

ΑΤΟΜΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

2.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΟΥ ΣΤΟ ΑΤΟΜΟ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ

A. Πρότυπο του Thomson

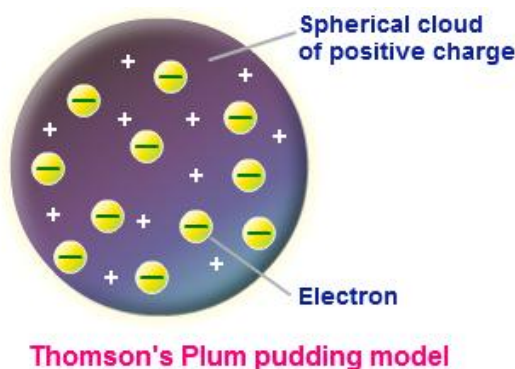
Ο Thomson, κατά το τέλος του 19^{ου} αιώνα, ανακάλυψε την ύπαρξη ενός αρνητικά φορτισμένου σωματιδίου που το ονόμασε **ηλεκτρόνιο**.

Διαπίστωσε, επίσης, ότι το σωματίδιο αυτό υπάρχει σε όλα τα σώματα.

Επειδή, μάλιστα, η ύλη είναι ηλεκτρικά ουδέτερη διατύπωσε την άποψη ότι τα άτομα της ύλης περιέχουν ίσες ποσότητες θετικού και αρνητικού φορτίου.

Με πειράματα, έδειξε ότι η μάζα του θετικά φορτισμένου τμήματος είναι μεγαλύτερη από τη μάζα του αρνητικά φορτισμένου.

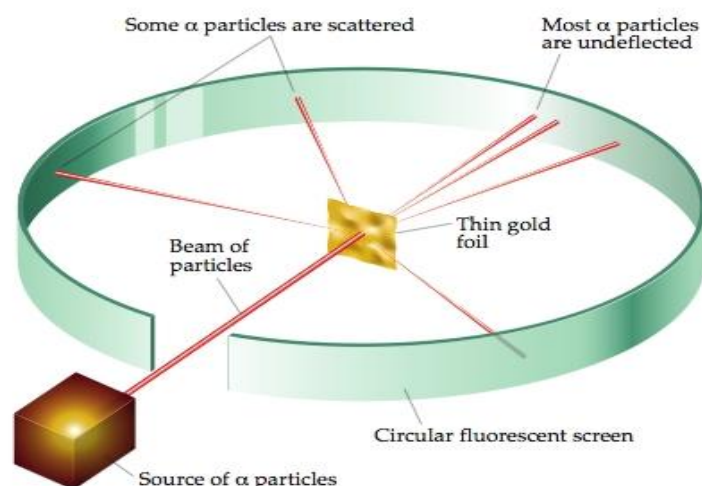
Η άποψη του Thomson για τη δομή του ατόμου ήταν ότι το άτομο αποτελείται από μία σφαίρα θετικού φορτίου, ομοιόμορφα κατανεμημένου, μέσα στο οποίο είναι ενσωματωμένα τα ηλεκτρόνια.



B. Πρότυπο του Rutherford

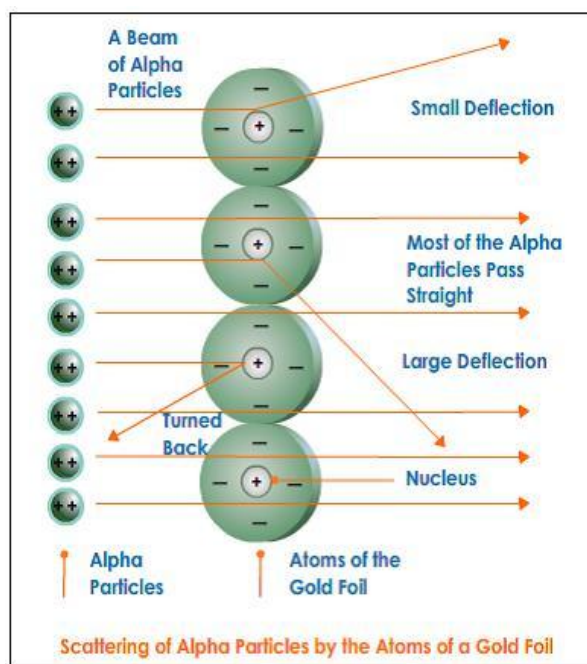
Πειράματα, όμως, που έκανε ο Rutherford ήρθαν σε αντίθεση με το πρότυπο του Thomson.

Στα πειράματα αυτά μία δέσμη σωματίων α (τα σωματίδια α είναι πυρήνες ηλίου και αποτελούνται από δύο πρωτόνια και δύο νετρόνια) προσπίπτει σε λεπτό φύλλο χρυσού.

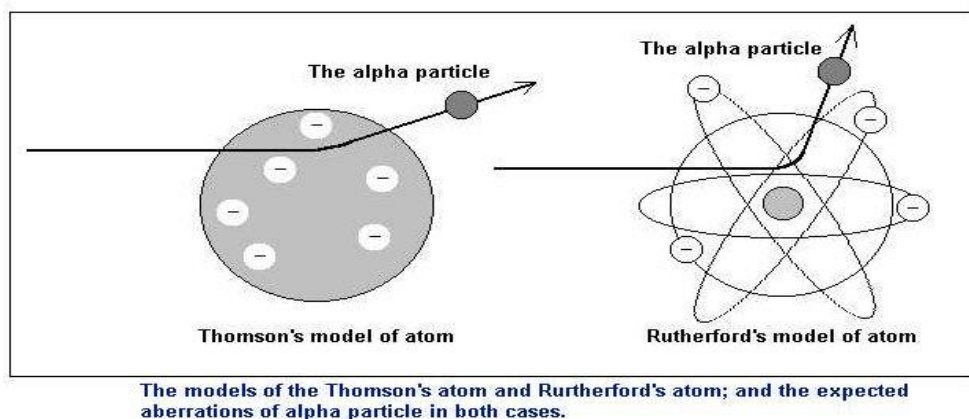


Ο Rutherford παρατήρησε ότι :

- τα περισσότερα σωμάτια α διέρχονταν μέσα από το στόχο σχεδόν ανεπηρέαστα. Από την παρατήρηση αυτή ο Rutherford έβγαλε το συμπέρασμα ότι ο χώρος μέσα στο άτομο είναι σχεδόν κενός.
- αρκετά σωμάτια απέκλιναν σε διάφορες γωνίες, ενώ μερικά απέκλιναν κατά 180° κάτι που έδειχνε ότι τα θετικά φορτισμένα σωμάτια α δέχτηκαν ισχυρές απωστικές δυνάμεις. Από την παρατήρηση αυτή ο Rutherford συμπέρανε ότι το θετικό φορτίο είναι συγκεντρωμένο σε μια πολύ μικρή περιοχή.



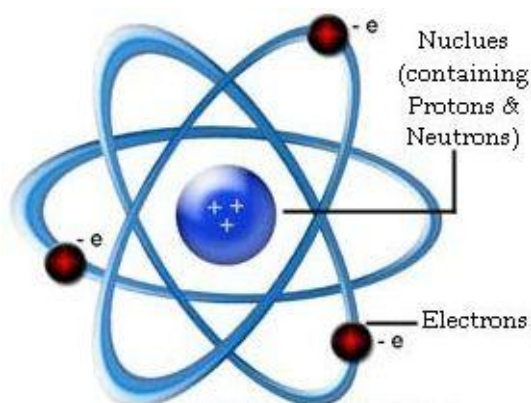
Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ποιο θα ήταν το αποτέλεσμα του πειράματος Rutherford, αν ίσχυε το πρότυπο Thomson και ποιο είναι το πραγματικό αποτέλεσμα.



Έτσι, ο Rutherford διατύπωσε τις παρακάτω απόψεις για τη δομή του ατόμου :

- Το θετικό φορτίο του ατόμου βρίσκεται συγκεντρωμένο σε μια πολύ μικρή περιοχή, που την ονόμασε πυρήνα.
- Στον πυρήνα βρίσκεται συγκεντρωμένη και σχεδόν όλη η μάζα του ατόμου.
- Το αρνητικό φορτίο του ατόμου βρίσκεται στα ηλεκτρόνια, τα οποία κινούνται γύρω από τον πυρήνα σε κυκλικές τροχιές, γιατί, αν ήταν ακίνητα, θα έπεφταν πάνω του λόγω της ηλεκτρικής έλξης που δέχονται από αυτόν.

Σημείωση: Το μοντέλο του Rutherford ονομάζεται και **πλανητικό μοντέλο**, λόγω της ομοιότητας που παρουσιάζει η κίνηση των ηλεκτρονίων γύρω από τον πυρήνα με την κίνηση των πλανητών γύρω από τον ήλιο.

