

ΑΤΟΜΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

Άτομα – μόρια

Από 10^{-10} m ως 10^{-6} m

Συνήθεις μονάδες: $1 \text{ \AA} (\text{Angstrom}) = 10^{-10} \text{ m}$ (~ διάμετρος ατόμου Υδρογόνου)

$$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$$

$$1 \text{ \mu m} = 10^{-6} \text{ m}$$

Διαστάσεις βιομορίων. Πχ διάμετρος σφαιρικής πρωτεΐνης $\sim 100 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ m}$.

Σημείο εκκίνησης: Η ενέργεια ενός φωτεινού κύματος είναι **κβαντισμένη**. Οι μόνες επιτρεπόμενες τιμές της είναι τα *ακέραια πολλαπλάσια της ποσότητας $h \cdot f$* όπου f η συχνότητα του κύματος και η σταθερά αναλογίας **$h = 6.6256 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$** είναι γνωστή ως σταθερά του Planck.

Σχέση συχνότητας με μήκος κύματος: **$f = c/\lambda$** , άρα η ενέργεια γράφεται και **$h \cdot c/\lambda$** ,
 c : ταχύτητα φωτός $\sim 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Άρα το φως αποτελείται από “πακέτα” ενέργειας $h \cdot f$, που ονομάζονται φωτόνια. Αυτό ισχύει γενικά για την Η/Μ ακτινοβολία, η οποία εκπέμπεται και απορροφάται με τρόπο μη συνεχή. Η απαίτηση να απορροφώνται φωτόνια από μια ενέργεια και πάνω για την ενεργοποίηση πολλών φυσικο-χημικών διαδικασιών έχει βασική σημασία για τους ζωντανούς οργανισμούς.

Συμπέρασμα: η Η/Μ ακτινοβολία έχει διπλή φύση, κυματική και σωματιδιακή.

Βασική υπόθεση της κβαντικής μηχανικής: η διπλή φύση (σωματιδιακή-κυματική) επεκτείνεται σε όλα τα σωματίδια του μικρόκοσμου.

Κάθε σωματίδιο με ορμή p αντιστοιχεί σε κύμα με μήκος κύματος λ ,
ώστε $p = h / \lambda$.

Αν το σωματίδιο έχει μη μηδενική μάζα m , $p = m \cdot v$, όπου v η ταχύτητα του σωματιδίου.

Πχ. ηλεκτρόνιο επιταχυνόμενο από τάση 1 V, ενέργεια 1eV, που είναι κινητική ενέργεια. Έχουμε (κρατάμε τις τάξεις μεγέθους για τα αριθμητικά δεδομένα). Παίρνοντας προσεγγιστικά ως μάζα ηλεκτρονίου την τάξη μεγέθους 10^{-30} Kg (η ακριβής τιμή είναι $9 \cdot 10^{-31}$ Kg):

$1\text{eV} \sim 10^{-19}$ J. Άρα $10^{-19} = 1/2 m_e \cdot v^2$, άρα $10^{-19} \sim 10^{-30} \cdot v^2$, απ' όπου παίρνουμε $v \sim 10^6$ m/s, που είναι περίπου το 1% της ταχύτητας του φωτός.

Η ορμή του ηλεκτρονίου είναι $p = m_e \cdot v \sim 10^{-30} \cdot 10^6 = 10^{-24}$ Kg.m/s = h / λ . Με $h \sim 10^{-34}$ λύνουμε ως προς λ και παίρνουμε $\lambda \sim 10^{-10}$ m $\sim 1 \text{ \AA} = 0,1$ nm.

Συμπερασματικά, το μήκος κύματος των ηλεκτρονίων είναι της τάξης μεγέθους της απόστασης μεταξύ των ατόμων στα στερεά, γι αυτό και χρησιμοποιούνται για την μελέτη της δομής της ύλης (ηλεκτρονικό μικροσκόπιο). Κάνετε τους υπολογισμούς αυτούς με τις ακριβείς τιμές και τύπους, όπως και για ενέργεια 1keV. Θα δείτε ότι οι τάξεις μεγέθους δεν μεταβάλλονται ιδιαίτερα.

