



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

Τμήμα Δειφορικής Γεωργίας
Γεωπονική Σχολή

ΓΕΝΙΚΗ – ΑΝΟΡΓΑΝΗ ΧΗΜΕΙΑ

- **ΧΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ:** Εισαγωγή στη Χημεία, Φυσικές Μετρήσεις
- **ΑΤΟΜΑ ΜΟΡΙΑ ΚΑΙ ΙΟΝΤΑ:** Ατομική θεωρία ύλης, Δομή ατόμου και πυρήνα, Ισότοπα, Ατομικές Μάζες, Περιοδικός Πίνακας Στοιχείων

Όλα τα αντικείμενα γύρω μας αποτελούν την ύλη του σύμπαντος.

Η Χημεία είναι η επιστήμη η οποία μελετά:

- τη σύσταση και τη δομή των υλικών τα οποία βρίσκονται γύρω μας,
- αλλά και τις μεταβολές τις οποίες υφίστανται τα υλικά γύρω μας.

Η επιρροή που ασκεί στη σύγχρονη επιστήμη και τεχνολογία, είναι τεράστια.

	<p>Η χημεία είναι πειραματική επιστήμη.</p>

**Οι αρχές της δημιουργούνται
μέσω πειραμάτων και
συστηματοποιούνται από τη
θεωρία.**

Ο χημικός κάνει παρατηρήσεις σε συνθήκες τέτοιες, που μεταβλητές όπως π.χ. οι ποσότητες των ουσιών ή η θερμοκρασία, μπορούν να ελέγχονται.

ΠΕΙΡΑΜΑ

Η παρατήρηση κάποιου φυσικού φαινομένου, η οποία γίνεται με ελεγχόμενο τρόπο, ώστε τα αποτελέσματα να είναι δυνατόν να αναπαραχθούν και με βάση αυτά να εξαχθούν λογικά συμπεράσματα.

Αγγελική Απ. Γαλάνη

Πείραμα και ερμηνεία, η καρδιά της χημικής έρευνας.

ΝΟΜΟΣ

Μια περιεκτική διατύπωση, ή μια μαθηματική εξίσωση για μια θεμελιώδη σχέση, ή για μια κανονικότητα της φύσης.

ΥΠΟΘΕΣΗ

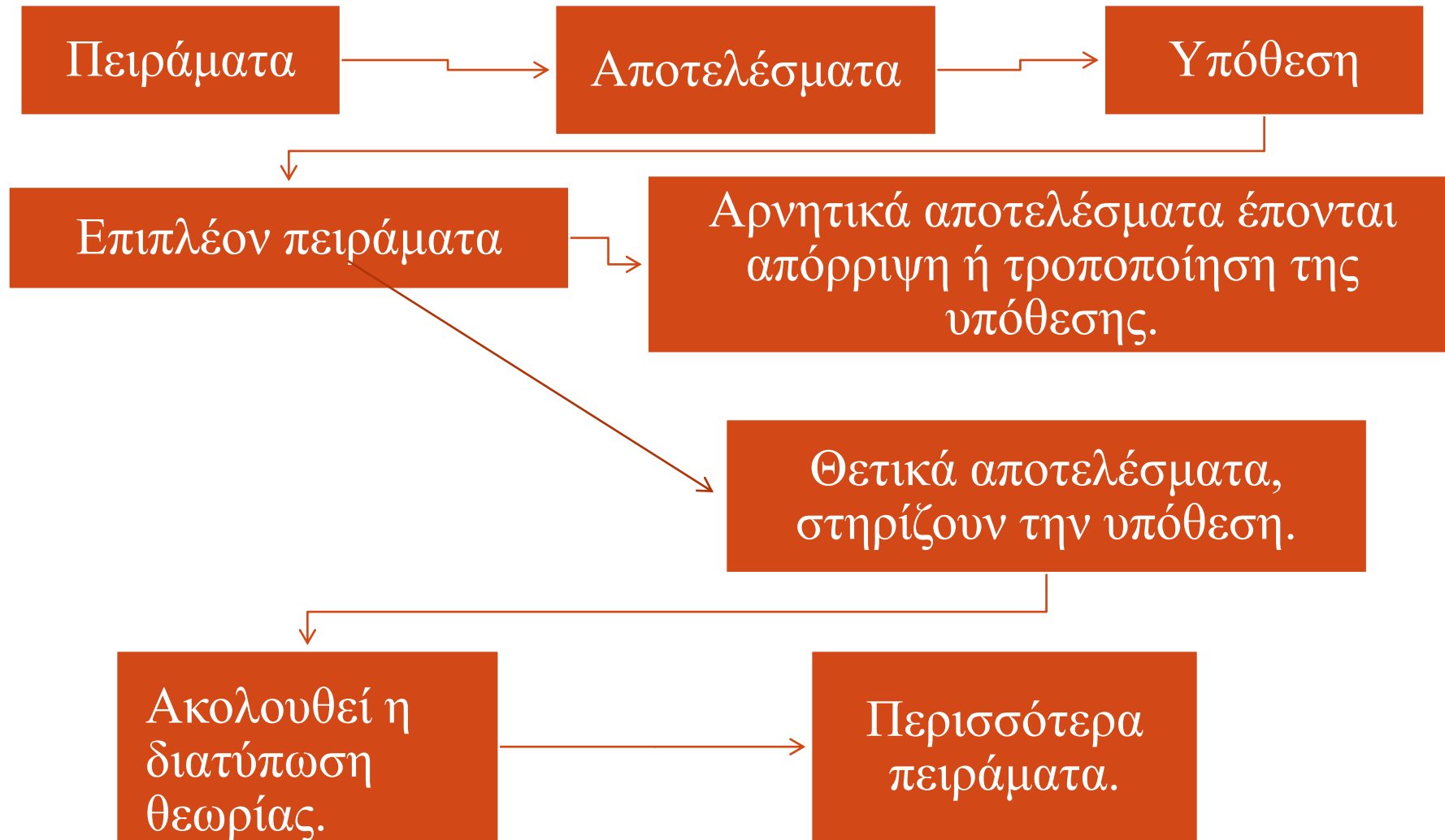
Μια προσωρινή ερμηνεία για κάποια κανονικότητα η οποία παρατηρείται στη φύση.

ΘΕΩΡΙΑ

Κάποια δοκιμασμένη ερμηνεία βασικών φυσικών φαινομένων.

- Μια θεωρία δεν είναι δυνατόν να αποδειχθεί με απόλυτο τρόπο.
- Νέα πειράματα, μπορεί να αποδείξουν ότι έχει περιορισμένη εφαρμογή.
- Από κάποιον ή κάποιους μπορεί να διατυπωθεί μια καλύτερη θεωρία.

Γενικά βήματα επιστημονικής μεθόδου



Νόμος διατήρησης της μάζας, Antoine Lavoisier

«Κατά τη διάρκεια μιας χημικής μεταβολής, (χημικής αντίδρασης), η συνολική μάζα παραμένει σταθερή»

- **Μάζα:** Η ποσότητα της ύλης που υπάρχει σε ένα υλικό
- **Ύλη:** Το καθετί που καταλαμβάνει όγκο και είναι δυνατόν να γίνει αντιληπτό με τις αισθήσεις μας



Η ψηφιακή οθόνη δείχνει τη μάζα του υλικού, που βρίσκεται πάνω στο δίσκο του ζυγού



Αρχή Χημικής Μεταβολής

Πλήρης καύση άνθρακα



Τέλος Χημικής Μεταβολής

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

Πόση είναι η μάζα του διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται κατά τη διάσπαση 123 g ανθρακικού χαλκού, εάν η μάζα του στερεού μονοξειδίου του χαλκού που επίσης παράγεται κατά τη μεταβολή είναι 79,6 g;



$$\begin{array}{l} \text{μάζα αντιδρώντων} = \text{μάζα προϊόντων} \\ 123,6 \text{ g} \qquad \qquad \qquad 79,6 \text{ g} + X \text{ g} \end{array}$$

- Ποια είναι τα αντιδρώντα; CuCO_3
- Πόση είναι η μάζα των αντιδρώντων; 123,6 g
- Ποια είναι τα προϊόντα; CuO & CO_2
- Πόση είναι η μάζα των προϊόντων; $123,6 \text{ g} = 79,6 \text{ g} + \text{CO}_2$

Άρα: $123,6 - 79,6 = 44,0 \text{ g CO}_2$

Εάν 16 g CH₄ αντιδράσουν πλήρως με 64 g O₂, ποια θα είναι η μάζα των προϊόντων της αντίδρασης;



μάζα αντιδρώντων = μάζα προϊόντων

$$16\text{g} + 64\text{g} = \text{X g}$$

$$80\text{g} = \text{X}$$

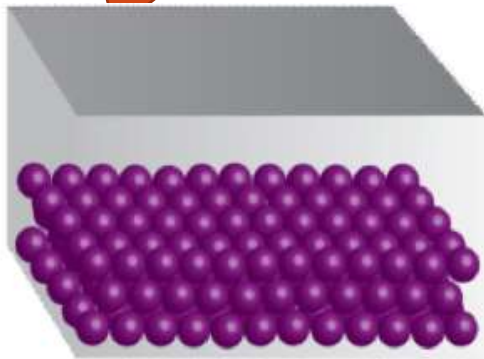
Οι χημικές αντιδράσεις, είναι δυνατόν να συνδέονται είτε με απορρόφηση είτε με έκλυση θερμότητας, (ή άλλης μορφής ενέργειας).. Εφόσον η μάζα και η ενέργεια, είναι σύμφωνα με τον Einstein ισοδύναμα, όταν αποβάλλεται ενέργεια ως θερμότητα, χάνεται και μάζα. Οι μεταβολές της μάζας στις χημικές αντιδράσεις, είναι της τάξεως των δισεκατομμυριοστών του γραμμαρίου και άρα δεν γίνονται αντιληπτές.

Οι απόψεις του **Lavoisier**, τις οποίες αυτός παρουσίασε το 1789 στο βιβλίο του «Στοιχειώδης πραγματεία Χημείας», αποτέλεσαν το βάθρο της σύγχρονης Χημείας.

