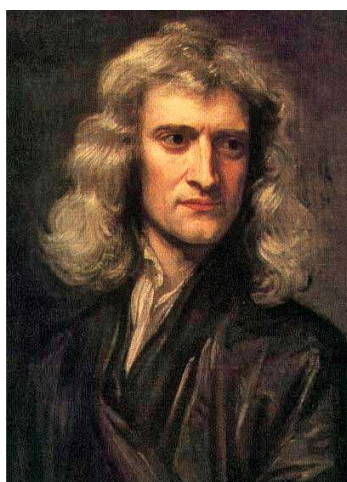


Παπαδημητρόπουλος Νικόλαος

Η ιστορία της μελέτης των χημικών στοιχείων



«Αν έχω δει πιο μακριά, αυτό συμβαίνει μόνο γιατί στέκομαι στους ώμους γιγάντων»



Isaac Newton 1643 - 1727

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	4
2. Η μελέτη της ύλης στην αρχαιότητα: Οι αρχαίοι Έλληνες Φιλόσοφοι.....	5
3. Η είσοδος της Χημείας στη σύγχρονη εποχή: ο Antoine-Laurent de Lavoisier.....	6
4. Η στοιχειομετρία και τα ισοδύναμα βάρη: ο Jeremias Benjamin Richter.....	7
5. Η ατομική θεωρία και το ατομικό βάρος: ο John Dalton	8
6. Ο νόμος των ακέραιων αναλογιών και τα μόρια των χημικών στοιχείων: Ο Alexander von Humbolt, ο Joseph Louis Gay – Lussac και ο Amedeo Avogadro	10
7. Η θεωρία της πρωτύλης: ο William Prout	11
8. Τα σύμβολα των χημικών στοιχείων: ο Jöns Jacob Berzelius.....	13
9. Οι τριαδικές σχέσεις των χημικών στοιχείων: ο Johann Wolfgang Döbereiner και ο Leopold Gmelin	13
10. Η τελουρική βίδα: ο Alexandre-Émile Béguyer de Chancourtois.....	15
11. Η νόμος των οκτάβων: ο John Alexander Reina Newlands	16
12. Ο πίνακας των χημικών στοιχείων του Julius Lothar Meyer	17
13. Η ανακάλυψη του Περιοδικού Πίνακα: ο Dmitri Ivanovich Mendeleev	19
14. Τα άτομα έχουν δομή: ο J.J Thomson	21
15. Τα ηλεκτρόνια κινούνται γύρω από τον πυρήνα: ο Ernest Rutherford και ο Niels Bohr	23
16. Ο ατομικός αριθμός ως η ταυτότητα των χημικών στοιχείων: ο Henry Moseley	26
17. Η δομή του πυρήνα: ο Ernest Rutherford και ο James Chadwick.....	27
18. Η κβαντική ερμηνεύει τα άτομα των χημικών στοιχείων: ο Erwin Schrödinger .	28
19. Και η γνώση αυξάνεται	29
20. Βιβλιογραφία	30

1. Εισαγωγή

Η μελέτη της σύστασης της ύλης και των χημικών στοιχείων έχει αποτελέσει ένα από τα προβλήματα που έχουν απασχολήσει φιλόσοφους, αλχημιστές και σύγχρονους επιστήμονες. Η αναζήτηση του πως είναι φτιαγμένος ο κόσμος οδήγησε τη σκέψη από την αρχαιότητα στον μικρόκοσμο και τις θεωρίες για το άτομο και τα στοιχεία. Κατά το μεσαίωνα οι αλχημιστές προσπάθησαν να πραγματοποιήσουν τη μεταστοιχείωση και στην αναζήτηση της παραγωγής χρυσού από μη πολύτιμα μέταλλα. Στα νεότερα χρόνια η επιστημονική μελέτη για τη σύσταση της ύλης επέστρεψε στην διερεύνηση του μικρόκοσμου και στην σύνδεση των μακροσκοπικών ιδιοτήτων με τις μικροσκοπικές ιδιότητες. Ως αποτέλεσμα της μελέτης των χημικών στοιχείων ήταν και η κατασκευή του Περιοδικού Πίνακα.

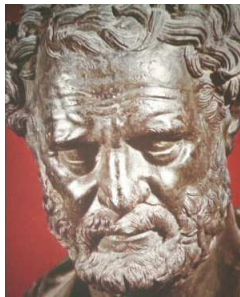
Η ανακάλυψη του Περιοδικού Πίνακα φέρνει στο μυαλό όλων μας το όνομα του Mendeleev. Αν και είναι πράγματι γεγονός ότι η ανακάλυψη αυτή πιστώνεται από την επιστημονική κοινότητα σε αυτόν τον μεγάλο χημικό, η κατασκευή του περιοδικού πίνακα δεν μπορεί να θεωρηθεί ως ένα στιγμιαίο γεγονός. Πολλοί είναι αυτοί που εργάστηκαν και συνεισέφεραν στη διεύρυνση της χημικής γνώσης που είχε ως αποτέλεσμα να φτάσει σε εμάς ο περιοδικός πίνακας. Παράλληλα αρκετοί ήταν αυτοί που επιχείρησαν πριν από τον Mendeleev να ομαδοποιήσουν κατάλληλα τα χημικά στοιχεία σε μια προσπάθεια να διερευνήσουν τη σύσταση της ύλης.

Η μελέτη της σύστασης της ύλης συνεχίστηκε με την ανακάλυψη και την εξερεύνηση των υποατομικών σωματιδίων και των κβαντικών νόμων που τα διέπουν. Η ανακάλυψη του ηλεκτρονίου, του πυρήνα, του πρωτονίου και του νετρονίου αύξησαν την επιστημονική γνώση και οδήγησαν στην σύγχρονη άποψη για το πως είναι φτιαγμένος ο κόσμος.

Η εργασία αφορά την παρουσίαση επιστημόνων που ασχολήθηκαν με την μελέτη και την ταξινόμηση των χημικών στοιχείων από την αρχαιότητα έως τον 20αι. με τρόπο που να παρουσιαστεί η εξέλιξη των αντιλήψεων για την δομή της ύλης και της έννοιας των στοιχείων.

2. Η μελέτη της ύλης στην αρχαιότητα: Οι αρχαίοι Έλληνες Φιλόσοφοι

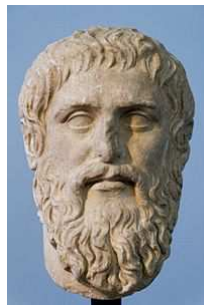
Ένα από τα θέματα που απασχόλησαν τους Αρχαίους Έλληνες ήταν η σύσταση της ύλης. Ξεχωριστή θέση κατέχουν ο Ηράκλειτος και ο Πυθαγόρας που πρότειναν ως κύριο στοιχείο του Κόσμου, ο μὲν πρώτος μια διεργασία, την πάλη των αντιθέτων, ο δε δεύτερος την έννοια του αριθμού. Σημαντικότερο όμως σταθμό αποτελεί η διατύπωση της Ατομικής Θεωρίας από το Λεύκιππο και το Δημόκριτο, και αργότερα από τον Επίκουρο.



Δημόκριτος 460 – 370π.Χ

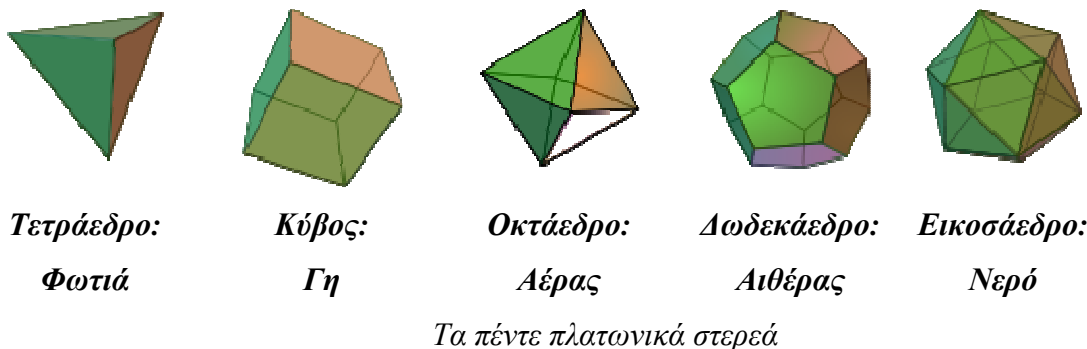
Σύμφωνα με την ατομική υπόθεση η ύλη αποτελείται από αδιαίρετα και άφθαρτα σωματίδια, τα άτομα. Τα άτομα συνδυαζόμενα κατά διαφορετικούς τρόπους μεταξύ τους παράγουν την τεράστια ποικιλία του αισθητού κόσμου.

