

ΓΕΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ

(1)

Σύγγραμμα: "Σύγχρονη Γενική Χημεία" Ebbing & Gammon

Τρεις σημαντικοί λόγοι για να μάθουμε χημεία:

1. Πρακτικές εφαρμογές
2. Πνευματικό εγχείρημα - ερμηνεία του υλικού κόσμου
3. Επίδραση σε πολλά επιστημονικά πεδία (Βιολογία, Ιατρική, Περιβαλλοντική)

Επιστήμη της σύστασης και της δομής των υλικών καθώς και των μεταβολών στις οποίες αυτά υπόκεινται.

Τέλη 18^{ου} αι. Οι χημικοί άρχισαν να δίνουν προσοχή στις αυριβείς ποσότητες των ουσιών που χρησιμοποιούσαν στα πειράματά τους.

Κεντρική ιδέα: Η ύλη αποτελείται από άτομα → Μόρια

Οι συγκεκριμένες διατάξεις των ατόμων μέσα στα μόρια αλληλοδιορίζουν τις πολλές και ποικίλες ιδιότητες των υλικών

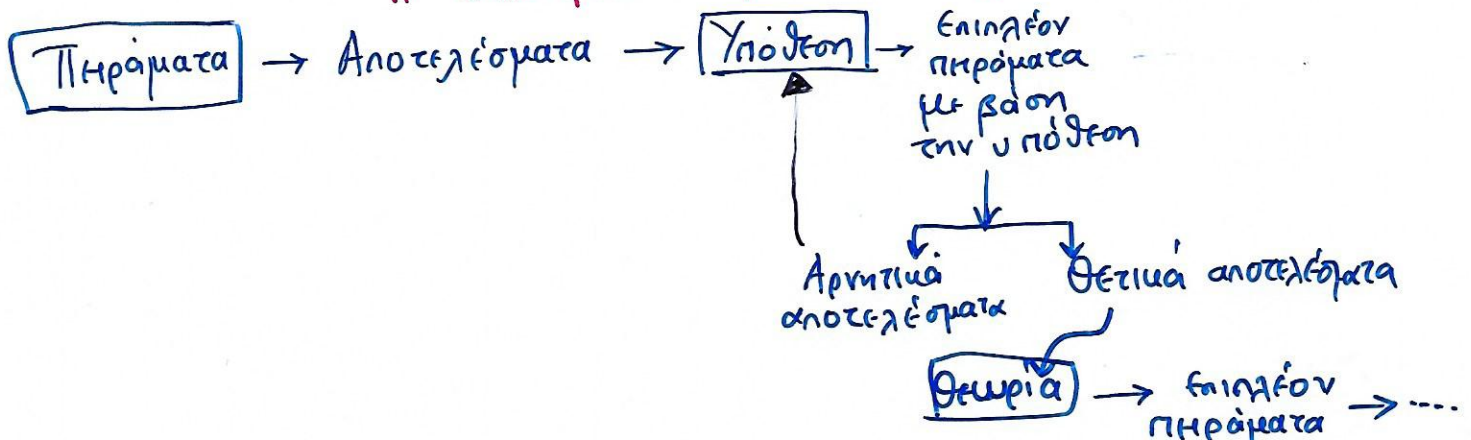
↓
Δυνατότητα σύνδεσης μορίων "κατά παραγγελία"

Παράδειγμα: → Ανιρίνη $\xrightarrow{\text{σύνδεση}}$ "Πορφύρα της Τύρου"
(από μόριο)

- Οθόνες υφών προστάλλων: ραβδόμορφα μόρια
- Καλώδια οπτικών κώνων: λεπτά νήματα από εξαιρετικά καθαρό γυαλί.
- DNA: τεράστιο μόριο όπου αποθηκεύεται γενετική πληροφορία.

Πως προχωράει η επιστήμη

Η Επιστημονική μέθοδος εργασίας



Πείραμα: Η παρατήρηση ενός φυσικού φαινομένου που διεξάγεται με ελεγχόμενο τρόπο, έτσι ώστε τα αποτελέσματα να μπορούν να αναπαραχθούν και να εξαχθούν λογικά συμπεράσματα.

(2)

↓ Παρατήρηση κάποιας σχέσης ή κανονικότητας στα αποτελέσματα

Νόμος: Μια περιεχτική διατύπωση ή μαθηματική εξίσωση για κάποια θεμελιώδη σχέση ή κανονικότητα της φύσης

Π.χ. Νόμος διατήρησης της μάζας: Η ποσότητα της ύλης κατά τη διάρκεια μιας χημικής μεταβολής παραμένει σταθερή.