Καταστάσεις της ύλης

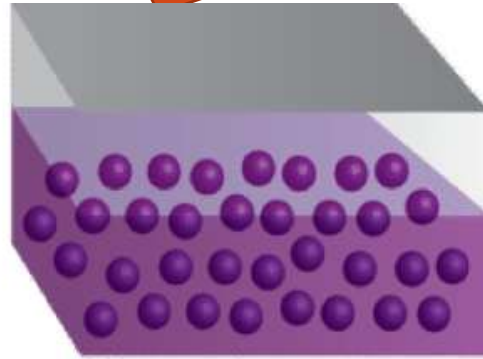
Οι τρεις μορφές της ύλης, στερεό υγρό και αέριο

Ασυμπίεστα,
δύσκαμπτα, δεν
ρέουν



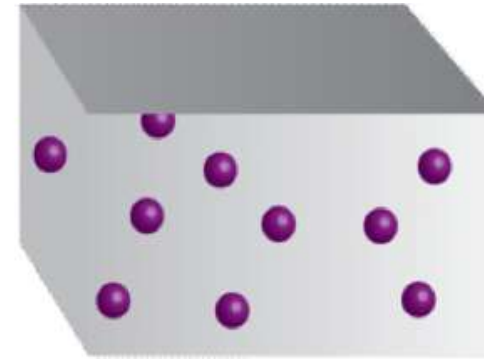
Solid

Σχετικά
ασυμπίεστα
ρευστά

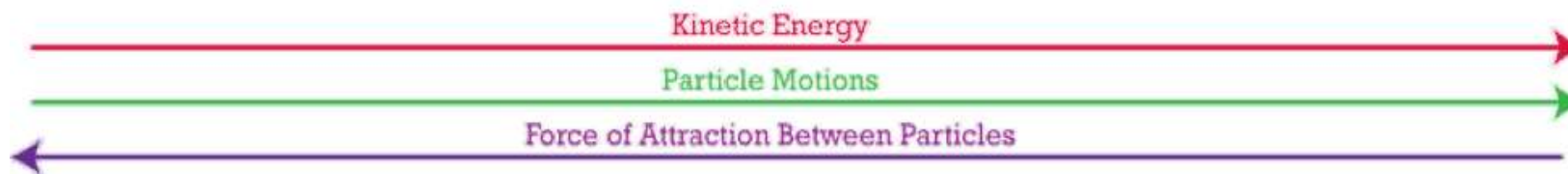


Liquid

Συμπιεστά
ρευστά



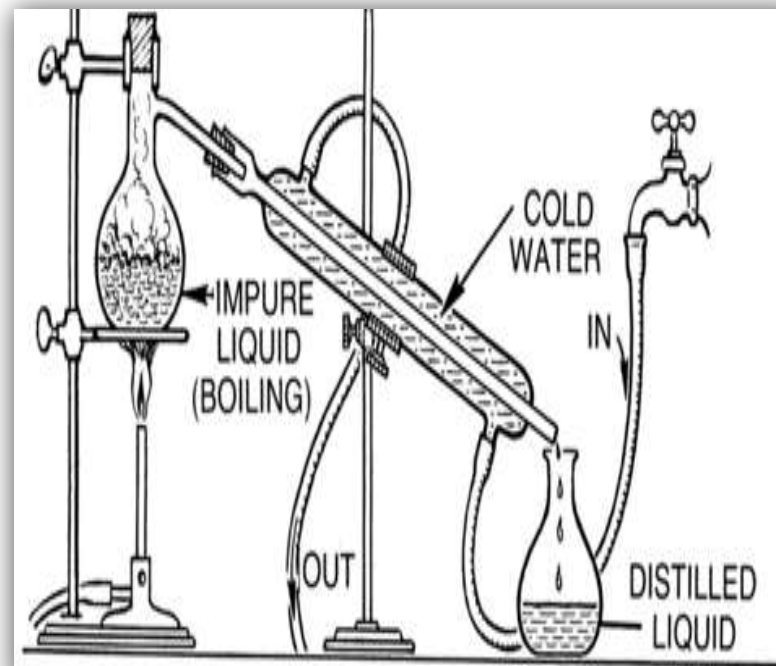
Gas



ΦΥΣΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ

Κάθε μεταβολή κατά την οποία η ύλη αλλάζει μορφή, όχι όμως και χημική ταυτότητα.

Για παράδειγμα οι μεταβολές των φυσικών καταστάσεων (υγρή, αέρια, στερεά), ή η διάλυση κάποιου υλικού σε ένα άλλο.



[https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Introductory_Chemistry/Book%3A_Introductory_Chemistry_\(CK-12\)/02%3A_Matter_and_Change/2.08%3A_Methods_for_Separating_Mixtures](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Introductory_Chemistry/Book%3A_Introductory_Chemistry_(CK-12)/02%3A_Matter_and_Change/2.08%3A_Methods_for_Separating_Mixtures)

Το χλωρίδιο του νατρίου διαλύεται στο νερό αλλά ούτε το νερό ούτε το χλωρίδιο του νατρίου χάνουν τη χημική τους ταυτότητα. Ένας τρόπος για να διαχωριστούν είναι η απόσταξη, (φυσική μέθοδος διαχωρισμού).

Χημική μεταβολή - Χημική αντίδραση

Η μεταβολή μέσω της οποίας ένα ή πιο πολλά είδη ύλης, μετατρέπονται σε νέα είδη ύλης.

➤ **Χημικές ιδιότητες:** Οι ιδιότητες οι οποίες έπονται χημική μεταβολή του υλικού, (σκουριά σιδήρου).

Φυσικές ιδιότητες υλικού: Οι ιδιότητες που είναι δυνατόν να τις παρατηρήσουμε χωρίς να μεταβάλλουμε τη χημική ταυτότητα του υλικού. Για παράδειγμα φυσικές ιδιότητες είναι το σημείο τήξεως, το χρώμα, η φάση (στερεά, υγρή, αέρια).

Τα υλικά που υπάρχουν γύρω μας είναι ουσίες, ή
μίγματα ουσιών.

ΟΥΣΙΑ

Είδος ύλης, που δεν μπορούμε να το
διαχωρίσουμε σε άλλα είδη ύλης με φυσικό
τρόπο.

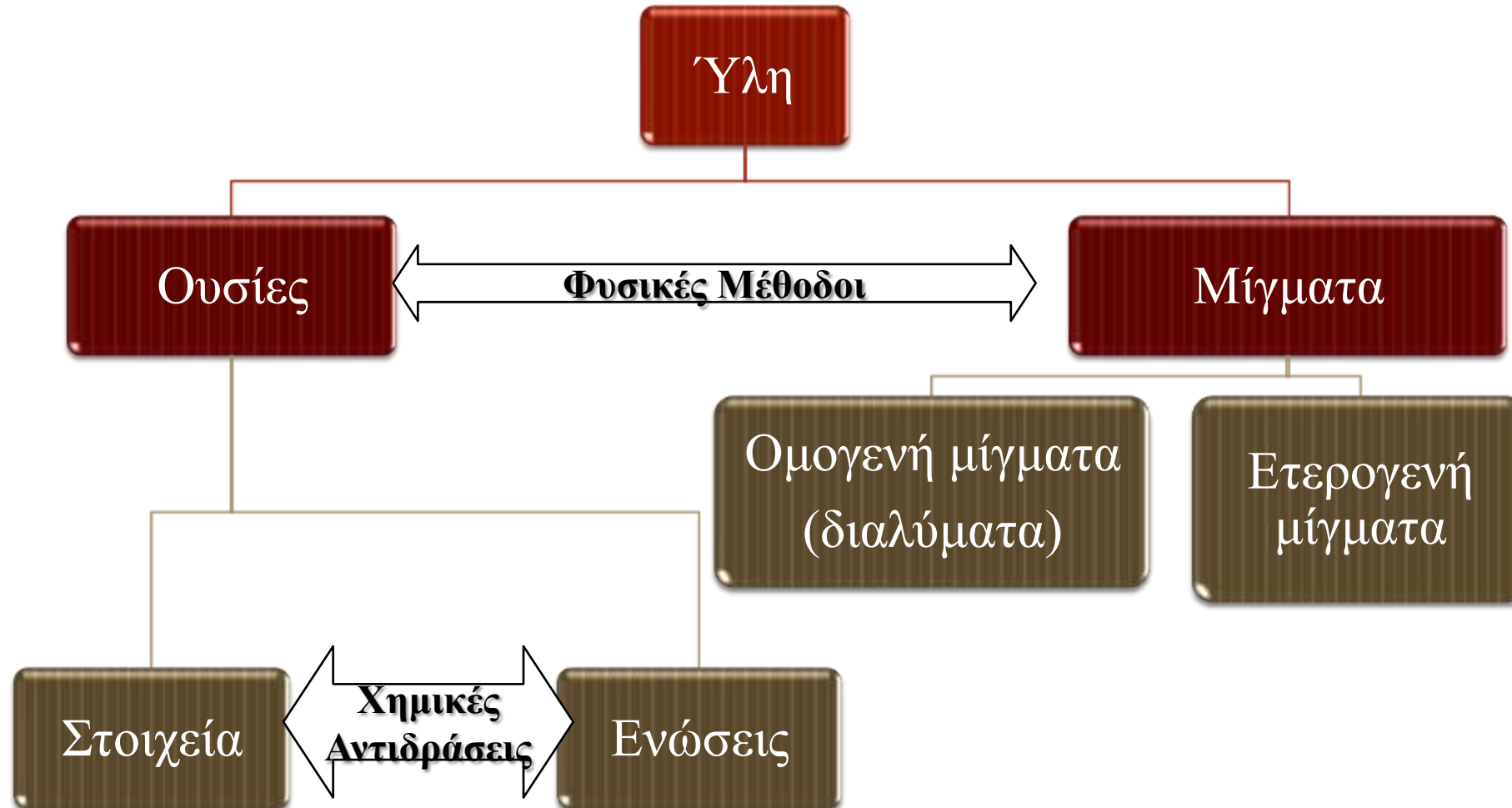
Στοιχείο: Μια ουσία που δεν μπορεί να διασπαστεί με οποιαδήποτε χημική αντίδραση σε απλούστερη ουσία.



Ουσίες που αποτελούνται από δύο ή περισσότερα στοιχεία χημικά ενωμένα, με καθορισμένη απλή σταθερή αναλογία.

Υλικά που διαχωρίζονται με φυσικό τρόπο σε δυο ή πιο πολλές ουσίες.

Σχέσεις μεταξύ στοιχείων, ενώσεων και μιγμάτων



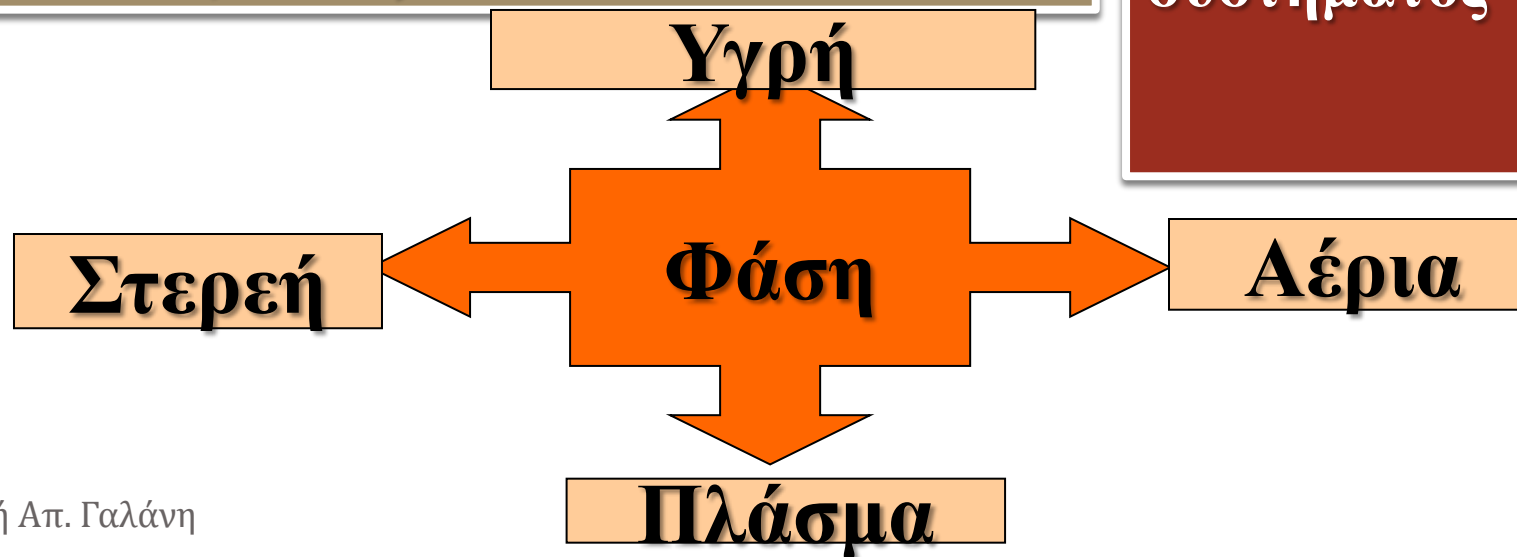
Ένα φυσικό σύστημα περιγράφεται από τις φάσεις και τα συστατικά του

ΦΑΣΗ

Ως φάση ορίζεται ένα ομοιόμορφο, ομογενές, φυσικά διακριτό και μηχανικά απομονώσιμο μέρος ενός φυσικού συστήματος (Nostrom and Munoz, 1986)

ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

Συστατικά, λέμε τα είδη τα οποία είναι απαραίτητα για να περιγράψουν τη χημική σύσταση μιας φάσης του συστήματος



Πλάσμα

Ιόντα και ελεύθερα e

Προκύπτει από ένα αέριο, όταν αυτό γίνει τόσο θερμό ($T \approx 10^9$ K διαφορά από ιονισμένο αέριο), ώστε τα ηλεκτρόνια και τα άλλα αρνητικά φορτισμένα ιόντα του, να δραπετεύουν από το άτομο και να είναι ελεύθερα. Στο πλάσμα η ύλη δεν έχει συγκεκριμένο όγκο και σχήμα που να οφείλεται στην ίδια, όπως τα αέρια.

