

Γενική Χημεία

Νίκος Ξεκουκουλωτάκης
Επίκουρος Καθηγητής

Πολυτεχνείο Κρήτης
Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος
Γραφείο Κ2.125, τηλ.: 28210-37772
e-mail: nikosxek@gmail.com

Κεφάλαιο 2: Ἐν ἀρχῇ ἦν τὰ ἄτομα, Περιεχόμενα



- Ιστορική αναδρομή
- Επιστημονική επανάσταση
- Θεμελιώδεις νόμοι της Χημείας:
 - ✓ Νόμος της διατήρησης της μάζας του Lavoisier
 - ✓ Νόμος των καθορισμένων αναλογιών του Proust
 - ✓ Νόμος των πολλαπλών αναλογιών του Dalton
- Ατομική θεωρία του Dalton
- Κίνηση Brown
- Επιστημονική Μέθοδος

Κεφάλαιο 2: Ἐν ἀρχῇ ἦν τὰ ἄτομα, Περιεχόμενα



- Πειράματα και ανακαλύψεις σχετικά με τη δομή του ατόμου
- Δομή του ατόμου και υποατομικά σωματίδια
 - ✓ Πρωτόνια
 - ✓ Νετρόνια
 - ✓ Ηλεκτρόνια
- Μοντέλα δομής του ατόμου
 - ✓ Μοντέλο του Thomson
 - ✓ Μοντέλο του Rutherford

Κεφάλαιο 2: Ἐν ἀρχῇ ἦν τὰ ἄτομα, Περιεχόμενα



- Ατομικός Αριθμός
- Μαζικός αριθμός
- Ισότοπα
- Σχετικό ατομικό βάρος ή σχετική ατομική μάζα
- Η έννοια του mole



Κεφάλαιο 2: Μαθησιακά Αποτελέσματα

- Αφού μελετήσετε αυτό το κεφάλαιο, θα πρέπει να είστε σε θέση:
- ✓ Να περιγράψετε εν συντομία τις πρώιμες ιδέες της ατομικής θεωρίας.
- ✓ Να περιγράψετε τους θεμελιώδεις νόμους της Χημείας που οδήγησαν στη διατύπωση της ατομικής θεωρίας του Dalton.
- ✓ Να παραθέσετε τα βασικά αξιώματα της ατομικής θεωρίας του Dalton.
- ✓ Να περιγράψετε και να ερμηνεύσετε την κίνηση Brown.
- ✓ Να περιγράψετε εν συντομία την επιστημονική μέθοδο για την απόκτηση της γνώσης.



Κεφάλαιο 2: Μαθησιακά Αποτελέσματα

- ✓ Να περιγράψτε τα βασικά πειράματα που οδήγησαν στην ανακάλυψη των ηλεκτρονίων και στο πυρηνικό μοντέλο της δομής του ατόμου.
- ✓ Να περιγράψτε τη δομή του ατόμου με βάση τα υποατομικά σωματίδια που το αποτελούν, δηλαδή τα πρωτόνια, τα νετρόνια και τα ηλεκτρόνια, κάνοντας αναφορά στα ηλεκτρικά φορτία και στις μάζες των υποατομικών αυτών σωματιδίων.



Κεφάλαιο 2: Μαθησιακά Αποτελέσματα

- ✓ Να χρησιμοποιείτε τα σύμβολα των χημικών στοιχείων, μαζί με τον ατομικό και το μαζικό αριθμό, για να εκφράζετε τη σύσταση των ισοτόπων του σε υποατομικά σωματίδια (πρωτόνια, νετρόνια και ηλεκτρόνια).
- ✓ Να υπολογίζετε τη σχετική ατομική μάζα ενός στοιχείου από τις μάζες των μεμονωμένων ισοτόπων του και την κλασματική του αφθονία.
- ✓ Να κατανοείτε την έννοια του mole και να μπορείτε να τη χρησιμοποιείτε για την πραγματοποίηση υπολογισμών



Ἐν ἀρχῇ ἦν τὰ ἄτομα

- Σιμπλίκιος, *Εἰς Περὶ οὐρανοῦ* 242, 18 (DK 67A14a):
- ✓ «... οὗτοι γὰρ [εννοεῖ ο Λεύκιππος καὶ ο Δημόκριτος] ἔλεγον ἀπείρους εἶναι τῷ πλήθει τὰς ἀρχάς, ὥς καὶ ἀτόμους καὶ ἀδιαιρέτους ἐνόμιζον ... εἶναι ...»
- ✓ Μτφ: Ο Λεύκιππος καὶ ο Δημόκριτος υποστήριζαν ὅτι τα πρῶτα υλικά σώματα (οι πρώτες αρχές των ὄντων) εἶναι **ἀπειρα** σε πλήθος καὶ τα θεωρούσαν **ἄτομα** (ἄτμητα) καὶ **αδιαίρετα**.



Ἐν ἀρχῇ ἦν τὰ ἄτομα

- Σιμπλίκιος, *Εἰς Φυσικά* 36, 1 (DK 67A14):
 - ✓ «...οἱ δὲ περὶ Λεύκιππον καὶ Δημόκριτον τὰ ἐλάχιστα πρῶτα σώματα **ἄτομα** καλοῦντες ...»
 - ✓ Μτφ: ὅσοι συμφωνοῦν με τις ιδέες του Λεύκιππου και του Δημόκριτου αποκαλοῦν τα μικρότερα πρωταρχικά υλικά σώματα **άτομα**.
- Διογένης Λαέρτιος IX 30 (DK67A1):
 - ✓ «... Λεύκιππος ... πρῶτός τε **ἰσχύοντες** ἀρχὰς ὑπεστήσατο ...»
 - ✓ Μτφ: Ο Λεύκιππος εἶναι ο πρῶτος που θεώρησε τα **άτομα** ως πρώτες αρχές των ὄντων.



Ἐν ἀρχῇ ἦν τὰ ἄτομα

- Αριστοτέλης, *Περὶ γενέσεως και φθοράς*, A8, 325 a 2 (DK67A7):
- ✓ Ο Λεύκιππος ἔλεγε ὅτι ... «τὸ ὄν οὐχ ἓν εἶναι, ἀλλ' **ἄπειρα** τὸ πλῆθος καὶ **ἀόρατα** διὰ σμικρότητα τῶν ὄγκων».
- ✓ Μτφ: το ὄν (ἄτομο) δεν εἶναι μόνο ἓνα· εἶναι ἄπειρα στο πλῆθος και ἀόρατα λόγω του πολύ μικροῦ μεγέθους τους.
- ✓ «...καὶ συνιστάμενα μὲν γένεσιν ποιεῖν, διαλυόμενα δὲ φθοράν».
- ✓ Μτφ: και ὅταν συνενώνονται προκαλοῦν την γένεση, ενώ ὅταν χωρίζουν προκαλοῦν την φθορά.
- ✓ «... εἶναι γὰρ ἅττα στερεά, **ἀδιαίρετα** δέ ...»
- ✓ Μτφ: εἶναι λοιπόν αὐτά (ἄτομα) στερεά και **αδιαίρετα**.



Ἐν ἀρχῇ ἦν τὰ ἄτομα

- Σέξτος, *Προς μαθηματικούς* VII, 135: «Δημόκριτος ... λέγει μηδὲν φαίνεσθαι κατ' ἀλήθειαν· ... ἔτεῃ δὲ ἄτομα καὶ κενόν».
- Μτφ.: Ο Δημόκριτος λέει ὅτι τίποτα ἀπὸ αὐτὰ που φαίνεται δεν ανταποκρίνεται στὴν ἀλήθεια· στὴν πραγματικότητα υπάρχουν μόνο τὰ ἄτομα καὶ τὸ κενό.

Ατομική θεωρία της ύλης

- Πρώτοι οι αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι **Λεύκιππος** και **Δημόκριτος** (5^{ος} αιώνας π.Χ.) υποστήριξαν ότι η ύλη δεν είναι δυνατόν να διαιρείται επ' άπειρον.
- Διατύπωσαν τη θεωρία ότι τα υλικά σώματα αποτελούνται πολύ μικρά σωματίδια τα οποία ονόμασαν **άτομα** (α-τέμνω).





Ο Λεύκιππος και ο Δημόκριτος υποστήριξαν ότι:

- ✓ τα υλικά σώματα δεν μπορούν να διαιρεθούν επ' άπειρο
- ✓ κατά συνέπεια, τα υλικά σώματα αποτελούνται από μικρότερα **αδιαίρετα** σωματίδια, τα οποία ονόμασαν **άτομα (α-τέμνω)**
- ✓ τα άτομα είναι άπειρα σε πλήθος και αόρατα λόγω του πολύ μικρού μεγέθους τους
- ✓ υπάρχουν διαφορετικά είδη ατόμων τα οποία διαφέρουν ως προς το σχήμα, τη διάταξη, τη θέση και το μέγεθος (βάρος)
- ✓ το σύμπαν είναι άπειρο σε μέγεθος
- ✓ στο σύμπαν υπάρχουν μόνο τα άτομα και το κενό



Ο Λεύκιππος και ο Δημόκριτος υποστήριξαν ότι:

- ✓ τα άτομα κινούνται συνεχώς (αέναα, είναι αεικίνητα) και τυχαία προς όλες τις κατευθύνσεις στον κενό χώρο του σύμπαντος και συγκρούονται μεταξύ τους
- ✓ οι συγκρούσεις μεταξύ των ατόμων οδηγούν είτε στη συνένωσή τους είτε στη διασπορά τους
- ✓ δεν γίνεται αληθινή συγχώνευση των ατόμων: τα άτομα έρχονται σε επαφή μεταξύ τους και συνενώνονται, αλλά διατηρούν το σχήμα και την ιδιαιτερότητά τους (ταυτότητά τους)
- ✓ η γένεση και η μεταβολή στο κόσμο των όντων (ατόμων) είναι συνεχής και αδιάλειπτη: όλα τα υλικά σώματα γίνονται από τη σύνθεση και το συνδυασμό των ατόμων



Ο Λεύκιππος και ο Δημόκριτος υποστήριξαν ότι:

- ✓ η γνώση η οποία αποκτάται μέσω της διάνοιας (λογικής) είναι γνήσια (καθαρή γνώση) και μας επιτρέπει να κάνουμε σωστές κρίσεις για την αλήθεια.
- Πηγές:
- G.S. Kirk, J.E. Raven, M. Schofield, Οι Προσωκρατικοί Φιλόσοφοι, Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης, Αθήνα, 1990, Κεφάλαιο XV, Οι Ατομιστές: Λεύκιππος ο Μιλήσιος και Δημόκριτος ο Αβδηρίτης, σελίδες 408, 411 και 415.
- H. Diels, W. Kranz, Οι Προσωκρατικοί, Μαρτυρίες και Αποσπάσματα, Εκδ. Παπαδήμα, Αθήνα, 2007, Τόμος Β, Κεφάλαια 67 και 68, σελίδες 151-420.



Συνεχής ή ασυνεχής ύλη?

- Αντίθετα, άλλοι αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι, όπως ο Πλάτωνας και κυρίως ο Αριστοτέλης, υποστήριζαν ότι:
- ✓ η ύλη είναι συνεχής
- ✓ τα υλικά σώματα αποτελούνται από διάφορες αναλογίες 4 στοιχείων, τα οποία ήταν η γη, ο αέρας, η φωτιά, και το νερό (γη, αήρ, πυρ και ύδωρ).
- Οι λανθασμένες αυτές ιδέες του Αριστοτέλη κυριάρχησαν για περίπου 2000 χρόνια!!!



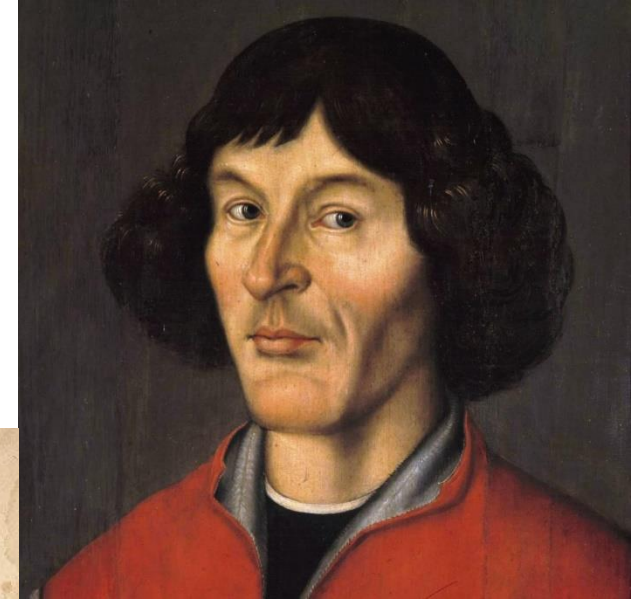
Χημεία

Αλχημεία



Επιστημονική επανάσταση

- Κατά το 16^ο αιώνα ξεκίνησε αυτό που σήμερα ονομάζουμε επιστημονική επανάσταση.
- Η επιστημονική επανάσταση θεωρείται ότι ξεκίνησε το 1543 όταν ο Πολωνός μαθηματικός, γιατρός και αστρονόμος Nicolaus Copernicus (1473-1543) διατύπωσε το **ηλιοκεντρικό μοντέλο του σύμπαντος** στο βιβλίο του *De revolutionibus orbium coelestium* (On the Revolutions of Heavenly Spheres).





Επιστημονική επανάσταση

- Δόθηκε μεγαλύτερη έμφαση στην **παρατήρηση** και στο **πείραμα**.
- Ξεκίνησε σταδιακά η διατύπωση **νόμων** και **θεωριών** για την ερμηνεία του φυσικού κόσμου.
- Κατά την επιστημονική επανάσταση επιτεύχθηκε σημαντική πρόοδος σε όλα τα πεδία επιστημών, συμπεριλαμβανομένης της Χημείας.
- Στις αρχές του 19^{ου} αιώνα, ο Άγγλος John Dalton (1766-1844) (επανα)διατύπωσε τη θεωρία ότι η **ύλη αποτελείται από άτομα**, στηριζόμενος σε νόμους που είχαν διατυπωθεί νωρίτερα, καθώς και σε δικά του πειράματα.



Θεμελιώδεις Νόμοι της Χημείας

- Οι νόμοι οι οποίοι οδήγησαν τον Dalton στη διατύπωση της ατομικής θεωρίας της ύλης ήταν οι εξής:
 - ✓ Νόμος της διατήρησης της μάζας του Lavoisier
 - ✓ Νόμος των καθορισμένων αναλογιών του Proust
 - ✓ Νόμος των πολλαπλών αναλογιών του ίδιου του Dalton

Οι γονείς της σύγχρονης Χημείας

- Οι βάσεις της σύγχρονης Χημείας τέθηκαν το 18^ο αιώνα από το Γάλλο Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794) σε συνεργασία με τη σύζυγο του Marie-Anne Pierette Paulze (1758 –1836).
- <http://www.metmuseum.org/art/collect ion/search/436106>

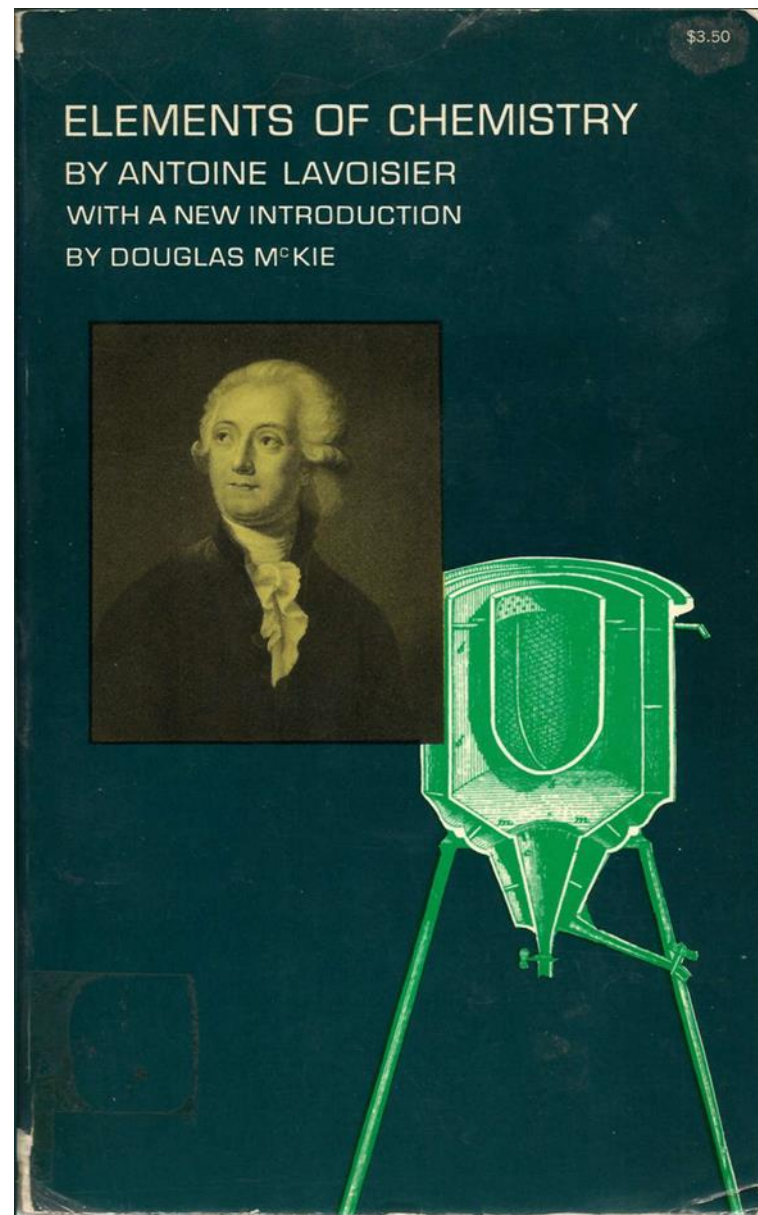


Artist: Jacques Louis David, 1788

Antoine Lavoisier



- *Traité élémentaire de Chimie* (Elements of Chemistry), 1789.
- Το βιβλίο αυτό έθεσε τις βάσεις της σύγχρονης Χημείας.





Νόμος διατήρησης της μάζας

- Ο Lavoisier κάνοντας πολύ προσεκτικές **ποσοτικές μετρήσεις**, δηλαδή ζυγίζοντας τις ουσίες πριν και μετά από μια χημική αντίδραση, το 1789 διατύπωσε το **νόμο της διατήρησης της μάζας**:
- Σε μια χημική αντίδραση η ύλη ούτε δημιουργείται ούτε καταστρέφεται, αλλά **μετασχηματίζεται** (ίση ποσότητα ύλης υπάρχει πριν και μετά τη χημική αντίδραση).
- **Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme**: τίποτα δεν χάνεται, τίποτα δεν δημιουργείται, όλα μετασχηματίζονται.

Νόμος διατήρησης της μάζας: Αναξαγόρας

- Σιμπλίκιος, *εἰς Φυσικά* 163, 20 (DK59B17):
- ... οὐδὲν γὰρ χρῆμα γίνεται, οὐδὲ ἀπόλλυται, ἀλλ' ἀπὸ ἐόντων χρημάτων συμμίσγεται τε και διακρίνεται.
- Μτφ: τίποτα δεν γίνεται ούτε φθείρεται (χάνεται), αλλά συντίθεται από πράγματα που υπάρχουν και αποσυντίθενται.
- Πηγή: G.S. Kirk, J.E. Raven, M. Schofield, *Οἱ Προσωκρατικοί Φιλόσοφοι*, σελίδα 366.



Αναξαγόρας
(500 π.Χ.- 428 π.Χ.)
Αρχαίος Έλληνας
Φιλόσοφος

Το εργαστήριο του Lavoisier



Το εκκρεμές του
Φουκώ (Foucault)

Musée des Arts et Métiers, Paris, <http://www.arts-et-metiers.net/>

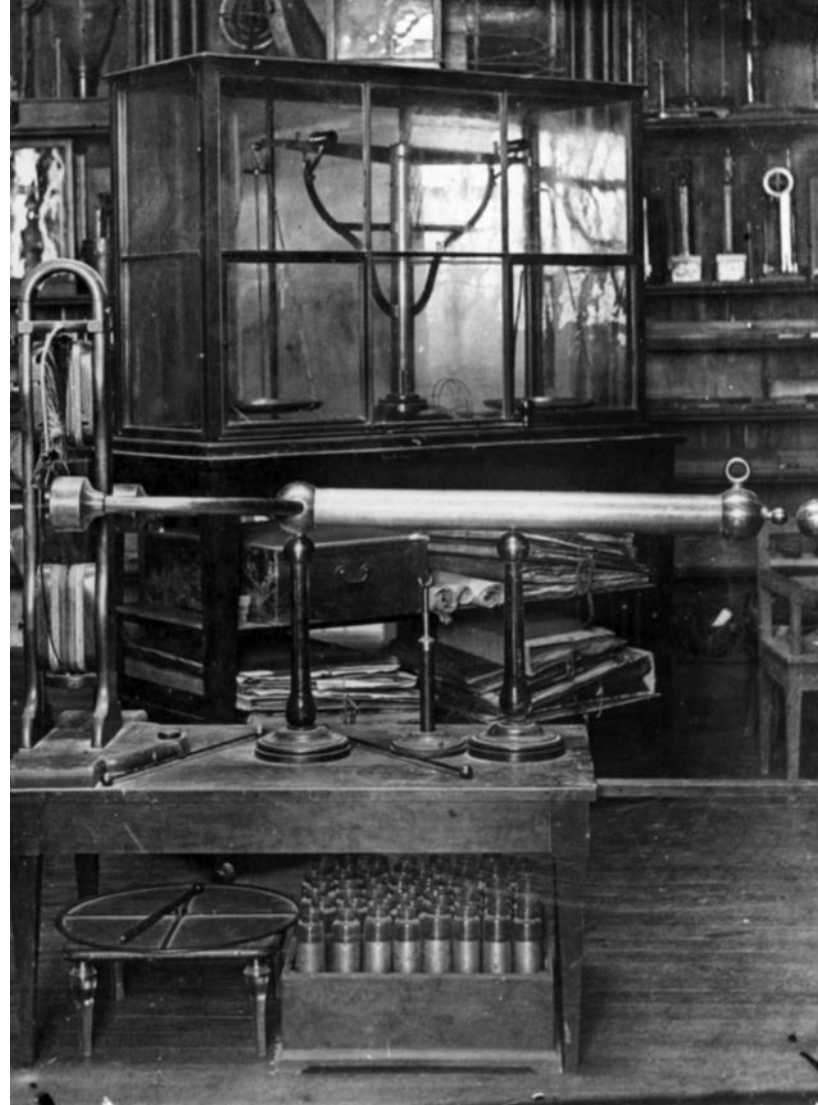
Νόμος διατήρησης της μάζας



Gazomètre de Lavoisier



Ζυγός του Lavoisier



Νόμος διατήρησης της μάζας



- Σύγχρονοι ζυγοί μέτρησης της μάζας.



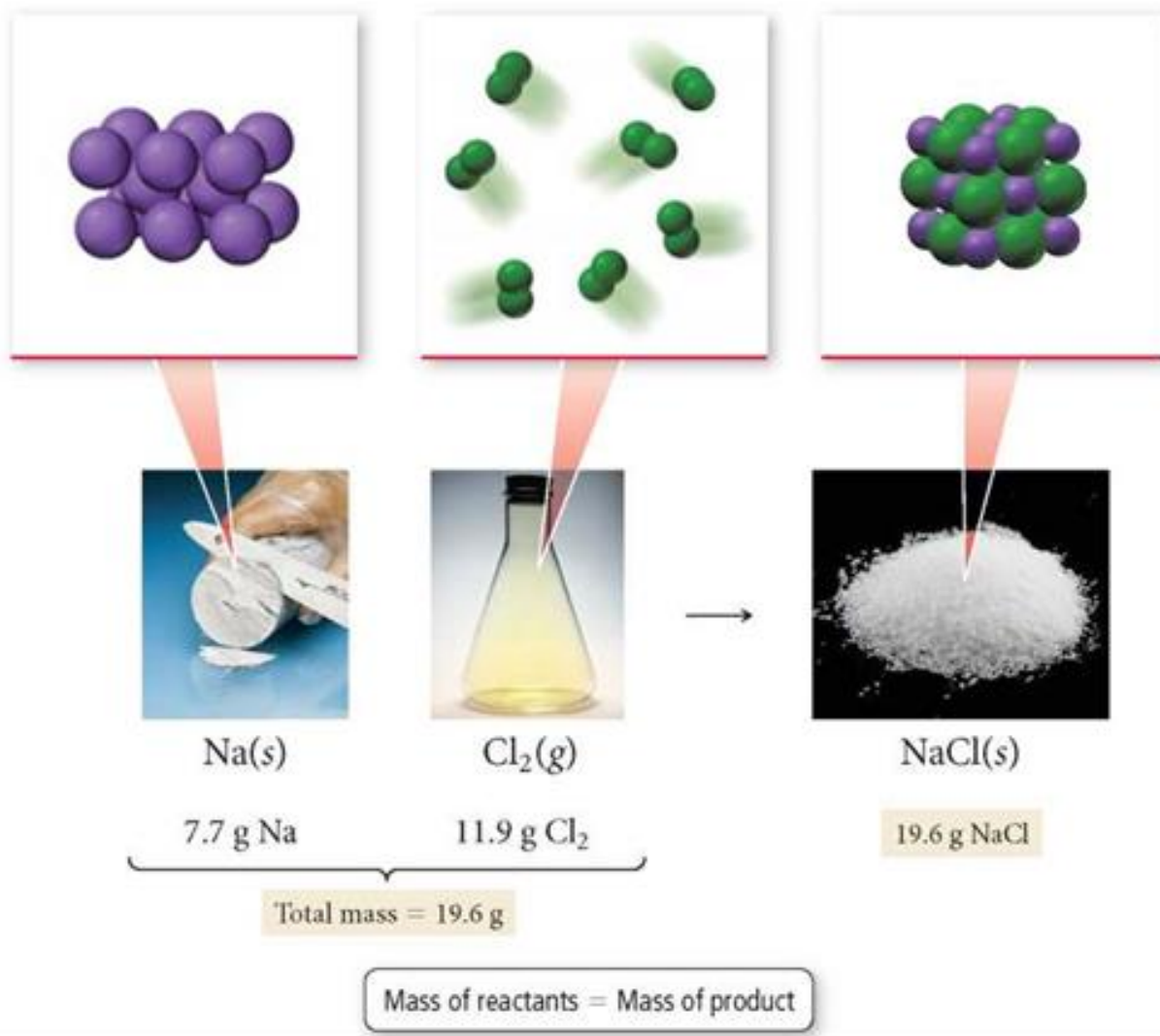
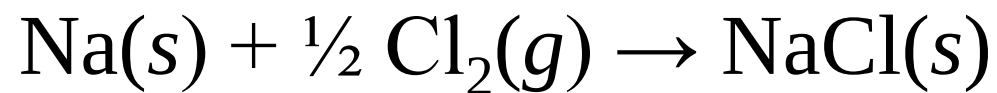
- Οι σύγχρονοι ζυγοί μέτρησης της μάζας έχουν την ικανότητα να μετράνε τη μάζα ενός σώματος σε g με ακρίβεια έως και 5^ο δεκαδικού ψηφίου, δηλαδή 0,00001 g



Νόμος διατήρησης της μάζας

- Μια **χημική αντίδραση** είναι μία διεργασία κατά την οποία μία ή περισσότερες χημικές ουσίες μετατρέπονται σε μία ή περισσότερες διαφορετικές από τις αρχικές χημικές ουσίες.
- Ο νόμος της διατήρησης της μάζας λέει ότι όταν λαμβάνει χώρα μία χημική αντίδραση, η συνολική ποσότητα μάζας των ουσιών που συμμετέχουν στην αντίδραση δεν μεταβάλλεται.
- Έστω για παράδειγμα η αντίδραση μεταξύ του νατρίου (Na) και του χλωρίου (Cl_2) προς σχηματισμό χλωριούχου νατρίου (NaCl).

Νόμος διατήρησης της μάζας





Διατήρηση της μάζας και ατομική δομή

- Ο νόμος διατήρησης της μάζας είναι συνεπής με τη θεωρία ότι η ύλη αποτελείται από μικρά αδιαίρετα σωματίδια (άτομα).
- Τα σωματίδια αυτά (άτομα) αναδιατάσσονται κατά τη διάρκεια μιας χημικής αντίδρασης.
- Ωστόσο, ο συνολικός αριθμός των σωματιδίων (ατόμων) παραμένει σταθερός επειδή τα σωματίδια αυτά (άτομα) είναι αδιαίρετα (τουλάχιστον με χημικές μεθόδους).



Ερώτηση

- Ένα κομμάτι ξύλου καίγεται στο τζάκι.
- Η μάζα της στάχτης που παραμένει μετά την καύση είναι πολύ μικρότερη από τη μάζα του ξύλου.
- Τι απέγινε η ύλη η οποία αποτελούσε το ξύλο?



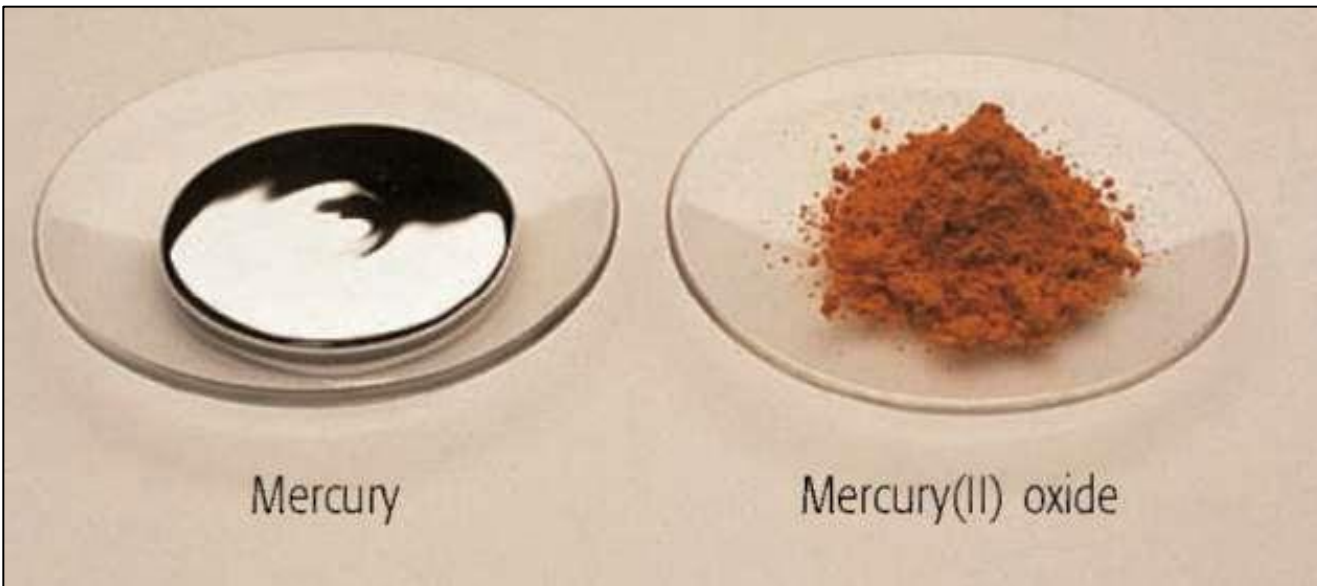
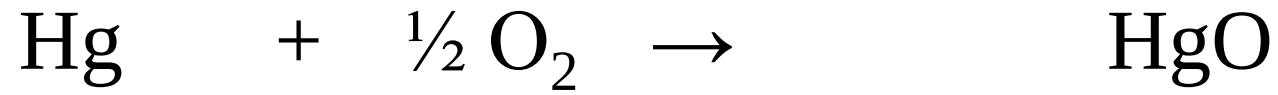
Μάζα και βάρος

- Συχνά γίνεται σύγχυση μεταξύ των όρων **μάζα** και **βάρος**.
- Το βάρος ενός αντικειμένου είναι η δύναμη της βαρύτητας η οποία ασκείται επάνω του.
- Το βάρος ενός σώματος εξαρτάται από τη δύναμη της βαρύτητας η οποία ασκείται επάνω του, π.χ. το βάρος ενός σώματος στη Γη και στη Σελήνη είναι διαφορετικό.
- Η μάζα ενός αντικειμένου είναι η ίδια όπου και αν αυτή μετρηθεί.

Νόμος διατήρησης της μάζας



υδράργυρος + οξυγόνο $\rightarrow$ οξείδιο του υδραργύρου





Παράδειγμα 2.1

- Θερμαίνουμε στον αέρα 2,53 g μεταλλικού υδραργύρου, οπότε παράγονται 2,73 g ενός πορτοκαλέρυθρου στερεού.
- Θεωρούμε ότι γίνεται η αντίδραση:
$$\text{υδράργυρος} + \text{οξυγόνο} \rightarrow \text{οξειδίο του υδραργύρου}$$

(πορτοκαλέρυθρο στερεό)
- Πόση είναι η μάζα του οξυγόνου που αντιδρά;



Παράδειγμα 2.1

- Στη συνέχεια, με ισχυρή θέρμανση διασπούμε το πορτοκαλέρυθρο στερεό, παίρνοντας πίσω τον υδράργυρο και το αέριο οξυγόνο, το οποίο συλλέγουμε σε κατάλληλο δοχείο.
- Πόση είναι η μάζα του οξυγόνου που συλλέγουμε;
- Απάντηση:
- Μάζα οξυγόνου = $2,73 - 2,53 = 0,20 \text{ g}$



Παράδειγμα 2.2

- Κατά την ανάμιξη 10,0 g σκόνης μαρμάρου (ανθρακικό ασβέστιο, CaCO_3) με 50,0 mL υδροχλωρικού οξέος πυκνότητας 1,096 g/mL, το μάρμαρο διαλύεται, ελευθερώνοντας αέριο διοξείδιο του άνθρακα. Το διάλυμα που προκύπτει ζυγίζει 60,4 g.
- Να υπολογίσετε πόσα λίτρα διοξειδίου του άνθρακα ελευθερώθηκαν.
- Δίνεται ότι η πυκνότητα του διοξειδίου του άνθρακα είναι 1,798 kg/m³.
- Σημείωση: Η πυκνότητα του CO_2 ισούται με $1,798 \text{ kg/m}^3 = 1,798 \text{ g/L}$.



Παράδειγμα 2.2

➤ **Απάντηση:**

➤ Υπολογίζουμε τη μάζα του διαλύματος HCl:

$$\rho = \frac{m}{V} \Leftrightarrow m = \rho V \Leftrightarrow m = 1,096 \text{ g/mL} \cdot 50,0 \text{ mL} = 54,8 \text{ g}$$

➤ Άρα, η συνολική μάζα των αντιδρώντων είναι $10,0 + 54,8 = 64,8 \text{ g}$.

➤ Αφού η μάζα του διαλύματος που προκύπτει ισούται με $60,4 \text{ g}$, η μάζα του CO_2 που σχηματίζεται ισούται με: $64,8 - 60,4 = 4,4 \text{ g}$.

