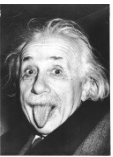
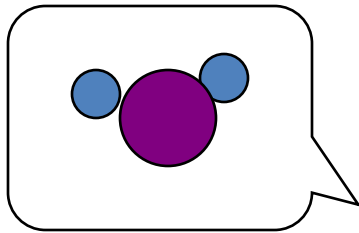


Βασικές Αρχές Ακτινοβολιών



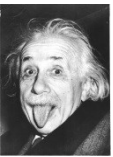
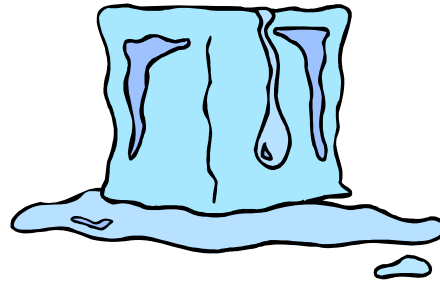
Ορολογία



Μόριο

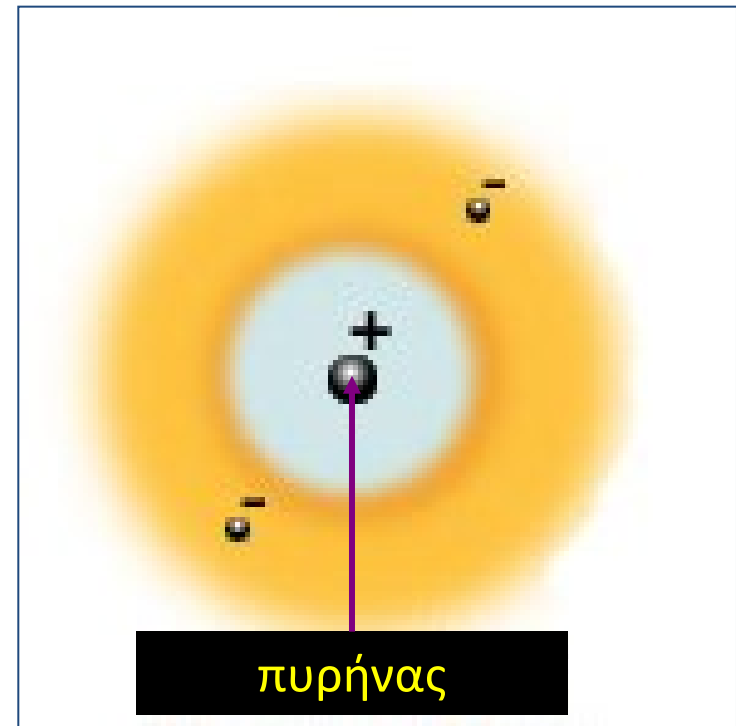


- Ενα **ΣΤΟΙΧΕΙΟ** αποτελείται από τον ίδιο τύπο ατόμων
- **ΑΤΟΜΑ** από το ίδιο ΣΤΟΙΧΕΙΟ έχουν ίδια μάζα
- Ενα **ΜΟΡΙΟ** είναι συνδυασμός ΑΤΟΜΩΝ
- Ενα **ΜΕΙΓΜΑ** είναι μια ουσία η οποία αποτελείται από συγκεκριμένα ποσοστά (αναλογία) διαφορετικών ατόμων

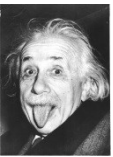


ΑΤΟΜΑ

- Τα άτομα αποτελούνται από πρωτόνια, νετρόνια και ηλεκτρόνια
- 99.999999999999% του ατόμου είναι κενός χώρος
- Ο προσδιορισμός της θέσης ενός ηλεκτρονίου περιγράφεται από συναρτήσεις πιθανότητας
- Ο πυρήνας αποτελείται από πρωτόνια και νετρόνια

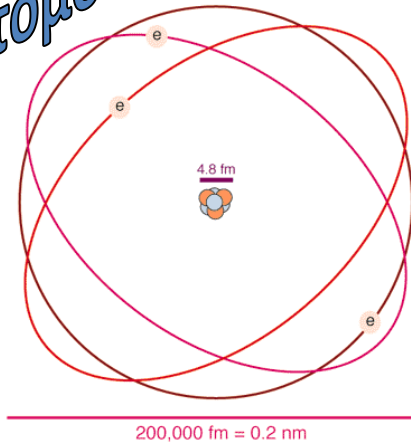


$$m_p = 1836 m_e$$

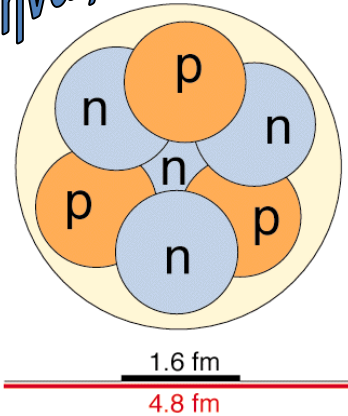


ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ

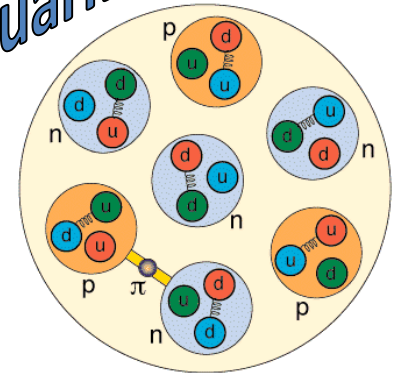
ΑΤΟΜΟ



Πυρήνας



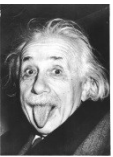
Quarks



Κύτταρο



Ενα κανονικό κύτταρο του ανθρώπου είναι *100.000 φορές μεγαλύτερο* από ένα άτομο και *5 δισεκατομμύρια φορές μεγαλύτερο* από τον πυρήνα του ατόμου.



ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ

➤ Ηλεκτρόνιο

- Ηλεκτρικό φορτίο **αρνητικό**
- Μάζα ίση με 9.109×10^{-31} kg
- Ακτίνα ίση με 2.81×10^{-15} m
- Ταχύτητα τροχιάς 2.187×10^6 m/s

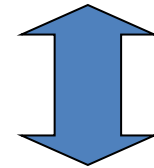
➤ Πρωτόνιο

- Ηλεκτρικό φορτίο **θετικό**
- Μάζα ίση με 1.67×10^{-27} kg

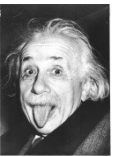
➤ Νετρόνιο

- Ηλεκτρικό φορτίο **ουδέτερο**
- Μάζα ίση με 1.67×10^{-27} kg

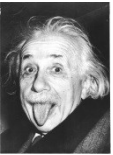
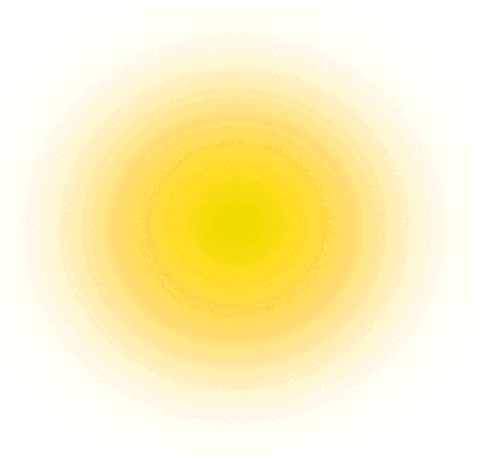
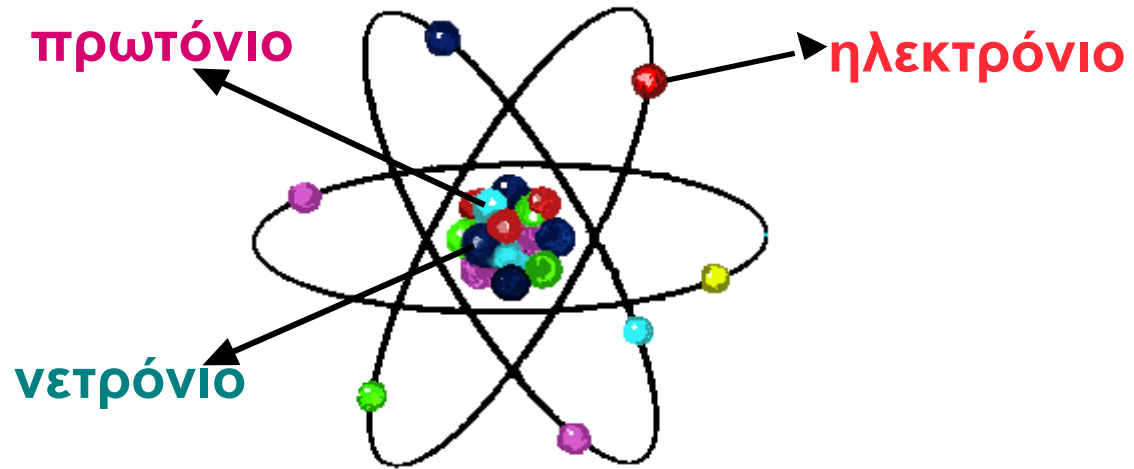
Ενέργεια



Μάζα



ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ

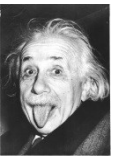


Δομή του Ατόμου



Οχι σε κλίμακα:

Το πραγματικό μέγεθος του πυρήνα είναι περίπου ένα εκατομμύριο φορές μικρότερο από την τροχιά των ηλεκτρονίων.

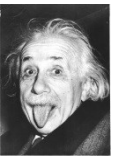
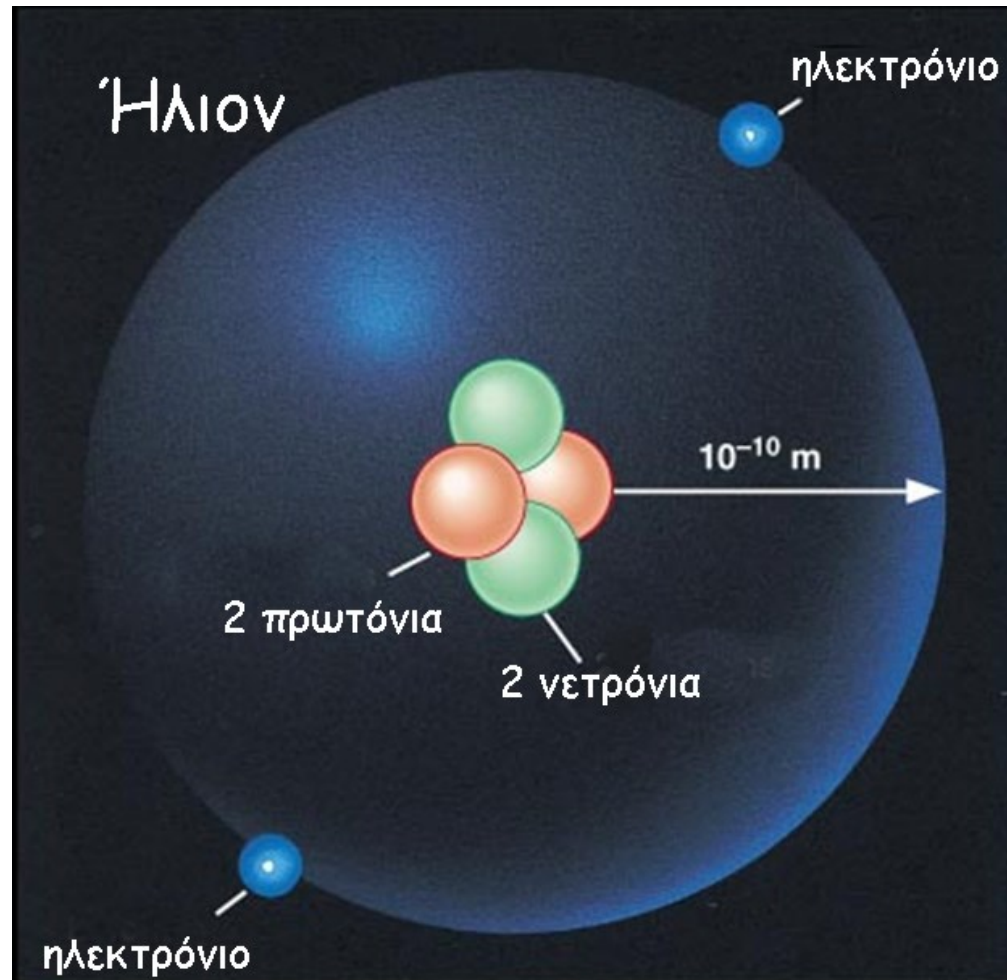


Δομή του Ατόμου

Ηλιον

$$Z = 2$$

$$A = 4$$

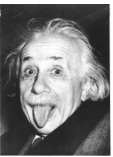
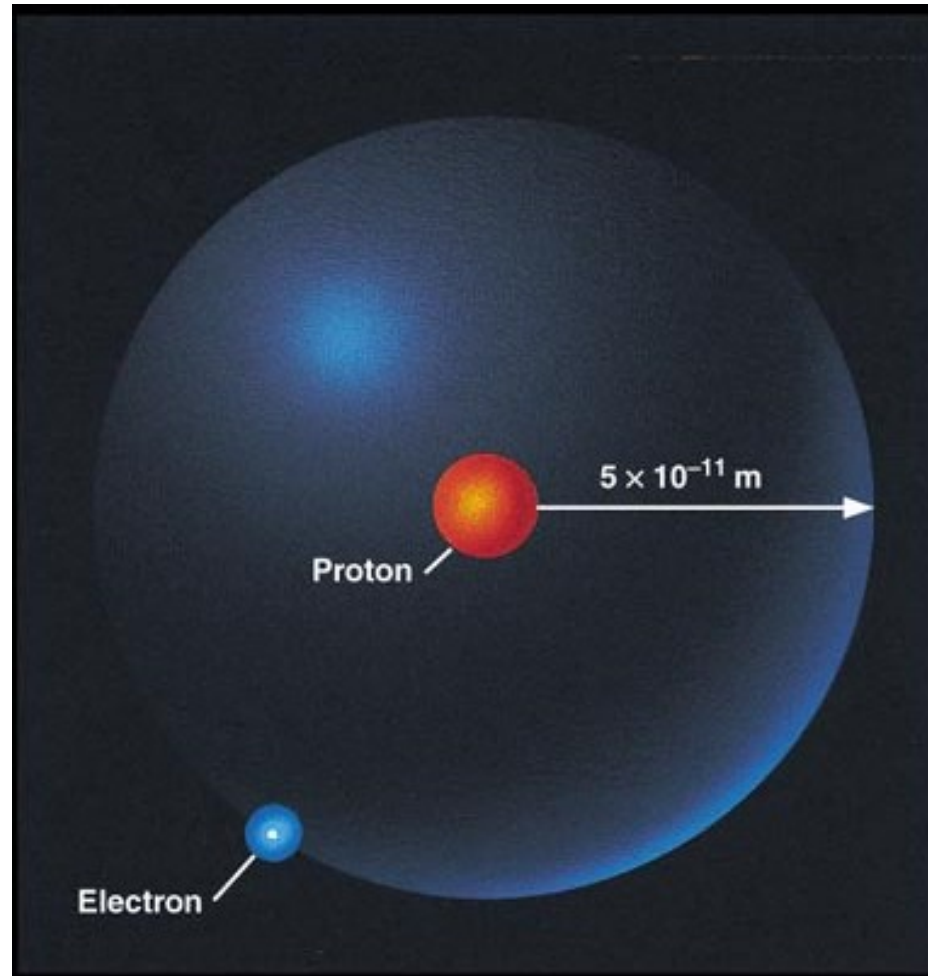


Δομή του Ατόμου

Υδρογόνο

$$Z = 1$$

$$A = 1$$

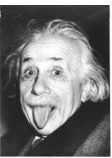
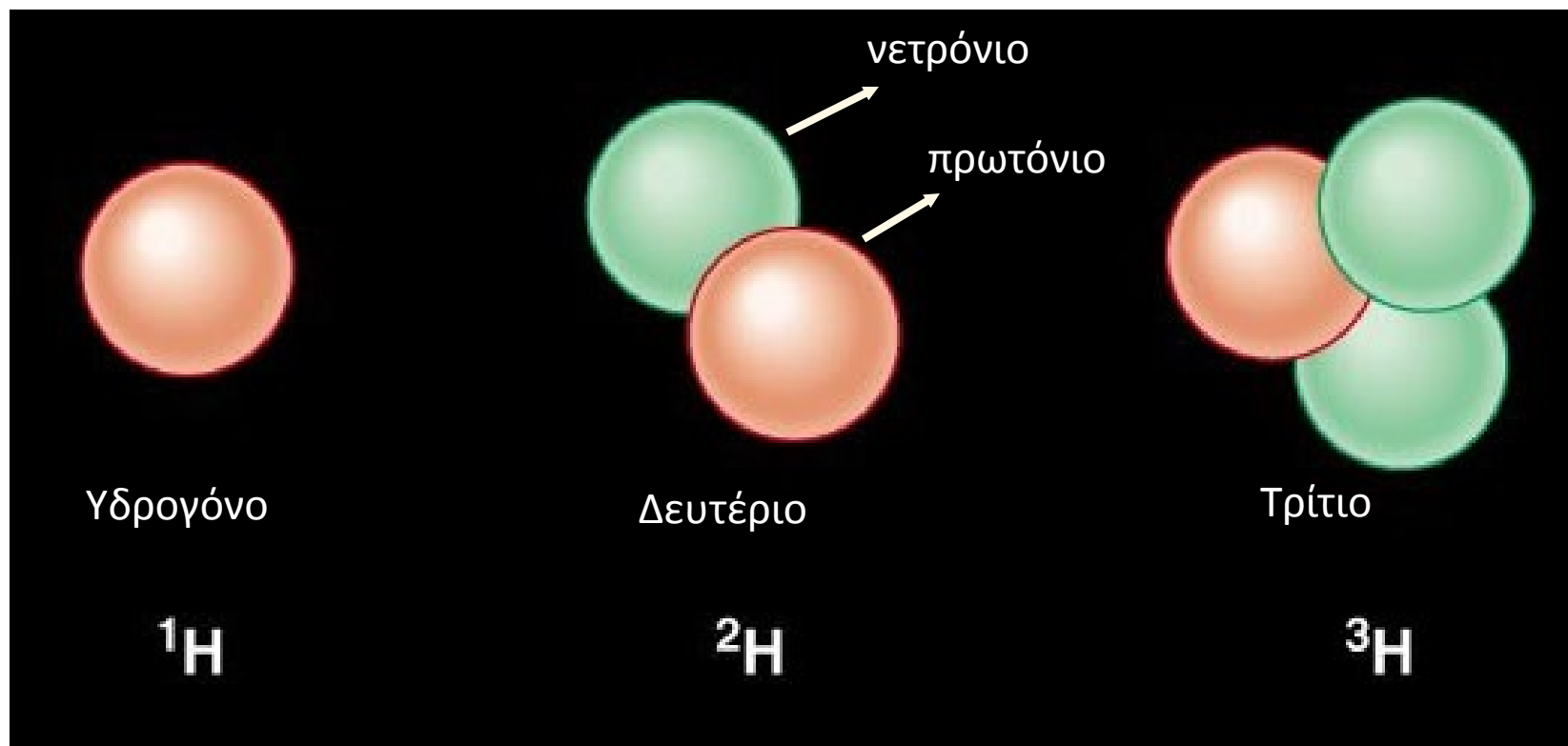


Ισότοπα



- Τα ισότοπα είναι άτομα τα οποία έχουν τον ίδιο ατομικό αριθμό αλλά διαφορετικό μαζικό αριθμό

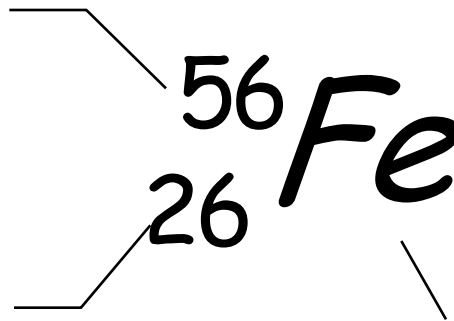
- Ιδιο Στοιχείο
- Διαφορετικό αριθμό νετρονίων στον πυρήνα



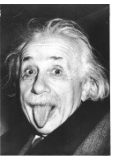
Αναγνώριση Ισοτόπων

Μαζικός
Αριθμός A

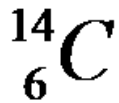
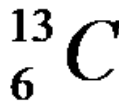
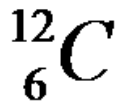
Ατομικός
Αριθμός Z



Σύμβολο
Στοιχείου

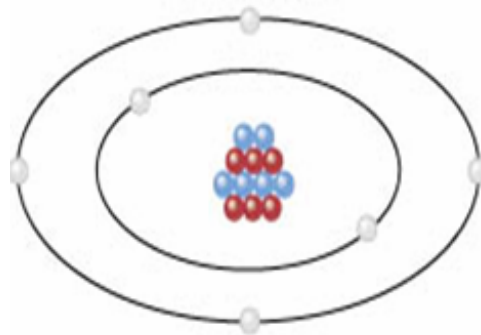


★ Πόσα πρωτόνια, νετρόνια και ηλεκτρόνια υπάρχουν σε αυτά τα ισότοπα άνθρακα?