Π.χ. κεραυνός. Πλάσμα, υπάρχει στον ήλιο, στους αστέρες, στο μεσοαστρικό χώρο, στους σωλήνες φωτισμού αερίων π.χ. νέον σε χαμηλή P.



**Κοινό παράδειγμα πλάσματος
είναι ο κεραυνός**

Σύμβολα χημικών αντιδράσεων

Σύμβολο	Σημασία
(s)	Συστατικό σε στερεά φάση
(l)	Συστατικό σε υγρή φάση
(g)	Συστατικό σε αέρια φάση
(aq)	Εφυδατωμένο συστατικό



(s)



(g)



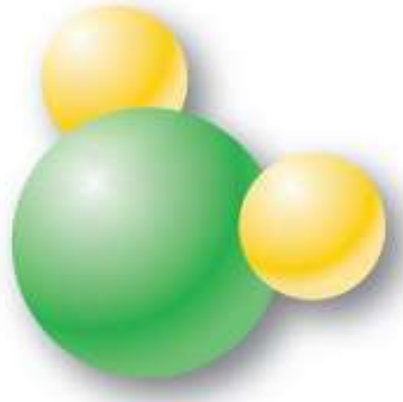
(l)



(aq)

Τα μικρά σύμβολα μέσα σε παρένθεση, (*s*, *l*, *g*, *aq*) που ακολουθούν τους χημικούς τύπους, υποδεικνύουν τη φάση του κάθε συστατικού στη χημική αντίδραση.

Σύμβολα χημικών αντιδράσεων



Το μόριο του νερού

Σύμβολο στοιχείου



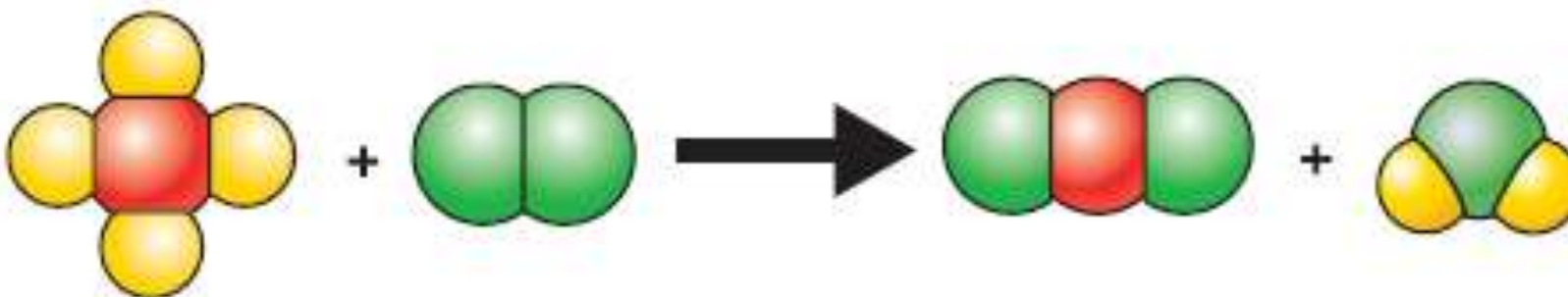
Σύμβολο στοιχείου

Ο δείκτης 2, υποδηλώνει
παρουσία 2 ατόμων

Η απουσία δείκτη, σημαίνει
πως μόνο ένα άτομο υπάρχει

Χημική Εξίσωση

- Χημική αντίδραση η οποία γράφεται χρησιμοποιώντας χημικούς τύπους και σύμβολα, καλείται **χημική εξίσωση**.



Αέριο μεθάνιο αντιδρά με αέριο οξυγόνο και παράγει αέριο διοξείδιο του άνθρακα και υδρατμούς νερού

➤ **Χρωματογραφία:** Μια ομάδα παρόμοιων διαχωριστικών τεχνικών.

➤ **Κάθε τεχνική εξαρτάται** από το πόσο γρήγορα κινείται μια δεδομένη ουσία σε ρεύμα αερίου ή υγρού, που διέρχεται μέσω στατικής φάσης, στην οποία είναι δυνατόν να συγκρατείται ελαφρά η ουσία.

- Μια γραμμή από μελάνι, τραβιέται στην άκρη λωρίδας ειδικού διηθητικού χαρτιού.
- Το χαρτί στερεώνεται με τέτοιο τρόπο που η άκρη της λωρίδας του στην οποία έχει τραβηχτεί η γραμμή μελανιού, να διαβρέχεται από μίγμα νερού-μεθανόλης.
- Όπως ανέρχεται στο χαρτί το διάλυμα, παρασύρει και το μελάνι προς τα πάνω και το διαχωρίζει σε ζώνες διαφορετικών χρωμάτων που αντιστοιχούν στις χρωστικές του.
- Οι χρωστικές συγκρατούνται από τις βρεγμένες ίνες του χαρτιού, περισσότερο ή λιγότερο ισχυρά. Οι ασθενέστερα συγκρατούμενες χρωστικές κινούνται πιο γρήγορα.

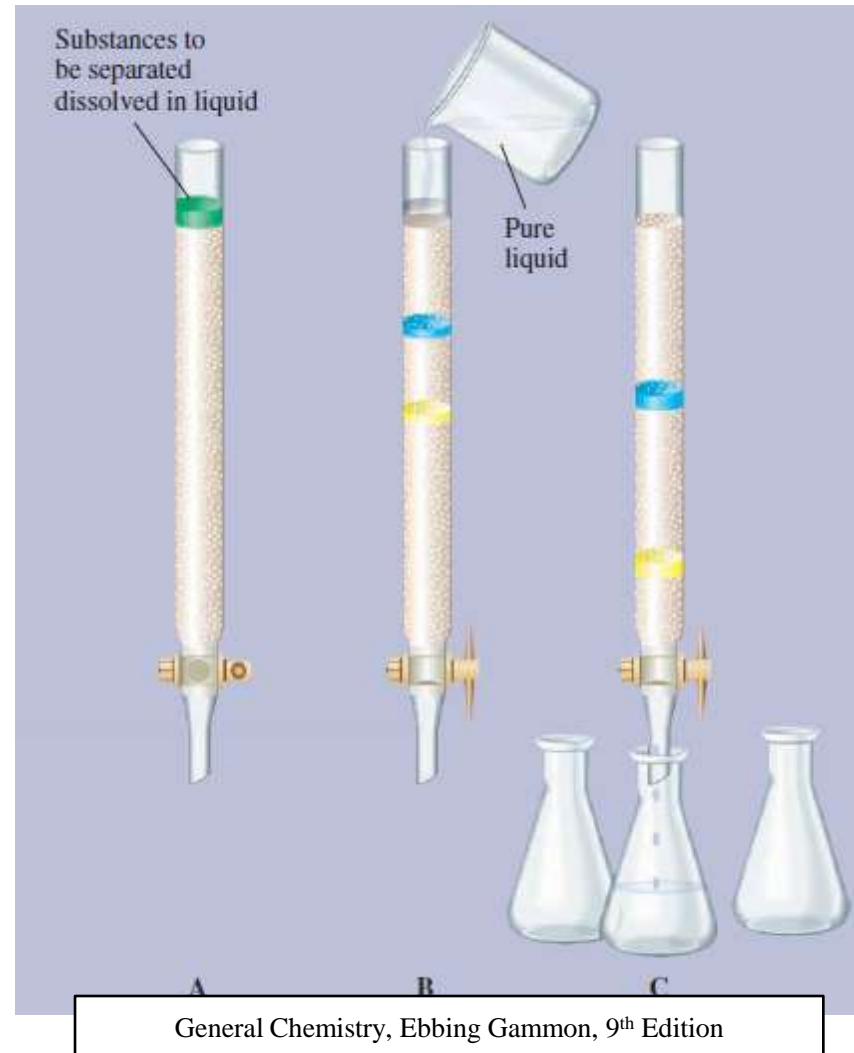
Χρωματογραφία χαρτιού, (Paper chromatography)



General Chemistry, Ebbing Gammon, 9th Edition

Χρωματογραφία στήλης (Column chromatography)

- Ο Tswett, διαχώρισε χρωστικές πράσινων φύλλων.
- Τις διέλυσε σε πετρελαϊκό αιθέρα και άφησε να διαρρέυσει το διάλυμα από κατακόρυφο γυάλινο σωλήνα που περιείχε σκόνη κιμωλίας.
- Στη συνέχεια πραγματοποίησε έκπλυση της στήλης με επιπλέον πετρελαϊκό αιθέρα, οπότε και είδε να δημιουργούνται κίτρινες και πράσινες ζώνες, (κάθε μια περιείχε μια καθαρή χρωστική).



Αέρια Χρωματογραφία, (Gas Chromatography , GC)