Το άτομο του Υδρογόνου είναι η βάση της μελέτης της ατομικής δομής της ύλης. Είναι η απλούστερη περίπτωση (πυρήνας με 1 πρωτόνιο, 1 ηλεκτρόνιο, απλό δυναμικό Coulomb μεταξύ τους).

Οι εξισώσεις της κβαντικής μηχανικής δείχνουν ότι η ενέργεια του ατόμου του υδρογόνου έχει επιτρεπτές τιμές $E_n = E_0/n^2$. Το n παίρνει ακέραιες τιμές $n = 1, 2, 3, \dots$ και $E_0 = -13,6 \text{ eV}$.

n : κύριος κβαντικός αριθμός, καθορίζει την ενεργειακή στάθμη του ηλεκτρονίου του ατόμου του Υδρογόνου. Στα άτομα/ιόντα με 1 ηλεκτρόνιο (υδρογονοειδή) η ενέργεια εξαρτάται μόνο από το n .

Άλλοι κβαντικοί αριθμοί: Η κατάσταση ενός ατομικού ηλεκτρονίου εξαρτάται εν γένει και από άλλους κβαντικούς αριθμούς. Ο αριθμός l καθορίζει την στροφορμή του (την τροχιά του, με απλά λόγια, αν και δεν μπορούμε να μιλήσουμε ακριβώς για τροχιά, αλλά για περιοχή του χώρου που έχει πιθανότητα να βρεθεί). Ο αριθμός m σχετίζεται με το μαγνητικό πεδίο του ηλεκτρονίου. Το σπιν s σχετίζεται με το μαγνητικό πεδίο λόγω της ιδιοστροφορμής του ηλεκτρονίου (κατά κάποιο τρόπο, περιστροφή γύρω από τον εαυτό του). Στο άτομο του Υδρογόνου, μόνο το n καθορίζει την ενέργεια και οι καταστάσεις με διαφορετικούς αριθμούς l , m , s είναι “εκφυλισμένες” (έχουν την ίδια ενέργεια). Υπό ορισμένες συνθήκες, όπως πχ εξωτερικό μαγνητικό πεδίο, ο εκφυλισμός αίρεται και η ενέργεια εξαρτάται και από τους άλλους κβαντικούς αριθμούς.

Σε άτομα με περισσότερα ηλεκτρόνια, εν γένει η ενέργεια εξαρτάται από περισσότερους του ενός κβαντικούς αριθμούς.

Απαγορευτική αρχή του Pauli: Δύο ηλεκτρόνια δεν μπορούν να καταλάβουν την ίδια κβαντική κατάσταση, άρα δεν μπορούν να έχουν το ίδιο σύνολο κβαντικών αριθμών. Η αρχή αυτή εξασφαλίζει την χημική ποικιλία των στοιχείων, αφού ανάλογα με τον αριθμό των ηλεκτρονίων συμπληρώνονται διαφορετικές ενεργειακές στάθμες, που δίνουν διαφορετική χημική συμπεριφορά σε διαφορετικά στοιχεία.