➤ Ο όγκος του CO_2 ισούται με:

$$\rho = \frac{m}{V} \Leftrightarrow V = \frac{m}{\rho} \Leftrightarrow V = \frac{4,4 \text{ g}}{1,798 \text{ g/L}} = 2,4 \text{ L}$$



Νόμος των καθορισμένων αναλογιών

- Νόμος της σταθερής σύστασης ή **των καθορισμένων αναλογιών**: διατυπώθηκε το 1797 από τον Γάλλο Χημικό Joseph-Louis Proust (1754-1826).
- Όλα τα δείγματα μίας συγκεκριμένης ένωσης, ανεξάρτητα από την προέλευσή τους ή τον τρόπο παρασκευής τους, περιέχουν τις **ίδιες αναλογίες μαζών** των στοιχείων που την αποτελούν.
- Μία καθαρή ένωση περιέχει πάντοτε τα στοιχεία της σε καθορισμένη (σταθερή) αναλογία μαζών, ανεξάρτητα από τον τρόπο παρασκευής της ή την προέλευσή της.





Νόμος των καθορισμένων αναλογιών

- Για παράδειγμα, 18,0 g νερού περιέχουν 16,0 g οξυγόνου και 2,0 g υδρογόνου, ή ο λόγος οξυγόνου προς υδρογόνο ισούται με:

$$\text{Λόγος μαζών} = \frac{16,0 \text{ g οξυγόνου}}{2,0 \text{ g υδρογόνου}} = 8,0 \text{ ή } 8:1$$

- Αυτός ο λόγος μαζών ισχύει για κάθε δείγμα καθαρού νερού, ανεξάρτητα από την προέλευση του ή τον τρόπο παρασκευής του.
- Ο νόμος των καθορισμένων αναλογιών ισχύει για όλες τις καθαρές ενώσεις.



Νόμος των καθορισμένων αναλογιών

- Η αμμωνία είναι μία ένωση η οποία αποτελείται από άζωτο και υδρογόνο.
- Η αμμωνία περιέχει 14,0 g αζώτου για κάθε 3,0 g υδρογόνου, δίνοντας ένα λόγο αζώτου προς υδρογόνο ίσο με:

$$\text{Λόγος μαζών} = \frac{14,0 \text{ g αζώτου}}{3,0 \text{ g υδρογόνου}} = 4,7 \text{ ή } 4,7:1$$

- Πάλι, αυτός ο λόγος μαζών είναι ίδιος για κάθε δείγμα καθαρής αμμωνίας, ανεξάρτητα από την προέλευσή του ή τον τρόπο παρασκευής του.



Νόμος των καθορισμένων αναλογιών

- Ο νόμος των καθορισμένων αναλογιών υπαινίσσεται την ιδέα ότι η ύλη αποτελείται από άτομα.
- Οι ενώσεις έχουν καθορισμένες αναλογίες μαζών των στοιχείων από τα οποία αποτελούνται επειδή τα άτομα που τις αποτελούν, το καθένα με τη δική του μάζα, υπάρχουν μέσα στην ένωση σε μία καθορισμένη αναλογία.
- Επειδή ο λόγος των ατόμων είναι ο ίδιος για όλα τα δείγματα μιας συγκεκριμένης ένωσης, ο λόγος των μαζών είναι επίσης ίδιος.



Παράδειγμα 2.3

- Δύο δείγματα διοξειδίου του άνθρακα διασπώνται στα στοιχεία από τα οποία αποτελούνται.
- Το ένα δείγμα παράγει 25,6 g οξυγόνου και 9,60 g άνθρακα, ενώ το άλλο παράγει 21,6 g οξυγόνου και 8,10 g άνθρακα.
- Να δείξετε ότι τα αποτελέσματα αυτά είναι συμβατά με το νόμο των καθορισμένων αναλογιών.



Παράδειγμα 2.3: Απάντηση

- Θα υπολογίσουμε το πηλίκο της μάζας του ενός στοιχείου ως προς το άλλο και για τα δύο δείγματα. Για ευκολία θα υπολογίσουμε το πηλίκο της μεγαλύτερης ως προς τη μικρότερη μάζα.

- Για το πρώτο δείγμα:

$$\frac{\text{μάζα οξυγόνου}}{\text{μάζα άνθρακα}} = \frac{25,6 \text{ g}}{9,60 \text{ g}} = 2,67 \text{ ή } 2,67:1$$

- Για το δεύτερο δείγμα:

$$\frac{\text{μάζα οξυγόνου}}{\text{μάζα άνθρακα}} = \frac{21,6 \text{ g}}{8,10 \text{ g}} = 2,67 \text{ ή } 2,67:1$$



Παράδειγμα 2.3: Απάντηση

- Αυτά τα κλάσματα είναι ίδια για τα δύο δείγματα.
- Άρα, αυτά τα αποτελέσματα είναι συμβατά με το νόμο των καθορισμένων αναλογιών.



Παράδειγμα 2.4

- Δύο δείγματα χλωριούχου νατρίου διασπώνται στα στοιχεία από τα οποία αποτελούνται.
- Το πρώτο δείγμα παράγει 6,98 g νατρίου και 15,5 g χλωρίου, ενώ το δεύτερο δείγμα παράγει 20,9 g νατρίου και 23,2 g χλωρίου.
- Να εξηγήσετε αν τα αποτελέσματα αυτά είναι συμβατά με το νόμο των καθορισμένων αναλογιών.



Παράδειγμα 2.4: Απάντηση

- Υπολογίζουμε του λόγους των μαζών των δύο στοιχείων:
- Για το πρώτο δείγμα:

$$\frac{\text{μάζα χλωρίου}}{\text{μάζα νατρίου}} = \frac{15,5 \text{ g}}{6,98 \text{ g}} = 2,22$$

- Για το δεύτερο δείγμα:

$$\frac{\text{μάζα χλωρίου}}{\text{μάζα νατρίου}} = \frac{23,2 \text{ g}}{20,9 \text{ g}} = 1,11$$

- Κατά συνέπεια, τα αποτελέσματα δεν είναι συμβατά με το νόμο των καθορισμένων αναλογιών.



Νόμος των πολλαπλών αναλογιών

- Το 1804, ο John Dalton δημοσίευσε το νόμο των πολλαπλών αναλογιών:
- Όταν δύο στοιχεία (έστω τα A και B) σχηματίζουν δύο διαφορετικές ενώσεις, τότε οι ποσότητες μάζας του στοιχείου B που ενώνονται με 1 g του στοιχείου A μπορούν να εκφραστούν ως ένα πηλίκο ενός μικρού ακέραιου αριθμού.
- Ο Dalton είχε ήδη υποπτευθεί ότι η ύλη αποτελείται από άτομα.



Νόμος των πολλαπλών αναλογιών

- Οπότε, όταν δύο στοιχεία A και B ενώνονται για να σχηματίσουν περισσότερες από μία ενώσεις, ένα άτομο του A ενώνεται είτε με ένα, δύο, τρία, ή περισσότερα άτομα του B (δηλαδή σχηματίζει ενώσεις της μορφής AB , AB_2 , AB_3 , κ.τ.λ.).
- Κατά συνέπεια οι μάζες του B οι οποίες αντιδρούν με μια καθορισμένη μάζα του A πάντοτε σχετίζονται μεταξύ τους ως πηλίκια μικρών ακεραίων αριθμών.



Νόμος των πολλαπλών αναλογιών

- Έστω οι ενώσεις μονοξείδιο του άνθρακα και διοξείδιο του άνθρακα, δύο ενώσεις οι οποίες αποτελούνται από δύο στοιχεία: άνθρακα και οξυγόνο
- Όπως είδαμε στο Παράδειγμα 2.3, το πηλίκο της μάζας του οξυγόνου ως προς τον άνθρακα στο διοξείδιο του άνθρακα είναι 2,67:1.



- Κατά συνέπεια, 2,67 g οξυγόνου ενώνονται με 1 g άνθρακα.



Νόμος των πολλαπλών αναλογιών

- Ωστόσο, στο μονοξείδιο του άνθρακα, το πηλίκο της μάζας του οξυγόνου ως προς τον άνθρακα είναι 1,33:1 ή 1,33 g οξυγόνου για κάθε 1 g άνθρακα.

Carbon monoxide



Mass oxygen that combines
with 1 g carbon = 1.33 g

- Το πηλίκο αυτών των δύο μαζών είναι ένας μικρός ακέραιος αριθμός:

$$\frac{\text{μάζα οξυγόνου για 1 g άνθρακα στο διοξείδιο του άνθρακα}}{\text{μάζα οξυγόνου για 1 g άνθρακα στο μονοξείδιο του άνθρακα}} = \frac{2,67}{1,33} = 2$$



Νόμος των πολλαπλών αναλογιών

- Ο John Dalton υποστήριξε την ατομική του θεωρία χρησιμοποιώντας κυρίως πειραματικά δεδομένα τα οποία προέκυψαν από μετρήσεις μάζας διαφόρων στοιχείων από τα οποία αποτελούνταν διάφορες ενώσεις.
- Όπως αυτές οι μετρήσεις μάζας υποδεικνύουν ότι η ύλη έχει σωματιδιακή δομή.
- Τι άλλο θα μπορούσε να εξηγήσει γιατί αυτά τα πηλίκα ήταν πάντοτε μικροί ακέραιοι αριθμοί?



Παράδειγμα 2.5

- Το άζωτο σχηματίζει διάφορες ενώσεις με το οξυγόνο, συμπεριλαμβανομένων του διοξειδίου του αζώτου (NO_2) και του μονοξειδίου του διαζώτου (N_2O).
- Μετρήσεις των μαζών του αζώτου και του οξυγόνου που σχηματίζονται κατά την διάσπαση αυτών των ενώσεων έδειξαν ότι:
 - ✓ το διοξειδίου του αζώτου περιέχει 2,28 g οξυγόνου για κάθε 1,00 g αζώτου
 - ✓ το μονοξείδιο του διαζώτου περιέχει 0,570 g οξυγόνου για κάθε 1,00 g αζώτου.



Παράδειγμα 2.5

- Να δείξετε ότι τα αποτελέσματα αυτά είναι συμβατά με το νόμο των πολλαπλών αναλογιών.
- Απάντηση:
- Θα υπολογίσουμε το λόγο των μαζών του οξυγόνου το οποίο προέρχεται από τη μία ένωση προς τη μάζα του οξυγόνου που προέρχεται από την άλλη ένωση.
- Για ευκολία, θα διαιρέσουμε τη μεγαλύτερη προς τη μικρότερη μάζα.



Παράδειγμα 2.5: Λύση

$$\frac{\text{μάζα οξυγόνου ανά 1 g αζώτου στο διοξείδιο του αζώτου}}{\text{μάζα οξυγόνου ανά 1 g αζώτου στο μονοξείδιο του διαζώτου}} = \frac{2,28}{0,570} = 4,00$$

- Άρα, πράγματι ο λόγος των μαζών είναι ένας μικρός ακέραιος αριθμός.
- Ως εκ τούτου, τα αποτελέσματα αυτά είναι συμβατά με το νόμο των πολλαπλών αναλογιών.



Παράδειγμα 2.6

- Οι αναλύσεις τριών δειγμάτων ενώσεων του αζώτου και του οξυγόνου έδωσαν τα παρακάτω αποτελέσματα:

	Μάζα αζώτου που ενώνεται με 1,0000 g οξυγόνου
Ένωση 1	1,7500 g
Ένωση 2	0,8750 g
Ένωση 3	0,4375 g

- Να δείξετε ότι τα αποτελέσματα αυτά είναι συμβατά με το νόμο των πολλαπλών αναλογιών.



Παράδειγμα 2.6: Απάντηση

- Για κάθε ζεύγος ενώσεων, υπολογίζουμε το λόγο των μαζών του αζώτου που ενώνονται με 1,0000 g οξυγόνου:

$$\frac{\text{ένωση 1}}{\text{ένωση 2}} = \frac{1,750}{0,8750} = 2,000$$

$$\frac{\text{ένωση 1}}{\text{ένωση 3}} = \frac{1,750}{0,4375} = 4,000$$

$$\frac{\text{ένωση 2}}{\text{ένωση 3}} = \frac{0,8750}{0,4375} = 2,000$$

- Άρα, πράγματι τα αποτελέσματα είναι συμβατά με το νόμο των πολλαπλών αναλογιών.



Ατομική θεωρία του Dalton

- Το 1808, ο Άγγλος John Dalton (1766-1844) διατύπωσε εκ νέου τη θεωρία ότι η ύλη **αποτελείται από άτομα (atoms)**.
- Τα άτομα είναι τα μικρότερα σωματίδια ενός στοιχείου τα οποία διατηρούν τη χημική ταυτότητα του στοιχείου.



John Dalton

Αξιώματα της ατομικής θεωρίας του Dalton



- Κάθε στοιχείο αποτελείται από πολύ μικρά, αδιαίρετα σωματίδια τα οποία ονομάζονται **άτομα**.
- Όλα τα άτομα ενός στοιχείου είναι ίδια μεταξύ τους, έχουν την ίδια μάζα και τις ίδιες ιδιότητες και διαφέρουν από τα άτομα των άλλων στοιχείων.
- Οι χημικές ενώσεις σχηματίζονται όταν ενώνονται μεταξύ τους τα άτομα περισσότερων του ενός στοιχείων.
- Κάθε ένωση έχει πάντα τον ίδιο σχετικό αριθμό και είδος ατόμων.
- Για παράδειγμα, το νερό (H_2O) αποτελείται από τα στοιχεία υδρογόνο και οξυγόνο, ενωμένα σε αναλογία 2 προς 1.



Αξιώματα της ατομικής θεωρίας του Dalton

- Στις χημικές αντιδράσεις τα άτομα των στοιχείων αναδιατάσσονται και σχηματίζονται νέες χημικές ουσίες.
- Στις χημικές αντιδράσεις τα άτομα των στοιχείων παραμένουν αναλλοίωτα (τα άτομα ούτε δημιουργούνται αλλά ούτε καταστρέφονται).
- Η ατομική θεωρία εξηγεί:
 - ✓ τη διαφορά μεταξύ **στοιχείου** (αποτελείται από ένα μόνο είδος ατόμων) και **ένωσης** (αποτελείται από δύο ή περισσότερα είδη ατόμων).
 - ✓ το νόμο της διατήρησης της μάζας.
 - ✓ το νόμο των καθορισμένων και των πολλαπλών αναλογιών.

Κίνηση Brown



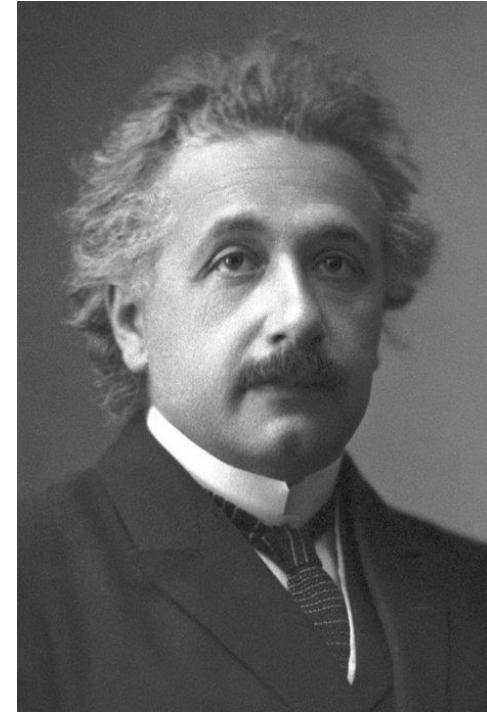
- Το 1827, ο σκωτσέζος βοτανολόγος Robert Brown (1773–1858) παρατήρησε με το μικροσκόπιο του αιωρούμενα σωματίδια κόκκων γύρης στο νερό.
- Παρατήρησε ότι τα σωματίδια γύρης κινούνταν συνεχώς με τυχαίο τρόπο μέσα στη μάζα του νερού.
- Πηγή: <https://physerver.hamilton.edu/Research/Brownian/index.html>





Τι προκαλεί την κίνηση Brown?

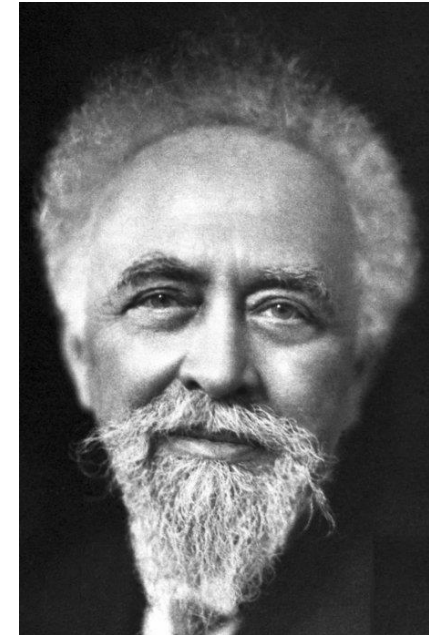
- Η οριστική απάντηση δόθηκε το 1905 από τον Albert Einstein (1879-1955, βραβείο Nobel στη Φυσική το 1921) ο οποίος ανέπτυξε μια θεωρία που εξηγούσε ποσοτικά την κίνηση Brown.
- Ερμήνευσε την κίνηση Brown ως αποτέλεσμα των συγκρούσεων των μορίων του νερού με τα σωματίδια των κόκκων της γύρης.
- Τα μόρια του νερού βρίσκονται σε συνεχή κίνηση λόγω της θερμικής ενέργειας και καθώς συγκρούονται με τους κόκκους γύρης προκαλούν την κίνηση που παρατήρησε ο Brown.





Τι προκαλεί την κίνηση Brown?

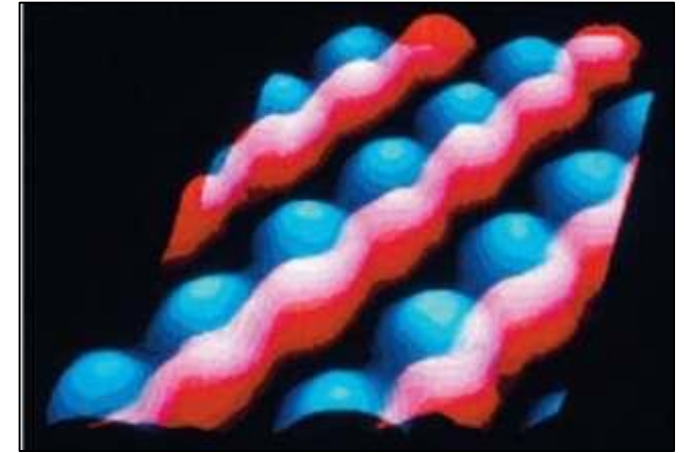
- Τα μόρια του νερού είναι πολύ μικρά και δεν φαίνονται, αλλά οι κόκκοι γύρης είναι αρκετά μεγάλοι σε μέγεθος για να μπορούν να παρατηρηθούν με το μικροσκόπιο.
- Με άλλα λόγια, υπάρχουν μόρια τα οποία κινούνται άτακτα προς όλες τις κατευθύνσεις!!!
- Η θεωρία του Einstein επιβεβαιώθηκε πειραματικά το 1908 από τον Γάλλο Φυσικό Jean Perrin (1870–1942), ο οποίος τιμήθηκε με το βραβείο Nobel στη Φυσική το 1926.
- Πηγή: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1926/summary/>





Ατομική θεωρία της ύλης

- Ο Dalton και οι κατοπινοί ερευνητές δεν είχαν άμεσες αποδείξεις της ύπαρξης των ατόμων.
- Σήμερα ωστόσο έχουμε!!!
- Με τη χρήση μικροσκοπίου σάρωσης σήραγγας (scanning tunneling microscope, STM) μπορούμε να σχηματίσουμε εικόνες μεμονωμένων ατόμων.

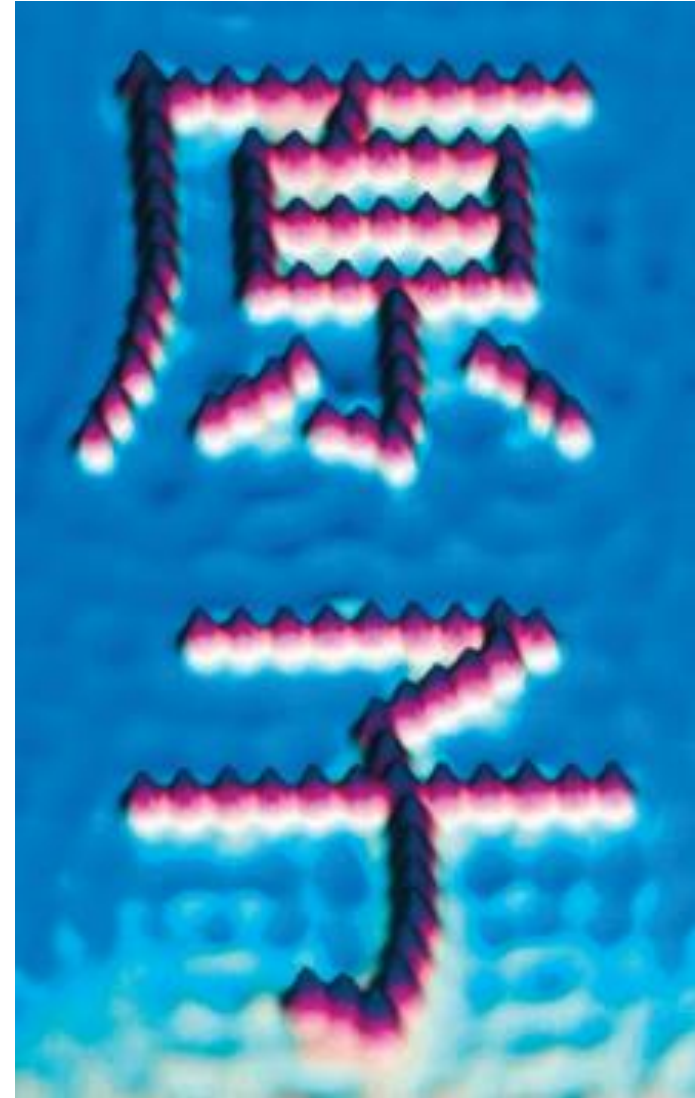


GaAs



Ατομική θεωρία της ύλης

- Με το STM μπορούν να μετακινηθούν μεμονωμένα άτομα και να σχηματιστούν δομές σε ατομικό επίπεδο!!!
- Η λέξη «άτομο» στα Γιαπωνέζικα γραμμένη με άτομα σιδήρου (κόκκινες σφαίρες) σε υπόστρωμα ατόμων χαλκού (μπλε σφαίρες).





Ατομική θεωρία της ύλης

- Επιπλέον, γνωρίζουμε ότι τα άτομα δεν είναι αδιαίρετα, αλλά ότι αποτελούνται από άλλα **υποατομικά σωματίδια**.
- Παρόλα αυτά, οι βασικές παραδοχές της ατομικής θεωρίας του Dalton είναι κατά βάση σωστές.
- Τα άτομα είναι τα μικρότερα σωματίδια τα οποία διατηρούν την ταυτότητα του στοιχείου από το οποίο προέρχονται.
- Για παράδειγμα, αν διαιρέσουμε ένα άτομο άνθρακα τότε πάύει να είναι άνθρακας.



Ατομική θεωρία της ύλης

- Αν σε κάποιο κατακλυσμό, χανόταν όλη η ανθρώπινη γνώση και έμενε μόνο μία πρόταση για να περάσει στις επόμενες γενιές, ποια πρόταση θα περιείχε τις περισσότερες πληροφορίες με τις λιγότερες λέξεις;
- Σύμφωνα με τον Richard Feynman (1918 – 1988, βραβείο Nobel στη Φυσική το 1965), η πρόταση αυτή είναι η εξής: **όλα τα υλικά σώματα αποτελούνται από άτομα.**
- https://www.feynmanlectures.caltech.edu/I_01.html



All things are made of atoms - little particles that move around in perpetual motion, attracting each other when they are a little distance apart, but repelling upon being squeezed into one another. In that one sentence, you will see, there is an enormous amount of information about the world, if just a little imagination and thinking are applied.

— Richard P. Feynman —

AZ QUOTES



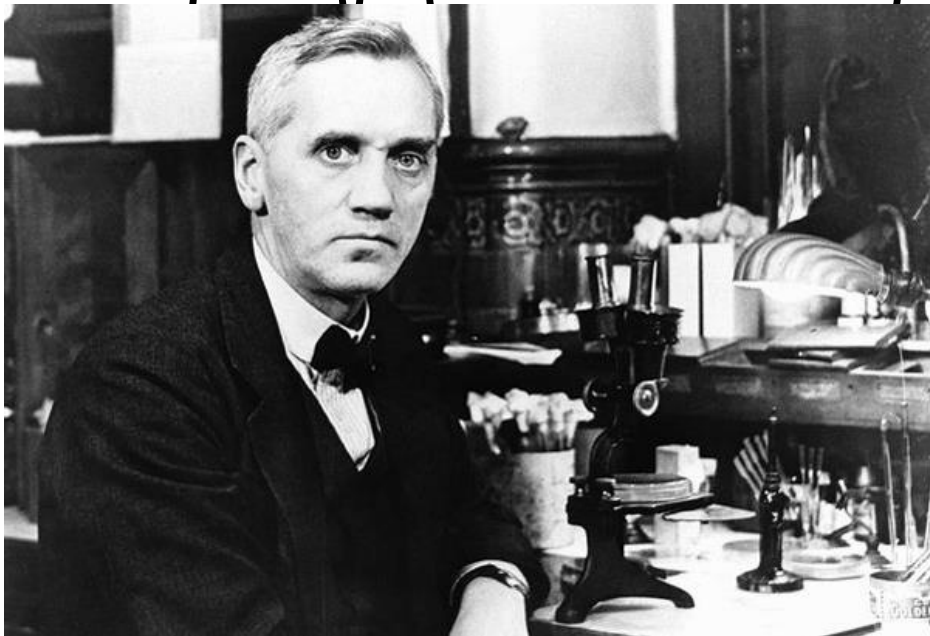
Επιστημονική Μέθοδος

- Η γνώση για το φυσικό κόσμο μπορεί να αποκτηθεί μέσω:
 - ✓ της λογικής
 - ✓ της επιστημονικής προσέγγισης
- Η επιστημονική μέθοδος βασίζεται στην παρατήρηση και στο πείραμα.
- Οι παρατηρήσεις συχνά οδηγούν στη διατύπωση μίας υπόθεσης: μία δοκιμαστική, προκαταρκτική ερμηνεία ή εξήγηση των παρατηρήσεων.
- Μία υπόθεση μπορεί να εξεταστεί και να ελεγχθεί ως προς την ορθότητα και την εγκυρότητά της μέσω επιπλέον παρατηρήσεων και πειραμάτων.

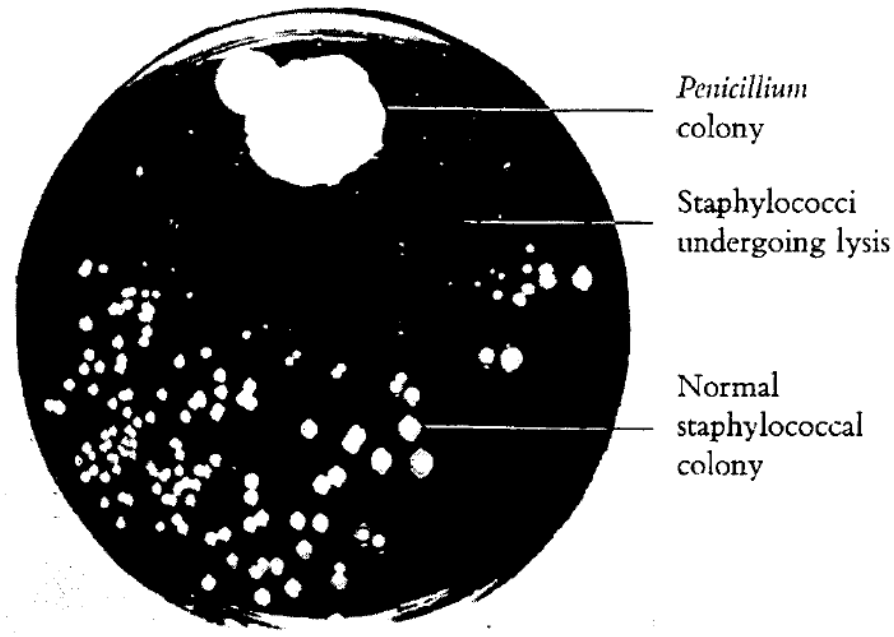
Επιστημονική Μέθοδος



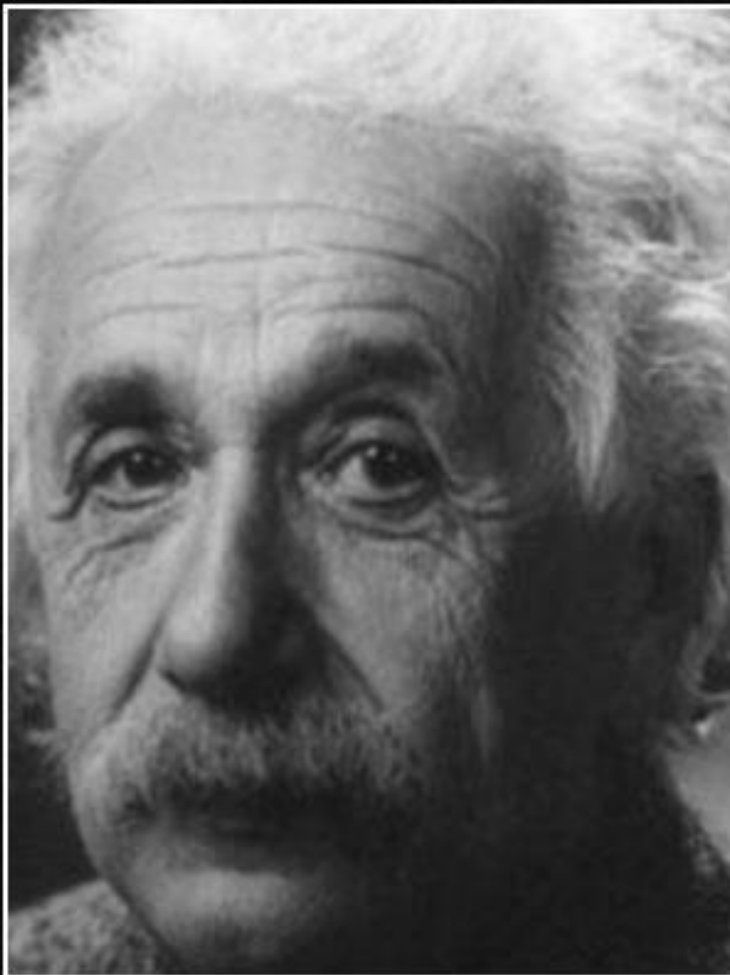
- **Πείραμα:** προσεκτικά σχεδιασμένη και ελεγχόμενη διαδικασία και διεργασία η οποία αποσκοπεί στη δημιουργία επιπλέον παρατηρήσεων που επιβεβαιώνουν ή αντικρούουν μία υπόθεση.



Sir Alexander Fleming (1881 – 1955)
Βραβείο Nobel στη Φυσιολογία ή την
Ιατρική το 1945



Penicillin started as a chance observation.
My only merit is that I did not neglect the
observation.



If we knew what it was we were
doing, it would not be called
research, would it?

— *Albert Einstein* —

AZ QUOTES

Αν ξέραμε τι ήταν αυτό που κάναμε, δεν θα ονομαζόταν
έρευνα, έτσι δεν είναι;



Επιστημονική Μέθοδος

- Όταν μία σειρά πειραμάτων και παρατηρήσεων αποκαλύπτουν συνεπή, σταθερά και επαναλαμβανόμενα πρότυπα και σχέσεις, τότε οδηγούν στην ανάπτυξη ενός **επιστημονικού νόμου**.
- Ένας **επιστημονικός νόμος** είναι μία σύντομη, συνοπτική και περιεκτική διατύπωση μίας θεμελιώδους επιστημονικής αλήθειας που συνοψίζει όσες παρατηρήσεις έχουν γίνει στο παρελθόν και προβλέπει μελλοντικές παρατηρήσεις (π.χ. νόμος της διατήρησης της μάζας, νόμος των καθορισμένων αναλογιών).



Επιστημονική Μέθοδος

- Οι επιστημονικοί νόμοι περιγράφουν πώς συμπεριφέρεται η φύση.
- Για το λόγο αυτό, ορισμένοι θεωρούν ότι είναι πιο ενδεδειγμένο να ονομάζονται **επιστημονικές αρχές** (principles) αντί για επιστημονικοί νόμοι.
- Μία υπόθεση η οποία αντέχει στις εξαντλητικές δοκιμασίες πολλών πειραμάτων, εξηγεί με ακρίβεια περαιτέρω παρατηρήσεις και προβλέπει επακριβώς τα αποτελέσματα επιπρόσθετων πειραμάτων, μπορεί να αναβαθμιστεί στο επίπεδο της **επιστημονικής θεωρίας**.



Επιστημονικές θεωρίες

- Μία **επιστημονική θεωρία** είναι μία συνοπτική, περιεκτική και εκτενώς δοκιμασμένη εξήγηση ευρέως παρατηρούμενων φυσικών φαινομένων (π.χ. ατομική θεωρία).
- Μια επιστημονική θεωρία είναι ένα μοντέλο για τον τρόπο που συμπεριφέρεται η φύση και προσπαθεί να εξηγήσει όχι μόνο **τι** κάνει η φύση αλλά και **γιατί** το κάνει.
- Οι θεωρίες είναι η κορυφή της επιστημονικής γνώσης και **εξηγούν** τους νόμους και τις παρατηρήσεις από τους οποίους προέκυψαν.
- Οι θεωρίες προβλέπουν τη συμπεριφορά της φύσης πολύ πέρα από τις παρατηρήσεις ή τους νόμους από τους οποίους αναπτύχθηκαν.



Επιστημονική Μέθοδος

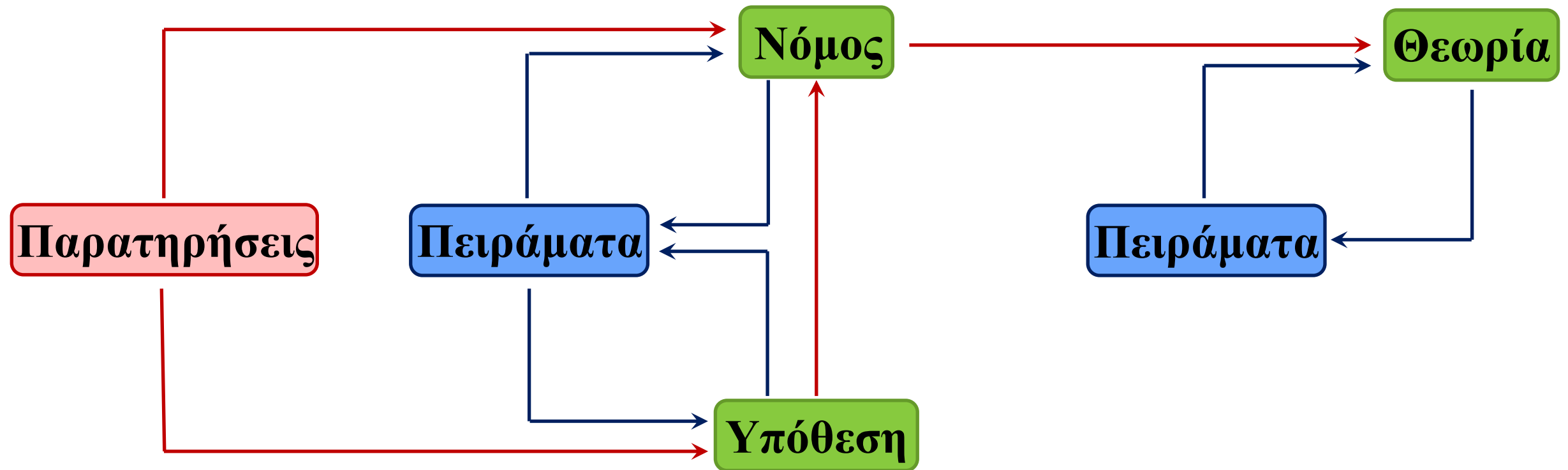
- Μία υπόθεση, ένας νόμος ή μία θεωρία υπόκεινται σε πειραματικό έλεγχο.
- Τα περαιτέρω πειράματα μπορεί να υποστηρίξουν, να ανασκευάσουν ή να απαιτήσουν την τροποποίηση της υπόθεσης, του νόμου ή της θεωρίας.
- Οι θεωρίες δεν μπορούν ποτέ να αποδειχθούν οριστικά, γιατί κάποια νέα παρατήρηση ή πείραμα μπορεί να αποκαλύψει ένα ελάττωμα της θεωρίας ή να την καταρρίψει.