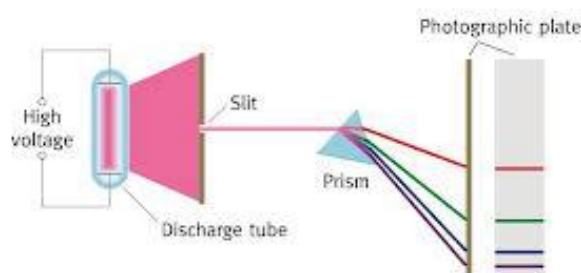


Γ. Ατομικά φάσματα

i) Φάσμα εκπομπής

Αν εφαρμόσουμε διαφορά δυναμικού σε γυάλινο σωλήνα που περιέχει αέριο σε χαμηλή πίεση, θα παρατηρήσουμε ότι το αέριο εκπέμπει φως.

Αν το φως αυτό περάσει από ένα γυάλινο πρίσμα, θα αναλυθεί στα χρώματα από τα οποία αποτελείται και θα πάρουμε, έτσι, το **φάσμα εκπομπής** του αερίου.



Παρατηρώντας το φάσμα, θα διαπιστώσουμε ότι αποτελείται από μια σειρά φωτεινών γραμμών, κάθε μία από τις οποίες αντιστοιχεί σε ένα διαφορετικό μήκος κύματος (δηλαδή, σε ένα διαφορετικό χρώμα).

Επειδή το φάσμα εκπομπής του αερίου αποτελείται από αυτές τις γραμμές, ονομάζεται **γραμμικό φάσμα εκπομπής**.

Τα μήκη κύματος που περιέχει ένα γραμμικό φάσμα εκπομπής είναι χαρακτηριστικά του στοιχείου που εκπέμπει το φως.

ii) Φάσμα απορρόφησης

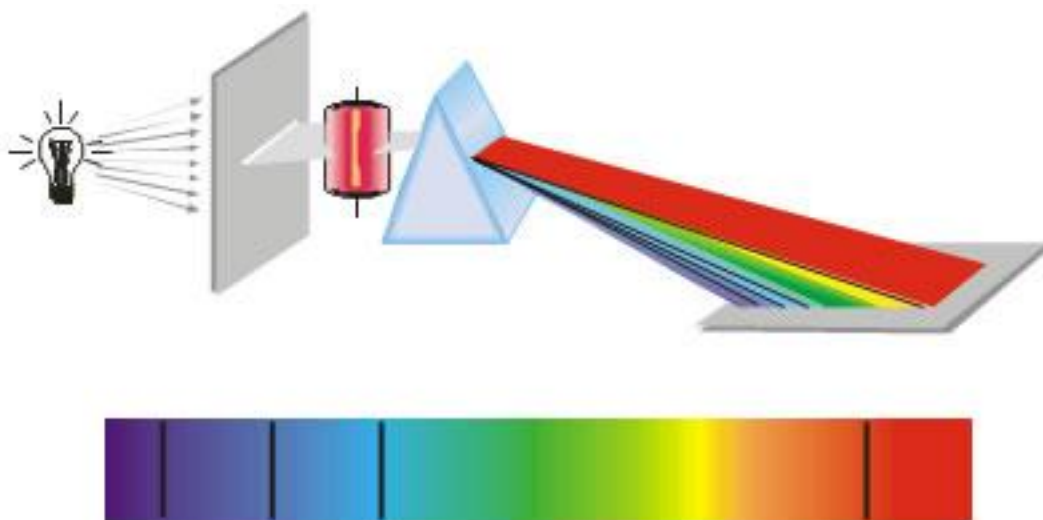
Ξέρουμε ότι, αν λευκό φως περάσει μέσα από γυάλινο πρίσμα, θα αναλυθεί στα χρώματα από τα οποία αποτελείται και θα πάρουμε, έτσι, το φάσμα του λευκού φωτός.

Το φάσμα αυτό είναι μία συνεχής χρωματιστή ταινία (σε αντίθεση με τα γραμμικά φάσματα εκπομπής των αερίων) και γι αυτό ονομάζεται **συνεχές φάσμα** του λευκού φωτός.

Αν, τώρα, τοποθετήσουμε ανάμεσα στην πηγή του λευκού φωτός και στο γυάλινο πρίσμα, ένα γυάλινο δοχείο που περιέχει κάποιο αέριο, θα παρατηρήσουμε ότι αυτή η συνεχής γραμμή δεν είναι πλέον συνεχής, αλλά διακόπτεται από ορισμένες σκοτεινές γραμμές.

Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το αέριο απορρόφησε ορισμένες ακτινοβολίες και οι ακτινοβολίες αυτές δεν κατάφεραν να εισέλθουν στο γυάλινο πρίσμα και να πάρουν τη θέση τους στο φάσμα.

Έτσι, στα σημεία που έπρεπε να βρεθούν οι ακτινοβολίες αυτές, βρίσκονται τώρα σκοτεινές γραμμές.



Το φάσμα που προκύπτει ονομάζεται φάσμα απορρόφησης του αερίου επειδή μας δείχνει ποιες ακτινοβολίες απορρόφησε το αέριο και, επειδή εμφανίζονται σε αυτό σκοτεινές γραμμές, ονομάζεται **γραμμικό φάσμα απορρόφησης**.

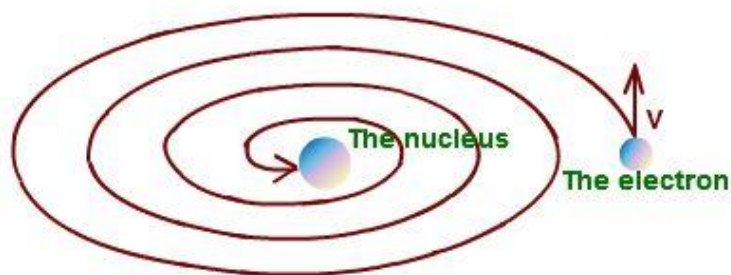
Παρατηρώντας το γραμμικό φάσμα απορρόφησης διαπιστώνουμε ότι οι σκοτεινές γραμμές εμφανίζονται σε εκείνες ακριβώς τις περιοχές στις οποίες εμφανίζονται οι φωτεινές γραμμές στο φάσμα εκπομπής του ίδιου αερίου. Αυτό σημαίνει ότι **το αέριο απορροφά μόνο εκείνες τις ακτινοβολίες που μπορεί να εκπέμπει**.

iii) Αδυναμία του μοντέλου Rutherford

Το γεγονός ότι τα φάσματα των αερίων ήταν γραμμικά, έθεσε σε αμφισβήτηση το μοντέλο του Rutherford:

Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, το ηλεκτρόνιο περιστρέφεται γύρω από τον πυρήνα και έχει, έτσι, κεντρομόλο επιτάχυνση. Για το λόγο αυτό, σύμφωνα με την ηλεκτρομαγνητική θεωρία, πρέπει να εκπέμπει ακτινοβολία με συχνότητα ίση με τη συχνότητα περιστροφής του.

Αφού, όμως, εκπέμπει ακτινοβολία, θα πρέπει η ενέργειά του να μειώνεται συνεχώς. Έτσι, θα πρέπει να κινείται σε σπειροειδή τροχιά με διαρκώς μειούμενη ακτίνα και διαρκώς αυξανόμενη συχνότητα. Άρα, η ακτινοβολία που εκπέμπουν τα αέρια θα έπρεπε να περιέχει μια ολόκληρη περιοχή συχνοτήτων και όχι μόνο ορισμένες συχνότητες.



In the planetary model of atom, the electron should emit energy and spirally fall on the nucleus.

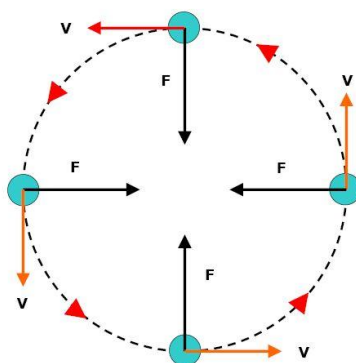
Δηλαδή, σύμφωνα με το μοντέλο του Rutherford, τα άτομα θα έπρεπε να εκπέμπουν συνεχές φάσμα και όχι γραμμικό.

Δ. Πρότυπο του Bohr

Όπως είδαμε παραπάνω, το πρότυπο του Rutherford αδυνατούσε να εξηγήσει γιατί τα φάσματα των αερίων είναι γραμμικά.

Για το λόγο αυτό, ο Bohr διατύπωσε τις παρακάτω προτάσεις για το άτομο του υδρογόνου :

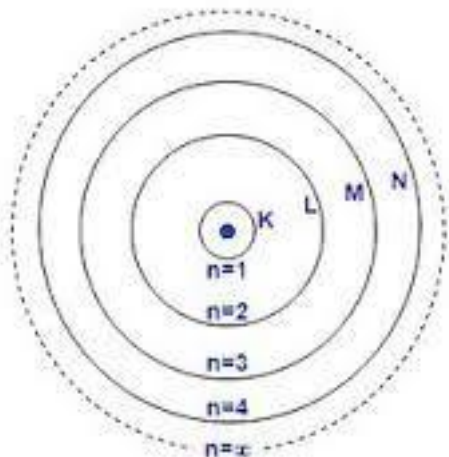
- Το ηλεκτρόνιο στο άτομο του υδρογόνου περιστρέφεται γύρω από τον θετικά φορτισμένο πυρήνα, εξαιτίας της ελκτικής δύναμης Coulomb που δέχεται από αυτόν και η οποία παίζει το ρόλο κεντρομόλου δύναμης.



