

ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ

Πρώτοι οι αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι διατύπωσαν μία “ ατομική θεωρία “

Ο Λεύκιππος και ο Δημόκριτος υποστήριξαν ότι η ύλη αποτελείται από **άτομα** .

Θεώρησαν ότι αυτά τα άτομα διαφέρουν στο σχήμα και το μέγεθος, ότι είναι άφθαρτα, πάρα πολλά και σε διαρκή κίνηση . Είπαν ότι όταν ενώνονται με άλλα άτομα δημιουργούν υλικά και αντίστροφα

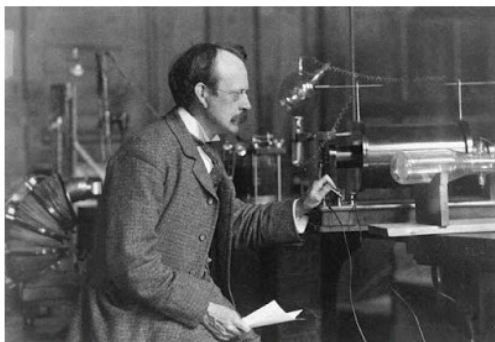


Η θεωρία τους καταπολεμήθηκε από τον Πλάτωνα και τον Αριστοτέλη

Πολλούς αιώνες μετά , στις αρχές του 19ου αιώνα, ο Dalton επαναφέρει την ατομική θεωρία, και εξηγεί με αυτήν τους νόμους της χημείας

- Τα στοιχεία αποτελούνται από εξαιρετικά μικρά σωματίδια που ονομάζονται άτομα.
- Τα άτομα ενός συγκεκριμένου στοιχείου είναι ίδια σε μέγεθος, μάζα, και άλλες ιδιότητες. Τα άτομα διαφορετικών στοιχείων διαφέρουν σε μέγεθος, μάζα, και άλλες ιδιότητες.
- Τα άτομα δεν μπορούν να υποδιαιρεθούν, να δημιουργηθούν ή να καταστραφούν.
- Άτομα διαφορετικών στοιχείων συνδυάζονται σε απλές ακέραιες αναλογίες για να σχηματίσουν χημικές ενώσεις.
- Στις χημικές αντιδράσεις, τα άτομα συνδυάζονται, διαχωρίζονται, ή αναδιατάσσονται.

Στο τέλος του δέκατου ένατου αιώνα ο Thomson ανακαλύπτει το ηλεκτρόνιο



Ο Sir John Joseph Thomson εκτελεί το πείραμα στο εργαστήριο του Cavendish του πανεπιστημίου του Cambridge

Συγκεκριμένα
υπολόγισε τον λόγο
 e/m για το
ηλεκτρόνιο

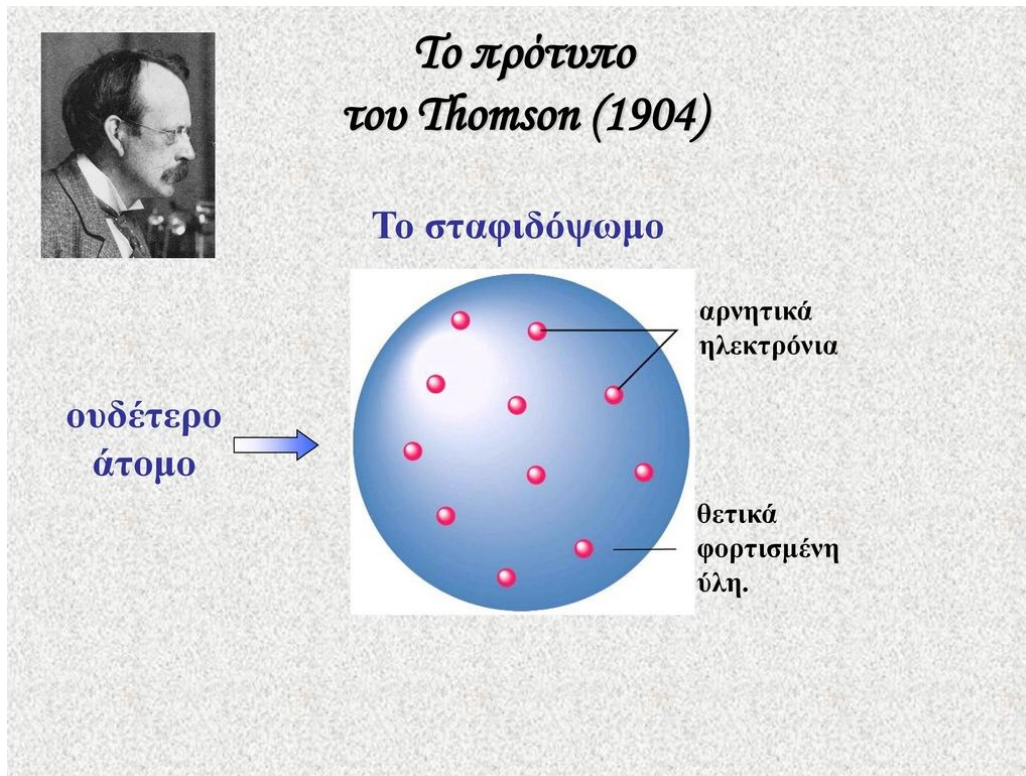
Για την εργασία του ο Thomson τιμήθηκε με το βραβείο Νόμπελ.