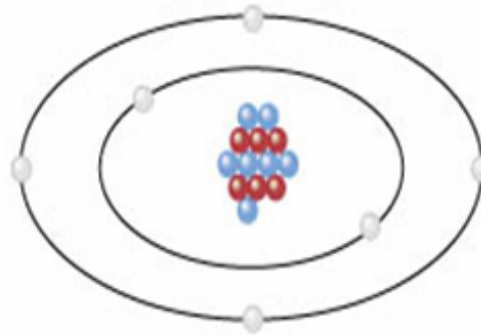
Απάντηση.....

Ανθρακας-12



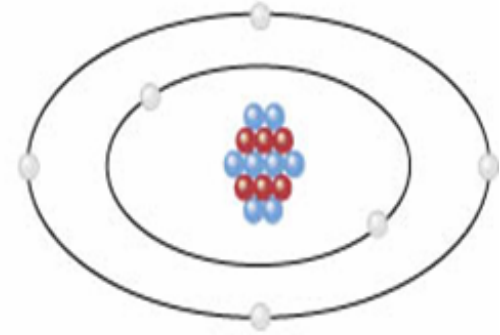
6 πρωτόνια +
6 νετρόνια

Ανθρακας-13

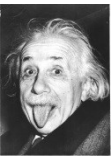


6 πρωτόνια +
7 νετρόνια

Ανθρακας-14



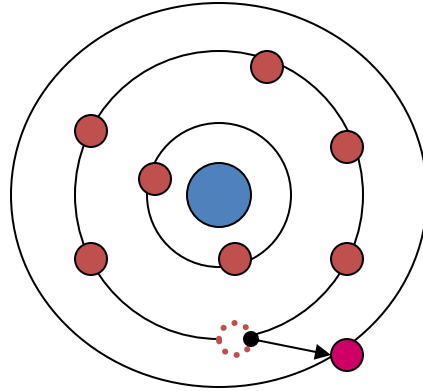
6 πρωτόνια +
8 νετρόνια



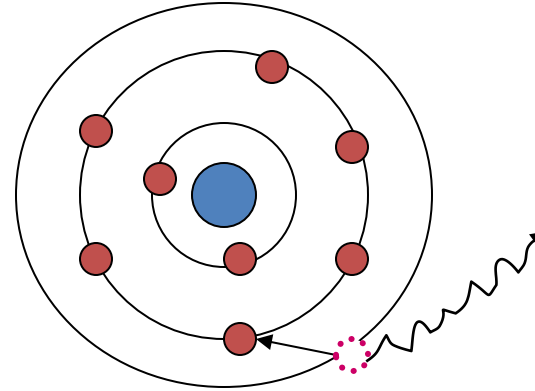


ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ

Διέργεση του Ατόμου

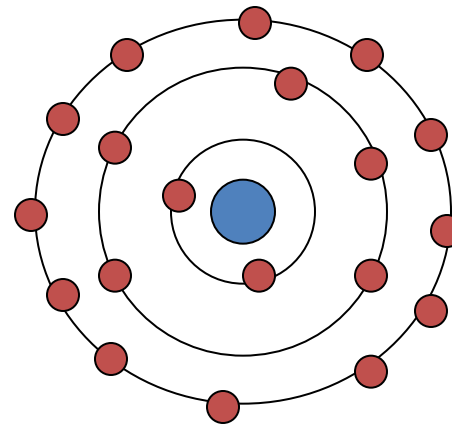
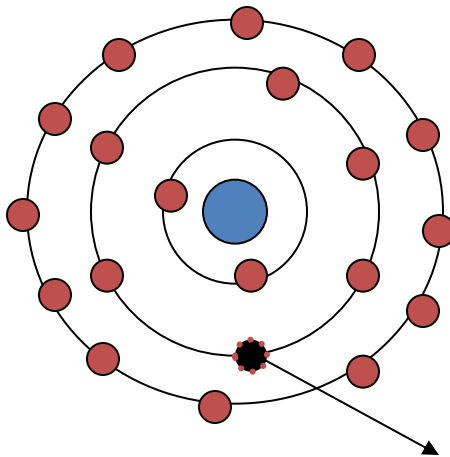


Διέργεση

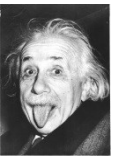


Αποδιέργεση

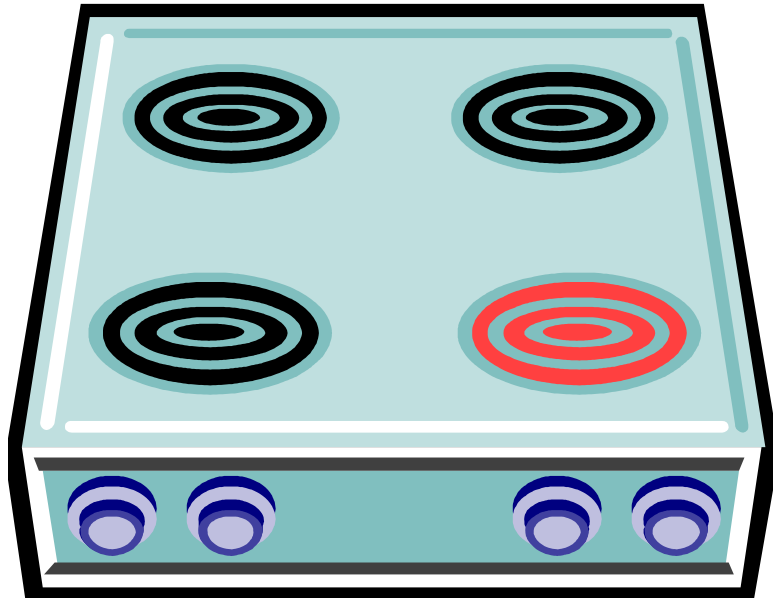
Ιονισμός του Ατόμου



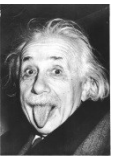
Ιόν



Πυράκτωση

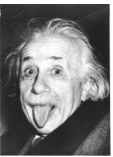


- Προσθέτοντας ενέργεια (θερμότητα, ηλεκτρική τάση, φως) τα ηλεκτρόνια μεταπηδούν σε υψηλότερες ενεργειακές τροχιές.
- Προτιμούν όμως 'θεμελιώδη κατάσταση' τους (μη διεγερμένη κατάσταση) και έτσι «πίπτουν» ταχύτατα σε αυτήν.
- Όταν πραγματοποιείται αυτή η «πτώση», εκπέμπουν ένα φωτόνιο



ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΙΚΟΥ ΠΥΡΗΝΑ

1. Οι πυρήνες απαρτίζονται από πρωτόνια και νετρόνια. Τα πρωτόνια και τα νετρόνια αναφέρονται και με κοινή ονομασία **νουκλεόνια**
2. Υπάρχουν **σταθεροί** και **ασταθείς** πυρήνες
3. Αριθμός πρωτονίων \equiv **ατομικός αριθμός**.
4. Αριθμός πρωτονίων + νετρονίων \equiv **μαζικός αριθμός**



ΠΕΡΙΟΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Γύρω στο τέλος του 1800 ο Dimitri Mendeleev ταξινόμησε τα γνωστά στοιχεία κατά σειρά με βάση την αύξηση της ατομικής μάζας τους, παρατηρώντας ότι οι ιδιότητες των στοιχείων είχαν μία περιοδικότητα.

Στον πρώτο αυτόν περιοδικό πίνακα, ο Mendeleev ήταν σε θέση να προβλέψει τις ιδιότητες ακόμη και στοιχείων που δεν είχαν ανακαλυφθεί ακόμα

ΠΕΡΙΟΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ
Dimitri Mendeleev (1869)

IA		IIA		IIIB IVB VB VIB VIIB VIII										IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIII
1 H Hydrogen 1.01 1s ¹		3 Li Lithium 6.94 2s ¹	4 Be Beryllium 9.01 2s ²																		
11 Na Sodium 23.0 3s ¹	12 Mg Magnesium 24.3 3s ²																				
19 K Potassium 39.1 4s ¹	20 Ca Calcium 40.1 4s ²	21 Sc Scandium 45.0 3d ¹ 4s ²	22 Ti Titanium 47.9 3d ² 4s ²	23 V Vanadium 50.9 3d ³ 4s ²	24 Cr Chromium 52.0 3d ⁵ 4s ¹	25 Mn Manganese 54.9 3d ⁵ 4s ²	26 Fe Iron 55.9 3d ⁶ 4s ²	27 Co Cobalt 58.9 3d ⁷ 4s ²	28 Ni Nickel 58.7 3d ⁸ 4s ²	29 Cu Copper 63.5 3d ¹⁰ 4s ¹	30 Zn Zinc 65.4 3d ¹⁰ 4s ²	31 Ga Gallium 69.7 4p ¹	32 Ge Germanium 72.6 4p ²	33 As Arsenic 74.9 4p ³	34 Se Selenium 79.0 4p ⁴	35 Br Bromine 79.9 4p ⁵	36 Kr Krypton 83.8 4p ⁶				
37 Rb Rubidium 85.5 5s ¹	38 Sr Strontium 87.6 5s ²	39 Y Yttrium 88.9 4d ¹ 5s ²	40 Zr Zirconium 91.2 4d ² 5s ²	41 Nb Niobium 92.9 4d ⁴ 5s ¹	42 Mo Molybdenum 95.9 4d ⁵ 5s ¹	43 Tc Technetium 98 4d ⁵ 5s ²	44 Ru Ruthenium 101 4d ⁷ 5s ¹	45 Rh Rhodium 103 4d ⁸ 5s ¹	46 Pd Palladium 106 4d ¹⁰	47 Ag Silver 108 4d ¹⁰ 5s ¹	48 Cd Cadmium 112 4d ¹⁰ 5s ²	49 In Indium 115 5p ¹	50 Sn Tin 119 5p ²	51 Sb Antimony 122 5p ³	52 Te Tellurium 128 5p ⁴	53 I Iodine 127 5p ⁵	54 Xe Xenon 131 5p ⁶				
55 Cs Cesium 133 6s ¹	56 Ba Barium 137 6s ²	57 La* Lanthanum 139 5d ¹ 6s ²	72 Hf Hafnium 178 5d ² 6s ²	73 Ta Tantalum 181 5d ³ 6s ²	74 W Tungsten 184 5d ⁴ 6s ²	75 Re Rhenium 186 5d ⁵ 6s ²	76 Os Osmium 190 5d ⁶ 6s ²	77 Ir Iridium 192 5d ⁷ 6s ²	78 Pt Platinum 195 5d ⁹ 6s ¹	79 Au Gold 197 5d ¹⁰ 6s ¹	80 Hg Mercury 201 5d ¹⁰ 6s ²	81 Tl Thallium 204 6p ¹	82 Pb Lead 207 6p ²	83 Bi Bismuth 209 6p ³	84 Po Polonium 209 6p ⁴	85 At Astatine 210 6p ⁵	86 Rn Radon 222 6p ⁶				
87 Fr Francium 223 7s ¹	88 Ra Radium 226 7s ²	89 Ac** Actinium 227 6d ¹ 7s ²																			

Alkaline metals

Alkaline-earth metals

Explanation

11 ← 23.0 → 5 Atomic weight

11 ← 23.0 → 5 Atomic number (i. e. # of protons)

1s¹ ← 23.0 → 5 Outer shell electron configuration

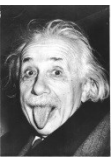
Coinage metals

Elemental semiconductors

Metals

Non-metals

	58	140	141	60	144	61	145	62	150	63	152	64	157	65	159	66	163	67	157	68	167	69	169	70	173	71	175
Lanthanides*	Ce Cerium 4f ¹ 5d ¹ 6s ²	Pr Praseodymium 4f ³ 6s ²	Nd Neodymium 4f ⁴ 6s ²	Pm Promethium 4f ⁵ 6s ²	Sm Samarium 4f ⁶ 6s ²	Eu Europium 4f ⁷ 6s ²	Gd Gadolinium 4f ⁷ 5d ¹ 6s ²	Tb Terbium 4f ⁹ 6s ²	Dy Dysprosium 4f ¹⁰ 6s ²	Ho Holmium 4f ¹¹ 6s ²	Er Erbium 4f ¹² 6s ²	Tm Thulium 4f ¹³ 6s ²	Yb Ytterbium 4f ¹⁴ 6s ²	Lu Lutetium 4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	Rare-earth elements												
Actinides**	90 Th Thorium 6d ² 7s ²	91 Pa Protactinium 5f ¹ 6d ¹ 7s ²	92 U Uranium 5f ³ 6d ¹ 7s ²	93 Np Neptunium 5f ⁴ 6d ¹ 7s ²	94 Pu Plutonium 5f ⁶ 7s ²	95 Am Americium 5f ⁷ 7s ²	96 Cm Curium 5f ⁷ 6d ¹ 7s ²	97 Bk Berkelium 5f ⁹ 7s ²	98 Cf Californium 5f ¹⁰ 7s ²	99 Es Einsteinium 5f ¹¹ 7s ²	100 Fm Fermium 5f ¹² 7s ²	101 Md Mendelevium 5f ¹³ 7s ²	102 No Nobelium 5f ¹⁴ 7s ²	103 Lr Lawrencium 6d ¹ 7s ²													

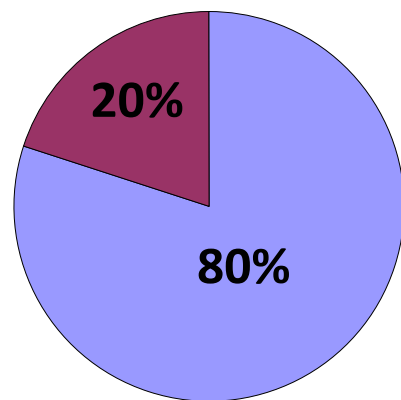




Ακτινοβολίες



Πηγές Ακτινοβολίας

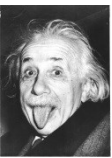


Φυσικές Πηγές Ακτινοβολίας:

- ☒ Εδαφος
- ☒ Ατμοσφαίρα
- ☒ Διάστημα

Τεχνικές Πηγές Ακτινοβολίας:

- ☒ Παραγωγή Ενέργειας
- ☒ Πολεμική Βιομηχανία
- ☒ Ιατρική





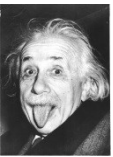
Είδη Ακτινοβολιών

Σωματιδιακή Ακτινοβολία

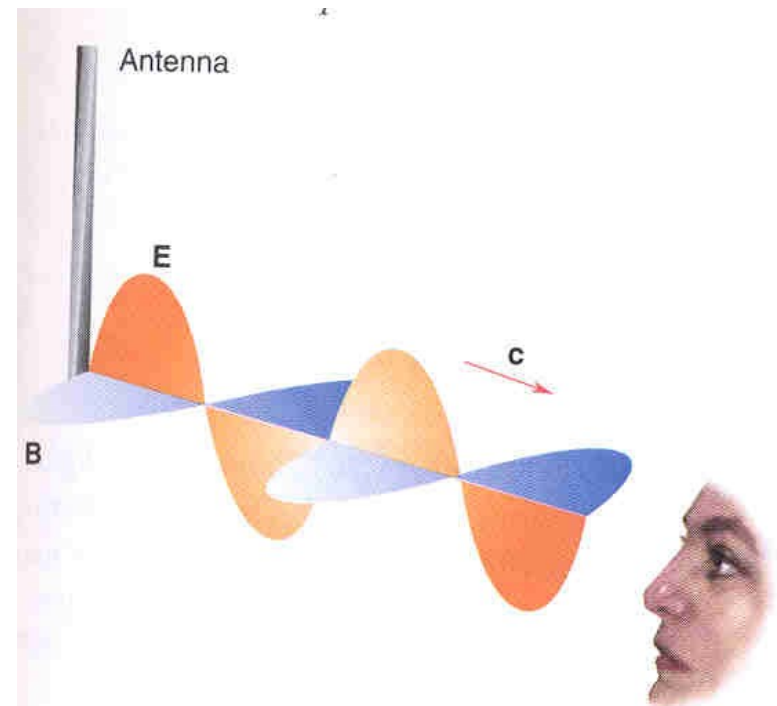
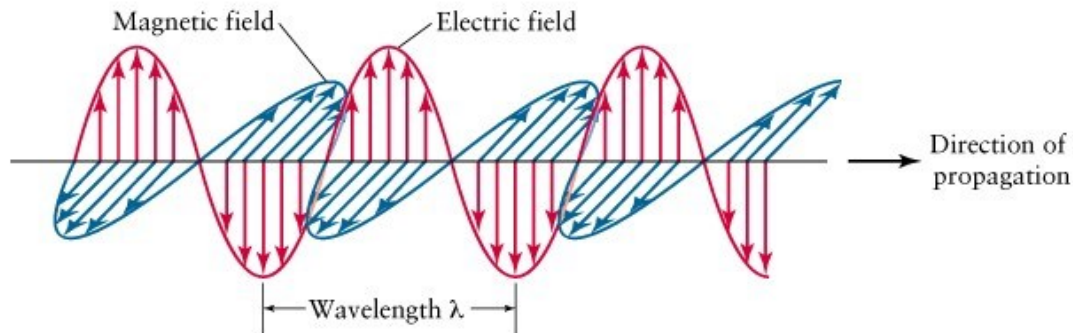
- ☞ Αποτελείται από υπο-ατομικά σωματρία (ηλεκτρόνια, πρωτόνια, νετρόνια) ή από μικρούς πυρήνες (άλφα σωματρία).
- ☞ Τα σωματρία μπορεί να είναι φορτισμένα (θετικά ή αρνητικά) ή ουδέτερα.
- ☞ Έχουν μάζα και κινούνται σύμφωνα με τους νόμους της κλασσικής μηχανικής

Ηλεκτρομαγνητική Ακτινοβολία

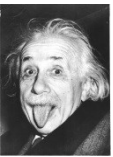
- ☞ Αποτελείται από φωτόνια
- ☞ Τα φωτόνια δεν έχουν μάζα και φορτίο.
- ☞ Η διάδοσή τους είναι σε κύματα, και κινούνται με την ταχύτητα του φωτός σύμφωνα με τους νόμους της κβαντομηχανικής.



Τι είναι ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα;



- ★ Μια ηλεκτρομαγνητική διαταραχή κάποιας συχνότητας.