- Το ηλεκτρόνιο μπορεί να κινείται μόνο σε συγκεκριμένες τροχιές, οι οποίες ονομάζονται επιτρεπόμενες τροχιές.

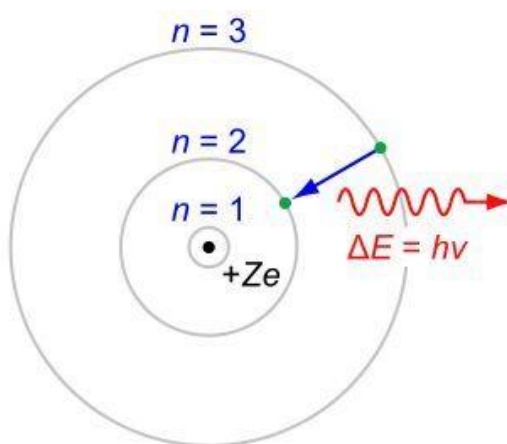
Οι τροχιές αυτές είναι εκείνες για τις οποίες η στροφορμή του ηλεκτρονίου είναι ακέραιο πολλαπλάσιο της ποσότητας $h/2\pi$, όπου h η σταθερά του Planck.

Δηλαδή: $L = n \cdot \frac{h}{2\pi} \Rightarrow m \cdot v \cdot r = n \cdot \frac{h}{2\pi}$, όπου το n είναι θετικός ακέραιος που παίρνει τιμές από 1 έως άπειρο και ονομάζεται κύριος κβαντικός αριθμός.



- Όταν το ηλεκτρόνιο κινείται σε μία επιτρεπόμενη τροχιά, δεν εκπέμπει ακτινοβολία.
- Ακτινοβολία εκπέμπεται όταν το ηλεκτρόνιο μεταπηδήσει από μία επιτρεπόμενη τροχιά σε μία άλλη μικρότερης ενέργειας. Τότε εκπέμπεται ένα φωτόνιο που έχει ενέργεια ίση με τη διαφορά μεταξύ της αρχικής ($E_{αρχ}$) και της τελικής ενέργειας ($E_{τελ}$) του ηλεκτρονίου.

Δηλαδή: $E_{αρχ} - E_{τελ} = E_{φωτ} \Rightarrow E_{αρχ} - E_{τελ} = h \cdot f$



Σημείωση: Στροφορμή ενός υλικού σημείου που κινείται σε κυκλική τροχιά, ονομάζεται το διανυσματικό φυσικό μέγεθος που έχει μέτρο ίσο με $L = m \cdot v \cdot r$, όπου m η μάζα του υλικού σημείου, v η ταχύτητά του και r η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς.

Η διεύθυνση της στροφορμής είναι κάθετη στο επίπεδο της κυκλικής τροχιάς.

Ε. Ολική ενέργεια ηλεκτρονίου

Καθώς το ηλεκτρόνιο (που έχει φορτίο $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$) περιστρέφεται γύρω από τον πυρήνα του ατόμου υδρογόνου (που αποτελείται από ένα πρωτόνιο και, γι αυτό, έχει φορτίο $+e$) έχει :

- α) **δυναμική ενέργεια** λόγω της αλληλεπίδρασης με τον πυρήνα και
- β) **κινητική ενέργεια** λόγω της ταχύτητάς του.

i) Δυναμική ενέργεια

Η δυναμική ενέργεια του ηλεκτρονίου στο άτομο του υδρογόνου είναι :

$$U = k_c \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r} \Rightarrow U = k_c \cdot \frac{e \cdot (-e)}{r} \Rightarrow U = -k_c \cdot \frac{e^2}{r}$$

ii) Κινητική ενέργεια

Όπως είπαμε παραπάνω, η ελκτική δύναμη Coulomb που δέχεται το ηλεκτρόνιο από τον πυρήνα παίζει το ρόλο κεντρομόλου δύναμης.

Δηλαδή:

$$\begin{aligned} F_c = F_k &\Rightarrow k_c \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2} = m \frac{v^2}{r} \Rightarrow k_c \frac{e \cdot e}{r^2} = m \frac{v^2}{r} \Rightarrow k_c \frac{e^2}{r^2} = m \frac{v^2}{r} \Rightarrow k_c \frac{e^2}{r} = m v^2 \Rightarrow \\ &\Rightarrow \frac{1}{2} k_c \frac{e^2}{r} = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow \frac{1}{2} k_c \frac{e^2}{r} = K \Rightarrow K = k_c \frac{e^2}{2r} \end{aligned}$$

iii) Ολική ενέργεια

Η ολική ενέργεια του ηλεκτρονίου είναι το άθροισμα της δυναμικής και της κινητικής του ενέργειας. Δηλαδή :

$$E = U + K \Rightarrow E = -k_c \frac{e^2}{r} + k_c \frac{e^2}{2r} \Rightarrow E = -k_c \frac{e^2}{2r}$$

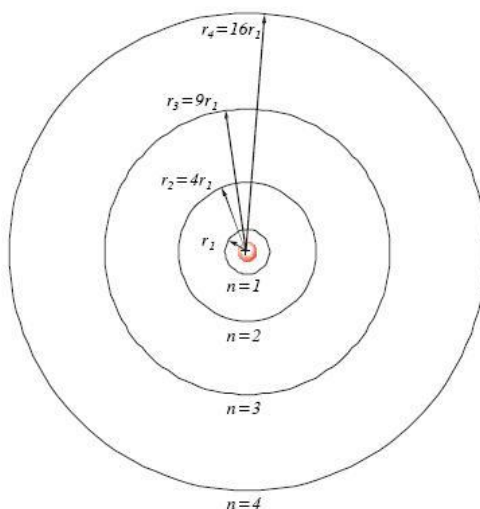
Σημείωση: Η φυσική σημασία του αρνητικού προσήμου της ολικής ενέργειας του ηλεκτρονίου είναι ότι για να απομακρυνθεί το ηλεκτρόνιο από την έλξη του πυρήνα απαιτείται προσφορά ενέργειας.

ΣΤ. Επιτρεπόμενες τροχιές και τιμές ενέργειας

Η μικρότερη ακτίνα επιτρεπόμενης τροχιάς ονομάζεται **ακτίνα του Bohr** και είναι ίση με $r_1 = 0,53 \cdot 10^{-10} \text{ m}$.

Οι ακτίνες των άλλων επιτρεπόμενων τροχιών υπολογίζονται από την εξίσωση:

$$r_n = n^2 \cdot r_1, \quad \text{όπου } n = \text{κύριος κβαντικός αριθμός.}$$



Όταν το ηλεκτρόνιο κινείται στην τροχιά με τη μικρότερη ακτίνα ($n=1$), τότε έχει την ελάχιστη ολική ενέργεια, που είναι ίση με $E_1 = -13,6 \text{ eV}$.

Στις υπόλοιπες επιτρεπόμενες τροχιές, η ολική ενέργεια του ηλεκτρονίου υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$E_n = \frac{E_1}{n^2}$$

Κύριος κβαντικός αριθμός	$n=1$	$n=2$	$n=3$	...	$n \rightarrow \infty$
Ακτίνα	r_1	$4r_1$	$9r_1$	...	∞
Ολική ενέργεια	E_1	$E_1/4$	$E_1/9$	...	0

Σημείωση: Αφού οι τιμές της ολικής ενέργειας είναι αρνητικές, η μεγαλύτερη τιμή που μπορεί να πάρει η ενέργεια είναι $E=0$ και αυτό συμβαίνει όταν $n \rightarrow \infty$ και $r \rightarrow \infty$, δηλαδή σε άπειρη απόσταση από τον πυρήνα. Δηλαδή, όσο απομακρυνόμαστε από τον πυρήνα η ολική ενέργεια του ηλεκτρονίου αυξάνεται.

2.2 ΔΙΑΚΡΙΤΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΣΤΑΘΜΕΣ

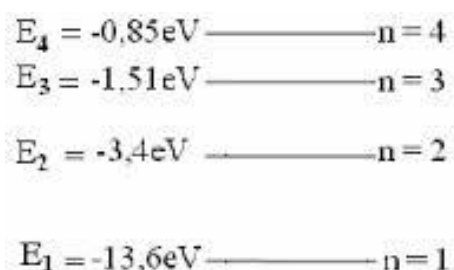
Α. Ενεργειακές στάθμες

Οι επιτρεπόμενες τιμές της ενέργειας του ατόμου του υδρογόνου (και κάθε ατόμου), ονομάζονται **ενεργειακές στάθμες**.

Οι αντίστοιχες καταστάσεις του ατόμου ονομάζονται **ενεργειακές καταστάσεις**.

Η κατάσταση με τη χαμηλότερη ενέργεια E_1 (για $n=1$) ονομάζεται **θεμελιώδης**. Οι υπόλοιπες ενεργειακές καταστάσεις ονομάζονται **διεγερμένες καταστάσεις**. Η κατάσταση με ενέργεια E_2 (για $n=2$) είναι η πρώτη διεγερμένη, η κατάσταση με ενέργεια E_3 (για $n=3$) είναι η δεύτερη διεγερμένη κλπ.