(αργότερα ο Millikan υπολόγισε το στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο)

Προέκυψε λοιπόν το ερώτημα :

Πώς είναι το εσωτερικό του ατόμου; Πώς κατανέμονται η μάζα και το φορτίο του;

ΠΡΟΤΥΠΟ του Thomson

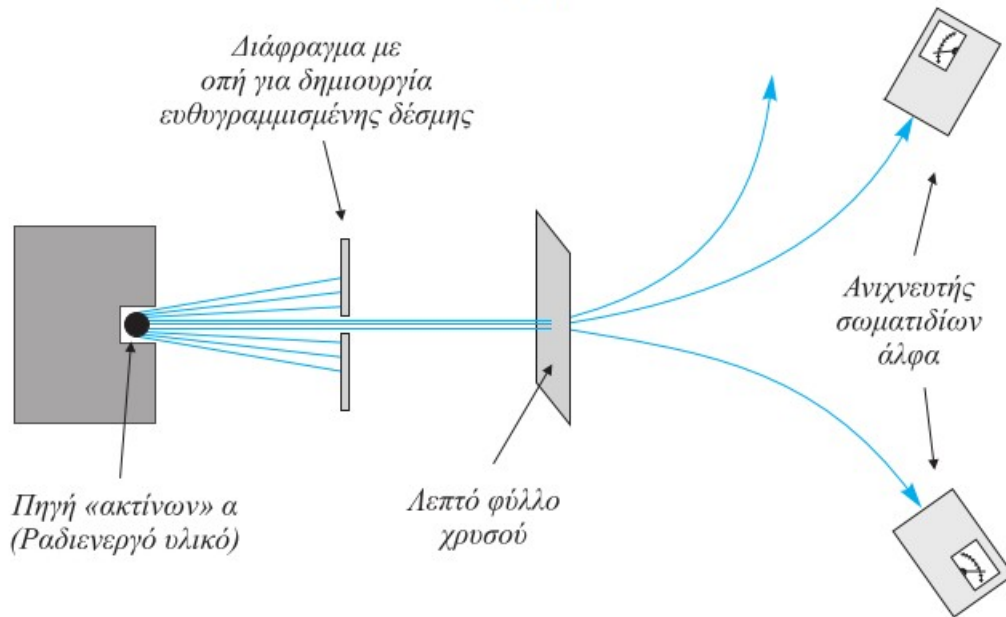


Ο Thomson (Τόμσον) πρότεινε ένα πρότυπο σύμφωνα με το οποίο το άτομο αποτελείται από μια σφαίρα θετικού φορτίου, ομοιόμορφα κατανεμημένου, μέσα στο οποίο είναι ενσωματωμένα τα ηλεκτρόνια, όπως οι σταφίδες μέσα σε ένα σφαιρικό σταφιδόψωμο.

Το 1909 ο Rutherford εκτελεί ένα από τα γνωστότερα και ωραιότερα πειράματα φυσικής και αποδεικνύει ότι το πρότυπο του Thomson είναι λάθος

[Phet Colorado](#)

Το πείραμα



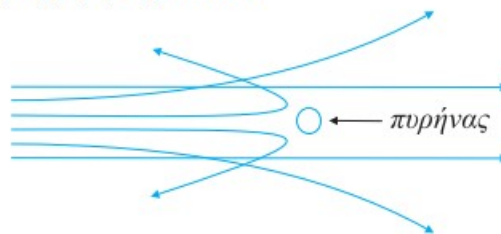
1

... το αποτέλεσμα

Ένα αξιοσημείωτο ποσοστό των σωματιδίων της δέσμης σκεδάζονται σε μεγάλες γωνίες που φτάνουν μέχρι και τις 180° (πλήρης οπισθοσκέδαση).

... και η εξήγηση

Η σκέδαση σε μεγάλες γωνίες οφείλεται στην ύπαρξη ενός μαζικού μικροσκοπικού πυρήνα που παραμένει ακίνητος καθώς τον πλησιάζουν τα σωματίδια α και μπορεί έτσι να ασκήσει πάνω τους μια μεγάλη απωστική δύναμη ικανή να τα εκτρέψει αισθητά από την ευθύγραμμη τροχιά τους.



2

ΠΡΟΤΥΠΟ του Rutherford ή πλανητικό μοντέλο

Το άτομο αποτελείται από μία πολύ μικρή περιοχή στην οποία είναι συγκεντρωμένο όλο το θετικό φορτίο και σχεδόν όλη η μάζα του ατόμου. Η περιοχή αυτή ονομάζεται πυρήνας. Ο πυρήνας περιβάλλεται από ηλεκτρόνια. Τα ηλεκτρόνια πρέπει να κινούνται γύρω από τον πυρήνα σε κυκλικές τροχιές, όπως οι πλανήτες γύρω από τον Ήλιο, γιατί, αν ήταν ακίνητα, θα έπεφταν πάνω στον πυρήνα εξαιτίας της ηλεκτρικής έλξης που δέχονται από αυτόν.