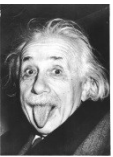


Ηλεκτρομαγνητική Ακτινοβολία:

1. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έχει κυματικές ιδιότητες
2. Μεταφέρει διακριτά ποσά ενέργεια (quantum) τα οποία ονομάζονται φωτόνια.
3. Το φωτόνιο δεν έχει φορτίο και υπακούει στους νόμους της κβαντομηχανικής.

$$E = h\nu$$

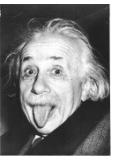
Η ενέργεια του φωτονίου είναι ανάλογη της συχνότητας της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας



Το φωτόνιο (g)

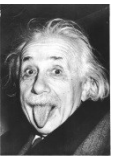
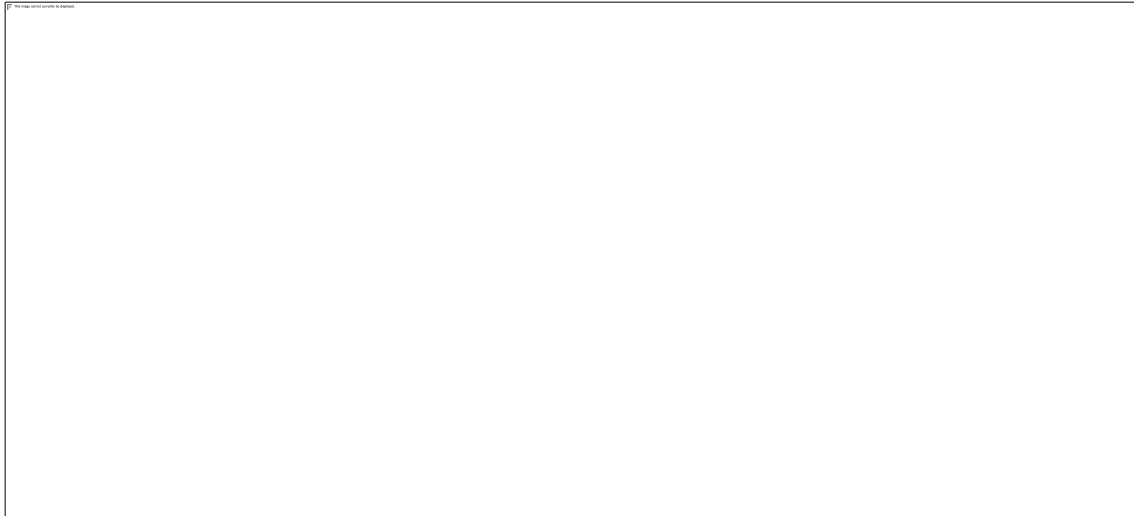
Ιδιότητα	Τιμή
Μάζα	0
Φορτίο	0

- ❑ Το φωτόνιο είναι ο “μεσολαβητής” της ηλεκτρομαγνητικής αλληλεπίδρασης
- ❑ Το φωτόνιο μπορεί να αντιδράσει μόνο με αντικείμενα τα οποία φέρουν ηλεκτρικό φορτίο !!!!!

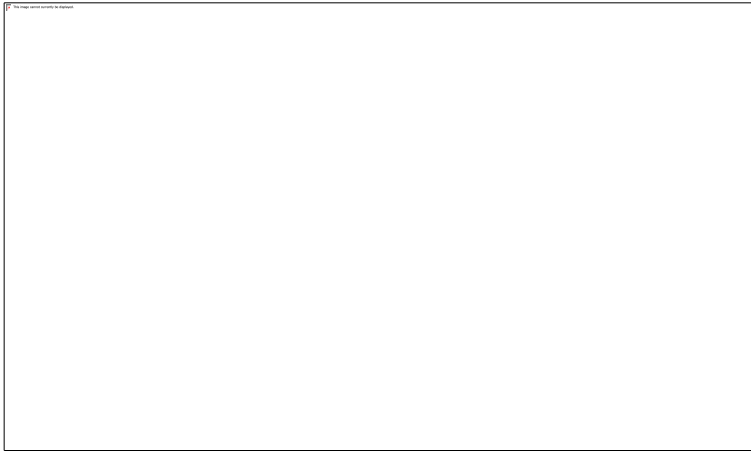


Το Μήκος κύματος

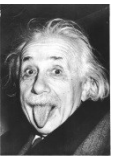
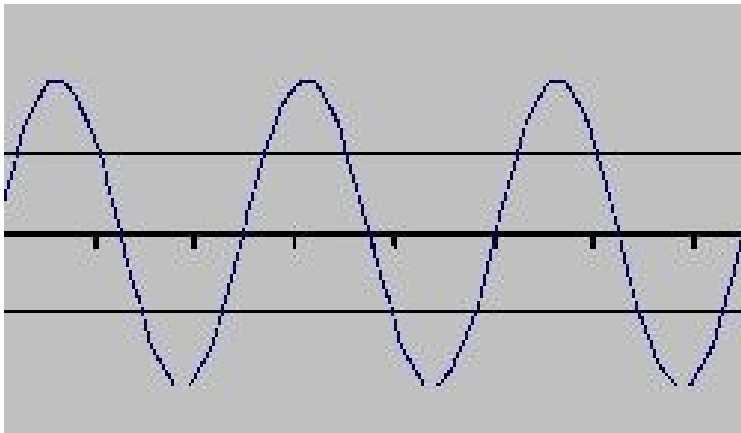
- Το μήκος κύματος, λ , είναι η απόσταση από μία κορυφή έως την επομένη
- Το μήκος κύματος καθορίζει το χρώμα του φωτός






Συχνότητα και Ενέργεια του Η/Μ κύματος

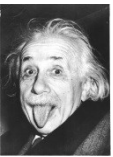


- Οσο υψηλότερη είναι η συχνότητα του Η/Μ κύματος τόσο περισσότερη ενέργεια μεταφέρει
- Η ταχύτητα του Η/Μ κύματος είναι σταθερά,
 - $c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$
- Συχνότητα και μήκος κύματος συνδέονται με την σχέση:

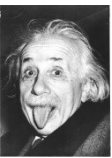
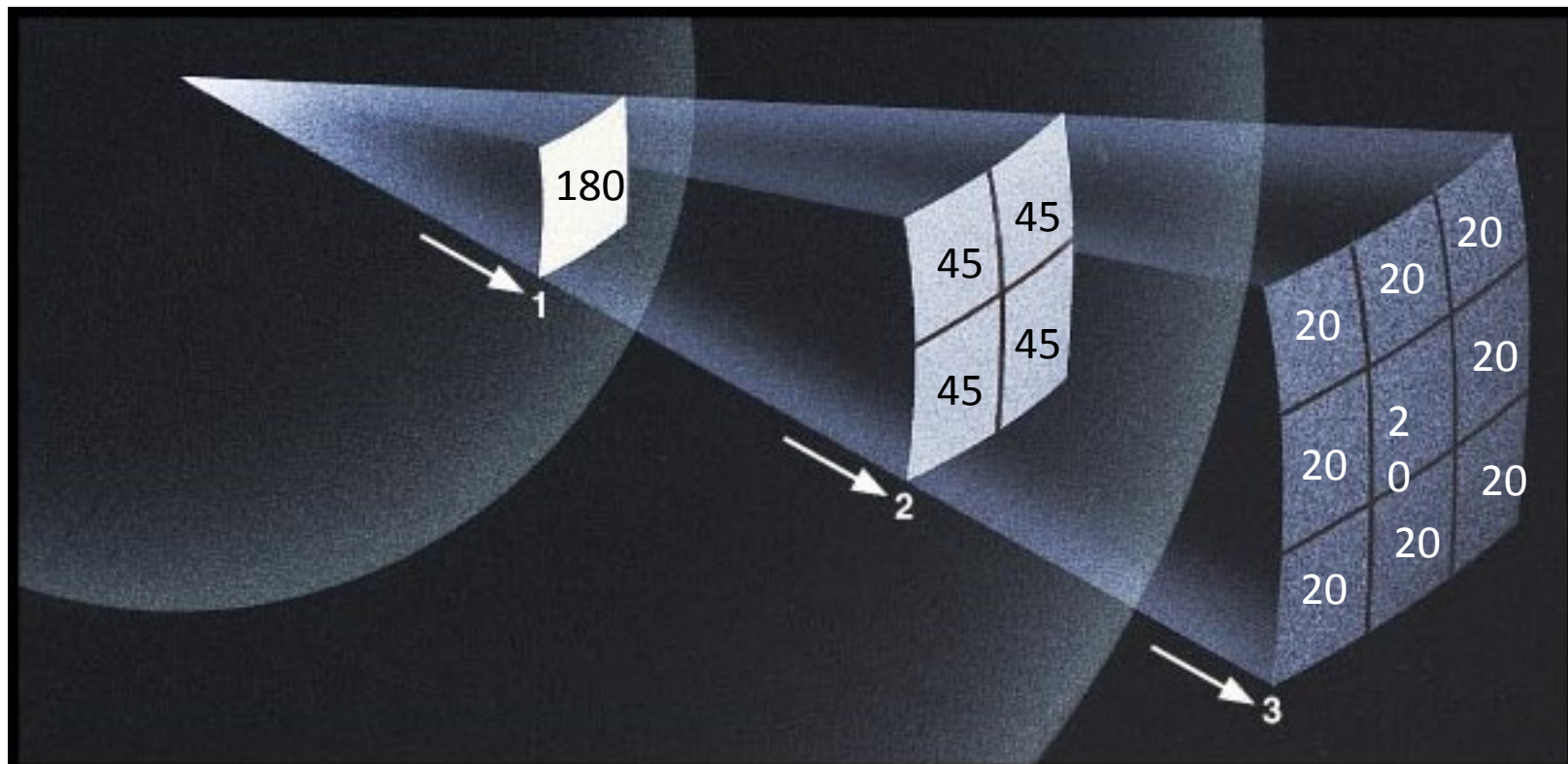


Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα

Φάσμα	Μεγάλο μήκος κύματος	Χαμηλή Συχνότητα	Χαμηλή Ενέργεια
Υπέρυθρο			
Ορατό			
Υπεριώδες			
Ακτίνες - Χ			
Ακτίνες γ			



Διάδοση του Φωτός: Νόμος αντιστρόφου τετραγώνου των αποστάσεων



Είδη Ηλεκτρομαγνητικών Ακτινοβολιών

Μικροκύματα



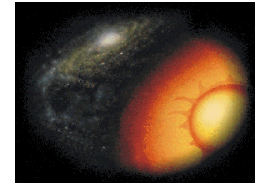
Ορατό



Ακτίνες X

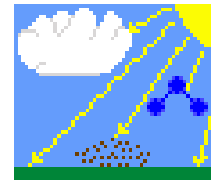


Κοσμική
ακτινοβολία



Χαμηλή ενέργεια

Υψηλή ενέργεια

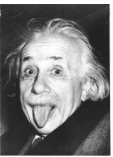


Ραδιοφωνικά
κύματα

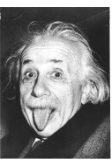
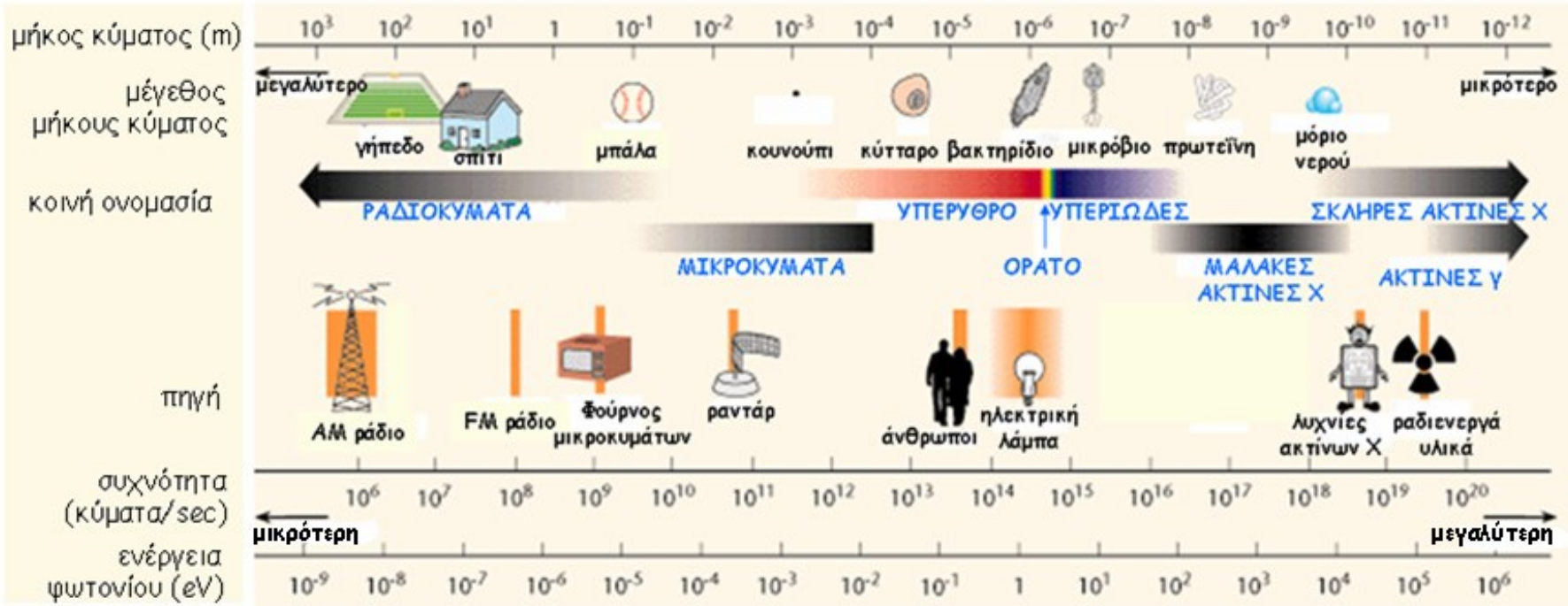
Υπέρυθρο

Υπεριώδες

Ακτίνες γ



ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ



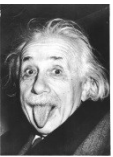


Μη-ιοντίζουσα Ηλεκτρομαγνητική Ακτινοβολία

- ★ Αυτού του είδους η ακτινοβολία δεν έχει αρκετή ενέργεια για να απομακρύνει ηλεκτρόνιο από άτομο.
 - Υπεριώδης ακτινοβολία
 - Ορατό φώς
 - Υπέρυθρη ακτινοβολία
 - Μικροκύματα
 - Ραδιοκύματα

Ιοντίζουσα Ηλεκτρομαγνητική Ακτινοβολία

- ★ Αυτού του είδους η ακτινοβολία έχει αρκετή ενέργεια για να απομακρύνει ηλεκτρόνιο από άτομο.
 - Ακτίνες γ
 - Ακτίνες X

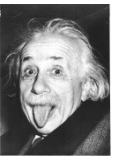


Χρησιμότητα...

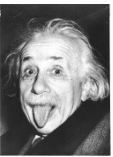
Οι κύριες εφαρμογές των **ιοντιζουσών ακτινοβολιών** στην Ιατρική είναι:

- ★ Ακτινοδιάγνωση
- ★ Πυρηνική Ιατρική
- ★ Ακτινοθεραπεία

Το μεγαλύτερο μέρος της κλασικής και μοντέρνας ακτινολογίας (με εξαίρεση την υπερηχογραφία και το μαγνητικό συντονισμό), της ακτινοθεραπείας και της πυρηνικής ιατρικής κάνει χρήση ιοντίζουσας ακτινοβολίας, δηλαδή κάνει χρήση ακτινοβολίας που προκαλεί ιονισμό της ύλης και συγκεκριμένα τον ιονισμό των ατόμων του ανθρώπινου ιστού.



Αλληλεπιδράσεις φωτονίων
με την ύλη



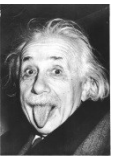
- Τα φωτόνια γ και X κατά την είσοδό τους στους ιστούς, χάνουν ενέργεια λόγω:
 - αλληλεπίδρασης με τα σωματίδια των ιστών
 - αλληλεπίδρασης με τα Η/Μ πεδία των ιστών
- Αποτέλεσμα: εξασθένηση της δέσμης φωτονίων

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

I_0 = ένταση αρχικής δέσμης

I = ένταση δέσμης μετά από διέλευση x cm

μ = γραμμικός συντελεστής εξασθένεισως (cm^{-1})



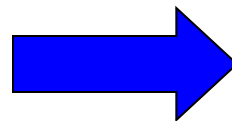
Αλληλεπίδραση Ακτινοβολίας - Ύλης



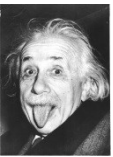
Φωτόνια

- Απλός σκεδασμός
- **Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο**
- Σκέδαση Compton
- Δίδυμη γένεση

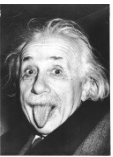
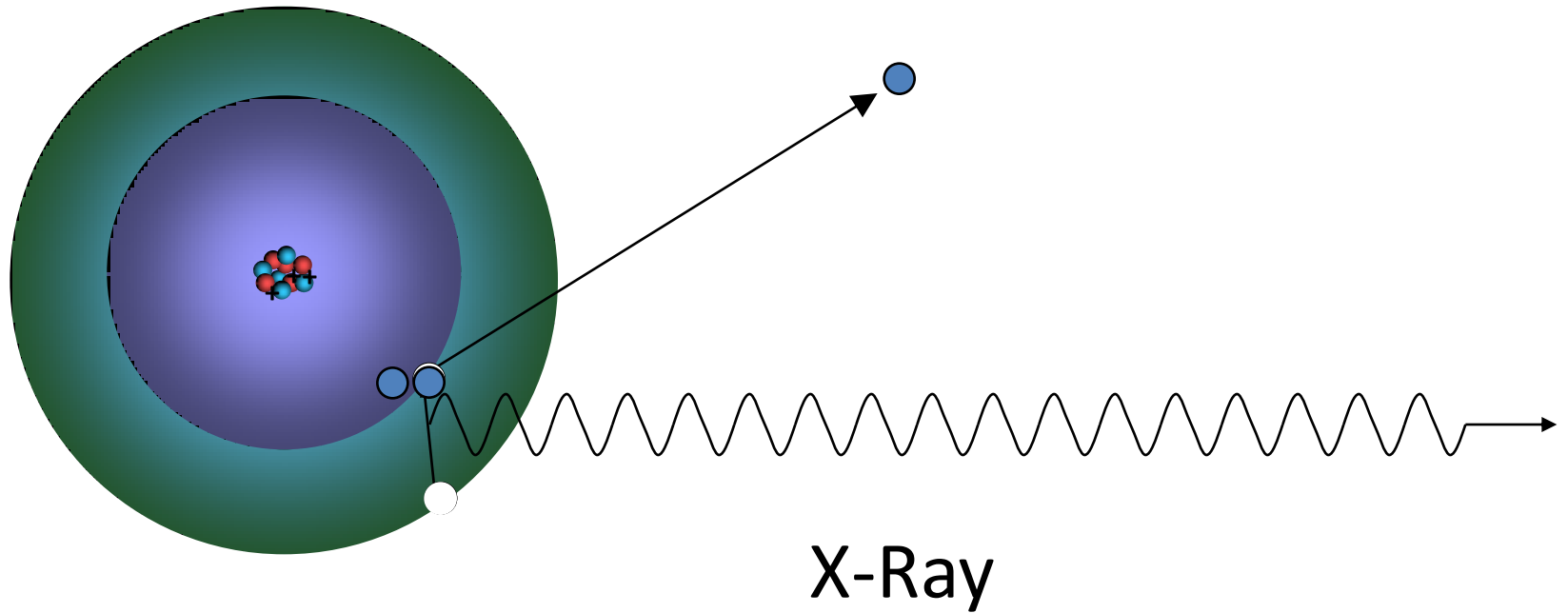
Ενέργεια φωτονίου



Πιθανότητα σκέδασης



Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο Παραγωγή Ακτίνων Χ



Φωτοηλεκτρικό Φαινόμενο

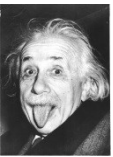
Με αυτόν τον μηχανισμό, **το φωτόνιο** κατά την σύγκρουσή του με το άτομο εξαφανίζεται και ένα **ηλεκτρόνιο** εξέρχεται από το ηλεκτρονικό περίβλημα του ατόμου.