Επιστημονική Μέθοδος

- Με την πάροδο του χρόνου, η επιστημονική κοινότητα εξαλείφει ή διορθώνει ανακριβείς θεωρίες και νόμους, ενώ παραμένουν οι έγκυροι νόμοι και θεωρίες που συνάδουν με τις παρατηρήσεις και τα πειραματικά αποτελέσματα.
- Η πραγματική επιστήμη απαιτεί σκληρή δουλειά, φροντίδα, δημιουργικότητα και ακόμη και λίγη τύχη.
- Οι επιστημονικές θεωρίες δεν προκύπτουν απλώς και μόνο από τα δεδομένα: απαιτείται η ιδιοφυία και η δημιουργικότητα του επιστήμονα για να διατυπωθεί μία έγκυρη επιστημονική θεωρία.

Επιστημονική Μέθοδος



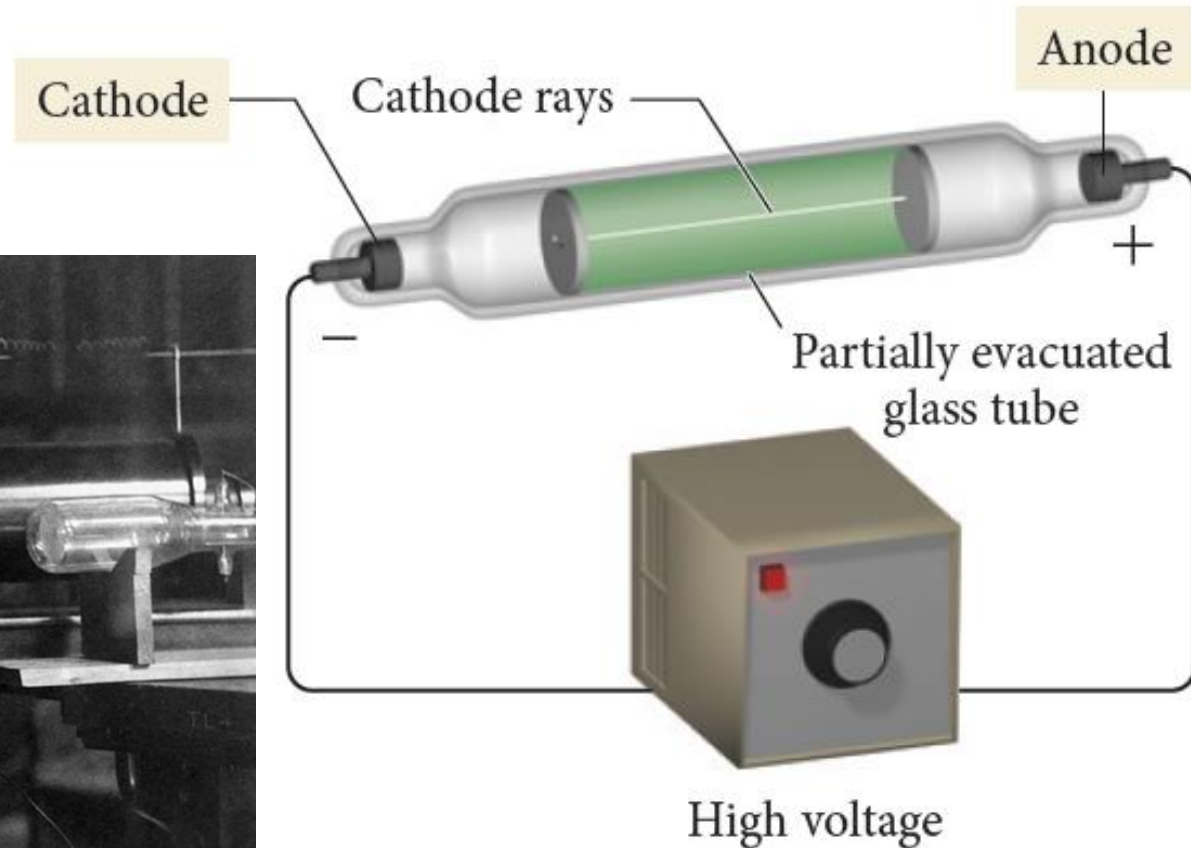
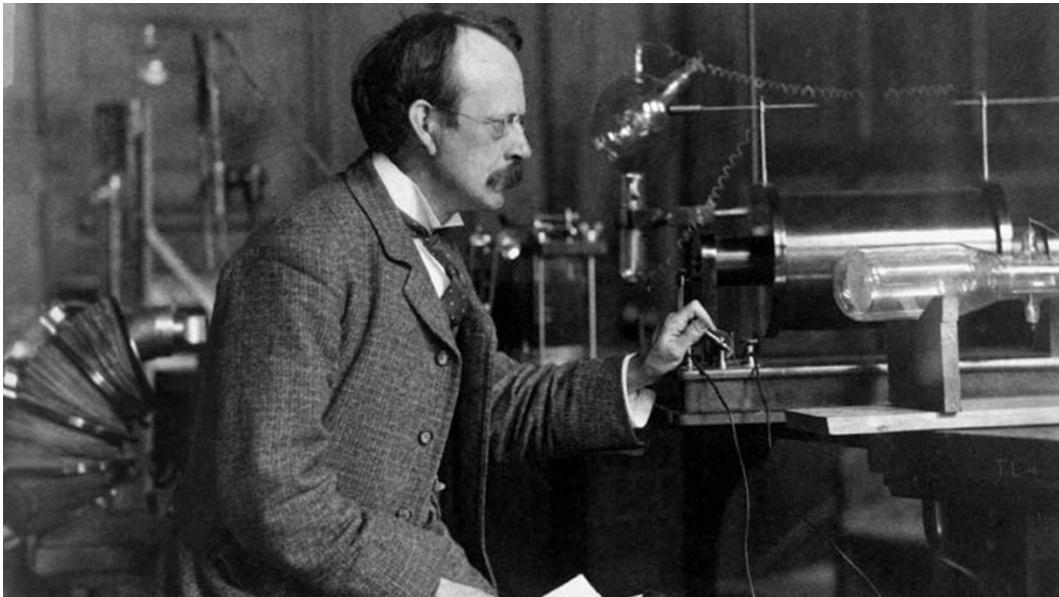


Δομή του ατόμου

- Πειράματα και ανακαλύψεις οι οποίες έγιναν στα τέλη του 19^{ου} και στις αρχές του 20^{ου} αιώνα έδειξαν ότι τα άτομα δεν είναι αδιαίρετα, αλλά αποτελούνται από μικρότερα σωματίδια.
- Βρέθηκε ότι τα άτομα αποτελούνται από:
 - ✓ **τον πυρήνα**, ο οποίος είναι θετικά φορτισμένος και συγκεντρώνει σχεδόν ολόκληρη τη μάζα του ατόμου
 - ✓ **τα ηλεκτρόνια**, τα οποία είναι αρνητικά φορτισμένα, έχουν πολύ μικρή μάζα και κινούνται γύρω από τον πυρήνα

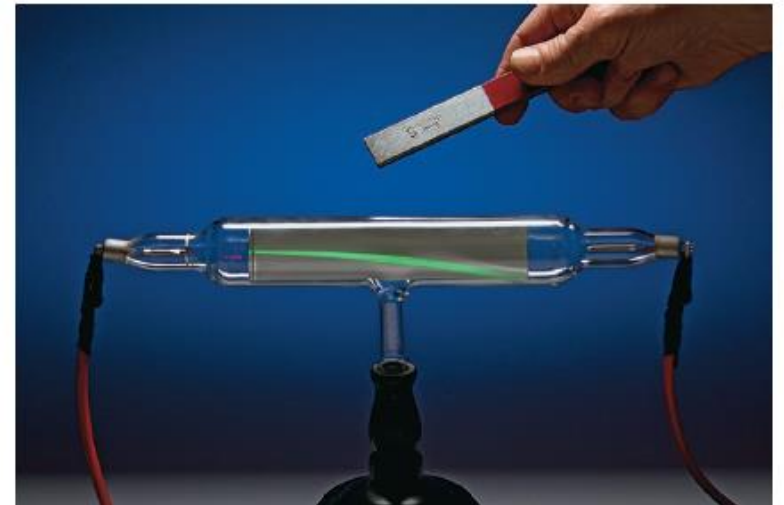
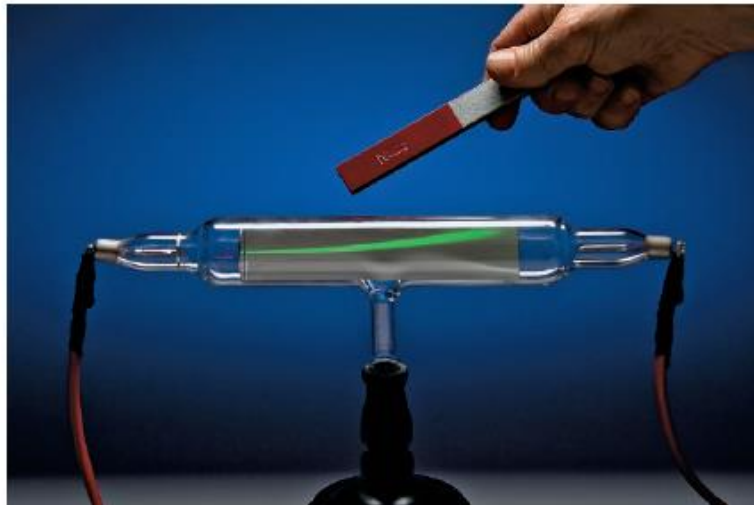
Ηλεκτρόνιο, (electron, e^-)

- Το 1897 ο Άγγλος Φυσικός Joseph John Thomson (1856-1940, βραβείο Nobel Φυσικής το 1906) δημοσίευσε μία εργασία για τις **καθοδικές ακτίνες**.

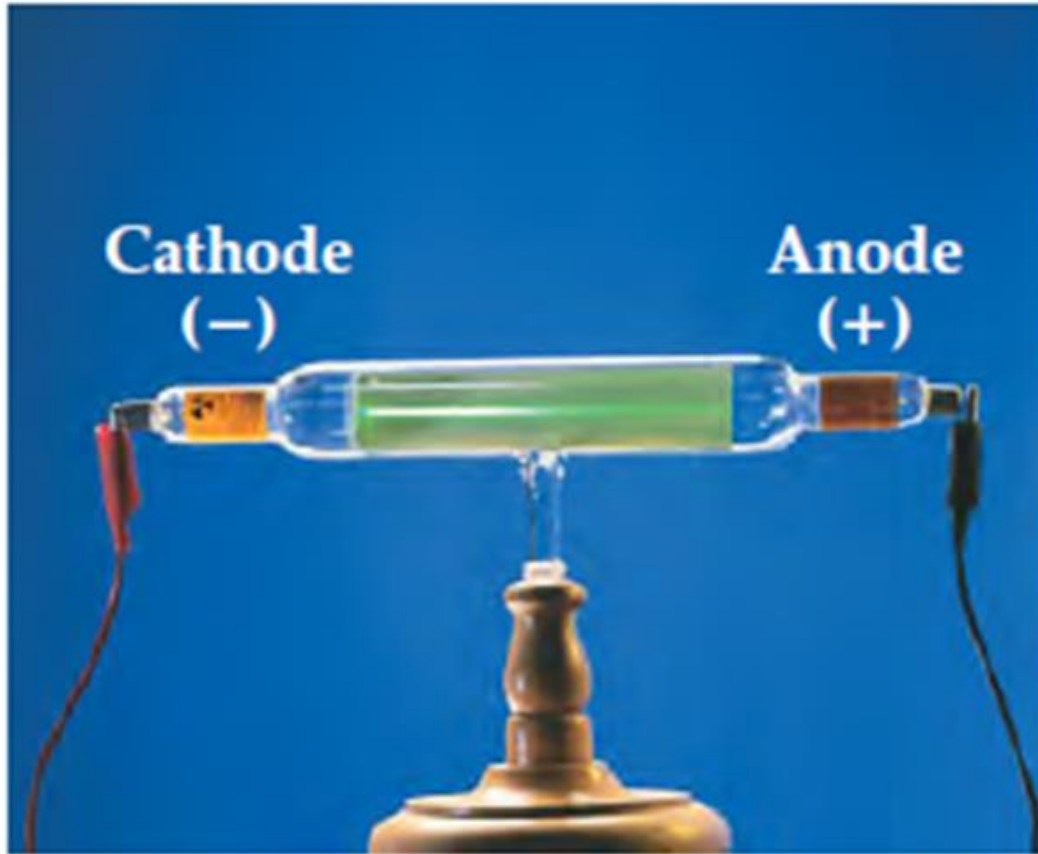


Καθοδικές ακτίνες

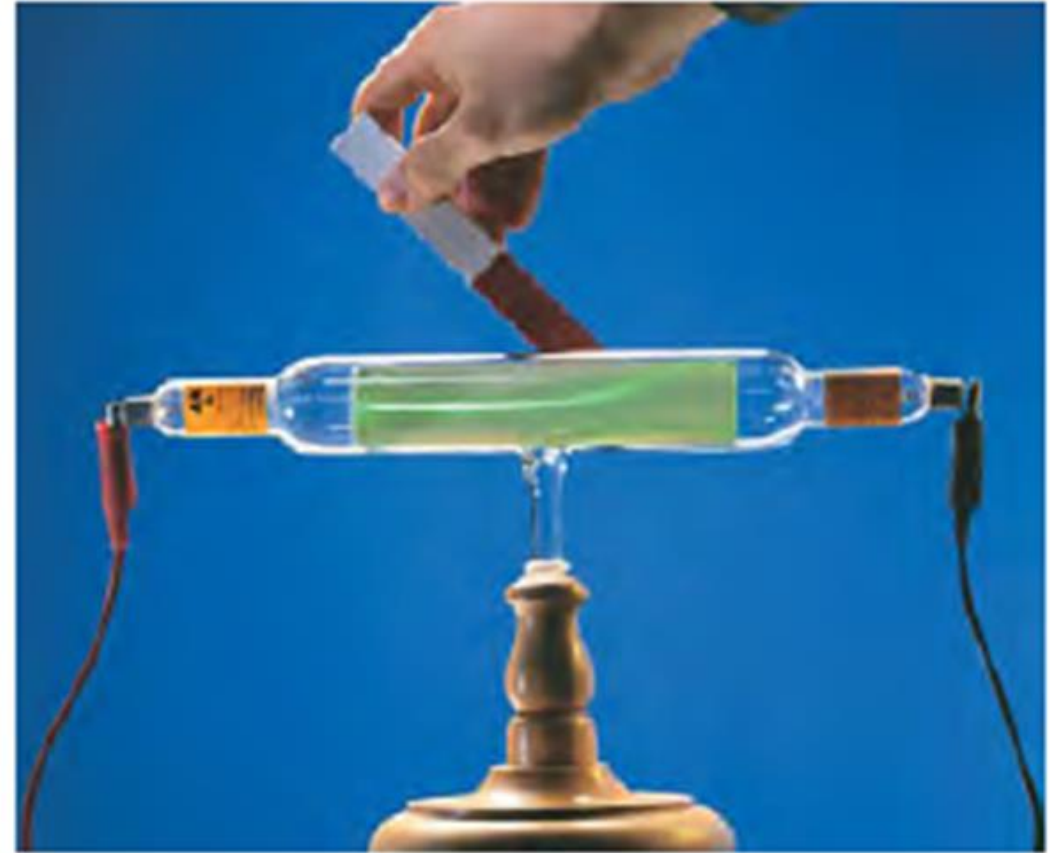
- Ο Thomson περιέγραψε τις καθοδικές ακτίνες ως ροές αρνητικά φορτισμένων σωματιδίων, των **ηλεκτρονίων**.
- Βρήκε ότι:
 - ✓ κινούνται ευθύγραμμα αλλά εκτρέπονται από μαγνητικό πεδίο
 - ✓ είναι ανεξάρτητες από τη σύσταση του υλικού της καθόδου
 - ✓ έχουν **αρνητικό** ηλεκτρικό φορτίο



Καθοδικές ακτίνες



(a) Electrons move from the cathode (negative electrode) to the anode (positive electrode).



(b) The rays are deflected by a magnet.

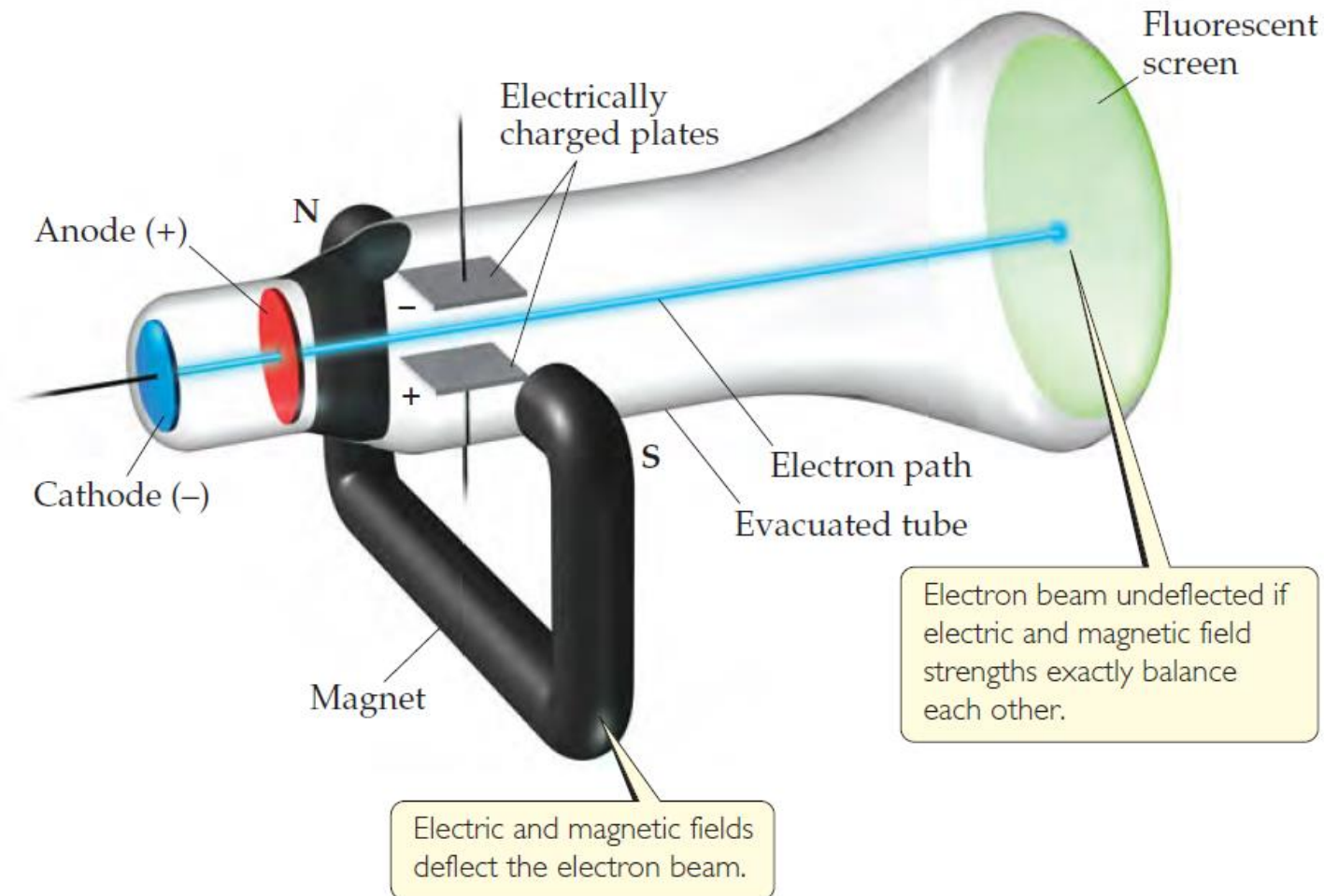


Καθοδικές ακτίνες και ηλεκτρόνια

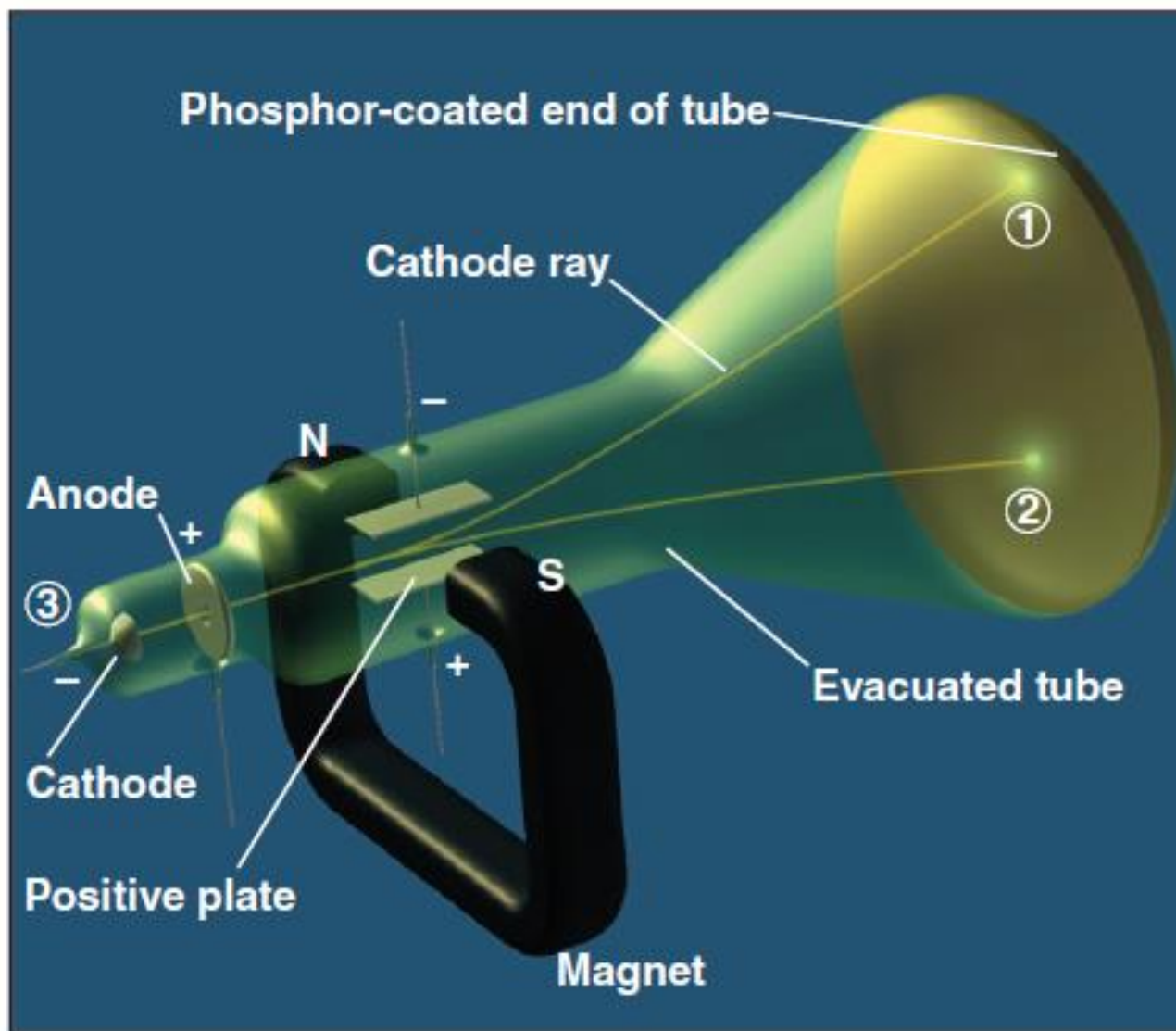
- Το γεγονός ότι οι καθοδικές ακτίνες δεν εξαρτώνται από τη φύση του μετάλλου της καθόδου σημαίνει ότι τα σωματίδια από τα οποία αποτελούνται οι καθοδικές ακτίνες (δηλαδή τα ηλεκτρόνια) βρίσκονται σε όλα τα μέταλλα και κατ' επέκταση σε όλα τα χημικά στοιχεία.
- Ο Thomson ανακάλυψε ένα νέο είδος υλικού σώματος, το ηλεκτρόνιο, το οποίο βρίσκεται σε όλα τα χημικά στοιχεία.
- Έδειξε δηλαδή ότι τα άτομο δεν είναι στην πραγματικότητα άτμητο (αδιαίρετο) αλλά έχει εσωτερική δομή!!!

Ηλεκτρόνιο, (electron, e^-)

- Ο Thomson υπολόγισε το **λόγο του φορτίου προς τη μάζα** του ηλεκτρονίου: $e/m = -1,76 \times 10^8 \text{ C/g}$.



Καθοδικές ακτίνες

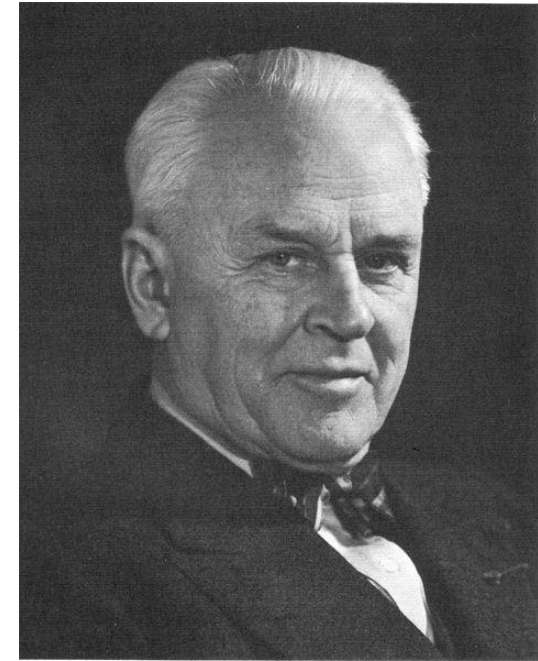
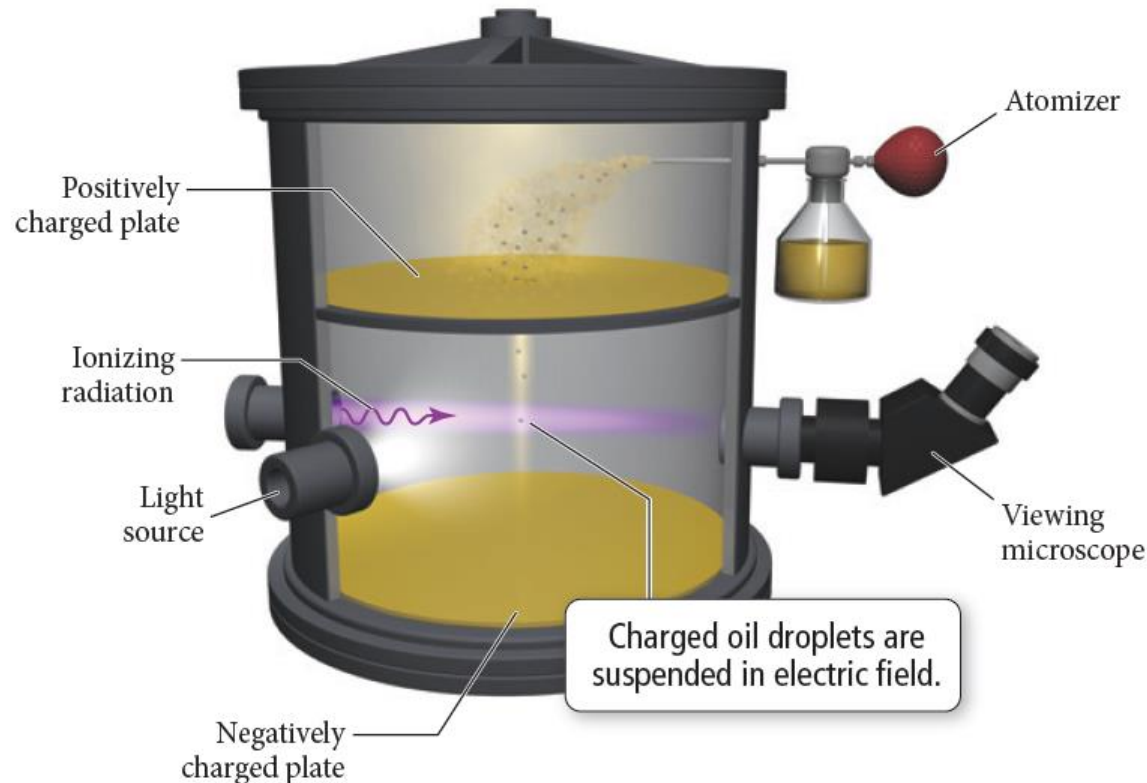


OBSERVATION $\Rightarrow$ CONCLUSION	
① Ray bends in magnetic field.	$\Rightarrow$ Consists of charged particles
② Ray bends toward positive plate in electric field.	$\Rightarrow$ Consists of negative particles
③ Ray is identical for any cathode.	$\Rightarrow$ Particles found in all matter

Ηλεκτρόνιο, (electron, e^-)

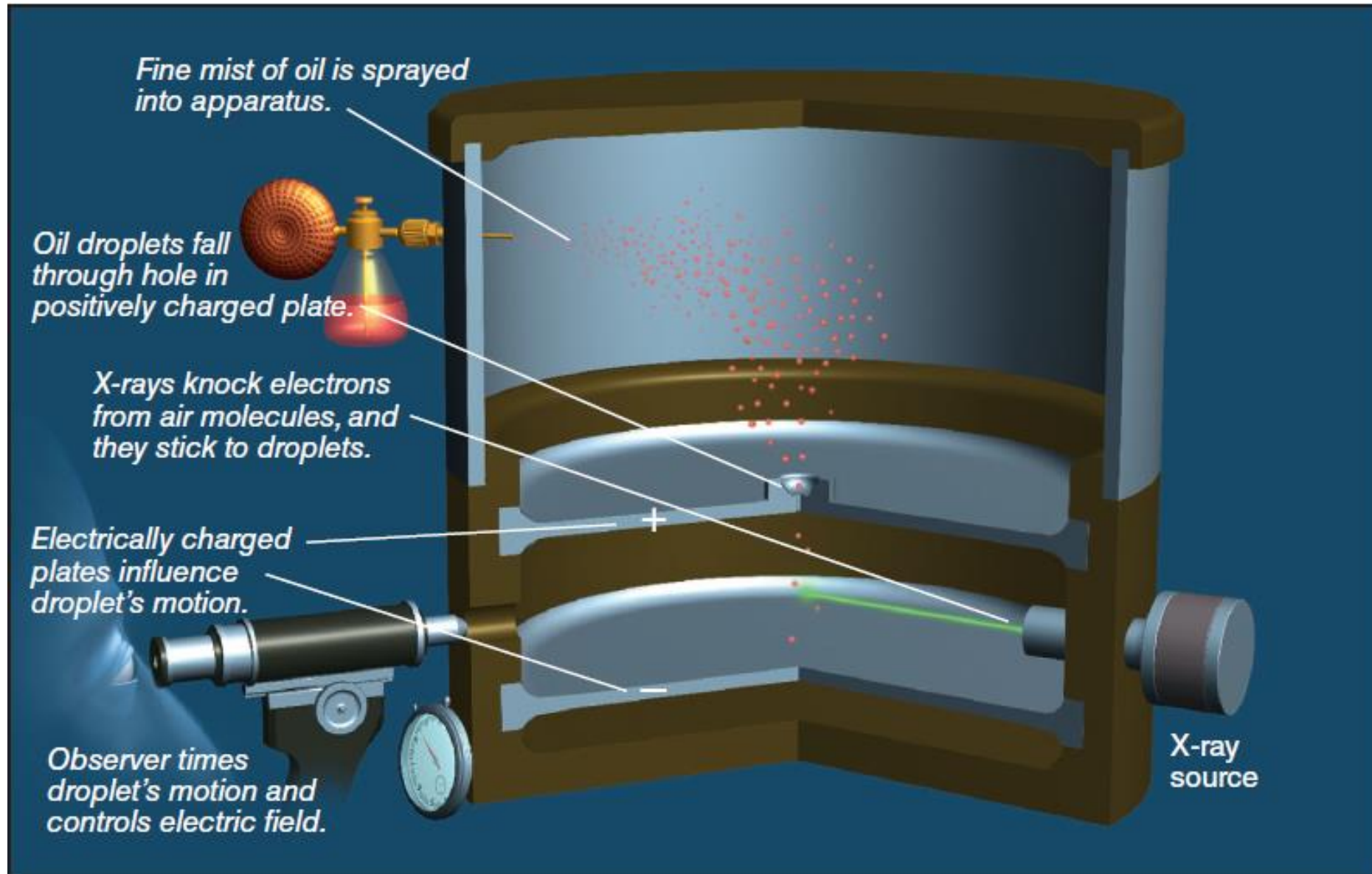


- Το 1909 ο Αμερικανός Φυσικός Robert Millikan (1868-1953, βραβείο Nobel Φυσικής το 1923) υπολόγισε το **φορτίο** και κατά συνέπεια και τη **μάζα** του ηλεκτρονίου.



Robert Millikan

Πείραμα μέτρησης του φορτίου του ηλεκτρονίου





Ηλεκτρόνιο, (electron, e^-)

- Ο Millikan βρήκε ότι το φορτίο των σταγόνων λαδιού ήταν πάντοτε ακέραιο πολλαπλάσιο της ποσότητας $-1,60 \times 10^{-19}$ C.
- Κατά συνέπεια, συμπέρανε ότι το φορτίο του ηλεκτρονίου ισούται με $-1,60 \times 10^{-19}$ C (σημερινή τιμή του στοιχειώδους ηλεκτρικού φορτίου: $1,602176634 \times 10^{-19}$ C).
- Στη συνέχεια, υπολόγισε τη μάζα του ηλεκτρονίου: $9,10 \times 10^{-31}$ kg (σημερινή τιμή: $9,1093837015 \times 10^{-31}$ kg)
- Τιμές των θεμελιωδών φυσικών σταθερών:
- ✓ <https://physics.nist.gov/cuu/Constants/index.html>
- ✓ <https://www.bipm.org/extra/codata-tgfc/>
- ✓ <https://codata.org/>



Ηλεκτρόνιο, (electron, e^-)

- Η μάζα του ηλεκτρονίου είναι περίπου 1836 φορές μικρότερη από τη μάζα του ελαφρύτερου ατόμου, του υδρογόνου.
- Το φορτίο του ηλεκτρονίου κατ' απόλυτη τιμή είναι το μικρότερο φορτίο που μπορεί να υπάρξει στη φύση και ονομάζεται στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο (elementary charge).
- Το μέγεθος του φορτίου του ηλεκτρονίου καθορίζει πόσο ισχυρά συγκρατούνται τα ηλεκτρόνια από τους θετικά φορτισμένους πυρήνες των ατόμων.
- Καθορίζει τη σταθερότητα των ατόμων και ως εκ τούτου τη σταθερότητα των ενώσεων.