Αν πάρουμε έναν κατακόρυφο άξονα βαθμολογημένο σε τιμές ενέργειας και σχεδιάσουμε οριζόντιες γραμμές στις θέσεις που αντιστοιχούν στις επιτρεπόμενες τιμές ενέργειας (E_1, E_2, E_3 , κλπ) του ηλεκτρονίου, παίρνουμε ένα σχήμα που ονομάζεται **διάγραμμα ενεργειακών σταθμών**.



Σημείωση: Η απόσταση μεταξύ δύο ενεργειακών σταθμών είναι ίση με τη διαφορά των αντίστοιχων ενεργειών του ηλεκτρονίου.

Β. Διέγερση του ατόμου

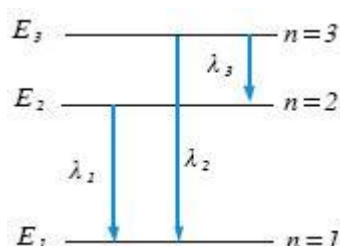
Η μετάβαση ενός ηλεκτρονίου κάποιου ατόμου από μια τροχιά χαμηλής ενέργειας σε μια τροχιά υψηλότερης ενέργειας ονομάζεται **διέγερση του ατόμου**.

Η ενέργεια που απαιτείται για τη διέγερση του ατόμου ονομάζεται **ενέργεια διέγερσης**.

Η ενέργεια διέγερσης ενός ατόμου παίρνει συγκεκριμένες τιμές: Όταν, για παράδειγμα, το άτομο του υδρογόνου βρίσκεται στη θεμελιώδη κατάσταση έχει ενέργεια $E_1 = -13,6 \text{ eV}$, ενώ όταν βρεθεί στην πρώτη διεγερμένη έχει ενέργεια $E_2 = -3,4 \text{ eV}$. Η ενέργεια διέγερσης για την περίπτωση αυτή είναι ίση με την αύξηση της ενέργειας, δηλαδή είναι ίση με $E_2 - E_1 = -3,4 \text{ eV} - (-13,6 \text{ eV}) = 10,2 \text{ eV}$.

Το διεγερμένο άτομο παραμένει στην κατάσταση διέγερσης για ελάχιστο χρονικό διάστημα και επανέρχεται στη θεμελιώδη κατάσταση. Η επάνοδος αυτή μπορεί να γίνει είτε απευθείας με ένα άλμα (οπότε εκπέμπεται ένα φωτόνιο) είτε με περισσότερα διαδοχικά άλματα (οπότε εκπέμπονται τόσα φωτόνια όσα και τα άλματα που πραγματοποιούνται).

Αν, για παράδειγμα, το ηλεκτρόνιο στο άτομο του υδρογόνου βρεθεί στην τροχιά με $n=3$, θα επιστρέψει στη θεμελιώδη κατάσταση ($n=1$) είτε απευθείας (εκπέμποντας ένα φωτόνιο συχνότητας $f_{3,1}$ και ενέργειας $h \cdot f_{3,1}$) είτε πηγαίνοντας πρώτα στην τροχιά με $n=2$ και, στη συνέχεια, στην τροχιά με $n=1$ (εκπέμποντας δύο φωτόνια με συχνότητες $f_{3,2}$ και $f_{2,1}$ και ενέργειες $h \cdot f_{3,2}$ και $h \cdot f_{2,1}$ αντίστοιχα).



Για τα φωτόνια αυτά, ισχύουν οι παρακάτω σχέσεις:

$$\alpha) E_{3,1} = E_{3,2} + E_{2,1}$$

$$\beta) f_{3,1} = f_{3,2} + f_{2,1}$$

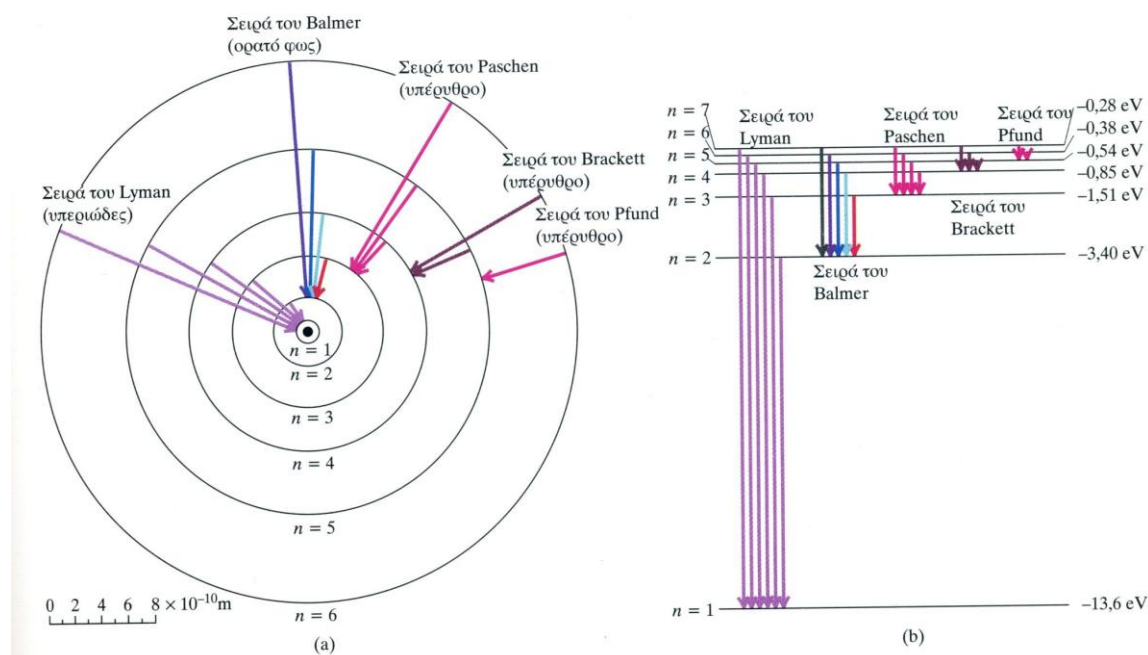
$$\gamma) \frac{1}{\lambda_{3,1}} = \frac{1}{\lambda_{3,2}} + \frac{1}{\lambda_{2,1}}$$

Απόδειξη:

$$\alpha) E_{3,2} + E_{2,1} = (E_3 - E_2) + (E_2 - E_1) = E_3 - E_1 = E_{3,1}$$

$$\beta) E_{3,1} = E_{3,2} + E_{2,1} \Rightarrow h \cdot f_{3,1} = h \cdot f_{3,2} + h \cdot f_{2,1} \Rightarrow f_{3,1} = f_{3,2} + f_{2,1}$$

$$\gamma) f_{3,1} = f_{3,2} + f_{2,1} \Rightarrow \frac{c_0}{\lambda_{3,1}} = \frac{c_0}{\lambda_{3,2}} + \frac{c_0}{\lambda_{2,1}} \Rightarrow \frac{1}{\lambda_{3,1}} = \frac{1}{\lambda_{3,2}} + \frac{1}{\lambda_{2,1}}$$



Γ. Ιονισμός του ατόμου

Ιονισμός του ατόμου ονομάζεται η απομάκρυνση ενός ηλεκτρονίου του ατόμου από το ηλεκτρικό πεδίο του πυρήνα του.

Ενέργεια ιονισμού ονομάζεται η ελάχιστη ενέργεια που απαιτείται για να απομακρυνθεί το ηλεκτρόνιο του ατόμου από τη θεμελιώδη τροχιά σε περιοχή εκτός του ηλεκτρικού πεδίου του πυρήνα.

Η ενέργεια ιονισμού είναι ίση με : $E_{iov} = E_{\infty} - E_1$

όπου E_{∞} είναι η ενέργεια που θα έχει το ηλεκτρόνιο όταν βρεθεί εκτός του ηλεκτρικού πεδίου του πυρήνα (και η οποία είναι μηδέν) και E_1 είναι η ενέργεια του ηλεκτρονίου όταν βρίσκεται στη θεμελιώδη τροχιά.

Έτσι: $E_{iov} = -E_1$

Στο άτομο του υδρογόνου ισχύει: $E_1 = -13,6 \text{ eV}$.

Άρα: $E_{iov} = -(-13,6 \text{ eV}) \Rightarrow E_1 = 13,6 \text{ eV}$

2.3 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΦΩΤΟΝΙΩΝ

Α. Διέγερση με κρούση

Όταν ένα σωματίδιο (ηλεκτρόνιο, ιόν, άτομο κλπ) συγκρουστεί με ένα άτομο υδρογόνου που βρίσκεται στη θεμελιώδη κατάσταση, τότε το ηλεκτρόνιο του ατόμου μπορεί να απορροφήσει ικανή ποσότητα ενέργειας ώστε να μεταπηδήσει σε τροχιά υψηλότερης ενέργειας.

Από το διάγραμμα των ενεργειακών σταθμών του ατόμου του υδρογόνου φαίνεται ότι η θεμελιώδης κατάσταση ($n=1$) απέχει από την πρώτη διεγερμένη κατάσταση ($n=2$) κατά 10,2 eV, από τη δεύτερη ($n=3$) κατά 12,09 eV, από την τρίτη ($n=4$) κατά 12,75 eV κλπ.