Άλλη μια εξήγηση στην προσπάθεια της εξήγησης της σύστασης της ύλης από τους Αρχαίους Έλληνες ήταν τα Πλατωνικά στερεά.



Πλάτωνας 427-347 π.Χ.

Τα Πλατωνικά στερεά ονομάστηκαν έτσι επειδή μελετήθηκαν στην Ακαδημία του Πλάτωνα. Τα στερεά αυτά συμβόλιζαν τα δομικά **στοιχεία** του σύμπαντος: το τετράεδρο τη φωτιά, ο κύβος τη γη, το εικοσάεδρο το νερό, το οκτάεδρο τον αέρα και το δωδεκάεδρο τον αιθέρα.



Με την πρώτη ματιά οι θεωρίες ότι τα «στοιχεία» αποτελούνται από πλατωνικά στερεά, σύμφωνα με την Πλατωνική άποψη ή ότι η ύλη απαρτίζεται από άφθαρτα και άτμητα σωμάτια, σύμφωνα με τον Δημόκριτο, μπορούν να θεωρηθούν η πρώτη ως εσφαλμένη και η δεύτερη ως ατελής με βάση τη σύγχρονη άποψη. Παρόλα αυτά οι έννοιες αυτές αποδείχθηκαν καρποφόρες καθώς ήταν η απαρχή της σκέψης ότι οι μακροσκοπικές ιδιότητες των σωμάτων οφείλονται στις μικροσκοπικές τους ιδιότητες.

Η έννοια των στοιχείων επέζησε κατά τον Μεσαίωνα και επαυξήθηκε από τους Αλχημιστές, οι οποίοι θέλοντας να κατασκευάσουν χρυσό από μη πολύτιμα μέταλλα επιδίωκαν την μεταστοιχείωση.

3. Η είσοδος της Χημείας στη σύγχρονη εποχή: ο Antoine-Laurent de Lavoisier

Η επικέντρωση στις ποιοτικές πτυχές των χημικών αντιδράσεων ήταν το βασικό τμήμα της Αλχημείας κατά τον Μεσαίωνα. Ο πρώτος που έστρεψε το ενδιαφέρον του στις ποσοτικές πτυχές των χημικών αντιδράσεων και χημικών ουσιών θεωρείται ότι ήταν ο Antoine Lavoisier, ο οποίος επονομάστηκε «Πατέρας της μοντέρνας Χημείας».



Antoine-Laurent de Lavoisier 1743 – 1794

Ο Lavoisier διέλυσε τις ασάφειες στην ονοματολογία των χημικών ουσιών και την εσφαλμένη θεωρία του «φλογιστού» του Georg Ernst Stahl. Σύμφωνα με τη θεωρία

αυτή όταν οι ουσίες καίγονται μειώνεται το βάρος τους καθώς απελευθερώνεται μια ουσία που ονομάζεται φλογιστό. Ο Lavoisier κατασκεύασε αναλυτικό ζυγό ακριβείας και απέδειξε ότι το βάρος των ουσιών μπορεί και να αυξάνεται κατά την καύση τους καταρρίπτοντας έτσι τη θεωρία του φλογιστού. Απέδειξε επίσης το ρόλο του οξυγόνου, ενός στοιχείου που είχε ανακαλυφθεί νωρίτερα από τον Σουηδό Χημικό Carl Scheele. Μέσα από την προσεκτική ζύγιση των ουσιών κατέληξε στην αρχή διατήρησης της ύλης:

Σε κάθε χημικό φαινόμενο, ίση ποσότητα ύλης υπάρχει πριν και μετά την αντίδραση

Ο Lavoisier απέρριψε τη θεωρία των Πλατωνικών στερεών ως στοιχείων. Αντί αυτής πρόεβαλε την αντιμετώπιση των στοιχείων ως «απλές ουσίες» οι οποίες δεν μπορούν να αποσυντεθούν περεταίρω με τις γνωστές χημικές μεθόδους.

4. Η στοιχειομετρία και τα ισοδύναμα βάρη: ο Jeremias Benjamin Richter

Ένα σημαντικό σημείο για τη μελέτη των στοιχείων ήταν η διαπίστωση ότι δύο ουσίες αντιδρούν με σταθερές αναλογίες μαζών και η καθιέρωση της στοιχειομετρίας που έγινε από τον Γερμανό Χημικό Jeremias Benjamin Richter.



Jeremias Benjamin Richter 1762 – 1807

Ο Richter δημοσίευσε και καθιέρωσε τη χρήση των ισοδύναμων βαρών μετρώντας μεταξύ άλλων την ποσότητα ενός μετάλλου που μπορεί να αντιδράσει με συγκεκριμένη ποσότητα οξέος. Αυτή ήταν η πρώτη φορά που τα στοιχεία μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους σε μια αριθμητική κλίμακα και η απαρχή της αναζήτησης για αριθμητικές φόρμες που οδήγησε στην ανακάλυψη του περιοδικού πίνακα.

TABLEAU DES ÉQUIVALENTS DES CORPS SIMPLES.			
Aluminium . . .	13,7	Molybdène . . .	48
Antimoine . . .	122	Nickel	29,5
Argent	108	Niobium	48,8
Arsenic	75	Or	197
Azote	14	Osmium	99,6
Barium	68,5	Oxygène	8
Bismuth	210	Palladium	53,3
Bore	10,9	Phosphore	31
Brome	80	Platine	98,7
Cadmium	56	Plomb	103,5
Calcium	20	Potassium	39,1
Carbone	6	Rhodium	52,2
Cérium	46	Rubidium	85,4
Césium	130	Ruthénium	52,2
Chlore	35,5	Sélénium	39,7
Chrome	26,7	Silicium	14
Cobalt	29,5	Sodium	23
Cuivre	31,7	Soufre	16
Didymium	48	Strontium	43,8
Etain	59	Tantale	68,8
Fer	23	Tellure	64
Fluor	19	Thallium	204
Glucinium	4,7	Thorium	59,6
Hydrogène	1	Titane	25
Iode	127	Tungstène	92
Iridium	99	Uranium	60
Lanthane	46,4	Vanadium	68,6
Lithium	7	Yttrium	?
Magnésium	12	Zinc	32,6
Manganèse	27,5	Zirconium	44,8
Mercur	100		

Μεταγενέστερος πίνακας ισοδύναμων βαρών του 1866

5. Η ατομική θεωρία και το ατομικό βάρος: ο John Dalton

Ο John Dalton ήταν ένας δάσκαλος στο Manchester όταν δημοσίευσε ένα άρθρο για την μετεωρολογία. Στο άρθρο του αυτό επανέφερε την ατομική θεωρία που είχε λησμονηθεί για 2000 χρόνια.



John Dalton 1766 – 1844

Ο Dalton μελετούσε τον ατμοσφαιρικό αέρα. Εκείνη την εποχή είχε ανακαλυφθεί ότι ο ατμοσφαιρικός αέρας αποτελούνταν από διαφορετικά αέρια αλλά δεν είχε κατανοηθεί πως ενώ έχουν διαφορετικές πυκνότητες, δεν διαχωρίζονται μεταξύ τους. Ο

Dalton εξήγησε ότι τα αέρια μπορούν να βρίσκονται αναμεμιγμένα αν αποτελούνται από μικροσκοπικά σωματίδια: τα άτομα.

Οι ιδέες του μπορούν να συνοψισθούν σε τρία σημεία:

- η ύλη απαρτίζεται από άτομα που είναι άτομητα, άφθαρτα και αναλλοίωτα, αρνούμενος συνεπώς την ιδέα της μεταστοιχείωσης των αλχημιστών.
- υπάρχουν τόσα είδη ατόμων όσα είναι τα χημικά στοιχεία.
- οι μάζες των ατόμων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να γεφυρωθεί το χάσμα μεταξύ του παρατηρήσιμου μακρόκοσμου και του μη παρατηρήσιμου μικρόκοσμου.

Για να υπολογίσει ατομικά βάρη των στοιχείων ο Dalton αρχικά χρησιμοποίησε τα δεδομένα του Lavoisier για τη σύσταση του νερού. Ότι δηλαδή αποτελείται κατά 85% από Ο και κατά 15% από Η. Εισήγαγε τότε την εσφαλμένη, όπως αποδείχθηκε, «αρχή της απλότητας» και υπέθεσε ότι το νερό έχει τύπο ΗΟ. Θέτοντας το υδρογόνο ως μονάδα, υπολόγισε την ατομική μάζα του Ο βρίσκοντας $85/15 \cong 5,5$.

Ομοίως, από δεδομένα του William Austin και θεωρώντας ότι η αμμωνία έχει τύπο ΝΗ υπολόγισε την ατομική μάζα του αζώτου βρίσκοντας $80/20 = 4$.