ΠΡΟΤΥΠΟ του Bohr

- α. Το ηλεκτρόνιο του ατόμου του υδρογόνου περιφέρεται γύρω από το θετικά φορτισμένο πυρήνα με την επίδραση της δύναμης Coulomb που δέχεται από αυτόν (σχήμα 4.1-14).
- β. Το ηλεκτρόνιο μπορεί να κινείται μόνο σε ορισμένες τροχιές, οι οποίες ονομάζονται **επιτρεπόμενες τροχιές**. Οι επιτρεπόμενες τροχιές είναι εκείνες για τις οποίες ισχύει ότι η στροφορμή του ηλεκτρονίου είναι κβαντωμένη και ίση με ακέραιο πολλαπλάσιο της ποσότητας $\hbar = h/2\pi$, όπου h είναι η σταθερά του Planck. Το μέτρο της στροφορμής του ηλεκτρονίου δίνεται από την εξίσωση:

$$L = mvr$$

όπου m είναι η μάζα του ηλεκτρονίου, v είναι το μέτρο της ταχύτητάς του και r η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς του. Εφαρμόζοντας τη συνθήκη σύμφωνα με την οποία η στροφορμή του ηλεκτρονίου είναι κβαντωμένη, έχουμε :

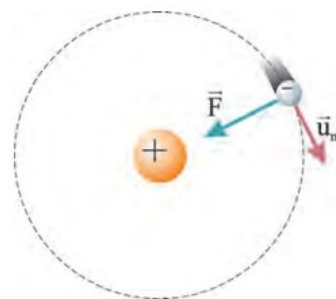
$$mvr = n \frac{h}{2\pi} = n \hbar, \quad n=1, 2, 3, \dots, \infty \quad (4.1)$$

- γ. Όταν το ηλεκτρόνιο κινείται σε ορισμένη επιτρεπόμενη τροχιά, δεν εκπέμπει ακτινοβολία. Η παραδοχή αυτή έρχεται σε αντίθεση με την ηλεκτρομαγνητική θεωρία σύμφωνα με την οποία το ηλεκτρόνιο θα έπρεπε να ακτινοβολεί συνεχώς ενέργεια, να διαγράφει σπειροειδή τροχιά με διαρκώς μειούμενη ακτίνα και τελικά να πέφτει στον πυρήνα.
- δ. Όταν το ηλεκτρόνιο μεταπηδήσει από μία επιτρεπόμενη τροχιά σε άλλη μικρότερης ενέργειας, τότε εκπέμπεται ένα φωτόνιο με ενέργεια ίση με τη διαφορά μεταξύ της αρχικής και της τελικής του ενέργειας. Αν E_α είναι η ενέργεια του ατόμου πριν από τη μετάβαση, E_τ η ενέργεια μετά τη μετάβαση και hf η ενέργεια του εκπεμπόμενου φωτονίου, τότε ισχύει:

$$E_\alpha - E_\tau = hf \quad (4.2)$$

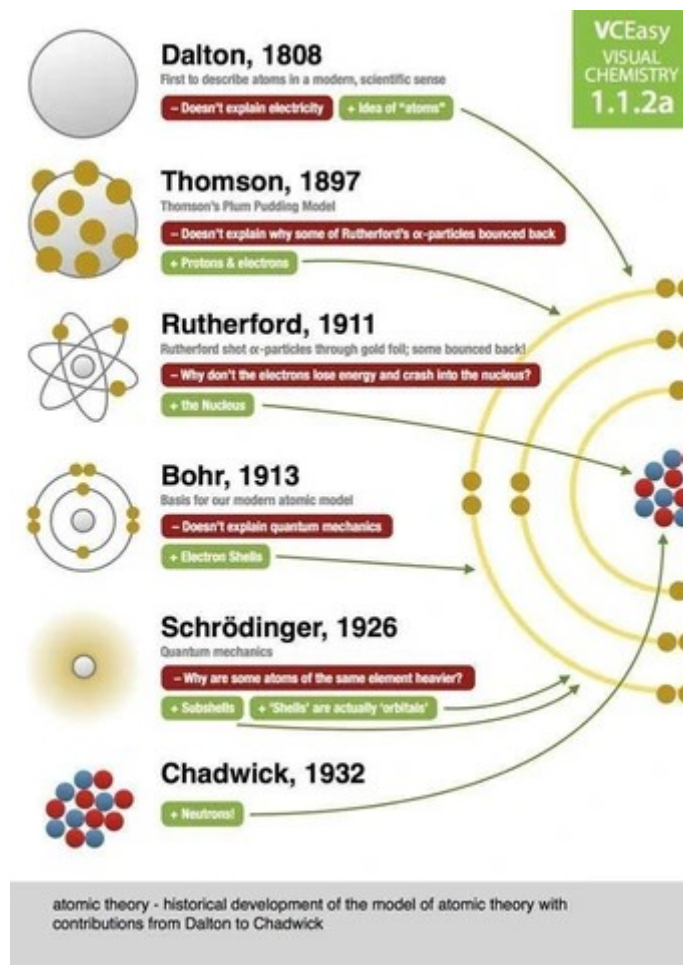
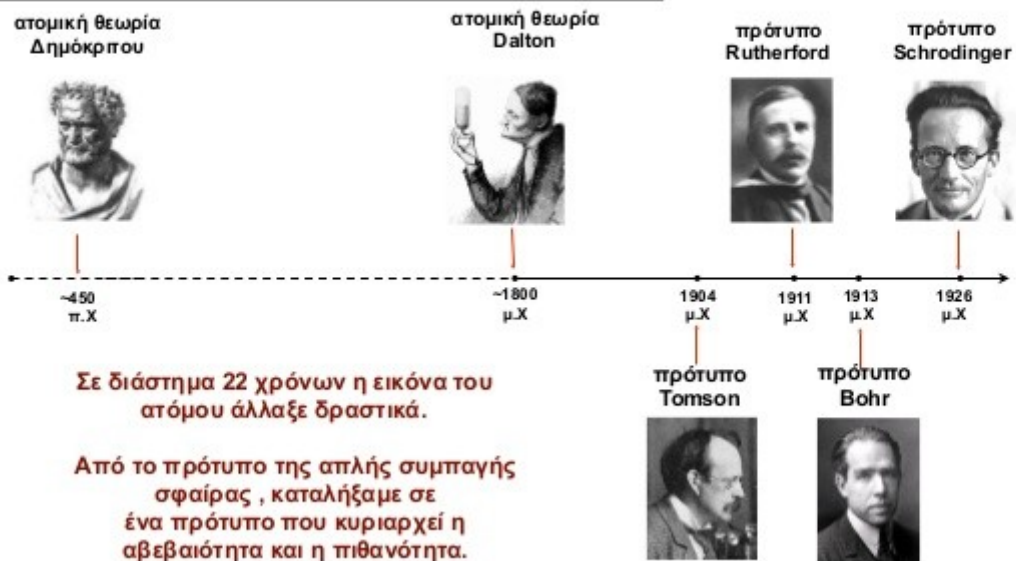