Το φαινόμενο αυτό μπορεί να συμβεί μόνο στην περίπτωση που το εισερχόμενο φωτόνιο έχει ενέργεια αρκετή ώστε να υπερνικήσει την ενέργεια συνδέσεως του ηλεκτρονίου που εξέρχεται και το οποίο ονομάζεται **φωτοηλεκτρόνιο**.

Το ηλεκτρόνιο που εξέρχεται έχει κινητική ενέργεια $(h\nu - b)$ όπου $h\nu$ η ενέργεια του φωτονίου και b η ενέργεια συνδέσεως του ηλεκτρονίου, οδεύει μέσα στην ύλη προκαλώντας ιονισμούς έως ότου χάσει όλη την ενέργεια.

$$\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{pe} \propto \frac{Z^4}{(h\nu)^3 A}$$

Μαζικός συντελεστής εξασθένησεως λόγω φωτοηλεκτρικού φαινομένου.



Φωτοηλεκτρικό Φαινόμενο

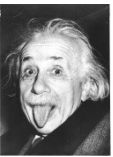
$$\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{pe} \propto \frac{Z^4}{(h\nu)^3 A}$$

Μαζικός συντελεστής εξασθένησεως λόγω φωτοηλεκτρικού φαινομένου.

Η ισχυρή εξάρτηση της εξασθένησεως των φωτονίων στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο από το Z των ιστών αποτελεί την φυσική βάση της Ακτινοδιαγνωστικής στην οποία η χρησιμοποιούμενη ακτινοβολία X έχει μέση ενέργεια λίγων δεκάδων keV.

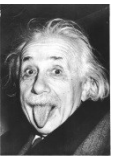
Ιστοί και όργανα του σώματος που περιλαμβάνουν ουσίες με υψηλότερο Z , όπως τα οστά που περιέχουν Ca, εξασθενίζουν ισχυρότερα την δέσμη των φωτονίων.

Σαν αποτέλεσμα, σκιαγραφείται στο ακτινογραφικό φιλμ (ή στην ακτινοσκοπική οθόνη) η διαφορά στην εξασθένιση που προκαλείται από τους ιστούς μέσω των οποίων διέρχεται η ακτινοβολία X .



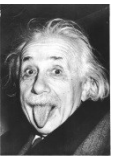
ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΦΩΤΟΝΙΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΥΛΗ

- Η πιθανότητα και ο μηχανισμός με τον οποίο το φωτόνιο θα χάσει ενέργεια **εξαρτώνται** από την ενέργεια του φωτονίου και από τον ατομικό αριθμό Z του υλικού.
- Στις χαμηλές ενέργειες των φωτονίων **έως 50 keV** η φωτοηλεκτρική απορρόφηση είναι ο κύριος μηχανισμός εξασθένησης.
- **Μεταξύ 50 και 100 keV** η φωτοηλεκτρική απορρόφηση και το φαινόμενο Compton είναι περίπου ισοπίθανα.
- **Μεταξύ 100 keV και 5 MeV** η εξασθένηση των φωτονίων οφείλεται σχεδόν αποκλειστικά στο φαινόμενο Compton.
- **Μεταξύ 5 και 10 MeV** στην εξασθένηση συμμετέχουν το φαινόμενο Compton και η δίδυμος γένεση.
- **Μεταξύ 50 και 100 MeV** η εξασθένηση οφείλεται κυρίως στην δίδυμο γένεση.



ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΦΩΤΟΝΙΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΥΛΗ

- Κατά την **φωτοηλεκτρική απορρόφηση** τα οστά απορροφούν τουλάχιστον 6 φορές περισσότερη ενέργεια από τους μαλακούς ιστούς συγκρίνοντας γραμμάριο με γραμμάριο. Το γεγονός αυτό αποτελεί και την φυσική βάση της ακτινοδιαγνωστικής η οποία χρησιμοποιεί φωτόνια ακτινοβολίας X μέσης ενέργειας 20 έως 50 keV.
- Στην περιοχή ενεργειών των φωτονίων όπου το **φαινόμενο Compton** είναι το μοναδικό φαινόμενο εξασθενήσεως, τα οστά και οι μαλακοί ιστοί απορροφούν περίπου την αυτή ποσότητα ενέργειας συγκρίνοντας γραμμάριο με γραμμάριο.
- Στην περιοχή ενεργειών όπου η συμμετοχή του μηχανισμού της **διδύμου γενέσεως** είναι σημαντική, τα οστά απορροφούν περίπου δύο φορές περισσότερη ενέργεια από τους μαλακούς ιστούς.
- Στην περιοχή ενεργειών των φωτονίων που χρησιμοποιεί η **Ακτινοθεραπεία**, το φαινόμενο Compton είναι ο κύριος μηχανισμός αλληλεπίδρασεως δέσμης φωτονίων και ιστών, ενώ στις υψηλές ενέργειες αυξάνει σημαντικά και η συμμετοχή της διδύμου γενέσεως.



Bremsstrahlung

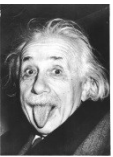
Όταν ένα ηλεκτρόνιο προσπίπτει σε ένα "στόχο" (υλικό, ιστούς, σύνολο ατόμων) εκπέμπονται φωτόνια από τον στόχο αυτό.

Η εκπομπή φωτονίων οφείλεται σε δύο διαφορετικές διεργασίες.

Μερικά ηλεκτρόνια επιβραδύνονται ή ακινητοποιούνται από τον στόχο (κυρίως λόγω του πεδίου Coulomb του πυρήνα) και μέρος ή όλη η κινητική τους ενέργεια μετατρέπεται απευθείας σε ένα συνεχές φάσμα φωτονίων.

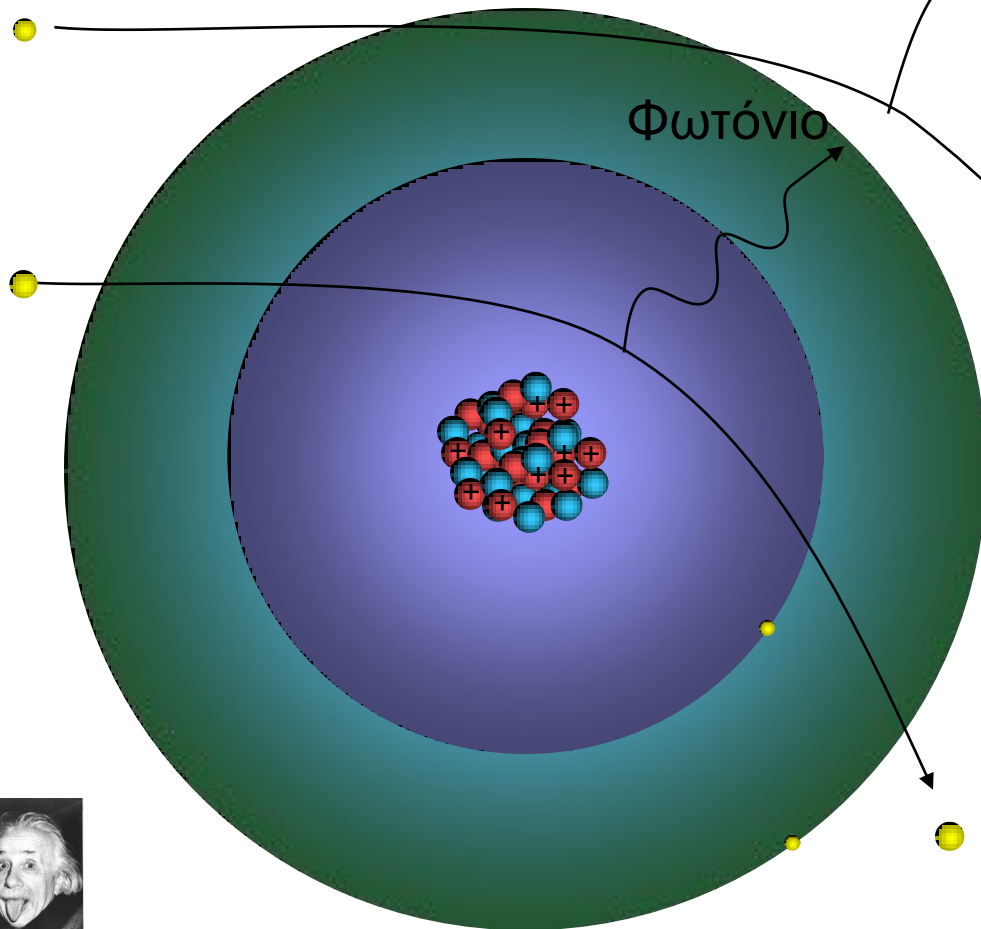
Η διεργασία αυτή ονομάζεται εκπομπή ακτινοβολίας πέδησης (**bremsstrahlung** είναι ο γερμανικός όρος που χρησιμοποιείται διεθνώς).

Άλλα ηλεκτρόνια μεταφέρουν μέρος ή όλη την ενέργειά τους σε μεμονωμένα άτομα του στόχου. Αυτά τα άτομα μεταπηδούν τότε σε διεγερμένες καταστάσεις και αποδιεγειρόμενα προς τη θεμελιώδη κατάσταση, εκπέμπουν φωτόνια.



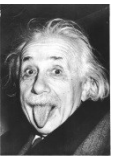
Bremsstrahlung

- Συνεχείς τιμές ενέργειας (ανάλογα με την απόσταση από τον πυρήνα)

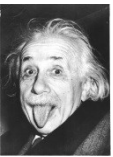


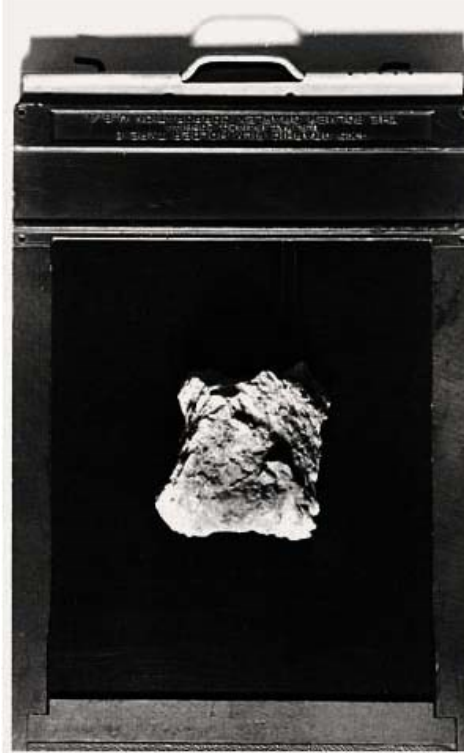
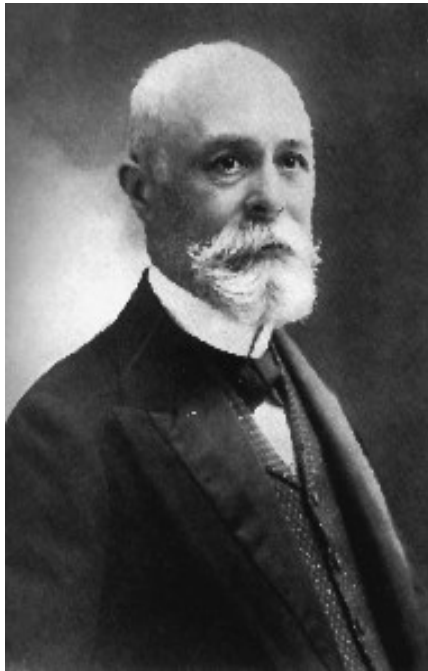
Η αντίδραση είναι περισσότερο πιθανή όταν:

- Η μάζα του φορτισμένου σωματιδίου είναι υψηλή
- Η ενέργεια είναι υψηλή
- Ο ατομικός αριθμός του ατόμου (απορροφητής, θωράκιση) είναι υψηλός



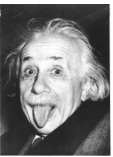
Ραδιενέργεια





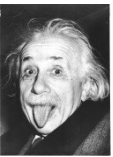
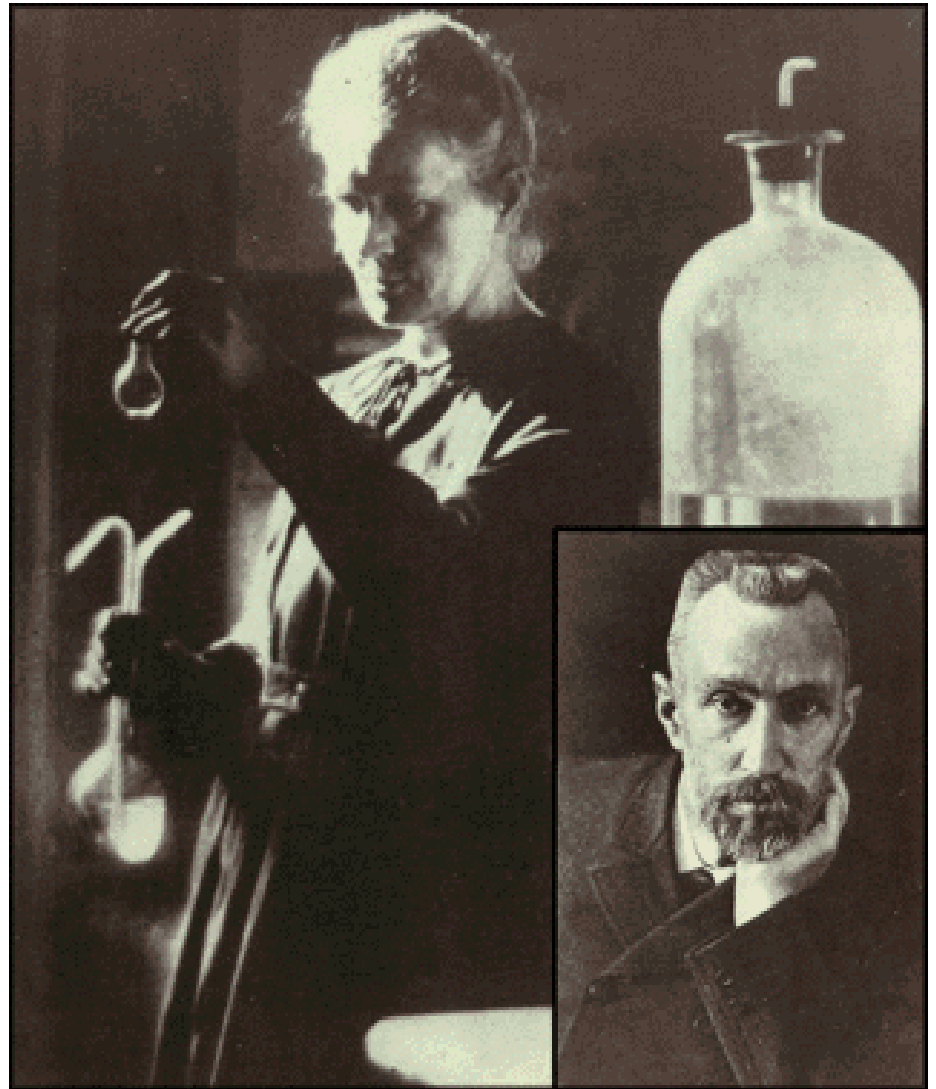
3-Μαρτίου-1896: Ο Η. Becquerel παρουσιάζει το φαινόμενο της ραδιενέργειας σαν την αυθόρμητη εκπομπή ακτινοβολία από μεταλλεύματα Ουρανίου

Ο Becquerel εξέθεσε επί 4 ώρες ένα φωτοστεγανό φωτογραφικό φιλμ σε ραδιενεργό μετάλλευμα (ορυκτό ουρανίτη). Ο Becquerel ονόμασε αυτή την αόρατη ακτινοβολία η οποία εμαύρισε το φιλμ «ραδιενέργεια».

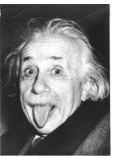
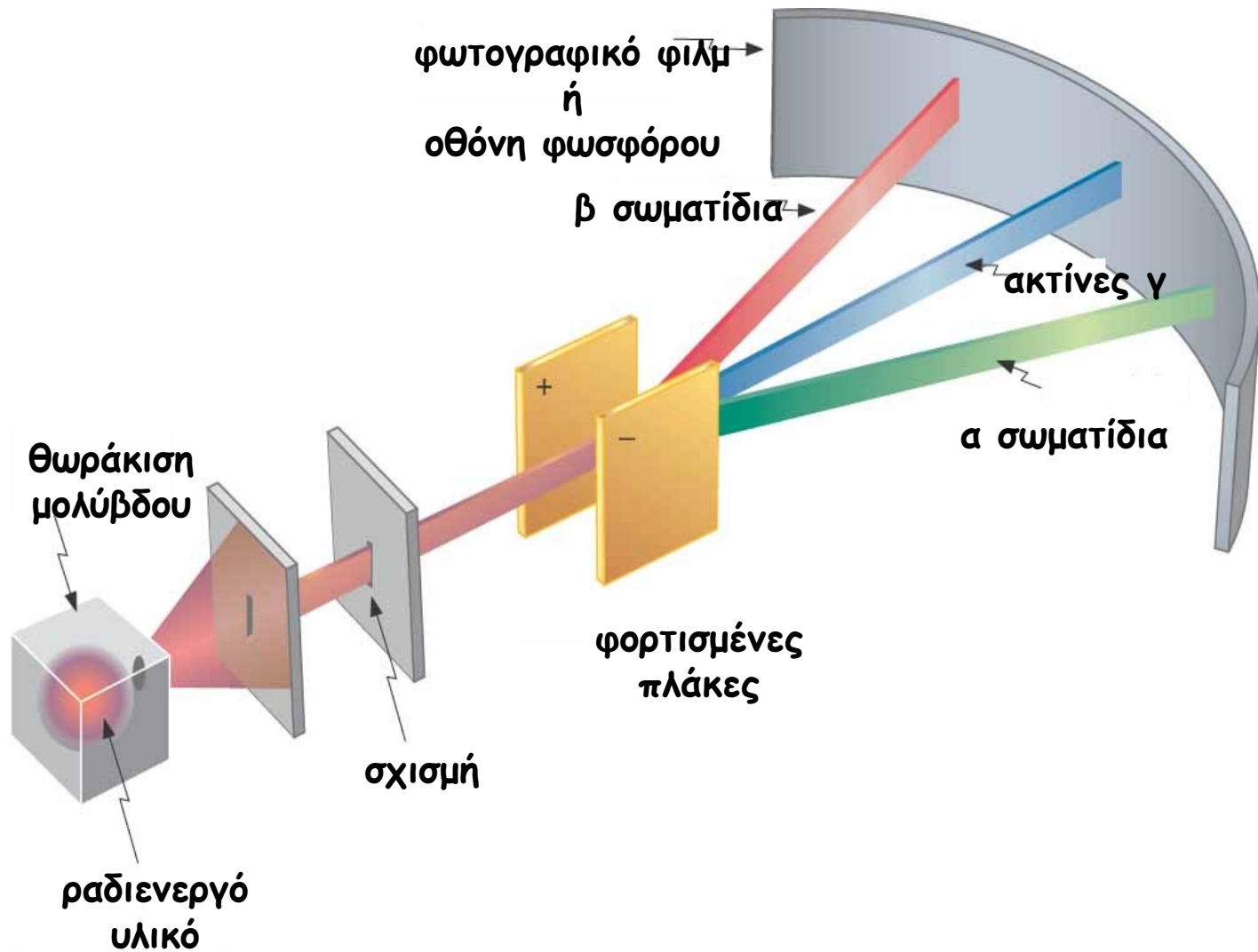


1898 -Ιούλιος: το ζεύγος M. and P. Curie μελετούν το φαινόμενο της ραδιενέργειας - ανακάλυψη του ραδίου.

