

ΑΤΟΜΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

4.1. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΟΥ ΣΤΟ ΑΤΟΜΟ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ

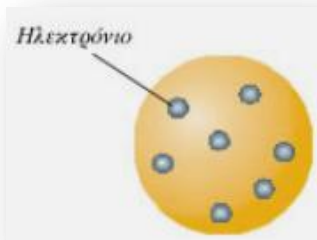
Θεωρία Λεύκιππου – Δημόκριτου

Η ύλη αποτελείται από πολύ μικρά **σωματίδια**, τα οποία δεν τέμνονται περαιτέρω (**άτμητα**). Διαφέρουν μεταξύ τους κατά το σχήμα και κατά το μέγεθος. Τα άτομα δε δημιουργούνται ούτε καταστρέφονται και επομένως είναι **άφθαρτα** και αιώνια. Τα άτομα είναι πάρα πολλά και βρίσκονται σε **διαρκή κίνηση** μέσα στο κενό.

Δημόκριτος ο Αβδηρίτης (470-360 π.Χ.).



Ατομική θεωρία (Thomson)



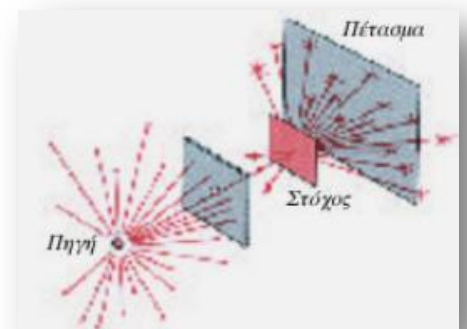
Το άτομο αποτελείται από μία σφαίρα ομοιόμορφα κατανεμημένου θετικού φορτίου μέσα στην οποία είναι ενσωματωμένα τα ηλεκτρόνια. Το μοντέλο του Thomson είναι γνωστό ως «**σταφιδόψωμο**».

Ποιο γεγονός είχε ως συνέπεια να καταρριφτεί το μοντέλο Λεύκιππου-Δημόκριτου και στη θέση του να εμφανιστεί το ... «σταφιδόψωμο»;

Απάντηση: Η ανακάλυψη του ηλεκτρονίου! δηλ. το άτομο έπαψε να είναι άτμητο...

Να περιγράψετε το πείραμα του Rutherford

Βομβάρδισε με σωματία άλφα **α** λεπτά φύλλα χρυσού (Au) και παρατήρησε ότι το σύνολο των σωματίων περνά σχεδόν ανεμπόδιστα από το φύλλο χρυσού, λίγα όμως παθαίνουν έντονη εκτροπή, αφού **λίγα** γυρίζουν σχεδόν πίσω!



Να εξηγήσετε γιατί το πείραμα Rutherford έχει ως συνέπεια τη κατάρριψη του μοντέλου Thomson.

Απάντηση...

Το μοντέλο Thomson δεν εξηγεί τις λίγες αλλά έντονες εκτροπές, αφού...

(α) ...Όταν το σωματίο **α** πλησιάζει σε άτομο χρυσού, δεν δέχεται ηλεκτρική δύναμη, επειδή το ολικό φορτίο του ατόμου είναι μηδέν.

(β) ...Όταν το σωματίο **α** είναι στο εσωτερικό του ατόμου Thomson, δεν δέχεται σημαντική απωστική δύναμη, γιατί τα θετικά φορτία είναι ομοιόμορφα κατανεμημένα σε τεράστια περιοχή συγκρινόμενη με τις διαστάσεις του **α**.

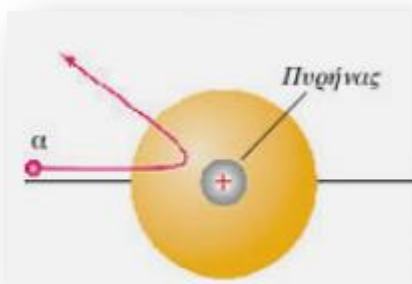
(γ) ...Η σύγκρουση του σωματίου **α** με ένα ηλεκτρόνιο δεν επηρεάζει σημαντικά την πορεία του σωματίου, γιατί έχει πολύ μεγαλύτερη μάζα από το ηλεκτρόνιο.

Τα σωματία **α** είναι πυρήνες Ηλίου, δηλαδή θετικά φορτισμένα σωματίδια (${}^4_2\text{He}$) με πολύ μεγαλύτερη μάζα από τη μάζα του ηλεκτρονίου. Παράγονται από μία ραδιενεργή πηγή...