Ο Δανός φυσικός Niels Bohr (1885-1962). Τιμήθηκε με το βραβείο Nobel Φυσικής το 1922 για την έρευνά του στη δομή των ατόμων. **Εικόνα 4.1-13**



Άτομο του υδρογόνου. Το πρωτόνιο θεωρείται ακίνητο. Η δύναμη Coulomb F προκαλεί την απαιτούμενη κεντρομόλο επιτάχυνση. Το ηλεκτρόνιο λοιπόν περιφέρεται με ταχύτητα v_n σε επιτρεπόμενη τροχιά ακτίνας r_n , ώστε να ισχύει: $mvr = n\hbar$ **Εικόνα 4.1-14**

Η χρονική εξέλιξη της δομής του ατόμου



Επιτρεπόμενες τροχιές και τιμές ενέργειας

Κάνοντας κάποιους συλλογισμούς και πράξεις , ξεκινώντας από τις συνθήκες του Bohr και χρησιμοποιώντας βασική κλασική φυσική , καταλήγουμε σε κάποια συμπεράσματα όπως:

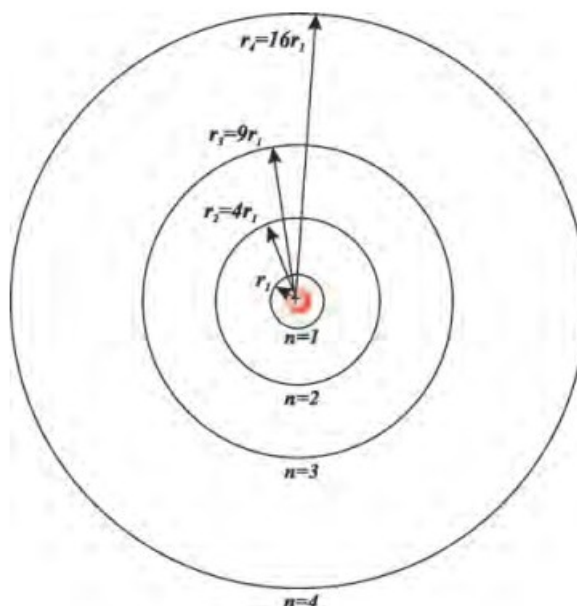
Ολική ενέργεια ηλεκτρονίου $E = -K e^2/2r$

Μικρότερη ακτίνα επιτρεπόμενης τροχιάς = ακτίνα Bohr $= r_1 = 0.53 \cdot 10^{-10} \text{ m} \sim 0.5 \text{ \AA}$

$$r_n = n^2 r_1 \quad \text{Επιτρεπόμενες τροχιές}$$

$$E_n = \frac{E_1}{n^2} \quad \text{Επιτρεπόμενες τιμές ενέργειας}$$

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



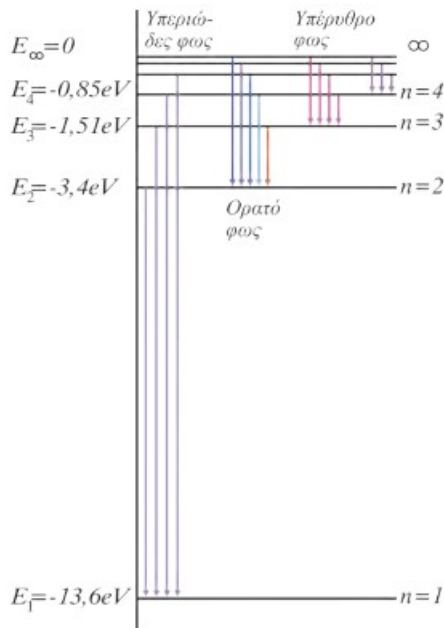
Επιτρεπόμενες τροχιές του ηλεκτρονίου στο πρότυπο του Bohr για το άτομο του υδρογόνου.