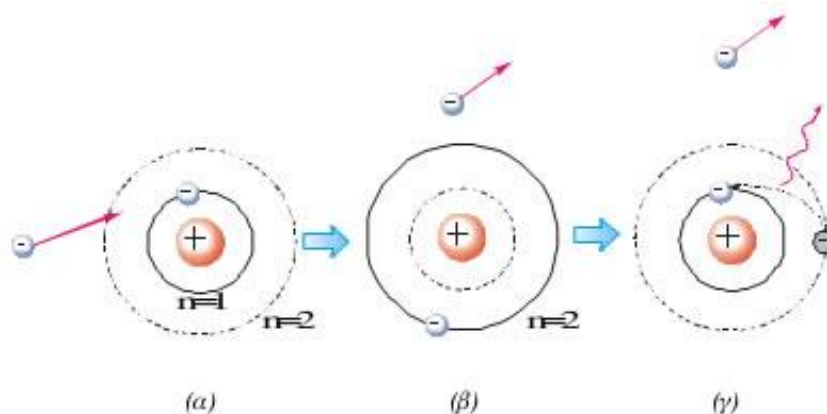
Αυτό σημαίνει ότι για να φτάσει το άτομο του υδρογόνου στην πρώτη διεγερμένη κατάσταση, πρέπει το σωματίδιο που θα πέσει πάνω του να έχει ενέργεια τουλάχιστον ίση με 10,2 eV.

α) Αν το σωματίδιο έχει ενέργεια μικρότερη από 10,2 eV, τότε το άτομο δεν θα απορροφήσει καθόλου ενέργεια και θα παραμείνει στη θεμελιώδη κατάσταση.

β) Αν το σωματίδιο έχει ενέργεια μεγαλύτερη ή ίση των 10,2 eV και μικρότερη των 12,09 eV, τότε υπάρχουν δύο περιπτώσεις:

- το άτομο δεν απορροφά καθόλου ενέργεια και παραμένει στη θεμελιώδη κατάσταση
- το άτομο απορροφά ενέργεια 10,2 eV και μεταπηδά στην πρώτη διεγερμένη κατάσταση.

Στην περίπτωση αυτή, θα επιστρέψει πολύ σύντομα στη θεμελιώδη κατάσταση εκπέμποντας ένα φωτόνιο ενέργειας 10,2 eV.



γ) Αν το σωματίδιο έχει ενέργεια μεγαλύτερη ή ίση των $12,09 \text{ eV}$ και μικρότερη από $12,75 \text{ eV}$, τότε υπάρχουν τρεις περιπτώσεις:

- Το άτομο δεν απορροφά καθόλου ενέργεια και παραμένει στη θεμελιώδη κατάσταση,
- Το άτομο απορροφά ενέργεια $10,2 \text{ eV}$ και μεταπηδά στην πρώτη διεγερμένη κατάσταση ($n=2$).
Στην περίπτωση αυτή, θα επιστρέψει στη θεμελιώδη κατάσταση εκπέμποντας ένα φωτόνιο ενέργειας $10,2 \text{ eV}$.
- Το άτομο απορροφά ενέργεια $12,09 \text{ eV}$ και μεταπηδά στη δεύτερη διεγερμένη κατάσταση ($n=3$).
Στην περίπτωση αυτή θα επιστρέψει στη θεμελιώδη κατάσταση είτε απευθείας (εκπέμποντας ένα φωτόνιο ενέργειας $12,09 \text{ eV}$) είτε περνώντας πρώτα από την $n=2$ (εκπέμποντας δύο φωτόνια με ενέργειες $1,89 \text{ eV}$ και $10,2 \text{ eV}$, δηλαδή συνολικής ενέργειας πάλι $12,09 \text{ eV}$).

Παραδείγματα:

α) Αν ηλεκτρόνια με ενέργεια 11 eV πέσουν πάνω σε άτομα υδρογόνου που βρίσκονται στη θεμελιώδη κατάσταση, τότε κάποια άτομα υδρογόνου δεν θα απορροφήσουν καθόλου ενέργεια και θα παραμείνουν στη θεμελιώδη κατάσταση, ενώ τα υπόλοιπα θα απορροφήσουν ενέργεια $10,2 \text{ eV}$, θα μεταπηδήσουν στην $n=2$ και, στη συνέχεια, θα επιστρέψουν στην $n=1$ εκπέμποντας φωτόνια ενέργειας $10,2 \text{ eV}$.

Έτσι, το φάσμα εκπομπής του υδρογόνου στην περίπτωση αυτή θα αποτελείται από μία φωτεινή γραμμή που αντιστοιχεί στα φωτόνια των $10,2 \text{ eV}$.

β) Αν ηλεκτρόνια με ενέργεια $12,5 \text{ eV}$ πέσουν πάνω σε άτομα υδρογόνου που βρίσκονται στη θεμελιώδη κατάσταση, τότε κάποια άτομα υδρογόνου δεν θα απορροφήσουν καθόλου ενέργεια και θα παραμείνουν στη θεμελιώδη κατάσταση, κάποια άλλα άτομα θα απορροφήσουν ενέργεια $10,2 \text{ eV}$ και θα μεταπηδήσουν στην $n=2$ (και επιστρέφοντας στην $n=1$ δίνουν φωτόνια των $10,2 \text{ eV}$), ενώ τα υπόλοιπα θα απορροφήσουν ενέργεια $12,09 \text{ eV}$ και θα μεταπηδήσουν στην $n=3$ (και επιστρέφοντας στην $n=1$ δίνουν είτε φωτόνια των $12,09 \text{ eV}$ είτε φωτόνια των $1,89$ και $10,2 \text{ eV}$).

Έτσι, τελικά, θα έχουμε την εκπομπή τριών διαφορετικών ομάδων φωτονίων με ενέργειες $1,89 \text{ eV}$, $10,2 \text{ eV}$ και $12,09 \text{ eV}$. Γι αυτό, στην περίπτωση αυτή, το φάσμα εκπομπής του υδρογόνου θα αποτελείται από τρεις φωτεινές γραμμές που αντιστοιχούν στα φωτόνια των $1,89$, $10,2$ και $12,09 \text{ eV}$.

B. Διέγερση με απορρόφηση ακτινοβολίας

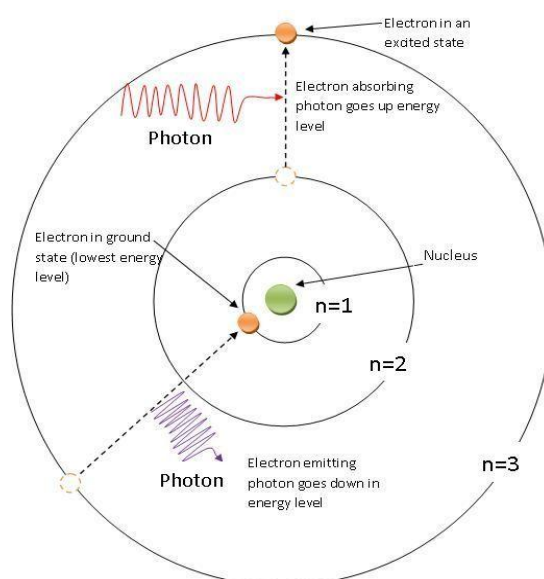
Είδαμε παραπάνω ότι ένα άτομο μπορεί να διεγερθεί κατά τη σύγκρουσή του με κάποιο σωματίδιο, αρκεί το σωματίδιο αυτό να έχει ενέργεια μεγαλύτερη από κάποια τιμή (για παράδειγμα, στο άτομο του υδρογόνου, η τιμή αυτή είναι $10,2 \text{ eV}$).

Ένα άτομο μπορεί να διεγερθεί, όμως, και με απορρόφηση ακτινοβολίας. Η διαφορά της διέγερσης αυτής από τη διέγερση με κρούση, είναι ότι **στη διέγερση με απορρόφηση ακτινοβολίας πρέπει το φωτόνιο να έχει ενέργεια ακριβώς ίση με κάποια διαφορά ενεργειών μεταξύ δύο ενεργειακών σταθμών στο άτομο του υδρογόνου** (π.χ. στο άτομο του υδρογόνου, το φωτόνιο πρέπει να έχει ενέργεια ίση με $10,2 \text{ eV}$, $12,09 \text{ eV}$, $12,75 \text{ eV}$ κλπ).

Αν, για παράδειγμα, ένα φωτόνιο ενέργειας $10,5 \text{ eV}$ πέσει πάνω σε άτομο υδρογόνου που βρίσκεται στη θεμελιώδη κατάσταση, τότε δεν θα προκαλέσει διέγερση του ατόμου.

Αν, όμως, το φωτόνιο έχει ενέργεια ίση με $10,2 \text{ eV}$ (όση, δηλαδή, είναι η διαφορά μεταξύ των καταστάσεων $n=1$ και $n=2$), τότε το άτομο θα απορροφήσει το φωτόνιο, θα μεταπηδήσει στην κατάσταση $n=2$ και θα επανέλθει αμέσως στην $n=1$ εκπέμποντας ένα φωτόνιο που έχει ενέργεια $10,2 \text{ eV}$.