Τον ίδιο χρόνο ο H. Becquerel παρατηρεί "κάψιμο" στο δέρμα του από πηγή ραδίου που του έδωσε το ζεύγος Curie



Συμπεριφορά τριών τύπων ραδιενεργής εκπομπής μέσα σε ένα ηλεκτρικό πεδίο

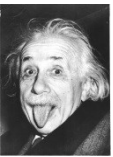


ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ

Φυσικώς Ραδιενεργά Νουκλίδια: είναι όλα τα ισότοπα που υπάρχουν στην Φύση και εκπέμπουν ακτινοβολίες από τον πυρήνα τους

Ραδιενέργεια (ή ραδιενεργός διάσπαση): Ιδιότητα ορισμένων πυρήνων να μεταπίπτουν σε κατάσταση χαμηλότερης ενέργειας αυτόματα, με την ταυτόχρονη εκπομπή σωματιδιακής ή και ηλεκτρομαγνητικής - Η/Μ ακτινοβολίας

Μεταστοιχείωση: Αν ο πυρήνας που προκύπτει από μια ραδιενεργό διάσπαση (θυγατρικός) είναι διαφορετικός (διαφορετικό Z) από τον αρχικό πυρήνα (λέγεται πατρικός ή μητρικός) τότε το φαινόμενο της ραδιενέργειας συνοδεύεται από μεταστοιχείωση.



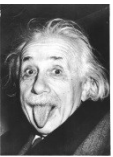
ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ

Σταθερά Διασπάσεως λ :

Ο ρυθμός μεταπτώσεως από μια ενεργειακή κατάσταση του ραδιενεργού πυρήνα σε άλλη. Ο ρυθμός είναι σταθερός για τον συγκεκριμένο πυρήνα και δεν μεταβάλλεται με κανένα φυσικό ή χημικό τρόπο

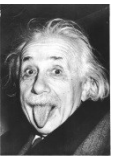
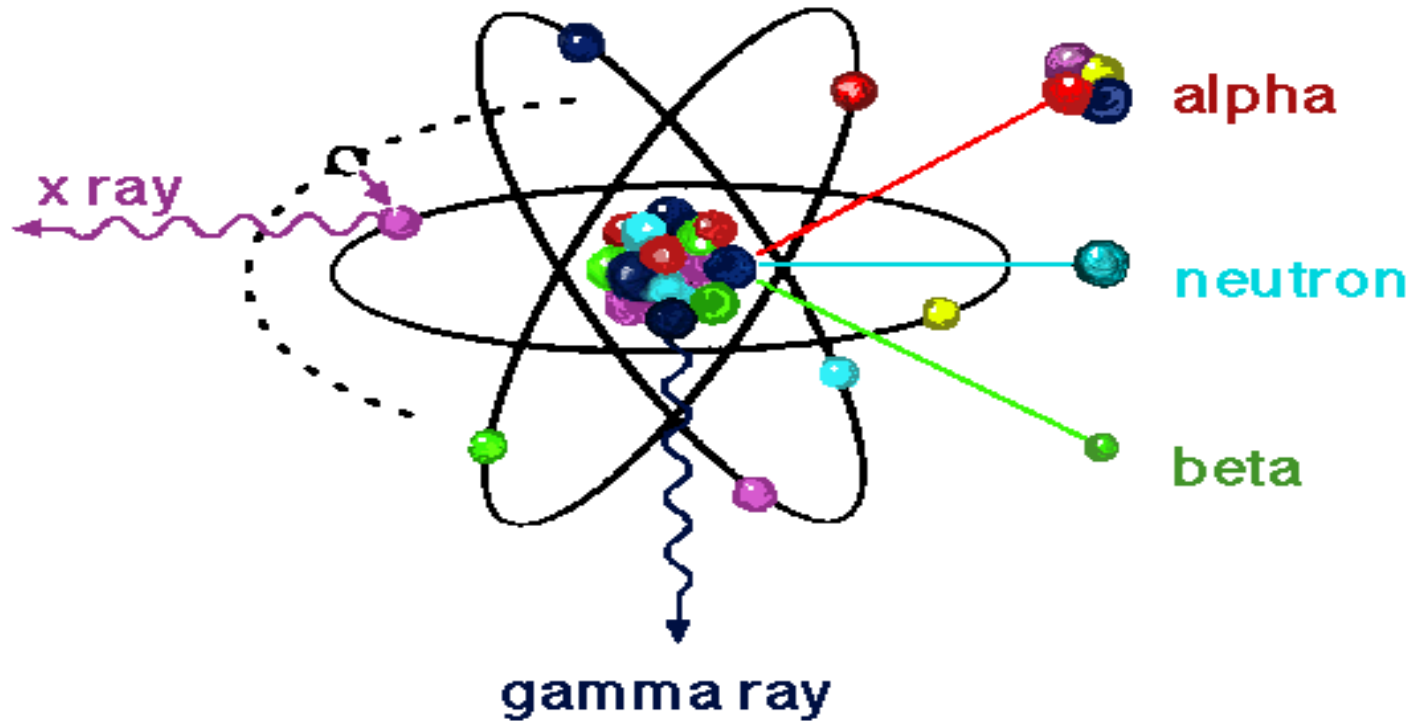
Νόμοι των ραδιενεργών διασπάσεων: Σε μια ραδιενεργή διάσπαση διατηρούνται: E , q , A , spin, ροπή, parity, spin

ραδιενεργές διασπάσεις $Q > 0$ (εξώθερμες),
πυρηνικές αντιδράσεις $Q < 0$ (ενδόθερμες)

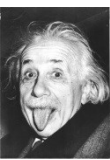


Φύση των ακτινοβολιών που εκπέμπουν οι ραδιενεργοί πυρήνες:

- σωματία α (πυρήνες ${}^4_2\text{He}$)
- σωματία β (ηλεκτρόνια - β⁻ ή e⁻) ή (ποζιτρόνια - β⁺ ή e⁺)
- Η/Μ ακτινοβολία γ (φωτόνια)
- εκπομπή νετρονίων
- ακτινοβολία Χ (εξωπυρηνική)

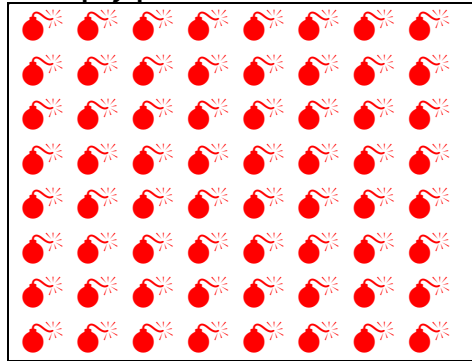


Ραδιονουκλίδιο	Σύμβολο	Τύποι ακτινοβολίας και Εύρος Ενεργειών (MeV)	Χρόνος Ημιζωής	Εφαρμογές
Aluminum-28	²⁸ Al		2.2 min	
Americium-241	²⁴¹ Am	α (5.3 - 5.5), γ (0.03 - 0.37)	458 έτη	βιομηχανία
241 Americium/Beryllium	²⁴¹ Am/Be	n (4 με 5), γ		
Barium-137m	^{137m} Ba	γ (0.662)		διάγνωση
Caesium-137	¹³⁷ Cs	β (0.51)	28 έτη	θεραπεία / βιομηχανία
Carbon-11	¹¹ C	β+	20 min	ιατρική
Carbon-14	¹⁴ C	β	5730 έτη	
Chromium	⁵¹ Cr	γ	28 ημέρες	ιατρική
Cobalt-60	⁶⁰ Co	β (0.314 μέγιστο), γ (1.17 και 1.30)	5.25 έτη	θεραπεία / βιομηχανία
Gold-198	¹⁹⁸ Au	β, γ (0.412)	2.7 ημέρες	θεραπεία
Hydrogen-3	³ H	β (0.018 μέγιστο)	12.3 έτη	βιομηχανία
Iodine-125	¹²⁵ I	Χ (0.028), γ (0.035)	60.1 ημέρες	διάγνωση
Iodine-131	¹³¹ I	β (0.61 μέγιστο), γ (0.08 - 0.7)	8.1 ημέρες	διάγνωση / θεραπεία
Iridium-192	¹⁹² Ir	β (0.67 μέγιστο), γ (0.2 - 1.4)	74 ημέρες	θεραπεία / βιομηχανία
Iron	⁵⁹ Fe	β, γ	46 ημέρες	ιατρική
Manganese-54	⁵⁴ Mn		313 ημέρες	
Nitrogen-16	¹⁶ N		7.1 sec	
Oxygen-15	¹⁵ O	β+	2 min	ιατρική
Phosphorus-32	³² P	β (1.71 μέγιστο)	14.3 ημέρες	θεραπεία
Phosphorus-33	³³ P		25.3 ημέρες	
Potassium	⁴⁰ K	β, γ	1.3E9 έτη	
Potassium-42	⁴² K	β, γ	12 ώρες	ιατρική
Promethium-147	¹⁴⁷ Pm	β (0.23)	2.7 έτη	βιομηχανία
Radium-226	²²⁶ Ra	α (4.59 - 6.0), β (0.67 - 3.26), γ (0.2 - 2.4)	1620 έτη	θεραπεία / βιομηχανία
Sodium-24	²⁴ Na	β, γ	15 ώρες	
Strontium-85	⁸⁵ Sr	γ	64 ημέρες	ιατρική
Strontium-90/(Yttrium-90)	⁸⁵ Sr/ ⁹⁰ Y	β (2.27), β (2.25)	28 έτη	
Sulphur-35	³⁵ S		87.6 ημέρες	
Technetium-99m	^{99m} Tc	γ (0.14)	6.02 ώρες	διάγνωση
Thalium-204	²⁰⁴ Tl	β (0.77)	3.8 έτη	διάγνωση / βιομηχανία
Thorium-232	²³² Th		1.4E10 έτη	
Thulium-170	¹⁷⁰ Tm		127 ημέρες	βιομηχανία
Ytterbium-169	¹⁶⁹ Yb		32 ημέρες	βιομηχανία
Uranium	²³⁸ U	α, γ	4.5E9 έτη	βιομηχανία

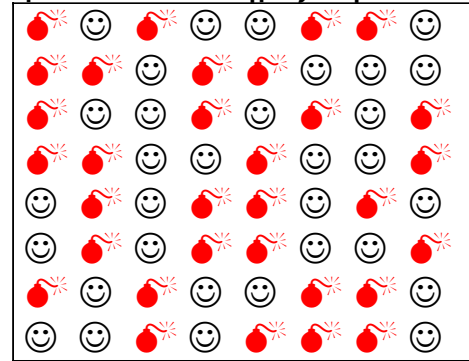


Ραδιενεργός φθορά – χρόνος ημιζωής

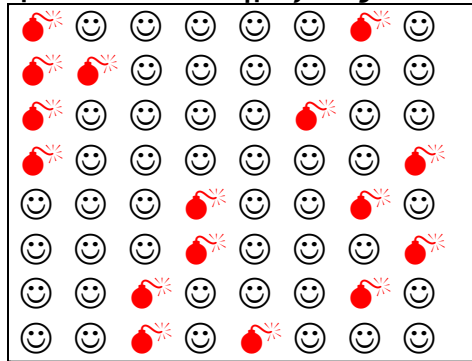
έναρξη



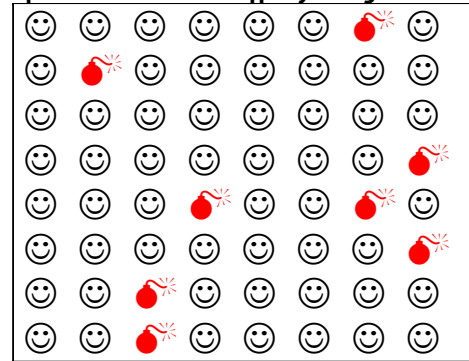
μετά από 1 ημιζωή



μετά από 2 ημιζωές



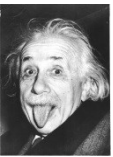
μετά από 3 ημιζωές



μετά από 4 ημιζωές

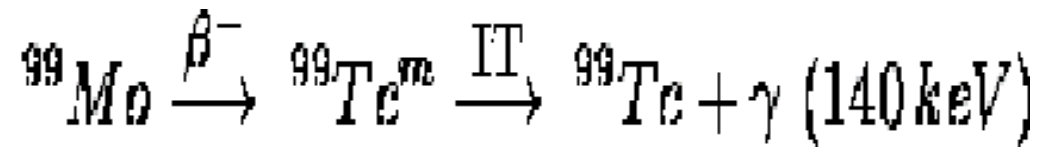
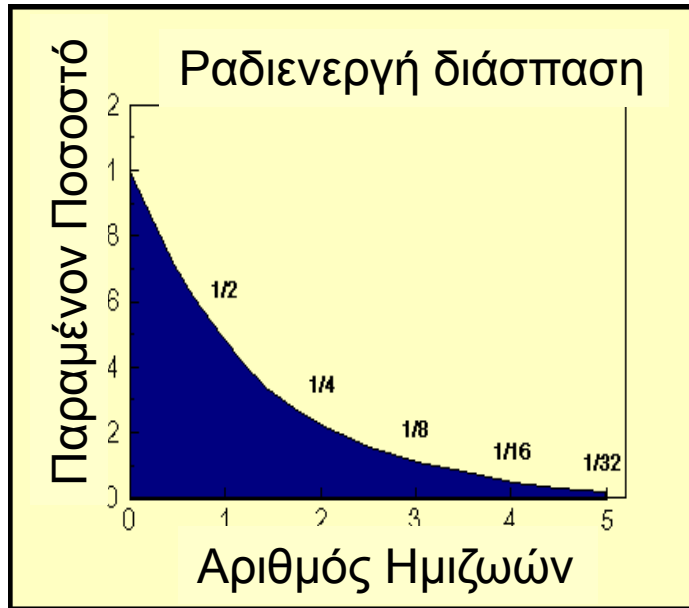


μετά από 5 ημιζωές

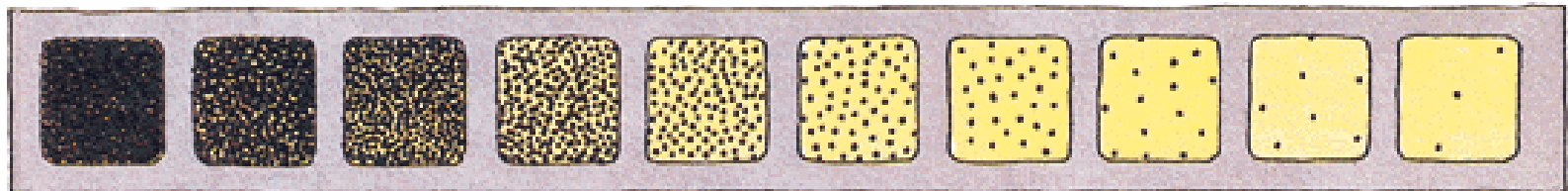


Χρόνος Ημιζωής $T_{1/2}$

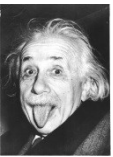
Χαρακτηριστική ιδιότητα των Ραδιοϊσοτόπων = ο χρόνος που απαιτείται ώστε οι μισοί από τους ραδιενεργούς πυρήνες να αποδιεγερθούν σε χαμηλότερη ενεργειακή κατάσταση εκπέμποντας κάποιου είδους ακτινοβολία.



Decay rate of radioactivity: After ten half lives, the level of radiation is reduced to one thousandth

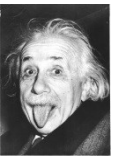


Time: One half life two three four five six seven eight nine



Ρυθμός Ραδιενεργούς Εξασθένησης

- ❑ Είναι πολύ σημαντικό να τονιστεί ότι *δεν μπορούμε να προβλέψουμε πότε ένα συγκεκριμένο σωματίδιο θα εκπέμψει.*
- ❑ Γνωρίζουμε ότι εάν διαθέτουμε μια μεγάλη ποσότητα ραδιενεργής ουσίας, συγκεκριμένος αριθμός ατόμων θα εκπέμψουν μετά από συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.
- ❑ Μερικές ραδιενεργές ουσίες διαθέτουν πολύ υψηλό "ρυθμό εξασθένησης", ενώ άλλες πολύ χαμηλό ρυθμό εξασθένησης.
- ❑ Για να διαφοροποιήσουμε τις διάφορες ραδιενεργές ουσίες, ποσοτικοποιούμε την ιδέα του "ρυθμού εξασθένησης"



Ποσοτική Σχέση Ραδιενέργειας

Ερμηνεία πειραματικών δεδομένων Ραδιενέργειας (παραδοχές E. von Schwedler - 1905)

- Η πιθανότητα να δούμε να διασπάται ένας ραδιενεργός πυρήνας είναι ανάλογη του χρόνου παρατήρησης
- Η πιθανότητα του να διασπασθεί ένας πυρήνας σε κάποιο χρονικό διάστημα Δt είναι ανεξάρτητη από την ιστορία του πυρήνα (τι είχε συμβεί πριν από Δt)

λ : πιθανότητα διασπάσεως ενός πυρήνα στην μονάδα του χρόνου (T^{-1})

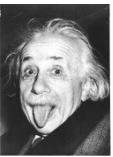
$P = \lambda \cdot \Delta t$ Πιθανότητα διασπάσεως του πυρήνα στο χρονικό διάστημα Δt .

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

N : αδιάσπαστοι πυρήνες μετά από χρόνο t

N_0 : αριθμός αρχικών πυρήνων

λN : αριθμός των πυρήνων που διασπώνται στη μονάδα του χρόνου



Ενεργότητα (Activity): $A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$

Αν $A = A_0 / 2$ (αν μειωθεί η ενεργότητα στο μισό)

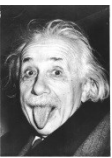
$$A_0/2 = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow 1/2 = e^{-\lambda t} \Rightarrow \lambda t = \ln 2$$

$$\lambda = 0.693/T_{1/2} \text{ αρα}$$

$$T_{1/2} = 0.693 / \lambda \text{ χρόνος υποδιπλασιασμού}$$

Bequerel (Bq) : Μονάδα ενεργότητας στο SI
 1 Bq : μία διάσπαση ανά sec
 1 Curie (Ci) : 3.7×10^{10} διασπάσεις/s (dps)

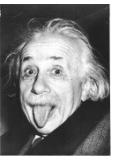
Ειδική Ενεργότης: Ενεργότητα ανά μονάδα μάζας του ραδιενεργού ισοτόπου
 (άσχετα αν ευρίσκεται μαζί με πυρήνες του ίδιου στοιχείου μη ραδιενεργούς)
 Bq/Kg



Χρόνος Ημιζωής

- ✓ Ο “Χρόνος Ημιζωής” ($t_{1/2}$) είναι ο χρόνος ο οποίος απαιτείται ώστε το 50% των ατόμων μιάς ραδιενεργής ουσίας να εξασθενεί (decay).
- ✓ Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι έχουμε 20,000 άτομα μίας ραδιενεργής ουσίας. Εάν ο χρόνος ημιζωής είναι 1 ώρα, πόσα άτομα αυτής της ουσίας θα έχουν παραμείνει ενεργά:

Χρόνος	Αρ. ατόμων παραμένοντα	% παραμένοντα άτομα
1 ώρα (ένας χρόνος ημιζωής) ;	10,000	(50%)
2 ώρες (δύο χρόνοι ημιζωής) ;	5,000	(25%)
3 ώρες (τρεις χρόνοι ημιζωής) ;	2,500	(12.5%)



Νόμος ραδιενεργής διάσπασης και χρόνος ημιζωής

- Χρόνος ημιζωής: Ο χρόνος ο οποίος απαιτείται για να μειωθεί η ποσότητα ενός ιδιαίτερου τύπου ραδιενεργού υλικού στο 50%.
- Παράδειγμα: P-32 ($t_{1/2} = 14$ ημέρες)