(Antoine Lavoisier 1743-1794)

Σύστημα ουσιών πριν και μετά από μια χημική μεταβολή
Αποσαφήνιση φαινομένου της καύσης



Ύλη: Φυσική κατάσταση και χημική σύσταση

Στερεό
Ακαμψία
Σχετικά αυφιέστερο
με σταθερό όγκο και σχήμα

Υγρό
Ρευστό
Σταθερός όγκος
'όχι σταθερό σχήμα
Σχετικά αυφιέστερο

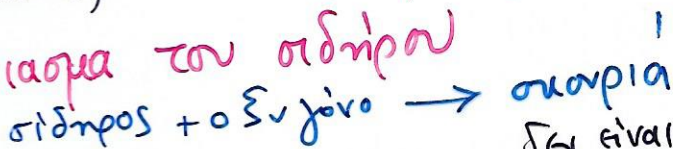
Αέριο
Ρευστό
Εύκολα συμπίεστο
'όχι σταθερός όγκος
'όχι σταθερό σχήμα

Ατμός: Η αέρια κατάσταση ενός υγρού που κανονικά εμφανίζεται ως υγρό ή στερεό

Φυσική μεταβολή: Η ύλη αλλάζει μορφή αλλά όχι χημική ταυτότητα
(φυσικές ιδιότητες)
 Π.χ. διαλυση κλωρίδιου νατρίου (κοινό αλάτι) σε νερό
 ο διαχωρισμός μπορεί να γίνει με φυσικό τρόπο (π.χ. απόσταξη)

Χημική μεταβολή (ή χημική αντίδραση): Ένα ή περισσότερα είδη ύλης μετατρέπονται σε νέα είδη ύλης.
(χημικές ιδιότητες)

Π.χ. οξείδωση του σιδήρου



δεν είναι δυνατό από τη σκουριά να ανακτηθούν ο σίδηρος και το οξυγόνο με φυσικό τρόπο

Ουσία : Ένα είδος ύλης που δεν μπορούμε να διαχωρίσουμε σε άλλα είδη ύλης με οποιονδήποτε φυσικό τρόπο.

Π.χ. Χλωρίδιο νατρίου μέσα σε νερό (αλατόνερο) : μίγμα ουσιών



Δεν "σπάει" σε άλλες ουσίες με φυσικό τρόπο

Μια ουσία ανεξάρτητα από την προέλευσή της έχει πάντοτε τις ίδιες χαρακτηριστικές ιδιότητες.

Π.χ. Χλωρίδιο νατρίου : Τήνεται στους 801°C
→ Νερό θάλασσας
→ Μέσω χημικής αντίδρασης

Στοιχείο : Μια ουσία που δεν μπορεί να διασπαστεί σε απλούστερες ουσίες μέσω οποιασδήποτε χημικής αντίδρασης

(Lavoisier) 1789 → Κατάλογος με 33 στοιχεία (τα 20 ήταν πράγματα)

Σήμερα : 118 στοιχεία

Ένωση : Μια ουσία που αποτελείται από δύο ή περισσότερα στοιχεία τα οποία είναι ενωμένα χημικά

→ Μια καθαρή ένωση περιέχει πάντοτε τα στοιχεία της σε καθορισμένη (σταθερή) αναλογία μαζών ← Νόμος σταθερής σύστασης (Joseph Louis Proust 1754-1826)

Π.χ. 1 gr χλωρίου νατρίου → 0,3934 gr νατρίου
→ 0,6066 gr χλωρίου

Μίγμα : Ένα υλικό που μπορεί να διαχωριστεί σε δύο ή περισσότερες ουσίες με φυσικό τρόπο. ← όχι σταθερή σύσταση αλλά μεταβλητή