Βλέπουμε, δηλαδή, ότι **όταν το άτομο απορροφά ένα φωτόνιο, στη συνέχεια εκπέμπει ένα φωτόνιο ίδιας συχνότητας**. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο οι φωτεινές γραμμές στο φάσμα εκπομπής ενός αερίου συμπίπτουν με τις σκοτεινές γραμμές στο φάσμα απορρόφησής του.



Σημείωση: Η εκπομπή των δευτερογενών φωτονίων γίνεται προς όλες τις κατευθύνσεις και γι' αυτό τα φωτόνια αυτά δεν καταγράφονται στο φάσμα απορρόφησης.

Τέλος, παρατηρούμε ότι ένα φωτόνιο είτε απορροφάται πλήρως από ένα άτομο είτε δεν απορροφάται καθόλου. Δεν υπάρχει περίπτωση να απορροφηθεί ένα μέρος της ενέργειας του φωτονίου.

Γ. Η επιτυχία και η αποτυχία του προτύπου του Bohr

Το πρότυπο του Bohr υπολογίζει θεωρητικά τις συχνότητες του γραμμικού φάσματος εκπομπής του υδρογόνου μέσω της εξίσωσης
$$f = \frac{E_{\alpha\rho\chi} - E_{\tau\epsilon\lambda}}{h}$$

Οι τιμές των συχνοτήτων που υπολογίζονται από την παραπάνω εξίσωση συμφωνούν με τις τιμές που βρέθηκαν σε πειράματα που έγιναν. Δηλαδή, το πρότυπο του Bohr κατορθώνει να εξηγήσει το γραμμικό φάσμα του υδρογόνου.

Μπορεί, επίσης, να επεκταθεί και σε ιόντα που έχουν ένα μόνο ηλεκτρόνιο (όπως το He^+ και το Li^{2+}) και ονομάζονται **υδρογονοειδή**.

Δεν μπορεί, όμως, να εξηγήσει τα γραμμικά φάσματα των υπόλοιπων ατόμων.

Την εξήγηση των φασμάτων αυτών κατόρθωσε να δώσει μία θεωρία που αναπτύχθηκε αργότερα και ονομάστηκε **κβαντομηχανική**.

2.2 ΑΚΤΙΝΕΣ Χ

Α. Φύση των ακτίνων Χ

Οι ακτίνες Χ είναι αόρατη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, που έχει μήκη κύματος πολύ μικρότερα από τα μήκη κύματος των ορατών ακτινοβολιών.

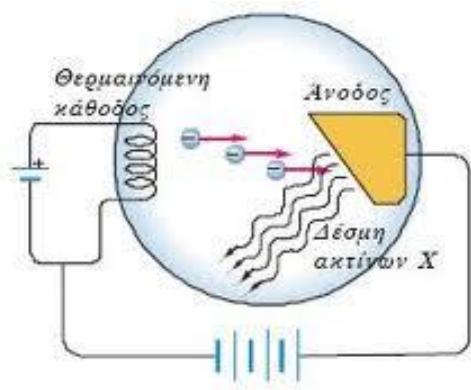
Σημείωση 1: Πιο συγκεκριμένα, το μήκος των ακτίνων Χ είναι 10.000 φορές μικρότερο από τα μήκη κύματος των ορατών ακτινοβολιών και είναι περίπου ίσο με τη διάμετρο ενός ατόμου.

Σημείωση 2: Αφού οι ακτίνες Χ έχουν πολύ μικρά μήκη κύματος, θα έχουν πολύ μεγάλες συχνότητες ($f=c/\lambda$) και, κατά συνέπεια, πολύ μεγάλη ενέργεια ($E=h\cdot f$).

B. Παραγωγή των ακτίνων X

Οι **ακτίνες X** ανακαλύφθηκαν από τον Roentgen κατά τη διάρκεια πειραμάτων, στα οποία επιταχυνόμενα ηλεκτρόνια έπεφταν πάνω σε μεταλλικό στόχο.

Η συσκευή που χρησιμοποιήθηκε αποτελείται από έναν γυάλινο σωλήνα που έχει δύο ηλεκτρόνια, την άνοδο και την κάθοδο.



Στο κύκλωμα υπάρχουν δύο τάσεις: μία χαμηλή τάση V_1 και μία υψηλή τάση V_2 .

Η τάση V_1 θερμαίνει το σύρμα της καθόδου και, έτσι, εκπέμπονται ηλεκτρόνια από αυτήν. (Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία της καθόδου, τόσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των ηλεκτρονίων που εκπέμπονται από αυτήν στη μονάδα του χρόνου)

Η υψηλή τάση V_2 , που εφαρμόζεται μεταξύ ανόδου και καθόδου επιταχύνει τα ηλεκτρόνια που εκπέμπονται από την κάθοδο και, έτσι, αυτά πέφτουν στην άνοδο με μεγάλη ταχύτητα.

Τότε, η άνοδος εκπέμπει μία πολύ διεισδυτική ακτινοβολία που ονομάστηκε ακτίνες X ή ακτίνες Roentgen.

Άρα:

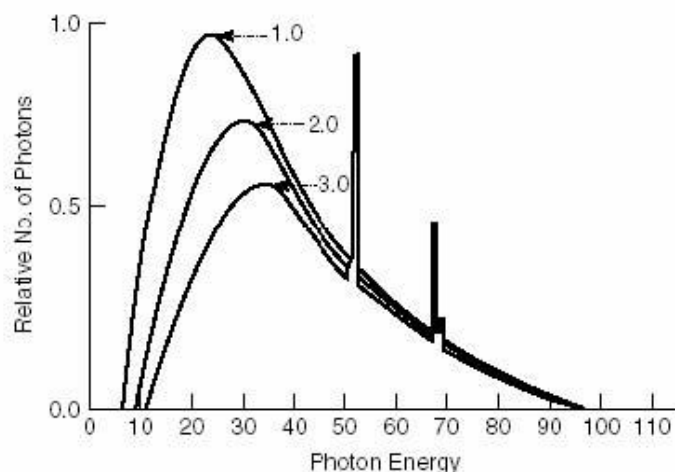
Οι ακτίνες X παράγονται όταν ηλεκτρόνια μεγάλης ταχύτητας, που έχουν επιταχυνθεί από υψηλή τάση, προσπίπτουν σε μεταλλικό στόχο.

Σημείωση 1: Ο γυάλινος σωλήνας περιέχει αέριο σε πολύ χαμηλή πίεση (10^{-7} atm), ώστε να περιορίζονται οι συγκρούσεις των ηλεκτρονίων με τα μόρια του αερίου.

Σημείωση 2: Επειδή στην άνοδο αναπτύσσεται πολύ υψηλή θερμοκρασία, το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένη είναι κάποιο μέταλλο που δεν λιώνει εύκολα (δύστηκτο).

Γ. Φάσμα των ακτίνων Χ

Το φάσμα των ακτίνων Χ είναι σύνθετο. Αποτελείται από ένα συνεχές φάσμα, πάνω στο οποίο εμφανίζονται ορισμένες γραμμές (γραμμικό φάσμα)



i) Γραμμικό φάσμα

Καθώς τα ηλεκτρόνια φτάνουν στην άνοδο συγκρούονται με τα άτομα της (τα οποία, σε αντίθεση με το άτομο του υδρογόνου, περιέχουν πολλά ηλεκτρόνια). Έτσι, τα άτομα της ανόδου διεγείρονται, δηλαδή ένα ηλεκτρόνιο των εσωτερικών στιβάδων του ατόμου μεταπηδά σε άλλη επιτρεπόμενη στιβάδα μεγαλύτερης ενέργειας.

Η κενή θέση που δημιουργείται στην εσωτερική στιβάδα μπορεί να συμπληρωθεί από ένα ηλεκτρόνιο που βρίσκεται σε κάποια εξωτερική στιβάδα. Ξέρουμε, όμως, ότι όταν ένα ηλεκτρόνιο μεταπηδά από μία εξωτερική στιβάδα σε μία εσωτερική, εκπέμπεται ένα φωτόνιο.

Επειδή οι επιτρεπόμενες τιμές ενέργειας του ατόμου είναι καθορισμένες, θα είναι καθορισμένες και οι συχνότητες των φωτονίων που εκπέμπονται. Για το λόγο αυτό, το φάσμα της ακτινοβολίας που εκπέμπουν τα άτομα της ανόδου θα είναι γραμμικό.

Οι γραμμές στο γραμμικό φάσμα των ακτίνων Χ εξαρτώνται από το υλικό της ανόδου.

Σημείωση: Η ενέργεια που απαιτείται για να εκδιωχθεί ένα ηλεκτρόνιο από μία εσωτερική τροχιά ενός πολυηλεκτρονικού ατόμου είναι μεγάλη και, έτσι, θα πρέπει να είναι μεγάλη και η ενέργεια του ηλεκτρονίου που προκαλεί τη διέγερση. Αυτό σημαίνει ότι τα ηλεκτρόνια που πέφτουν πάνω στην άνοδο, πρέπει να έχουν επιταχυνθεί από υψηλή τάση

ii) Συνεχές φάσμα

Καθώς τα ηλεκτρόνια πέφτουν πάνω στην άνοδο, επιβραδύνονται εξαιτίας της κρούσης τους με τα άτομα της ανόδου.