Ερώτηση

- Έστω ότι στο πείραμα του Millikan μία σταγόνα λαδιού έχει φορτίο $-4,80 \times 10^{-19} \text{ C}$.
- Πόσα ηλεκτρόνια περιέχει η σταγόνα αυτή;
- Απάντηση: $-4,80 \times 10^{-19} \text{ C} / -1,60 \times 10^{-19} \text{ C} = 3$ ηλεκτρόνια.



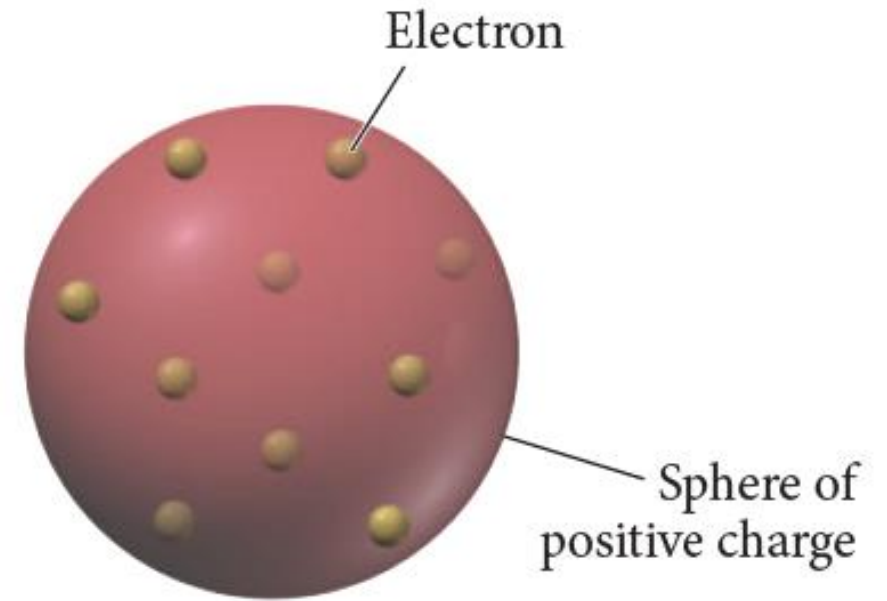
Δομή του ατόμου

- Η ανακάλυψη ότι τα άτομα περιέχουν ηλεκτρόνια, δηλαδή αρνητικά φορτισμένα σωματίδια, γέννησε ερωτήματα σχετικά με τη δομή του ατόμου.
- **Τα άτομα είναι ηλεκτρικά ουδέτερα.**
- Κατά συνέπεια, θα πρέπει να περιέχουν και θετικά φορτία τα οποία εξουδετερώνουν τα αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια.
- Πως είναι κατανεμημένα τα θετικά και τα αρνητικά φορτία μέσα στη μάζα του ατόμου;



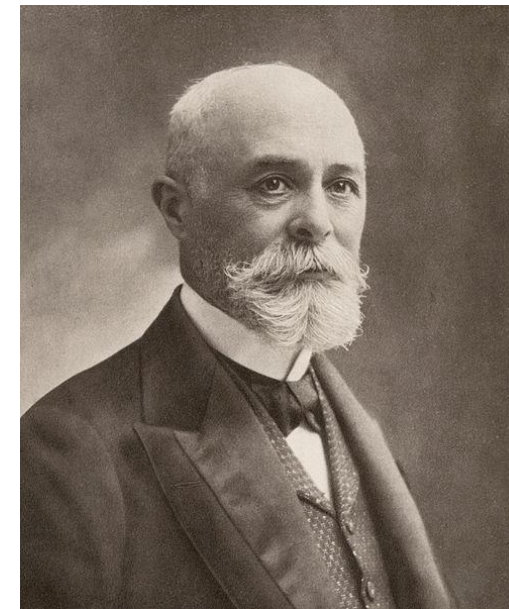
Δομή του ατόμου κατά Thomson

- Ο J.J. Thomson υποστήριξε ότι το άτομο είναι ένας θετικά φορτισμένος όγκος μέσα στον οποίο είναι ομοιόμορφα διασπαρμένα τα αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια.
- Όπως οι σταφίδες στο σταφιδόψωμο (μοντέλο του σταφιδόψωμου), ή οι σπόροι στο καρπούζι.



Ραδιενέργεια

- Το 1896 ο Γάλλος φυσικός Henri Becquerel (1852-1908, βραβείο Nobel Φυσικής το 1903) μελετώντας τις ενώσεις του ουρανίου (U) ανακάλυψε ότι εκπέμπουν αυθόρμητα ακτινοβολία υψηλής ενέργειας.
- Η ακτινοβολία αυτή ονομάστηκε **ραδιενέργεια (radioactivity)**



Henri Becquerel



Ραδιενέργεια



- Η Marie Sklodowska Curie (1867-1934, βραβείο Nobel Φυσικής το 1903 και Χημείας το 1911) και ο σύζυγός της Pierre Curie (1859-1906, βραβείο Nobel Φυσικής το 1903) μελέτησαν περαιτέρω το φαινόμενο.
- Βρήκαν ότι η ραδιενέργεια προέρχεται από την αυθόρμητη διάσπαση των ατόμων του ουρανίου (U).
- Η Marie Curie ανακάλυψε και άλλα ραδιενεργά στοιχεία, όπως το ράδιο (Ra) και το πολώνιο (Po).



Pierre, Irene και Marie Curie

Ραδιενέργεια



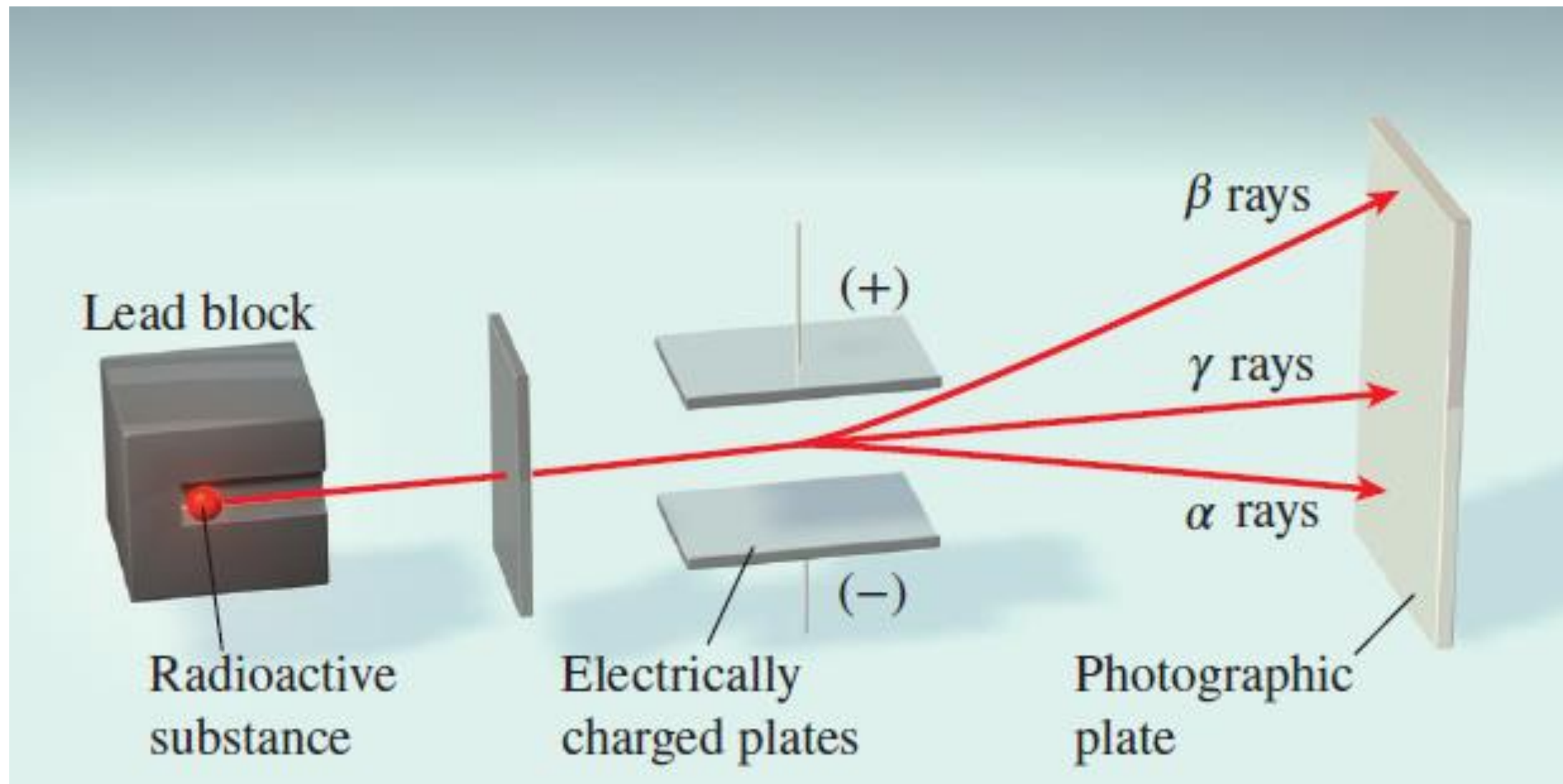
➤ Ο Νεοζηλανδός Ernest Rutherford (1871-1937, βραβείο Nobel Χημείας το 1908) βρήκε ότι η ραδιενέργεια αποτελείται από 3 είδη ακτινοβολίας:



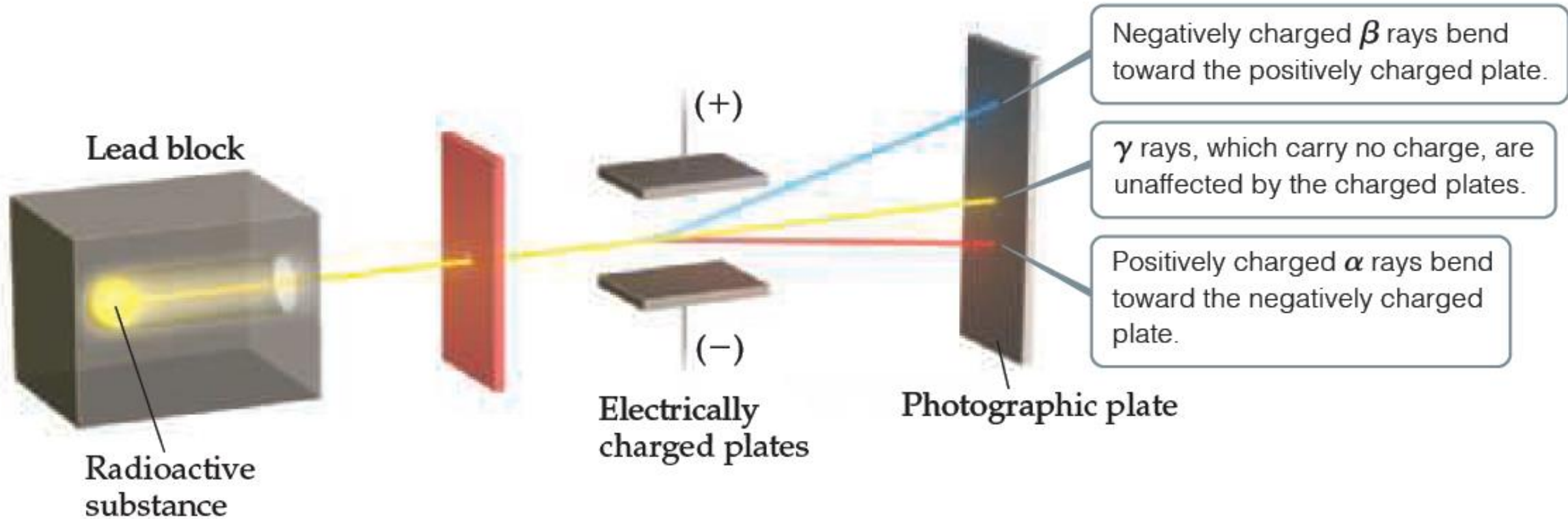
Ernest Rutherford

- ✓ ακτίνες α : πυρήνες ηλίου He^{2+}
 - ✓ ακτίνες β : ηλεκτρόνια
 - ✓ ακτίνες γ : ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία
- Ο Ράδερφορντ έδειξε ότι οι πορείες των ακτινοβολιών α και β εκτρέπονται κατά την κίνησή τους μέσα σε ένα ηλεκτρικό πεδίο, αλλά σε αντίθετες κατευθύνσεις, ενώ οι ακτίνες γ κινούνται ευθύγραμμα.

Ραδιενέργεια



Ραδιενέργεια

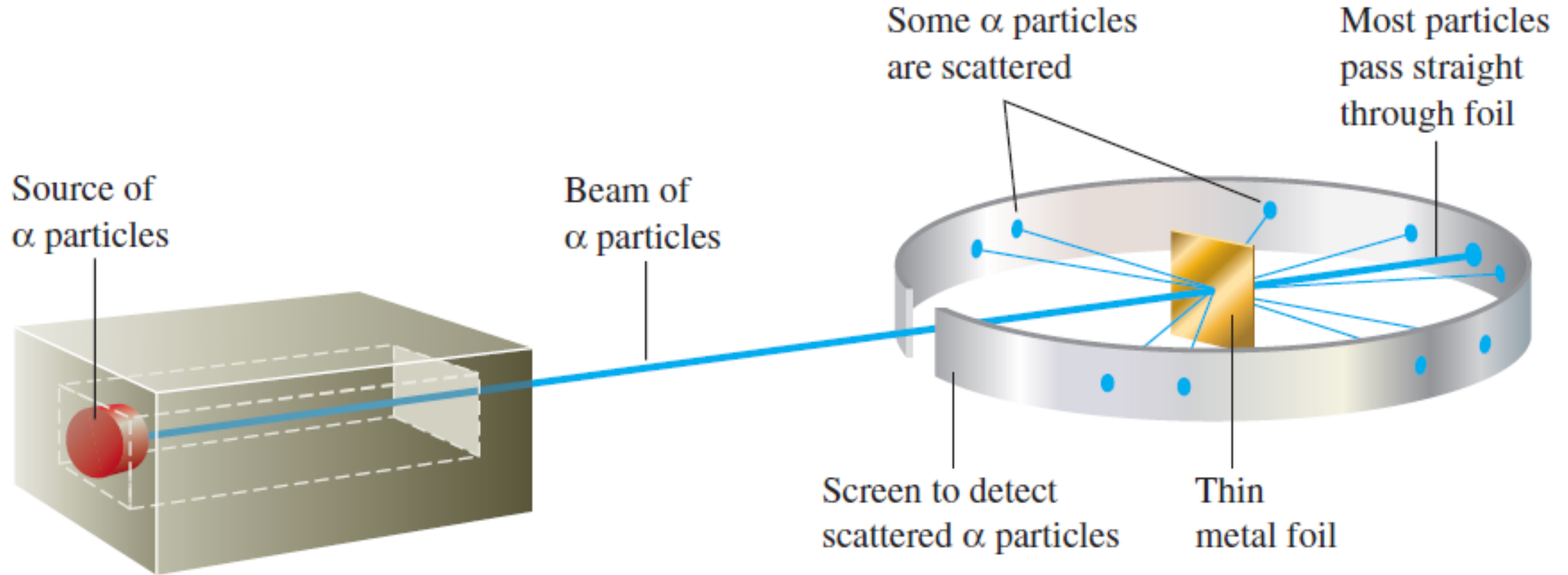




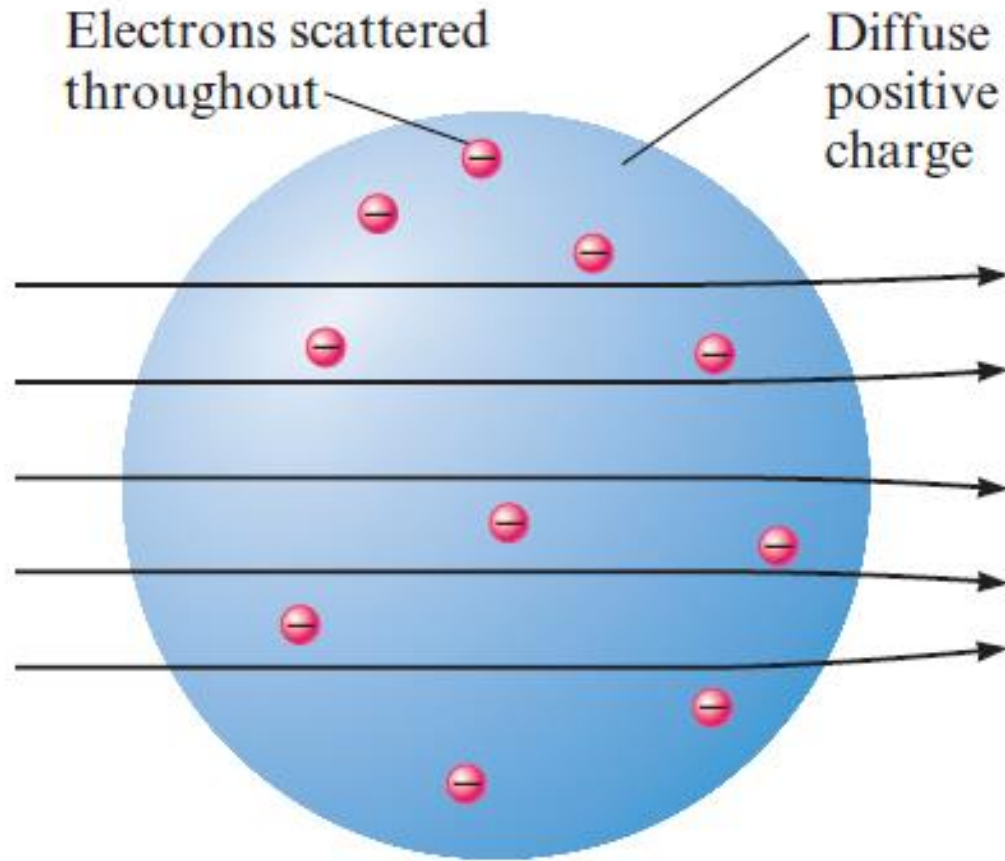
Μοντέλο δομής του ατόμου κατά Rutherford

- Την περίοδο 1909-1911 ο Rutherford και οι συνεργάτες του Hans Geiger και Ernest Marsden, πραγματοποίησαν μία σειρά πειραμάτων για να επιβεβαιώσουν το μοντέλο της δομής του ατόμου του Thomson.
- Ο Rutherford είχε συνεργαστεί με τον Thomson και αρχικά είχε υιοθετήσει το μοντέλο του «σταφιδόψωμου».
- Πραγματοποίησαν πειράματα βομβαρδισμού λεπτών φύλλων χρυσού με ακτίνες α (πυρήνες ηλίου He^{2+}).
- Ωστόσο, απέδειξαν ότι το ατομικό μοντέλο του Thomson ήταν λανθασμένο!!!

Πείραμα του Rutherford

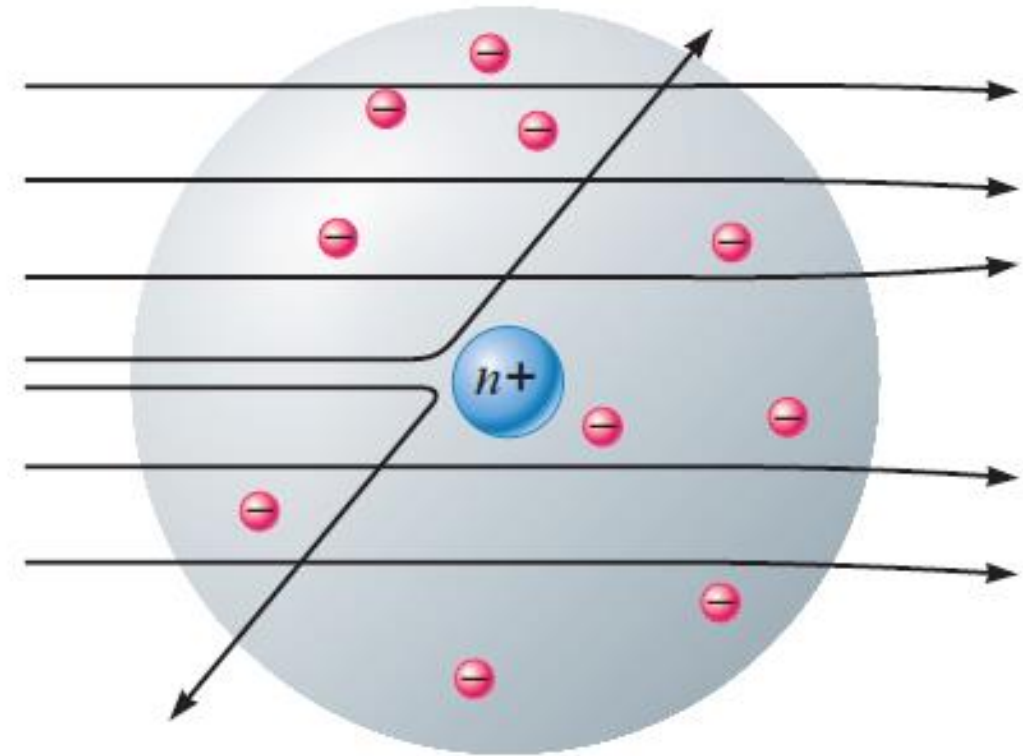


Πείραμα του Rutherford



a

The expected results of the metal foil experiment if Thomson's model were correct.



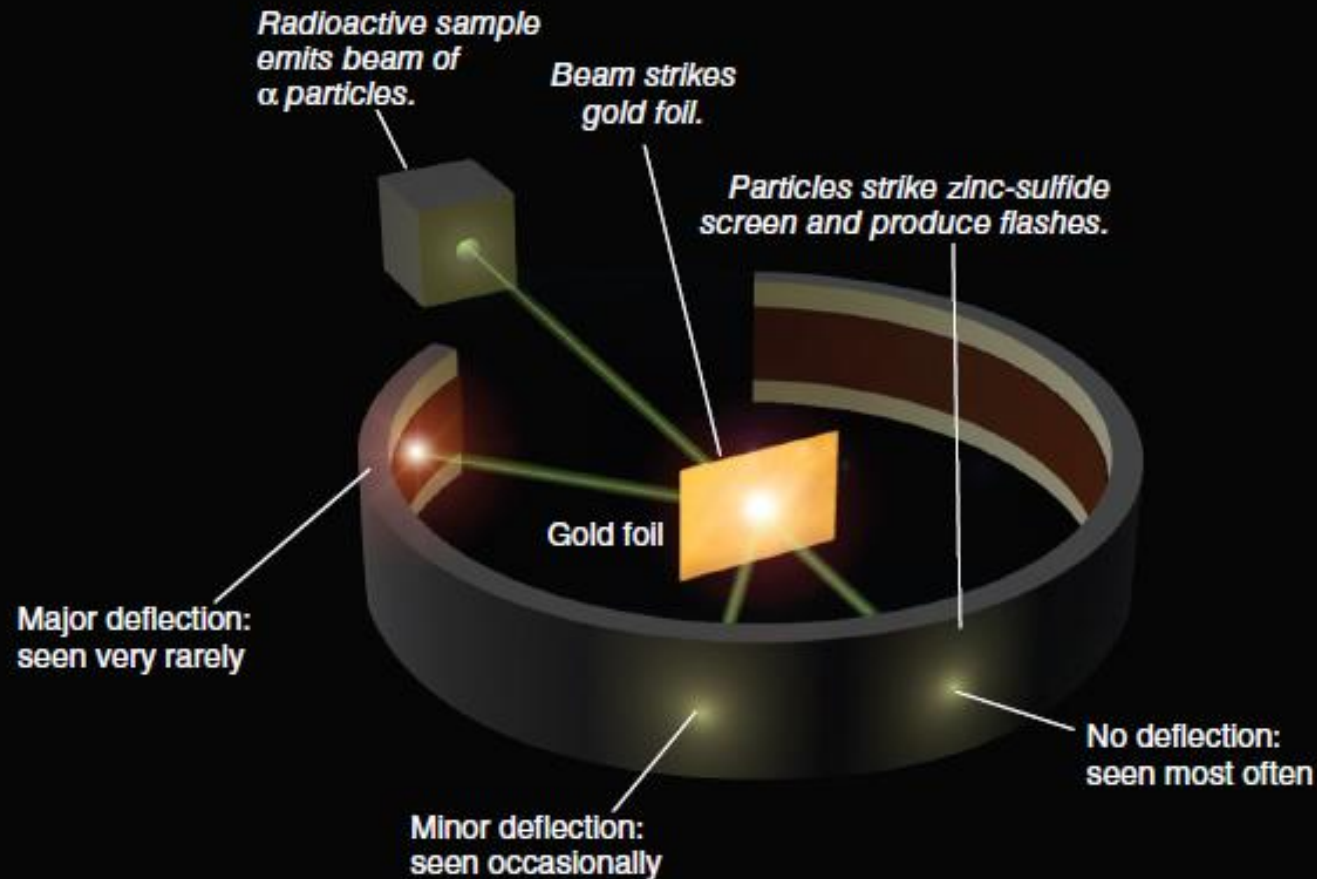
b

Actual results.

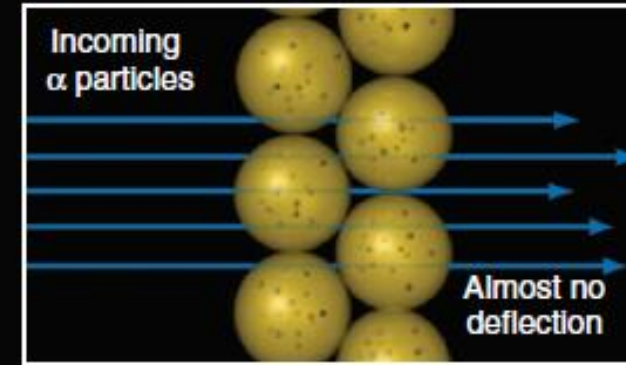
Πείραμα του Rutherford



A Experiment

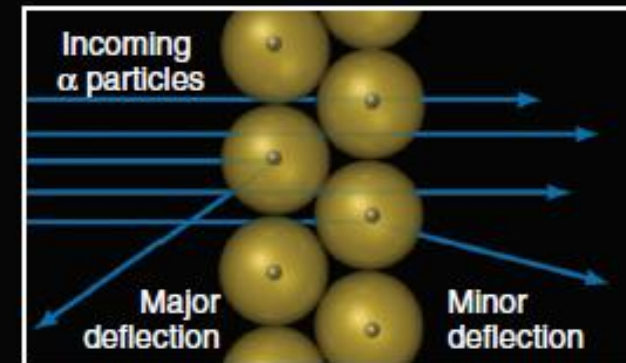


B Hypothesis: All α particles will go straight through "plum-pudding" atoms.



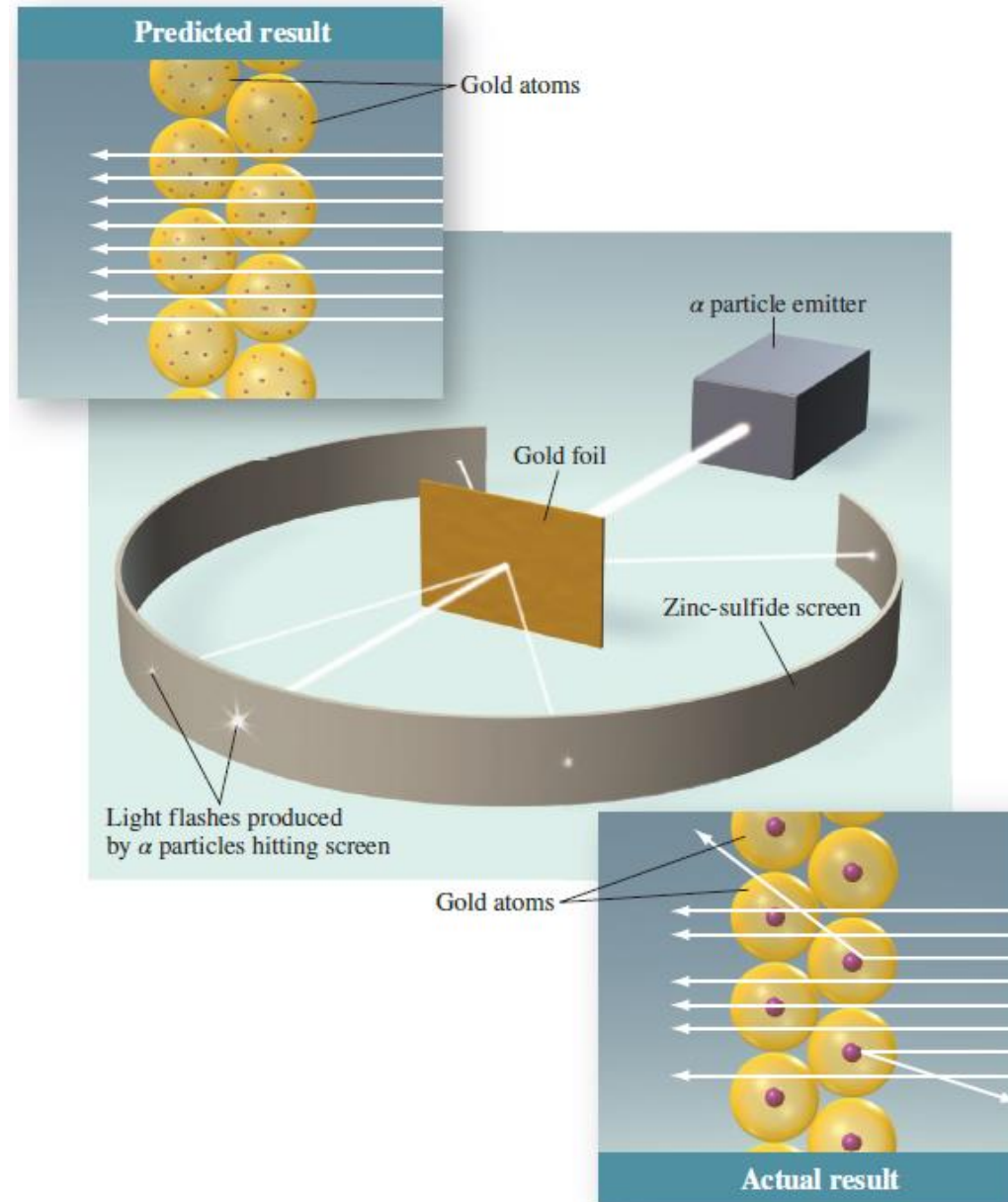
Cross section of gold foil:
"plum-pudding" atoms

C Actual result: A few α particles undergo major deflections by nuclear atoms.



Cross section of gold foil: atoms with tiny,
massive, positive nucleus

Πείραμα του Rutherford





Μοντέλο δομής του ατόμου κατά Rutherford

- Ο Rutherford και οι συνεργάτες του διαπίστωσαν ότι τα περισσότερα από τα σωματίδια α περνούσαν ανεμπόδιστα μέσα από το μεταλλικό φύλλο, σε συμφωνία με το μοντέλο του «σταφιδόψωμου» του Thomson.
- Ωστόσο, προς μεγάλη τους έκπληξη, βρήκαν ότι κάποια σωματίδια α (περίπου 1 στα 8000) απέκλιναν σημαντικά από την ευθύγραμμη πορεία τους, ενώ μερικά (περίπου 1 στα 20000) σχεδόν γυρνούσαν πίσω!!!
- Ο Rutherford έγραψε χαρακτηριστικά ότι είναι σαν να βομβαρδίζεις με μία μεγάλη οβίδα ένα λεπτό φύλλο χαρτιού και η οβίδα να αναπηδάει και να γυρνάει προς τα πίσω!!!



Μοντέλο δομής του ατόμου κατά Rutherford

- Τα αποτελέσματα αυτά δεν μπορούσαν να εξηγηθούν με το μοντέλο δομής του ατόμου του Thomson (μοντέλο του «σταφιδόψωμου»).
- Ως εκ τούτου, ο Rutherford διατύπωσε το λεγόμενο **πυρηνικό μοντέλο** δομής του ατόμου:
- ✓ όλη σχεδόν η μάζα του ατόμου και το θετικό φορτίο βρίσκονται συγκεντρωμένα σε ένα μικρό χώρο του ατόμου που ονομάζεται **πυρήνας (nucleus)**
- ✓ το μεγαλύτερο μέρος του όγκου του ατόμου είναι κενός χώρος μέσα στον οποίο κινούνται τα αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια γύρω από τον πυρήνα



Μοντέλο δομής του ατόμου κατά Rutherford

- ✓ Τα θετικά φορτισμένα σωματίδια του πυρήνα είναι αριθμητικά ίσα με τα αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια ώστε το άτομο να είναι ηλεκτρικά ουδέτερο.
- Το μοντέλο αυτό μπορούσε να εξηγήσει ικανοποιητικά τα παρατηρούμενα αποτελέσματα βομβαρδισμού των λεπτών φύλλων χρυσού με σωματίδια α .
- Όταν τα σωματίδια α δεν συναντούν τους πυρήνες των ατόμων του χρυσού τότε διέρχονται μέσα από τη μάζα του χρυσού χωρίς σχεδόν καθόλου εκτροπή της πορείας τους.
- Αντίθετα, όταν συναντούν τους πυρήνες των ατόμων του χρυσού εκτρέπονται σημαντικά από την πορεία τους, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις σχεδόν ανακλώνται προς τα πίσω.



Πρωτόνια και νετρόνια

- Το 1919 ο Rutherford ανακάλυψε το **πρωτόνιο (proton, p^+)**.
- Το 1932 ο Άγγλος James Chadwick (1891-1974, βραβείο Nobel Φυσικής 1935) ανακάλυψε το **νετρόνιο (neutron, n^0)**.
- Η μάζα του νετρονίου είναι περίπου ίση με τη μάζα του πρωτονίου, αλλά το νετρόνιο δεν έχει ηλεκτρικό φορτίο.
- Η μάζα του ηλεκτρονίου είναι περίπου 2000 φορές μικρότερη από τις μάζες του πρωτονίου και του νετρονίου.