Με παρόμοια μεθοδολογία υπολόγισε και άλλα ατομικά βάρη καταλήγοντας στον παρακάτω πίνακα που όπως φαίνεται περιέχει και χημικές ενώσεις.

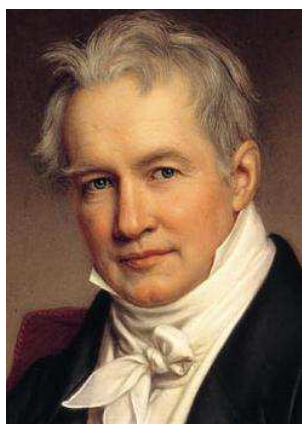
<i>Element</i>	<i>Weight</i>
Hydrogen	1
Azot	4.2
Carbon (charcoal)	4.3
Ammonia	5.2
Oxygen	5.5
Water	6.5
Phosphorus	7.2
Nitrous gas	9.3
Ether	9.6
Nitrous oxide	13.7
Sulphur	14.4
Nitric acid	15.2

Πίνακας ατομικών βαρών του Dalton

Αυτή ήταν η πρώτη φορά που δημοσιεύτηκαν ατομικά βάρη και τα οποία τελικά θα εκτόπιζαν τη χρήση των ισοδύναμων βαρών ως κριτήριο για την ταξινόμηση των χημικών στοιχείων. Η διαδικασία αυτή όμως θα διαρκούσε για μια περίοδο περίπου 60 χρόνων κατά την οποία τα ισοδύναμη βάρη και τα ατομικά βάρη θα χρησιμοποιούνταν παράλληλα.

6. Ο νόμος των αέριων αναλογιών και τα μόρια των χημικών στοιχείων: Ο Alexander von Humbolt, ο Joseph Louis Gay – Lussac και ο Amedeo Avogadro

Μετά την δημοσίευση της ατομικής θεωρίας διεξήχθησαν κάποια πειράματα από τους Alexander von Humbolt και Joseph Louis Gay – Lussac που οδήγησαν στον «νόμο των αέριων κατ' όγκο αναλογιών».



Alexander von Humbolt 1769 - 1859



Joseph Louis Gay – Lussac 1778 - 1850

Τα πειράματα αυτά αφορούσαν την δημιουργία νερού κατά τη δημιουργία ηλεκτρικού σπινθήρα μέσα σε μίγμα υδρογόνου και οξυγόνου. Από τα πειράματα διαπιστώθηκε ότι ο όγκος του υδρογόνου που αντιδρούσε ήταν πάντα διπλάσιος από τον όγκο του οξυγόνου και ίσος με τον όγκο των ατμών του νερού που παράγονταν. Συνεπώς:



Τα πειράματα επεκτάθηκαν και στην αμμωνία και στην παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα από μονοξείδιο του άνθρακα. Έτσι ο Gay-Lussac διατύπωσε τον νόμο:

Οι όγκοι των αερίων που συμμετέχουν σε μια χημική αντίδραση και τα αέρια προϊόντα τους έχουν σχέση αέριων αναλογιών.

Ο Dalton όταν έμαθε για αυτά τα πειράματα θεώρησε ότι έρχονται σε αντίθεση με την ατομική του θεωρία και ειδικά με το αδιαίρετο των ατόμων καθώς εφόσον ισχύουν τα αποτελέσματα των πειραμάτων για τη σύνθεση νερού από υδρογόνο και οξυγόνο, θα έπρεπε τα άτομα του οξυγόνου να διαιρούνται με αποτέλεσμα το άτομο να μην είναι άτμητο! Η αντίδραση του ήταν να επαναλάβει τα πειράματα και να ανακοινώσει ότι οι αναλογίες δεν ήταν ακριβώς αέριαιες. Τα πειράματα όμως

επανελήφθησαν και από άλλους και διαπιστώθηκε ότι ο νόμος των αέριων αναλογιών πράγματι ισχύει. Το πρόβλημα βρίσκονταν αλλού και δυστυχώς ο Dalton δεν μπόρεσε να το αντιληφθεί. Στη θεωρία του τα στοιχεία και τα άτομα ταυτίζονταν ενώ δεν υπήρχε η έννοια του μορίου ως σωματιδίου που να φέρει τις ιδιότητες του στοιχείου και να μετέχει στις χημικές αντιδράσεις. Στο μεταξύ ο Gay – Lussac πρότεινε ότι ο νόμος των αέριων αναλογιών σημαίνει ότι ίσοι όγκοι αερίων περιέχουν ίσο αριθμό σωματιδίων.

Το φαινομενικό ασυμβίβαστο των δύο θεωριών κατέρριψε ο Ιταλός Amedeo Avogadro ο οποίος πρότεινε ότι τα άτομα των στοιχείων δεν βρίσκονται αναγκαστικά απομονωμένα αλλά είναι ενωμένα ανά δύο ή παραπάνω σχηματίζοντας μόρια.



Amedeo Avogadro 1776 -1856

Η θεωρία του Avogadro όμως δεν έγινε κατανοητή και αποδεκτή από τους χημικούς μέχρι που την επανέφερε 50 χρόνια αργότερα ο συμπατριώτης του Stanislao Cannizzaro στο συνέδριο της Καρλσρούης. Ως αποτέλεσμα στο συγκεκριμένο συνέδριο αναθεωρήθηκαν τα ατομικά βάρη.



Stanislao Cannizzaro 1826 – 1910

7. Η θεωρία της πρωτύλης: ο William Prout

Μετά την δημοσίευση των πινάκων των ισοδύναμων βαρών και ατομικών βαρών διατυπώθηκε από τον William Prout μια αξιοσημείωτη θεωρία. Η θεωρία αυτή πήρε το

όνομά του και ονομάστηκε «υπόθεση Prout» και έμελλε να επηρεάσει τους χημικούς μέχρι την εγκατάλειψή της.



William Prout 1785 – 1850

Ο Prout παρατήρησε ότι τα ισοδύναμα βάρη και τα ατομικά βάρη των στοιχείων πλησίαζαν στο να είναι πολλαπλάσια των αντίστοιχων τιμών του υδρογόνου. Επηρεασμένος από την Πυθαγόρεια άποψη της εύρεσης αριθμητικών μοτίβων στρογγυλοποίησε τις τιμές των ατομικών βαρών ώστε να είναι ακέραια πολλαπλάσια των τιμών του υδρογόνου θεωρώντας ότι όλα τα στοιχεία τελικά αποτελούνται από την ίδια ύλη που ονόμασε από τα αρχαιοελληνικά *protyle* (πρωτύλη). Σύμφωνα με την θεωρία του τα στοιχεία στην πραγματικότητα απαρτίζονται από υδρογόνο όντας πολλαπλάσια του και απέρριψε έτσι την αρχή του Dalton ότι τα άτομα είναι διαφορετικά και τόσα σε αριθμό όσα και τα στοιχεία. Μάλιστα υποστηρικτές της θεωρίας του όταν βρέθηκε ότι το ατομικό βάρος του χλωρίου είναι 35,5 προχώρησαν περαιτέρω για να τη στηρίξουν και υπέθεσαν ότι η πρωτύλη είναι το μισό του υδρογόνου.

Η υπόθεση αυτή επηρέασε την χημική σκέψη το πρώτο μισό του 19^{ου} αιώνα. και οι επιστήμονες προσπάθησαν να βρουν ατομικά βάρη ψάχνοντας για αριθμητικά μοτίβα, προσφέροντας όμως με αυτόν τον τρόπο στην ταξινόμηση των χημικών στοιχείων. Η υπόθεση Prout εγκαταλείφθηκε από τους επιστήμονες του δεύτερου μισού του 19^{ου} αιώνα, κυρίως γιατί δυσχέρανε πολύ την αποδοχή της η εύρεση ατομικών βαρών όπως του χλωρίου που δύσκολα μπορούν να στρογγυλοποιηθούν. Από μια σύγχρονη ματιά όμως θα μπορούσαμε να δώσουμε δίκιο στον Prout και ότι τελικά η θεωρία του αναβίωσε αν εννοηθεί ότι αφού ο πυρήνας του ατόμου του υδρογόνου αποτελείται από ένα μόνο πρωτόνιο, πράγματι οι πυρήνες των ατόμων των άλλων στοιχείων είναι πολλαπλάσια του. Άλλωστε η κύρια αιτία της απόρριψης ήταν η χρήση των ατομικών βαρών που επηρεάζονται από την παρουσία των ισοτόπων, σε μια εποχή που ο ατομικός αριθμός δεν είχε ακόμα ανακαλυφθεί.

