

2. ΑΤΟΜΑ, ΜΟΡΙΑ ΚΑΙ ΙΟΝΤΑ

Ατομική θεωρία και ατομική δομή

ΣΚΟΠΟΣ

Ο σκοπός αυτής της ενότητας είναι η εισαγωγή σε ορισμένες βασικές έννοιες της Χημείας, όπως:

1. η ατομική θεωρία της ύλης
2. η δομή του ατόμου,
3. η δομή του πυρήνα και τα ισότοπα
4. οι ατομικές μάζες
5. ο περιοδικός πίνακας των στοιχείων.

Προσδοκώμενα αποτελέσματα

Όταν θα έχετε μελετήσει αυτό το κεφάλαιο, θα μπορείτε να:

- ❖ Αναφέρετε τις τέσσερις βασικές παραδοχές της ατομική θεωρίας του Dalton.
- ❖ Διατυπώνετε τον νόμο των πολλαπλών αναλογιών.
- ❖ Περιγράφετε το πείραμα ανακάλυψης του ηλεκτρονίου από τον J.J. Thomson καθώς και το πείραμα σκεδάσεως σωματιδίων άλφα, μέσω του οποίου ο Rutherford θεμελίωσε το ατομικό πυρηνικό πρότυπο.
- ❖ Περιγράφετε το πυρηνικό πρότυπο του ατόμου, όπως το παρουσίασε ο Rutherford.
- ❖ Εξηγείτε τις έννοιες: ατομικός αριθμός, μαζικός αριθμός, στοιχείο, νουκλίδιο, ισότοπα.
- ❖ Ορίζετε την ατομική μονάδα μάζας και να διακρίνετε τις έννοιες ατομική μάζα και ατομικό βάρος.
- ❖ Περιγράφετε ένα απλό φασματομέτρο μάζας και να υπολογίζετε την ατομική μάζα ενός στοιχείου από ισοτοπικές μάζες και κλασματικές αφθονίες.
- ❖ Αναγνωρίζετε τις περιόδους και τις χαρακτηριστικές ομάδες στοιχείων στον Π.Π., καθώς και τα τμήματα αυτού, όπου βρίσκονται τα αμέταλλα, τα μέταλλα και τα μεταλλοειδή.

Έννοιες κλειδιά

- ❖ Αμέταλλο
- ❖ Ατομική θεωρία
- ❖ Ατομική μάζα
- ❖ Ατομική μονάδα μάζας (amu)
- ❖ Ατομικό σύμβολο
- ❖ Ατομικός αριθμός (Z)
- ❖ Άτομο
- ❖ Ένωση
- ❖ Ηλεκτρόνιο
- ❖ Ισότοπα
- ❖ Κλασματική αφθονία
- ❖ Μαζικός αριθμός (A)
- ❖ Μέταλλο
- ❖ Μεταλλοειδές (ημιμέταλλο)
- ❖ Νετρόνιο
- ❖ Νόμος των πολλαπλών αναλογιών
- ❖ Νουκλίδιο
- ❖ Ομάδα (περιοδικού πίνακα)
- ❖ Περιοδικός πίνακας
- ❖ Περίοδος (περιοδικού πίνακα)
- ❖ Πρωτόνιο
- ❖ Πυρήνας
- ❖ Στοιχείο
- ❖ Χημική αντίδραση

Ebbing – Gammon (Ενότητες)

2.1 Ατομική θεωρία της ύλης

2.2 Δομή του ατόμου

2.3 Δομή του πυρήνα – Ισότοπα

2.4 Ατομικές μάζες

2.5 Περιοδικός Πίνακας

2.1 Ατομική θεωρία της ύλης

Η ατομική θεωρία του Dalton: Μια ερμηνεία της δομής της ύλης



John Dalton (1766-1844)

Άγγλος Χημικός, Φυσικός και Μετεωρολόγος

(α) Τα 4 αξιώματα (ή παραδοχές) της ατομικής θεωρίας του Dalton

1. Η ύλη αποτελείται από **άτομα**.
2. Κάθε **στοιχείο** αποτελείται από το ίδιο είδος ατόμων.
3. Μια **χημική ένωση** αποτελείται από δύο ή περισσότερα στοιχεία χημικά ενωμένα μεταξύ τους σε σταθερή αναλογία.
4. **Χημική αντίδραση** είναι μια αναδιάταξη των ατόμων των ενώσεων που αντιδρούν και η δημιουργία, με τον τρόπο αυτό, νέων χημικών συνδυασμών στις ενώσεις που σχηματίζονται.

