαταράζει την βασική ιδέα του περιοδικού πίνακα. Ο Μεντελέγιεφ ερευνήσε ακόμη τη σύνθεση του πετρελαίου και συνέβαλε στη δημιουργία του πρώτου διωλιστηρίου στη

Ρωσία. Πέθανε στην Αγ. Πετρούπολη, το 1907, από γρίπη. Προς τιμήν του, το όνομά του πήρε ένας κρατήρας στη Σελήνη, ενώ το ραδιενεργό στοιχείο με ατομικό αριθμό 101 ονομάστηκε μεντελέβιο.



Εικ. 8 Dimitri Mendeleev



Εικ. 9 William Odling

Παρότι ήταν άγνωστο για τον Mendeleev ασχολούνταν και ένας άλλος σχετικά με τον Περιοδικό πίνακα, ο Lothar Meyer. Το έργο του έγινε γνωστό το 1864 και ήταν εντελώς ανεξάρτητο από αυτό του Mendeleev. Όμως λίγοι επιστήμονες τον θεωρούν ισότιμο συν-δημιουργό του περιοδικού πίνακα. Επιπλέον ο Meyer ταξινόμησε τα στοιχεία μόνο με

βάση το σθένος και δεν προέβλεψε ποτέ την δημιουργία νέων στοιχείων και την διόρθωση των ατομικών βαρών. Ύστερα από μερικούς μήνες από την δημοσίευση του πίνακα του Mendeleev ο Meyer δημιούργησε και αυτός έναν πανομοιότυπο πίνακα. Ένας Άγγλος χημικός, ο William Odling, επίσης κατάρτισε έναν πίνακα που είναι πανομοιότυπος με εκείνο του Mendeleev, το 1864.

Το 1914, ο Henry Moseley βρήκε σχέση μεταξύ των ακτινών X ενός στοιχείου και του ατομικού του αριθμού (Z) και διατύπωσε την άποψη ότι: «Υπάρχει στο άτομο μία 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.» και έπειτα αναδιάρθρωσε τον πίνακα με βάση το πυρηνικό φορτίο (τον ατομικό αριθμό) των στοιχείων και όχι το ατομικό τους βάρος». Έτσι διαμορφώθηκε ο σύγχρονος περιοδικός νόμος:

- *Οι ιδιότητες των στοιχείων είναι περιοδικές συναρτήσεις του ατομικού αριθμού.*



Εικ. 10 Henry Moseley

Η σύγχρονη μορφή περιοδικού πίνακα σήμερα δομείται από οριζόντιες σειρές (περίοδοι) και κατακόρυφες στήλες (ομάδες).

Κάθε οριζόντια σειρά καταλαμβάνεται από στοιχεία που τα άτομά τους έχουν «χρησιμοποιήσει» τον ίδιο αριθμό στιβάδων για την κατανομή των

ηλεκτρονίων τους. Οι οριζόντιες αυτές σειρές του πίνακα ονομάζονται περίοδοι. Ο αριθμός μάλιστα της περιόδου στην οποία ανήκει το στοιχείο, δείχνει τον αριθμό των στιβάδων στις οποίες έχουν καταναμεηθεί τα ηλεκτρόνιά του

Περιοδικός Πίνακας Χημικών Στοιχείων

1 1A 2 2A 13 14 15 16 17 18
 3B 4B 5B 6B 7B 8B 9B 10B 11B 12B
 3A 4A 5A 6A 7A 8A
 C N O F Ne
 Br I At
 H He
 Li Be
 Na Mg
 K Ca Sc Ti V Cr Mn Fe Co Ni Cu Zn Ga Ge As Se Br Kr
 Rb Sr Y Zr Nb Mo Tc Ru Rh Pd Ag Cd In Sn Sb Te Xe
 Cs Ba La Hf Ta W Re Os Ir Pt Au Hg Tl Pb Bi Po At Rn
 Fr Ra Ac Th Pa U Np Pu Am Cm Bk Cf Es Fm Md No Lr
 57 to 71 89 to 103