Εικόνα 4.1-15

Το ηλεκτρονιοβόλτ (eV)

Το ηλεκτρονιοβόλτ είναι η ενέργεια που μεταβιβάζεται σε ένα ηλεκτρόνιο, όταν αυτό επιταχύνεται μέσω διαφοράς δυναμικού 1V.
 $1\text{eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$

4.2 ΔΙΑΚΡΙΤΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΣΤΑΘΜΕΣ



Διάγραμμα ενεργειακών σταθμών του ατόμου του υδρογόνου. Οι μεταβάσεις των ηλεκτρονίων από μία τροχιά σε άλλη συμβολίζονται με κατακόρυφα βέλη.

Ενεργειακές στάθμες ονομάζονται

οι επιτρεπόμενες τιμές της ενέργειας του υδρογόνου και κάθε ατόμου.

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

Η κατάσταση με τη χαμηλότερη ενέργεια ονομάζεται η **θεμελιώδης** και όλες οι άλλες ονομάζονται **διεγερμένες**

Διέγερση ατόμου

Η μετάβαση ενός ηλεκτρονίου του ατόμου από μία τροχιά χαμηλής ενέργειας σε άλλη υψηλότερης ενέργειας ονομάζεται **διέγερση του ατόμου**. Η ενέργεια που απαιτείται για τη διέγερση του ατόμου ονομάζεται **ενέργεια διέγερσης**.

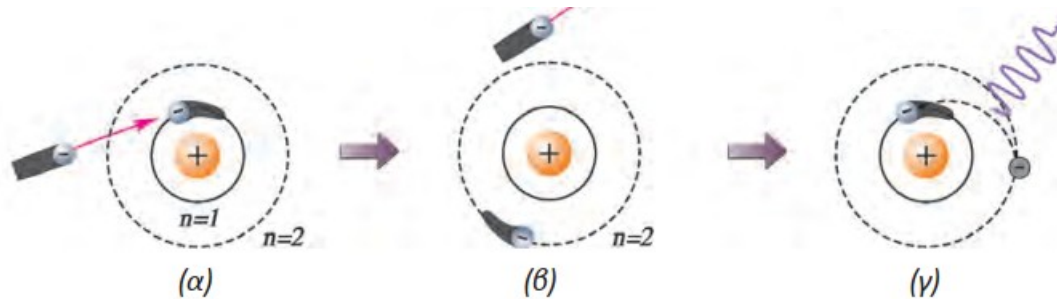
Ιονισμός ατόμου

Θετικό ιόν. Η απομάκρυνση ενός ηλεκτρονίου του ατόμου σε περιοχή εκτός του ηλεκτρικού πεδίου του πυρήνα ονομάζεται **ιονισμός του ατόμου**. Η ελάχιστη ενέργεια που απαιτείται, για

Η ενέργεια ιονισμού είναι ίση με $E_{\text{ion}} = E_\infty - E_1 = 0 - (-13,6) = 13,6 \text{ eV}$

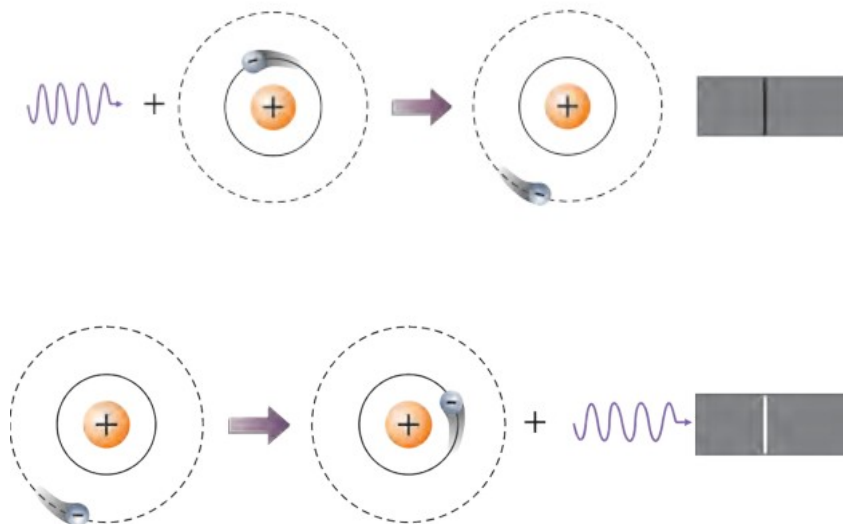
ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΦΩΤΟΝΙΩΝ

Διέγερση με κρούση



Όταν ένα σωματίδιο (ηλεκτρόνιο, ιόν, άτομο) συγκρουστεί με ένα άτομο υδρογόνου, τότε το υδρογόνο μπορεί να απορροφήσει ικανή ποσότητα ενέργειας και να διεγερθεί. Μετά από λίγο θα αποδιεγερθεί εκπέμποντας ένα φωτόνιο.