8. Τα σύμβολα των χημικών στοιχείων: ο Jöns Jacob Berzelius

Όταν ο Dalton δημοσίευσε την ατομική του θεωρία χρησιμοποίησε αλχημιστικά σύμβολα για τα χημικά στοιχεία. Τα σύμβολα όμως αυτά ήταν δύσχρηστα και δεν μπορούσαν τυπωθούν καλά σε βιβλία. Τη δυσκολία αυτή αναίρεσε το 1813 ο Σουηδός Jöns Jacob Berzelius ο οποίος χρησιμοποίησε λατινικά γράμματα για τον συμβολισμό των χημικών στοιχείων.



Jöns Jacob Berzelius 1779 – 1848

Ο Berzelius ανακάλυψε νέα στοιχεία και δημοσίευσε πίνακες με ατομικά βάρη μεγαλύτερης ακρίβειας από τον Dalton, ενώ ήταν φανατικός πολέμιος της στρογγυλοποίησης των ατομικών βαρών όπως προτάθηκε από τον Prout..

	<i>H</i>	<i>N</i>	<i>Mg</i>	<i>Na</i>
Dalton (1810)	1	5	10	21
Berzelius (1827)	1.06	14.2	25.3	46.5

Χρησιμοποιώντας το νόμο των αέριων κατ' όγκο αναλογιών του Gay-Lussac κατέληξε στον ορθό τύπο για τις ενώσεις H_2O , NH_3 κ.τ.λ υπολογίζοντας σωστά τα ατομικά βάρη σε αντίθεση με τον Dalton.

9. Οι τριαδικές σχέσεις των χημικών στοιχείων: ο Johann Wolfgang Döbereiner και ο Leopold Gmelin

Η πυθαγόρεια πρακτική της αναζήτησης αριθμητικών μοτίβων οδήγησε τον Γερμανό χημικό Johann Wolfgang Döbereiner στην αναζήτηση αριθμητικών μοτίβων μεταξύ των ατομικών βαρών των στοιχείων καταλήγοντας στη θεωρία των τριάδων.



Johann Wolfgang Döbereiner 1780 – 1849

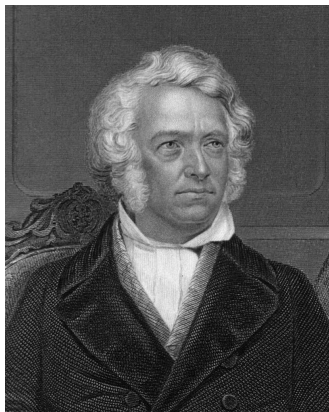
Ο Döbereiner ήταν ο πρώτος που παρατήρησε ότι υπήρχαν ομάδες χημικών στοιχείων που επονομάστηκαν τριάδες και παρουσίαζαν ομοιότητες στις χημικές τους ιδιότητες. Τα στοιχεία που βρίσκονταν στα άκρα είχαν μέσο όρο ατομικών βαρών κατά προσέγγιση ίσο με το ατομικό βάρος του μεσαίου στοιχείου, π.χ.:

$$\text{Br} = \frac{\text{Cl} + \text{I}}{2} = \frac{35,470 + 126,470}{2} = 80,970$$

$$\text{Na} = \frac{\text{Li} + \text{K}}{2} = \frac{15,25 + 78,39}{2} = 46,82$$

Η αναζήτηση του Döbereiner για αριθμητικές σχέσεις μεταξύ στοιχείων που έχουν παρόμοιες ιδιότητες και η ομαδοποίησή τους, τον κατατάσσει ως έναν από τους πρωτοπόρους στην αναζήτηση του περιοδικού πίνακα. Οι τριάδες του μπορούν να απαντηθούν ακόμα και στις ομάδες του σύγχρονου περιοδικού πίνακα, ιδίως αν αντικατασταθούν τα ατομικά βάρη με τους ατομικούς αριθμούς.

Το 1843 ο Γερμανός χημικός Leopold Gmelin εργάστηκε με ατομικά βάρη μεγαλύτερης ακρίβειας από τον Döbereiner και βρήκε νέες τριάδες ενώ βελτίωσε κάποιες άλλες.



Leopold Gmelin 1788 – 1853

Μέσα από τις αριθμητικές σχέσεις που βρήκε και μελετώντας τις ιδιότητες των στοιχείων κατέληξε στον παρακάτω πίνακα.

		O		N		H			
F	Cl	Br	I			Li	Na	K	
	S	Se	Te			Mg	Ca	Sr	Ba
	P	As	Sb			Be	Ce	La	
	C	B	Bi			Zr	Th	Al	
	Ti	Ta	W		Sn	Cd	Zn		
	Mo	V	Cr	U	Mn	Ni	Fe		
		Bi	Pb	Ag	Hg	Cu			
	Os	Ir	Rh	Pt	Pd	Au			

Πίνακας τριάδων του Gmelin

Συνεπώς από τις τέσσερις ανεξάρτητες τριάδες του Döbereiner, ο Gmelin κατέληξε σε έναν πίνακα που επιχειρεί την ομαδοποίηση όλων των γνωστών μέχρι τότε χημικών στοιχείων με βάση τον κανόνα των τριάδων. Ο πίνακας αυτός δημοσιεύτηκε 26 ολόκληρα χρόνια πριν από τον Περιοδικό Πίνακα του Mendeleev!

10. Η τελουρική βίδα: ο Alexandre-Émile Béguyer de Chancourtois

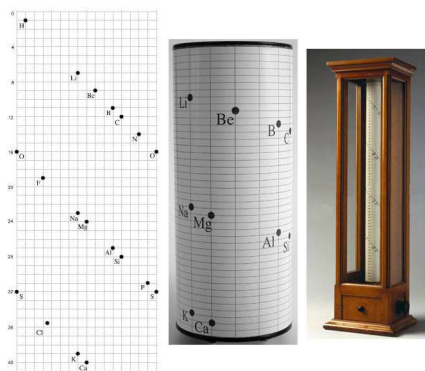
Το 1862 ένας Γάλλος Γεωλόγος ο Alexandre-Émile Béguyer de Chancourtois έκανε ένα σημαντικό βήμα για την ταξινόμηση των χημικών στοιχείων, κατασκευάζοντας ίσως τον πρώτο περιοδικό πίνακα με διαφορετική μορφή από ότι τον γνωρίζουμε τώρα.



Alexandre-Émile Béguyer de Chancourtois 1820 -1886

Ο de Chancourtois αναγνώρισε ότι οι ιδιότητες των χημικών στοιχείων διακρίνονται από περιοδικότητα. Παρόλο που δεν ήταν υποστηρικτής της υπόθεσης του Prout, ότι τα στοιχεία απαρτίζονται από υδρογόνο, παρατήρησε ότι για τα ατομικά βάρη και τα ισοδύναμα βάρη των στοιχείων υπάρχει σχέση πολλαπλάσιου του υδρογόνου.

Ο de Chancourtois χρησιμοποίησε τις τιμές ισοδύναμων βαρών για να σχεδιάσει μια σπειροειδή κατασκευή όπου επάνω της ήταν γραμμένα τα χημικά στοιχεία κατά σειρά «αυξανόμενου αριθμού» όπως την αποκάλεσε. Τα στοιχεία που βρίσκονταν στην ίδια κατακόρυφο είχαν παρόμοιες ιδιότητες. Ο ίδιος ονόμασε αυτή την κατασκευή vis Tellurique (Τελουρική βίδα).



Η αναπαράσταση της τελουρικής βίδας του de Chancourtois

Η επινοήσή του δεν είχε μεγάλη απήχηση στη διεθνή επιστημονική κοινότητα καθώς η πρώτη του δημοσίευση λόγω της πολυπλοκότητας δεν είχε διάγραμμα ικανό να αναπαραστήσει τις δυνατότητες της κατασκευής. Επίσης άλλο ένα γεγονός είναι ότι στην ίδια κατακόρυφο βρίσκονταν και στοιχεία που δεν είχαν χημική συγγένεια μεταξύ τους. Τέλος αρνητικό ήταν ότι περιέχονταν και ιόντα, ρίζες, οξείδια αλλά και κράματα.

11. Η νόμος των οκτάβων: ο John Alexander Reina Newlands

Ένας Άγγλος χημικός ο John Alexander Reina Newlands έκανε την επόμενη σημαντική προσπάθεια για την ταξινόμηση των χημικών στοιχείων. Διαπίστωσε ότι οι χημικές ιδιότητες των στοιχείων επαναλαμβάνονται με ρυθμό όπως οι νότες της μουσικής.



John Alexander Reina Newlands 1837 - 1898

Ο Newlands το 1864 δημοσίευσε έναν πίνακα χημικών στοιχείων που περιελάμβανε μόνο 24 από τα τότε γνωστά στοιχεία. Τα στοιχεία αυτά κατατάσσονταν κατά σειρά αυξανόμενου ατομικού βάρους. Ανέδειξε ότι οι ιδιότητες των στοιχείων παρουσιάζουν περιοδικότητα καθώς επαναλαμβάνονται σε συγκεκριμένα διαστήματα.