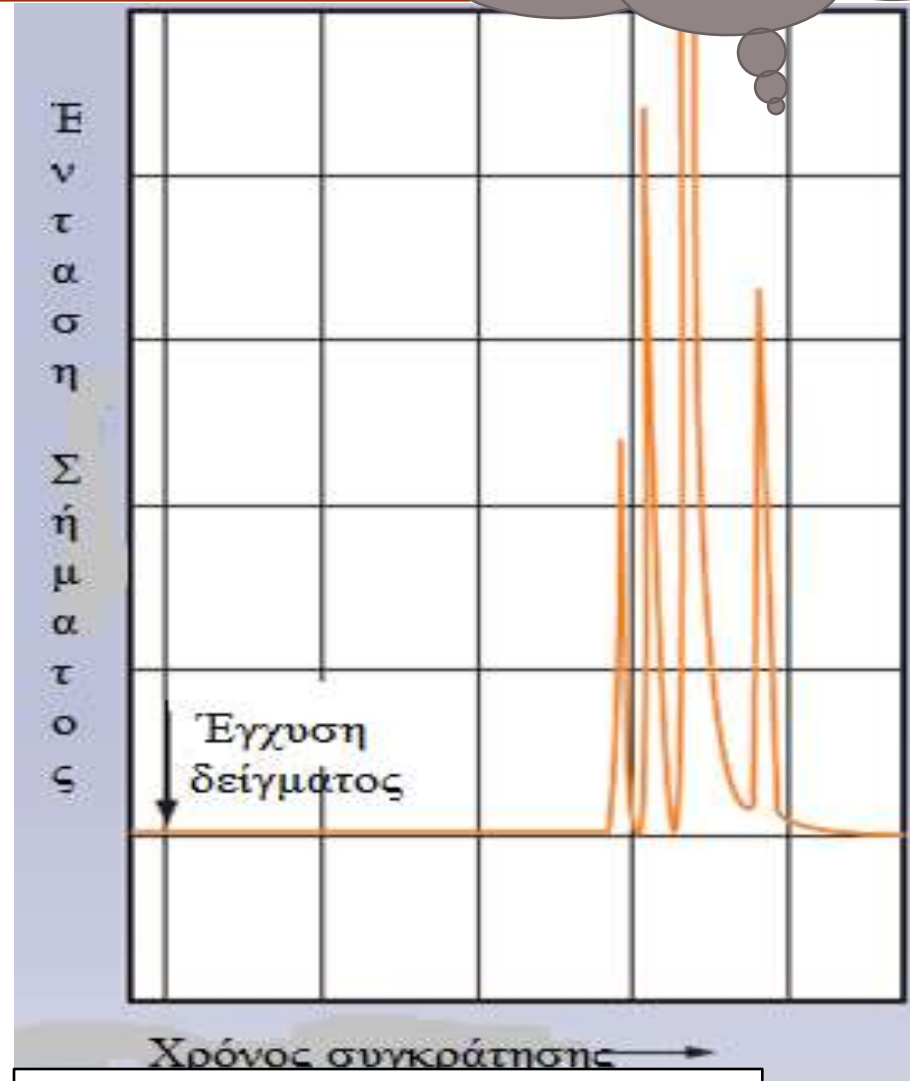
- Σχετικά πιο πρόσφατη μέθοδος διαχωρισμού. Το κινούμενο ρεύμα είναι αέριο μίγμα που αποτελείται από ατμούς ουσιών, μαζί με κάποιο αδρανές αέριο, συνήθως ήλιο, το οποίο ονομάζεται φέρον αέριο.
- Το στατικό υλικό, είναι ή κάποιο στερεό, ή κάποιο υγρό προσροφημένο σε στερεό. Όλο μαζί είναι πακεταρισμένο σε κάποια στήλη.
- Το αέριο διέρχεται μέσω της στήλης και οι ουσίες του συγκρατούνται περισσότερο ή λιγότερο ισχυρά από το στατικό υλικό της στήλης. Έτσι καθίσταται δυνατός ο διαχωρισμός τους.
- Ο χρόνος ο οποίος χρειάζεται κάθε ουσία για να φτάσει μέσω της στήλης στον ανιχνευτή, λέγεται χρόνος συγκράτησης και είναι σταθερός για δεδομένη θερμοκρασία.
- Με τη χρήση των χρόνων συγκράτησης, είναι δυνατή η ταυτοποίηση των ουσιών.

Αέρια Χρωματογραφία, (Gas Chromatography)

Διαχωρισμός σε 4 διαφορετικές ουσίες



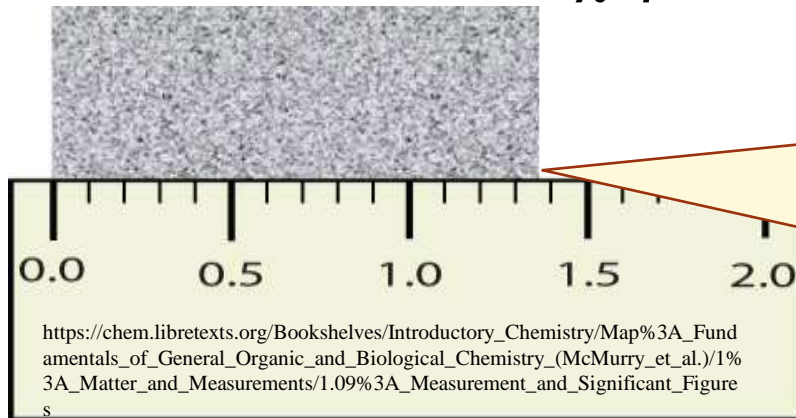
General Chemistry, Ebbing Gammon, 9th Edition



General Chemistry, Ebbing Gammon, 9th Edition

Φυσικές Μετρήσεις – Σημαντικά ψηφία

- **Μέτρηση:** Η σύγκριση μιας φυσικής μονάδας, με μια μονάδα μέτρησης.
- **Επαναληψιμότητα:** Δείχνει το πόσο κοντά μεταξύ τους είναι τα αποτελέσματα των μετρήσεων μιας ποσότητας.
- **Ακρίβεια:** Δείχνει το πόσο κοντά με την πραγματική τιμή είναι τα αποτελέσματα των μετρήσεων μιας μόνο μέτρησης
- **Σημαντικά ψηφία:** Όλα τα βέβαια στοιχεία μιας μέτρησης, συν ένα τελικό που χαρακτηρίζεται από αβεβαιότητα



Μετρώντας βρήκαμε τιμές για το μήκος της ράβδου: 1,356, 1,357, 1,358 Κατ'εκτίμηση δίνουμε τη μέση τιμή 1,357. Τα τρία πρώτα ψηφία (1,35) είναι βέβαια και το επόμενο ψηφίο (7) είναι κατ'εκτίμηση, άρα έχει κάποια αβεβαιότητα.

Αριθμός σημαντικών ψηφίων

➤ Σε δεκαδικούς αριθμούς:

- ✓ Τα μηδενικά αριστερά από το πρώτο μη μηδενικό ψηφίο δεν λογαριάζονται ως σημαντικά (5,11 cm 0,115 cm 0,0412 cm 3 σημαντικά ψηφία όλοι).
- ✓ Τα τερματικά μηδενικά δεξιά της υποδιαστολής είναι πάντα σημαντικά. (5,000 cm 9,100 cm 60,00 cm 4 σημαντικά ψηφία όλοι).

➤ Σε μη δεκαδικούς αριθμούς τα τερματικά μηδενικά δεν είναι πάντα σημαντικά.

- ✓ 900, cm Τα μηδενικά θεωρούνται σημαντικά ψηφία
- ✓ 900 cm δεν γνωρίζουμε τα σημαντικά ψηφία. Για να δώσουμε τα σημαντικά ψηφία πρέπει το αποτέλεσμα να εκφραστεί επιστημονικά.

Επιστημονικός ή εκθετικός συμβολισμός $\rightarrow A \times 10^n$, όπου:

A: αριθμός με 1 ή κανένα μηδενικό ψηφίο αριστερά της υποδιαστολής και

n: ακέραιος αριθμός

Π.χ. 700 cm $\rightarrow 7,0 \times 10^2$ (2 σημαντικά) ή $7,00 \times 10^2$ (3 σημαντικά)

Αριθμός σημαντικών ψηφίων στην έκφραση του τελικού αποτελέσματος ενός υπολογισμού

- **Πολλαπλασιασμός ή διαίρεση ποσοτήτων οι οποίες μετρήθηκαν.** Το αποτέλεσμα δίνεται με τόσα σημαντικά ψηφία, όσα έχει η μέτρηση με τα λιγότερα σημαντικά ψηφία.
- **Πρόσθεση ή αφαίρεση.** Το αποτέλεσμα δίνεται με τόσα σημαντικά ψηφία, όσα έχει η μέτρηση με τα λιγότερα δεκαδικά ψηφία.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

(Ebbing Gammon Σύγχρονη Γενική Χημεία)

- Έστω πως 0,0634 g μιας ουσίας, διαλύονται σε 25,31 g νερού. Ποια η % διαλυτότητα της ουσίας στο νερό;
 $100,0 \text{ g νερού} \times (0,0634 \text{ g ουσίας} / 25,31 \text{ g νερού}) = 0,250493875$ Το ακριβές αποτέλεσμα είναι 0,250, (ο αριθμός 0,0634 έχει τα λιγότερα, τρία δηλαδή σημαντικά ψηφία).
- Έστω προσθέτουμε 184,2 g και 2,324 g. Το αποτέλεσμα σε υπολογιστή είναι 186,524 g και το ακριβές, εφόσον η ποσότητα 184,2 g έχει τα λιγότερα δεκαδικά, είναι 186,5 g.

- **Ακριβείς Αριθμοί:** Είναι οι αριθμοί που προκύπτουν είτε από την καταμέτρηση πραγμάτων, είτε από τον ορισμό μονάδων. Οι αριθμοί αυτοί, εξαιρούνται από τον προσδιορισμό των σημαντικών ψηφίων

Παράδειγμα(Ebbing Gammon Σύγχρονη Γενική Χημεία)

- Η συνολική μάζα 8 κερμάτων, αν το κάθε ένα έχει μάζα 4,0 γραμμάρια είναι: $4,0 \text{ γραμμάρια} \times 8 = 32 \text{ γραμμάρια}$

Το αποτέλεσμα εκφράζεται με 2 σημαντικά ψηφία, διότι ο αριθμός 8, είναι ακριβής αριθμός; Και δεν συμμετέχει στον καθορισμό των σημαντικών ψηφίων

- Τα 2,54 εκατοστόμετρα από την έκφραση 1 ίντσα=2,54 εκατοστόμετρα, επίσης δεν πρέπει να λαμβάνεται ως αποτέλεσμα μέτρησης τριών δεκαδικών ψηφίων. Στην ουσία το 2,54 έχει άπειρο αριθμό σημαντικών ψηφίων. Άρα και οι ακριβείς αριθμοί θα πρέπει να επισημαίνονται στους υπολογισμούς και να εξαιρούνται από τον προσδιορισμό των σημαντικών ψηφίων.

- **Στρογγυλοποίηση:** Έτσι καλείται η διαδικασία με την οποία απορρίπτουμε ψηφία που δεν είναι σημαντικά σε αποτέλεσμα υπολογισμών, και η τροποποίηση του τελευταίου ψηφίου.
- **Προσέχουμε το πρώτο από δεξιά ψηφίο που πρέπει να απορρίψουμε:**
 1. **Εάν το ψηφίο αυτό είναι 5 ή μεγαλύτερο του 5, προσθέτουμε μια μονάδα στο ψηφίο το οποίο προηγείται και απορρίπτουμε τα υπόλοιπα ψηφία δεξιά του. Π.χ. στρογγυλοποίηση του 1,3151 σε τρία σημαντικά, δίνει 1,32.**
 2. **Αν το ψηφίο είναι μικρότερο του 5, απλά το απορρίπτουμε μαζί και με όλα όσα είναι δεξιά αυτού. Π.χ. 1,3142 σε τρία σημαντικά, 1,31.**

Μονάδες SI

Ποσότητα	Μονάδα	Σύμβολο
Μήκος	μέτρο	m
Μάζα	χιλιόγραμμα	kg
Χρόνος	δευτερόλεπτο	s
Θερμοκρασία	κέλβιν	K
Ποσότητα ουσίας	μολ (mole)	mol
Ηλεκτρικό ρεύμα	αμπέρ	A
Ένταση φωτός	κανδήλα	cd