Τι λέει ο νόμος των πολλαπλών αναλογιών του Dalton;
Εξήγηση στο παράδειγμα των ενώσεων CO και CO₂

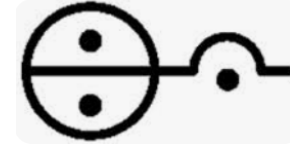
(β) Τα 36 στοιχεία του Dalton (αρχές του 1800)

Αλχημιστικά σύμβολα

1  Οξυγόνο	2  Υδρογόνο	3  Άζωτο	4  Άνθρακας	5  Θείο	6  Φωσφόρος
7  Χρυσός	8  Λευκό- χρυσος	9  Αργυρος	10  Υδράρ- γυρος	11  Χαλκός	12  Σίδηρος
13  Νικέλιο	14  Κασσίτερος	15  Μόλυβδος	16  Ψευδάρ- γυρος	17  Βισμού- θιο	18  Αντιμόνιο
19  Αρσενικό	20  Κοβάλτιο	21  Μαγγάνιο	22  Ουράνιο	23  Βολφράμιο	24  Τιτάνιο
25  Δημήτριο	26  Κάλιο	27  Νάτριο	28  Ασβέστιο	29  Μαγνήσιο	30  Βάριο
31  Στρόντιο	32  Αργίλιο	33  Πυρίτιο	34  Ύτριο	35  Βηρύλλιο	36  Ζιρκόνιο



νερό



αμμωνία

Χημικά σύμβολα του Dalton: είχαν το πλεονέκτημα ότι κάθε σύμβολο παρίστανε **ένα άτομο** του στοιχείου.



διοξείδιο
του άνθρακα



διοξείδιο
του θείου



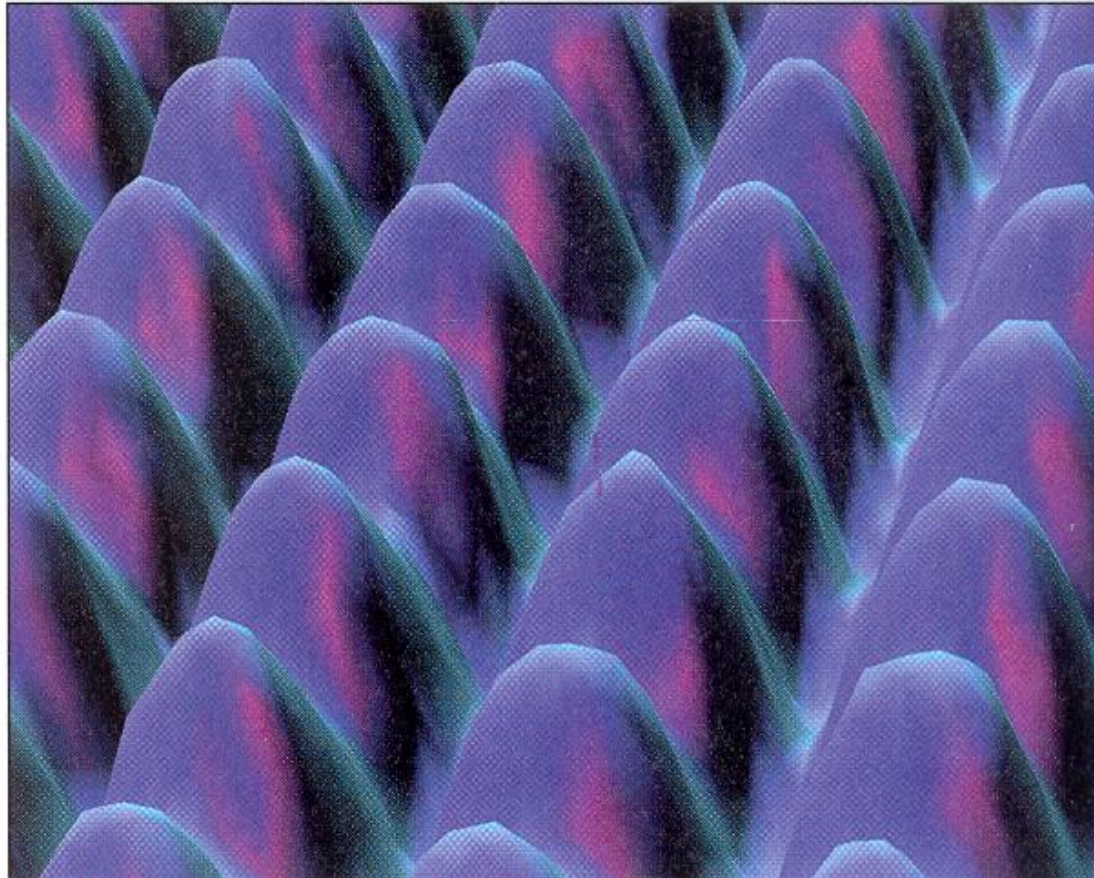
HO (νερό)



HN (αμμωνία)

(Τότε πίστευαν ότι η σύσταση του νερού είναι HO και της αμμωνίας HN)

(γ) Πόσο μικρά είναι τα άτομα;



Άτομα νικελίου (Ni) στην επιφάνεια ενός κρυστάλλου νικελίου (εικόνα παρμένη με **σαρωτικό μικροσκόπιο σήραγγας, STM**)

διάμετρος ατόμων:

1 έως 5 Å

(1 Å = 1×10^{-10} m)

π.χ. άτομο Ni:

διάμετρος 2,48 Å

($2,48 \times 10^{-8}$ cm).