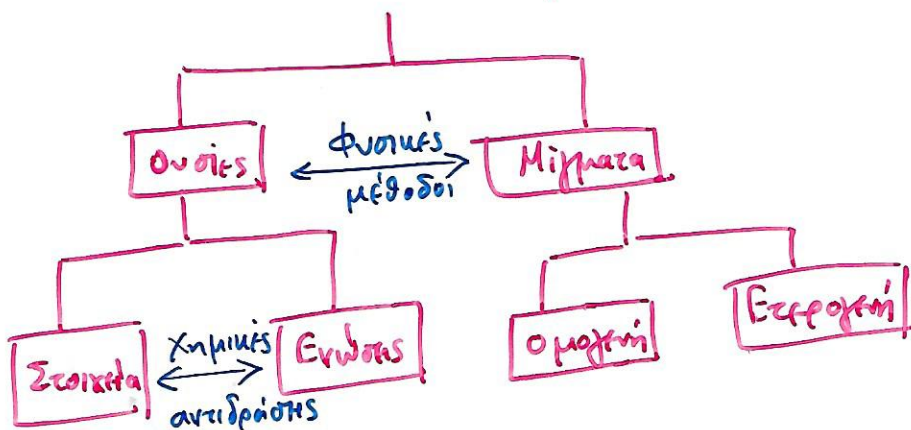
↳ Ετερογενές : Δεν έχει ενιαία σύσταση σε όλη του την έκταση
Τα συστατικά του διακρίνονται είτε με γυμνό μάτι ή με μικροσκόπιο : Π.χ. ζάχαρη + αλάτι

↳ Ομογενές (ή διάλυμα) : Ενιαία σύσταση και ίδιες ιδιότητες σε όλη του την έκταση.

Π.χ. αλατόνερο, αέρας

Υλη (υλικά)

4



Φάση: Τμήμα φυσικού υλικού (αερίων, υγρών, στερεών), το οποίο είναι ομογενές στη σύσταση και τις ιδιότητες, έχει διακριτά όρια, και μπορεί να διαχωριστεί από άλλες φάσεις με φυσικό τρόπο.

Π.χ. Ετερογενές μίγμα από αλάτι και ζάχαρη
 ↓ φάση 1 (καθαρή ουσία) ↓ φάση 2 (καθαρή ουσία)
 Κύβοι πάχυν σε νερό
 ↓ φάση 1 (καθαρή ουσία) ↓ φάση 2 (καθαρή ουσία)
 Πάχυν βυθίζονται μέσα στη θάλασσα (Διάλυμα)

Φυσικές μετρήσεις

Μετρήσεις και σημαντικά ψηφία

Μέτρηση: Σύγκριση μιας φυσικής ποσότητας με μια μονάδα μέτρησης

π.χ. ↓ μάζα ----- Kg ↓
 μήκος ----- cm

Επαναληψιμότητα μέτρησης (τυχαίο σφάλμα): Πόσο κοντά μεταξύ τους είναι τα αποτελέσματα των μετρήσεων μιας ποσότητας

Ακρίβεια μέτρησης (συστηματικό σφάλμα): Πόσο κοντά είναι το αποτέλεσμα μιας μεμονωμένης μέτρησης στην αληθινή τιμή.

Παράδειγμα: Μέτρηση μήκους μίας ράβδου με έναν χάρακα
 Παίρνουμε τρεις μετρήσεις: 9,12 cm, 9,13 cm, 9,11 cm

Αρβραίοτητα για το τρίτο ψηφίο

Η μέση τιμή είναι 9,12 cm και λέμε ότι έχει τρία σημαντικά ψηφία

5

Είναι όλα τα βεβαία ψηφία μιας μετρημένης τιμής (ή ενός αποτελέσματος υπολογισμών με μετρημένες τιμές), συν ένα επιπλέον τελικό ψηφίο που έχει αβφβαιότητα

Αριθμός σημαντικών ψηφίων: Ο αριθμός των αναγραφόμενων ψηφίων στην τιμή μιας ποσότητας (μετρημένης ή υπολογισμένης) που δείχνει την ακριβειότητα της τιμής

Κανόνες: 1. Όλα τα ψηφία είναι σημαντικά, εκτός από μηδενικά στην αρχή του αριθμού και ενδεχομένως κάποια τερματικά μηδενικά

0,912 cm (3) 0,00912 cm (3) 9,12 cm (3)

2. Τερματικά μηδενικά δεξιά της υποδιαστολής είναι σημαντικά ψηφία

8,00 cm (3) 8,120 cm (4) 80,0 cm (3) 0,170 cm (3)

3. Σε ακεραίους αριθμούς "συμφωνούμε" τα τερματικά μηδενικά να μην μετρούν ως σημαντικά ψηφία.