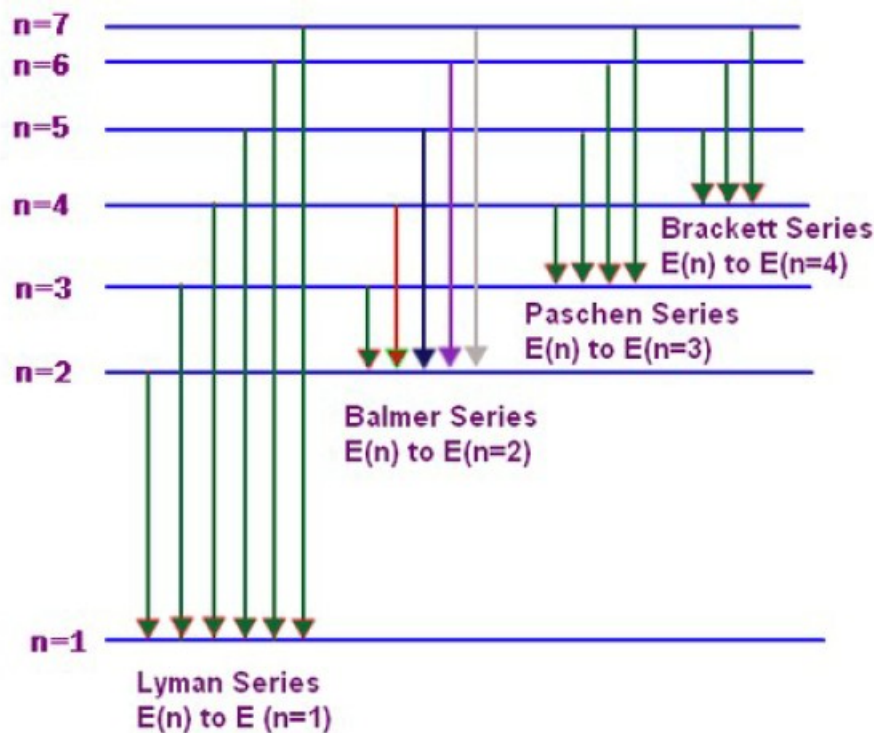
Διέγερση με απορρόφηση ακτινοβολίας



Όταν ακτινοβολία πέσει πάνω σε ένα άτομο υδρογόνου, τότε το υδρογόνο μπορεί να απορροφήσει ένα φωτόνιο που έχει τόσο ακριβώς ενέργεια όση χρειάζεται για να διεγερθεί. Μετά από λίγο θα αποδιεγερθεί εκπέμποντας ένα φωτόνιο με την ίδια ενέργεια.

Αυτός είναι ο λόγος που το φάσμα εκπομπής παρουσιάζει μια φωτεινή γραμμή στη θέση της σκοτεινής γραμμής του φάσματος απορρόφησης.

Διάγραμμα ενεργειακών σταθμών ατόμου Υδρογόνου



ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

1. Ένα άτομο υδρογόνου βρίσκεται στην θεμελιώδη κατάσταση ($n=1$), όπου η ενέργειά του είναι $-13,6 \text{ eV}$.
 - α) Να υπολογίσετε την ενέργειά του στην πρώτη διεγερμένη κατάσταση ($n=2$)
 - β) Να υπολογίσετε την ενέργειά του στην δεύτερη διεγερμένη κατάσταση ($n=3$)
 - γ) Να υπολογίσετε την ενέργειά του στην τρίτη διεγερμένη κατάσταση ($n=4$)
 - δ) Πόση ενέργεια απαιτείται για να μεταβεί από την θεμελιώδη κατάσταση, στην κατάσταση με $n=2$;
 - ε) Πόση ενέργεια απαιτείται για να μεταβεί από την θεμελιώδη κατάσταση, στην κατάσταση με $n=3$;
 - στ) Πόση ενέργεια απαιτείται για να ιονισθεί;
 - ζ) Ένα σωματίδιο με κινητική ενέργεια $K=11\text{eV}$, συγκρούεται με το άτομο υδρογόνου, με αποτέλεσμα αυτό να διεγερθεί στην κατάσταση με $n=2$. Ποια θα είναι η τελική κινητική ενέργεια του σωματιδίου;

2. Όταν το άτομο αποδιεγείρεται από την κατάσταση με $n=2$ στην κατάσταση με $n=1$ εκπέμπει ένα φωτόνιο. Ποια είναι η ενέργεια αυτού του φωτονίου; Ποιο είναι το μήκος κύματός του;

3. Να σχεδιάσετε όλες τις δυνατές μεταβάσεις ενός ατόμου υδρογόνου από την διεγερμένη κατάσταση με $n=3$, στην θεμελιώδη. Να υπολογίσετε τις ενέργειες αυτών των φωτονίων, καθώς και τα μήκη κύματός τους.