Πόσα άτομα Ni χωράνε κατά μήκος μιας διαμέτρου (δ) του κέρματος.



Κέρμα με
 $\delta = 1,5$ cm

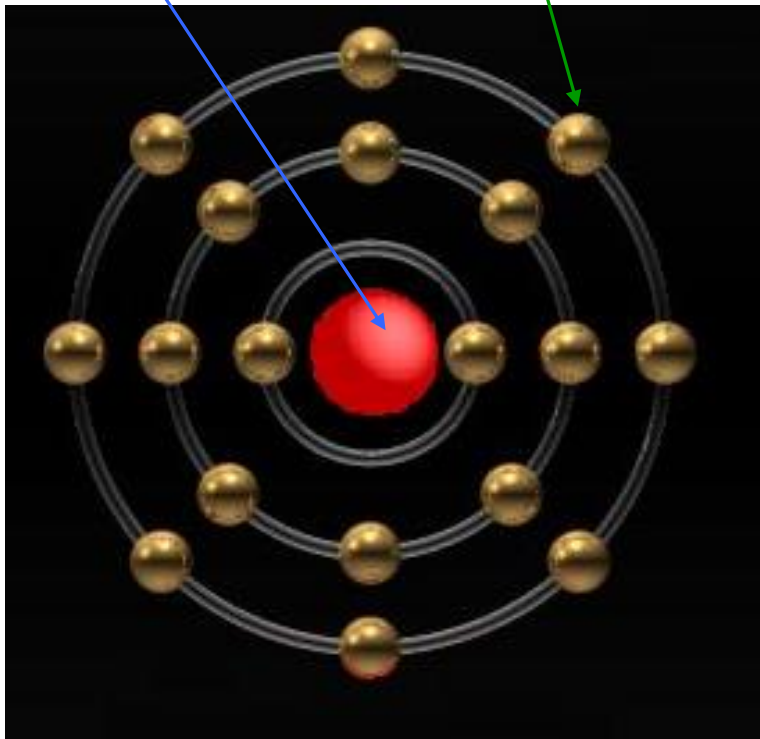
$1,5 / 2,48 \times 10^{-8} = 6 \times 10^7$ ή
60 εκατομμύρια άτομα Ni !

2.2. Η δομή του ατόμου

- (α) Η ανακάλυψη του ηλεκτρονίου
(β) Το πυρηνικό πρότυπο του ατόμου

πυρήνας

ηλεκτρόνια



Ένα άτομο έχει έναν
πυρήνα και ηλεκτρόνια
(υπεραπλουστευμένη εικόνα)

J.J. Thomson: 1. οι καθοδικές ακτίνες είναι αρνητικά φορτισμένα σωματίδια (e) (1897)
2. Υπολογισμός του λόγου e/m του ηλεκτρονίου (1897)

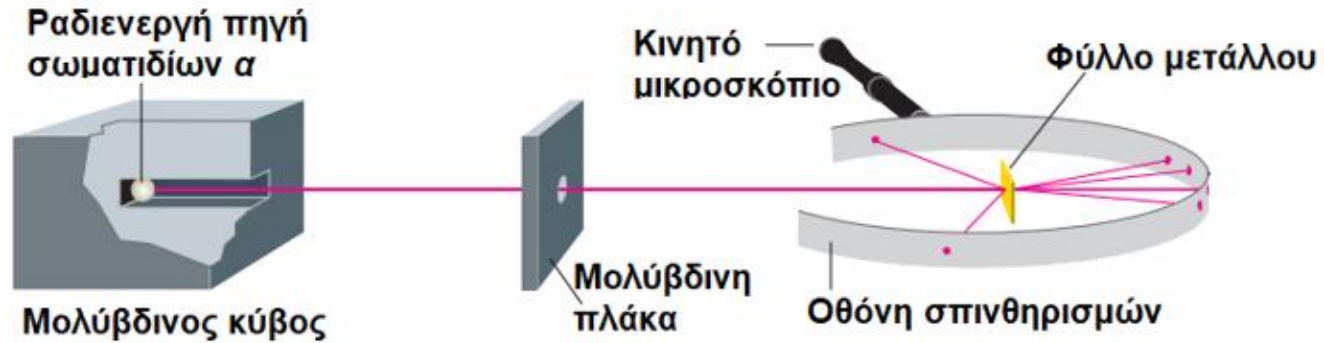
Robert Millikan
υπολογισμός του φορτίου του ηλεκτρονίου (1909)

Ernest Rutherford (1911): εφεύρε
το πυρηνικό πρότυπο του ατόμου

Ο πυρήνας του ατόμου

Παράσταση της σκέδασης σωματιδίων άλφα από φύλλο χρυσού (Πείραμα του Rutherford)

Σωματίδια α =
πυρήνες ηλίου (He^{2+})
Εκπέμπονται από
ραδιενεργή πηγή



Τα περισσότερα από τα σωματίδια άλφα περνούν μέσα από το φύλλο εκτρεπόμενα ανεπαίσθητα. Μερικά όμως συγκρούονται με πυρήνες χρυσού και αποκλίνουν κατά μεγάλες γωνίες.