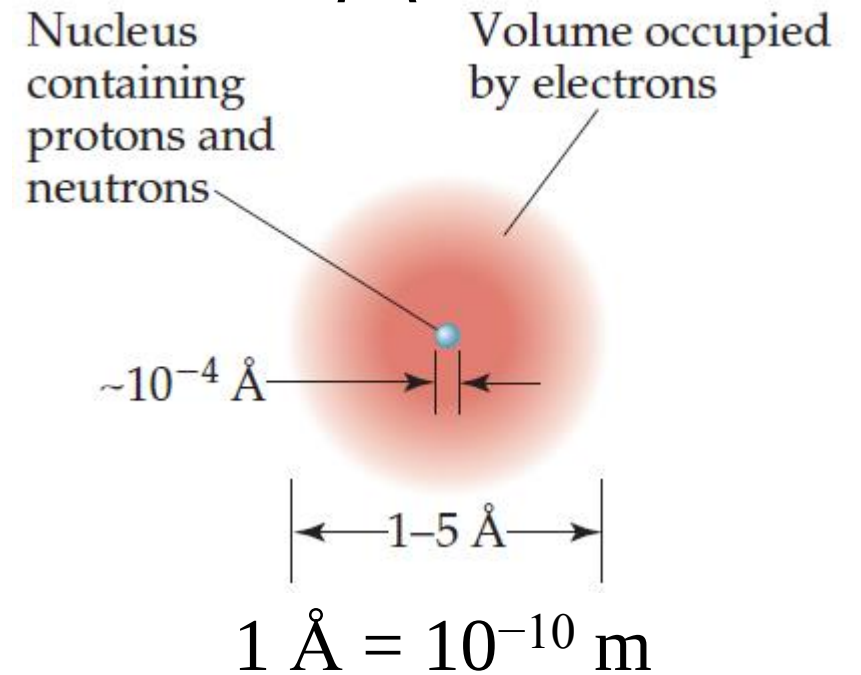


James Chadwick



Μοντέλο δομής του ατόμου κατά Rutherford

- Ένα επαναστατικό συμπέρασμα του μοντέλου δομής του ατόμου κατά Rutherford είναι ότι η ύλη, σε ατομικό επίπεδο, είναι πολύ πιο ανομοιογενής από όσο φαίνεται.
- Σχεδόν όλη η μάζα του ατόμου (πάνω από το 99,9%) είναι συγκεντρωμένη στον πολύ μικρών διαστάσεων πυρήνα.
- Άρα, ο πυρήνας του ατόμου έχει πάρα πολύ μεγάλη πυκνότητα.
- Γύρω από τον πυρήνα υπάρχει «κενός» χώρος (πιο σωστά, χώρος με πολύ μικρή μάζα) ο οποίος καταλαμβάνεται από τα πολύ μικρότερης μάζας ηλεκτρόνια.





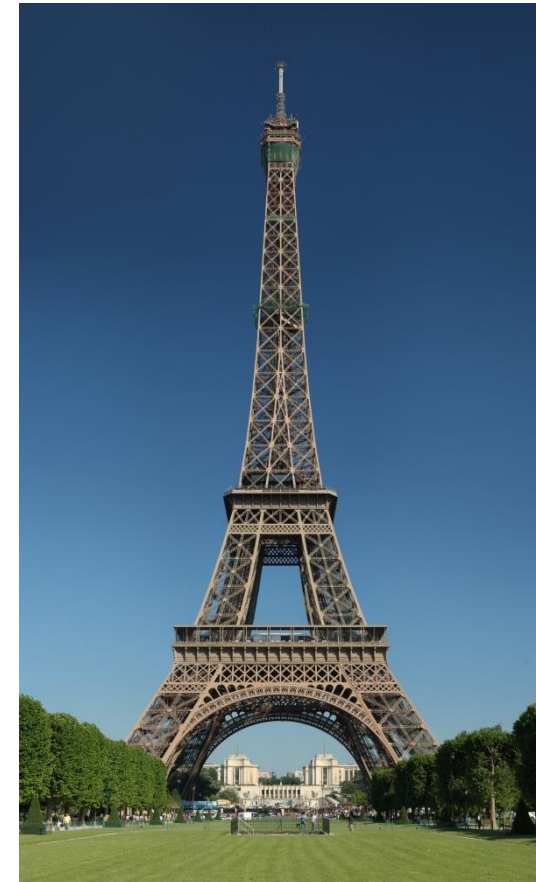
Μοντέλο δομής του ατόμου κατά Rutherford

- Αν τα υλικά σώματα αποτελούνταν από ατομικούς πυρήνες τοποθετημένους κοντά ο ένας σε σχέση με τον άλλο, η ύλη θα είχε τεράστια πυκνότητα.
- Για παράδειγμα, αν ένας κόκκος άμμου με μάζα λίγες δεκάδες mg αποτελούνταν μόνο από ατομικούς πυρήνες θα ζύγιζε περίπου 5 εκατομμύρια kg!!!
- Τέτοιου είδους υλικά σώματα υπάρχουν στο σύμπαν και είναι οι αστέρες νετρονίων (neutron stars): έχουν μάζα λίγο μεγαλύτερη από τη μάζα του ήλιου, αλλά η διάμετρος τους είναι μερικά δεκάδες χιλιόμετρα (10-30 km) και η πυκνότητάς τους είναι της τάξης του 10^{17} kg/m^3 !!!

Μοντέλο δομής του ατόμου κατά Rutherford



- Αν στην πραγματικότητα η ύλη σε ατομικό επίπεδο έχει τόσο πολύ κενό χώρο τότε γιατί μας φαίνεται ως συμπαγής;
- Οι διαφορές στην πυκνότητα σε ατομικό επίπεδο δεν μπορούν να γίνουν αντιληπτές με τις αισθήσεις μας.





Σύγχρονη θεώρηση της δομής του ατόμου

- Τα άτομα είναι σφαιρικά και αποτελούνται από:
 - ✓ πρωτόνια (protons, p^+)
 - ✓ νετρόνια (neutrons, n^0)
 - ✓ ηλεκτρόνια (electrons, e^-)
- Τα πρωτόνια και τα νετρόνια βρίσκονται στο κέντρο του ατόμου, το οποίο ονομάζεται **πυρήνας (nucleus)**.
- Τα ηλεκτρόνια κινούνται γύρω από τον πυρήνα και σε σχετικά μεγάλες αποστάσεις απ' αυτόν.
- Τα ηλεκτρόνια ευθύνονται για τη χημική συμπεριφορά των ατόμων.



Φορτία υποατομικών σωματιδίων

- Τα πρωτόνια είναι θετικά φορτισμένα, τα ηλεκτρόνια αρνητικά, ενώ τα νετρόνια είναι ουδέτερα.
- Το φορτίο πρωτονίων και ηλεκτρονίων είναι κατ' απόλυτη τιμή ίσο και ισούται με $1,602176634 \times 10^{-19}$ C (στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο, e).
- Τα ηλεκτρόνια και τα πρωτόνια έλκονται με ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις Coulomb.
- Τα σωματίδια του πυρήνα (πρωτόνια και νετρόνια) έλκονται με ισχυρές πυρηνικές δυνάμεις.



Φορτία υποατομικών σωματιδίων

- Για λόγους απλότητας, τα φορτία των ατομικών και υποατομικών σωματιδίων, καθώς και των ιόντων, εκφράζονται ως πολλαπλάσια του στοιχειώδους ηλεκτρικού φορτίου, αντί για Coulomb (μονάδα ηλεκτρικού φορτίου στο SI).
 - ✓ φορτίο πρωτονίου: $1+$ ή $+$ (p^+)
 - ✓ φορτίο ηλεκτρονίου: $1-$ ή $-$ (e^-)
- Τα άτομα είναι ηλεκτρικά ουδέτερα.
- Κατά συνέπεια, **τα άτομα έχουν ίσο αριθμό πρωτονίων και ηλεκτρονίων.**



Μάζες υποατομικών σωματιδίων

- Οι μάζες του πρωτονίου και του νετρονίου είναι περίπου ίσες, και είναι της τάξης του 10^{-27} kg, ενώ η μάζα του ηλεκτρονίου είναι περίπου 1836 φορές μικρότερη από τη μάζα του πρωτονίου.
- Οι μάζες των ατομικών και υποατομικών σωματιδίων εκφράζονται με βάση την ενοποιημένη **ατομική μονάδα μάζας (atomic mass unit, amu)**.
- Η **ατομική μονάδα μάζας ορίζεται ως το 1/12 της μάζας του ισοτόπου του άνθρακα-12** (περιέχει 6 πρωτόνια και 6 νετρόνια).
- Ισχύει ότι: **$1 \text{ amu} = 1,66053907 \times 10^{-27} \text{ kg}$**

Μάζες και φορτία υποατομικών σωματιδίων



Σωματίδιο	Μάζα (kg)	Μάζα (amu)	Φορτίο (C)	Φορτίο (e)
Πρωτόνιο	$1,67262 \times 10^{-27}$	1,00727	$+1,60218 \times 10^{-19}$	1+
Νετρόνιο	$1,67493 \times 10^{-27}$	1,00866	0	0
Ηλεκτρόνιο	$9,10938 \times 10^{-31}$	$5,486 \times 10^{-4}$	$-1,60218 \times 10^{-19}$	1–

➤ Τιμές των θεμελιωδών φυσικών σταθερών:

✓ <https://physics.nist.gov/cuu/Constants/index.html>

✓ <https://www.bipm.org/extra/codata-tgfc/>

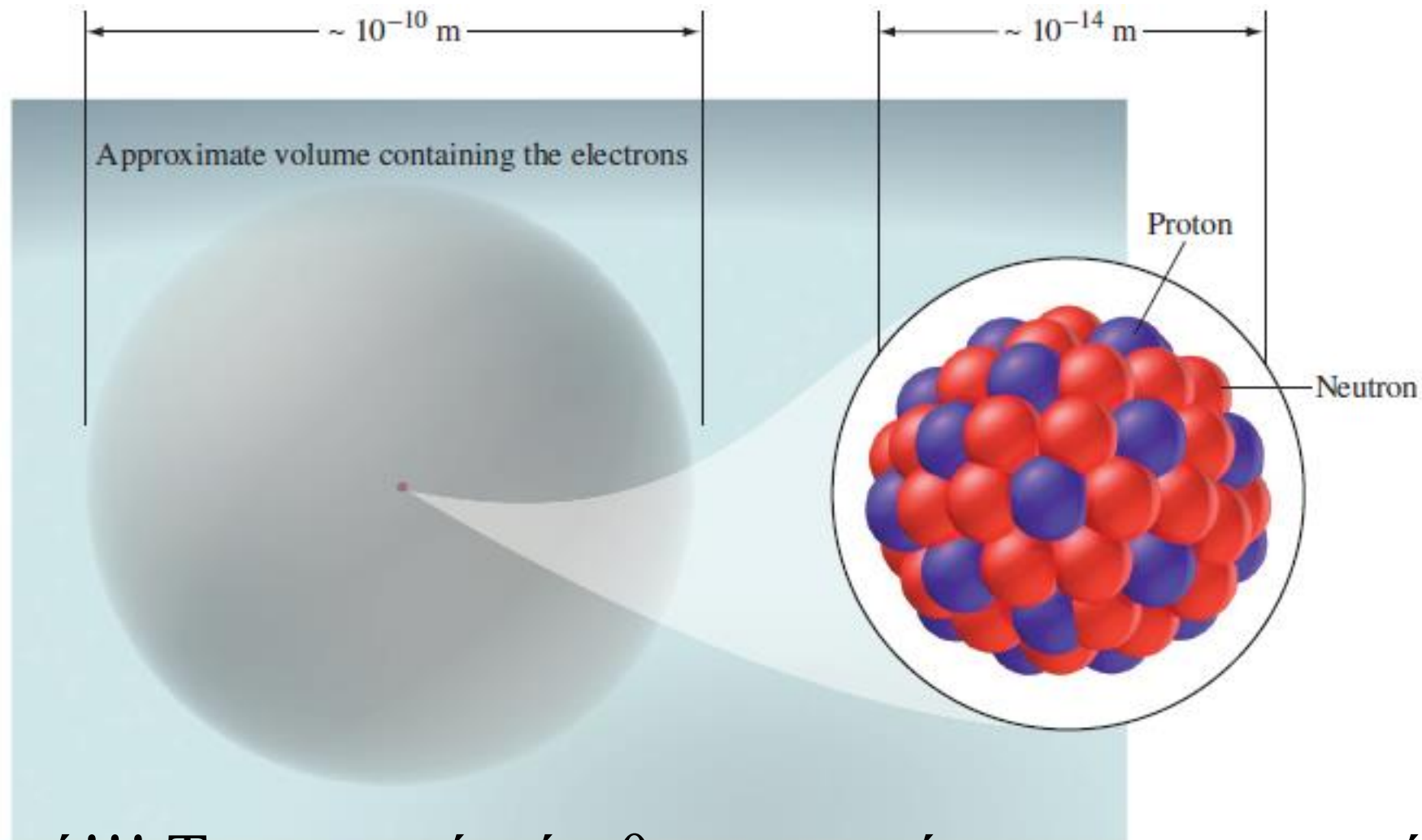
✓ <https://codata.org/>



Διαστάσεις των ατόμων

- Τα άτομα έχουν πάρα πολύ μικρές διαστάσεις. Η διάμετρός τους κυμαίνεται από 1×10^{-10} m έως 5×10^{-10} m ή 100-500 pm.
- Η διάμετρος των ατόμων εκφράζεται συνήθως σε Angstrom, Å
 $1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$.
- Η διάμετρός των ατόμων κυμαίνεται από 1 Å έως 5 Å.
- Η διάμετρος του πυρήνα των ατόμων είναι της τάξης του 10^{-4} Å .
- Σχεδόν όλη η μάζα του ατόμου είναι συγκεντρωμένη στον πυρήνα του. Τα ηλεκτρόνια έχουν πολύ μικρή μάζα και καταλαμβάνουν χώρο πολύ μεγαλύτερο από το χώρο που καταλαμβάνει ο πυρήνας του ατόμου.

Διαστάσεις των ατόμων



- Προσοχή!!! Το σχετικό μέγεθος του ατόμου και του πυρήνα δεν είναι στη σωστή κλίμακα.

Διαστάσεις των ατόμων

- Αν η διάμετρος του πυρήνα είναι 1 m τότε η διάμετρος του ατόμου είναι 10 km!!!



- Επειδή οι διαστάσεις του πυρήνα είναι τόσο μικρές, η πυκνότητά του είναι της τάξης του 10^{16} - 10^{17} kg/m³.

Παράδειγμα 2.7



- Η διάμετρος του νομίσματος του ενός ευρώ είναι 23 mm.
- Η διάμετρος ενός ατόμου αργύρου είναι 2,88 Å.
- Να υπολογίσετε πόσα άτομα αργύρου μπορούν να τοποθετηθούν το ένα δίπλα στο άλλο κατά μήκος της διαμέτρου του νομίσματος του ενός ευρώ.



➤ **Απάντηση:**
$$\frac{23 \times 10^{-3} \text{ m}}{2,88 \times 10^{-10} \text{ m}} = 8,0 \times 10^7 \text{ άτομα ή } 80 \text{ εκατομμύρια άτομα!!!}$$



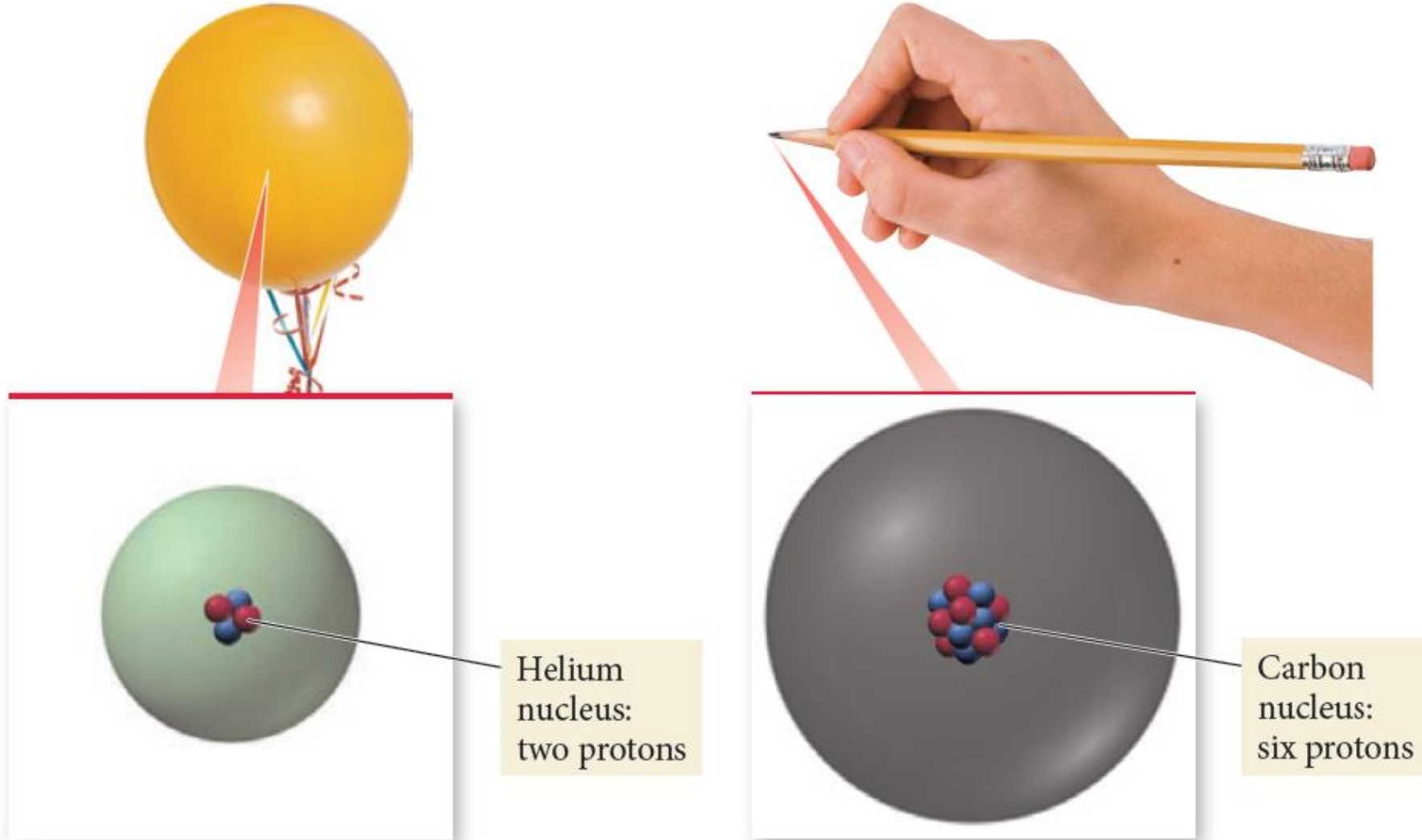
Ατομικός αριθμός (atomic number)

- Ο αριθμός των πρωτονίων του πυρήνα ενός ατόμου ονομάζεται **ατομικός αριθμός** και συμβολίζεται με το **Z**.
- Τα άτομα είναι ηλεκτρικά ουδέτερα, άρα ο ατομικός αριθμός ισούται και με τον αριθμό των ηλεκτρονίων του ατόμου.
- Ο ατομικός αριθμός είναι η «ταυτότητα» του κάθε στοιχείου.
- **Ορισμός του στοιχείου: Στοιχείο είναι η ουσία της οποίας όλα τα άτομα έχουν τον ίδιο ατομικό αριθμό.**

Ατομικός αριθμός και στοιχεία



- Τα στοιχεία διαφέρουν ως προς τον ατομικό τους αριθμό.



Περιοδικός Πίνακας των Στοιχείων



	I _A 1																	VIII _A 18
1	1 H 1,008 Υδρογόνο	2 He 4,002602 Ήλιο																
2	3 Li 6,94 Λίθιο	4 Be 9,012183 Βηρύλλιο										5 B 10,81 Βόριο	6 C 12,011 Ανθρακας	7 N 14,007 Αζωτο	8 O 15,999 Οξυγόνο	9 F 18,998403 Φθόριο	10 Ne 20,1797 Νέο	
3	11 Na 22,989769 Νάτριο	12 Mg 24,305 Μαγνήσιο										13 Al 26,981539 Αργίλιο	14 Si 28,085 Πυρίτιο	15 P 30,973762 Φωσφόρος	16 S 32,06 Θείο	17 Cl 35,45 Χλώριο	18 Ar 39,95 Αργό	
4	19 K 39,0983 Κάλιο	20 Ca 40,078 Ασβέστιο	21 Sc 44,955908 Σκάνδιο	22 Ti 47,867 Τιτάνιο	23 V 50,9415 Βανάδιο	24 Cr 51,9961 Χρόμιο	25 Mn 54,938043 Μαγγάνιο	26 Fe 55,845 Σίδηρος	27 Co 58,933194 Κοβάλτιο	28 Ni 58,6934 Νικέλιο	29 Cu 63,546 Χαλκός	30 Zn 65,38 Ψευδάργυρος	31 Ga 69,723 Γάλλιο	32 Ge 72,630 Γερμάνιο	33 As 74,921595 Αρσενικό	34 Se 78,971 Σελήνιο	35 Br 79,904 Βρώμιο	36 Kr 83,798 Κρυπτό
5	37 Rb 85,4678 Ρουβίδιο	38 Sr 87,62 Στρόντιο	39 Y 88,90584 Υτρίο	40 Zr 91,224 Ζιρκόνιο	41 Nb 92,90637 Νιόβιο	42 Mo 95,95 Μολυβδαίνιο	43 Tc [98] Τεχνηίο	44 Ru 101,07 Ρουθήνιο	45 Rh 102,90549 Ρόδιο	46 Pd 106,42 Παλλάδιο	47 Ag 107,8682 Αργυρος	48 Cd 112,414 Κάδμιο	49 In 114,818 Ινδίο	50 Sn 118,710 Κασσίτερος	51 Sb 121,760 Αντιμόνιο	52 Te 127,60 Τελουρίο	53 I 126,90447 Ιώδιο	54 Xe 131,293 Ξένο
6	55 Cs 132,90545 Καίσιο	56 Ba 137,327 Βάριο	57 La* 138,90547 Λανθάνιο	72 Hf 178,49 Αφνιο	73 Ta 180,94788 Ταντάλιο	74 W 183,84 Βολφράμιο	75 Re 186,207 Ρήνιο	76 Os 190,23 Όσμιο	77 Ir 192,217 Ιρίδιο	78 Pt 195,084 Λευκόχρυσο	79 Au 196,96657 Χρυσός	80 Hg 200,592 Υδράργυρος	81 Tl 204,38 Θάλλιο	82 Pb 207,2 Μόλυβδος	83 Bi 208,98040 Βισμούθιο	84 Po [208,98] Πολόνιο	85 At [209,99] Αστάτιο	86 Rn [222,02] Ραδόνιο
7	87 Fr [223,02] Φράγκιο	88 Ra [226,03] Ράδιο	89 Ac** [227,03] Ακτίνιο	104 Rf [267,1] Ραδεφωρόριο	105 Db [268,1] Ντούμπνιο	106 Sg [269,1] Σημπόργκιο	107 Bh [270,1] Μπόριο	108 Hs [269,1] Χάσιο	109 Mt [278,2] Μεϊνττέριο	110 Ds [281,2] Νταρμστάντιο	111 Rg [282,2] Ρεντγκένιο	112 Cn [285,2] Κοπερνίκιο	113 Nh [286,2] Νιχόνιο	114 Fl [289,2] Φλερόβιο	115 Mc [289,2] Μοσχόβιο	116 Lv [293,2] Λιβερμόριο	117 Ts [293,2] Τεννέσσιο	118 Og [294,2] Ογκάνεσσον

Ατομικός αριθμός

*Λανθανίδες

**Ακτινίδες

58 Ce 140,116 Δημήτριο	59 Pr 140,90766 Πρασεοδόμιο	60 Nd 144,242 Νεοδόμιο	61 Pm [145] Προμήθειο	62 Sm 150,36 Σαμάριο	63 Eu 151,964 Ευρώπιο	64 Gd 157,25 Γαδολίνιο	65 Tb 158,92535 Τέρβιο	66 Dy 162,500 Δυσπρόσιο	67 Ho 164,93033 Όλμιο	68 Er 167,259 Έρβιο	69 Tm 168,93422 Θούλιο	70 Yb 173,045 Υττέρβιο	71 Lu 174,9668 Λουτέτιο
90 Th 232,0377 Θόριο	91 Pa 231,03588 Πρωτακτίνιο	92 U 238,02891 Ουράνιο	93 Np [237,05] Ποσειδώνιο	94 Pu [244,06] Πλουτόνιο	95 Am [243,06] Αμερίκιο	96 Cm [247,07] Κιούριο	97 Bk [247,07] Μπερκέλιο	98 Cf [251,08] Καλιφόρνιο	99 Es [252,08] Αϊνστάινιο	100 Fm [257,10] Φέρμιο	101 Md [258,10] Μεντελέβιο	102 No [259,10] Νομπέλιο	103 Lr [262,11] Λωρέντιο



Μαζικός αριθμός (mass number)

- Τα άτομα ενός στοιχείου μπορεί να διαφέρουν ως προς τον αριθμό των νετρονίων τα οποία περιέχουν στον πυρήνα τους και κατά συνέπεια ως προς τη μάζα τους.
- Όλα τα άτομα ενός δεδομένου στοιχείου δεν έχουν κατ' ανάγκη την ίδια μάζα.
- Ο συνολικός αριθμός των πρωτονίων και των νετρονίων ενός πυρήνα ονομάζεται **μαζικός αριθμός** και συμβολίζεται με το **A**.
- **Νουκλίδιο (nuclide, από το nucleus = πυρήνας)** είναι κάθε άτομο το οποίο χαρακτηρίζεται από έναν ατομικό και ένα μαζικό αριθμό.

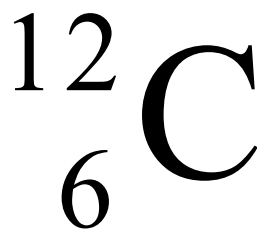


Ατομικός και μαζικός αριθμός

- Ο ατομικός αριθμός αναγράφεται κάτω και αριστερά από το σύμβολο του στοιχείου.
- Ο μαζικός αριθμός αναγράφεται πάνω και αριστερά από το σύμβολο του στοιχείου.

Μαζικός αριθμός (A):
αριθμός πρωτονίων και νετρονίων

Ατομικός αριθμός (Z):
αριθμός πρωτονίων

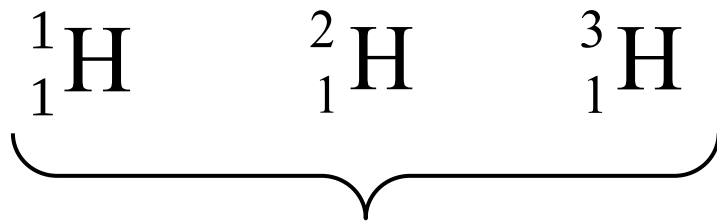


← σύμβολο του στοιχείου

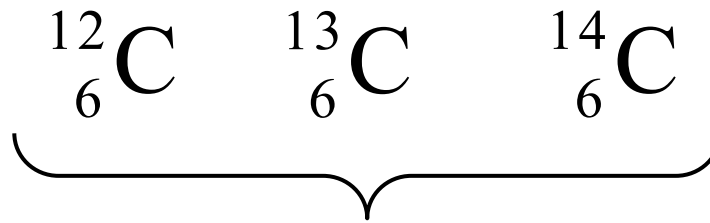


Ισότοπα (isotopes)

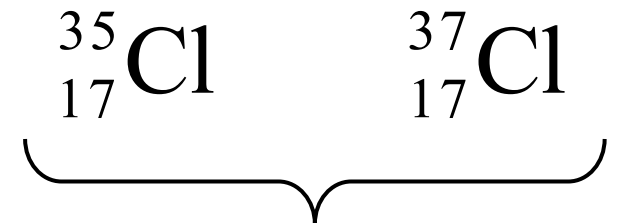
- Νουκλίδια τα οποία έχουν τον ίδιο ατομικό αλλά διαφορετικό μαζικό αριθμό (δηλαδή ίδιο αριθμό πρωτονίων αλλά διαφορετικό αριθμό νετρονίων) ονομάζονται **ισότοπα**.
- Τα ισότοπα μεταξύ τους ανήκουν στο ίδιο στοιχείο, αφού έχουν τον ίδιο ατομικό αριθμό:



ισότοπα του
υδρογόνου



ισότοπα του
άνθρακα



ισότοπα του
χλωρίου



Ισότοπα

- Τα ισότοπα ενός στοιχείου ονομάζονται με το όνομα του στοιχείου ακολουθούμενο από το μαζικό αριθμό:
- ${}^{12}_6\text{C}$: άνθρακας-12 ή C-12
- ${}^{16}_8\text{O}$: οξυγόνο-16 ή O-16
- ${}^{35}_{17}\text{Cl}$: χλώριο-35 ή Cl-35



Παράδειγμα 2.8: Να συμπληρωθεί ο ακόλουθος πίνακας

Στοιχείο	Z	A	p	n	e
C	6	12			
C		13			
C				8	
H	1			2	
N		15			7
O	8			8	
Na			11	12	
Ca				20	20
Cl		35			17
Cl				20	



Παράδειγμα 2.8: Να συμπληρωθεί ο ακόλουθος πίνακας

Στοιχείο	Z	A	p	n	e
C	6	12	6	6	6
C	6	13	6	7	6
C	6	14	6	8	6
H	1	3	1	2	1
N	7	15	7	8	7
O	8	16	8	8	8
Na	11	23	11	12	11
Ca	20	40	20	20	20
Cl	17	35	17	18	17
Cl	17	37	17	20	17



Παράδειγμα 2.9

- Ποιο είναι το σύμβολο του νουκλιδίου το οποίο περιέχει 38 πρωτόνια και 50 νετρόνια;
- Απάντηση: $^{88}_{38}\text{Sr}$



Ατομικές μάζες των στοιχείων

- Αναφέρθηκε ήδη ότι τα άτομα είναι πάρα πολύ μικρά σε μέγεθος (η διάμετρός τους κυμαίνεται από 1×10^{-10} m έως 5×10^{-10} m).
- Κατά συνέπεια, τα άτομα έχουν πάρα πολύ μικρές μάζες, οι οποίες κυμαίνονται από 10^{-24} έως 10^{-22} g.
- Οι επιστήμονες του 19^{ου} αιώνα γνώριζαν ότι τα άτομα των διαφόρων στοιχείων έχουν διαφορετικές μάζες.
- Ωστόσο δεν μπορούσαν να μετρήσουν τις μάζες αυτές, λόγω του πολύ μικρού μεγέθους τους.



Ατομικές μάζες των στοιχείων

- Μπορούσαν όμως να υπολογίσουν τις **σχετικές αναλογίες μαζών των διαφόρων στοιχείων**, δηλαδή πόσες φορές είναι μεγαλύτερη η μάζα ενός ατόμου από τη μάζα ενός άλλου ατόμου.
- Για παράδειγμα γνώριζαν ότι 100,0 g νερού περιέχουν 11,2 g υδρογόνου και 88,8 g οξυγόνου.
- Άρα, κατά μάζα, το νερό περιέχει $88,8/11,2 = 8$ φορές περισσότερο οξυγόνο από ότι υδρογόνο.



Ατομικές μάζες των στοιχείων

- Στη συνέχεια διαπίστωσαν ότι το νερό περιέχει δύο άτομα υδρογόνου για κάθε άτομο οξυγόνου.
- Δηλαδή, αν μία ποσότητα νερού περιέχει n άτομα οξυγόνου τότε θα περιέχει $2n$ άτομα υδρογόνου.
- Έστω $A_r(\text{οξυγόνου})$ και $A_r(\text{υδρογόνου})$ οι μάζες των ατόμων του οξυγόνου και του υδρογόνου αντίστοιχα.
- Έστω $m_{\text{οξυγόνου}}$ και $m_{\text{υδρογόνου}}$ οι μάζες του οξυγόνου και του υδρογόνου σε ένα δείγμα νερού.



Ατομικές μάζες των στοιχείων

- Για τις μάζες αυτές θα ισχύει ότι:

$$\frac{m_{\text{οξυγόνου}}}{m_{\text{υδρογόνου}}} = \frac{8}{1} \Leftrightarrow \frac{n \cdot A_r(\text{οξυγόνου})}{2n \cdot A_r(\text{υδρογόνου})} = \frac{8}{1} \Leftrightarrow \frac{A_r(\text{οξυγόνου})}{A_r(\text{υδρογόνου})} = \frac{16}{1}$$

- Δηλαδή, η μάζα του ατόμου του οξυγόνου είναι 16 φορές μεγαλύτερη από τη μάζα του ατόμου του υδρογόνου.



Ατομικές μάζες των στοιχείων

- Η αναλογία αυτή ονομάστηκε σχετική **ατομική μάζα (atomic mass)**.
- **Ατομικές μάζες των στοιχείων:** οι μάζες των ατόμων των διαφόρων στοιχείων μετρημένες ως προς μία αυθαίρετη μονάδα μάζας ατομικών διαστάσεων.
- Το άτομο του υδρογόνου έχει τη μικρότερη μάζα από όλα τα άλλα άτομα των υπολοίπων στοιχείων.



Ατομικές μάζες των στοιχείων

- Αρχικά από τον Dalton δόθηκε αυθαίρετα η τιμή 1 (χωρίς μονάδες!) στη μάζα του ατόμου του υδρογόνου.
- Κατά συνέπεια, η μάζα του ατόμου του οξυγόνου είναι 16.
- Με αυτόν τον τρόπο μετρήθηκαν οι σχετικές μάζες όλων των υπολοίπων ατόμων των διαφόρων στοιχείων ως προς τη μάζα του ατόμου του υδρογόνου.
- Οι επιστήμονες του 19^{ου} αιώνα κατασκεύασαν πίνακες με τις σχετικές ατομικές μάζες των τότε γνωστών στοιχείων.

Περιοδικός Πίνακας του Mendeleev του 1871



REIHEN	Gruppe I - R^2O	Gruppe II - RO	Gruppe III - R^2O^3	Gruppe IV RH^4 RO^2	Gruppe V RH^3 R^2O^5	Gruppe VI RH^2 RO^3	Gruppe VII RH R^2O^7	Gruppe VIII - RO^4
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=85	Sr=87	?Yt=88	Zr=90	Nb=94	Mo=96	-=100	Ru=104, Rh=104 Pd=106, Ag=108
7	(Ag=108)	Cd=112	In=113	Sn=118	Sb=122	Te=125	J=127	
8	Cs=133	Ba=137	?Di=138	?Ce=140	-	-	-	- - - -
9	(-)	-	-	-	-	-	-	
10	-	-	?Er=178	?La=180	Ta=182	W=184	-	Os=195, Ir=197 Pt=198, Au=199
11	(Au=199)	Hg=200	Ti=204	Pb=207	Bi=208	-	-	
12	-	-	-	Th=231	-	U=240	-	- - - -

Φασματόμετρο μάζας

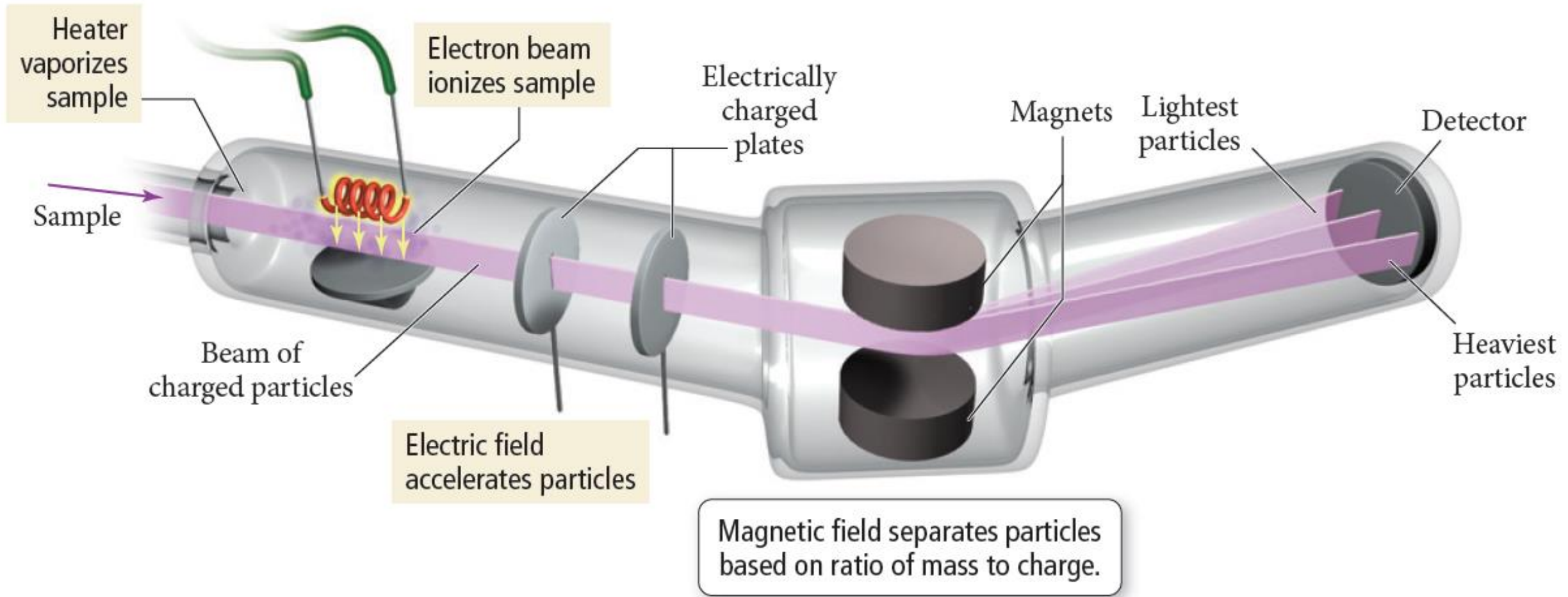
- Από τις αρχές περίπου του 20^{ου} αιώνα η μέτρηση της μάζας των διαφόρων ατόμων γίνεται με τη χρήση κατάλληλων οργάνων, τα οποία ονομάζονται **φασματόμετρα ή φασματογράφοι μάζας (mass spectrometers)**.
- Το πρώτο φασματόμετρο μάζας κατασκευάστηκε από τον J.J. Thomson και χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση του λόγου m/z (μάζα ως προς φορτίο) του ηλεκτρονίου.