Αν "θέλουμε" να μετρούν χρησιμοποιούμε επιστημονικό σύμβολο ή τον "κλάσμα" δεκαδικό

900 m (1) $9 \cdot 10^2$ m (1) $9,0 \cdot 10^2$ m (2) $9,00 \cdot 10^2$ m (3)

Επιστημονικός σύμβολος: $A \cdot 10^n$

Σημαντικά ψηφία σε υπολογισμούς

Πως θα εκφράσουμε το τελικό αποτέλεσμα ενός υπολογισμού; (μετρημένες ποσότητες)

→ Πολλαπλασίωση και διαίρεση: Δίνουμε το τελικό αποτέλεσμα με τόσα σημαντικά ψηφία όσα και η μέτρηση με τα λιγότερα σημαντικά ψηφία

→ Πρόσθεση - αφαίρεση: Δίνουμε τελικό αποτέλεσμα με τόσα δεκαδικά ψηφία, όσα έχει και η μέτρηση με τα λιγότερα δεκαδικά

Παράδειγμα: 0,0634 γραμ. μιας ουσίας διαλύονται σε 25,31 γραμ. νερού. Ποση ποσότητα διαλύεται σε 100,0 γραμ. νερού

$$100,0 \times \frac{0,0634}{25,31} = 0,250493875 \rightarrow \text{Το αποτέλεσμα πρέπει να έχει 3 σ.ψ.}$$

0,250 γραμ. ουσίας → κάνουμε στρογγυλοποίηση

Στρογγυλοποίηση

Η διαδικασία απορρίψης μη σημαντικών ψηφίων σε ένα αποτέλεσμα υπολογισμών και τροποποίησης του τελευταίου ψηφίου που μένει. 6

Κανόνες : Εστιάζουμε στο πρώτο από αριστερά ψηφίο που πρέπει να απορρίψουμε

Αν είναι ≥ 5 προσθέτουμε μία μονάδα στο ψηφίο που προηγείται και απορρίπτουμε όλα τα άλλα στα δεξιά του

Αν είναι < 5 , τότε απλώς το απορρίπτουμε μαζί με όλα τα άλλα δεξιά του.

Παράδειγμα: Στρογγυλοποίηση των 1,2163 σε 2 ή σε 3 σ.ψ.

$$1, \underline{2}163 \rightarrow 1,22 \text{ (3)}$$

$$1, \underline{2}163 \rightarrow 1,2 \text{ (2)}$$

→ Σε υπολογισμούς δύο ή περισσότερων σταδίων, διατηρούμε τα μη σημαντικά ψηφία των ενδιάμεσων αποτελεσμάτων, γιατί έτσι τα συσσωρευμένα μικρά σφάλματα από τις στρογγυλοποιήσεις δεν εμφανίζονται στο τελικό αποτέλεσμα. Όχι στρογγυλοποίησης σε ενδιάμεσα αποτελέσματα

→ Χρήσιμο να αναγράφουμε ενδιάμεσα αποτελέσματα, υπογραμμίζοντας κάθε φορά το τελευταίο σημαντικό ψηφίο.

Παράδειγμα:

$$3,38 - 3,0 = 0,38 \rightarrow \text{πρέπει να κρατήσουμε ένα δεκάδιο } 0,4 \text{ (κάνουμε και στρογγυλοποίηση)}$$

$$3,38 - 3,00 = \underline{0,38}$$

$$3 + 1,4 + 3,3 = 7,7 \rightarrow \underline{8} \text{ (Σωστό)}$$

$$3 + 1,4 + 3,3 = 4,4 + 3,3 \rightarrow 4 + 3,3 = 7,3 \rightarrow \underline{7} \text{ (Λάθος)}$$

→ όχι ενδιάμεση στρογγυλοποίηση

$$4,18 - 58,16 \times (3,38 - 3,01) = 4,18 - 58,16 \times 0,37 = \\ = 4,18 - 21,5192 = -17,3392 \rightarrow \underline{-17}$$

Ακέραιος αριθμοί : Αριθμοί που δεν έχουν αβραϊότητα. Δεν επιτρέπουν τα σημαντικά ψηφία ενός αποτελέσματος. Καταμέτρηση πράξεων ή ορισμός μονάδων. (π.χ. 1 λίτρο = 2,54 εκατοστά)

Παράδειγμα 1: Μέτρηση 9 κερμάτων. Το καθένα ζυγίζει 3,02 γραμ. Συνολική μάζα : $3,02 \times 9 = 27,18 \text{ γραμ} \rightarrow 27,2 \text{ γραμ. (Σωστό)}$
 $\hookrightarrow 30 \text{ γραμ. (Λάθος)}$

Παράδειγμα 2: Μετρήθηκε μήκος 100 μτ 1,003 ίντσες.