4. Στο παρακάτω ενεργειακό διάγραμμα, να σχεδιάσετε όλες τις δυνατές μεταβάσεις ενός ατόμου υδρογόνου από την διεγερμένη κατάσταση με $n=4$, στην θεμελιώδη.

$n=4$ ————— $E_4=-0,85\text{eV}$

$n=3$ ————— $E_3=-1,51\text{eV}$

$n=2$ ————— $E_2=-3,4\text{eV}$

$n=1$ ————— $E_1=-13,6\text{eV}$

Από σχολικό βιβλίο:

Θεωρία:

Ερωτήσεις: 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 24, 28, 29, 32.

Ασκήσεις: 3, 4, 5, 6, 10, 11.

Ερωτήσεις

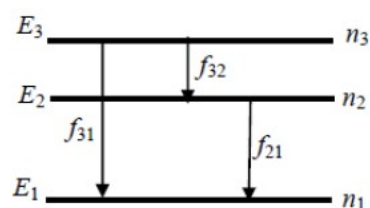
1. Το ηλεκτρόνιο σε ένα άτομο υδρογόνου βρίσκεται στη 4^η διεγερμένη κατάσταση ($n = 5$) και μεταπίπτει στη 2^η διεγερμένη κατάσταση ($n = 3$) εκπέμποντας ένα μόνο φωτόνιο. Δίνεται η ενέργεια του ατόμου του υδρογόνου στη θεμελιώδη κατάσταση ίση με $E_1 = -13,6\text{eV}$

A) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

Η ενέργεια του εκπεμπόμενου φωτονίου ισούται με:

- α) $2,55\text{eV}$ β) $0,97\text{eV}$ γ) $0,67\text{eV}$

2. Στο σχήμα παριστάνεται το διάγραμμα των ενεργειακών σταθμών του ατόμου του υδρογόνου. Με f_{31} , f_{32} , f_{21} συμβολίζονται οι συχνότητες της ακτινοβολίας που εκπέμπεται κατά τις μεταβάσεις του ηλεκτρονίου μεταξύ των ενεργειακών σταθμών όπως δείχνουν τα βέλη.



A) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

Η σωστή σχέση μεταξύ των συχνοτήτων είναι:

- α. $f_{31} = f_{32} \cdot f_{21}$ β. $f_{31} = f_{32} / f_{21}$ γ. $f_{31} = f_{32} + f_{21}$

3. Στο άτομο του υδρογόνου στην θεμελιώδη κατάσταση η ακτίνα της τροχιάς του ηλεκτρονίου είναι r_1 και η ενέργεια E_1 . Το άτομο διεγείρεται και το ηλεκτρόνιο μεταβαίνει σε τροχιά ακτίνας $9r_1$.

A) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

Η ενέργεια του ατόμου στη διεγερμένη κατάσταση είναι:

- α. $9 E_1$ β. $3 E_1$ γ. $E_1/9$

4. Ένα άτομο υδρογόνου βρίσκεται στη θεμελιώδη κατάσταση, οπότε έχει ολική ενέργεια $E_1 = -13,6\text{ eV}$.

A) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

Διεγείρουμε το άτομο του υδρογόνου στη κατάσταση όπου η συνολική του ενέργεια είναι $E_2 = -1,51\text{ eV}$. Ο κύριος κβαντικός αριθμός n που αντιστοιχεί στη διεγερμένη αυτή κατάσταση είναι:

- α. $n = 2$ β. $n = 3$ γ. $n = 4$

5. Η ενέργεια ιονισμού για το άτομο του υδρογόνου όταν αυτό βρίσκεται στην θεμελιώδη κατάσταση είναι $E_{\text{ιον1}}$ και η ενέργεια ιονισμού για το άτομο όταν αυτό βρίσκεται στην πρώτη διεγερμένη κατάσταση ($n = 2$) είναι $E_{\text{ιον2}}$.

A) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

Για τον λόγο των δύο ενεργειών ιονισμού ισχύει:

α. $\frac{E_{\text{ιον1}}}{E_{\text{ιον2}}} = \frac{1}{4}$

β. $\frac{E_{\text{ιον1}}}{E_{\text{ιον2}}} = 1$

γ. $\frac{E_{\text{ιον1}}}{E_{\text{ιον2}}} = 4$

6. Η ενέργεια του ατόμου του υδρογόνου στη θεμελιώδη κατάσταση είναι $E_1 = -13,6 \text{ eV}$. Ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο με κινητική ενέργεια 6 eV συγκρούεται με το άτομο του υδρογόνου ενώ αυτό βρίσκεται στη θεμελιώδη κατάσταση.

A) Να επιλέξετε τη σωστή πρόταση.

Μετά τη σύγκρουση:

α. το άτομο θα διεγερθεί και αποδιεγειρόμενο θα εκπέμψει φωτόνιο ενέργειας 6 eV .