Ξέρουμε, όμως, ότι κάθε επιταχυνόμενο ή επιβραδυνόμενο σωματίδιο εκπέμπει ακτινοβολία, δηλαδή φωτόνια. Η ενέργεια του εκπεμπόμενου φωτονίου είναι ίση με την απώλεια της κινητικής ενέργειας του ηλεκτρονίου κατά την κρούση.

$$\text{Δηλαδή: } E_{\text{φωτ}} = K_{\text{αρχ}} - K_{\text{τελ}} \Rightarrow h \cdot f = K_{\text{αρχ}} - K_{\text{τελ}}$$

Το ηλεκτρόνιο, όμως, μπορεί να χάσει σε μία κρούση όλη την κινητική ενέργεια που είχε ή οποιοδήποτε μέρος αυτής. Αυτό σημαίνει ότι και τα φωτόνια που θα εκπέμπονται μπορούν να έχουν οποιαδήποτε τιμή ενέργειας η οποία, προφανώς, θα είναι μικρότερη ή ίση της αρχικής κινητικής ενέργειας του ηλεκτρονίου.

Άρα, **το φάσμα της ακτινοβολίας αυτής είναι συνεχές.**

iii) Το μικρότερο μήκος κύματος

Είδαμε, παραπάνω, ότι η ενέργεια των εκπεμπόμενων φωτονίων στο συνεχές φάσμα των ακτίνων Χ είναι μικρότερη ή ίση της κινητικής ενέργειας $K_{\text{αρχ}}$ που έχει το ηλεκτρόνιο όταν πέφτει πάνω στην άνοδο (αυτό συμβαίνει επειδή η ενέργεια κάθε εκπεμπόμενου φωτονίου προέρχεται από την κινητική ενέργεια ενός ηλεκτρονίου και, έτσι, δεν μπορεί να την ξεπεράσει).

Η κινητική ενέργεια $K_{\text{αρχ}}$ του ηλεκτρονίου όταν συναντά την άνοδο είναι ίση με την ενέργεια που του προσφέρει το ηλεκτρικό πεδίο που το επιταχύνει και, η οποία, είναι ίση με $e \cdot V$ (όπου e είναι το στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο και V η τάση που επιταχύνει το ηλεκτρόνιο).

Άρα, **η μέγιστη τιμή της ενέργειας ενός φωτονίου στο συνεχές φάσμα των ακτίνων Χ είναι ίση με $E_{\text{max}} = K_{\text{αρχ}} = e \cdot V$** (αυτό συμβαίνει όταν $K_{\text{τελ}} = 0$, δηλαδή όταν ολόκληρη η κινητική ενέργεια που έχει το ηλεκτρόνιο όταν συγκρούεται με την άνοδο χάνεται σε μία μόνο κρούση).

Αυτή η μέγιστη τιμή της ενέργειας αντιστοιχεί σε μία μέγιστη τιμή της συχνότητας (σύμφωνα με τη σχέση $E = h \cdot f$) και σε μία ελάχιστη τιμή του μήκους κύματος (σύμφωνα με τη σχέση $\lambda = c/f$).

$$\text{Άρα: } E_{\text{max}} = e \cdot V \Rightarrow h \cdot f_{\text{max}} = e \cdot V \Rightarrow f_{\text{max}} = \frac{e \cdot V}{h} \Rightarrow \frac{c}{\lambda_{\text{min}}} = \frac{e \cdot V}{h} \Rightarrow \lambda_{\text{min}} = \frac{h \cdot c}{e \cdot V}$$

Παρατηρούμε ότι το ελάχιστο μήκος κύματος ($\lambda_{\min}$) εξαρτάται μόνο από την τάση που εφαρμόζεται μεταξύ ανόδου και καθόδου (και, πιο συγκεκριμένα, είναι αντιστρόφως ανάλογο προς αυτήν).

Δ. Απορρόφηση των ακτίνων Χ

Όταν οι ακτίνες Χ περνούν μέσα από οποιοδήποτε υλικό, τότε ένα μέρος της ακτινοβολίας απορροφάται από το υλικό. Η απορρόφηση της ακτινοβολίας εξαρτάται από τη φύση του υλικού, το πάχος του υλικού και το μήκος κύματος της ακτινοβολίας.

- Η απορρόφηση των ακτίνων Χ αυξάνεται όσο αυξάνεται ο ατομικός αριθμός Z των ατόμων του υλικού.

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

- Η απορρόφηση των ακτίνων Χ αυξάνεται όσο αυξάνεται το πάχος του υλικού.
- Η απορρόφηση των ακτίνων Χ αυξάνεται όσο αυξάνεται το μήκος κύματός τους.

Οι ακτίνες Χ που έχουν μικρό μήκος κύματος (δηλαδή μεγάλη συχνότητα) παθαίνουν μικρή απορρόφηση. Άρα, είναι περισσότερο διεισδυτικές και ονομάζονται σκληρές ακτίνες Χ. Αντίθετα, οι ακτίνες Χ που έχουν μεγάλο μήκος κύματος (δηλαδή μικρή συχνότητα) παθαίνουν μεγάλη απορρόφηση. Έτσι, είναι λιγότερο διεισδυτικές και ονομάζονται μαλακές ακτίνες Χ.

Ε. Χρήσεις των ακτίνων Χ

i) Ακτινογραφία-ακτινοσκόπηση

Τα οστά περιέχουν στοιχεία μεγάλου ατομικού αριθμού (ασβέστιο, φώσφορος) και, έτσι, απορροφούν τις ακτίνες Χ περισσότερο από ό,τι οι ιστοί, οι οποίοι περιέχουν στοιχεία μικρότερου ατομικού αριθμού (άνθρακας, οξυγόνο, υδρογόνο, άζωτο).

Έτσι, αν τοποθετηθεί ένας άνθρωπος μεταξύ μιας πηγής ακτίνων Χ και μιας φωτογραφικής πλάκας, οι ακτίνες Χ θα περνάνε μέσα από τον άνθρωπο και άλλες θα απορροφούνται περισσότερο και άλλες λιγότερο.

Αυτές που περνάνε μέσα από τα οστά του ανθρώπου θα απορροφούνται περισσότερο και, έτσι, στη φωτογραφική πλάκα θα φτάνει μικρό ποσοστό από τις ακτίνες αυτές και η πλάκα δεν θα μαυρίζει.

Αντίθετα, αυτές που περνάνε μέσα από τους ιστούς του ανθρώπου θα απορροφούνται λιγότερο και, έτσι, στην πλάκα θα φτάνει μεγάλο ποσοστό από τις ακτίνες αυτές και η πλάκα θα μαυρίζει.

ii) Αξονική τομογραφία

Στην αξονική τομογραφία, οι ακτίνες Χ διαπερνούν το ανθρώπινο σώμα και, όταν, εξέρχονται από την άλλη πλευρά του σώματος, ειδικοί ανιχνευτές μετράνε την απορρόφηση που υπέστησαν.

Η συσκευή περιστρέφεται γύρω από το ανθρώπινο σώμα και, έτσι, παίρνουμε μετρήσεις από διαφορετικές γωνίες.

Με αυτόν τον τρόπο μπορούν να ανιχνευθούν όγκοι ή άλλες ανωμαλίες που είναι πολύ μικροί και δεν μπορούν να ανιχνευθούν με την απλή ακτινογραφία.

iii) Στη βιομηχανία

Οι ακτίνες Χ χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία για να διαπιστωθεί η ύπαρξη ελαττωμάτων στο εσωτερικό των μεταλλικών αντικειμένων.

Τα ελαττωματικά σημεία εντοπίζονται από το γεγονός ότι προκαλούν μικρότερη απορρόφηση.

ΣΤ. Βιολογικές βλάβες που προκαλούν οι ακτίνες Χ

Οι ακτίνες Χ, όταν απορροφούνται από τους ιστούς του ανθρώπινου σώματος, διασπούν τους μοριακούς δεσμούς και δημιουργούν ενεργές ελεύθερες ρίζες, οι οποίες μπορούν να διαταράξουν τη μοριακή δομή του DNA.

Αν οι αλλαγές στο DNA αφορούν γονίδια που ελέγχουν το ρυθμό πολλαπλασιασμού των κυττάρων, οι ακτίνες Χ μπορεί να προκαλέσουν καρκίνο.

Η υπερβολική έκθεση ενός οργανισμού σε ακτίνες Χ μπορεί να προκαλέσει μεταβολές στα γενετικά κύτταρα. Στην περίπτωση αυτή, ο οργανισμός αυτός μπορεί να μην εμφανίσει κάποια βλάβη, αλλά θα επηρεαστούν οι απόγονοί του.