(γ) Η δομή του πυρήνα

Ηλεκτρόνια



Πυρήνας

(Πρωτόνια + Νετρόνια)

πρωτόνια (με θετικό φορτίο) και **νετρόνια** (χωρίς κανένα φορτίο).

Ατομικός αριθμός, Z : ο αριθμός των πρωτονίων του πυρήνα ενός ατόμου.

Μαζικός αριθμός, A : το άθροισμα των πρωτονίων και νετρονίων ενός πυρήνα.

Νουκλίδιο: κάθε άτομο που χαρακτηρίζεται από έναν ατομικό και ένα μαζικό αριθμό.

(δ) Ιδιότητες ηλεκτρονίου, πρωτονίου και νετρονίου

Σωματίδιο	Μάζα (kg)	Μάζα (amu)	Φορτίο (Coulomb)	Φορτίο* (e)
Ηλεκτρόνιο	$9,10939 \times 10^{-31}$	0,00055	$-1,60218 \times 10^{-19}$	-1
Πρωτόνιο	$1,67262 \times 10^{-27}$	1,00728	$+1,60218 \times 10^{-19}$	+1
Νετρόνιο	$1,67493 \times 10^{-27}$	1,00866	0	0

1. Το ηλεκτρόνιο είναι το ελαφρύτερο σωματίδιο από τους τρεις βασικούς δομικούς λίθους του ατόμου.

2. Η μάζα του πρωτονίου (m_p) είναι 1836 μεγαλύτερη από τη μάζα του ηλεκτρονίου (m_e).

*3. Το φορτίο του ηλεκτρονίου αποτελεί το *στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο e*.

Μεταφράστε: Almost all of the mass (more than 99%) of an atom is contained in the dense nucleus. An atomic nucleus is much, much smaller than an atom. The cloud of electrons that "orbit" the nucleus and define the "size" of an atom is roughly 100,000 times as large as that atom's nucleus!

Παράδειγμα 2.1

Υπολογισμός πρωτονίων και νετρονίων ενός ατομικού πυρήνα

Πόσα πρωτόνια και νετρόνια υπάρχουν σε ένα άτομο σιδήρου που έχει μαζικό αριθμό 55;

(α) 26 πρωτόνια και 29 νετρόνια

(β) 26 πρωτόνια και 55 νετρόνια

(γ) 29 πρωτόνια και 26 νετρόνια

(δ) 26 πρωτόνια και 26 νετρόνια

Απάντηση

Σίδηρος (Fe): ατομικός αριθμός $Z = 26 \Rightarrow 26$ πρωτόνια

Αριθμός νετρονίων $N = A - Z = 55 - 26 = 29$

Σωστό είναι το (α).

(ε) Χημικά στοιχεία – Ατομικά σύμβολα - Ισότοπα

Χημικό στοιχείο: η ουσία της οποίας όλα τα άτομα έχουν τον ίδιο ατομικό αριθμό

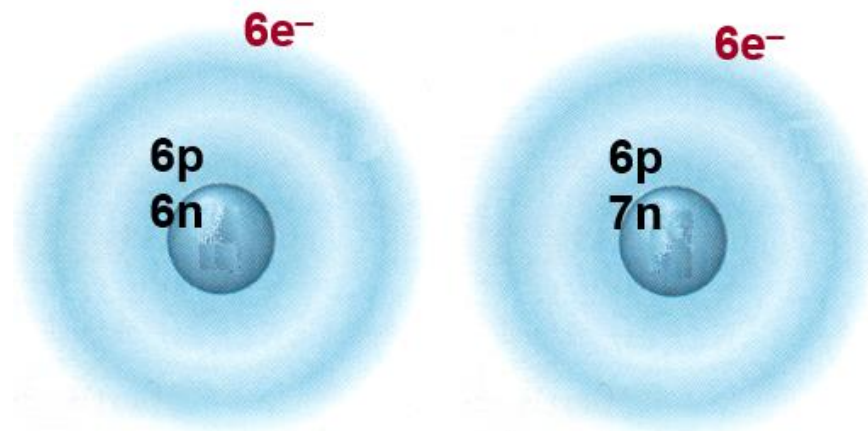
(Ποια η διαφορά από τον ορισμό του στοιχείου κατά Dalton;)

Ατομικό σύμβολο: ένα ή δύο λατινικά γράμματα που γράφουμε για να παραστήσουμε το άτομο ενός συγκεκριμένου στοιχείου, π.χ.