(7)

Πόσο είναι αυτό σε εκατοστά; $1 \text{ in} = 2,54 \text{ cm}$

$$1,003 \text{ in} * \frac{2,54 \text{ cm}}{1 \text{ in}} = 2,54762 \text{ cm} \rightarrow 2,548 \text{ cm}$$

(κυρίως αριθμός)

Δίνε μετρά για τα δ.ψ. των αποτελεσμάτων.

Στρογγυλοποιήστε σε 4 δ.ψ.

Μονάδες μέτρησης

SI: m, Kg, s, K, mol, A, cd

Προθέματα:	M	k	d	c	m	μ	n	p
	10^6	10^3	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}
	μέγα	κιλο	δεκάτο	εκατοστό	χιλιοστό	μικρο	νανο	πικο

Θερμοκρασία K, °C : $T_K = (t_C \times \frac{1K}{1^\circ C}) + 273,15 K$

°F, °C : $t_F = (t_C \times \frac{9^\circ F}{5^\circ C}) + 32^\circ F$

$$t_C = \frac{5^\circ C}{9^\circ F} \times (t_F - 32^\circ F)$$

Παράγωγες μονάδες : Όγκος (=V) : $1 m^3$, $1 L = 1 dm^3$
 $1 mL = 1 cm^3$

Πυκνότητα : $d = \frac{m}{V}$ $\frac{Kg}{m^3}$, $\frac{g}{cm^3}$

→ Χαρακτηριστικό γνώρισμα μιας ουσίας → Η μέτρηση της βοηθάει στην ταυτοποίηση μιας άγνωστης ουσίας.

→ Χρήσιμη για τον έλεγχο καθαρότητας μιας ουσίας

Π.χ. Μια ροδαμμένη (π.χ. με άργυρο ή με χαλκό) ράβδος χρυσού περιμένουμε να έχει πολύ μικρότερη πυκνότητα από αυτή του καθαρού χρυσού.

→ Συσχέτιση μάζας - όγκου : Η αιδανόλη έχει πυκνότητα $0,789 \text{ g/cm}^3$. Πόσος όγκος αιδανόλης πρέπει να προσχέσει σε ομομετρικό κύλινδρο για να έχουμε $19,8 \text{ g}$ αιδανόλης; $d = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{d} = \frac{19,8g}{0,789 \text{ g/cm}^3} = 25,095 \text{ cm}^3 = 25,1 \text{ cm}^3 = 25,1 \text{ mL}$

Μονάδες και Διαστατική Ανάλυση

8

(συντελεστές μετατροπής)

Η μέθοδος υπολογισμού στην οποία οι αριθμητικές τιμές συνοδεύονται σε όλη τις πράξεις από τις αντίστοιχες μονάδες μέτρησης.

Συντελεστής μετατροπής: Μεταφέρει τη μονάδα μέτρησης μιας ποσότητας σε άλλη μονάδα μέτρησης της ίδιας ποσότητας
(Λόγος/κλάσμα)

Π.χ. Μετατροπή $\text{cm}^3 \rightarrow \text{L}$

Γνωρίζουμε ότι $1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3$ και $1 \text{ dm} = 10 \text{ cm}$

Άρα $1 \text{ L} = (10 \text{ cm})^3 = 10^3 \text{ cm}^3 \Rightarrow 1 \text{ L} = 10^3 \text{ cm}^3 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{1 \text{ L}}{10^3 \text{ cm}^3} = 1}$$

Αυτός ο λόγος εκφράζει το ότι $1 \text{ L} = 10^3 \text{ cm}^3$ και είναι ο συντελεστής μετατροπής $\text{cm}^3 \rightarrow \text{L}$

Ένας όγκος $V = 125 \text{ cm}^3 = 125 \text{ cm}^3 \times \frac{1 \text{ L}}{10^3 \text{ cm}^3} = 125 \cdot 10^{-3} \text{ L} = 0,125 \text{ L}$

Ένας όγκος $V = 125 \text{ L} = 125 \cancel{\mu} \times \frac{10^3 \text{ cm}^3}{1 \cancel{\mu}} = 125 \cdot 10^3 \text{ cm}^3$