Group <i>a</i>	N	No. 6	P	No. 13	As	No. 26	Sb	No. 40	Bi	No. 54
" <i>b</i>	O	7	S	14	Se	27	Te	42	Os	50
" <i>c</i>	Fl	8	Cl	15	Br	28	I	41	—	—
" <i>d</i>	Na	9	K	16	Rb	29	Cs	43	Tl	52
" <i>e</i>	Mg	10	Ca	17	Sr	30	Ba	44	Pb	53

Περιοδικός Πίνακας του Newlands που περιλαμβάνει 24 χημικά στοιχεία

Το 1865 ο Newlands δημοσίευσε βελτιωμένη έκδοση του πίνακα ο οποίος περιελάμβανε 65 στοιχεία πάλι κατά σειρά αυξανόμενου ατομικού αριθμού. Διαπίστωσε ότι οι ιδιότητες των χημικών στοιχείων επαναλαμβάνονται ανά 8 στοιχεία όπως οι νότες της μουσικής. Αποκάλεσε αυτή τη διαπίστωση *νόμο των οκτάβων*.

No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.
H 1	F 8	Cl 15	Co & Ni 22	Br & Ni 22	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	Sa 39	W 47	Pb 54		
N 6	P 23	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	Tk 56		

Κατά την παρουσίαση όμως του περιοδικού του πίνακα στη Χημική Ένωση του Λονδίνου ο Newlands έτυχε την απόρριψη και το χλευασμό των συναδέλφων του. Η θεωρία των οκτάβων και οι ασυνέπειες στην περιοδικότητα των ιδιοτήτων όπως εμφανίζονταν στον πίνακα (καθώς παρεμβάλλονταν τα στοιχεία μεταπτώσεως) στέρησε από τον Newlands την αποδοχή του πίνακά του από την επιστημονική κοινότητα.

Παρόλα αυτά δεν πρέπει να παραγνωρίζεται το γεγονός ότι ο Newlands όπως και ο de *Chancourtois*, αναγνώρισε την περιοδικότητα των ιδιοτήτων των χημικών στοιχείων και σχεδίασε κατασκευή που οπτικοποίησε αυτήν την περιοδικότητα. Για το λόγο αυτό του αποδόθηκε το 1887 το μετάλλιο Davy “For his discovery of the periodic law of the chemical elements”.

12. Ο πίνακας των χημικών στοιχείων του Julius Lothar Meyer

Το 1864 δημοσιεύτηκε ένας περιοδικός πίνακας από τον Γερμανό Lothar Meyer, 5 δηλαδή χρόνια πριν από τον αντίστοιχο του Mendeleev. Οι δύο τους βρέθηκαν στο

επίκεντρο μιας αντιπαράθεσης για την πατρότητα του Περιοδικού Πίνακα, από την οποία βγήκε όμως όπως είναι γνωστό νικητής ο δεύτερος.



Julius Lothar Meyer 1830 – 1895

Ο Lothar Meyer παρευρέθη στο συνέδριο της Καρλσρούης όπου ο Cannizzaro αναθεώρησε τα ατομικά βάρη και τα χρησιμοποίησε για να κατατάξει τα χημικά στοιχεία κατά αυξανόμενο ατομικό βάρος. Στον πίνακά του διαφαίνονται και οριζόντιες σχέσεις εκτός από κατακόρυφες όπως και στον πίνακα του Mendelejev.

	4 werthig	3 werthig	2 werthig	1 werthig	1 werthig	2 werthig
	---	---	---	---	Li = 7.03	(Be = 9.37)
Differenz =	---	---	---	---	16.02	(14.7)
	C = 12.0	N = 14.04	O = 16.00	Fl = 19.0	Na = 23.05	Mg = 24.0
Differenz =	16.5	16.96	16.07	16.46	16.08	16.0
	Si = 28.5	P = 31.0	S = 32.07	Cl = 35.46	K = 39.13	Ca = 40.0
Differenz =	$\frac{89.1}{2} = 44.55$	44.0	46.7	44.51	46.3	47.6
	---	As = 75.0	Se = 78.8	Br = 79.97	Rb = 85.4	Sr = 87.6
Differenz =	$\frac{89.1}{2} = 44.55$	45.6	49.5	46.8	47.6	49.5
	Sn = 117.6	Sb = 120.6	Te = 128.3	I = 126.8	Cs = 133.0	Ba = 137.1
Differenz =	89.4 = 2 x 44.7	87.4 = 2 x 43.7	---	---	(71 = 2 x 35.5)	---
	Pb = 207.0	Bi = 208.0	---	---	(P = 204?)	---

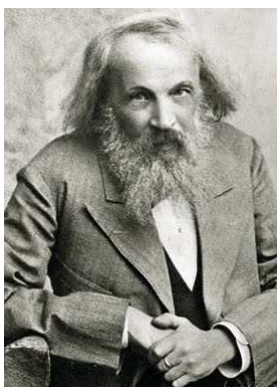
Ο πίνακας του Meyer

Τα χημικά στοιχεία κατατάσσονται σε οριζόντιες γραμμές στις οποίες αυξάνεται προοδευτικά ο ατομικός αριθμός και σε κατακόρυφες στήλες στις οποίες τα στοιχεία έχουν παρόμοιες ιδιότητες. Σαφώς αναδεικνύεται με αυτό τον τρόπο η περιοδικότητα των ιδιοτήτων των χημικών στοιχείων.

Ο Meyer προχώρησε ακόμα περισσότερο με το να αφήσει κενές θέσεις στον περιοδικό του πίνακα για τα στοιχεία που δεν έχουν ακόμα ανακαλυφθεί και προέβλεψε την ανακάλυψη του χημικού στοιχείου Γερμάνιο.

13. Η ανακάλυψη του Περιοδικού Πίνακα: ο Dmitri Ivanovich Mendeleev

Στην προσπάθειά του να γράψει ένα βιβλίο χημείας ο ρώσος χημικός Dmitri Ivanovich Mendeleev έπρεπε να συστηματοποιήσει τα χημικά στοιχεία. Μέσα από αυτή την προσπάθεια κατέληξε στον Περιοδικό Πίνακα τον οποίο και δημοσίευσε το 1869.



Dmitri Ivanovich Mendeleev 1834 – 1907

Ο πρώτος δημοσιευμένος περιοδικός πίνακας του Mendeleev περιείχε τα γνωστά μέχρι τότε χημικά στοιχεία τοποθετημένα κατά σειρά ατομικού βάρους, αλλά χωρισμένα σε υποομάδες με βάση τη χημική συγγένεια, της οποίας ήταν βαθύτατος γνώστης. Παράλληλα άφησε κενές θέσεις για τις οποίες ανέμενε την ανακάλυψη νέων στοιχείων όπως το Γάλλιο και το Γερμάνιο και για τα οποία προέβλεψε τις χημικές τους ιδιότητες λέγοντας ότι θα είναι παραπλήσιες του Αργιλίου και του Πυριτίου.

			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=Co=59	Pd=106 ⁶ ,	Os=199.
			Cu=63, ⁴	Ag=108	Hg=200.
H=1			Zn=65, ²	Cd=112	
	He=9, ⁴	Mg=24	?=68	U=116	Au=197?
	H=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	I=127	
	F=19	Cl=35, ⁵	Rb=85, ⁴	Cs=133	Tl=204
Li=7	Na=23	K=39	Sr=87, ⁶	Ba=137	Pb=207.
		Ca=40	Ce=92		
		?=45	La=94		
		?Er=56	Di=95		
		?Yt=60	Th=118?		
		?In=75, ⁶			

Ο περιοδικός πίνακας του Mendeleev το 1869

Άλλο ένα αξιοσημείωτο είναι ότι άλλαξε την μεταξύ τους θέση για δύο στοιχεία, το I και το Te δίνοντας μεγαλύτερη έμφαση στις χημικές τους ιδιότητες από ότι το ατομικό βάρος. Πράγμα για το οποίο δικαιώθηκε όταν ανακαλύφθηκε ο ατομικός αριθμός και αντικατέστησε ως κριτήριο κατάταξης τα ατομικά βάρη.

Το 1871 δημοσίευσε ένα άρθρο όπου περιλαμβάνονταν μια άλλη μορφή του περιοδικού πίνακα, συνοδευόμενη από προβλέψεις που τον έκαναν διάσημο.