Παράγωγες Μονάδες του SI

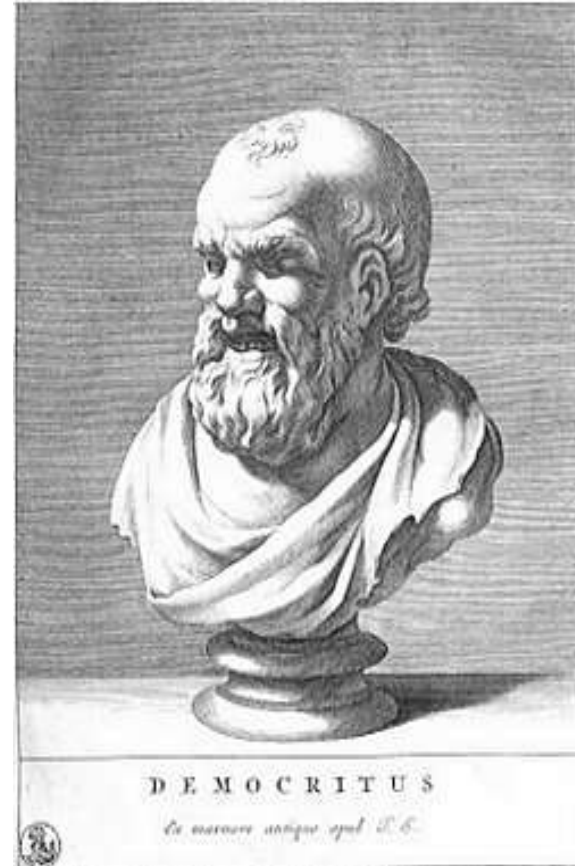
Ποσότητα	Μονάδα	Σύμβολο
Εμβαδό	Μήκος στο τετράγωνο	m^2
Όγκος	Μήκος στον κύβο	m^3
Πυκνότητα	Μάζα ανά μονάδα όγκου	kg/m^3
Ταχύτητα	Απόσταση που διανύεται στη μονάδα του χρόνου	m/s
Επιτάχυνση	Μεταβολή ταχύτητας ανά μονάδα χρόνου	m/s^2
Δύναμη	Μάζα επί την επιτάχυνση αντικειμένου	$kg \cdot m/s^2$ (newton, N)
Πίεση	Δύναμη ανά μονάδα επιφάνειας	$kg/(m \cdot s^2)$ (pascal, Pa)
Ενέργεια	Δύναμη επί την απόσταση που διανύεται	$kg \cdot m^2 / s^2$ (joule, J)

Συνηθισμένα προθέματα στο SI

Πρόθεμα	Πολλαπλάσιο	Σύμβολο
μεγα	10^6	M
κιλο	10^3	k
δεκατο	10^{-1}	d
εκατοστο	10^{-2}	c
χιλιοστο	10^{-3}	m
μικρο	10^{-6}	μ
νανο	10^{-9}	n
πικο	10^{-12}	p

Δύο τα πιθανά μοντέλα για την ύλη

- Ένα στο οποίο η ύλη είναι συνεχώς διαιρούμενη σε μικρότερες μονάδες, (συνεχής θεώρηση της ύλης).
- Ένα στο οποίο υπάρχει όριο μονάδων, (ασυνεχής θεώρηση της ύλης).
- Σήμερα γνωρίζουμε πως όντως η δομή της ύλης είναι ασυνεχής, (πρώτος ο Δημόκριτος το είχε υποστηρίξει) μόνο που είναι αρκετά πιο περίπλοκη από ότι μπορούσαμε μέχρι και πρόσφατα να φανταστούμε.



Δεκαετία 60 ανακάλυψη «κουάρκς» μικρών σωματιδίων που απαρτίζουν τα νετρόνια και πρωτόνια. 1974 ανακάλυψη πληθώρας νέων σωματιδίων

Η κατανόηση της δομής των ατόμων είναι πρωταρχικής σημασίας για την κατανόηση του φυσικού κόσμου

Μοντέλο Dalton Παραδοχές

1. Η ύλη αποτελείται από αδιαίρετα άτομα, (πολύ μικρά σωματίδια ύλης που διατηρούν την ταυτότητα τους κατά τις χημικές αντιδράσεις).
2. Στοιχείο, είναι μια μορφή ύλης που αποτελείται από ένα είδος ατόμων.
3. Χημική ένωση είναι μια μορφή ύλης που αποτελείται από άτομα δύο ή περισσότερων στοιχείων που ενώνονται με χημικό τρόπο με απλή και σταθερή χημική αναλογία.
4. Χημική αντίδραση είναι η αναδιάταξη των ατόμων των ουσιών που αντιδρούν και η δημιουργία στις ουσίες που σχηματίζονται, νέων χημικών συνδυασμών.



Σημαντικές ανακαλύψεις ακολούθησαν το μοντέλο του Dalton

- Ανακάλυψη αρνητικού ηλεκτρισμού στις καθοδικές ακτίνες, (Thomson) τα σωματίδια αρνητικού φορτίου, (έτσι τα χαρακτήρισε ο Perrin) ονομάζονται από τον Stoney ηλεκτρόνια.
- Ο Roentgen ανακαλύπτει τις ακτίνες X.
- Ο Becquerel ανακαλύπτει πως οι ενώσεις του U εκπέμπουν ακτινοβολία άγνωστη ως τότε.
- Η Curie την ονομάζει ραδιενέργεια και από τη μελέτη της προκύπτουν: τα σωματίδια α, (πυρήνες He) τα σωματίδια β, και γ .

Άρα το άτομο του Dalton αποτέλεσε παρελθόν.

Σύμφωνα με τον Bohr

- Αν ένα ηλεκτρόνιο αρνητικού φορτίου (-1) περιστρέφεται γύρω από πυρήνα που περιέχει πρωτόνιο με θετικό φορτίο, (+1) για κάθε σταθερό άτομο ισχύει ότι η ηλεκτροστατική έλξη πρωτονίου και ηλεκτρονίου ισούται με τη φυγόκεντρο δύναμη.

$$k e^2 / r^2 = m u^2 / r$$

Ηλεκτροστατική έλξη φυγόκεντρο δύναμη

Όπου **k**: σταθερά αναλογίας, **r**: η απόσταση πρωτονίου νετρονίου, **m**: η μάζα του ηλεκτρονίου, **u**: η ταχύτητα του ηλεκτρονίου στην τροχιά του.

- Το ηλεκτρόνιο μπορεί να βρίσκεται μόνο σε συγκεκριμένες θέσεις και αποστάσεις από τον πυρήνα. **Η θέση του ηλεκτρονίου είναι κβαντισμένη.**

Σύμφωνα με τον Bohr

- Οι επιτρεπτές αποστάσεις καθορίστηκαν με την παραδοχή πως η στροφορμή του ηλεκτρονίου είναι ακέραιο πολλαπλάσιο της ποσότητας $h/2\pi$.
Όπου h : η σταθερά Planck = $6,62607 \times 10^{-34} \text{J.s}$

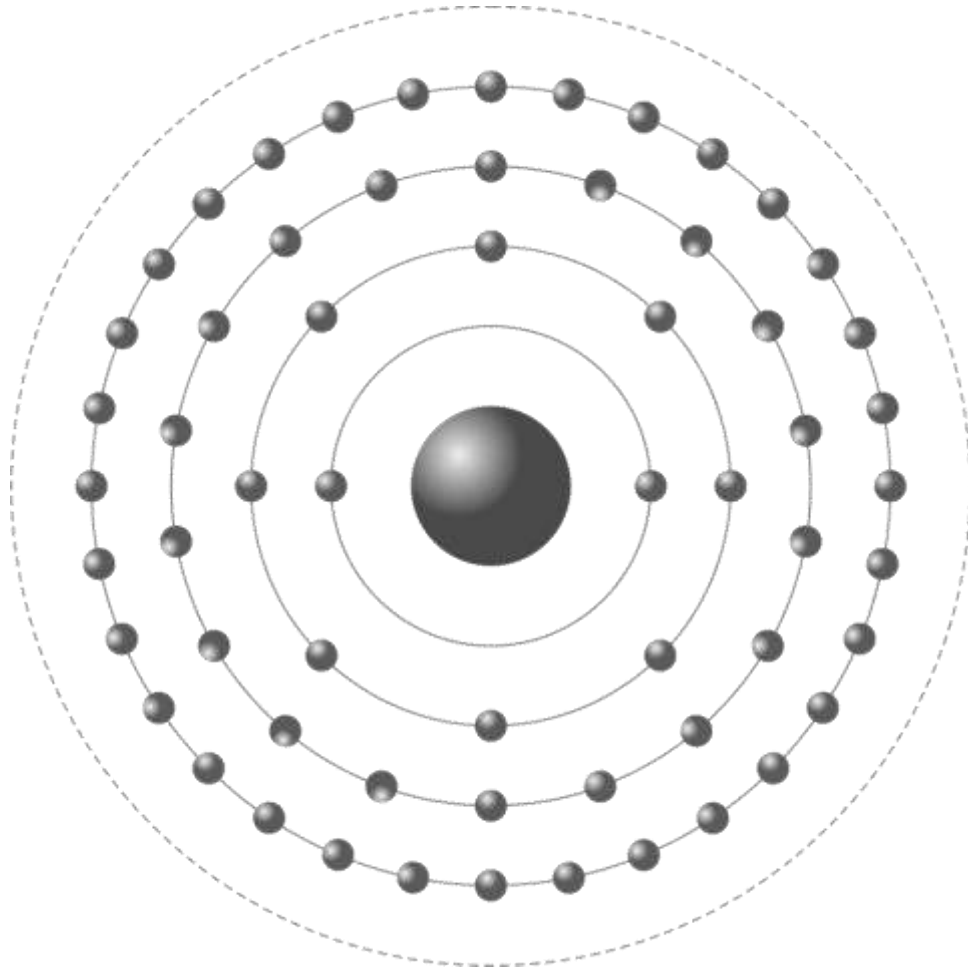
Δηλαδή $mvr = nh/2\pi$ όπου n ο κύριος κβαντικός αριθμός $n=1,2,3\dots$

- Αφού $k e^2 / r^2 = m u^2 / r$ και $mvr = nh/2\pi$ έπεται πως
 $mvr = k e^2 / u$

Με αναδιάταξη των εξισώσεων προκύπτει πως $ke^2/u = nh/2\pi$

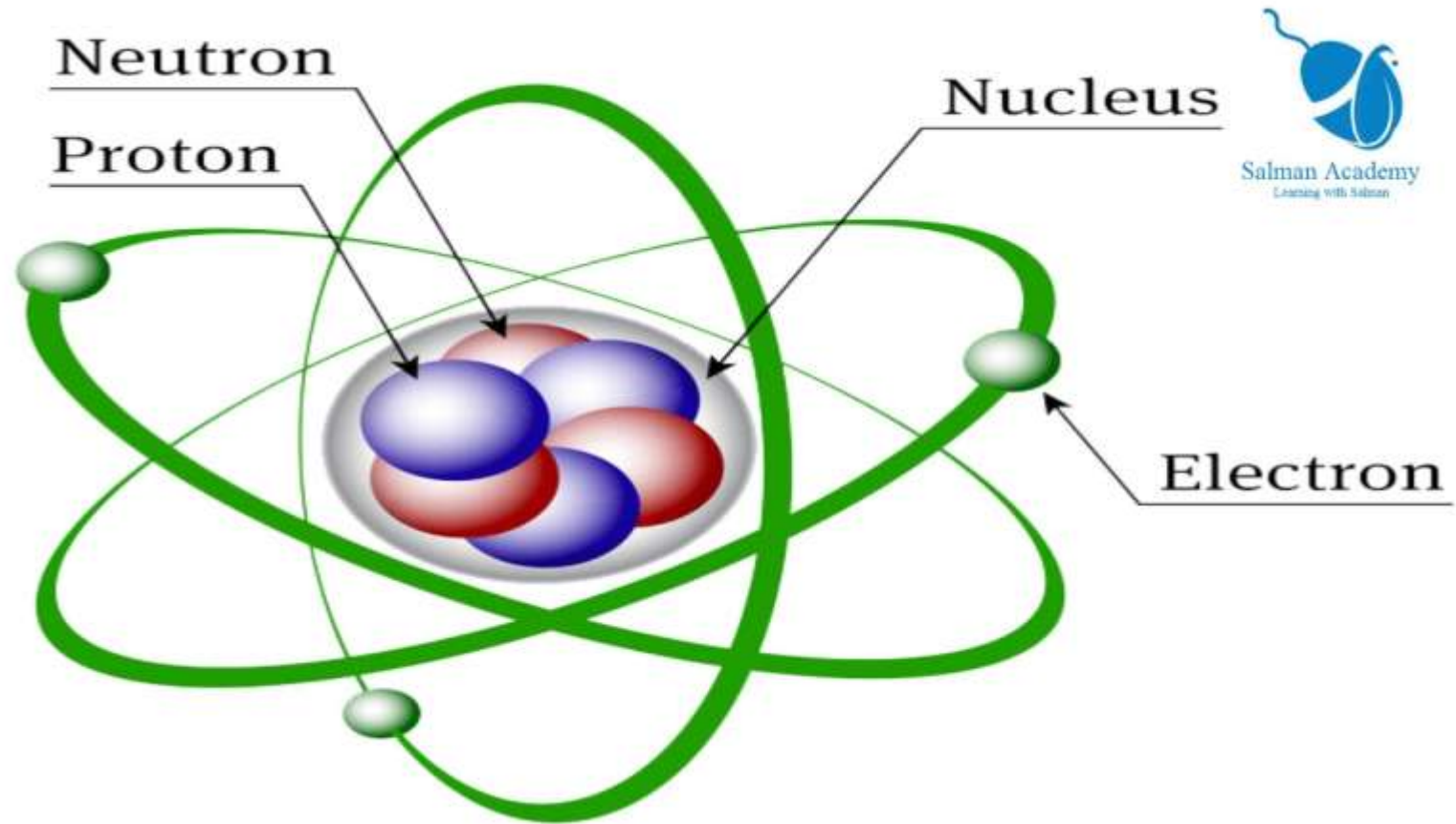
- Για κάθε επιτρεπτή ακτίνα η ταχύτητα του ηλεκτρονίου θα είναι $u = nh / (2\pi mr)$
- Τελικά $r = (n^2 h^2) / (4\pi^2 m k e^2)$