Φασματομέτρο μάζας



➤ Σχηματική απεικόνιση του φασματομέτρου μάζας.

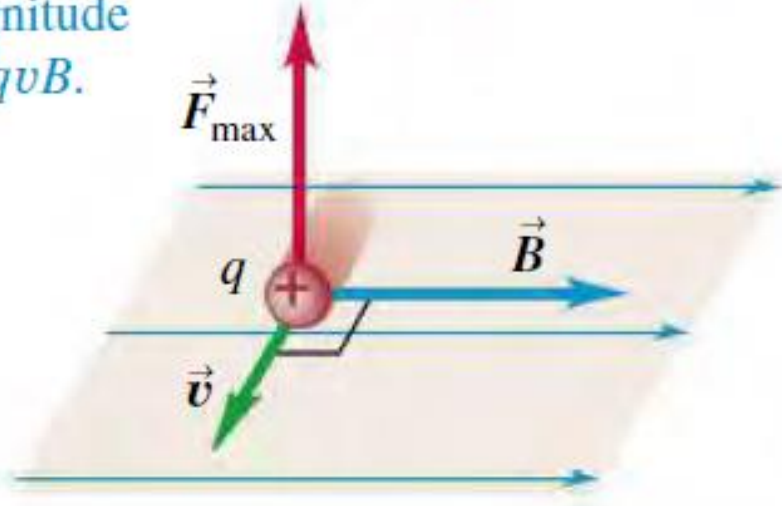


Φασματόμετρο μάζας



A charge moving **perpendicular** to a magnetic field experiences a maximal magnetic force with magnitude

$$F_{\max} = qvB.$$

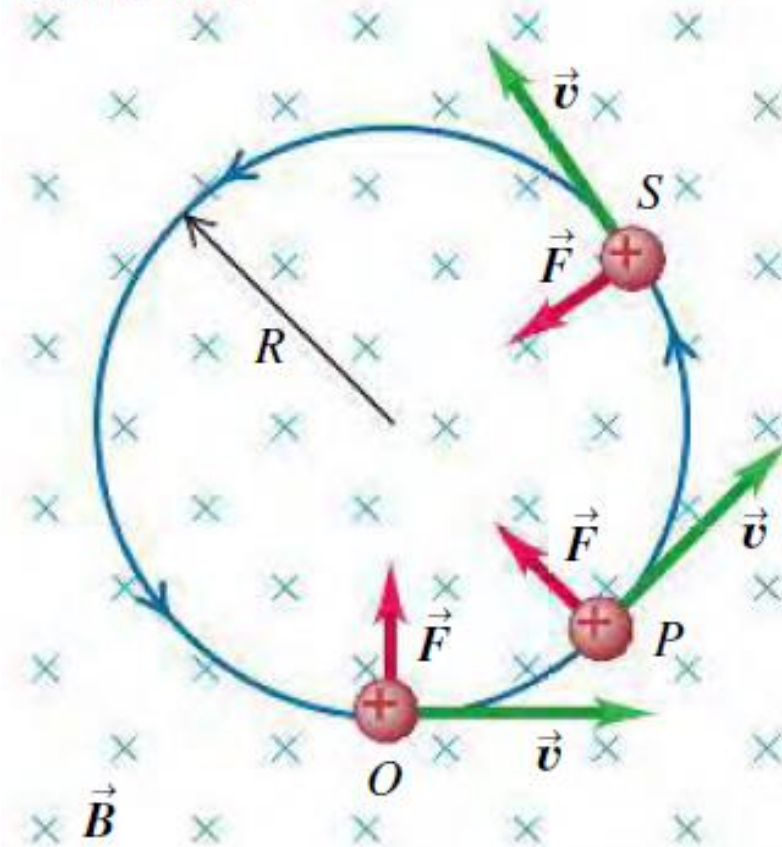


Radius of a circular orbit
in a magnetic field

$$R = \frac{mv}{|q|B}$$

Particle's mass
Particle's speed
Magnetic-field magnitude
Particle's charge

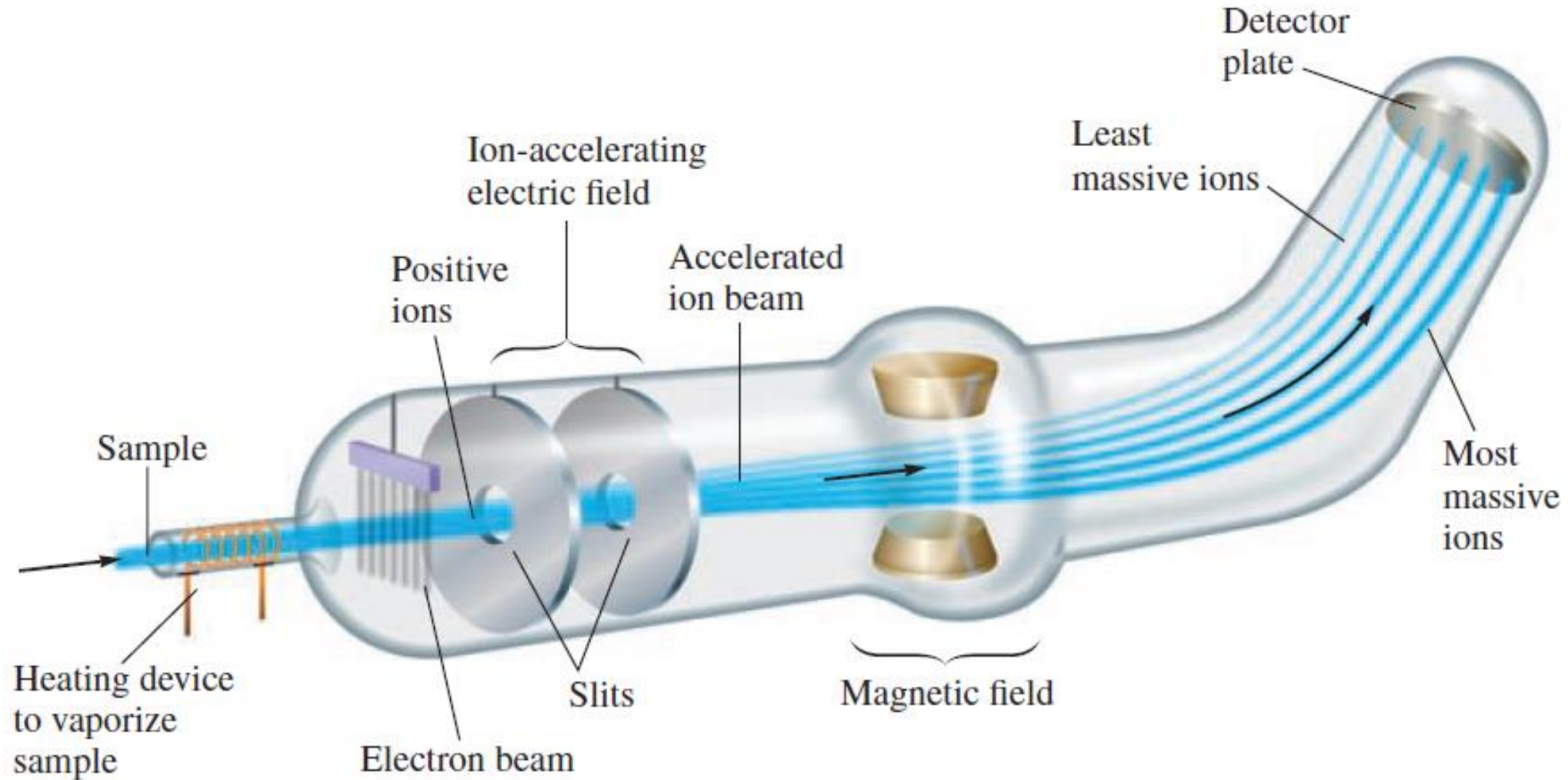
A charge moving at right angles to a uniform $\vec{B}$ field moves in a circle at constant speed because $\vec{F}$ and $\vec{v}$ are always perpendicular to each other.



Φασματομέτρο μάζας



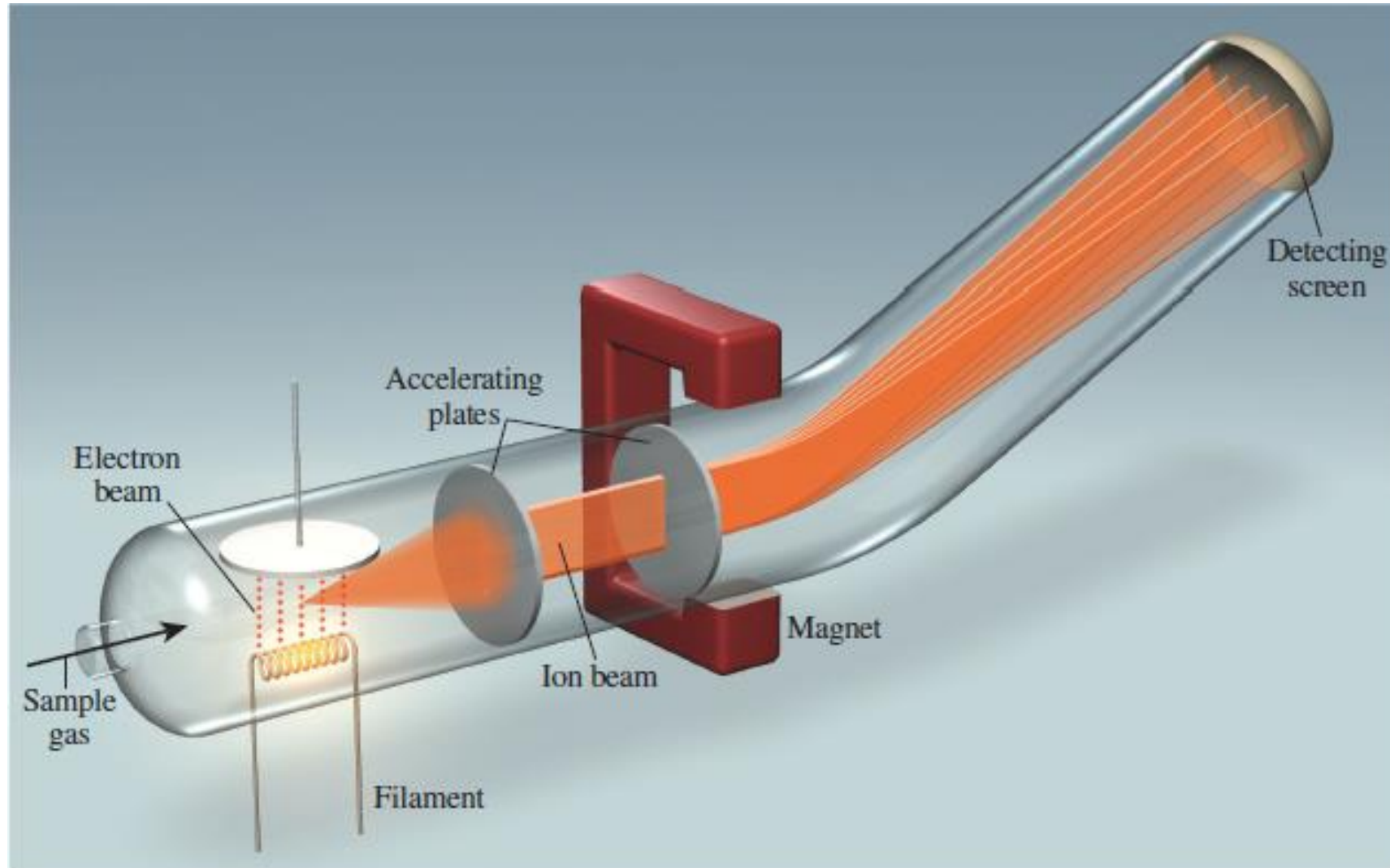
- Σχηματική απεικόνιση του φασματομέτρου μάζας.



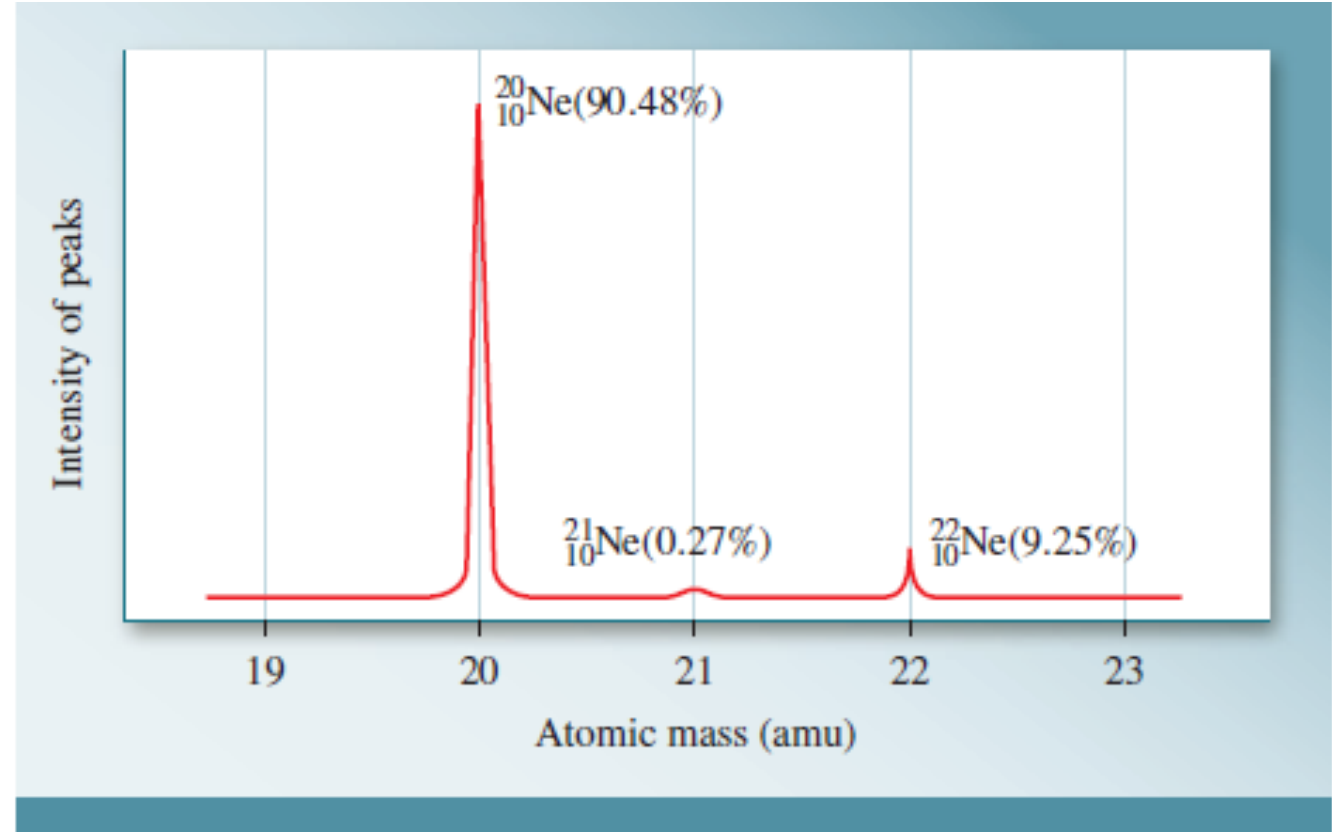
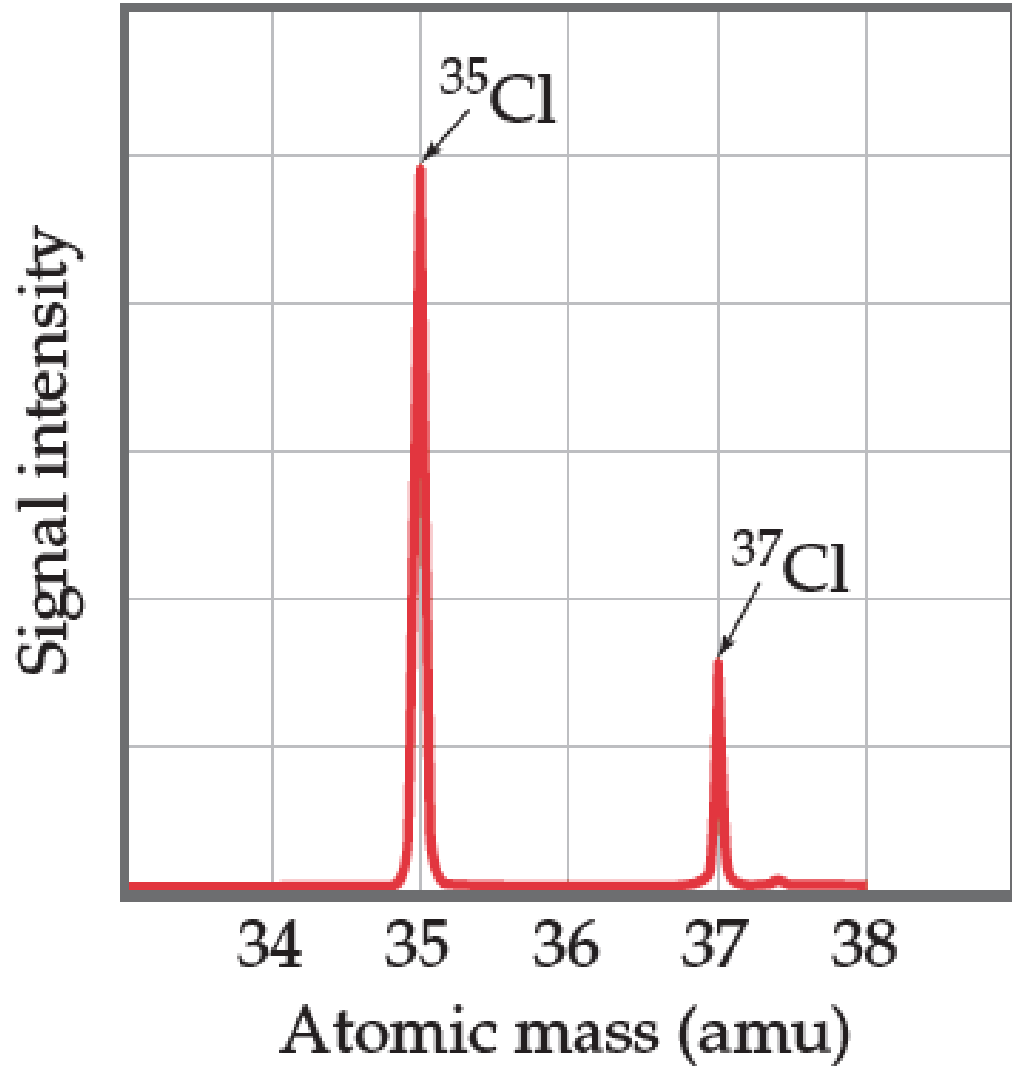
Φασματομέτρο μάζας



- Σχηματική απεικόνιση του φασματομέτρου μάζας.



Φασματογράφημα μάζας



Mass spectrum of neon.

Φασματομέτρο μάζας



➤ Σύγχρονα φασματομέτρα μάζας:





Ατομική μονάδα μάζας

- Οι μάζες των ατόμων των διαφόρων στοιχείων μετρώνται ως προς μία αυθαίρετη μονάδα μάζας ατομικών διαστάσεων.
- Το 1803, ο Dalton επέλεξε τη μάζα του ατόμου του **υδρογόνου** ως μονάδα μέτρησης της μάζας δίνοντάς της την τιμή 1 (χωρίς μονάδες!).
- Ο Dalton υπολόγισε τις μάζες των διαφόρων γνωστών στοιχείων συγκρίνοντας τις με τη μάζα του ατόμου του υδρογόνου.



Ατομική μονάδα μάζας

- Το 1810, ο Σουηδός Χημικός Jons Jacob Berzelius (1779 -1848) πρότεινε τη χρήση του ατόμου του **οξυγόνου** ως στοιχείο αναφοράς επειδή ενώνεται με τα περισσότερα στοιχεία.
- Οι μάζες των υπολοίπων στοιχείων θα μπορούσαν να μετρηθούν σε άμεση σύγκριση με το οξυγόνο.
- Το μειονέκτημα του υδρογόνου ως στοιχείο αναφοράς ήταν ότι ενώνεται με σχετικά περιορισμένο αριθμό άλλων στοιχείων.
- Άρα, η άμεση σύγκριση των μαζών των διαφόρων στοιχείων ως προς το υδρογόνο δεν είναι πειραματικά εφικτή για πολλά στοιχεία.





Ατομική μονάδα μάζας

- Σε πολλές περιπτώσεις ατόμων έπρεπε πρώτα να μετρηθεί η αναλογία μάζας του ως προς το οξυγόνο και στη συνέχεια από την αναλογία μάζας O/H να βρεθεί η αναλογία μάζας του εν λόγω στοιχείου ως προς το υδρογόνο.
- Ο Berzelius έδωσε στο οξυγόνο την τιμή 100 και σύγκρινε τις μάζες όλων των τότε γνωστών στοιχείων με τη μάζα του οξυγόνου.
- Η κλίμακα που πρότεινε ο Berzelius δεν έγινε αποδεκτή.
- Ωστόσο, συνέχισαν να χρησιμοποιούνται οι πειραματικές τεχνικές που ανέπτυξε συγκρίνοντας τις μάζες των διαφόρων ατόμων με τη μάζα του ατόμου του οξυγόνου.

Ατομική μονάδα μάζας

- Το 1885 ο Γερμανός Χημικός Friedrich Wilhelm Ostwald (1853-1932) πρότεινε να χρησιμοποιηθεί η κλίμακα στην οποία το άτομο του **οξυγόνου** να έχει την τιμή **16**.
- Δηλαδή, επί της ουσίας πρότεινε η ατομική μονάδα μάζας να οριστεί ως το **1/16 της μάζας του ατόμου του οξυγόνου**.
- Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα η πρόταση έγινε αποδεκτή μετά από εκτενείς συζητήσεις μεταξύ των επιστημόνων.





		O = 16	H = 1
Aluminium	Al	27.1	26.9
Antimon	Sb	120.2	119.3
Argon	A	39.9	39.6
Arsen	As	75.0	74.4
Baryum	Ba	137.4	136.4
Beryllium	Be	9.1	9.03
Blei	Pb	206.9	205.35
Bor	B	11	10.9
Brom	Br	79.96	79.36
Cadmium	Cd	112.4	111.6
Cäsium	Cs	133	132
Calcium	Ca	40.1	39.8
Cerium	Ce	140	139
Chlor	Cl	35.45	35.18
Chrom	Cr	52.1	51.7
Eisen	Fe	55.9	55.5
Erbium	Er	166	164.8
Fluor	F	19	18.9
Gadolinium	Gd	156	155
Gallium	Ga	70	69.5
Germanium	Ge	72.5	71.9
Gold	Au	197.2	195.7
Helium	He	4	4
Indium	In	114	113.1
Iridium	Ir	193.0	191.5
Jod	J	126.85	125.90
Kalium	K	39.15	38.86
Kobalt	Co	59.0	58.56
Kohlenstoff	C	12.00	11.91
Krypton	Kr	81.8	81.2
Kupfer	Cu	63.6	63.1
Lanthan	La	138.9	137.9
Lithium	Li	7.03	6.98
Magnesium	Mg	24.36	24.18
Mangan	Mn	55.0	54.6
Molybdän	Mo	96.0	95.3
Natrium	Na	23.05	22.88
Neodym	Nd	143.6	142.5
Neon	Ne	20	19.9
Nickel	Ni	58.7	58.3
Niobium	Nb	94	93.3

		O = 16	H = 1
Osmium	Os	191	189.6
Palladium	Pd	106.5	105.7
Phosphor	P	31.0	30.77
Platin	Pt	194.8	193.3
Praseodym	Pr	140.5	139.4
Quecksilber	Hg	200.0	198.5
Radium	Ra	225	223.3
Rhodium	Rh	103.0	102.2
Rubidium	Rb	85.4	84.8
Ruthenium	Ru	101.7	100.9
Samarium	Sa	150	148.9
Sauerstoff	O	16.00	15.88
Scandium	Sc	44.1	43.8
Schwefel	S	32.06	31.88
Selen	Se	79.2	78.6
Silber	Ag	107.93	107.12
Silicium	Si	28.4	28.2
Stickstoff	N	14.04	13.93
Strontium	Sr	87.6	86.94
Tantal	Ta	183	181.6
Tellur	Te	127.6	126.6
Terbium	Tb	160	158.8
Thallium	Tl	204.1	202.6
Thorium	Th	232.5	230.8
Thulium	Tu	171	169.7
Titan	Ti	48.1	47.7
Uran	U	238.5	236.7
Vanadin	V	51.2	50.8
Wasserstoff	H	1.008	1.000
Wismut	Bi	208.5	206.9
Wolfram	W	184.0	182.6
Xenon	X	128	127
Ytterbium	Yb	173.0	171.7
Yttrium	Y	89.0	88.3
Zink	Zn	65.4	64.9
Zinn	Sn	119.0	118.1
Zirkonium	Zr	90.6	89.9

Dezember 1902.



Ατομική μονάδα μάζας: $H = 1$ vs $O = 16$

- Οι υποστηρικτές της κλίμακας $H = 1$ θεωρούσαν ότι η κλίμακα αυτή πλεονεκτεί για τους εξής λόγους:
 - i. είναι η κλίμακα που αρχικά είχε προτείνει ο Dalton
 - ii. είναι η πιο λογική επιλογή επειδή το υδρογόνο είναι το άτομο με τη μικρότερη μάζα
 - iii. για εκπαιδευτικούς λόγους, επειδή η κλίμακα αυτή είναι πιο εύκολα κατανοητή από τους φοιτητές, ενώ η κλίμακα $O = 16$ είναι πιο δύσκολο να εξηγηθεί.



Ατομική μονάδα μάζας: $H = 1$ vs $O = 16$

- Οι υποστηρικτές της κλίμακας $O = 16$ θεωρούσαν ότι η κλίμακα αυτή πλεονεκτεί για καθαρά πειραματικούς λόγους.
- Η κλίμακα $O = 16$ είναι μία άμεση πειραματική κλίμακα.
- Ο πειραματικός τρόπος μέτρησης των μαζών των διαφόρων στοιχείων στηρίζεται στον υπολογισμό της σχετικής μάζας τους ως προς το οξυγόνο.
- Η κλίμακα $H = 1$ δεν είναι πραγματική κλίμακα αλλά είναι μία κατ' όνομα κλίμακα αφού στην πραγματικότητα ο προσδιορισμός των μαζών των διαφόρων στοιχείων ως προς το υδρογόνο γίνεται τις περισσότερες φορές έμμεσα μέσω του λόγου O/H .
- Εντέλει, επεκράτησε η κλίμακα $O = 16$!!!



Ατομική μονάδα μάζας

- Το 1929 ανακαλύφθηκε ότι το οξυγόνο στη φύση αποτελείται από μείγμα ισοτόπων: ^{16}O , ^{17}O και ^{18}O .
- Έκτοτε, υιοθετήθηκαν δύο κλίμακες:
- ✓ οι μεν Χημικοί χρησιμοποιούσαν ως ατομική μονάδα μάζας το $1/16$ της μέσης ατομικής μάζας του οξυγόνου που απαντάται στη φύση ως μείγμα ισοτόπων
- ✓ οι δε Φυσικοί χρησιμοποιούσαν ως ατομική μονάδα μάζας το $1/16$ της μάζας του ισοτόπου ^{16}O .
- Επιπλέον, το 1935 βρέθηκε ότι η αναλογία των ισοτόπων του οξυγόνου σε δείγματα αέρα και νερού δεν είναι σταθερή αλλά εμφανίζει μικρές αλλά μετρήσιμες διαφορές.



Ατομική μονάδα μάζας

- Το 1961 ορίστηκε η **ενοποιημένη ατομική μονάδα μάζας** (**unified atomic mass unit**, σύμβολο: **amu** ή **u** ή **Da**) ως το 1/12 της μάζας του ισοτόπου του ^{12}C .
- Εξ' ορισμού η μάζα του ισοτόπου ^{12}C ισούται με **12 amu**.
- Η ατομική μονάδα μάζας (**amu**) είναι η μονάδα μάζας η οποία ισούται ακριβώς με το ένα δωδέκατο της μάζας του ισοτόπου άνθρακα-12.
$$1 \text{ Da} = 1 \text{ u} = 1 \text{ amu} = 1/12 \text{ της μάζας του ισοτόπου } ^{12}\text{C}$$
- Η μέση ατομική μάζα ενός στοιχείου δείχνει πόσες φορές είναι μεγαλύτερη η μάζα του εν λόγω στοιχείου από την ατομική μονάδα μάζας (**Da** ή **u** ή **amu**).



Ατομικές μάζες

- Ισχύει ότι $1 \text{ amu} = 1,66053907 \times 10^{-27} \text{ kg}$
- Ατομικές μάζες:
 - ✓ $^{12}\text{C} = 12 \text{ amu}$ (εξ' ορισμού)
 - ✓ $\text{H} = 1,008 \text{ amu}$
 - ✓ πρωτονίου = $1,00728 \text{ amu}$
 - ✓ νετρονίου = $1,00866 \text{ amu}$
 - ✓ ηλεκτρονίου = $5,486 \times 10^{-4} \text{ amu}$
 - ✓ $\text{O} = 15,999 \text{ amu}$
 - ✓ $\text{C} = 12,011 \text{ amu}$
 - ✓ $\text{S} = 32,06 \text{ amu}$

Περιοδικός Πίνακας των Στοιχείων



	I _A 1																	VIII _A 18				
1	1 H 1,008 Υδρογόνο	2 He 4,002602 Ήλιο																				
2	3 Li 6,94 Λίθιο	4 Be 9,012183 Βηρύλλιο															5 B 10,81 Βόριο	6 C 12,011 Ανθρακας	7 N 14,007 Αζωτο	8 O 15,999 Οξυγόνο	9 F 18,998403 Φθόριο	10 Ne 20,1797 Νέο
3	11 Na 22,989769 Νάτριο	12 Mg 24,305 Μαγνήσιο															13 Al 26,981539 Αργίλιο	14 Si 28,085 Πυρίτιο	15 P 30,973762 Φωσφόρος	16 S 32,06 Θείο	17 Cl 35,45 Χλώριο	18 Ar 39,95 Αργό
4	19 K 39,0983 Κάλιο	20 Ca 40,078 Ασβέστιο	21 Sc 44,955908 Σκάνδιο	22 Ti 47,867 Τιτάνιο	23 V 50,9415 Βανάδιο	24 Cr 51,9961 Χρόμιο	25 Mn 54,938043 Μαγγάνιο	26 Fe 55,845 Σίδηρος	27 Co 58,933194 Κοβάλτιο	28 Ni 58,6934 Νικέλιο	29 Cu 63,546 Χαλκός	30 Zn 65,38 Ψευδάργυρος	31 Ga 69,723 Γάλλιο	32 Ge 72,630 Γερμάνιο	33 As 74,921595 Αρσενικό	34 Se 78,971 Σελήνιο	35 Br 79,904 Βρώμιο	36 Kr 83,798 Κρυπτό				
5	37 Rb 85,4678 Ρουβίδιο	38 Sr 87,62 Στρόντιο	39 Y 88,90584 Υτρίο	40 Zr 91,224 Ζιρκόνιο	41 Nb 92,90637 Νιόβιο	42 Mo 95,95 Μολυβδαίνιο	43 Tc [98] Τεχνητίο	44 Ru 101,07 Ρουθήνιο	45 Rh 102,90549 Ρόδιο	46 Pd 106,42 Παλλάδιο	47 Ag 107,8682 Αργυρος	48 Cd 112,414 Κάδμιο	49 In 114,818 Ινδίο	50 Sn 118,710 Κασσίτερος	51 Sb 121,760 Αντιμόνιο	52 Te 127,60 Τελουρίο	53 I 126,90447 Ιώδιο	54 Xe 131,293 Ξένο				
6	55 Cs 132,90545 Καίσιο	56 Ba 137,327 Βάριο	57 La* 138,90547 Λανθάνιο	72 Hf 178,49 Αφνιο	73 Ta 180,94788 Ταντάλιο	74 W 183,84 Βολφράμιο	75 Re 186,207 Ρήνιο	76 Os 190,23 Όσμιο	77 Ir 192,217 Ιρίδιο	78 Pt 195,084 Λευκόχρυσος	79 Au 196,96657 Χρυσός	80 Hg 200,592 Υδράργυρος	81 Tl 204,38 Θάλλιο	82 Pb 207,2 Μόλυβδος	83 Bi 208,98040 Βισμούθιο	84 Po [208,98] Πολόνιο	85 At [209,99] Αστάτιο	86 Rn [222,02] Ραδόνιο				
7	87 Fr [223,02] Φράγκιο	88 Ra [226,03] Ράδιο	89 Ac** [227,03] Ακτίνιο	104 Rf [267,1] Ραδεφωρόδιο	105 Db [268,1] Ντούμπνιο	106 Sg [269,1] Σημπόργκιο	107 Bh [270,1] Μπόριο	108 Hs [269,1] Χάσιο	109 Mt [278,2] Μεϊνττέριο	110 Ds [281,2] Νταρμστάντιο	111 Rg [282,2] Ρεντγκένιο	112 Cn [285,2] Κοπερνίκιο	113 Nh [286,2] Νιχόνιο	114 Fl [289,2] Φλερόβιο	115 Mc [289,2] Μοσχόβιο	116 Lv [293,2] Λιβερμόριο	117 Ts [293,2] Τεννессίνιο	118 Og [294,2] Ογκάνεσσον				

Μέταλλα

Αμέταλλα

Μεταλλοειδή

Μέσες ατομικές μάζες

*Λανθανίδες

**Ακτινίδες

58 Ce 140,116 Δημήτριο	59 Pr 140,90766 Πρασεοδόμιο	60 Nd 144,242 Νεοδόμιο	61 Pm [145] Προμήθειο	62 Sm 150,36 Σαμάριο	63 Eu 151,964 Ευρώπιο	64 Gd 157,25 Γαδολίνιο	65 Tb 158,92535 Τέρβιο	66 Dy 162,500 Δυσπρόσιο	67 Ho 164,93033 Όλμιο	68 Er 167,259 Ερβιο	69 Tm 168,93422 Θούλιο	70 Yb 173,045 Υττέρβιο	71 Lu 174,9668 Λουτέτιο
90 Th 232,0377 Θόριο	91 Pa 231,03588 Πρωτακτίνιο	92 U 238,02891 Ουράνιο	93 Np [237,05] Ποσειδώνιο	94 Pu [244,06] Πλουτάνιο	95 Am [243,06] Αμερίκιο	96 Cm [247,07] Κιούριο	97 Bk [247,07] Μπερκέλιο	98 Cf [251,08] Καλιφόρνιο	99 Es [252,08] Αϊνστάινιο	100 Fm [257,10] Φέρμιο	101 Md [258,10] Μεντελέβιο	102 No [259,10] Νομπέλιο	103 Lr [262,11] Λωρέντιο



Μέσες ατομικές μάζες των στοιχείων

- Τα περισσότερα χημικά στοιχεία απαντώνται στη φύση ως μείγματα ισοτόπων.
- Για παράδειγμα ο άνθρακας απαντάται στη φύση ως μείγμα δύο ισοτόπων:
 - ✓ του ^{12}C σε αναλογία 98,93% και
 - ✓ του ^{13}C σε αναλογία 1,07%.
- Τα ποσοστά αυτά ονομάζονται **κλασματική αφθονία (fractional abundance)** του κάθε ενός ισοτόπου στο σύνολο των ισοτόπων του στοιχείου τα οποία απαντώνται στη φύση.