Μετατροπή $\text{L} \rightarrow \text{cm}^3$

Παράδειγμα με χρήση πολλών διαδοχικών συντελεστών μετατροπής

Πόσα cm είναι 6,51 mi (μίλια);

Δίνονται: $1 \text{ mi} = 5280 \text{ ft}$, $1 \text{ ft} = 12 \text{ in}$, $1 \text{ in} = 2,54 \text{ cm}$

$$\frac{5280 \text{ ft}}{1 \text{ mi}} = 1$$

(mi \rightarrow ft)

$$\frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}} = 1$$

(ft \rightarrow in)

$$\frac{2,54 \text{ cm}}{1 \text{ in}} = 1$$

(in \rightarrow cm)

$$6,51 \text{ mi} = 6,51 \cancel{\text{mi}} \times \frac{5280 \cancel{\text{ft}}}{\cancel{\text{mi}}} \times \frac{12 \cancel{\text{in}}}{1 \cancel{\text{ft}}} \times \frac{2,54 \text{ cm}}{1 \cancel{\text{in}}} = 1047682,94 \text{ cm}$$

Ακριβείς αριθμοί που δεν παίρνουν ρόλο για τα σημαντικά ψηφία του αποτελέσματος

$$= 1050000 \text{ cm}$$

$$= 1,05 \cdot 10^6 \text{ cm}$$

Κεφάλαιο 2 'Ατομα - Μόρια - Ίοντα

Νάτριο: μαλακό αργρό λευκό μέταλλο
εμφυάματα - τοξικό

Χλώριο: Διηλεκτρικό
πρασινίζινο αέριο - πνιγνή οσμή

Αντίδραση με
έξταση ανάφλεξη

Λευκή κρυσταλλινή ουσία
Χλωρίδιο του νατρίου - Μαγνητικό
αλάτι

Πως εξηγούνται οι διαφορετικές ιδιότητες για τις διάφορες μορφές ύλης;
Πως εξηγούνται χημικές αντιδράσεις όπως η παραπάνω;

2.1 Ατομική θεωρία της ύλης

Θεωρία του Dalton (1766-1844): Μια ερμηνεία της δομής της ύλης σφαι-
γμένη στους συνδυασμούς που γίνονται μεταξύ πολύ μικρών σωματιδίων,
των ατόμων.

1. **Άτομο**: Εξαιρετικά μικρό σωματίδιο ύλης που διατηρεί την ταυτότητα
του κατά τη διάρκεια χημικών αντιδράσεων (Σκ. 2.2).

2. **Στοιχείο**: Μια μορφή ύλης που αποτελείται από ένα μόνο είδος ατόμων.
Κάθε άτομο ενός στοιχείου έχει ίδιες ιδιότητες → π.χ. χαρακτηριστική μάζα

3. **Ένωση**: Μορφή ύλης που αποτελείται άτομα δύο ή περισσότερων στοιχείων,
ενωμένων μεταξύ τους με χημικό τρόπο σε αληή και σταθερή αριθμητική
αναλογία
π.χ. Νερό $\begin{matrix} \text{Υδρογόνο } 2 \\ \text{Οξυγόνο } 1 \end{matrix}$

4. **Χημική αντίδραση**: Αναδιάταξη των ατόμων στις αυτές που αντιδρούν και
δημιουργία νέων χημικών συνδυασμών τους στις αυτές που σχηματίζονται.

Ατομικά σύμβολα + Μοτέλα

<p>Άζωτο : N</p> <p>Άνθρακας : C</p> <p>Αργίλιο : Ar</p> <p>Άργερος : Ag</p> <p>Ασβέστιο : Ca</p> <p>Βάριο : Ba</p> <p>Βρώμιο : Br</p> <p>Ήλιο : He</p> <p>Θείο : S</p>	<p>Ιώδιο : I</p> <p>Κάλιο : K</p> <p>Κασσιτερος : Sn</p> <p>Κοβαίτιο : Co</p> <p>Μαγγάνιο : Mn</p> <p>Μαγνήσιο : Mg</p> <p>Μόλυβδος : Pb</p> <p>Νάτριο : Na</p> <p>Νέο : Ne</p>	<p>Νικέλιο : Ni</p> <p>Οξυγόνο : O</p> <p>Πυρίτιο : Si</p> <p>Σίδηρος : Fe</p> <p>Υδράργυρος : Hg</p> <p>Υδρογόνο : H</p> <p>Φθόριο : F</p> <p>Φωσφόρος : P</p> <p>Χαλκός : Cu</p>	<p>Χαλκός : Cu</p> <p>Χλώριο : Cl</p> <p>Χρυσός : Au</p> <p>Χρώμιο : Cr</p> <p>Ψευδάργυρος : Zn</p> <p>Απεικόνιση με σφαίρες (κώδικας)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> O </div> <div style="text-align: center;"> H </div> <div style="text-align: center;"> C </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> CO </div> <div style="text-align: center;"> H₂O </div> </div>
---	---	--	--