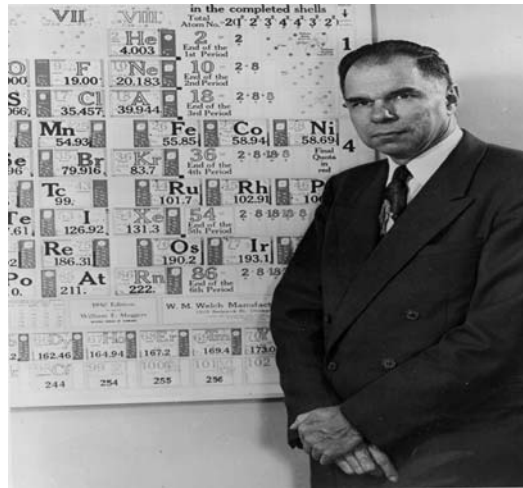
Αλκάλια Αλκαλικές γαίες Στοιχεία μετάπτωσης Λανθανίδες
 Ακτινίδες Poor metals Αμέταλλα Ευγενή Αέρια
 C Στερεά Br Υγρά H Αέρια Te Συνθετικά

Note: The subgroup numbers 1-10 were adopted in 1984 by the International Union of Pure and Applied Chemistry. The names of elements 112-118 are the IUPAC equivalents of those numbers.