C (Carbo), Fe (Ferrum), Cu (Cuprum), Cr (Chromium), Au (Aurum)
N (Nitrogenium), Na (Natrium), Nb (Niobium), Np (Neptunium)

Γιατί όχι Ni για Niobium και Ne για Neptunium;

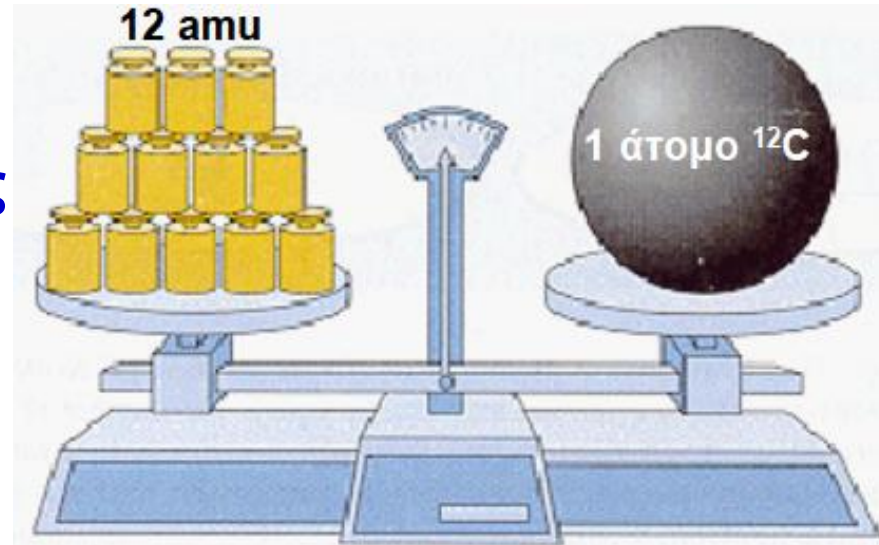
Ισότοπα: τα άτομα των οποίων οι πυρήνες έχουν τον ίδιο αριθμό πρωτονίων, αλλά διαφορετικό αριθμό νετρονίων.



Τα δύο φυσικά ισότοπα του άνθρακα

2.4 Ατομικές μάζες στοιχείων (βασικοί ορισμοί)

Η μονάδα ατομικής μάζας (amu) είναι εξ ορισμού ίση με το 1/12 της μάζας ενός ατόμου του ισότοπου άνθρακα-12 ή ^{12}C .



Φασματόμετρο μάζας: όργανο (ανάλογο προς αυτό που χρησιμοποίησε ο Thomson για να υπολογίσει τον λόγο e/m του ηλεκτρονίου), το οποίο μετρά τις σχέσεις μάζας προς φορτίο θετικά φορτισμένων ατόμων.

Ατομική μάζα στοιχείου: ο σταθμικός μέσος όρος των ατομικών μαζών των φυσικών ισότοπων του στοιχείου, εκφρασμένος σε amu.

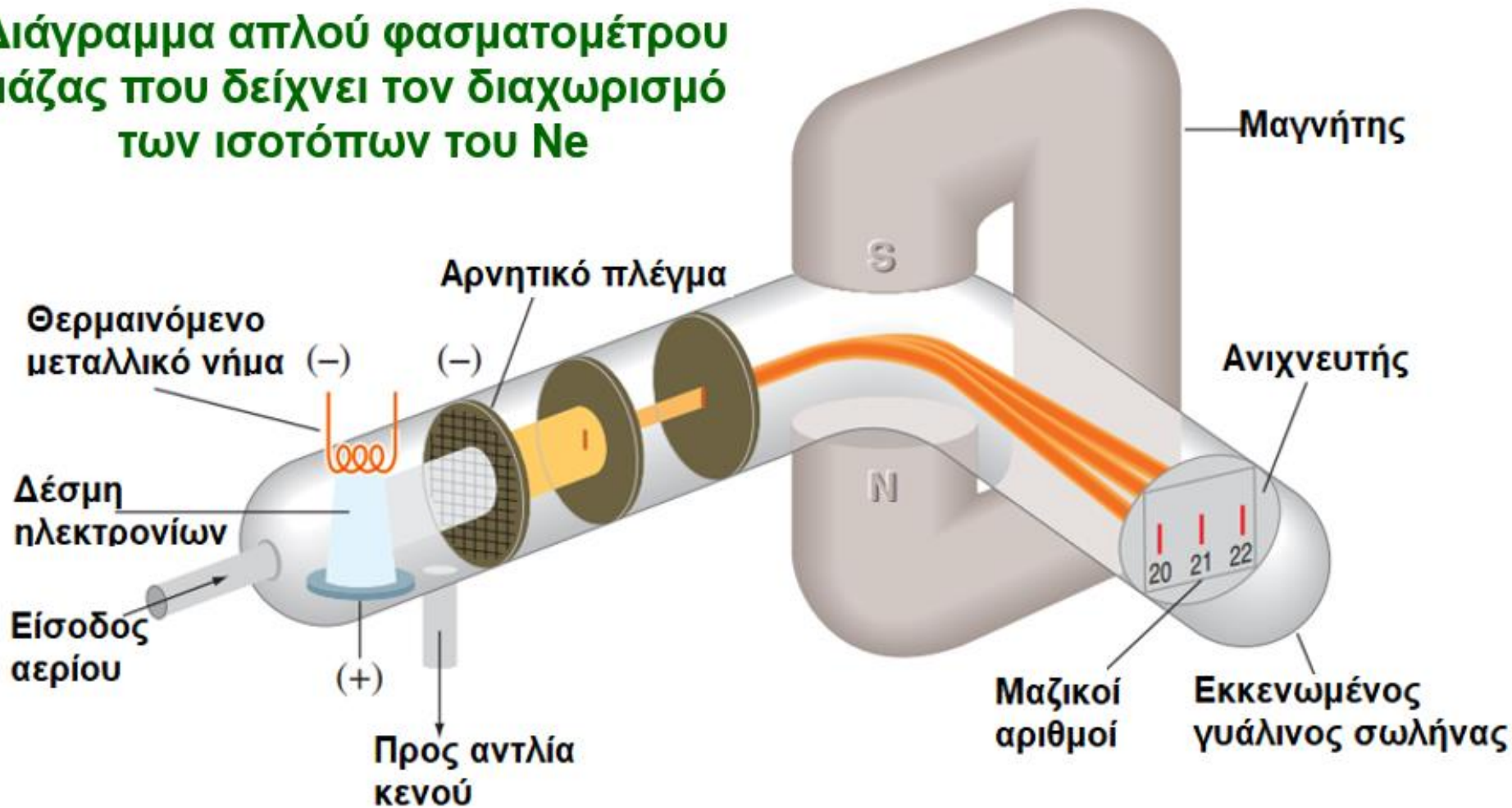
Ο όρος **ατομικό βάρος** είναι συνώνυμος προς την ατομική μάζα.