Συμπεράσματα ατομικής θεωρίας Dalton

(10)

- Εξήγησε διαφορά μεταξύ στοιχείου και ένωσης
- Ερμήνευσε νόμο διατήρησης της μάζας και νόμο καθορισμένων αναφορών
- Επιπέδον, προβλέπει την ισχύ του νόμου των πολλαπλών αναφορών

Όταν δύο στοιχεία σχηματίζουν περισσότερες από μία ενώσεις, οι μάζες του ενός στοιχείου σε αυτές τις ενώσεις, για μια σταθερή μάζα του άλλου στοιχείου, έχουν μεταξύ τους σχέση μικρών ακέραιων αριθμών.

Παράδειγμα: Μία μάζα άνθρακα (C) αντιδρά με οξυγόνο και παίρνουμε δύο ενώσεις A και B.

Ένωση A: 1,3321 g οξυγόνου για κάθε 1,000 g άνθρακα

Ένωση B: 2,6642 g οξυγόνου για κάθε 1,000 g άνθρακα

$$\frac{m_{\text{O στην A}}}{m_{\text{O στην B}}} = \frac{1,3321}{2,6642} = \frac{1}{2} \rightarrow \text{Αν αυτή είναι π.χ. η ένωση CO}$$

↓

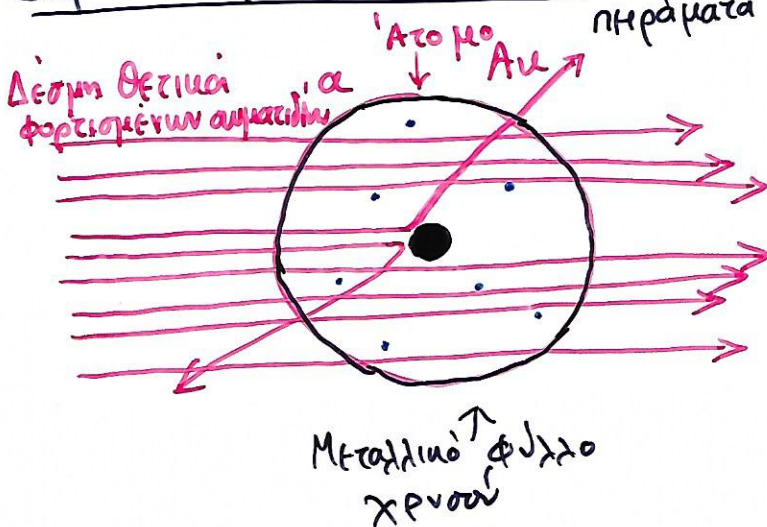
$$\rightarrow \text{Αυτή πρέπει να είναι η CO}_2$$

2.2 Δομή του ατόμου

Ανακάλυψη ηλεκτρονίου (e^-): Πειράματα J.J. Thomson (1897) και Millikan (1909)
Αποδείχτηκε ότι υπάρχουν τα ηλεκτρόνια ως υποατομικά σωματίδια
Ένα e^- έχει μάζα $m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ και φορτίο $q_e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
αρνητικό

~ 1800 φορές μικρότερο
από τη μάζα του H που είναι
το ελαφρύτερο άτομο.

Πυρηνικό πρότυπο του ατόμου: Rutherford (1911) βασισμένος στα πειράματα των Geiger και Marsden



Πειραματική παρατήρηση
Τα περισσότερα από τα σωματίδια α περνούσαν ανεμόδιιστα μέσα από το μεταλλικό φύλλο και μόνο ελάχιστα (πρίπου 1/8000) απέχθιαν σημαντικά από την ευθύγραμμη πορεία τους ή γύριζαν πίσω (ανακλώθηκαν 180°).