β. το άτομο θα διεγερθεί και αποδιεγειρόμενο θα εκπέμψει φωτόνιο ενέργειας $7,6 \text{ eV}$.

γ. το άτομο δεν θα διεγερθεί.

7. Ηλεκτρόνιο στο άτομο του υδρογόνου που βρίσκεται στη θεμελιώδη κατάσταση, απορροφά φωτόνιο οπότε μεταπηδά στην τροχιά με κύριο κβαντικό αριθμό $n = 3$.

A) Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

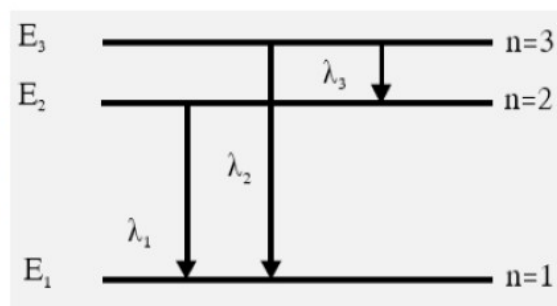
Η σχέση ανάμεσα στις ακτίνες r_1 και r_3 των τροχιών του ηλεκτρονίου, που αντιστοιχούν στους κύριους κβαντικούς αριθμούς $n=1$ και $n=3$ είναι:

α. $\frac{r_1}{r_3} = 9$

β. $\frac{r_1}{r_3} = \frac{1}{9}$

γ. $\frac{r_1}{r_3} = \frac{1}{3}$

8. Το σχήμα δείχνει το διάγραμμα των ενεργειακών σταθμών του ατόμου του υδρογόνου. Τα λ_1 , λ_2 , λ_3 είναι τα μήκη κύματος της ακτινοβολίας που εκπέμπεται κατά τις μεταβάσεις του ηλεκτρονίου μεταξύ των ενεργειακών σταθμών, όπως δείχνουν τα βέλη και f_1 , f_2 , f_3 οι αντίστοιχες συχνότητες.



A) Ποιά από τις παρακάτω σχέσεις είναι σωστή ;

α. $f_1 = f_2 + f_3$

β. $\lambda_2 = \lambda_1 + \lambda_3$

γ. $\lambda_2 = \frac{\lambda_1 \cdot \lambda_3}{\lambda_1 + \lambda_3}$

Ασκήσεις

1. Ένα άτομο υδρογόνου βρίσκεται στη θεμελιώδη κατάσταση ($n=1$) με ενέργεια $E_1 = -13,6 \text{ eV}$. Δίνονται: η σταθερά του Planck $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, η ταχύτητα διάδοσης του φωτός στο κενό $c_0 = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ και ότι $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

Δ1) Να υπολογίσετε την ενέργεια που απαιτείται για να διεγερθεί το άτομο στη δεύτερη διεγερμένη κατάσταση ($n=3$).

Μονάδες 6

Δ2) Να βρείτε τη συχνότητα ενός φωτονίου που αν απορροφηθεί από το ηλεκτρόνιο, μπορεί να προκαλέσει την παραπάνω διέγερση.

Μονάδες 6

Δ3) Να πραγματοποιήσετε το διάγραμμα των ενεργειακών σταθμών, όπου θα φαίνονται όλες οι πιθανές μεταβάσεις του ηλεκτρονίου που πραγματοποιούνται κατά την αποδιέγερση του ατόμου.

Μονάδες 7

Δ4) Να υπολογίσετε το μικρότερο από τα μήκη κύματος των φωτονίων, που είναι πιθανό να εκπέμψουν κατά την αποδιέγερση του ατόμου του υδρογόνου.

2. Ένα άτομο υδρογόνου βρίσκεται στη θεμελιώδη κατάσταση, όπου έχει ολική ενέργεια $E_1 = -13,6 \text{ eV}$.

Δ1) Να υπολογίσετε την ολική ενέργεια του ηλεκτρονίου στη τρίτη διεγερμένη κατάσταση ($n=4$).

Μονάδες 4

Το άτομο προσλαμβάνει με κρούση ενέργεια $12,09 \text{ eV}$, οπότε διεγείρεται.

Δ2) Να υπολογίσετε το κύριο κβαντικό που αντιστοιχεί στη διεγερμένη ενεργειακή κατάσταση στην οποία μεταβαίνει το άτομο του υδρογόνου.

Μονάδες 7

Το παραπάνω άτομο υδρογόνου αποδιεγείρεται επιστρέφοντας στη θεμελιώδη κατάσταση.

Δ3) Αν η αποδιέγερση γίνει με δύο διαδοχικά άλματα του ηλεκτρονίου, να υπολογίσετε την ενέργεια κάθε φωτονίου που εκπέμπεται.

Μονάδες 3+3

Δ4) Να κάνετε το ποσοτικό διάγραμμα των ενεργειακών σταθμών, όπου να φαίνονται όλες οι πιθανές μεταβάσεις του ηλεκτρονίου κατά την αποδιέγερση του ατόμου και στη συνέχεια να αιτιολογήσετε ποια από αυτές τις μεταβάσεις, θα οδηγήσει στην εκπομπή εκείνου του φωτονίου που θα έχει το μεγαλύτερο μήκος κύματος.