Όμως, δεν είναι ορθό να μιλούμε για «βάρος», ενώ πρόκειται για μάζα.

Κλασματική αφθονία (ή εκατοστιαία φυσική αναλογία) ισότοπου ενός στοιχείου: το ποσοστό των ατόμων του συγκεκριμένου ισότοπου στο $_{13}$ στοιχείο.

Φασματομετρία μάζας και ατομικές μάζες

Διάγραμμα απλού φασματομέτρου μάζας που δείχνει τον διαχωρισμό των ισωτόπων του Ne



Άτομα Ne σχηματίζουν ιόντα Ne^+ , μετά από σύγκρουση με e^- . Η δέσμη των θετικά φορτισμένων ατόμων (Ne^+) διαχωρίζεται από το μαγνητικό πεδίο σε τρεις δέσμες, σύμφωνα με τις σχέσεις **φορτίο προς μάζα** (e/m).

Παράδειγμα 2.2

Προσδιορισμός ατομικής μάζας στοιχείου από το φάσμα μάζας

Παραπλεύρως δίνεται το φάσμα μάζας του νέου (Ne).

(α) Πώς συμβολίζονται τα ισότοπα του νέου;

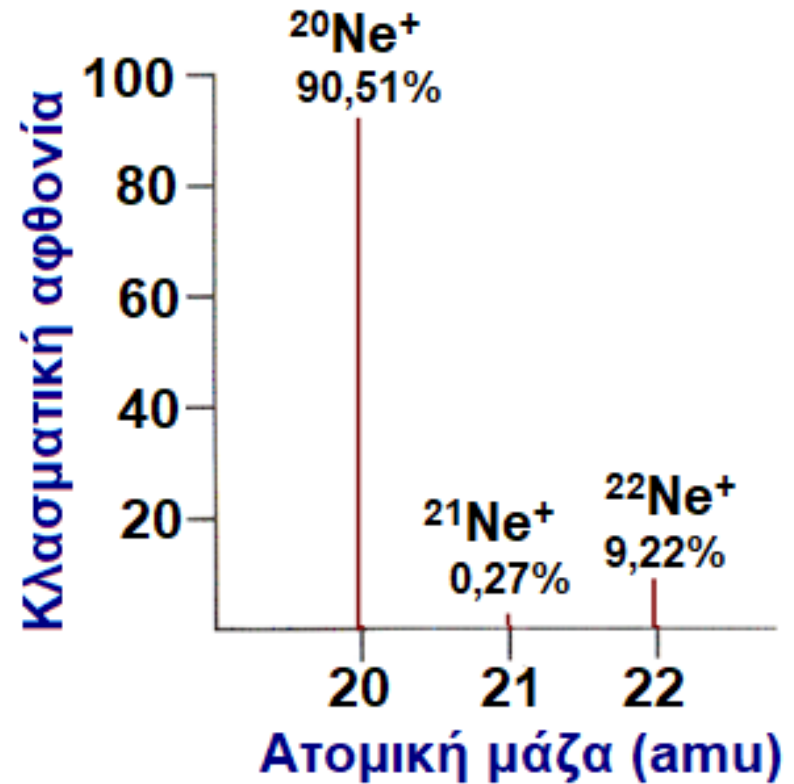
(β) Αν οι μάζες (σε amu) των τριών ισωτόπων είναι 19,992, 20,994 και 21,991, πόση είναι η ατομική μάζα του νέου;

Απάντηση



(β) Ατομική μάζα = ο σταθμικός μέσος όρος ατομικών μαζών:

$$(0,9051 \times 19,992 \text{ amu}) + (0,0027 \times 20,994 \text{ amu}) + (0,0922 \times 21,991 \text{ amu}) = 20,179 \text{ amu}$$