Reihen	Gruppe I. — R'O	Gruppe II. — RO	Gruppe III. — R'O'	Gruppe IV. RH' RO'	Gruppe V. RH' R'O'	Gruppe VI. RH' RO'	Gruppe VII. RH R'O'	Gruppe VIII. — RO'
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=86	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	—	— — — —

Ο περιοδικός πίνακας του Mendeleev το 1871

Παρόλο που περιοδικοί πίνακες είχαν φτιαχτεί και από άλλους πριν από τον Mendeleev αυτός θεωρείται ο επινοητής του. Οι πίνακες που έφτιαξε ήταν οι πληρέστεροι και δούλεψε πολύ ώστε να τους καθιερώσει στην επιστημονική κοινότητα. Θεωρώντας τον περιοδικό πίνακα ως ένα μοντέλο, ήταν αυτός που ανέδειξε την αξία του μέσα από την χρήση του για την πραγματοποίηση προβλέψεων, όπως την ύπαρξη νέων στοιχείων και την διόρθωση ατομικών βαρών που είχαν υπολογίσει άλλοι πριν από αυτόν. Ο Mendeleev βραβεύτηκε μαζί με τον Meyer το 1882 με το μετάλλιο Davy “For their discovery of the periodic relations of the atomic weights”.

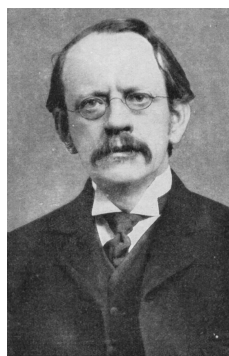
Πίσω από την μελέτη και την ταξινόμηση των χημικών στοιχείων κρύβεται μια φιλοσοφική ιδέα του 19^{ου} αιώνα και που υπήρχε και στο μυαλό του Mendeleev. Η ιδέα έχει τις ρίζες της στην αρχαιοελληνική άποψη για τα στοιχεία και του επέτρεψε να ελέγξει με καθαρότητα τις ιδιότητες των στοιχείων ώστε να καταλήξει στην ομαδοποίησή τους. Τα στοιχεία elements θεωρούνται ότι είναι οντότητες που αποτελούν ένα περιεχόμενο (abstract) το οποίο παραμένει αμετάβλητο κατά τις αντιδράσεις, είναι

μη παρατηρήσιμο, αποτελεί την ταυτότητα του στοιχείου και είναι ο φορέας των ιδιοτήτων του. Μια απλή ουσία αντίθετα όπως ορίστηκε και από τον Lavoisier είναι αυτή που δεν μπορεί να αναλυθεί περαιτέρω με τις γνωστές χημικές μεθόδους. Αποτελείται από τα στοιχεία και μπορεί να βρεθεί σε διάφορες μορφές όπως το διαμάντι και ο γραφίτης στην περίπτωση του στοιχείου C.

Αυτή ήταν μια ενδιαφέρουσα και πολύ χρήσιμη προσέγγιση σε μια εποχή που ήταν άγνωστο το πραγματικό περιεχόμενο των χημικών στοιχείων το οποίο πράγματι εμπεριέχει την ταυτότητά του και παραμένει αμετάβλητο στις χημικές αντιδράσεις. Αυτό έμελε να αποκαλυφθεί αργότερα από τα πειράματα του Rutherford. Αυτό το «περιεχόμενο» είναι ο πυρήνας.

14. Τα άτομα έχουν δομή: ο J.J Thomson

Το 1875 ο Άγγλος William Crookes μελετούσε την ηλεκτρική αγωγιμότητα μέσα σε κλειστό σωλήνα με πολύ χαμηλή πίεση. Κατά την διάρκεια του πειράματος ένα παράξενο φθορίζον φως στο απέναντι από την κάθοδο τοίχωμα πρόδιδε την παρουσία, μέσα στον σωλήνα, μιας αόρατης δέσμης. Το όνομα που δόθηκε στη δέσμη ήταν καθοδικές ακτίνες αλλά η φύση της παρέμενε ένα αίνιγμα. Η έρευνα όμως που ακολούθησε το 1897 από τον J.J Thomson χάρισε σε αυτόν το βραβείο Nobel και στην επιστήμη τη γνώση για την ύπαρξη του ηλεκτρονίου, το οποίο είναι συστατικό των ατόμων όλων των χημικών στοιχείων.



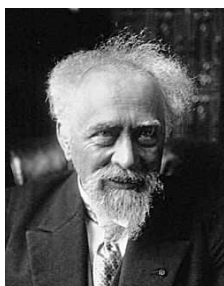
J.J Thomson 1856 - 1940



Σωλήνας καθοδικών ακτίνων του Thomson

Ο Thomson παρατήρησε ότι οι καθοδικές ακτίνες, παρουσία ηλεκτρικού πεδίου, εκτρέπονται από την ευθύγραμμη διάδοση και πάντα προς ορισμένη κατεύθυνση. Αυτό σήμαινε ότι οι καθοδικές ακτίνες ήταν κινούμενα σωματίδια με αρνητικό φορτίο. Κατόπιν μέτρησε το πηλίκο του φορτίου προς τη μάζα q/m και διαπίστωσε ότι για κάθε ένα από τα κινούμενα σωματίδια παρέμενε το ίδιο, ανεξάρτητα από τη φύση των μεταλλικών ηλεκτροδίων που χρησιμοποιήθηκαν, ανεξάρτητα από το είδος του αερίου που υπήρχε έστω και σε ίχνη μέσα στον σωλήνα. Υποθέτοντας ότι το φορτίο καθενός από αυτά τα σωματίδια ήταν ίσο με το ελάχιστο φορτίο των ιόντων, το οποίο είχε υποθέσει ο Faraday μέσα από τη θεωρία του για την ηλεκτρόλυση, οδηγήθηκε σε ένα αρκετά ικανοποιητικό συμπέρασμα για τη μάζα κάθε σωματιδίου. Σύμφωνα με αυτό η μάζα κάθε σωματιδίου ήταν πολύ μικρότερη (το $1/1837$ περίπου) από τη μάζα του ατόμου του υδρογόνου. Για καθένα από αυτά τα σωματίδια πρότεινε αρχικά τον όρο *corpuscle* αλλά επικράτησε τελικά το όνομα *electron* (ηλεκτρόνιο).

Το επόμενο βήμα ήταν να προταθεί ένα μοντέλο για τη δομή του ατόμου. Η βασική ιδέα ήταν ότι το άτομο περιέχει αρνητικό φορτίο, φορέας του οποίου είναι τα ηλεκτρόνια και ίση ποσότητα θετικού, ο υλικός φορέας όμως του οποίου ήταν ακόμα άγνωστος. Ο Γάλλος Φυσικός Jean Perrin και ο Ιάπωνας Hantaro Nagaoka, χωριστά ο ένας από τον άλλον, πρότειναν το αποκαλούμενου πλανητικό μοντέλο στο οποίο το θετικό φορτίο συγκεντρώνεται στο κέντρο και τα ηλεκτρόνια περιφέρονται κυκλικά γύρω από αυτό.

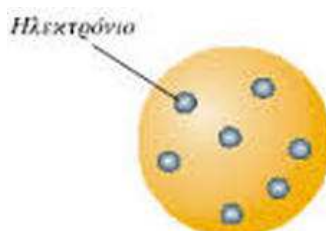


Jean Perrin 1870 - 1942



Hantaro Nagaoka 1865 - 1950

Το μοντέλο αυτό όμως απορρίφθηκε γρήγορα από τον J.J Thomson καθώς τα ηλεκτρόνια επιταχυνόμενα έπρεπε να ακτινοβολούν ενέργεια και να καταρρέουν στον πυρήνα και για αυτό αντικαταστάθηκε με ένα άλλο που όπως νόμιζε τότε προέβλεπε ένα άτομο σταθερότερο. Στο μοντέλο που πρότεινε ο Thomson τα θετικά φορτία κατανέμονται σε μία διάχυτη μάζα που καταλαμβάνει όλο τον χώρο του ατόμου και πάνω του είναι προσκολλημένα τα ηλεκτρόνια. Κάτι σαν σταφίδες σε σταφιδόψωμο.



Το μοντέλο του σταφιδόψωμου

Με την ανακάλυψη του ηλεκτρονίου άλλαξε η ίδια η αντίληψη για τα στοιχεία. Καθώς βρέθηκε ότι το ηλεκτρόνιο είναι συστατικό όλων των στοιχείων αναβίωσε αντιλήψεις που περιγράφηκαν αρχικά από αρχαίους φιλοσόφους, χρησιμοποιήθηκαν από τους αλχημιστές του μεσαίωνα για την μετατροπή μη πολύτιμων μετάλλων σε χρυσό και εκφράστηκαν από τον Prout και τους υποστηρικτές στο πρώτο μισό του 19^{ου} αιώνα, για την όμοια σύσταση όλων των χημικών στοιχείων και οι οποίες είχαν απορριφθεί αργότερα από την επιστημονική κοινότητα.