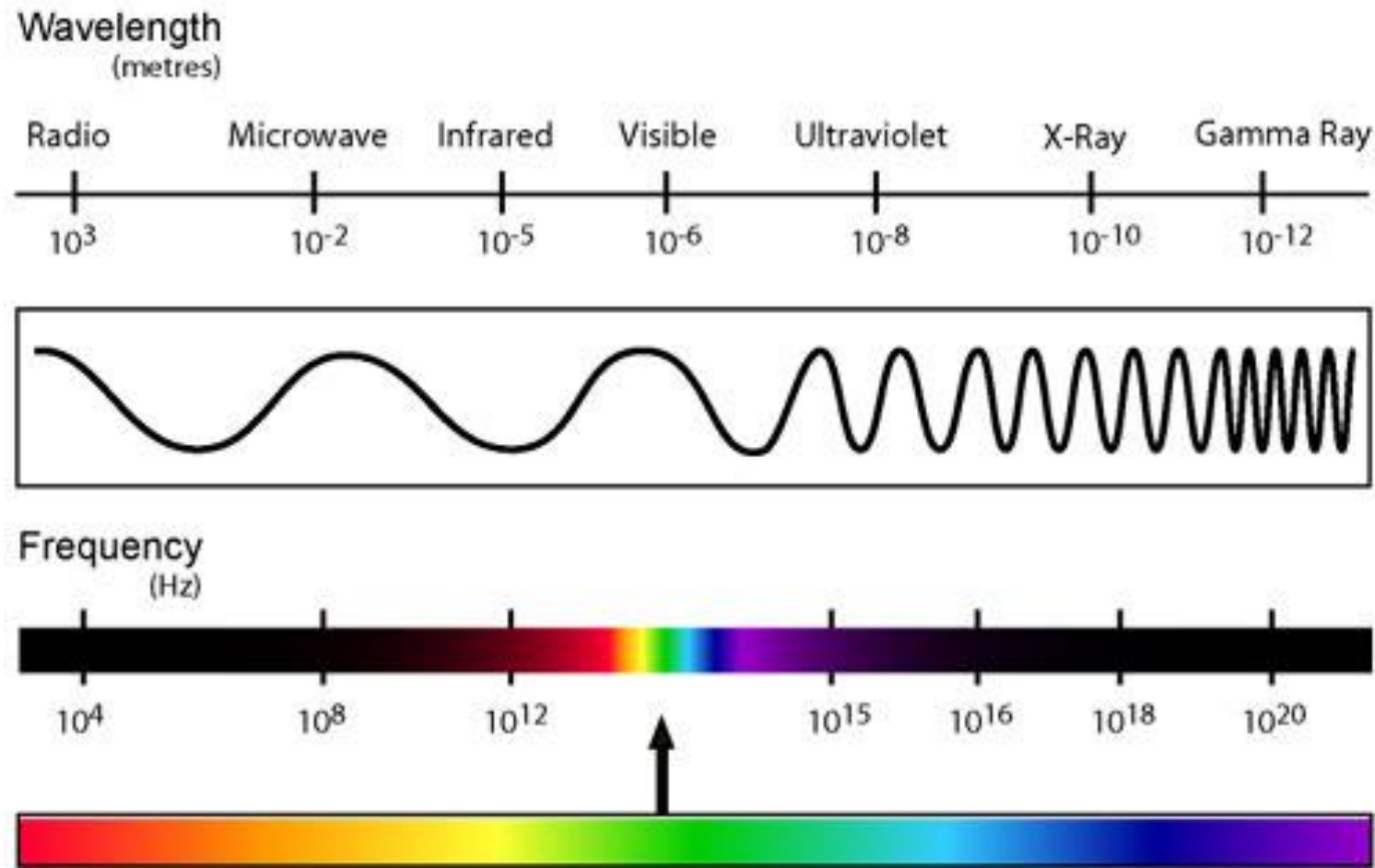
ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ

Οι διακριτές ενεργειακές στάθμες των ατόμων σημαίνουν ότι για να μεταπηδήσει ένα ηλεκτρόνιο από μία στάθμη σε μία άλλη, πρέπει να απορροφήσει ή να εκπέμψει Η/Μ ακτινοβολία συγκεκριμένης ενέργειας $E = h \cdot f = h \cdot c / \lambda$, δηλ και συγκεκριμένου μήκους κύματος.

Επειδή μόνο στα αέρια τα άτομα μπορούν να θεωρηθούν ως μη επηρεαζόμενα το ένα από το άλλο, τα φάσματα εκπομπής/απορρόφησης των αερίων μας δίνουν πληροφορίες για το είδος του εκάστοτε στοιχείου.

Επειδή οι διαφορές ενέργειας μεταξύ των ενεργειακών σταθμών είναι της τάξης του 1 eV, οι ενέργειες αυτές, μέσω της σχέσης $E = h \cdot c / \lambda$ αντιστοιχούν σε μήκη κύματος 10^{-7} με 10^{-8} m, δηλ στην περιοχή του ορατού και του υπεριώδους.

THE ELECTRO MAGNETIC SPECTRUM



Ένα αέριο απορροφά ακριβώς στις συχνότητες/μήκη κύματος, στα οποία εκπέμπει.