Νόμος ραδιενεργού φθοράς:

$$A_{(t)} = A_{(0)} * e^{-\lambda t}$$

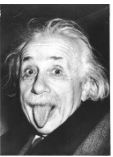
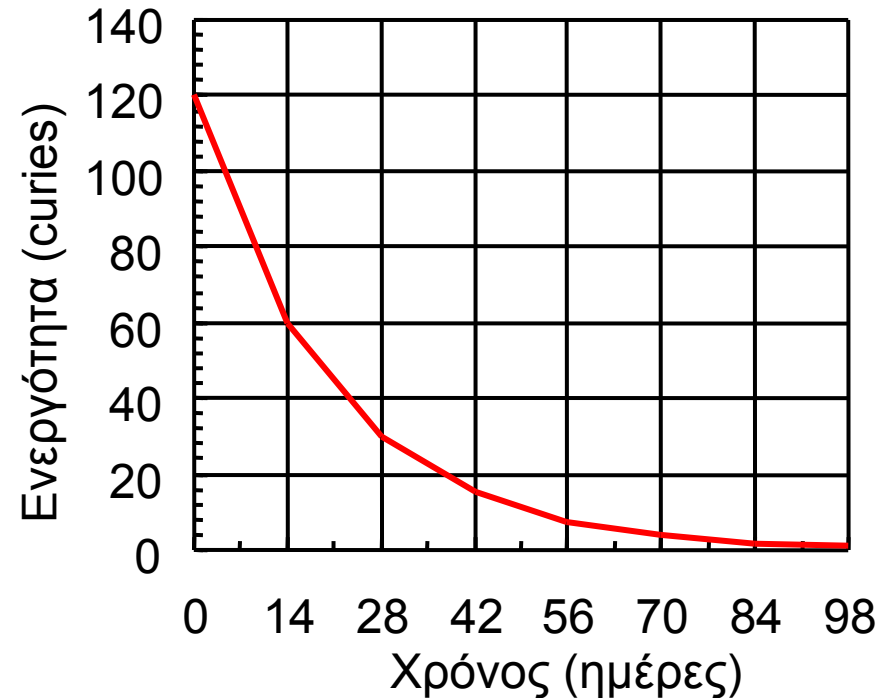
$A_{(0)}$ = Αρχική Ενεργότητα

$A_{(t)}$ = Ενεργότητα μετά από χρόνο "t"

t = Χρόνος ραδιενεργής φθοράς

λ = σταθερά = $0.693 / t_{1/2}$

$t_{1/2}$ = χρόνος ημιζωής



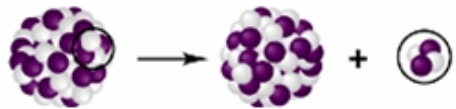
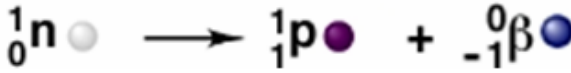
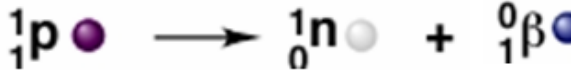

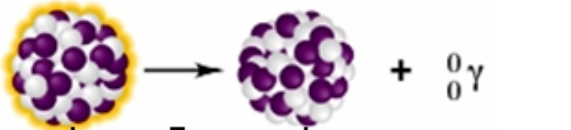
Τρόποι ραδιενεργής διάσπασης*

Τρόπος

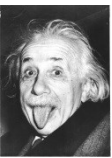
Εκπομπή

Διαδικασία

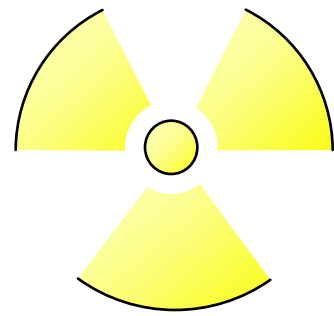
Αλλαγές στα
A Z N

α-διάσπαση	α (${}^4_2\text{He}$)	 <p>μητρικός πυρήνας</p> <p>θυγατρικός πυρήνας</p> <p>α (εκτινάσσεται)</p>	-4	-2	-2
β-διάσπαση	${}^0_{-1}\beta$	 <p>παραμένει στον πυρήνα</p> <p>παραμένει στον πυρήνα</p> <p>β εκτινάσσεται</p>	0	+1	-1
εκπομπή ποζιτρονίου	${}^0_1\beta$	 <p>παραμένει στον πυρήνα</p> <p>παραμένει στον πυρήνα</p> <p>ποζιτρόνιο εκτινάσσεται</p>	0	-1	+1
σύλληψη ηλεκτρονίου	φωτόνιο χ	 <p>απορροφάται από χαμηλής ενέργειας τροχιά</p> <p>παραμένει στον πυρήνα</p> <p>παραμένει στον πυρήνα</p>	0	-1	+1
Εκπομπή γ	${}^0_0\gamma$	 <p>διεγερμένος πυρήνας</p> <p>διεγερμένος πυρήνας</p> <p>εκπομπή γ φωτονίου</p>	0	0	0

* Νετρίνα (ν) συμμετέχουν στις περισσότερες διαδικασίες αλλά δεν δεικνύονται στο σχήμα



Τύποι Ακτινοβολίας

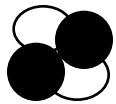


Χαρτί

Πλαστικό

Μόλυβδος

Τσιμέντο



Άλφα



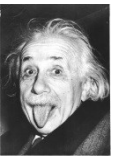
Βήτα



Ακτίνες γ και X



Νετρόνιο



Διαφορές ανάμεσα σε α, β, γ ακτινοβολία

Σωματίδια άλφα

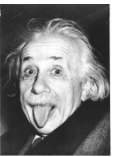
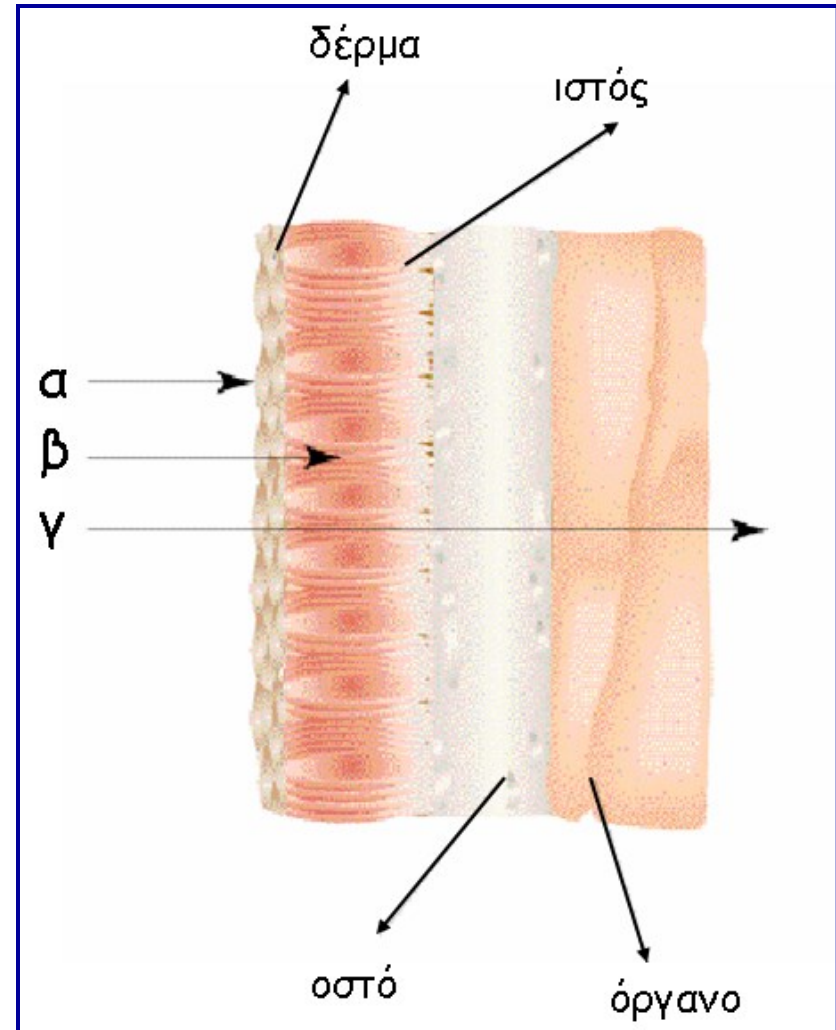
- μικρή διεισδυτικότητα, απορρόφηση από ένα κομμάτι χαρτί
- μεγάλη δυνατότητα ιονισμού
- αποτελεί μόνο εσωτερικό κίνδυνο

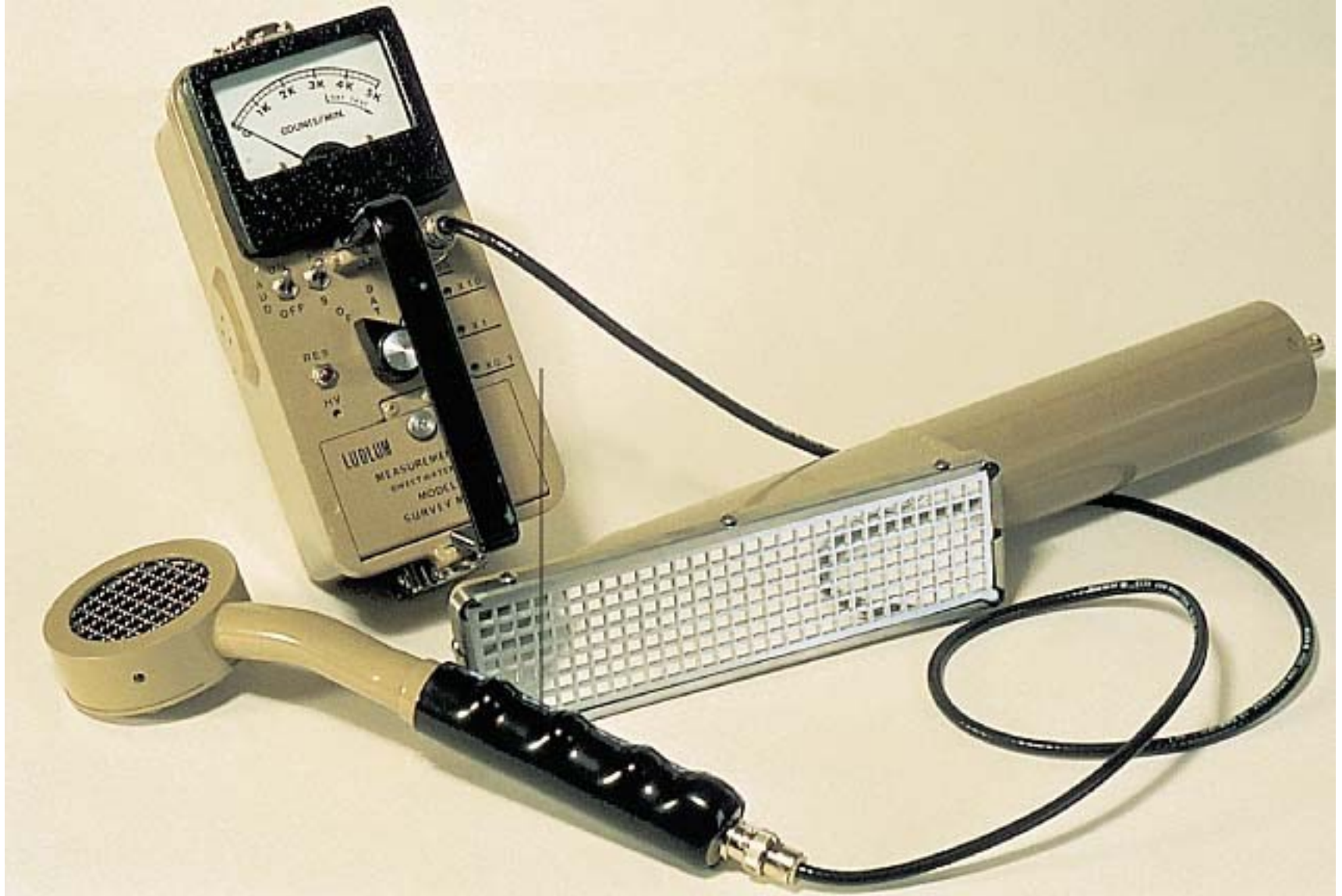
Σωματίδια βήτα

- μέτρια διεισδυτικότητα,
- απορρόφηση από ένα κομμάτι μέταλλο ή ένα βιβλίο
- μέτρια δυνατότητα ιονισμού
- αποτελεί εσωτερικό κίνδυνο και είναι επικίνδυνη για το δέρμα και τους οφθαλμούς

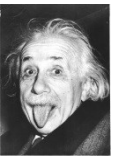
Ακτίνες γαμμα

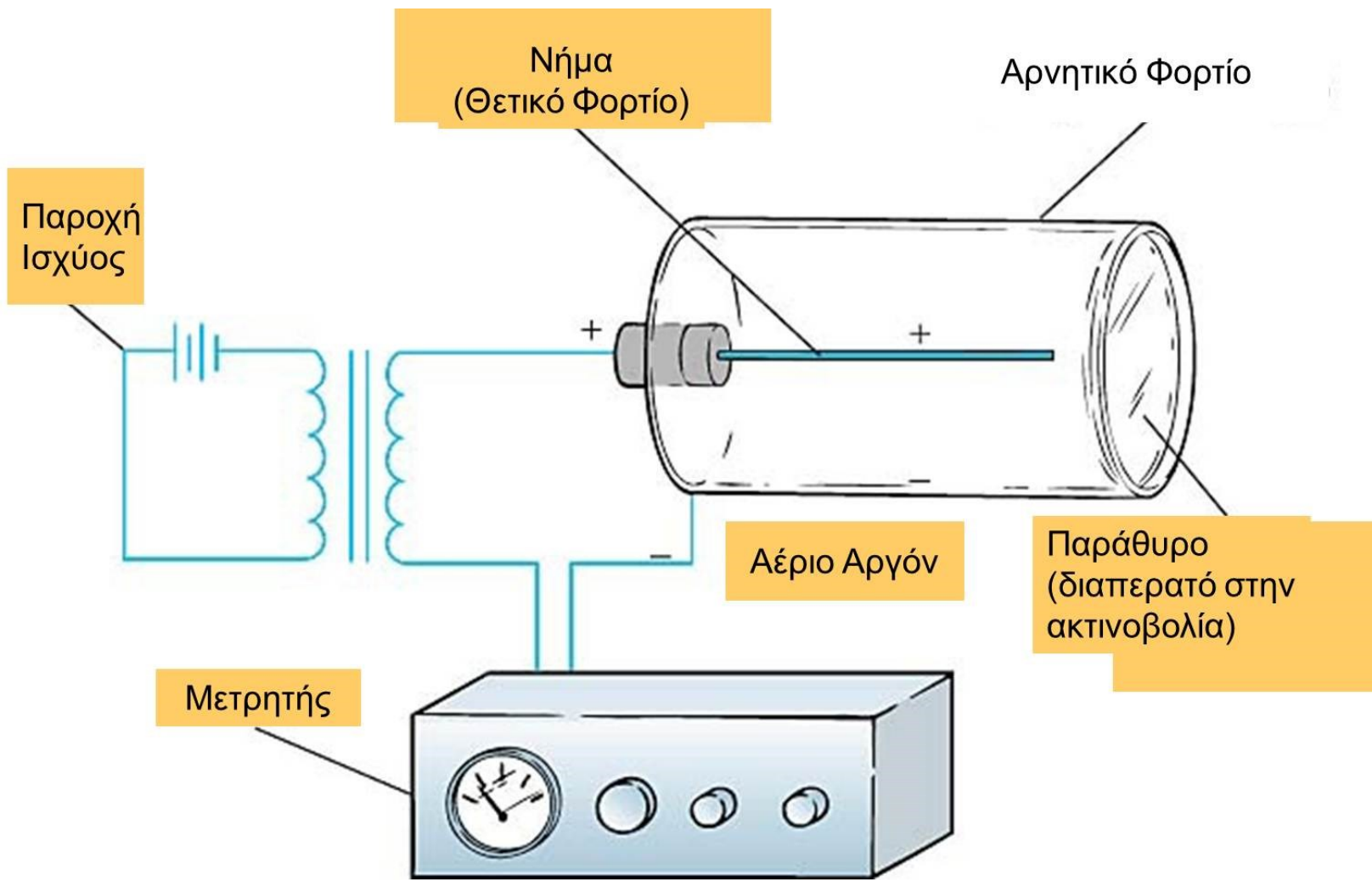
- υψηλή διεισδυτικότητα, απορρόφηση από αρκετά cm μολύβδου
- μικρή δυνατότητα ιονισμού



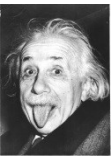


- Μετρητής ακτίνων γ και ηλεκτρονίων, σε millirems ανά μονάδα χρόνου.



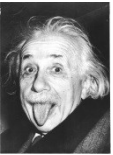


★ Τα διάφορα μέρη ενός μετρητή Geiger



Πυρηνική Ακτινοβολία

- Υπάρχουν περισσότερα από 300 φυσικά ισότοπα
 - από αυτά τα 264 είναι σταθερά (ο πυρήνας αυτών των ισωτόπων δεν είναι ραδιενεργός – άρα δεν εκπέμπει ακτινοβολία). Τα υπόλοιπα 36 είναι ραδιενεργά.
 - μεταξύ των ελαφρότερων στοιχείων, τα σταθερά ισότοπα έχουν προσεγγιστικά τον ίδιο αριθμό πρωτονίων και νετρονίων. Αυτή είναι η περίπτωση του άνθρακα $^{12}_6\text{C}$, οξυγόνου $^{16}_8\text{O}$, και Νέου $^{20}_{10}\text{Ne}$
 - μεταξύ των βαρύτερων στοιχείων, η σταθερότητα απαιτεί περισσότερα νετρόνια από ότι πρωτόνια: για παράδειγμα, το περισσότερο σταθερό ισότοπο μολύβδου είναι ο μολύβδος-206, $^{206}_{82}\text{Pb}$
 - περισσότερα από 2000 τεχνητά ισότοπα έχουν παρασκευαστεί στο εργαστήριο: όλα είναι ραδιενεργά

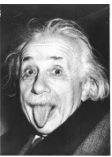


Ραδιενεργές Μεταπτώσεις Ουρανίου 238

Από που προέρχονται όλα αυτά τα σωματίδια ?

- ☐ Αυτά τα σωματίδια γενικά προέρχονται από πυρήνες ισοτόπων οι οποίοι δεν είναι σταθεροί.
- ☐ Η αλυσίδα μετάπτωσης του Ουρανίου παράγει όλους αυτούς τους τύπους ακτινοβολίας.