15. Τα ηλεκτρόνια κινούνται γύρω από τον πυρήνα: ο Ernest Rutherford και ο Niels Bohr

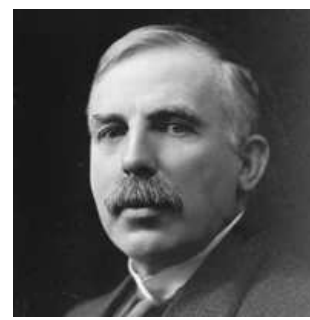
Το πρότυπο του Thomson δεν άργησε όμως να καταρριφθεί. Τα πειράματα των Hans Geiger, Ernest Marsden και Ernest Rutherford απέδειξαν ότι πράγματι το θετικό φορτίο και όλη σχεδόν η μάζα του ατόμου συγκεντρώνεται σε μια μικρή περιοχή του ατόμου που ονομάστηκε *πυρήνας*.



Hans Geiger 1882 - 1945

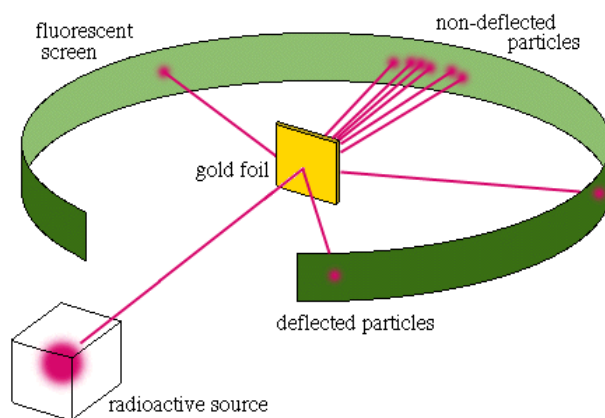


Ernest Marsden 1889 - 1970



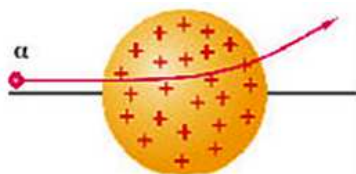
Ernest Rutherford 1871 - 1937

Στο πείραμα που πραγματοποιήθηκε ένα λεπτό φύλλο χρυσού βομβαρδίστηκε με σωματίδια α. Οι ερευνητές παρακολουθούσαν πως σκεδάζονταν τα σωματίδια α επάνω στο φύλλο του χρυσού.



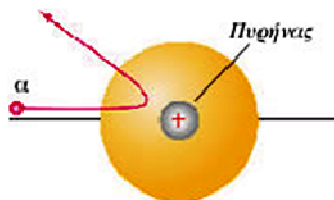
Το πείραμα του Rutherford

Παρατήρησαν λοιπόν ότι τα περισσότερα σωματίδια περνούσαν μέσα από το φύλλο εκτρεπόμενα μόνο κατά μικρές γωνίες. Το αποτέλεσμα αυτό ήταν σύμφωνο με το μοντέλο του ατόμου που πρότεινε ο Thomson.



Εκτροπή σωματιδίων α με βάση το πρότυπο του Thomson

Το συγκλονιστικό όμως αποτέλεσμα ήταν ότι κάποια σωματίδια «γυρνούσαν» προς τα πίσω σαν να χτυπούσαν σε κάτι που είχε πολύ μεγάλη μάζα. Ο Rutherford πρότεινε τελικά ότι όλο το θετικό φορτίο και όλη σχεδόν η μάζα του ατόμου είναι συγκεντρωμένη σε μια πολύ μικρή περιοχή στον κέντρο του ατόμου, τον πυρήνα.

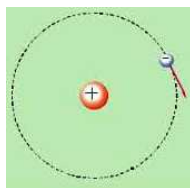


Εκτροπή σωματιδίων α με βάση το πρότυπο του Rutherford

Μετά από μελέτες και σε άλλα χημικά στοιχεία κατέληξε ότι το φορτίο του πυρήνα (Z) ήταν το μισό περίπου του ατομικού βάρους τους (A).

$$Z \simeq \frac{A}{2}$$

Τα αποτελέσματα αυτά είναι σύμφωνα με το πλανητικό μοντέλο του ατόμου των στοιχείων αν και με βάση τους νόμους της Φυσικής ένα τέτοιο άτομο είναι ασταθές!



Το πλανητικό μοντέλο

Το πρόβλημα της αστάθειας θα έλυνε αργότερα ο Δανός Φυσικός Niels Bohr βελτιώνοντας το μοντέλο του ατόμου των χημικών στοιχείων κάνοντας ορισμένες παραδοχές.

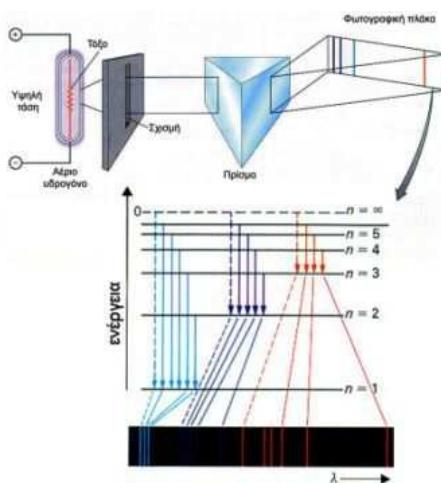


Niels Bohr 1885 - 1962

Συγκεκριμένα:

- α. Τα ηλεκτρόνια μπορούν να κινούνται γύρω από τον πυρήνα μόνο σε ορισμένες κυκλικές τροχιές οι οποίες ονομάζονται επιτρεπτές τροχιές.
- β. Τα ηλεκτρόνια απορροφούν ακτινοβολία με συγκεκριμένη τιμή ενέργειας για να μεταβούν από μια τροχιά σε άλλη, την οποία και θα εκπέμπουν κατά την αντίστροφη μετάβαση.

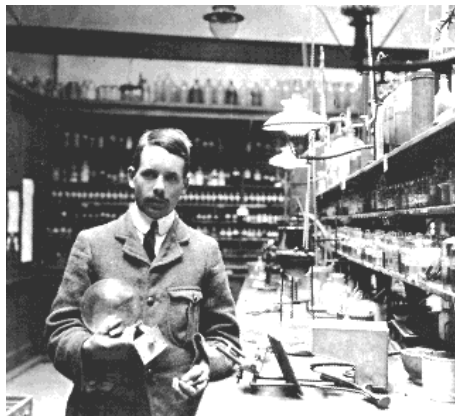
Με βάση τις αρχές αυτές ερμηνεύονταν το γραμμικό φάσμα του υδρογόνου και των υδρογονοειδών ιόντων.



Το γραμμικό φάσμα του υδρογόνου

16. Ο ατομικός αριθμός ως η ταυτότητα των χημικών στοιχείων: ο Henry Moseley

Το 1911 ένας νεαρός μαθητευόμενος στα εργαστήρια του Rutherford προσπαθούσε να εξετάσει την υπόθεση του van den Broek ότι ένα χημικό στοιχείο καθορίζεται από το φορτίο του πυρήνα του. Ο νεαρός αυτός ήταν ο Henry Moseley ο οποίος καθιέρωσε τη χρήση του ατομικού αριθμού Z ως την ταυτότητα ενός χημικού στοιχείου.



Henry Moseley 1887 - 1915

Ο Moseley κατασκεύασε μια συσκευή η οποία μπορούσε να περιστρέψει πλάκες από διαφορετικά υλικά θέτοντας κάθε φορά διαφορετική πλάκα ως στόχο μιας δέσμης ηλεκτρονίων. Μελετούσε κατόπιν τις ακτίνες X που εκπέμπονταν από το υλικό της πλάκας και διαπίστωσε ότι η συχνότητα των ακτίνων είναι ανάλογη του τετραγώνου της θέσης του στοιχείου, από το οποίο είναι φτιαγμένη, στον περιοδικό πίνακα. Μετά από συλλογισμούς κατέληξε ότι η θέση του στοιχείου αντιπροσωπεύει το φορτίο του πυρήνα του ατόμου Z ο οποίος τελικά ως «σειριακός αριθμός» χαρακτηρίζει το στοιχείο. Ο αριθμός αυτός ονομάστηκε ατομικός αριθμός.