Μέσες ατομικές μάζες των στοιχείων

- Μάζα $^{12}\text{C} = 12 \text{ amu}$ (εξ' ορισμού)
- Μάζα $^{13}\text{C} = 13,003354835 \text{ amu}$

Μέση ατομική μάζα του άνθρακα στη φύση:

$$0,9893 \times 12 + 0,0107 \times 13,003354835 = 12,011 \text{ amu}$$

- Οι μέσες ατομικές μάζες των διαφόρων στοιχείων δίνονται στον περιοδικό πίνακα των στοιχείων.
- Η μέση ατομική μάζα ενός στοιχείου ονομάζεται και **ατομικό βάρος (atomic weight)**.



Κλασματικές αφθονίες των ισοτόπων

- Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τον περιοδικό πίνακα των στοιχείων, καθώς και για τις κλασματικές αφθονίες των ισοτόπων του κάθε στοιχείου μπορείτε να ανατρέξετε στις ακόλουθες διευθύνσεις:
 - ✓ <https://iupac.org>
 - ✓ <https://www.isotopesmatter.com/index.html>
 - ✓ <https://applets.kcvs.ca/IPTEI/IPTEI.html>



Element Colors And Legends

Element Colors And Legends

hydrogen H 1 1.008 [1.00784, 1.00811]																		helium He 2 4.002602(2)					
lithium Li 3 6.94 [6.938, 6.997]	beryllium Be 4 9.0121831(5)																	boron B 5 10.81 [10.806, 10.821]	carbon C 6 12.011 [12.0096, 12.0116]	nitrogen N 7 14.007 [14.00643, 14.00728]	oxygen O 8 15.999 [15.99903, 15.99977]	fluorine F 9 18.998403163(5)	neon Ne 10 20.1797(6)
sodium Na 11 22.98976928(2)	magnesium Mg 12 24.305 [24.304, 24.307]																	aluminium Al 13 26.9815385(7)	silicon Si 14 28.085 [28.084, 28.086]	phosphorus P 15 30.973761998(5)	sulfur S 16 32.06 [32.059, 32.076]	chlorine Cl 17 35.45 [35.446, 35.457]	argon Ar 18 39.96 [39.792, 39.963]
potassium K 19 39.0983(1)	calcium Ca 20 40.078(4)	scandium Sc 21 44.955908(5)	titanium Ti 22 47.867(1)	vanadium V 23 50.9415(1)	chromium Cr 24 51.9961(6)	manganese Mn 25 54.938043(2)	iron Fe 26 55.845(2)	cobalt Co 27 58.933194(4)	nickel Ni 28 58.6934(4)	copper Cu 29 63.546(3)	zinc Zn 30 65.38(2)	gallium Ga 31 69.723(1)	germanium Ge 32 72.630(8)	arsenic As 33 74.921595(6)	selenium Se 34 78.971(8)	bromine Br 35 79.904 [79.901, 79.907]	krypton Kr 36 83.798(2)						
rubidium Rb 37 85.4678(3)	strontium Sr 38 87.62(1)	yttrium Y 39 88.90584(2)	zirconium Zr 40 91.224(2)	niobium Nb 41 92.90637(2)	molybdenum Mo 42 95.95(1)	technetium Tc 43 	ruthenium Ru 44 101.07(2)	rhodium Rh 45 102.90549(2)	palladium Pd 46 106.42(1)	silver Ag 47 107.8682(2)	cadmium Cd 48 112.414(4)	indium In 49 114.818(1)	tin Sn 50 118.710(7)	antimony Sb 51 121.760(1)	tellurium Te 52 127.60(3)	iodine I 53 126.90447(3)	xenon Xe 54 131.293(6)						
caesium Cs 55 132.90545196(6)	barium Ba 56 137.327(7)			hafnium Hf 72 178.486 ± 0.006	tantalum Ta 73 180.94788(2)	tungsten W 74 183.84(1)	rhenium Re 75 186.207(1)	osmium Os 76 190.23(3)	iridium Ir 77 192.217(2)	platinum Pt 78 195.084(9)	gold Au 79 196.966570(4)	mercury Hg 80 200.592(3)	thallium Tl 81 204.38 [204.382, 204.385]	lead Pb 82 207.2(1)	bismuth Bi 83 208.98040(1)	polonium Po 84 	astatine At 85 	radon Rn 86 					
francium Fr 87 	radium Ra 88 			rutherfordium Rf 104 	dubnium Db 105 	seaborgium Sg 106 	bohrium Bh 107 	hassium Hs 108 	meitnerium Mt 109 	darmstadtium Ds 110 	roentgenium Rg 111 	copernicium Cn 112 	nihonium Nh 113 	flerovium Fl 114 	moscovium Mc 115 	livermorium Lv 116 	tennessine Ts 117 	oganesson Og 118 					

La 57  138.905 47(7)	Ce 58  140.116(1)	Pr 59  140.907 66(1)	Nd 60  144.242(3)	Pm 61 	Sm 62  150.36(2)	Eu 63  151.964(1)	Gd 64  157.25(3)	Tb 65  158.925 354(8)	Dy 66  162.500(1)	Ho 67  164.930 328(7)	Er 68  167.259(3)	Tm 69  168.934 218(6)	Yb 70 173.045(10)	Lu 71 174.9668(1)
Ac 89 	Th 90 232.0377(4)	Pa 91 231.036 88(1)	U 92 238.028 91(3)	Np 93 	Pu 94 	Am 95 	Cm 96 	Bk 97 	Cf 98 	Es 99 	Fm 100 	Md 101 	No 102 	Lr 103



Παράδειγμα 2.10

- Το χρώμιο (Cr) έχει τις ακόλουθες ισοτοπικές μάζες και κλασματικές αφθονίες:

Μαζικός αριθμός	Ισοτοπική μάζα, σε amu	Κλασματική αφθονία
50	49,946042	0,04345
52	51,940506	0,83789
53	52,940648	0,09501
54	53,938879	0,02365

- Πόση είναι η μέση ατομική μάζα του χρωμίου; Το αποτέλεσμα να δοθεί με 4 δεκαδικά ψηφία.

Παράδειγμα 2.10



➤ **Απάντηση:**

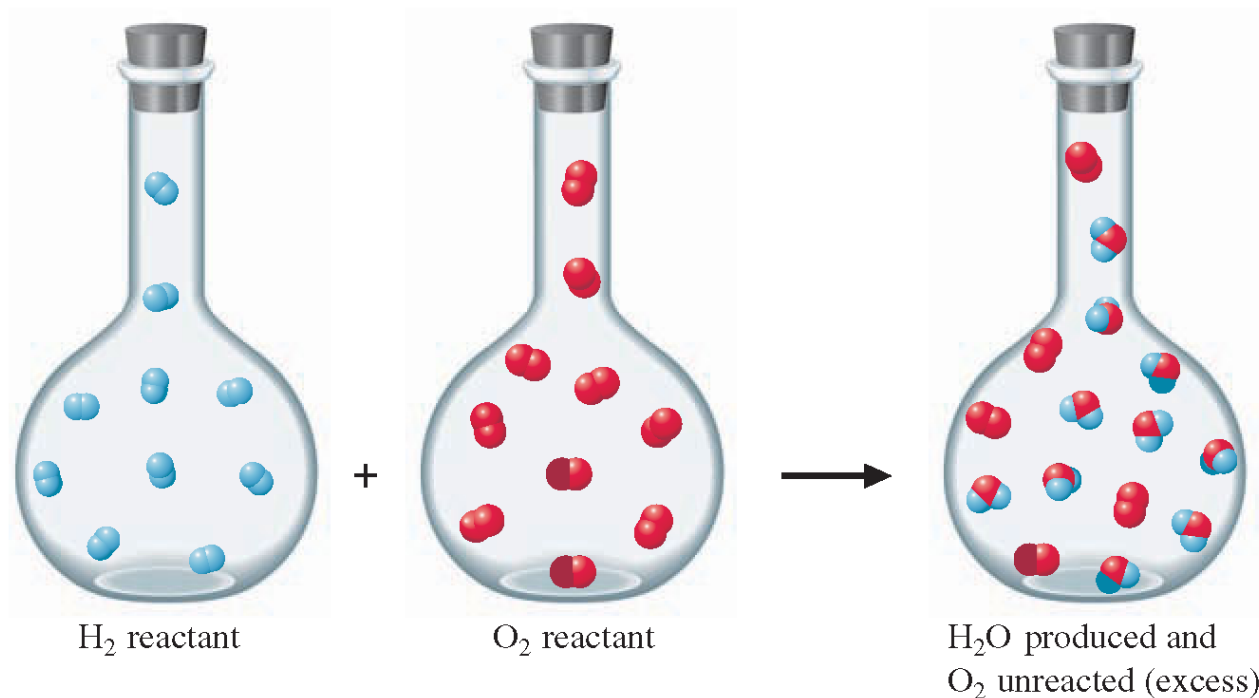
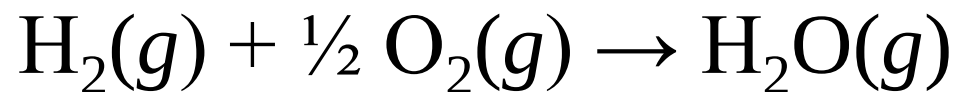
$$49,946042 \times 0,04345 + 51,940506 \times 0,83789 + 52,940648 \times 0,09501 + \\ 53,938879 \times 0,02365 = 51,9961 \text{ amu}$$



Η έννοια του mole

- Γιατί χρειαζόμαστε την έννοια του mole???
- Πως πως ορίζεται το mole???
- Η ύλη αποτελείται από άτομα.
- Όλα τα άτομα δεν έχουν την ίδια μάζα.
- Κατά την πραγματοποίηση των χημικών αντιδράσεων χρειάζεται να γνωρίζουμε ταυτόχρονα:
 - ✓ τη μάζα των υλικών σωμάτων που συμμετέχουν στην αντίδραση
 - ✓ τον αριθμό των ατόμων που περιέχει η εκάστοτε ποσότητα μάζας

Η έννοια του mole



- Σε ένα κλειστό δοχείο τοποθετούνται 2,0 g υδρογόνου και 8,0 g οξυγόνου σε κατάλληλες συνθήκες ώστε να πραγματοποιηθεί χημική αντίδραση. Να υπολογίσετε πόσα γραμμάρια νερού θα σχηματιστούν.



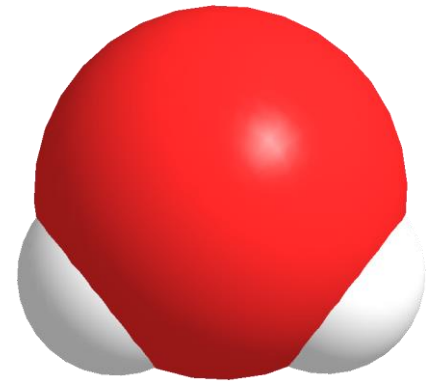
Η έννοια του mole

- Άρα χρειαζόμαστε ένα μέγεθος το οποίο να μας δίνει ταυτόχρονα τις εξής δύο πληροφορίες:
- τη μάζα ενός υλικού σώματος
- τον αριθμό των στοιχειωδών σωματιδίων (άτομα, μόρια, ιόντα) από τα οποία αποτελείται το υλικό αυτό σώμα.



Η έννοια του mole

- Πόσα μόρια νερού βρίσκονται σε ένα ποτήρι (250 mL) με νερό (H_2O);
- Πώς μπορούμε να το υπολογίσουμε;
- Τα άτομα και τα μόρια είναι τόσο μικρά που δεν μπορούμε να τα δούμε με γυμνό μάτι.
- Επιπλέον, είναι πάρα πολλά, της τάξης του 10^{23} !!!
- Άρα, δεν μπορούμε να τα μετρήσουμε άμεσα.
- Επομένως, απαιτείται ένας έμμεσος τρόπος μέτρησης των ατόμων ο οποίος να είναι βολικός τόσο στη βιομηχανία όσο και στο χημικό εργαστήριο.





Απαρίθμηση με ζύγιση

➤ Στην καθημερινή μας ζωή, συνήθως μετράμε τα διάφορα αντικείμενα:

✓ είτε ζυγίζοντας τα:

- π.χ. 2,5 kg ζάχαρη
- 500 g βούτυρο



✓ είτε απαριθμώντας τα:

- π.χ. 1 ντουζίνα (δωδεκάδα) αυγά
- 5 μολύβια





Απαρίθμηση με ζύγιση

- Παρομοίως, στη Χημεία ενδιαφερόμαστε για τη μέτρηση τόσο του αριθμού των ατόμων, μορίων, ή ιόντων όσο και της μάζας τους.
- Στη Χημεία, η απαρίθμηση των αντικειμένων (ατόμων, μορίων και ιόντων) γίνεται με ζύγιση, δηλαδή με μέτρηση της μάζας τους!!!



Απαρίθμηση με ζύγιση

- Ο αριθμός των ατόμων μπορεί να μετρηθεί με ζύγιση, δηλαδή μετρώντας τη **μάζα** τους!!!
- Για να βρεθεί ο αριθμός διαφόρων ίδιων αντικειμένων μέσω ζύγισης, θα πρέπει να είναι γνωστή η **μέση μάζα** του κάθε αντικειμένου.
- Ομοίως, για να βρεθεί ο αριθμός των ατόμων ενός στοιχείου θα πρέπει να είναι γνωστή η **μέση ατομική μάζα** του κάθε στοιχείου.



Περιοδικός Πίνακας των Στοιχείων



	IA 1																	VIIIA 18				
1	1 H 1,008 Υδρογόνο	2 He 4,002602 Ήλιο																				
2	3 Li 6,94 Λίθιο	4 Be 9,012183 Βηρύλλιο															5 B 10,81 Βόριο	6 C 12,011 Ανθρακας	7 N 14,007 Αζωτο	8 O 15,999 Οξυγόνο	9 F 18,998403 Φθόριο	10 Ne 20,1797 Νέο
3	11 Na 22,989769 Νάτριο	12 Mg 24,305 Μαγνήσιο															13 Al 26,981539 Αργίλιο	14 Si 28,085 Πυρίτιο	15 P 30,973762 Φωσφόρος	16 S 32,06 Θείο	17 Cl 35,45 Χλώριο	18 Ar 39,95 Αργό
4	19 K 39,0983 Κάλιο	20 Ca 40,078 Ασβέστιο	21 Sc 44,955908 Σκάνδιο	22 Ti 47,867 Τιτάνιο	23 V 50,9415 Βανάδιο	24 Cr 51,9961 Χρόμιο	25 Mn 54,938043 Μαγγάνιο	26 Fe 55,845 Σίδηρος	27 Co 58,933194 Κοβάλτιο	28 Ni 58,6934 Νικέλιο	29 Cu 63,546 Χαλκός	30 Zn 65,38 Ψευδάργυρος	31 Ga 69,723 Γάλλιο	32 Ge 72,630 Γερμάνιο	33 As 74,921595 Αρσενικό	34 Se 78,971 Σελήνιο	35 Br 79,904 Βρώμιο	36 Kr 83,798 Κρυπτό				
5	37 Rb 85,4678 Ρουβίδιο	38 Sr 87,62 Στρόντιο	39 Y 88,90584 Υτρίο	40 Zr 91,224 Ζιρκόνιο	41 Nb 92,90637 Νιόβιο	42 Mo 95,95 Μολυβδαίνιο	43 Tc [98] Τεχνητίο	44 Ru 101,07 Ρουθήνιο	45 Rh 102,90549 Ρόδιο	46 Pd 106,42 Παλλάδιο	47 Ag 107,8682 Αργυρος	48 Cd 112,414 Κάδμιο	49 In 114,818 Ινδίο	50 Sn 118,710 Κασσίτερος	51 Sb 121,760 Αντιμόνιο	52 Te 127,60 Τελουρίο	53 I 126,90447 Ιώδιο	54 Xe 131,293 Ξένο				
6	55 Cs 132,90545 Καίσιο	56 Ba 137,327 Βάριο	57 La* 138,90547 Λανθάνιο	72 Hf 178,49 Αφνιο	73 Ta 180,94788 Ταντάλιο	74 W 183,84 Βολφράμιο	75 Re 186,207 Ρήνιο	76 Os 190,23 Όσμιο	77 Ir 192,217 Ιρίδιο	78 Pt 195,084 Λευκόχρυσο	79 Au 196,96657 Χρυσός	80 Hg 200,592 Υδράργυρος	81 Tl 204,38 Θάλλιο	82 Pb 207,2 Μόλυβδος	83 Bi 208,98040 Βισμούθιο	84 Po [208,98] Πολόνιο	85 At [209,99] Αστάτιο	86 Rn [222,02] Ραδόνιο				
7	87 Fr [223,02] Φράγκιο	88 Ra [226,03] Ράδιο	89 Ac** [227,03] Ακτίνιο	104 Rf [267,1] Ραδερφόρδιο	105 Db [268,1] Ντούμπνιο	106 Sg [269,1] Σημπόργκιο	107 Bh [270,1] Μπόριο	108 Hs [269,1] Χάσιο	109 Mt [278,2] Μεϊνττέριο	110 Ds [281,2] Νταρμστάντιο	111 Rg [282,2] Ρεντγκένιο	112 Cn [285,2] Κοπερνίκιο	113 Nh [286,2] Νιχόνιο	114 Fl [289,2] Φλερόβιο	115 Mc [289,2] Μοσχόβιο	116 Lv [293,2] Λιβερμόριο	117 Ts [293,2] Τεννέσιτιο	118 Og [294,2] Ογκάνεσσον				

Μέταλλα

Αμέταλλα

Μεταλλοειδή

Μέσες ατομικές μάζες

Μέσες ατομικές μάζες

*Λανθανίδες

**Ακτινίδες

58 Ce 140,116 Δημήτριο	59 Pr 140,90766 Πρασεοδόμιο	60 Nd 144,242 Νεοδόμιο	61 Pm [145] Προμήθειο	62 Sm 150,36 Σαμάριο	63 Eu 151,964 Ευρώπιο	64 Gd 157,25 Γαδολίνιο	65 Tb 158,92535 Τέρβιο	66 Dy 162,500 Δυσπρόσιο	67 Ho 164,93033 Όλμιο	68 Er 167,259 Έρβιο	69 Tm 168,93422 Θούλιο	70 Yb 173,045 Υττέρβιο	71 Lu 174,9668 Λουτέτιο
90 Th 232,0377 Θόριο	91 Pa 231,03588 Πρωτακτίνιο	92 U 238,02891 Ουράνιο	93 Np [237,05] Ποσειδώνιο	94 Pu [244,06] Πλουτόνιο	95 Am [243,06] Αμερίκιο	96 Cm [247,07] Κιούριο	97 Bk [247,07] Μπερκέλιο	98 Cf [251,08] Καλιφόρνιο	99 Es [252,08] Αϊνστάινιο	100 Fm [257,10] Φέρμιο	101 Md [258,10] Μεντελέβιο	102 No [259,10] Νομπέλιο	103 Lr [262,11] Λωρέντιο



Η έννοια του mole

- Ορισμός του **mole** (σύμβολο **mol**): ποσότητα της ύλης η οποία περιέχει τόσα αντικείμενα (άτομα, μόρια, ιόντα, ή οποιαδήποτε άλλα αντικείμενα) όσα περιέχονται σε ακριβώς 12 g του ισοτόπου του άνθρακα-12, ^{12}C .
- Σε 12 g του ισοτόπου του άνθρακα-12, ^{12}C , περιέχονται **$6,02214076 \times 10^{23}$** άτομα.
- Ο αριθμός αυτός ονομάζεται **αριθμός (ή σταθερά) Avogadro**, σύμβολο N_A , και έχει μονάδες **mol^{-1}** .

$$N_A = 6,02214076 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

Συνήθως δίνεται ως $N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Ετοιμολογία της λέξης mole



- **mole:** a large solid structure on a shore serving as a pier, breakwater or causeway. A harbor formed or protected by a mole.
- **ORIGIN:** from Latin *moles* “mass”.
- **μόλος:** τεχνητή ή φυσική προεξοχή ξηράς που εισχωρεί στη θάλασσα





Η έννοια του mole

- Άρα, 1 mol ύλης περιέχει $6,022 \times 10^{23}$ αντικείμενα (άτομα, μόρια, ιόντα, ή οποιαδήποτε άλλα αντικείμενα).
- Δηλαδή το mole ορίζεται με βάση τον αριθμό των αντικειμένων.
- Κατ' αντιστοιχία ορίζεται και η δωδεκάδα (ντουζίνα) = περιέχει ακριβώς 12 αντικείμενα.
- π.χ. 1 δωδεκάδα (ντουζίνα) αυγά = 12 αυγά.





Η έννοια του mole

- Μία μονάδα απαρίθμησης των αντικειμένων, όπως η ντουζίνα, δίνει τον αριθμό των αντικειμένων, αλλά όχι τη μάζα τους.
- Μία μονάδα μέτρησης της μάζας, όπως το κιλό, δίνει τη μάζα των αντικειμένων, αλλά όχι τον αριθμό τους.
- **Το mole δίνει ταυτόχρονα και τα δύο:** τον αριθμό των αντικειμένων σε μία δεδομένη ποσότητα μάζας της ουσίας.
- 1 mol άνθρακα-12 περιέχει $6,022 \times 10^{23}$ άτομα άνθρακα-12 και έχει μάζα ακριβώς 12 g.
- Η γνώση της ποσότητας σε mole, της μάζας σε g και του αριθμού των σωματιδίων είναι πάρα πολύ σημαντική κατά την ανάμιξη διαφόρων ουσιών για την πραγματοποίηση χημικών αντιδράσεων.



Η έννοια του mole

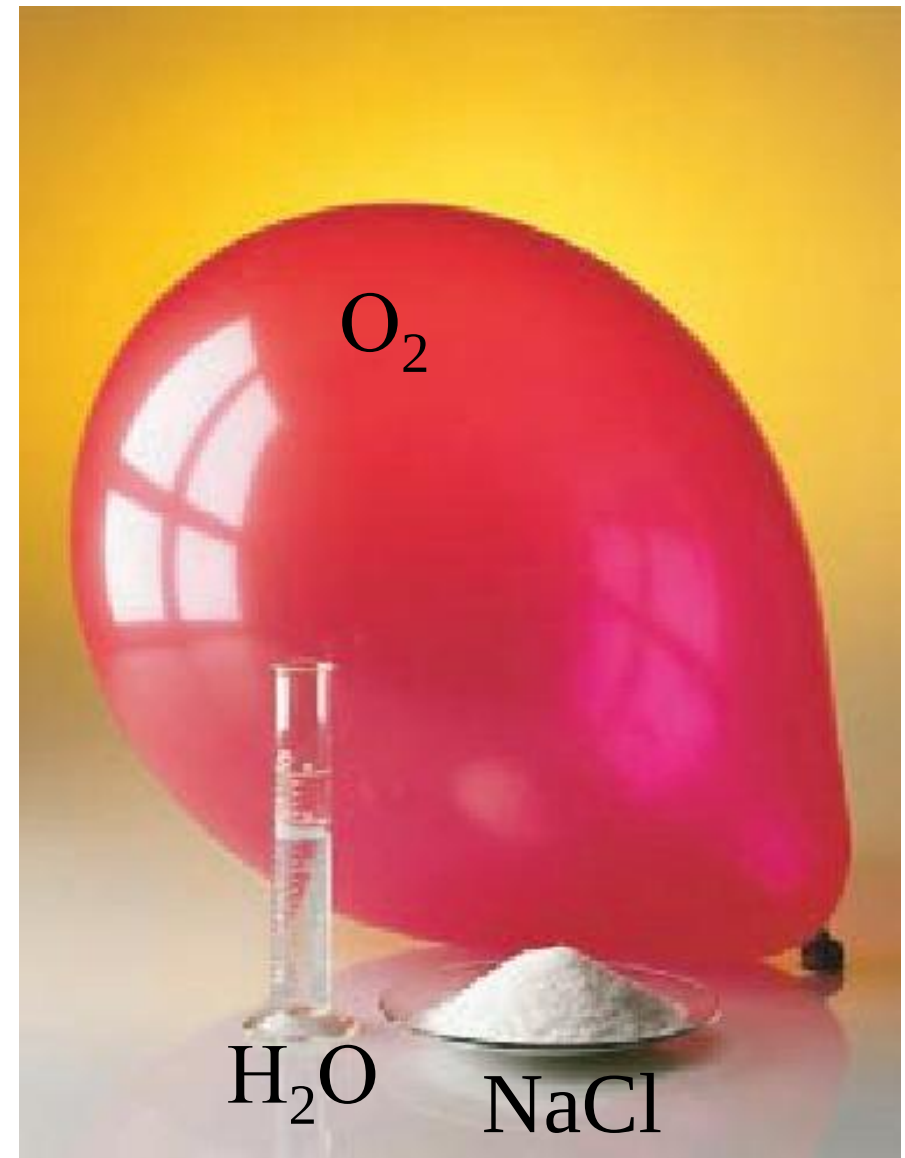
- 1 mol ατόμων ^{12}C = $6,022 \times 10^{23}$ άτομα ^{12}C
- 1 mol ατόμων O = $6,022 \times 10^{23}$ άτομα O
- 1 mol μορίων O_2 = $6,022 \times 10^{23}$ μόρια O_2 τα οποία περιέχουν $2 \times 6,022 \times 10^{23}$ άτομα οξυγόνου.
- 1 mol μορίων H_2O = $6,022 \times 10^{23}$ μόρια H_2O
- 1 mol ιόντων NO_3^- = $6,022 \times 10^{23}$ ιόντα NO_3^-
- 1 mol πέτρες = $6,022 \times 10^{23}$ πέτρες
- 1 mol άνθρωποι = $6,022 \times 10^{23}$ άνθρωποι
- 1 mol ευρώ = $6,022 \times 10^{23}$ ευρώ!!!

Ερώτηση



- Αν είχαμε 1 mol ευρώ και τα μοιραζόμασταν εξίσου όλοι οι κάτοικοι της Γης, πόσα χρήματα θα είχε ο καθένας από εμάς;
- **Απάντηση**: οι κάτοικοι της Γης είναι περίπου 7,8 δισεκατομμύρια (δηλαδή $7,8 \times 10^9$ κάτοικοι).
- Άρα ο κάθε κάτοικος θα είχε:
- ✓ $6,022 \times 10^{23} / 7,8 \times 10^9 = 7,7 \times 10^{13}$ ευρώ
- ✓ ή 77.000.000.000.000 δηλαδή 77 τρισεκατομμύρια ευρώ!!!
- Ωστόσο, δεδομένου ότι τα άτομα είναι πάρα πολύ μικρά, 1 mol ατόμων ή μορίων είναι μία διαχειρίσιμη ποσότητα από χημικής σκοπιάς.

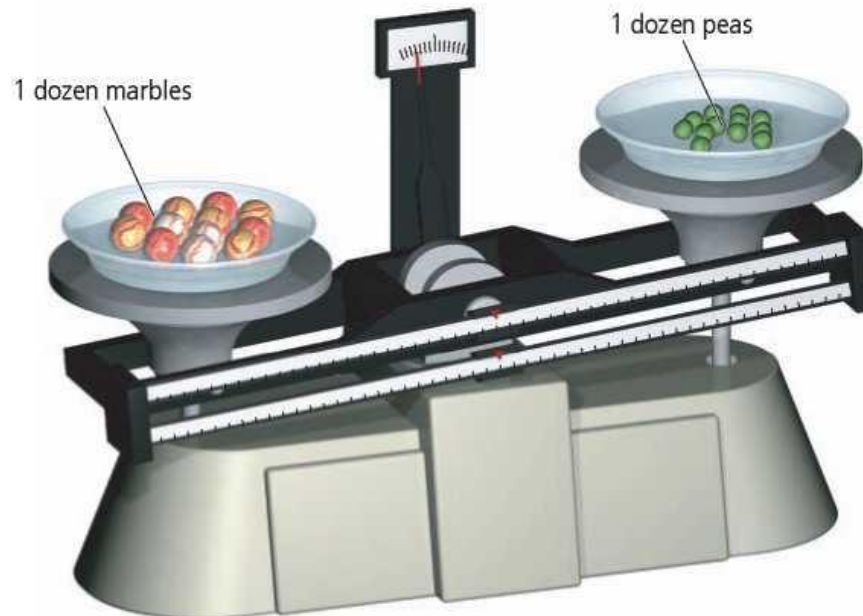
1 mol διαφόρων ουσιών





Πόση μάζα έχει το 1 mol???

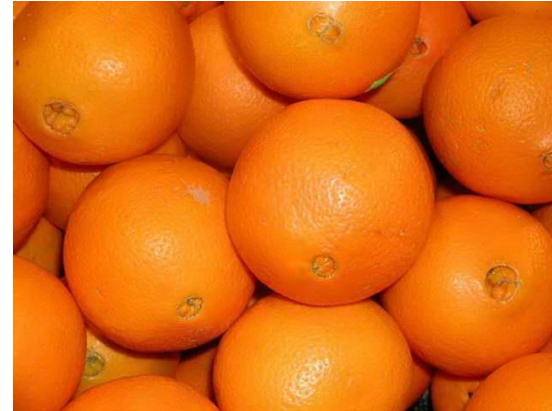
- 1 mol αντικειμένων περιέχει πάντα $N_A = 6,022 \times 10^{23}$ αντικείμενα.
- Ωστόσο, η μάζα του 1 mol αντικειμένων δεν είναι πάντοτε η ίδια.
- Προφανώς εξαρτάται από το είδος των αντικειμένων.
- Η μάζα του 1 mol αντικειμένων είναι διαφορετική κάθε φορά, ανάλογα με τη μάζα του κάθε ενός αντικειμένου.





Πόση μάζα έχει το 1 mol???

- Έστω 1 mol φράουλες και 1 mol πορτοκάλια.



- Έστω ότι η κάθε φράουλα έχει μάζα 10 g και το κάθε πορτοκάλι έχει μάζα 200 g (20 φορές μεγαλύτερη μάζα).
- 1 mol φράουλες έχουν μάζα $10 \times 6,022 \times 10^{23}$ g και 1 mol πορτοκάλια έχουν μάζα $200 \times 6,022 \times 10^{23}$ g (20 φορές μεγαλύτερη μάζα).



Πόση μάζα έχει το 1 mol???

- Έστω τα εξής άτομα:
 - ✓ H: $A_r = 1$ amu (για την ακρίβεια 1,008 amu)
 - ✓ ^{12}C : $A_r = 12$ amu, εξ' ορισμού
 - ✓ Mg: $A_r = 24$ amu (για την ακρίβεια 24,3050 amu)
- 1 mol ατόμων ^{12}C περιέχει $N_A = 6,022 \times 10^{23}$ άτομα ^{12}C και έχει μάζα 12 g (εξ' ορισμού).
- Το κάθε ένα άτομο υδρογόνου έχει 12 φορές μικρότερη μάζα από το κάθε ένα άτομο του ^{12}C .
- Κατά συνέπεια, 1 mol ατόμων H περιέχει $N_A = 6,022 \times 10^{23}$ άτομα H και έχει μάζα 1 g (για την ακρίβεια 1,008 g).



Πόση μάζα έχει το 1 mol???

- Ομοίως, το κάθε ένα άτομο μαγνησίου έχει 2 φορές μεγαλύτερη μάζα από το κάθε ένα άτομο του ^{12}C .
- Κατά συνέπεια, 1 mol ατόμων Mg περιέχει $N_A = 6,022 \times 10^{23}$ άτομα Mg και έχει μάζα 24 g (για την ακρίβεια 24,3050 g).
- ... Κ.Ο.Κ.
- Δηλαδή, 1 mol ατόμων, μορίων, ιόντων ή τυπικών μονάδων έχει μάζα όση η ατομική ή μοριακή ή τυπική μάζα μετρημένη σε g!!!



Πόση μάζα έχει το 1 mol???

- 1 mol ατόμων H έχει μάζα 1,008 g
- 1 mol ατόμων O έχει μάζα 15,999 g
- 1 mol ατόμων Na έχει μάζα 23,989769 g
- 1 mol μορίων H_2 έχει μάζα $2 \times 1,008 = 2,016$ g
- 1 mol μορίων O_2 έχει μάζα $2 \times 15,999 = 31,998$ g
- 1 mol μορίων H_2O έχει μάζα $2 \times 1,008 + 15,999 = 18,015$ g
- 1 mol ιόντων NO_3^- έχει μάζα 62,004 g
- 1 mol τυπικών μονάδων NaCl έχει μάζα 58,44 g
- 1 mol τυπικών μονάδων $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ έχει μάζα 249,68 g

Πόση μάζα έχει το 1 mol???



Στοιχείο	Αριθμός ατόμων	Μάζα (g)
Αργίλιο	$6,022 \times 10^{23}$	26,98
Χαλκός	$6,022 \times 10^{23}$	63,55
Σίδηρος	$6,022 \times 10^{23}$	55,85
Θείο	$6,022 \times 10^{23}$	32,07
Ιώδιο	$6,022 \times 10^{23}$	126,9
Υδράργυρος	$6,022 \times 10^{23}$	200,6



Πόση είναι η μάζα του 1 amu?