Atomic masses in parentheses are those of the most stable or common isotope

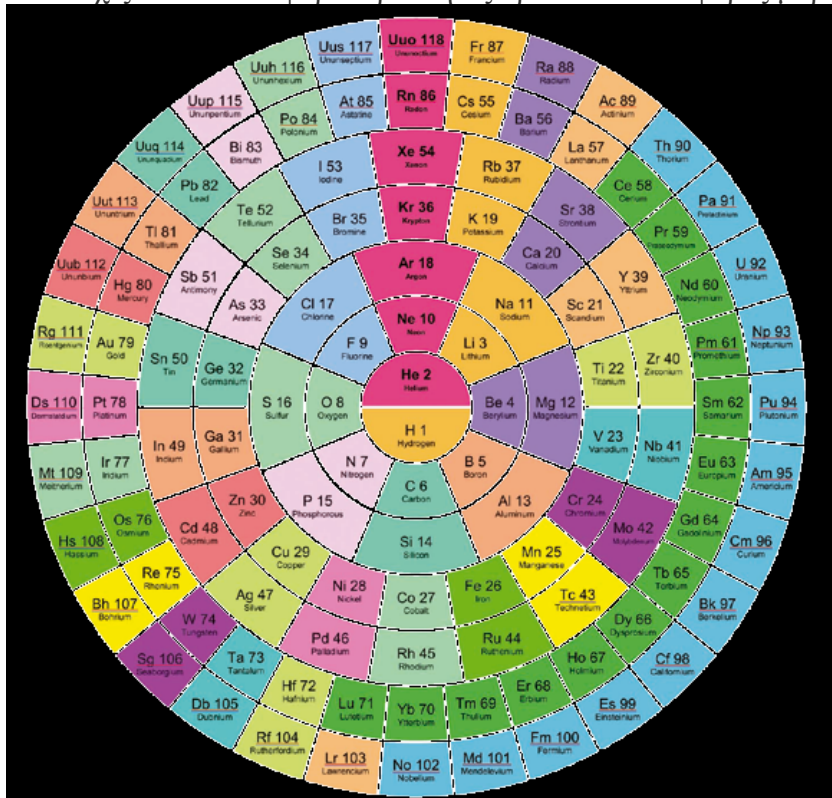
Εικ. 11 Σύγχρονος Περιοδικός Πίνακας

Αρκετά χρόνια αργότερα κατά την διάρκεια της έρευνας του στο Manhattan ο Glenn T. Seaborg αντιμετώπισε δυσκολία προσπαθώντας να απομονώσει το Αμερίκιο (95) και το Κιούριο (96). Άρχισε να αναρωτιέται αν αυτά τα στοιχεία ανήκαν σε μία διαφορετική σειρά, το οποίο θα μπορούσε να εξηγήσει γιατί οι αναμενόμενες χημικές ιδιότητες από τα νέα στοιχεία ήταν διαφορετικές. Το 1945 εναντιώθηκε στην συμβουλή των συνάδελφων του και πρότεινε μια σημαντική αλλαγή για τον περιοδικό πίνακα του Mendeleev: Οι **λανθανίδες** και **ακτινίδες**, που ανήκουν στην έκτη και έβδομη περίοδο αντίστοιχα, θα έπρεπε κανονικά να τοποθετηθούν στην ίδια θέση του περιοδικού πίνακα (εκεί που είναι το λανθάνιο (La) και ακτίνιο (Ac) αντίστοιχα). Όμως, για να αποφευχθεί ο «συνωστισμός» τοποθέτησε έξω από το κυρίως «σώμα» του περιοδικού πίνακα, σε δύο σειρές στο κάτω μέρος του πίνακα τη σειρά των ακτινιδών, τις οποίες μαζί με τις λανθανίδες τις έβγαλε ως παράρτημα του Πίνακα.



Εικ. 12 Glenn T. Seaborg

Σήμερα η αναζήτηση για μία πιο λειτουργική μορφή του Περιοδικού Πίνακα συνεχίζεται και διάφοροι ερευνητές προτείνουν διάφορες μορφές.



Εικ. 13 Προτεινόμενη σύγχρονη μορφή του περιοδικού πίνακα

La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	B	C	N	O	F	Ne	H	He
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	Li	Be
														Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	Na	Mg
														Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	K	Ca
																								Uut	Uuq	Uup	Uuh	Rb	Sr		
																														Cs	Ba
																														Fr	Ra

Εικ. 14 Προτεινόμενη σύγχρονη μορφή του περιοδικού πίνακα



Εικ. 15 Προτεινόμενη σύγχρονη μορφή του περιοδικού πίνακα

Ακόμη και η θέση του υδρογόνου και του ηλίου αμφισβητούνται και θεωρούνται ότι πρέπει να είναι είτε εκτός ομάδων είτε και τα δύο στην πρώτη και δεύτερη ομάδα αντίστοιχα.

Τα τελευταία δύο μέλη του Περιοδικού Πίνακα, που ταυτοποιήθηκαν, είναι τα στοιχεία με ατομικό αριθμό 114 και 116, των οποίων το επίσημο όνομα εκκρεμεί. Ο Περιοδικός Πίνακας όμως έχει ήδη έτοιμη τη θέση για όποιο στοιχείο θα ανακαλυφθεί στο μέλλον....

Όσο η Χημεία μελετάται θα υπάρχει ένας Περιοδικός πίνακας. Και αν ακόμα κάποια μέρα επικοινωνήσουμε με ένα άλλο μέρος του σύμπαντος, μπορούμε να είμαστε σίγουροι ότι ένα πρώτο στοιχείο επικοινωνίας, που και οι δύο κουλτούρες θα έχουμε κοινό, είναι ένα σύστημα ταξινόμησης των στοιχείων, που θα είναι άμεσα αναγνωρίσιμο και από τις δύο ευφυείς μορφές ζωής...

Βιβλιογραφία:

1) *Η ιστορία του Περιοδικού Πίνακα.*

http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_the_periodic_table

Τελευταία επίσκεψη 22-1-2012

2) Eric R. Scerri. Oxford, University Press, 2007, *The periodic table. Its story and its significance.*

3) *A brief history of the development of Periodic Table, Western Oregon University*

<http://www.wou.edu/las/physci/ch412/perhist.htm>

Τελευταία επίσκεψη 22-01-2012

4) *Η ζωή του Dimitri Mendeleev*

<http://www.focusmag.gr/articles/view-article.rx?oid=387437>

Τελευταία επίσκεψη 22-01-2012

5) Eric R. Scerri. Education in Chemistry, January 2012, *Trouble in the Periodic Table.*

www.rsc.org/eic

Τελευταία επίσκεψη 28-01-2012

6) Σ. Λιοδάκη κά, ΟΕΔΒ 2011

Χημεία Α Λυκείου