Η εργασία του Moseley έδειξε ότι τα χημικά στοιχεία έχουν πυρήνες που διαφέρουν κατά 1 τυπικό φορτίο δηλαδή διαφέρουν κατά μια μονάδα ως προς τον ατομικό τους αριθμό. Ο ατομικός αριθμός συνεπώς μπορούσε να αντικαταστήσει πλέον το ατομικό βάρος για την τοποθέτηση των στοιχείων στον περιοδικό πίνακα και να αποτελέσει την ταυτότητα ενός χημικού στοιχείου. Έτσι μπόρεσαν πλέον να προσδιοριστούν με ασφάλεια τα κενά για τα νέα στοιχεία στον περιοδικό πίνακα, αφού έλειπαν από αυτόν συγκεκριμένοι ακέραιοι ατομικοί αριθμοί, αλλά και να βρεθεί ένας τρόπος με τον οποίο να γίνεται έλεγχος αν πράγματι ανακαλύφθηκε ένα νέο χημικό

στοιχείο καθώς η χρήση των ατομικών βαρών εμπλέκονταν από την παρουσία των ισοτόπων.

Ο Moseley πέθανε μόλις 27 χρονών πολεμώντας τους Τούρκους στην Καλλίπολη κατά τον Α΄ Παγκόσμιο πόλεμο.

17. Η δομή του πυρήνα: ο Ernest Rutherford και ο James Chadwick

Ανάμεσα στο 1906 και το 1909 ο E. Rutherford ερεύνησε εντατικά τη φύση των θετικών ακτίνων από σωματιδίων άλφα τα οποία εκπέμπονταν από ραδιενεργά παρασκευάσματα, για να καταλήξει το 1914 ότι οι απλούστερες θετικές ακτίνες είναι οι προερχόμενες από αέριο υδρογόνο και σ' αυτή την περίπτωση κάθε σωματίδιο αυτών των ακτίνων είναι ένα στοιχειώδες σωματίδιο θετικού φορτίου, στο οποίο έδωσε το όνομα *πρωτόνιο*. Γρήγορα κυριάρχησε η άποψη ότι όλα τα πρωτόνια του Σύμπαντος ήταν ίδια και απαρτίζουν τους πυρήνες των χημικών στοιχείων. Με αυτή τη λογική ο ατομικός αριθμός του Moseley δεν είναι τίποτα άλλο από τον αριθμό των πρωτονίων στον πυρήνα του ατόμου.

Καθώς τα χημικά στοιχεία τελικά αποτελούνται από τα ίδια υλικά, όπως ήταν και η άποψη των αλχημιστών για ποιο λόγο να μην γίνει πραγματικότητα και το όνειρό τους: η μετατροπή ενός στοιχείου σε άλλο. Πράγματι, το 1919 ο Rutherford βομβάρδισε με σωματίδια α πυρήνα αζώτου μετατρέποντάς το σε οξυγόνο, για να γίνει ο πρώτος άνθρωπος που πέτυχε τη μεταστοιχείωση μετατρέποντας ένα χημικό στοιχείο σε ένα άλλο. Με μια αλληγορική ματιά ο Rutherford ήταν ο πρώτος επιτυχημένος «αλχημιστής».

Για τα επόμενα δεκαοκτώ χρόνια η επικρατούσα άποψη ήταν ότι τα πρωτόνια και τα ηλεκτρόνια ήταν τα μοναδικά σωματίδια που συγκροτούσαν την ύλη. Το 1932 όμως, ο James Chadwick βομβάρδισε Βηρύλλιο με σωματίδια άλφα και ανακάλυψε ένα νέο σωματίδιο στον πυρήνα των χημικών στοιχείων, το *νετρόνιο*.



James Chadwick 1891 - 1974

18. Η κβαντική ερμηνεύει τα άτομα των χημικών στοιχείων: ο Erwin Schrödinger

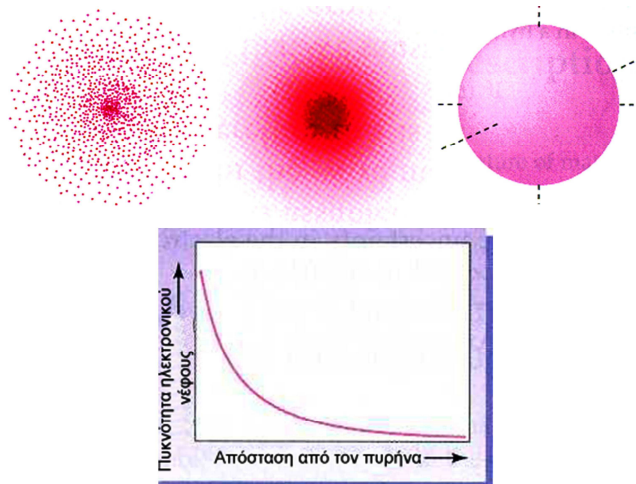
Το μοντέλο του Niels Bohr για το άτομο δυστυχώς παρουσίαζε προβλήματα καθώς δεν μπορούσε να ερμηνεύσει το φάσμα των πολυηλεκτρονιακών ατόμων. Τη λύση έδωσε η εφαρμογή των νόμων της κβαντικής. Με βάση την κυματική θεωρία του Louis de Broglie το ηλεκτρόνιο έχει διττή φύση και έπρεπε να θεωρηθεί και ως κύμα αλλά και ως σωματίδιο, ενώ με βάση την αρχή της απροσδιοριστίας του Heisenberg είναι αδύνατο να προσδιορίσουμε με ακρίβεια συγχρόνως τη θέση και την ορμή του. Έτσι ο αυστριακός Φυσικός Erwin Schrödinger εισήγαγε τη χρήση της ομώνυμης εξίσωσής του.

$$\hat{H}\psi = E\psi$$



Erwin Schrödinger 1887-1961

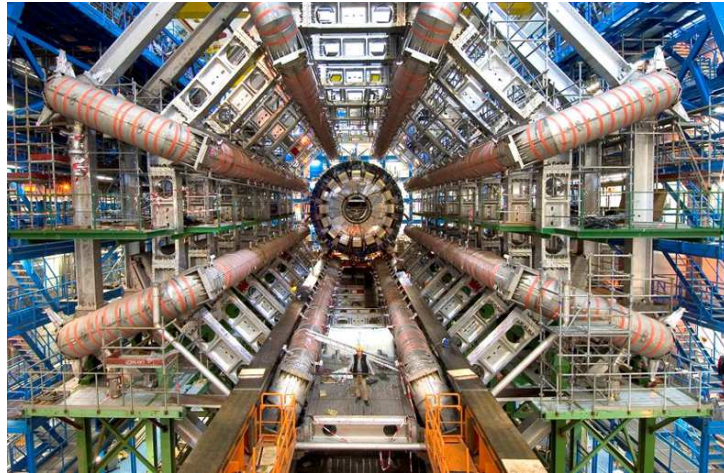
Με βάση αυτή το υποατομικά σωματίδια αλλά και ολόκληρο το άτομο χάνουν πλέον την εικόνα της «μικρής σφαίρας» που δυστυχώς μάλλον αρκετοί ακόμα έχουν στο μυαλό τους. Δεν μπορούμε να μιλήσουμε για το που βρίσκεται ένα ηλεκτρόνιο μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Μπορούμε μόνο να μιλήσουμε για την πιθανότητα να βρεθεί σε ένα σημείο και για το ηλεκτρονιακό νέφος γύρω από τον πυρήνα.



Το ηλεκτρονιακό νέφος γύρω από τον πυρήνα

19. Και η γνώση αυξάνεται

Φυσικά από την εποχή της εξίσωσης του Schrödinger η επιστήμη έχει προχωρήσει με την ανακάλυψη και άλλων σωματιδίων όπως τα quarks. Η έρευνα συνεχίζεται ακόμα και σήμερα με αξιοσημείωτες τις προσπάθειες στο CERN.



Εγκαταστάσεις του CERN

20. Βιβλιογραφία

1. Cassebaum, Heinz, and George B. Kauffman. "The periodic system of the chemical elements: The search for its discoverer." *Isis* (1971): 314-327.
2. Heilbron, John L. "Rutherford-Bohr atom." *American Journal of Physics* 49, no. 3 (1981): 223-231
3. Rosenfeld, Leon. "Men and ideas in the history of atomic theory." *Archive for History of Exact Sciences* 7, no. 2 (1971): 69-90.
4. Scerri, Eric R. "The role of triads in the evolution of the periodic table: Past and present." *Journal of Chemical Education* 85, no. 4 (2008): 585.
5. Scerri, Eric R. *The periodic table: its story and its significance*. Oxford University Press, 2006.
6. Δ. Κατάκης - Γ Πνευματικάκης *Πανεπιστημιακή Ανόργανος Χημεία*. ΟΕΔΒ
7. Λιοδάκης, Σ. *Χημεία Γ' Λυκείου Θετικής Κατεύθυνσης*. ΟΕΔΒ
8. Γεωργακάκος, Π. *Φυσική Γ' Λυκείου Γενικής Παιδείας*. ΟΕΔΒ

Sites

1. <http://users.sch.gr/kassetas>