- Με βάση τον ορισμό του mole και της ατομικής μονάδας μάζας (amu), μπορεί να προσδιοριστεί η σχέση μεταξύ της amu και του γραμμαρίου (g).
- Δεδομένου ότι $6,022 \times 10^{23}$ άτομα άνθρακα-12 (το καθένα με μάζα 12 amu) έχουν μάζα 12 g, τότε ισχύει ότι:

$$(6,022 \cdot 10^{23} \text{ άτομα}) \cdot \left(\frac{12 \text{ amu}}{\text{άτομο}} \right) = 12 \text{ g} \Leftrightarrow$$

$$6,022 \cdot 10^{23} \text{ amu} = 1 \text{ g} \Leftrightarrow 1 \text{ amu} = 1,661 \cdot 10^{-24} \text{ g} = 1,661 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

Ακριβής αριθμός



Πόση μάζα έχει το 1 mol???

➤ 1 mol ατόμων H έχει μάζα:

$$6,022 \cdot 10^{23} \text{ amu} = 1 \text{ g}$$

$$(6,022 \cdot 10^{23} \text{ ~~άτομα~~}) \cdot \left(\frac{1,008 \text{ amu}}{\text{~~άτομο~~}} \right) = 1,008 \cdot (6,022 \cdot 10^{23} \text{ amu}) = 1,008 \text{ g}$$

➤ 1 mol ατόμων O έχει μάζα:

$$(6,022 \cdot 10^{23} \text{ ~~άτομα~~}) \cdot \left(\frac{15,999 \text{ amu}}{\text{~~άτομο~~}} \right) = 15,999 \cdot (6,022 \cdot 10^{23} \text{ amu}) = 15,999 \text{ g}$$

➤ Κ.Ο.Κ. ...



Παράδειγμα 2.11

➤ Να βρείτε τις μάζες των παρακάτω ατόμων μετρημένες σε g:

i. H

ii. C

iii. N

iv. O

v. Cl

vi. Fe

vii. Au

➤ Απάντηση: H $1,008 \text{ amu} \cdot \frac{1,661 \cdot 10^{-24} \text{ g}}{1 \text{ amu}} = 1,674 \cdot 10^{-24} \text{ g}$



Γραμμομοριακή μάζα

- Η γραμμομοριακή μάζα (**molar mass**, σύμβολο $\mathcal{M}$) μίας χημικής ουσίας (στοιχείου ή ένωσης) είναι η μάζα ενός mole της ουσίας.
- Η γραμμομοριακή μάζα μετριέται σε **g/mol**.
- Η γραμμομοριακή μάζα κάθε χημικής ουσίας μετρημένη σε **g/mol**, είναι πάντα αριθμητικά ίση με την ατομική ή μοριακή μάζα της ουσίας μετρημένη σε **amu**.
- Συνήθως η γραμμομοριακή μάζα στρογγυλοποιείται στο δεύτερο δεκαδικό ψηφίο.

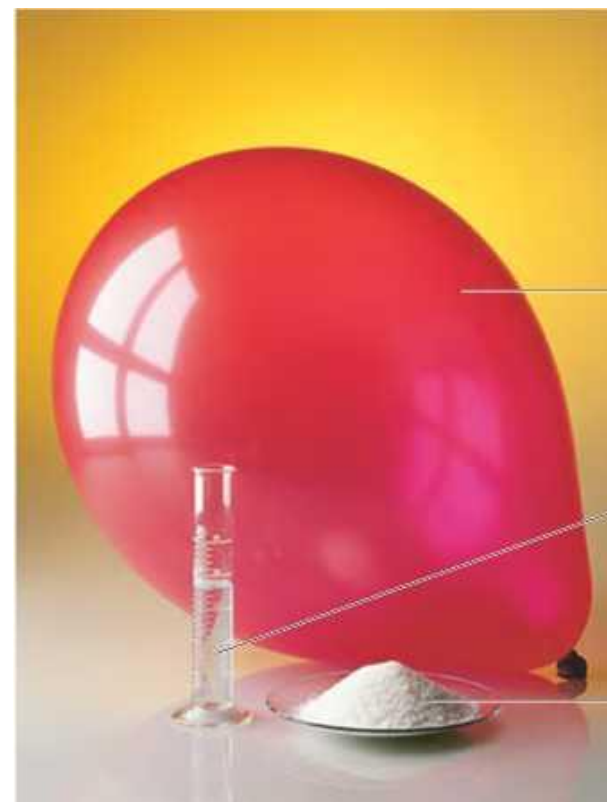
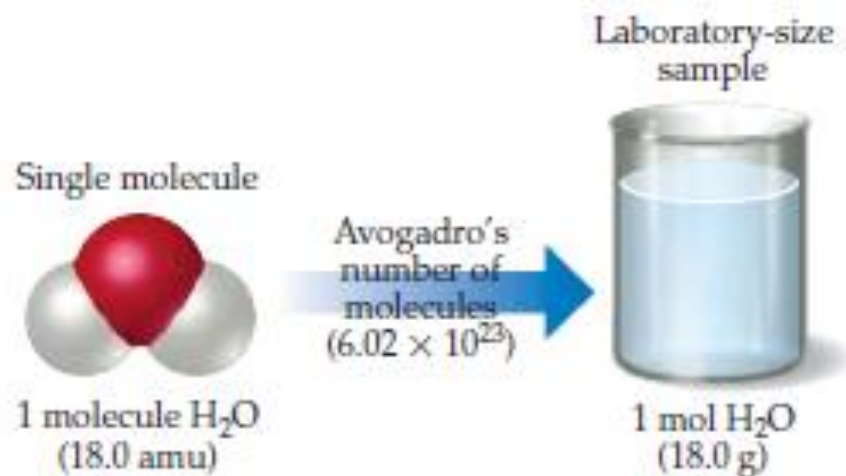


Ατομική μάζα vs Γραμμομοριακή μάζα

- Η ατομική μάζα (atomic mass) είναι η μάζα του ενός ατόμου μετρημένη σε amu.
- Η γραμμομοριακή μάζα (molar mass) είναι η μάζα του 1 mol ατόμων ή μορίων μετρημένη σε g/mol.

Στοιχείο	Ατομική μάζα (atomic mass)	Γραμμομοριακή μάζα (molar mass)
H	1,008 amu	1,008 g/mol
C	12,011 amu	12,011 g/mol
O	15,999 amu	15,999 g/mol
Cl	35,5 amu	35,5 g/mol
Fe	55,845 amu	55,845 g/mol
Au	196,97 amu	196,97 g/mol

Γραμμομοριακή μάζα



1 mol $\text{O}_2(\text{g})$ has a mass of 32.0 g

1 mol $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ has a mass of 18.0 g

1 mol $\text{NaCl}(\text{s})$ has a mass of 58.45 g



Υπολογισμοί με moles

- Για να υπολογίζουμε τον αριθμό των moles μίας χημικής ουσίας (στοιχείο ή ένωση) διαιρούμε τη μάζα της ουσίας με τη γραμμομοριακή της μάζα:

$$n = \frac{m}{\mathcal{M}}$$

- όπου:
- ✓ n είναι ο αριθμός των moles της ουσίας, σε mol
- ✓ m είναι η μάζα της ουσίας, σε g
- ✓ $\mathcal{M}$ είναι η γραμμομοριακή μάζα της ουσίας, σε g/mol



Υπολογισμοί με moles

- Ο αριθμός των moles μιας ουσίας μπορεί να υπολογιστεί και από την ακόλουθη σχέση:

$$n = \frac{N}{N_A}$$

- όπου:
- ✓ n είναι ο αριθμός των moles της ουσίας, σε mol
- ✓ N είναι ο αριθμός των ατόμων, μορίων, ή τυπικών μονάδων της ουσίας
- ✓ N_A είναι ο αριθμός Avogadro $6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$



Παράδειγμα 2.12

- Υπολογίστε τον αριθμό των moles και τον αριθμό των ατόμων τα οποία υπάρχουν σε ένα δείγμα αργιλίου μάζας 10,0 g.
- Απάντηση:
- Η ατομική μάζα του αργιλίου είναι 26,98 amu, άρα η γραμμομοριακή του μάζα είναι 26,98 g/mol.

$$n = \frac{m}{\mathcal{M}} = \frac{10,0 \text{ g}}{26,98 \text{ g/mol}} = 0,371 \text{ mol}$$

$$n = \frac{N}{N_A} \Leftrightarrow N = n \cdot N_A = 0,371 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 2,23 \cdot 10^{23} \text{ άτομα}$$



Παράδειγμα 2.13 (Θέμα εξεταστικής)

- Να υπολογίσετε τον αριθμό των ατόμων σε μία ράβδο χαλκού μήκους 9,85 cm και ακτίνας 1,05 cm.
- Δίνεται ότι η πυκνότητα του χαλκού είναι 8,96 g/cm³.
- **Απάντηση**: Αρχικά υπολογίζουμε τον όγκο της ράβδου:

$$V = \pi r^2 l = 3,14 \cdot (1,05 \text{ cm})^2 \cdot 9,85 \text{ cm} = 34,1 \text{ cm}^3$$

- Στη συνέχεια, υπολογίζουμε τη μάζα μέσω της πυκνότητας:

$$\rho = \frac{m}{V} \Leftrightarrow m = \rho \cdot V = 8,96 \text{ g/cm}^3 \cdot 34,1 \text{ cm}^3 = 306 \text{ g}$$



Παράδειγμα 2.13 (Θέμα εξεταστικής)

- Η ατομική μάζα του χαλκού είναι 63,55 amu, άρα η γραμμομοριακή του μάζα είναι 63,55 g/mol.

$$n = \frac{m}{\mathcal{M}} = \frac{306 \text{ g}}{63,55 \text{ g/mol}} = 4,82 \text{ mol}$$

- Άρα, ο αριθμός των ατόμων είναι:

$$n = \frac{N}{N_A} \Leftrightarrow N = n \cdot N_A = 4,82 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 2,90 \cdot 10^{24} \text{ άτομα}$$



Η έννοια του mole

- Τα δύο βασικά σημεία που πρέπει να θυμάστε για τη σημασία της έννοιας του mole είναι:
- ✓ το mole μάς επιτρέπει να συσχετίσουμε τον αριθμό των στοιχειωδών σωματιδίων (ατόμων, μορίων, ιόντων, τυπικών μονάδων) με τη μάζα ενός δείγματος αυτών των σωματιδίων.
- ✓ το mole διατηρεί την ίδια αριθμητική σχέση μεταξύ της μάζας στην ατομική κλίμακα (ατομικές μονάδες μάζας, amu) και της μάζας στη μακροσκοπική κλίμακα (γραμμάρια, g).



Κεφάλαιο 2: Μαθησιακά Αποτελέσματα

- Αφού μελετήσετε αυτό το κεφάλαιο, θα πρέπει να είστε σε θέση:
- ✓ Να περιγράψετε εν συντομία τις πρώιμες ιδέες της ατομικής θεωρίας
- ✓ Να περιγράψετε τους θεμελιώδεις νόμους της Χημείας που οδήγησαν στη διατύπωση της ατομικής θεωρίας του Dalton
- ✓ Να παραθέσετε τα βασικά αξιώματα της ατομικής θεωρίας του Dalton
- ✓ Να περιγράψετε και να ερμηνεύσετε την κίνηση Brown
- ✓ Να περιγράψετε εν συντομία την επιστημονική μέθοδο για την απόκτηση της γνώσης



Κεφάλαιο 2: Μαθησιακά Αποτελέσματα

- ✓ Να περιγράψτε τα βασικά πειράματα που οδήγησαν στην ανακάλυψη των ηλεκτρονίων και στο πυρηνικό μοντέλο της δομής του ατόμου
- ✓ Να περιγράψτε τη δομή του ατόμου με βάση τα υποατομικά σωματίδια που το αποτελούν, δηλαδή τα πρωτόνια, τα νετρόνια και τα ηλεκτρόνια, κάνοντας αναφορά στα ηλεκτρικά φορτία και στις μάζες των υποατομικών αυτών σωματιδίων



Κεφάλαιο 2: Μαθησιακά Αποτελέσματα

- ✓ Να χρησιμοποιείτε τα σύμβολα των χημικών στοιχείων, μαζί με τον ατομικό και το μαζικό αριθμό, για να εκφράζετε τη σύσταση των ισοτόπων του σε υποατομικά σωματίδια (πρωτόνια, νετρόνια και ηλεκτρόνια)
- ✓ Να υπολογίζετε τη σχετική ατομική μάζα ενός στοιχείου από τις μάζες των μεμονωμένων ισοτόπων του και την κλασματική του αφθονία
- ✓ Να κατανοείτε την έννοια του mole και να μπορείτε να τη χρησιμοποιείτε για την πραγματοποίηση υπολογισμών



Άσκηση 2.1

- Τοποθετούμε σε δοχείο 1,85 g ξύλου μαζί με 9,45 g αέρα και κλείνουμε ερμητικά το δοχείο.
- Θερμαίνουμε το δοχείο ισχυρά οπότε το ξύλο καίγεται, παράγοντας αέρια και τέφρα.
- Μετά το πείραμα ζυγίζουμε την τέφρα και βρίσκουμε ότι έχει μάζα 0,28 g.
- Πόση είναι η μάζα των αερίων μέσα στο δοχείο στο τέλος του πειράματος;



Άσκηση 2.2

- Σύρμα σιδήρου που ζυγίζει 5,6 g τοποθετείται σε ποτήρι και καλύπτεται με 15,0 g αραιού υδροχλωρικού οξέος.
- Το οξύ αντιδρά με το μέταλλο και εκλύεται υδρογόνο στην ατμόσφαιρα.
- Μετά την αντίδραση, το περιεχόμενο του ποτηριού ζυγίζει 20,4 g.
- Πόση είναι η μάζα του υδρογόνου που παράχθηκε σε αυτή την αντίδραση;



Άσκηση 2.3

- Μεταλλικός ψευδάργυρος και κίτρινοι κρύσταλλοι θείου αντιδρούν βίαια παράγοντας μια λευκή σκόνη σουλφιδίου του ψευδαργύρου.
- Ένας χημικός υπολογίζει ότι 65,4 g ψευδαργύρου αντιδρούν με 32,1 g θείου.
- Πόσα γραμμάρια σουλφιδίου του ψευδαργύρου θα μπορούσαν να παραχθούν από 20,0 g μεταλλικού ψευδαργύρου;



Άσκηση 2.4

- Κατά την κατεργασία μεταλλεύματος σουλφιδίου του ψευδαργύρου με θειικό οξύ, παράγεται ένα διάλυμα με κάποια αδιάλυτα συστατικά και εκλύεται αέριο σουλφίδιο του υδρογόνου.
- Αν χρησιμοποιηθούν 10,8 g μεταλλεύματος και 50,0 mL θειικού οξέος πυκνότητας 1,153 g/mL, το διάλυμα με το ίζημα που προκύπτουν ζυγίζουν 65,1 g.
- Το σουλφίδιο του υδρογόνου που ελευθερώνεται έχει πυκνότητα 1,393 g/L.
- Πόσος είναι ο όγκος του αερίου σε λίτρα;

Άσκηση 2.5



- Δύο δείγματα μονοξειδίου του άνθρακα διασπώνται στα στοιχεία από τα οποία αποτελούνται.
- Το ένα δείγμα παράγει 17,2 g οξυγόνου και 12,9 g άνθρακα, ενώ το άλλο παράγει 10,5 g οξυγόνου και 7,88 g άνθρακα.
- Να δείξετε ότι τα αποτελέσματα αυτά είναι συμβατά με το νόμο των καθορισμένων αναλογιών.



Άσκηση 2.6

- Δύο δείγματα μίας ένωσης η οποία περιέχει τα στοιχεία A και B διασπώνται.
- Το πρώτο δείγμα παράγει 15 g A και 35 g B.
- Το δεύτερο δείγμα παράγει 25 g του A και ποια μάζα του B;

α) 11 g B

β) 58 g B

γ) 21 g B

δ) 45 g B



Άσκηση 2.7

- Ο λόγος της μάζας του νατρίου προς το φθόριο στο φθοριούχο νάτριο είναι 1,21:1.
- Ένα δείγμα φθοριούχου νατρίου παράγει 28,8 g νατρίου κατά τη διάσπασή του.
- Πόσα γραμμάρια φθορίου σχηματίζονται;

Άσκηση 2.8



- Δύο δείγματα τετραχλωράνθρακα διασπώνται στα στοιχεία από τα οποία αποτελούνται.
- Το ένα δείγμα παράγει 38,9 g άνθρακα και 448 g χλωρίου, ενώ το άλλο δείγμα παράγει 14,8 g άνθρακα και 134 g χλωρίου.
- Είναι τα αποτελέσματα αυτά συμβατά με το νόμο των καθορισμένων αναλογιών;



Άσκηση 2.9

- Η υδραζίνη, η αμμωνία και το αζίδιο του υδρογόνου περιέχουν μόνο άζωτο και υδρογόνο.
- Η μάζα του υδρογόνου η οποία ενώνεται με 1,00 g αζώτου για κάθε ένωση είναι 0,144 g, 0,216 g και 0,240 g, αντίστοιχα.
- Είναι τα αποτελέσματα αυτά συμβατά με το νόμο των πολλαπλών αναλογιών;



Άσκηση 2.10

- Έστω δύο δείγματα δύο διαφορετικών ενώσεων οι οποίες αποτελούνται μόνο από άνθρακα και οξυγόνο. Η μάζα του κάθε δείγματος ισούται με 100,0 g.
- Η μία ένωση περιέχει 27,2 g άνθρακα, ενώ η άλλη περιέχει 42,9 g άνθρακα.
- Υποστηρίζουν τα δεδομένα αυτά το νόμο των πολλαπλών αναλογιών αφού το 42,9 δεν είναι πολλαπλάσιο του 27,2;
- Αποδείξτε ότι τα αποτελέσματα αυτά είναι πράγματι συμβατά με το νόμο των πολλαπλών αναλογιών.



Άσκηση 2.11

- Το υδρογόνο και το οξυγόνο σχηματίζουν δύο ενώσεις, το νερό και το υπεροξείδιο του υδρογόνου.
- Η διάσπαση ενός δείγματος νερού έδωσε 0,125 g υδρογόνου για κάθε 1,00 g οξυγόνου.
- Η διάσπαση ενός δείγματος υπεροξειδίου του υδρογόνου έδωσε 0,0625 g υδρογόνου για κάθε 1,00 g οξυγόνου.
- Να δείξετε ότι τα αποτελέσματα αυτά είναι συμβατά με το νόμο των πολλαπλών αναλογιών.



Άσκηση 2.12

- Μία ένωση η οποία περιέχει μόνο άνθρακα και υδρογόνο έχει ένα λόγο μαζών άνθρακα προς υδρογόνο ίσο με 11,89.
- Ποιος λόγος άνθρακα ως προς υδρογόνο είναι πιθανός για μία άλλη ένωση η οποία αποτελείται μόνο από άνθρακα και υδρογόνο;

α) 2,50

β) 3,97

γ) 4,66

δ) 7,89



Άσκηση 2.13

- Το θείο και το οξυγόνο σχηματίζουν δύο ενώσεις: το διοξείδιο του θείου και το τριοξείδιο του θείου.
- Κατά τη διάσπαση δειγμάτων αυτών των ουσιών, το διοξείδιο του θείου παράγει 3,49 g οξυγόνου και 3,50 g θείου, ενώ το τριοξείδιο του θείου παράγει 6,75 g οξυγόνου και 4,50 g θείου.
- Να υπολογίσετε τη μάζα του οξυγόνου ανά γραμμάριο θείου για κάθε δείγμα και να δείξετε ότι τα αποτελέσματα αυτά είναι συμβατά με το νόμο των πολλαπλών αναλογιών.



Άσκηση 2.14

- Ένα δείγμα διοξειδίου του άνθρακα μάζας 1,000 g διασπάται πλήρως δίνοντας 0,273 g άνθρακα και 0,727 g οξυγόνου.
- Ποιος είναι ο λόγος της μάζας του οξυγόνου προς τον άνθρακα;
- Εάν ένα δείγμα μίας διαφορετικής ένωσης διασπάται σε 0,429 g άνθρακα και 0,571 g οξυγόνου, ποιος είναι ο λόγος της μάζας του οξυγόνου προς τον άνθρακα της ένωσης αυτής;
- Σύμφωνα με την ατομική θεωρία του Dalton, ποιος είναι ο μοριακός τύπος της δεύτερης ένωσης;



Άσκηση 2.15

- Ένας χημικός βρήκε ότι 30,82 g αζώτου αντιδρούν με 17,60, 35,20, 70,40 ή 88,00 g οξυγόνου προς σχηματισμό τεσσάρων διαφορετικών ενώσεων.
- Να υπολογίσετε τη μάζα του οξυγόνου ανά γραμμάριο αζώτου σε κάθε ένωση.
- Ποιοι είναι οι πιθανοί μοριακοί τύποι των ενώσεων αυτών;



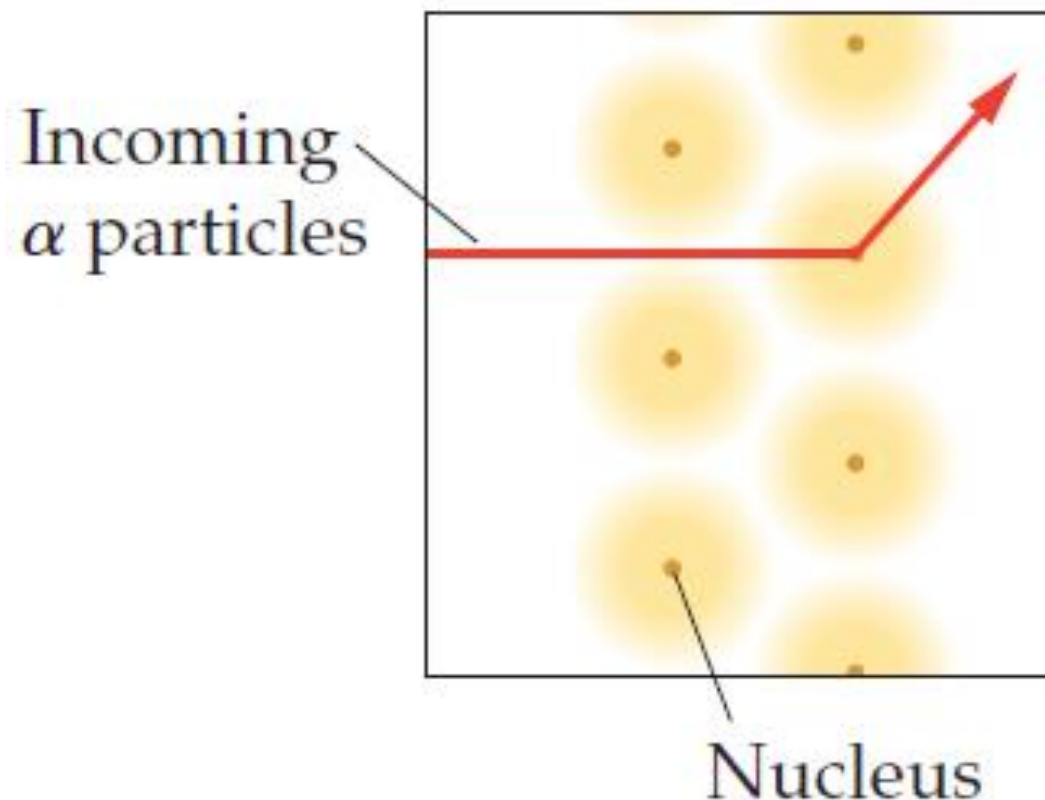
Άσκηση 2.16

- Ένα δείγμα χλωροφορμίου βρέθηκε ότι περιέχει 12,0 g άνθρακα, 106,4 g χλωρίου και 1,01 g υδρογόνου.
- Ένα δεύτερο δείγμα χλωροφορμίου βρέθηκε ότι περιέχει 30,0 g άνθρακα.
- Ποια είναι η συνολική μάζα του χλωροφορμίου στο δεύτερο δείγμα;

Άσκηση 2.17



- Ποιο ποσοστό των σωματιδίων α στο πείραμα του Rutherford με το βομβαρδισμό φύλλων χρυσού σκεδάζεται σε μεγάλες γωνίες;
- Υποθέστε ότι το φύλλο χρυσού έχει πάχος δύο στρωμάτων, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα.
- Δίνεται ότι οι διάμετροι ενός ατόμου χρυσού και του πυρήνα του είναι $2,7 \text{ \AA}$ και $1,0 \times 10^{-4} \text{ \AA}$, αντίστοιχα.





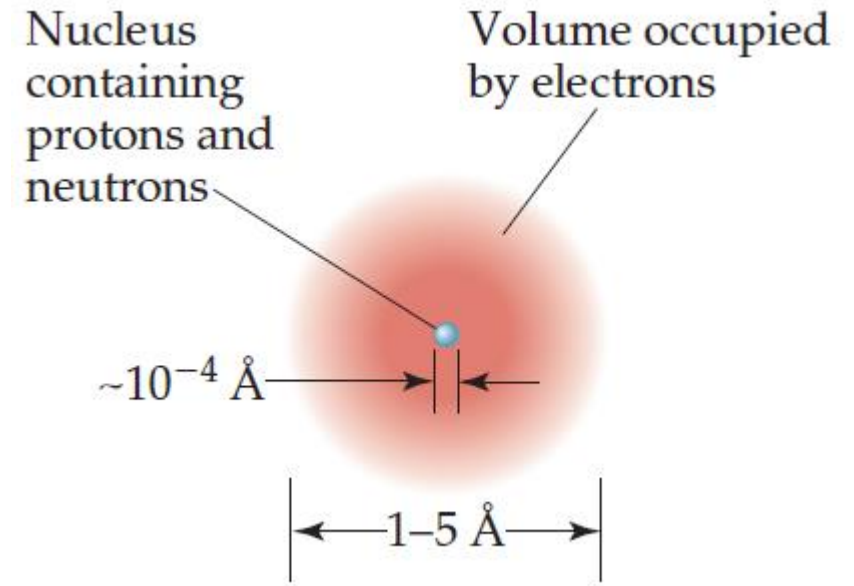
Άσκηση 2.18

- Ένας χημικός σε ένα παράλληλο σύμπαν, όπου τα ηλεκτρόνια έχουν διαφορετικό φορτίο απ' ότι στο δικό μας σύμπαν, εκτελεί το πείραμα του Millikan για να μετρήσει το φορτίο του ηλεκτρονίου. Τα αποτελέσματα δίνονται στον παρακάτω πίνακα. Ποιο είναι το φορτίο του ηλεκτρονίου στο παράλληλο αυτό σύμπαν;

Σταγόνα	Φορτίο
A	$-6,9 \times 10^{-19} \text{ C}$
B	$-9,2 \times 10^{-19} \text{ C}$
Γ	$-11,5 \times 10^{-19} \text{ C}$
Δ	$-4,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

Άσκηση 2.19

- Υποθέτοντας τις διαστάσεις του πυρήνα και του ατόμου που φαίνονται στο διπλανό Σχήμα, ποιο κλάσμα του όγκου του ατόμου καταλαμβάνεται από τον πυρήνα;
- Χρησιμοποιώντας τη μάζα του πρωτονίου από τον Πίνακα της σελίδας 111 και υποθέτοντας ότι η διάμετρος του είναι $1,0 \times 10^{-15} \text{ m}$, να υπολογίσετε την πυκνότητα ενός πρωτονίου εκφρασμένη σε g/cm^3 και σε kg/m^3 .



Άσκηση 2.20



- Το χλώριο αποτελείται από τα ακόλουθα ισότοπα:

Ισότοπο	Ισοτοπική μάζα, σε amu	Κλασματική αφθονία
Χλώριο-35	34,9688527	0,7576
Χλώριο-37	36,9659026	0,2424

- Πόση είναι η μέση ατομική μάζα του χλωρίου;
- Το αποτέλεσμα να δοθεί με 2 δεκαδικά ψηφία.



Άσκηση 2.21

- Ο χαλκός έχει δύο φυσικά ισότοπα, το ισότοπο Cu-63 με μάζα ίση με 62,929598 amu και κλασματική αφθονία ίση με 69,15%, και το ισότοπο Cu-65 με μάζα ίση με 64,927790 amu και κλασματική αφθονία ίση με 30,85%.
- Να υπολογίσετε τη μέση ατομική μάζα του χαλκού.
- Το αποτέλεσμα να δοθεί με 3 δεκαδικά ψηφία.



Άσκηση 2.22

- Το Γάλλιο (Ga) αποτελείται από δύο φυσικά ισότοπα τα οποία έχουν μάζες 68,925574 amu και 70,924703 amu, ενώ η μέση ατομική μάζα του Γαλλίου είναι 69,723 amu.
- Πόσα πρωτόνια και νετρόνια βρίσκονται στον πυρήνα κάθε ισότοπου;
- Γράψτε το πλήρες σύμβολο του κάθε ισοτόπου που δείχνει τον ατομικό και το μαζικό αριθμό.
- Να υπολογίσετε την κλασματική αφθονία του κάθε ισοτόπου.



Άσκηση 2.23

- Το βρώμιο υπάρχει στη φύση σε δύο διαφορετικά ισότοπα. Το στοιχειακό βρώμιο αποτελείται από μόρια Br_2 και η μάζα ενός μορίου Br_2 είναι το άθροισμα των μαζών των δύο ατόμων στο μόριο. Το φάσμα μάζας του Br_2 αποτελείται από τρεις κορυφές που έχουν την εξής σχετική αναλογία:

Μάζα (amu)	Σχετική ένταση
157,836	0,2569
159,834	0,4999
161,832	0,2431



Άσκηση 2.23

1. Από ποια ισότοπα αποτελείται η κάθε κορυφή;
2. Ποια είναι η μάζα του κάθε ενός ισότοπου;
3. Προσδιορίστε τη μέση μοριακή μάζα ενός μορίου Br_2 .
4. Προσδιορίστε τη μέση ατομική μάζα ενός ατόμου βρωμίου.
5. Υπολογίστε τις κλασματικές αφθονίες των δύο ισοτόπων του βρωμίου.

Άσκηση 2.24



- Ο άργυρος (Ag) απαντάται στη φύση σε δύο ισότοπα, τον Ag-107 σε ποσοστό 51,839% και τον Ag-109.
- Ο λόγος των μαζών των δύο ισοτόπων ισούται με 1,0187.
- Να υπολογίσετε τη μάζα του Ag-107.



Άσκηση 2.25

- Ένα τσιπ πυριτίου που χρησιμοποιείται σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα ενός μικροϋπολογιστή έχει μάζα 5,68 mg.
- Πόσα άτομα πυριτίου (Si) υπάρχουν στο τσιπ;



Άσκηση 2.26

- Το κοβάλτιο (Co) είναι ένα μέταλλο το οποίο προστίθεται στο χάλυβα για να βελτιώσει την αντοχή του στη διάβρωση.
- Υπολογίστε τον αριθμό των mole σε ένα δείγμα κοβαλτίου το οποίο περιέχει $5,00 \times 10^{20}$ άτομα, καθώς και τη μάζα του δείγματος.

Άσκηση 2.27



- Υπολογίστε τη μάζα 250 ατόμων σιδήρου (Fe).

Άσκηση 2.28



- Υπολογίστε τον αριθμό των ατόμων σιδήρου καθώς και τον αριθμό των moles τα οποία περιέχονται σε 500,0 g σιδήρου.

Άσκηση 2.29



- Το διαμάντι είναι μία φυσική μορφή καθαρού άνθρακα.
- Υπολογίστε τον αριθμό των ατόμων άνθρακα τα οποία περιέχονται σε ένα διαμάντι 1,00 καρατίων ($1,00 \text{ καράτι} = 0,200 \text{ g}$).



Άσκηση 2.30

- Ένα διαμάντι περιέχει $5,0 \times 10^{21}$ άτομα άνθρακα.
- Υπολογίστε τον αριθμό των moles, καθώς και τη μάζα του διαμαντιού σε γραμμάρια.
- Πόσα καράτια είναι το διαμάντι αυτό;

Άσκηση 2.31



- Ο άνθρακας υπάρχει στη φύση σε διάφορες αλλοτροπικές μορφές, όπως είναι, μεταξύ άλλων, το διαμάντι και ο γραφίτης.
- Το διαμάντι του χρυσού ιωβηλαίου (the golden jubilee diamond) έχει μάζα 545,67 καράτια και κοστίζει μερικά εκατομμύρια ευρώ!!!

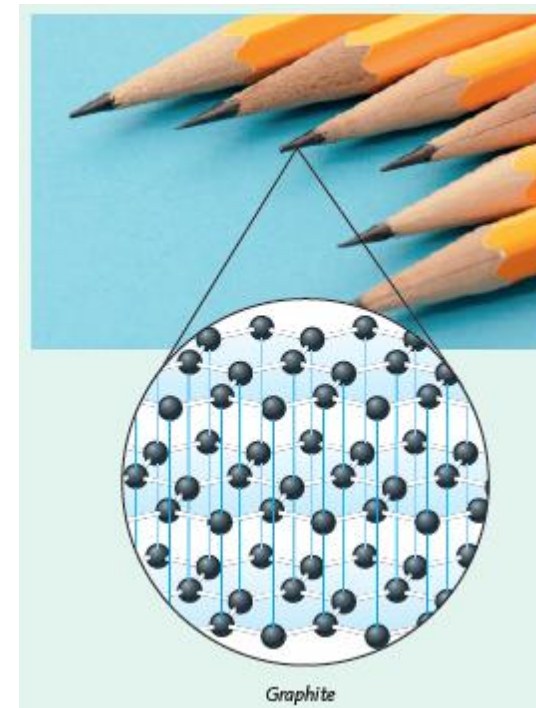


- Να υπολογίσετε πόσα άτομα άνθρακα περιέχει το διαμάντι.

Άσκηση 2.31



- ii. Έστω ότι οι μύτες των μολυβιών είναι κατασκευασμένες από καθαρό γραφίτη (στην πραγματικότητα, περιέχουν και αργίλο-πυριτικές ενώσεις για να αυξήσουν την σκληρότητα του υλικού).
- Το κάθε μολύβι έχει μήκος 18 cm και η διάμετρος της ράβδου γραφίτη που περιέχει είναι 2,0 mm.
- Να υπολογίσετε πόσα μολύβια περιέχουν τον ίδιο αριθμό ατόμων άνθρακα στις ράβδους γραφίτη τους με το διαμάντι του χρυσού ιωβηλαίου.
- Δίνεται ότι η πυκνότητα του γραφίτη είναι $2,2 \text{ g/cm}^3$.



Άσκηση 2.32



- Να υπολογίσετε τον αριθμό των ατόμων σε μία ράβδο χρυσού μήκους 7,45 cm και ακτίνας 1,25 cm.
- Δίνεται ότι η πυκνότητα του χρυσού είναι $19,3 \text{ g/cm}^3$.

Άσκηση 2.33



- Ένας κύβος κατασκευασμένος από τιτάνιο περιέχει $2,86 \times 10^{23}$ άτομα.
- Να υπολογίσετε την ακμή του κύβου, εκφρασμένη σε εκατοστά.
- Δίνεται ότι η πυκνότητα του τιτανίου είναι $4,50 \text{ g/cm}^3$.



Άσκηση 2.34

- Μία σφαίρα κατασκευασμένη από αργίλιο περιέχει $8,55 \times 10^{22}$ άτομα.
- Να υπολογίσετε την ακτίνα της σφαίρας, εκφρασμένη σε εκατοστά.
- Δίνεται ότι η πυκνότητα του αργιλίου είναι $2,70 \text{ g/cm}^3$.