τύπος ακτινοβολίας	νουκλίδιο	χρόνος ημιζωής
α	Ουράνιο-238	$4,5 \times 10^9$ έτη
β	Θόριο-234	24,5 ημέρες
β	Πρωτακτίνιο-234	1,14 λεπτά
α	Ουράνιο-234	$2,33 \times 10^5$ έτη
α	Θόριο-230	$8,3 \times 10^4$ έτη
α	Ράδιο-226	1590 έτη
α	Ραδόνιο-222	3.825 ημέρες
α	Πολώνιο-218	3,05 λεπτά
β	Μόλυβδος-214	26,8 λεπτά
β	Βισμούθιο-214	19,7 λεπτά
α	Πολώνιο-214	$1,5 \times 10^{-4}$ δευτ/τα
β	Μόλυβδος-210	22 έτη
β	Βισμούθιο-210	5 ημέρες
α	Πολώνιο-210	140 ημέρες
	Μόλυβδος-206	σταθερό



ΠΕΡΙΟΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Dimitri Mendeleev (1869)

IA																	VIII					
1 1.01 H Hydrogen 1s ¹																	2 4.00 He Helium 1s ²					
IIA																IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA		
3 6.94 Li Lithium 2s ¹	4 9.01 Be Beryllium 2s ²															5 10.8 B Boron 2p ¹	6 12.0 C Carbon 2p ²	7 14.0 N Nitrogen 2p ³	8 16.0 O Oxygen 2p ⁴	9 19.0 F Fluorine 2p ⁵	10 20.2 Ne Neon 2p ⁶	
IIIB		IVB		VB		VIB		VIIB		VIII B			IB		IIB		13 27.0 Al Aluminum 3p ¹	14 28.1 Si Silicon 3p ²	15 31.0 P Phosphorous 3p ³	16 32.1 S Sulfur 3p ⁴	17 35.5 Cl Chlorine 3p ⁵	18 40.0 Ar Argon 3p ⁶
11 23.0 Na Sodium 3s ¹	12 24.3 Mg Magnesium 3s ²	19 39.1 K Potassium 4s ¹	20 40.1 Ca Calcium 4s ²	21 45.0 Sc Scandium 3d ¹ 4s ²	22 47.9 Ti Titanium 3d ² 4s ²	23 50.9 V Vanadium 3d ³ 4s ²	24 52.0 Cr Chromium 3d ⁵ 4s ¹	25 54.9 Mn Manganese 3d ⁵ 4s ²	26 55.9 Fe Iron 3d ⁶ 4s ²	27 58.9 Co Cobalt 3d ⁷ 4s ²	28 58.7 Ni Nickel 3d ⁸ 4s ²	29 63.5 Cu Copper 3d ¹⁰ 4s ¹	30 65.4 Zn Zinc 3d ¹⁰ 4s ²	31 69.7 Ga Gallium 4p ¹	32 72.6 Ge Germanium 4p ²	33 74.9 As Arsenic 4p ³	34 79.0 Se Selenium 4p ⁴	35 79.9 Br Bromine 4p ⁵	36 83.8 Kr Krypton 4p ⁶			
37 85.5 Rb Rubidium 5s ¹	38 87.6 Sr Strontium 5s ²	39 88.9 Y Yttrium 4d ¹ 5s ²	40 91.2 Zr Zirconium 4d ² 5s ²	41 92.9 Nb Niobium 4d ⁴ 5s ¹	42 95.9 Mo Molybdenum 4d ⁵ 5s ¹	43 98 Tc Technetium 4d ⁵ 5s ²	44 101 Ru Ruthenium 4d ⁷ 5s ¹	45 103 Rh Rhodium 4d ⁸ 5s ¹	46 106 Pd Palladium 4d ¹⁰	47 108 Ag Silver 4d ¹⁰ 5s ¹	48 112 Cd Cadmium 4d ¹⁰ 5s ²	49 115 In Indium 5p ¹	50 119 Sn Tin 5p ²	51 122 Sb Antimony 5p ³	52 128 Te Tellurium 5p ⁴	53 127 I Iodine 5p ⁵	54 131 Xe Xenon 5p ⁶					
55 133 Cs Cesium 6s ¹	56 137 Ba Barium 6s ²	57 139 La* Lanthanum 5d ¹ 6s ²	72 178 Hf Hafnium 5d ² 6s ²	73 181 Ta Tantalum 5d ³ 6s ²	74 184 W Tungsten 5d ⁴ 6s ²	75 186 Re Rhenium 5d ⁵ 6s ²	76 190 Os Osmium 5d ⁶ 6s ²	77 192 Ir Iridium 5d ⁷ 6s ²	78 195 Pt Platinum 5d ⁹ 6s ¹	79 197 Au Gold 5d ¹⁰ 6s ¹	80 201 Hg Mercury 5d ¹⁰ 6s ²	81 204 Tl Thallium 6p ¹	82 207 Pb Lead 6p ²	83 209 Bi Bismuth 6p ³	84 209 Po Polonium 6p ⁴	85 210 At Astatine 6p ⁵	86 222 Rn Radon 6p ⁶					
87 223 Fr Francium 7s ¹	88 226 Ra Radium 7s ²	89 227 Ac** Actinium 6d ¹ 7s ²																				

Explanation

11	←	23.0	←	Atomic weight
Na				Atomic number (i. e. # of protons)
Sodium				
3s ¹	←			Outer shell electron configuration

Alkaline metals Alkaline-earth metals

Coinage metals

Elemental semiconductors

Halogens Noble gases

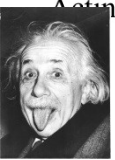
← Metals Non-metals →

Lanthanides*

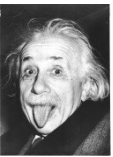
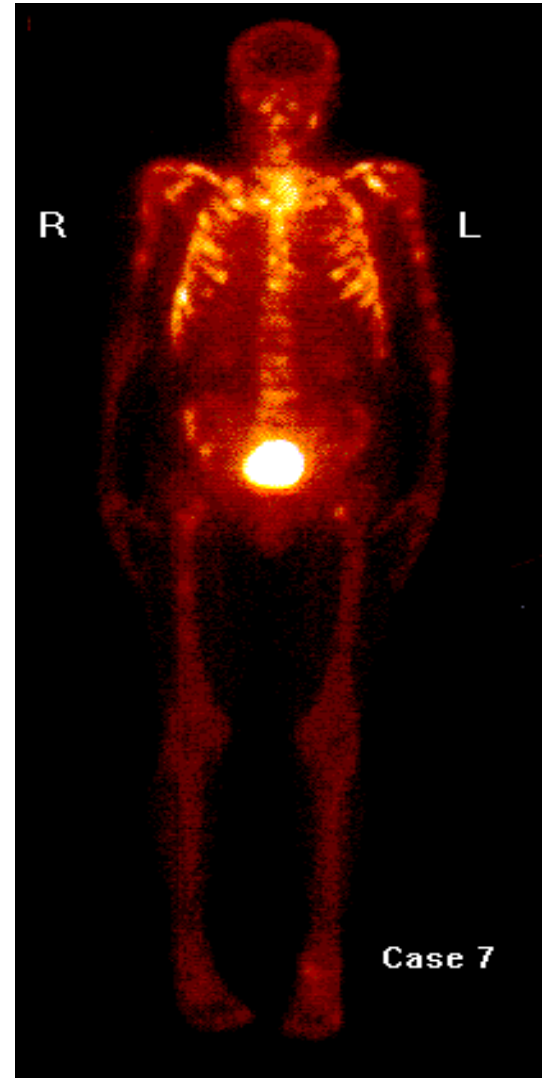
Actinides**

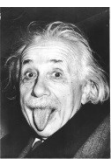
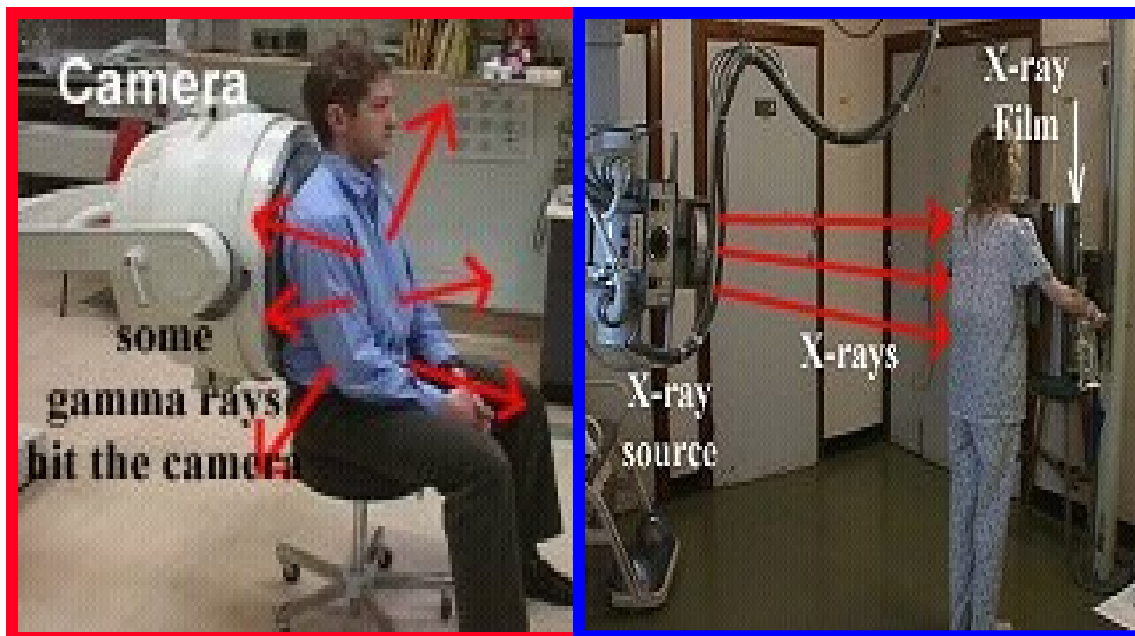
58 140 Ce Cerium 4f ¹ 5d ¹ 6s ²	59 141 Pr Praseodymium 4f ³ 6s ²	60 144 Nd Neodymium 4f ⁴ 6s ²	61 145 Pm Promethium 4f ⁵ 6s ²	62 150 Sm Samarium 4f ⁶ 6s ²	63 152 Eu Europium 4f ⁷ 6s ²	64 157 Gd Gadolinium 4f ⁷ 5d ¹ 6s ²	65 159 Tb Terbium 4f ⁹ 6s ²	66 163 Dy Dysprosium 4f ¹⁰ 6s ²	67 157 Ho Holmium 4f ¹¹ 6s ²	68 167 Er Erbium 4f ¹² 6s ²	69 169 Tm Thulium 4f ¹³ 6s ²	70 173 Yb Ytterbium 4f ¹⁴ 6s ²	71 175 Lu Lutetium 5d ¹ 6s ²
90 232 Th Thorium 6d ² 7s ²	91 231 Pa Protactinium 5f ¹ 6d ¹ 7s ²	92 238 U Uranium 5f ³ 6d ¹ 7s ²	93 237 Np Neptunium 5f ⁴ 6d ¹ 7s ²	94 244 Pu Plutonium 5f ⁶ 7s ²	95 243 Am Americium 5f ⁷ 7s ²	96 247 Cm Curium 5f ⁷ 6d ¹ 7s ²	97 247 Bk Berkelium 5f ⁹ 7s ²	98 251 Cf Californium 5f ¹⁰ 7s ²	99 252 Es Einsteinium 5f ¹¹ 7s ²	100 257 Fm Fermium 5f ¹¹ 7s ²	101 258 Md Mendelevium 5f ¹¹ 7s ²	102 259 No Nobelium 5f ¹¹ 7s ²	103 260 Lr Lawrencium 6d ¹ 7s ²

Rare-earth elements



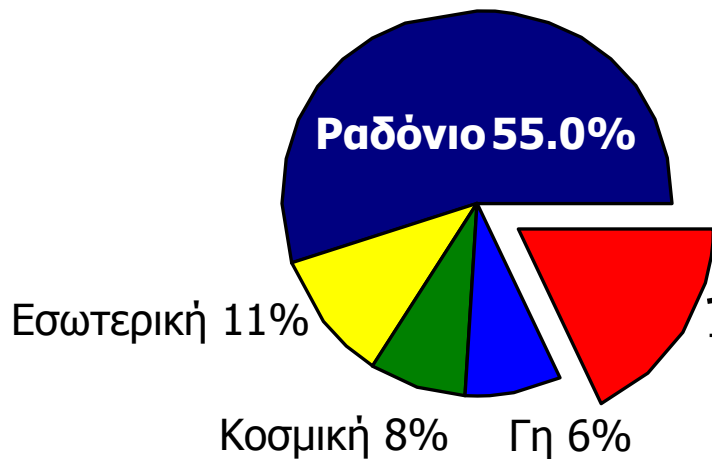
Πυρηνική Ιατρική



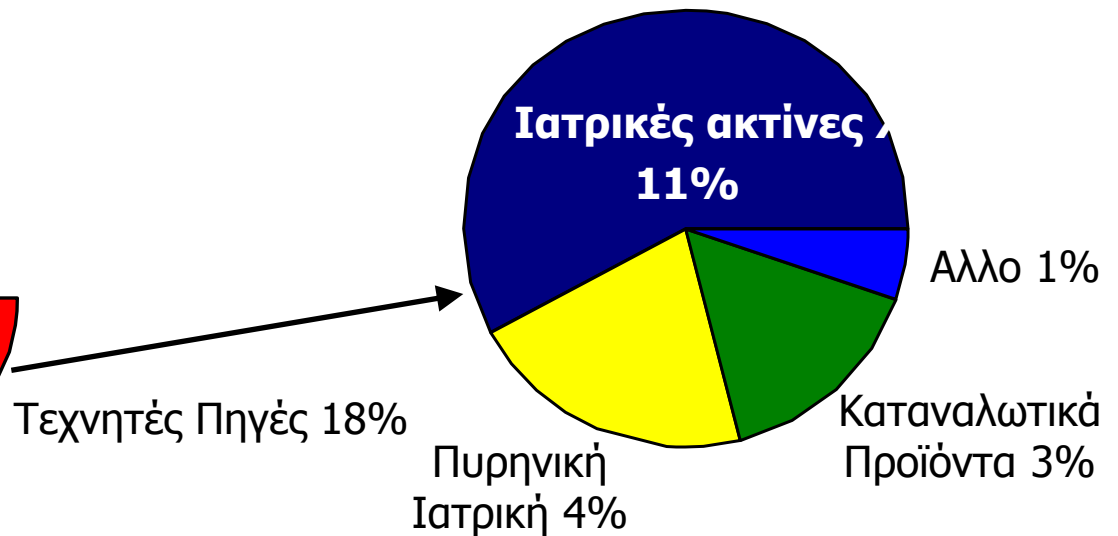


Ετήσια Δόση από την Ακτινοβολία Περιβάλλοντος

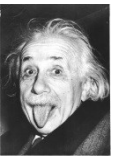
Συνολική Έκθεση



Τεχνητές Πηγές

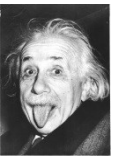


Συνολική Μέση Ισοδύναμη Δόση στις Η.Π.Α. = 360 mrem/έτος

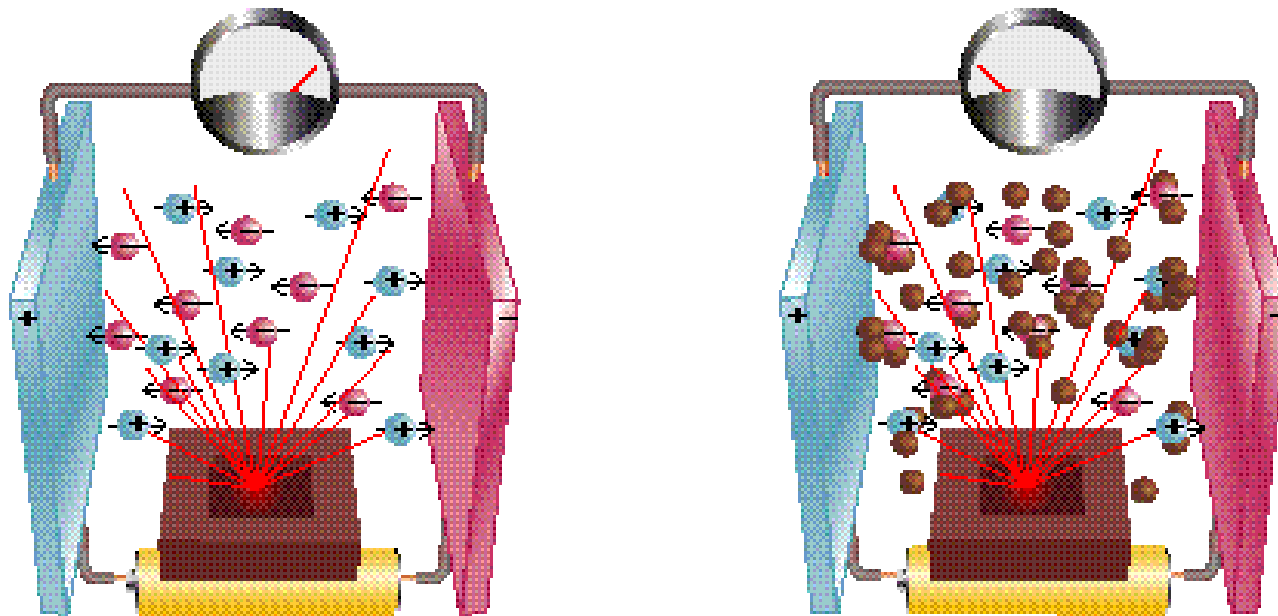


Καταναλωτικά Προϊόντα

- Καπνός (Po-210)
- Ανιχνευτές Καπνού (Am-241)
- Συσκευές ηλεκτροσυγκολλήσεως (Th-222)
- Τηλεόραση (χαμηλής ενέργειας ακτίνες - X)
- Ρολόγια ή άλλα φωσφορίζοντα προϊόντα (τρίτιο ή ράδιο)
- Καλλύματα συσκευών αερίων
- Φωσφορίζοντα Γιορτινά Στολίδια (Ur-235)
- Κοσμήματα

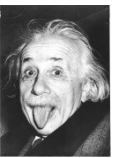


Ανιχνευτές καπνού



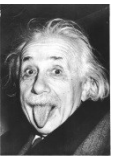
Σωματίδια άλφα προερχόμενα από americium-241 (κόκκινες γραμμές) ιονίζουν τα μόρια του αέρα (μπλε και ροζ σφαίρες).

Τα ιόντα μεταφέρουν ένα ασθενές ρεύμα ανάμεσα από τα δύο ηλεκτρόδια. Τα σωματίδια καπνού (καφέ σφαίρες) προσδένονται στα ιόντα μειώνοντας την ροή του ρεύματος και ενεργοποιούν τον συναγερμό.

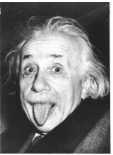


Χρονολόγηση με Ανθρακα-14:

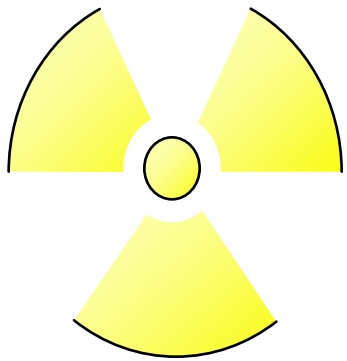
- Όλοι οι ζώντες οργανισμοί περιέχουν μια συγκεκριμένη ποσότητα ραδιοϊσοτόπου Άνθρακα-14 (^{14}C)
- Όταν τα φυτά, οι άνθρωποι και τα ζώα πεθαίνουν, η ποσότητα ^{14}C αρχίζει να μειώνεται διότι η ραδιενεργή φθορά του ^{14}C δεν αντικαθίσταται πλέον με νέα ποσότητα ^{14}C (λαμβάνομενη π.χ. από την τροφή).
- Ο ^{14}C έχει χρόνο ημιζωής 5700 έτη.
- Οι επιστήμονες μπορούν να υπολογίσουν την ηλικία αρχαίων οργανικών ουσιών, π.χ. οστά, συγκρίνοντας την παραμένουσα ποσότητα ^{14}C με την ποσότητα ^{14}C σε ζωντανούς οργανισμούς και χρησιμοποιώντας τον χρόνο ημιζωής.