Τα ηλεκτρόνια κινούνται σε στιβάδες γύρω από τον πυρήνα

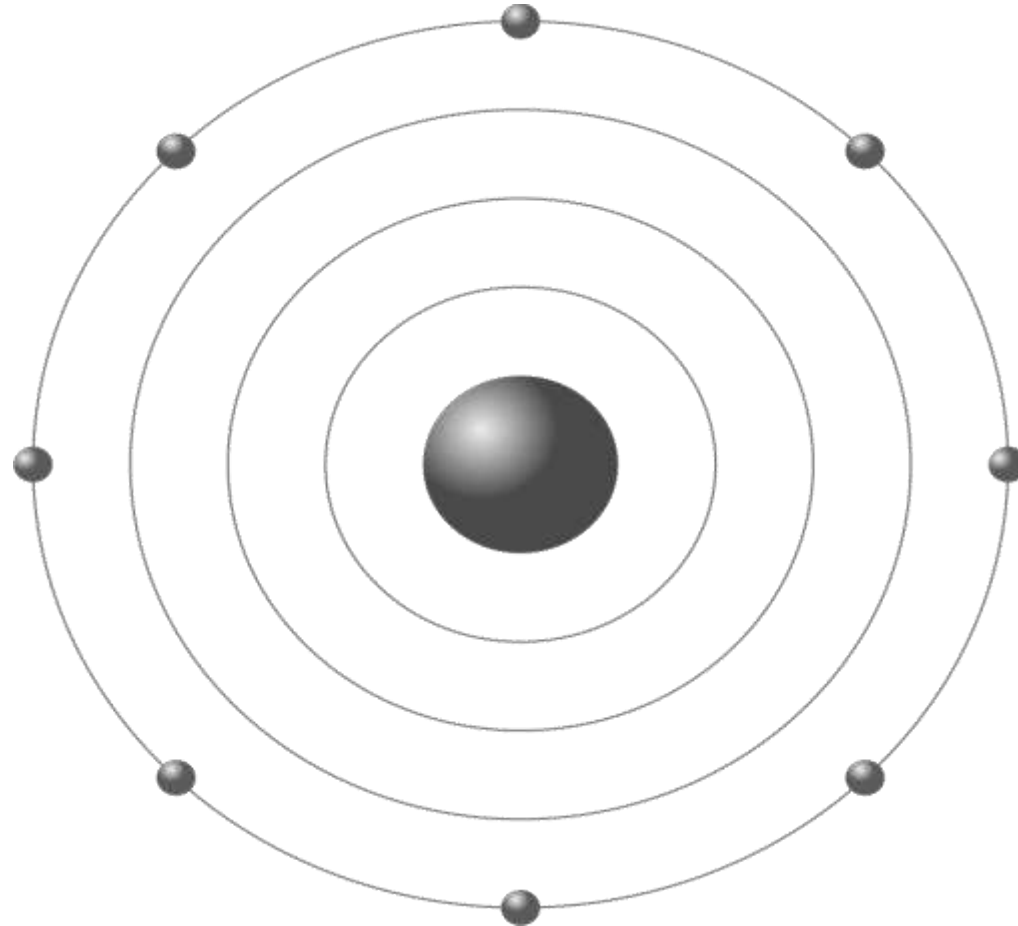


Μέγιστος
αριθμός
ηλεκτρονίων
 $2n^2$

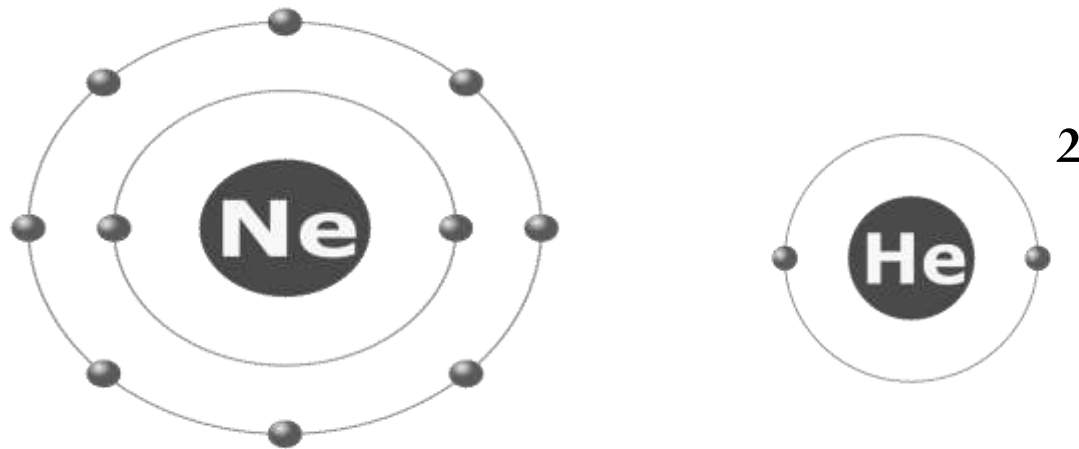
Δομή ατόμου



Η Εξωτερική στιβάδα του ατόμου έχει μέχρι 8 ηλεκτρόνια

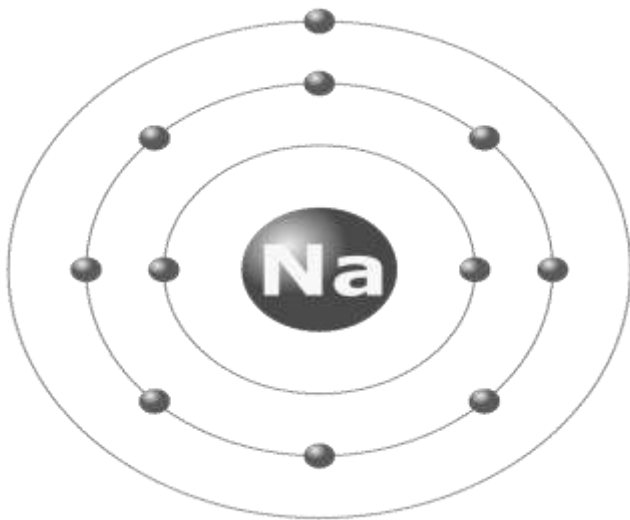


Τα ευγενή αέρια έχουν την εξωτερική στιβάδα συμπληρωμένη και παρουσιάζουν σταθερή ηλεκτρονική διαμόρφωση

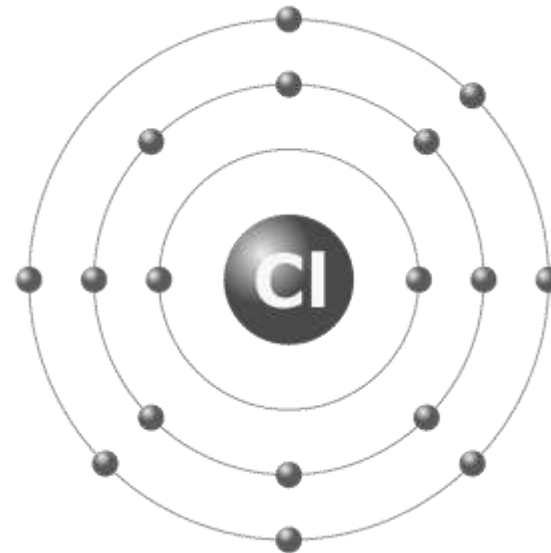


Τα άτομα προσλαμβάνουν ή αποβάλλουν ηλεκτρόνια και μετατρέπονται σε αρνητικά ή θετικά αντίστοιχα ιόντα, με σκοπό να αποκτήσουν δομή ευγενούς αερίου.

Κατιόν
Na⁺



Ανιόν
Cl⁻



Ενέργεια ιοντισμού

Πρώτη ενέργεια ιοντισμού, (I_1) ενός ατόμου, είναι η ελάχιστη ενέργεια η οποία απαιτείται για την απομάκρυνση του εξώτερου ηλεκτρονίου, (αυτού με την υψηλότερη ενέργεια), από το ουδέτερο άτομο στη θεμελιώδη κατάσταση και στην αέρια φάση.



Ισχύει πάντα $I_1 < I_2 < I_3 \dots\dots\dots$

Ηλεκτρονική συγγένεια

Ως ηλεκτρονική συγγένεια, ορίζεται ως η μεταβολή της ενέργειας η οποία λαμβάνει χώρα κατά την προσθήκη ενός ηλεκτρονίου σε ένα ουδέτερο άτομο στην θεμελιώδη κατάσταση αυτού. Στην περίπτωση σχηματισμού σταθερού ανιόντος, εκλύεται ενέργεια και το πρόσημο της ηλεκτρονικής συγγένειας είναι αρνητικό.



Ηλεκτραρνητικότητα

Η ηλεκτραρνητικότητα είναι ένα μέτρο της ικανότητας του ατόμου που βρίσκεται σε ένα μόριο, να έλκει δεσμικά ηλεκτρόνια προς το μέρος του.