Διατομικά μόρια. Για κάθε ηλεκτρονική ενεργειακή στάθμη, υπάρχουν πολλές κβαντικές καταστάσεις δόνησης του μορίου. Επειδή οι επιτρεπτές δονητικές καταστάσεις είναι διακριτές, η μετάβαση από μία δονητική κατάσταση σε μία άλλη αντιστοιχεί σε εκπομπή/απορρόφηση συγκεκριμένης Η/Μ ακτινοβολίας. **Επειδή οι διαφορές ενέργειας μεταξύ δονητικών καταστάσεων είναι μικρότερες από τις διαφορές μεταξύ ηλεκτρονικών καταστάσεων, τα αντίστοιχα φάσματα βρίσκονται στην περιοχή του υπερύθρου.**

Η φασματοσκοπία υπερύθρου είναι κατάλληλη για ταυτοποίησης δεσμών, άρα και ουσιών.

ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

Ατομικός πυρήνας: πρωτόνια – νετρόνια.

Τάξη μεγέθους: 10^{-14} m = 10 fm (1 fm = 10^{-15} m).

είναι 10000 φορές μικρότερος από το άτομο

πρωτόνιο: φορτίο θετικό και απόλυτα ίσο με του ηλεκτρονίου
μάζα 1836 φορές μεγαλύτερη από του ηλεκτρονίου

νετρόνιο: ηλεκτρικά ουδέτερο

μάζα 1839 φορές η μάζα του ηλεκτρονίου

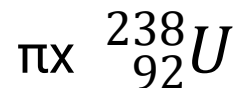
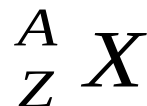
πρωτόνια + νετρόνια: νουκλεόνια

αριθμός πρωτονίων του πυρήνα = ατομικός αριθμός, Z

αριθμός νουκλεονίων = μαζικός αριθμός, A

αριθμός νετρονίων = $A - Z$

τα στοιχεία συμβολίζονται:



τα νουκλεόνια συγκρατούνται στον πυρήνα από τις ισχυρές πυρηνικές δυνάμεις, περίπου 100 φορές ισχυρότερες από τις ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις.

ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΗ ΔΙΑΣΠΑΣΗ – ΜΕΤΑΣΤΟΙΧΕΙΩΣΗ

Το φαινόμενο ονομάζεται **ραδιενεργός διάσπαση**

Η μετάπτωση των αρχικών πυρήνων σε πυρήνες άλλων στοιχείων λέγεται **μεταστοιχείωση**

Οι αρχικοί πυρήνες ονομάζονται **μητρικοί**

Οι παραγόμενοι πυρήνες ονομάζονται **θυγατρικοί**

Η ενέργεια που απελευθερώνεται κατά τη ραδιενεργό διάσπαση, είτε με τη μορφή κινητικής ενέργειας των σωματίων είτε με τη μορφή Η/Μ ακτινοβολίας, προέρχεται από **μετατροπή μέρους της μάζας του αρχικού πυρήνα σε ενέργεια.**

α, β και γ ακτινοβολία

α-ακτίνες
απορροφώνται
εύκολα

↓

1903 Rutherford & Geiger
α-σωματίδιο έχει
φορτίο +2e

↓

1908 Rutherford & Royds
**α-σωματίδιο
είναι ο
πυρήνας του
ατόμου του He**

β-ακτίνες
διεισδυτικές

↓

1899-αποκλίνουν
υπό μαγνητικά πεδία

↓

1900-έχουν αρνητικό
φορτίο και e/m πολύ
κοντά σε αυτό των
καθοδικών ακτίνων

↓

1902-μάζα ίση με αυτή του e

↓

**Οι ακτίνες-β
είναι ηλεκτρόνια**

γ-ακτίνες
δεν αποκλίνουν σε
μαγνητικό πεδίο

↓

Πολύ διεισδυτικές

↓

1914: Rutherford-
Andrade

**ακτίνες γ: Η/Μ
ακτινοβολία**
όπως ακτίνες-χ
αλλά μπορούν να
έχουν ακόμη
μικρότερο μήκος
κύματος ~10pm
(πιο διεισδυτικές)

ΕΙΔΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΩΝ από πυρηνική διάσπαση

Χαρακτηριστικά των
ακτινοβολιών

Ενεργότητα:

$$C = -\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

αριθμός διασπασμένων
πυρήνων στην μονάδα του
χρόνου

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

$$\text{χρόνος υποδιπλασιασμού } N(t_{1/2}) = N_0/2: t_{1/2} = 0,693/\lambda$$

Η ενεργότητα σχετίζεται αποκλειστικά με τις ιδιότητες της πηγής και όχι με την επίδρασή της στην ύλη.