2.5 Ο περιοδικός πίνακας των στοιχείων

Περίοδοι και ομάδες. Μέταλλα, αμέταλλα και μεταλλοειδή

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18						
	1A	2A	3B	4B	5B	6B	7B	8B			1B	2B	3A	4A	5A	6A	7A	8A						
1	H Υδρογόνο 1,008	Ατομικός αριθμός ΣΥΜΒΟΛΟ Όνομα Α.Β.																2						
1	C	Στερεά																He Ήλιο 4,0026						
2	Li Λίθιο 6,94	Be Βηρύλλιο 9,0122																	B Βόριο 10,81	C Άνθρακας 12,011	N Άζωτο 14,007	O Οξυγόνο 15,999	F Φθόριο 18,998	Ne Νέον 20,180
3	Na Νάτριο 22,990	Mg Μαγνήσιο 24,305																	Al Αργίλιο 26,982	Si Πυρίτιο 28,085	P Φωσφόρος 30,974	S Θείο 32,06	Cl Χλώριο 35,45	Ar Αργό 39,948
4	K Κάλιο 39,098	Ca Ασβέστιο 40,078	Sc Σκάνδιο 44,956	Ti Τιτάνιο 47,867	V Βανάδιο 50,942	Cr Χρώμιο 51,996	Mn Μαγγάνιο 54,938	Fe Σίδηρος 55,845	Co Κοβάλτιο 58,933	Ni Νικέλιο 58,693	Cu Χαλκός 63,546	Zn Ψευδάργυρος 65,38	Ga Γάλλιο 69,723	Ge Γερμάνιο 72,630	As Αρσενικό 74,922	Se Σελήνιο 78,971	Br Βρώμιο 79,904	Kr Κρυπτό 83,798						
5	Rb Ρουβίδιο 85,468	Sr Στρόντιο 87,62	Y Υτρίιο 88,906	Zr Ζιρκόνιο 91,224	Nb Νιόβιο 92,906	Mo Μολυβδένιο 95,95	Tc Τεχνήτιο (98)	Ru Ρουθένιο 101,07	Rh Ρόδιο 102,91	Pd Παλάδιο 106,42	Ag Αργύρος 107,87	Cd Κάδμιο 112,41	In Ινδίο 114,82	Sn Κασσίτερος 118,71	Sb Αντιμόνιο 121,76	Te Τελούριο 127,60	I Ιώδιο 126,90	Xe Ξένο 131,29						
6	Cs Καίσιο 132,91	Ba Βάριο 137,33	57-71	Hf Ήφνιο 178,49	Ta Ταντάλιο 180,95	W Βολφράμιο 183,84	Re Ρήνιο 186,21	Os Όσμιο 190,23	Ir Ιρίδιο 192,22	Pt Λευκόχρυσος 195,08	Au Χρυσός 196,97	Hg Υδράργυρος 200,59	Tl Θάλλιο 204,38	Pb Μόλυβδος 207,2	Bi Βισμούθιο 208,98	Po Πολώνιο (209)	At Άστατο (210)	Rn Ραδόνιο (222)						
7	Fr Φράγκιο (223)	Ra Ράδιο (226)	89-103	Rf Ραφεράριον (267)	Db Ντούμπνιο (268)	Sg Σιμποργκίο (269)	Bh Μπόριο (270)	Hs Χάσιο (277)	Mt Μαϊτνέριο (278)	Ds Νταρμστάπιο (281)	Rg Ρεντγκενίο (282)	Cn Κοπέρνιο (285)	Nh Νιχόνιο (286)	Fl Φλερόβιο (289)	Mc Μοσχόβιο (290)	Lv Λιβερμώριο (293)	Ts Τενέσιο (294)	Og Ογκανεσάνιο (294)						

Για τα ραδιενεργά στοιχεία, οι αριθμοί στις παρενθέσεις είναι οι μαζικοί αριθμοί του σταθερότερου ισότοπου τους.

57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
La Λανθάνιο 138,91	Ce Δημήτριο 140,12	Pr Πρασηοδύμιο 140,91	Nd Νεοδύμιο 144,24	Pm Προμήθειο (145)	Sm Σαμάριο 150,36	Eu Ευρώπιο 151,96	Gd Γαδολίνιο 157,25	Tb Τέρβιο 158,93	Dy Δυσπρόσιο 162,50	Ho Όλμιο 164,93	Er Έρβιο 167,26	Tm Θουόλιο 168,93	Yb Υπέρβιο 173,05	Lu Λουτήτιο 174,97
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
Ac Ακτίνιο (227)	Th Θόριο 232,04	Pa Πρωακταίνιο 231,04	U Ουράνιο 238,03	Np Νεπολάμιο (237)	Pu Πλουτόνιο (244)	Am Αμερίκιο (243)	Cm Κιούριο (247)	Bk Μπερκέλιο (247)	Cf Καλιφόρνιο (251)	Es Αϊνστάινιο (252)	Fm Φέρμιο (257)	Md Μεντβέλιο (258)	No Νομπέλιο (259)	Lr Λωρένσιο (266)