Όνομα στοιχείου	Ατομικό Σύμβολο	Φυσική κατάσταση
Αζωτο	N	Άχρωμο αέριο
Ανθρακας, Γραφίτης Διαμάντι	C	Μαύρο μαλακό στερεό Σκληρός άχρωμος κρύσταλλος
Αργίλιο	Al	Αργυρόλευκο μέταλλο
Άργυρος	Ag	Αργυρόλευκο μέταλλο
Ασβέστιο	Ca	Αργυρόλευκο μέταλλο
Βάριο	Ba	Αργυρόλευκο μέταλλο
Βρώμιο	Br	Καστανέρυθρο υγρό
Ήλιο	He	Άχρωμο αέριο
Θείο	S	Κίτρινο στερεό
Ιώδιο	I	Κυανόμαυρο στερεό
Κάλιο	K	Μαλακό αργυρόλευκο μέταλλο
Κασσίτερος	Sn	Αργυρόλευκο μέταλλο
Κοβάλτιο	Co	Αργυρόλευκο μέταλλο
Μαγγάνιο	Mn	Γκριζόλευκο μέταλλο

Μαγνήσιο	Mg	Αργυρόλευκο μέταλλο
Μόλυβδος	Pb	Κυανωπό- λευκό μέταλλο
Νάτριο	Na	Μαλακό αργυρόλευκο μέταλλο
Νέο	Ne	Άχρωμο αέριο
Νικέλιο	Ni	Αργυρόλευκο μέταλλο
Οξυγόνο	O	Άχρωμο αέριο
Πυρίτιο	Si	Γκρίζο στιλπνό στερεό
Σίδηρος	Fe	Αργυρόλευκο μέταλλο
Υδράργυρος	Hg	Αργυρόλευκο λευκό μέταλλο
Φθόριο	F	Άχρωμο αέριο
Φώσφορος	P	Ωχροκίτρινο αέριο
Χαλκός	Cu	Κιτρινωπό – λευκό κηρώδες στερεό
Χλώριο	Cl	Κιτρινοπράσινο αέριο
Χρυσός	Au	Μαλακό κίτρινο μέταλλο
Χρώμιο	Cr	Αργυρόλευκο μέταλλο
Ψευδάργυρος	Zn	Κυανωπό – λευκό μέταλλο

Νουκλίδιο, ονομάζεται κάθε ατομικό είδος, που χαρακτηρίζεται από δύο αριθμούς, **τον ατομικό Z** και **τον μαζικό A**.



- **Ατομικός αριθμός Z** είναι ο αριθμός των πρωτονίων του πυρήνα.

Αφού σε ένα ουδέτερο άτομο ο αριθμός των πρωτονίων του πυρήνα ισούται με τον αριθμό των ηλεκτρονίων ο ατομικός αριθμός δίνει και τον αριθμό των ηλεκτρονίων.

- **Μαζικός αριθμός A** είναι ο συνολικός αριθμός πρωτονίων και νετρονίων, (νουκλεονίων) του πυρήνα.
- Αν **N** ο αριθμός των νετρονίων του πυρήνα, τότε ισχύει:

$$N = A - Z$$

ΙΣΟΤΟΠΑ - ΙΣΟΒΑΡΗ

- **Ισότοπα στοιχεία**

Νουκλίδια με τον **ίδιο ατομικό αριθμό Z** και **διαφορετικό μαζικό A**, **ονομάζονται ισότοπα.**

Π.χ. $_{17}^{35}\text{Cl}$: 17p 18N 17e

$_{17}^{37}\text{Cl}$: 17p 20N 17e

Τα ισότοπα διαφέρουν στον αριθμό νετρονίων του πυρήνα και άρα στην ατομική μάζα. Έχουν **ίδιες χημικές ιδιότητες** αφού έχουν ίδιο αριθμό πρωτονίων και ηλεκτρονίων.

ΙΣΟΤΟΠΑ - ΙΣΟΒΑΡΗ

- **Ισοβαρή στοιχεία**

Είναι άτομα διαφορετικών στοιχείων με **ίδιο μαζικό αριθμό** αλλά **διαφορετικό ατομικό αριθμό**. Διαφέρουν τόσο στις φυσικές όσο και στις χημικές ιδιότητες.

Ατομική μάζα

- Αν και ο Dalton διατύπωσε την άποψη ότι όλα τα άτομα ενός στοιχείου έχουν την ίδια χαρακτηριστική μάζα, σήμερα είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε ότι ένα φυσικό στοιχείο, είναι δυνατόν να είναι μίγμα ισοτόπων που το κάθε ένα έχει τη δική του μάζα.
- Ανεξάρτητα από την προέλευση του στοιχείου, τα ποσοστά των ισοτόπων του, παραμένουν ίδια.
- Άρα υπολογίζονται για το κάθε φυσικό στοιχείο, μέσες ατομικές μάζες.

- Μεμονωμένα άτομα δεν είναι δυνατόν να ζυγιστούν,
- προσδιορίζεται η μέση μάζα κάποιου ατόμου σε σχέση με τη μέση μάζα κάποιου άλλου ατόμου.
- Οι σχετικές ατομικές μάζες, αναφέρονται ως ατομικές μάζες.

- Ο Dalton χρησιμοποίησε κλίμακα ατομικών μαζών βασισμένη στο υδρογόνο,
- Αργότερα αντικαταστάθηκε με κλίμακα βασισμένη στο οξυγόνο.

Σήμερα:

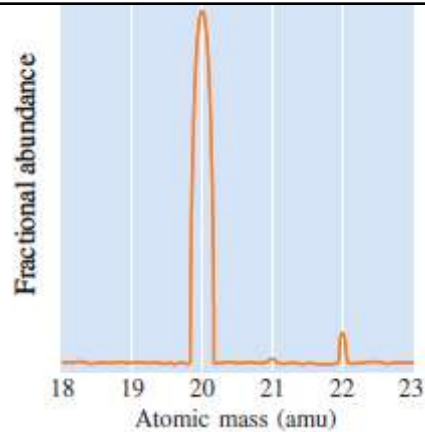
- **Χρησιμοποιείται κλίμακα βασισμένη στο ισότοπο του άνθρακα -12.**
- Σε ειδικό όργανο, το φασματοφωτόμετρο μάζας, συγκρίνεται η μάζα συγκεκριμένου ατόμου, με τη μάζα του ισότοπου του άνθρακα -12
- Στο ισότοπο του άνθρακα-12, αποδίδεται μάζα 12 ατομικών μονάδων μάζας (**atomic mass units, amu ή u**)
- Άρα μια ατομική μονάδα μάζας είναι ίση με το 1/12 της μάζας ενός ατόμου άνθρακα -12.

Σε μονάδες SI **1 amu = 1,66054 x 10⁻²⁷ Kg**

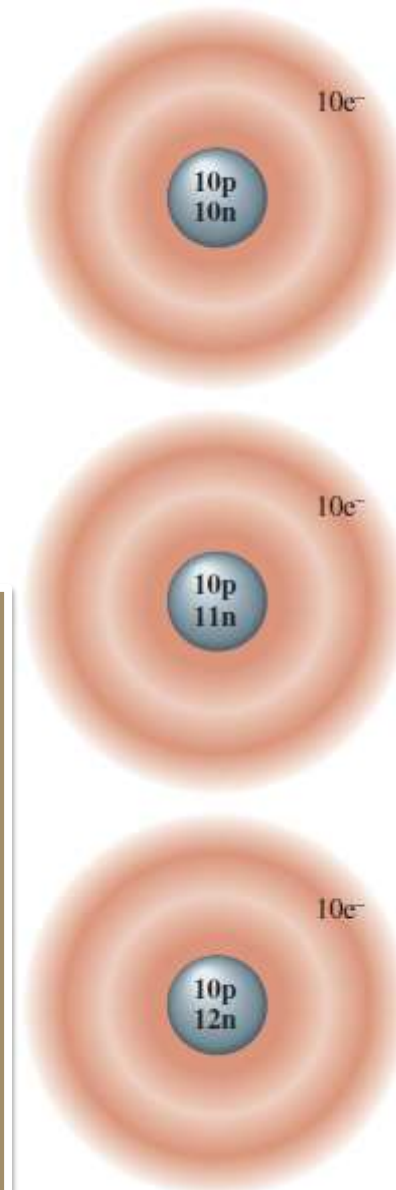
Φασματοφωτόμετρο μάζας:
Μετρά τις μάζες ατόμων και
τις μάζες μορίων



General Chemistry, Ebbing Gammon, 9th Edition



Το Νέο τρία ισότοπα:
Ne-20, Ne-21, Ne-22
Ανάλογα με το ποσοστό
του κάθε ισότοπου στο
στοιχείο,
διαμορφώνεται και το
ύψος κάθε κορυφής στο
φάσμα μάζας του
στοιχείου



Το ποσοστό ατόμων ισοτόπου
στοιχείου, καλείται κλασματική
αφθονία του συγκεκριμένου ισοτόπου,
στο στοιχείο

**Η ατομική μάζα, ενός στοιχείου,
υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τη μάζα
του κάθε ισοτόπου του, επί την αντίστοιχη
κλασματική αφθονία και τέλος
προσθέτοντας όλες τις τιμές.**

ΠΡΟΣΟΧΗ

Η σχετική ατομική μάζα ή ατομικό
βάρος, (A_r), είναι καθαρός αριθμός
Η ατομική μονάδα εκφράζεται σε amu
Η μάζα mol σε g/mol

- Υπάρχουν τρία σταθερά ισότοπα νέον. Χρησιμοποιώντας τα πιο κάτω δεδομένα να υπολογίσετε την ατομική μάζα του νέον. Να αποδώσετε με τέσσερα σημαντικά ψηφία το αποτέλεσμα.

Ισότοπο	Κλασματική αφθονία	Ισοτοπική Μάζα (amu)
Νέο-20	0,9048	19,99244
Νέο-21	0,0027	20,99385
Νέο-22	0,0925	21,99139

- Ο λόγος $^{51}\text{V}/^{12}\text{C} = 4,2453$. Να υπολογίσετε τη μάζα σε amu του ^{51}V . Να αποδώσετε με τρία σημαντικά ψηφία το αποτέλεσμα

Main-Group Elements (left) and **Main-Group Elements** (right)

Transition Metals (center)

Inner Transition Metals (bottom)

Lanthanides and **Actinides** (bottom)

Legend:
 Metal
 Metalloid
 Nonmetal

Period	1 IA		Transition Metals										Main-Group Elements						18 VIIIA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	1 H 1.00794												5 B 10.811	6 C 12.0107	7 N 14.0067	8 O 15.9994	9 F 18.9984032	10 Ne 20.1797	
2	3 Li 6.941	4 Be 9.012182	Transition Metals										13 Al 26.9815386	14 Si 28.0855	15 P 30.973762	16 S 32.065	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948	
3	11 Na 22.98976928	12 Mg 24.3050	3 IIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8	9 VIIIB	10	11 IB	12 IIB	13 Al 26.9815386	14 Si 28.0855	15 P 30.973762	16 S 32.065	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948	
4	19 K 39.0983	20 Ca 40.078	21 Sc 44.955912	22 Ti 47.867	23 V 50.9415	24 Cr 51.9961	25 Mn 54.938045	26 Fe 55.845	27 Co 58.933195	28 Ni 58.6934	29 Cu 63.546	30 Zn 65.409	31 Ga 69.723	32 Ge 72.64	33 As 74.92160	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.798	
5	37 Rb 85.4678	38 Sr 87.62	39 Y 88.90585	40 Zr 91.224	41 Nb 92.90638	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.90550	46 Pd 106.42	47 Ag 107.8682	48 Cd 112.411	49 In 114.818	50 Sn 118.710	51 Sb 121.760	52 Te 127.60	53 I 126.90447	54 Xe 131.293	
6	55 Cs 132.9054519	56 Ba 137.327	71 Lu 174.967	72 Hf 178.49	73 Ta 180.94788	74 W 183.84	75 Re 186.207	76 Os 190.23	77 Ir 192.217	78 Pt 195.084	79 Au 196.966569	80 Hg 200.59	81 Tl 204.3833	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98040	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)	
7	87 Fr (223)	88 Ra (226)	103 Lr (262)	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (266)	107 Bh (264)	108 Hs (277)	109 Mt (268)	110 Ds (281)	111 Rg (272)	112 Uub (285)	113 Uut (284)	114 Uuq (289)	115 Uup (288)	116 Uuh (291)		118 Uuo (294)	
			Inner Transition Metals																
			Lanthanides																
			57 La 138.90547	58 Ce 140.116	59 Pr 140.90765	60 Nd 144.244	61 Pm (145)	62 Sm 150.36	63 Eu 151.964	64 Gd 157.25	65 Tb 158.92535	66 Dy 162.500	67 Ho 164.93032	68 Er 167.259	69 Tm 168.93421	70 Yb 173.04			
			Actinides																
			89 Ac (227)	90 Th 232.03806	91 Pa 231.03588	92 U 238.02891	93 Np (237)	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)			

• **Περίοδοι: Οριζόντιες σειρές του Περιοδικού Πίνακα**

➤ 7 Περίοδοι

- 1^η : 2 στοιχεία, υδρογόνο (H) και ήλιο (He)
- 2^η : 8 στοιχεία
- 3^η : 8 στοιχεία
- 4^η : 18 στοιχεία
- 5^η : 18 στοιχεία
- 6^η : 32 στοιχεία στην πραγματικότητα, αλλά το τελευταίο μέρος της στο τέλος του Π.Π.
- 7^η : Στοιχεία της επίσης στο τέλος του Π.Π.