Μονάδες ενεργότητας

1 Curie: διασπάσεις που παρατηρούνται σε 1gr Ra μέσα σε χρονικό διάστημα 1s

1 Curie (Ci) = $3,7 \times 10^{10}$ διασπάσεις / s

1 Becquerel (Bq) [S.I.] = 1 διάσπαση / s

1 Ci = $3,7 \times 10^{10}$ Bq

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ – ΥΛΗΣ – ΔΟΣΙΜΕΤΡΙΑ

Απορροφούμενη Δόση (D): Ορίζεται ως η ενέργεια E που αποθέτει η προσπίπτουσα ακτινοβολία κατά τη διέλευση της στη μονάδα μάζας m των ιστών.

$$D = E / m$$

Μονάδες: 1 rad (radiation absorbed dose): ορίζεται ως η ποσότητα ακτινοβολίας που αποθέτει 0,01J ενέργειας ανά χιλιόγραμμο μάζας ιστού

$$1 \text{ rad} = 0,01 \text{ J/kg}$$

$$\text{S.I. } 1 \text{ Gray (1 Gy)} = 1 \text{ Joule/kg} = 10^2 \text{ rad}$$

Η απορροφούμενη δόση αντιστοιχεί στην ολική ενέργεια που αποτίθεται σ' έναν ιστό, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η ευαισθησία του ιστού στα διάφορα είδη ακτινοβολίας.

Ισοδύναμη Δόση (H) : Μέτρηση της ακτινοβολίας που δέχεται ένας οργανισμός λαμβανομένων υπόψη των βιολογικών επιδράσεων αυτής

Ισούται με το γινόμενο της απορροφούμενης δόσης επί ένα **συντελεστή ποιότητας που ονομάζεται Σχετική Βιολογική Δραστηκότητα (RBE, Relative Biological Effectiveness)**, ο οποίος εξαρτάται από το είδος της ακτινοβολίας:

$$H = D \times RBE$$

Μονάδες:

$$1 \text{ rem (röntgen equivalent in man)} = 1 \text{ rad} \times RBE$$

$$\text{S.I.} \quad 1 \text{ Sievert (1 Sv)} = 1 \text{ Gy} \times RBE$$

$$1 \text{ Sv} = 10^2 \text{ rem}$$

ΑΚΤΙΝΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ – ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Η ακτινοβολία γ ανακόπτεται πολύ δύσκολα και από υλικά με μεγάλο μαζικό αριθμό

Φύλλο απορροφητή πάχους x , προσπίπτουσα ακτινοβολία έντασης J_0 , διερχόμενη ακτινοβολία

$$J(x) = J_0 \cdot e^{-\mu \cdot x}$$

μ (σταθερά): **Συντελεστής απορρόφησης.**

Εξαρτάται από το υλικό που απορροφά και το μήκος κύματος της ακτινοβολίας
Είναι το ποσοστό της εντάσεως της ακτινοβολίας που απορροφάται από υλικό στη μονάδα πάχους dx .

Μονάδες μ : $(\text{μήκος})^{-1}$ (cm^{-1} ή mm^{-1}).

$x_{1/2}$: Πάχος ημιαπορρόφησης: το πάχος του φύλλου του υλικού για το οποίο η αρχική ένταση J_0 μειώνεται κατά το ήμισυ.

$$J = J_0 e^{-\mu x} \quad \text{για} \quad J = \frac{J_0}{2} \quad \rightarrow \quad \frac{J_0}{2} = J_0 \cdot e^{-\mu x_{1/2}} \Rightarrow x_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu} = \frac{0,693}{\mu}$$