Μέθοδοι και Όργανα Δοσιμετρίας

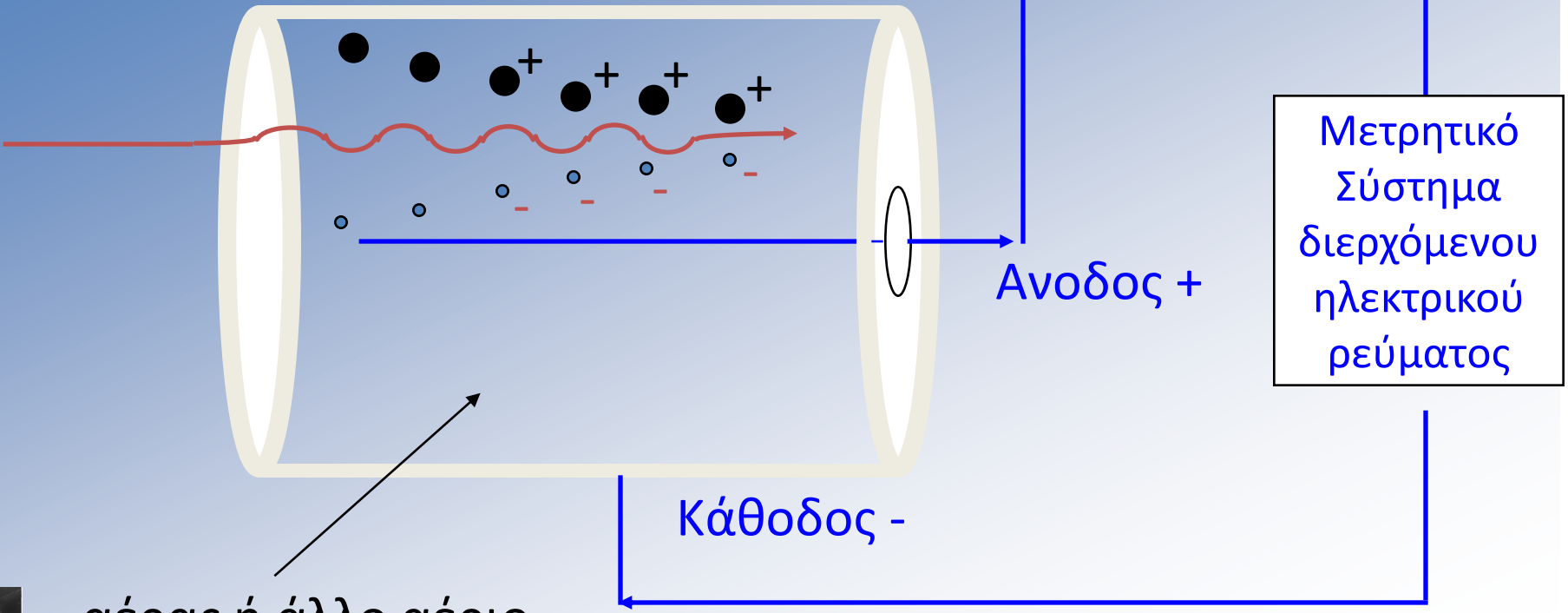


Ανίχνευση Ακτινοβολίας Ανιχνευτές Ιονισμού Αερίου

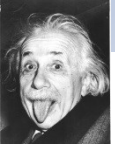


Πηγή δυναμικού

Προσπίπτουσα Ιοντίζουσα Ακτινοβολία



αέρας ή άλλο αέριο



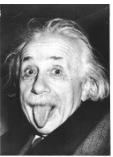
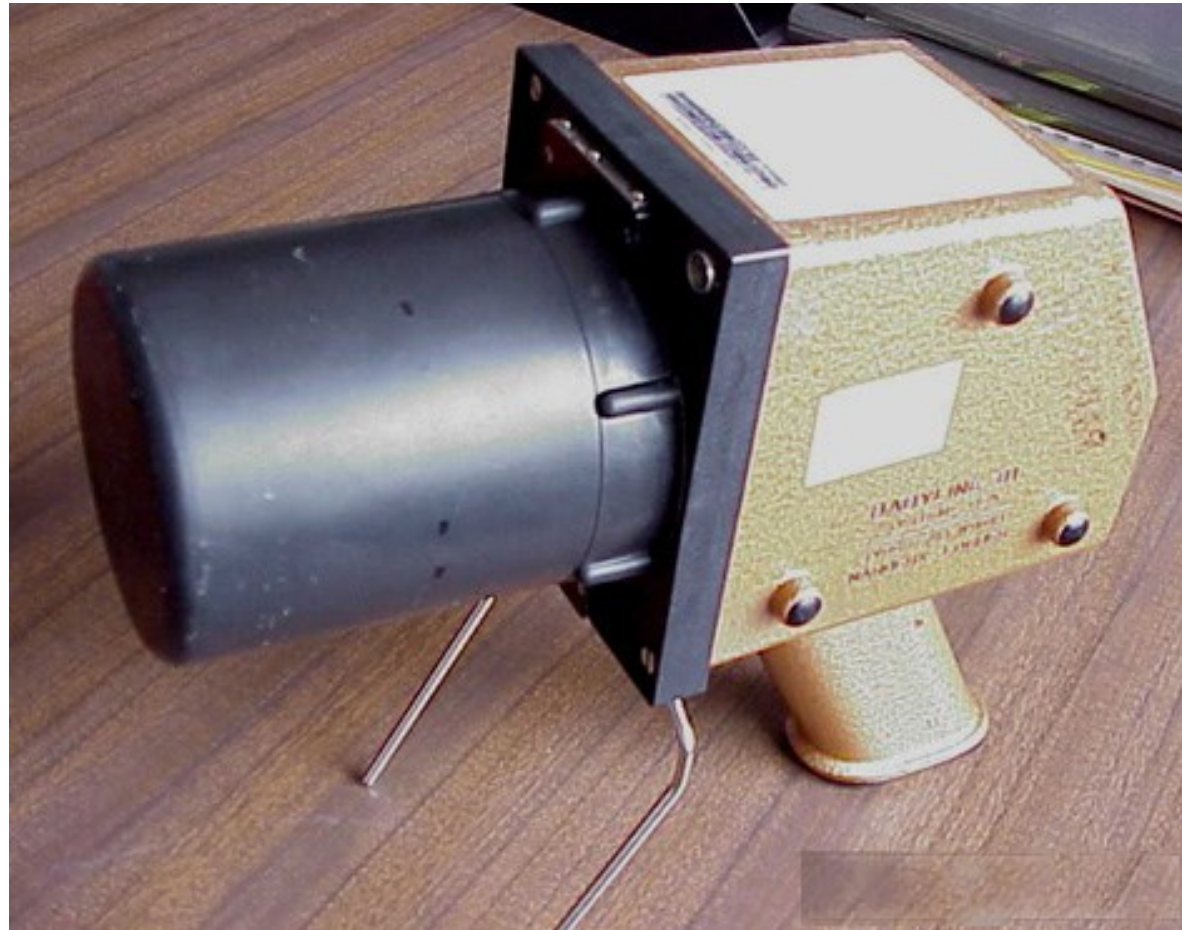
Μετρητής Geiger-Muller

Οι μετρητές Geiger-Muller δεν μετρούν ενέργεια των ιοντιζόντων σωματιδίων αλλά ανιχνεύουν την παρουσία τους διότι ο τελικός παλμός είναι ανεξάρτητος του αριθμού των πρωτογενών ιόντων

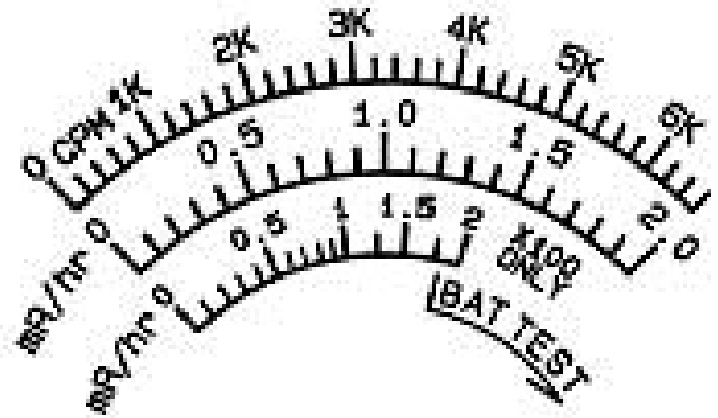
Ο παλμός εξόδου εξαρτάται σχεδόν αποκλειστικά από το χρόνο συλλογής των θετικών ιόντων.

Η ευαισθησία των G-M είναι περίπου 1% για τις ακτίνες X και γ.

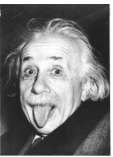
Χρόνος ζωής: 10^{10} ανιχν.



Μετρητές ελέγχου (survey instrument)



202-608



Δοσιμετρία με φιλμ

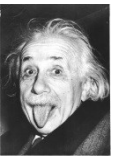
Τα ακτινογραφικού τύπου φιλμ αποτελούνται από μια λεπτή πολυστερική βάση η οποία φέρει και στις 2 όψεις της επάλειψη από μικροσκοπικούς κόκκους βρωμιούχου αργύρου (AgBr) κατανεμημένους σε ζελατίνα. Όταν το φιλμ ακτινοβοληθεί με φωτόνια X ή ηλεκτρόνια, τα ιόντα που παράγονται μέσα ή κοντά στους κόκκους μετατρέπουν τα ιόντα Ag^+ του AgBr σε Ag.

Ο βαθμός απορροφήσεως του φιλμ προσδιορίζεται από τον βαθμό απορροφήσεως που προκαλεί στην ένταση λεπτής φωτεινής δέσμης του **οπτικού πυκνομέτρου**. Ο βαθμός αμαυρώσεως που μετράται με αυτόν τον τρόπο είναι γνωστός ως **οπτική αδιαφάνεια**.

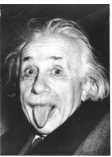
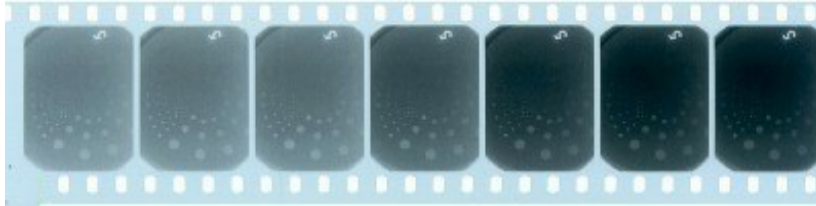
Η οπτική πυκνότητα, OD δίδεται από τη σχέση:

$$OD = \log_{10} \left(\frac{B_0}{B} \right)$$

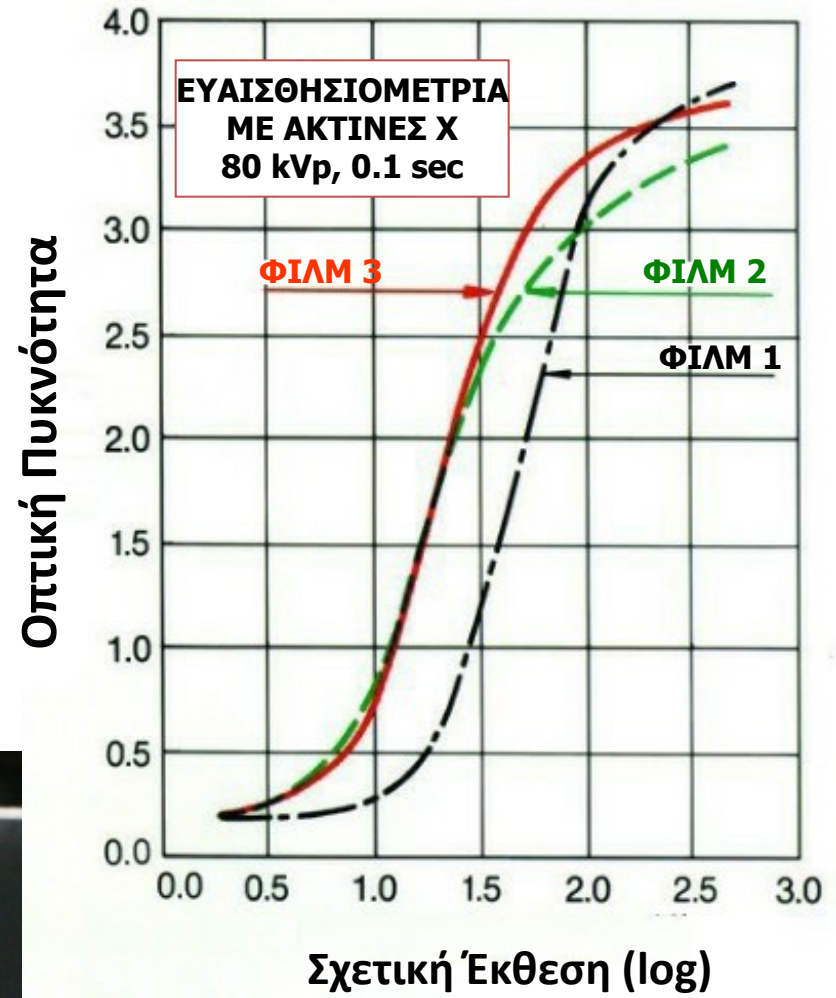
Η μέθοδος παρουσιάζει ορισμένα μειονεκτήματα όπως ότι υπάρχουν μικροδιαφορές στην επάλειψη και η διαδικασία της εμφάνισης παρουσιάζει ευαισθησία στη θερμοκρασία και ότι η απόκριση των φιλμ εξαρτάται από την ενέργεια των φωτονίων

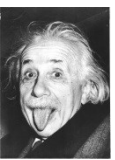
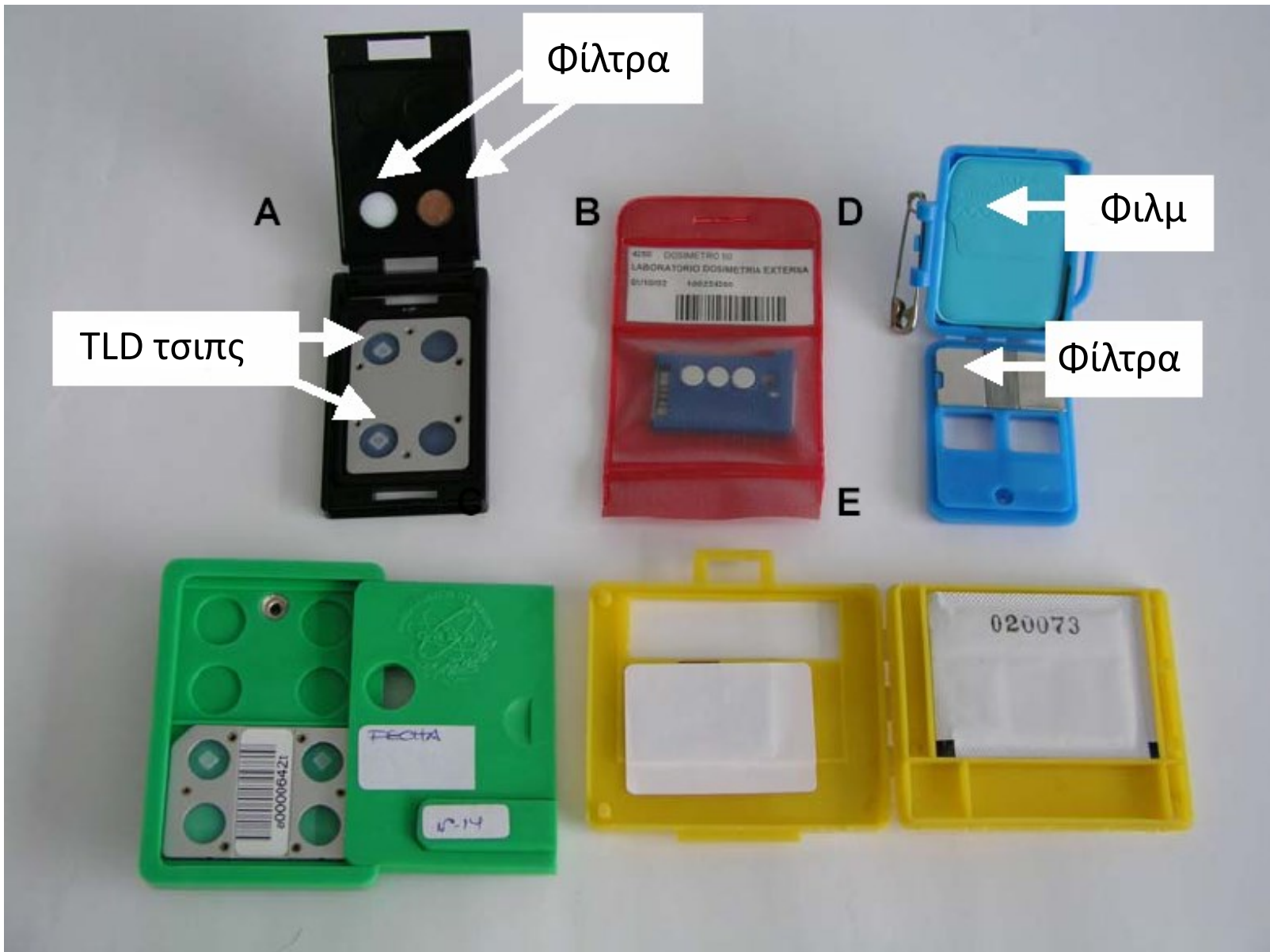


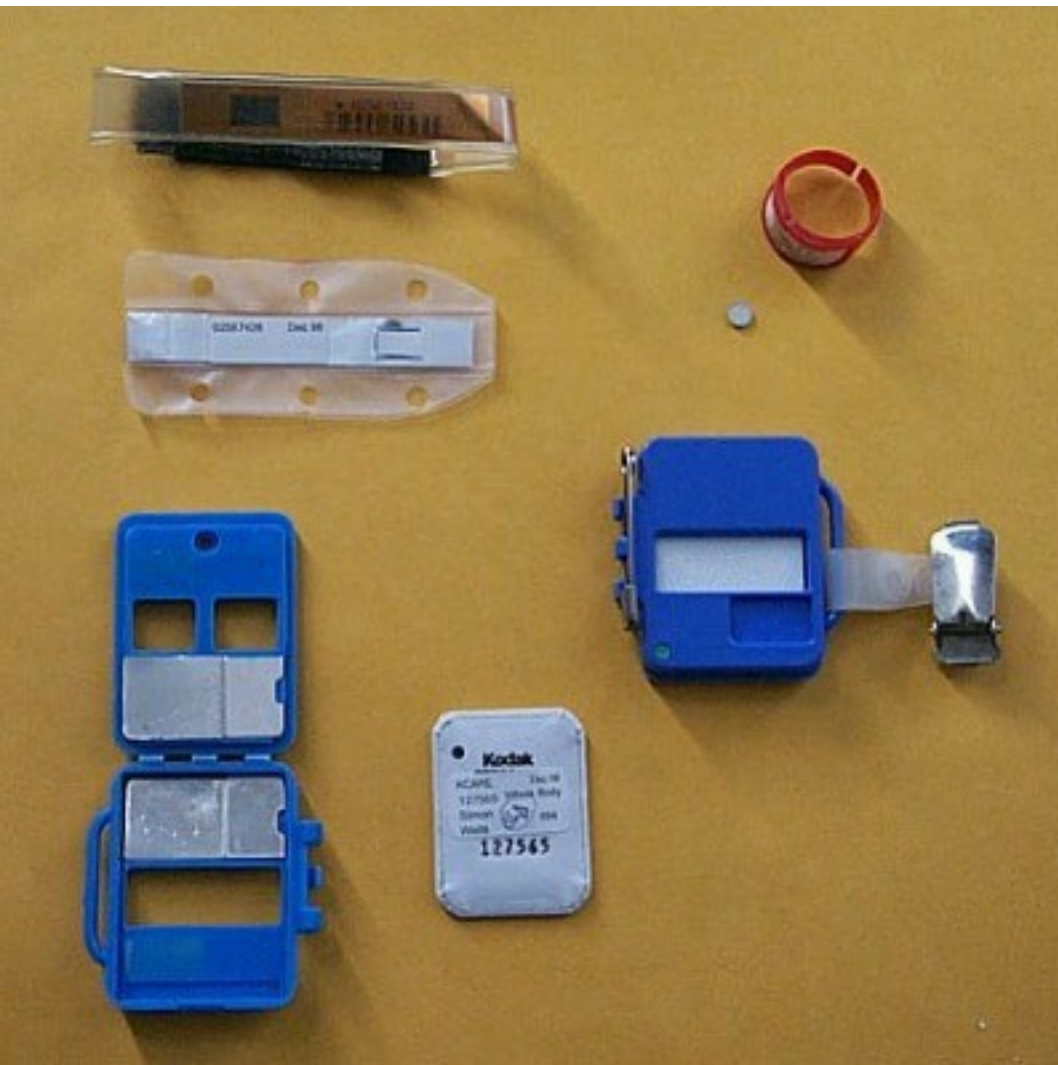
Φωτογραφική Δοσिमετρία



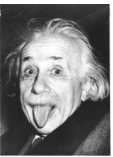
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ







Προσωπικά Δοσιμετρα



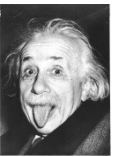
Προσωπικά Δοσιμετρα



Προσωπικό δοσίμετρο, φοριέται πάνω από την ποδιά



Δοσίμετρο δακτύλου



Ανιχνευτές ακτινοβολίας χώρου (συναγερμός)

- Ανιχνευτές GM
- Φωτεινό και ηχητικό σήμα συναγερμού