• **Ομάδες: Κάθετες στήλες του Περιοδικού Πίνακα**

- 18 Ομάδες
- 8 κύριες
- 10 δευτερεύουσες

Αμερική: Αρίθμηση ομάδων με λατινικούς αριθμούς και γράμματα Α ή Β (κύριες και δευτερεύουσες)
Η Διεθνής Ένωση Καθαρής και Εφαρμοσμένης Χημείας (IUPAC), χρησιμοποιεί αριθμούς μόνο.

PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS

<http://www.ktf-split.hr/periodni/en/>

GROUP	PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS																18	
1	IIA										IIIA						18	
1	1.0079											4.0026						
1	H											He						
PERIOD	1											18						
1	1.0079											4.0026						
2	3	4											10					
2	Li	Be											Ne					
3	11	12											18					
3	Na	Mg											Ar					
4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	55	56	57-71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
6	Cs	Ba	La-Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	87	88	89-103	104	105	106	107	108	109	110	111	112						
7	Fr	Ra	Ac-Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuu	Uub						

RELATIVE ATOMIC MASS (A)

GROUP IUPAC

GROUP CAS

ATOMIC NUMBER

SYMBOL

ELEMENT NAME

Metal Semimetal Nonmetal
 Alkali metal Chalcogens element
 Alkaline earth metal Halogens element
 Transition metals Noble gas
 Lanthanide
 Actinide

STANDARD STATE (25 °C; 101 kPa)

Ne - gas Fe - solid
Ga - liquid Tc - synthetic

LANTHANIDE

57 138.91	58 140.12	59 140.91	60 144.24	61 (145)	62 150.36	63 151.96	64 157.25	65 158.93	66 162.50	67 164.93	68 167.26	69 168.93	70 173.04	71 174.97
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
LANTHANUM	CERIUM	PRASEODYMIUM	NEODYMIUM	PROMETHIUM	SAMARIUM	EUROPIUM	GADOLINIUM	TERBIUM	DYSPROSIUM	HOLMIUM	ERBIUM	THULIUM	YTTERBIUM	LUTETIUM

ACTINIDE

89 (227)	90 232.04	91 231.04	92 238.03	93 (237)	94 (244)	95 (243)	96 (247)	97 (247)	98 (251)	99 (252)	100 (257)	101 (258)	102 (259)	103 (262)
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
ACTINIUM	THORIUM	PROTACTINIUM	URANIUM	NEPTUNIUM	PLUTONIUM	AMERICIUM	CURIUM	BERKELIUM	CALIFORNIUM	EINSTEINIUM	FERMIUM	MENDELEVIUM	NOBELIUM	LAWRENCIUM

(1) Pure Appl. Chem., 73, No. 4, 667-683 (2001)
Relative atomic mass is shown with five significant figures. For elements having no stable nuclides, the value enclosed in brackets indicates the mass number of the longest-lived isotope of the element.

However three such elements (Th, Pa, and U) do have a characteristic terrestrial isotopic composition, and for these an atomic weight is tabulated.

Inner Transition Metals

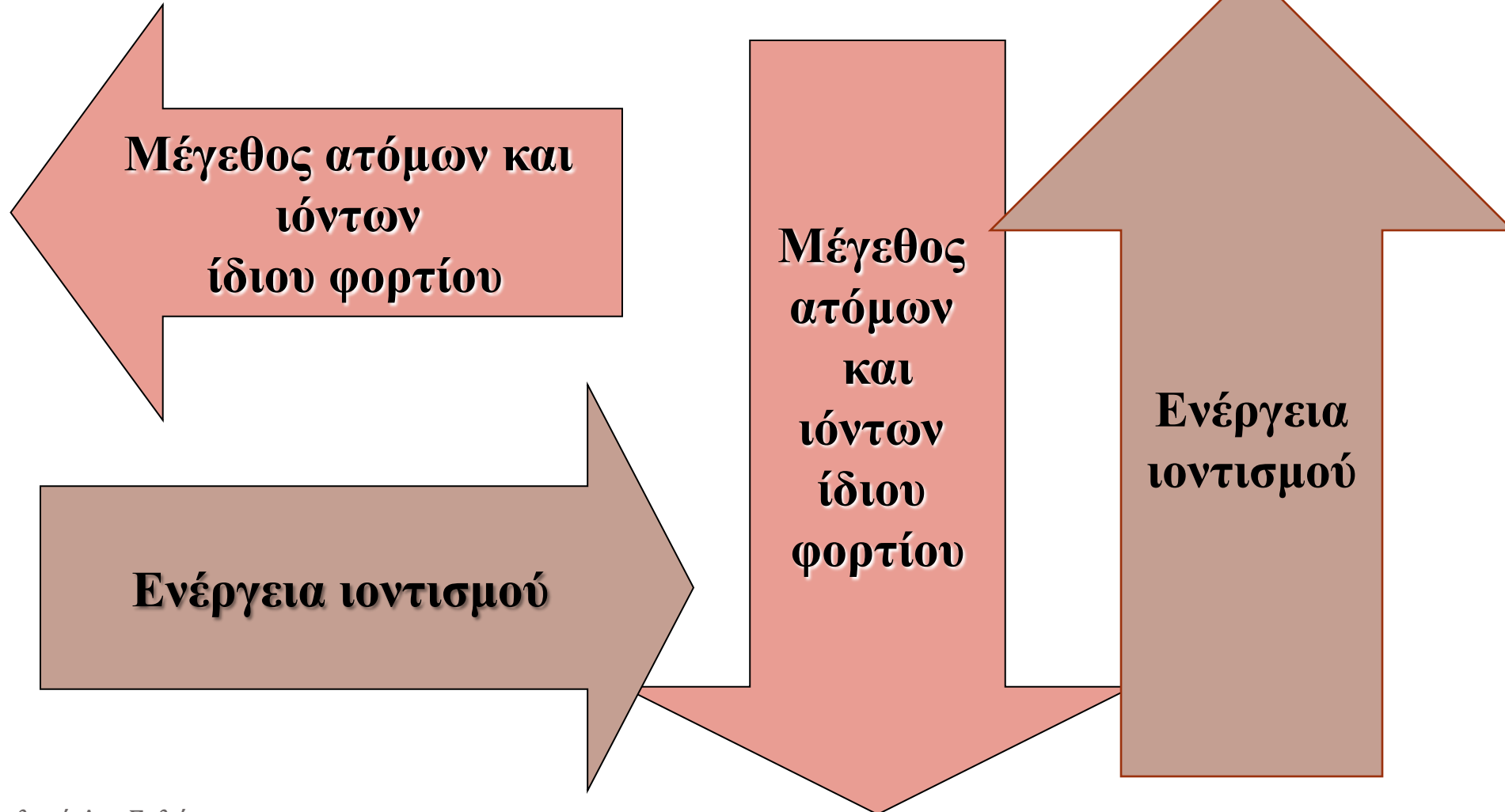
Editor: Aditya Vardhan (adivard@netlinx.com)

Διάκριση των στοιχείων του ΠΠ σε μέταλλα και αμέταλλα

- **Μέταλλα:** Χημικές ουσίες ή μίγματα με χαρακτηριστική λάμψη. Καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού και της θερμότητας, ελατά και όλκιμα. Εκτός του υγρού υδραργύρου, τα υπόλοιπα είναι σε θερμοκρασία δωματίου στερεά. Τα άτομα των μεταλλικών στοιχείων, παρουσιάζουν σχετικά μικρή ενέργεια ιοντισμού,
- **Αμέταλλα:** Δεν εμφανίζουν τα χαρακτηριστικά των μετάλλων. Τα πιο πολλά είναι αέρια ή στερεά και το μοναδικό υγρό αμέταλλο είναι το βρώμιο. Τα άτομά τους παρουσιάζουν σχετικά μεγάλη ενέργεια ιοντισμού.
- **Μεταλλοειδή ή ημιμέταλλα:** Εμφανίζουν ταυτόχρονα ιδιότητες μετάλλου και αμέταλλου. Πρόκειται συνήθως για στοιχεία που είναι καλοί ημιαγωγοί: Όταν είναι καθαρά είναι κακοί αγωγοί του ηλεκτρισμού σε $T_{\text{δωματίου}}$. Σε υψηλότερες θερμοκρασίες, γίνονται μέτρια καλοί αγωγοί.

Περίοδος

Ομάδα



Βιβλιογραφία

- ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΓΕΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ (10η Διεθνής Έκδοση), Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 41964283, Έκδοση: 1η/2014, Συγγραφείς: Darrell Ebbing, Steven Gammon, ISBN: 978-618-5061-02-9, Τύπος: Σύγγραμμα, Διαθέτης (Εκδότης): ΤΡΑΥΛΟΣ & ΣΙΑ ΟΕ
- Εισαγωγή στην ανόργανη και γενική Χημεία, Κωδικός βιβλίου στον Εύδοξο: 68407230, Έκδοση: 2^η έκδοση/2014, Συγγραφείς: Νικόλαος Χατζηλιάδης, ISBN: 9789609322072, Τύπος: Σύγγραμμα, Διαθέτης (Εκδότης): UNIBOOKS, ΙΚΕ.
- Γενική Χημεία, 13^η έκδοση, Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 50655974, Έκδοση: 13^η/2015, Συγγραφείς: Brown T. - LeMay E. - Burste B. - Murphy C. - Woodward P. - Stoltzfus M., ISBN: 978-960-418-515-3, Τύπος: Σύγγραμμα, Διαθέτης (Εκδότης): ΕΚΔΟΣΕΙΣ Α. ΤΖΙΟΛΑ & ΥΙΟΙ Α.Ε.
- Γενική και Ανόργανη Χημεία, Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 22766911, Έκδοση: 1^η έκδ./2012, Συγγραφείς: Λάλια - Καντούρη Μαρία, Παπαστεφάνου Στέργιος, ISBN: 978-960-456-335-7, Τύπος: Σύγγραμμα, Διαθέτης (Εκδότης): Ζήτη Πελαγία & Σια Ι.Κ.Ε.
- https://www.orange.k12.nj.us/cms/lib7/NJ01000601/Centricity/Domain/420/Chemical_Reactions_PowerPoint.ppt
- https://www.ccusd93.org/cms/lib/AZ02204140/Centricity/Domain/926/Understanding_the_Law_of_Conservation_of_Mass_Power_Point.ppt
- https://www.dpsid.org/cms/lib/TX01001079/Centricity/Domain/1783/Law%20of%20Conservation%20of%20Mas_s_2017-18.ppt