Παράδειγμα 2.3

Δομή του περιοδικού πίνακα

Πόσα στοιχεία έχει η 4η περίοδος;

- (α) 8
- (β) 12
- (γ) 18
- (δ) 32

1η περίοδος: δύο μόνον στοιχεία

2η και 3η: από οκτώ στοιχεία

4η και 5η περίοδος: από 18 στοιχεία

6^η και 7η περίοδος: από 32 στοιχεία

Οι αριθμοί 2, 8, 18 και 32 μπορούν να προκύψουν από τον τύπο $2n^2$, αν στο n δώσουμε διαδοχικά τις ακέραιες τιμές 1, 2, 3 και 4.

Σωστό είναι το (γ).

Παράδειγμα 2.4

Δομή του περιοδικού πίνακα

Ποια από τις ακόλουθες ομάδες δεν περιέχει κανένα μέταλλο;

(α) 3B

(β) 3A

(γ) 7A

(δ) 1A

Ομάδα 3B: η πρώτη ομάδα των μεταβατικών μετάλλων (Sc, Y, La και Ac).

Ομάδα 3A: η ομάδα του βορίου (B, και τα μέταλλα Al, Ga, In, Tl).

Ομάδα 7A (αλογόνα): αμέταλλα F, Cl, Br, I και το μεταλλοειδές At (άστατο).

Ομάδα 1A (αλκαλιμέταλλα): H + μέταλλα

Σωστή απάντηση είναι το (γ).

Ερωτήσεις – Ασκήσεις – Προβλήματα

2.1 Ο λόγος μάζα προς φορτίο για το θετικό ιόν F^+ είναι $1,97 \times 10^{-7} \text{ kg/C}$. Χρησιμοποιώντας την τιμή $1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$ για το φορτίο του ιόντος, υπολογίστε τη μάζα του ατόμου του φθορίου. (Η μάζα του ηλεκτρονίου είναι αμελητέα συγκρινόμενη με αυτή του ιόντος και έτσι η μάζα του ιόντος είναι ουσιαστικά η ατομική μάζα.)

2.2 Ο παρακάτω πίνακας δίνει τον αριθμό πρωτονίων και νετρονίων των πυρήνων διαφόρων ατόμων. Ποιο άτομο είναι το ισότοπο του Α; Ποιο άτομο έχει τον ίδιο μαζικό αριθμό με το Α;

	Πρωτόνια	Νετρόνια
Άτομο Α	31	39
Άτομο Β	32	38
Άτομο Γ	38	50
Άτομο Δ	31	38

Ερωτήσεις – Ασκήσεις – Προβλήματα

2.3 Το σουλφίδιο του υδρογόνου είναι αέριο με οσμή χαλασμένου αυγού. Το αέριο ανιχνεύεται μερικές φορές και σε εξατμίσεις αυτοκινήτων. Είναι ένωση υδρογόνου και θείου σε ατομική σχέση 2 : 1. Ένα δείγμα σουλφιδίου του υδρογόνου περιέχει 0,587 g H και 9,330 g S. Πόση είναι η ατομική μάζα του S σε σχέση με αυτή του H;

2.4 Ένα στοιχείο έχει τρία φυσικά ισότοπα με τις ακόλουθες μάζες και αφθονίες:

Ισοτοπική μάζα (amu)	Κλασματική αφθονία
27,977	0,9221
28,976	0,0470
29,974	0,0309

Υπολογίστε την ατομική μάζα αυτού του στοιχείου. Για ποιο στοιχείο πρόκειται;

Ερωτήσεις – Ασκήσεις – Προβλήματα

2.5 Επιλέξτε τις σωστές απαντήσεις, ει δυνατόν χωρίς τη χρήση Π.Π.:

- (α) Το σελήνιο είναι μεταλλοειδές
- (β) Το μοναδικό αμέταλλο της Ομάδας 13 είναι το βόριο
- (γ) Το γερμάνιο ανήκει στα μεταβατικά μέταλλα
- (δ) Τα αμέταλλα στοιχεία είναι 16
- (ε) Τα αλκαλιμέταλλα ανήκουν στα αντιπροσωπευτικά στοιχεία

Η ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΜΑΚΡΑ ΜΟΡΦΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΥ ΠΙΝΑΚΑ

1	1 H																	2 He																
2	3 Li	4 Be																	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne										
3	11 Na	12 Mg																	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar										
4	19 K	20 Ca																	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr																	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn		
7	87 Fr	88 Ra	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og		

Alkali metals	Alkaline earth metals	Lanthanides	Actinides	Transition metals
Poor metals	Metalloids	Nonmetals	Halogens	Noble gases

State at standard temperature and pressure

Atomic number in red: gas

Atomic number in blue: liquid

solid border: at least one isotope is older than the Earth (Primordial elements)

dashed border: at least one isotope naturally arise from decay of other chemical elements and no isotopes are older than the earth

dotted border: only artificially made isotopes (synthetic elements)