Για τους παραπάνω λόγους καταλαβαίνουμε ότι η χρήση των ακτίνων Χ πρέπει να γίνεται με προσοχή.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΣΕΩΣ

1. Διεγερμένα άτομα υδρογόνου βρίσκονται σε κατάσταση που αντιστοιχεί σε κύριο κβαντικό αριθμό $n=4$. Να βρείτε το πλήθος των γραμμών του φάσματος εκπομπής του υδρογόνου.
2. Ένα άτομο υδρογόνου μεταβαίνει από την κατάσταση $n=3$ στην κατάσταση $n=2$. Κατά τη μετάβαση αυτή εκπέμπονται δύο φωτόνια.
Α) Ποια σχέση συνδέει τις συχνότητες των φωτονίων αυτών με τη συχνότητα του ενός μόνο φωτονίου που εκπέμπεται κατά τη μετάβαση του ατόμου από την κατάσταση $n=3$ απευθείας στη θεμελιώδη;
Β) Ποια σχέση συνδέει τα μήκη κύματος των φωτονίων αυτών;
3. Να αποδείξετε ότι όταν το άτομο του υδρογόνου μεταβαίνει από οποιαδήποτε διεγερμένη κατάσταση στη θεμελιώδη εκπέμπει υπεριώδη ακτινοβολία.
4. Να αποδείξετε ότι όταν το άτομο του υδρογόνου μεταβαίνει από οποιαδήποτε διεγερμένη κατάσταση με $n>2$ στην επίσης διεγερμένη κατάσταση με $n=2$, εκπέμπει ορατή ακτινοβολία.
5. Να αποδείξετε ότι όταν το άτομο του υδρογόνου μεταβαίνει από οποιαδήποτε διεγερμένη κατάσταση με $n>3$ στην επίσης διεγερμένη κατάσταση με $n=3$ εκπέμπει υπέρυθη ακτινοβολία.
6. Να αποδείξετε ότι η ταχύτητα v , την οποία αποκτά ένα ηλεκτρόνιο όταν επιταχύνεται σε συσκευή παραγωγής ακτίνων Χ, είναι ανάλογη προς την τετραγωνική ρίζα της τάσης μεταξύ ανόδου και καθόδου.
7. Ποια είναι η επί τοις εκατό μεταβολή που θα υποστεί το ελάχιστο μήκος κύματος ($\lambda_{\min}$) του συνεχούς φάσματος των ακτίνων Χ, αν τετραπλασιάσουμε την εφαρμοζόμενη τάση μεταξύ ανόδου και καθόδου;
8. Πώς πρέπει να μεταβάλλουμε την τάση μεταξύ ανόδου και καθόδου σε μια συσκευή παραγωγής ακτίνων Χ, ώστε οι παραγόμενες ακτίνες να γίνουν πιο διεισδυτικές;

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Όταν το άτομο του υδρογόνου βρίσκεται στη θεμελιώδη κατάσταση έχει ενέργεια $E_1 = -13,6 \text{ eV}$. Κάποια στιγμή το ηλεκτρόνιο του απορροφά ενέργεια και μεταπηδά στη δεύτερη διεγερμένη κατάσταση. Στη συνέχεια, επιστρέφει απευθείας στη θεμελιώδη κατάσταση εκπέμποντας ένα φωτόνιο. Να υπολογίσετε το μήκος κύματος του φωτονίου.
Δίνονται: $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/sec}$ και $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.sec}$
2. Ένα άτομο υδρογόνου που βρίσκεται στη θεμελιώδη κατάσταση απορροφά ενέργεια $12,75 \text{ eV}$.
Α) Σε ποια διεγερμένη κατάσταση μεταπηδά;
Β) Να υπολογίσετε το μήκος κύματος του φωτονίου που θα εκπέμψει το άτομο, όταν το ηλεκτρόνιο επιστρέψει στη θεμελιώδη τροχιά με ένα άλμα.
Δίνονται: $E_1 = -13,6 \text{ eV}$ $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.sec}$ και $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/sec}$
3. Από ποια διεγερμένη τροχιά του ατόμου υδρογόνου προέρχονται τα ηλεκτρόνια τα οποία, κατά τη μεταπήδησή τους στη $n=2$, αποδίδουν φωτόνια με μήκος κύματος $\lambda = 656 \text{ nm}$;
Δίνονται: $E_1 = -13,6 \text{ eV}$ $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.sec}$ και $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/sec}$
4. Να υπολογίσετε το μέγιστο μήκος κύματος που πρέπει να έχει ένα φωτόνιο για να προκαλέσει ιονισμό ενός ατόμου υδρογόνου που βρίσκεται στη θεμελιώδη κατάσταση.
Δίνονται: $E_1 = -13,6 \text{ eV}$ $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.sec}$ και $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/sec}$
5. Ένα άτομο υδρογόνου διεγείρεται κατά τη σύγκρουσή του με ένα ηλεκτρόνιο. Κατά την επαναφορά του στη θεμελιώδη κατάσταση εκπέμπεται ένα φωτόνιο με μήκος κύματος 444 nm . Να υπολογίσετε την ελάχιστη ταχύτητα που πρέπει να έχει το ηλεκτρόνιο για να προκαλέσει τη διέγερση αυτή.
Δίνονται: $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.sec}$ $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/sec}$ $m_e = 9 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
6. Ένα άτομο υδρογόνου που βρίσκεται στη θεμελιώδη κατάσταση συγκρούεται με ένα ηλεκτρόνιο ενέργειας $10,65 \text{ eV}$ και διεγείρεται στην πρώτη διεγερμένη κατάσταση.
Α) Ποια ταχύτητα έχει το ηλεκτρόνιο μετά τη σύγκρουσή του με το άτομο;
Β) Να υπολογίσετε το μήκος κύματος του φωτονίου που εκπέμπεται όταν το άτομο επανέρχεται στη θεμελιώδη κατάσταση.
Δίνονται: $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.sec}$ $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/sec}$ $m_e = 9 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ $E_1 = -13,6 \text{ eV}$

7. Ηλεκτρόνια επιταχύνονται από διαφορά δυναμικού $V=12,5 \text{ V}$ και, στη συνέχεια, συγκρούονται με άτομα υδρογόνου που βρίσκονται στη θεμελιώδη κατάσταση.

Α) Μέχρι ποια κατάσταση διεγείρονται τα άτομα υδρογόνου;

Β) Να σχεδιάσετε το διάγραμμα των ενεργειακών σταθμών στο άτομο του υδρογόνου, στο οποίο να φαίνονται οι δυνατοί τρόποι μετάβασης του ατόμου στη θεμελιώδη κατάσταση

Γ) Να υπολογίσετε το μεγαλύτερο από τα μήκη κύματος που εκπέμπονται όταν τα άτομα επιστρέφουν στη θεμελιώδη κατάσταση.

Δίνονται : $h=6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{sec}$ $c_0=3 \cdot 10^8 \text{ m/sec}$ $E_1=-13,6 \text{ eV}$

8. Ηλεκτρόνια που επιταχύνονται από διαφορά δυναμικού συγκρούονται με άτομα υδρογόνου που βρίσκονται στη θεμελιώδη κατάσταση ($E_1=-13,6 \text{ eV}$). Τα άτομα διεγείρονται και εκπέμπουν γραμμικό φάσμα που αποτελείται από τρεις γραμμές.

Ποια είναι η ελάχιστη και ποια η μέγιστη κινητική ενέργεια που πρέπει να έχουν τα ηλεκτρόνια που προκάλεσαν τη διέγερση των ατόμων υδρογόνου;

9. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το διάγραμμα των ενεργειακών σταθμών ενός υποθετικού ατόμου που έχει ένα μόνο ηλεκτρόνιο και βρίσκεται στη θεμελιώδη κατάσταση.

$n=4$ _____ $E_4=-2 \text{ eV}$

$n=3$ _____ $E_3=-5 \text{ eV}$

$n=2$ _____ $E_2=-10 \text{ eV}$

$n=1$ _____ $E_1=-20 \text{ eV}$

Α) Ποια είναι η ενέργεια ιονισμού του ατόμου;

Β) Ποια είναι η ελάχιστη ενέργεια διέγερσης του ατόμου;

Γ) Ένα φωτόνιο ενέργειας 15 eV απορροφάται από το άτομο και το διεγείρει. Ποιες είναι οι συχνότητες των φωτονίων που μπορεί να εκπέμψει το άτομο καθώς επιστρέφει στη θεμελιώδη κατάσταση;

Δ) Τι θα συμβεί όταν ένα φωτόνιο ενέργειας 12 eV πέσει πάνω στο άτομο;

Δίνεται : $h=6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{sec}$

- 10.** Οι τέσσερις πρώτες ενεργειακές στάθμες ενός υποθετικού ατόμου είναι : $E_1=-10,5 \text{ eV}$, $E_2=-5,5 \text{ eV}$, $E_3=-3,5 \text{ eV}$ και $E_4=-1 \text{ eV}$. Μία μεγάλη ποσότητα των παραπάνω ατόμων βομβαρδίζεται με ηλεκτρόνια. Έτσι, διεγείρονται και εκπέμπουν ακτινοβολία. Από πόσες γραμμές θα αποτελείται το φάσμα της ακτινοβολίας αυτής, αν τα ηλεκτρόνια που προκάλεσαν τη διέγερση των ατόμων είχαν ενέργεια α) 4 eV β) 6 eV γ) 8 eV και δ) $9,5 \text{ eV}$.
- 11.** Όταν το ηλεκτρόνιο ενός ατόμου μεταβαίνει από τη $n=3$ στη $n=2$ εκπέμπεται ένα φωτόνιο με μήκος κύματος $\lambda_1=240 \text{ nm}$.