Πως εξηγούνται οι μεγάλες αποκλίσεις των ολίγων α, στο πείραμα του Rutherford;

Για να υπάρχουν αυτές οι αποκλίσεις από την πορεία των σωματίων **α**, θα πρέπει τα σωματίδια να συναντούν κάτι με σημαντική μάζα, με θετικό φορτίο και μικρό όγκο σε σχέση με τον όγκο του ατόμου.

Πλανητικό μοντέλο Rutherford

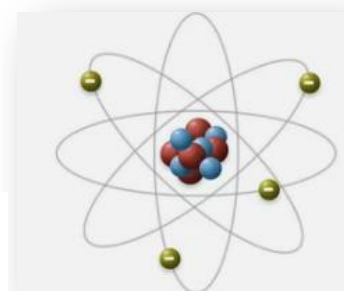


Το άτομο αποτελείται από μια πολύ μικρή περιοχή, που λέγεται *πυρήνας*, στην οποία είναι συγκεντρωμένο όλο το θετικό φορτίο και σχεδόν όλη η μάζα του ατόμου.

Γύρω από τον πυρήνα *περιφέρονται* τα αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια σε κυκλικές τροχιές, όπως οι πλανήτες γύρω από τον Ήλιο, γιατί αν ήταν ακίνητα θα έπεφταν στον πυρήνα εξαιτίας τις ηλεκτρικής έλξης που δέχονται από αυτόν

Να γιατί λίγα ηλεκτρόνια στο μοντέλο Rutherford εμφανίζουν μεγάλες εκτροπές...

Το μοντέλο ατόμου Rutherford. Φαίνεται ο πυρήνας και οι τροχιές των *e*

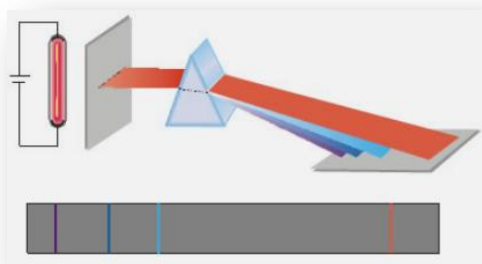


Στοιχεία θεωρίας φασμάτων

Φάσμα λέμε το σύνολο των συχνοτήτων που εκπέμπει ή απορροφά κάποιο υλικό. Αυτό το σύνολο συχνοτήτων μπορεί ύστερα από ανάλυση με πρίσμα, να εμφανιστεί είτε στο μάτι, είτε σε φίλμ είτε σε πέτασμα. (Στα εργαστήρια θα δείτε φάσματα από διάφορα αέρια!)

Τα αέρια και τα φάσματα

- Τα αέρια εκπέμπουν και απορροφούν μόνο κάποιες χαρακτηριστικές συχνότητες (γραμμικά φάσματα)
- Τα αέρια όποιες συχνότητες εκπέμπουν, αυτές και μόνο μπορούν να απορροφήσουν υπο συνθήκες απορρόφησης.

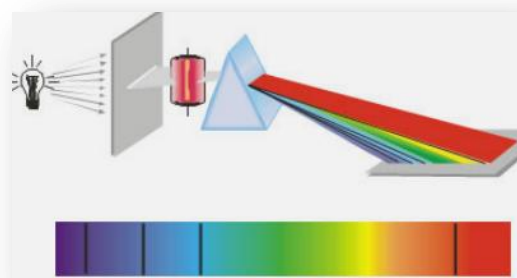


Φάσμα εκπομπής υδρογόνου: Λυχνία, που περιέχει υδρογόνο σε χαμηλή πίεση, συνδέεται με

ηλεκτρική πηγή υψηλής τάσης και φωτοβολεί. Το φως της λυχνίας διέρχεται από οπτικό πρίσμα και αναλύεται στο γραμμικό φάσμα εκπομπής του σχήματος.

(τέσσερις φωτεινές γραμμές σε γκρι φόντο)

Φάσμα απορρόφησης υδρογόνου: Λυχνία λευκού φωτός φωτοβολεί και το φως περνάει μέσα από υδρογόνο και μετά από οπτικό πρίσμα και στο πέτασμα σχηματίζεται το γραμμικό φάσμα απορρόφησης του υδρογόνου του σχήματος. (τέσσερις μαύρες γραμμές διακόπτουν την έγχρωμη ταινία)



Ορολογία στα φάσματα.

Φάσμα εκπομπής

Σύνολο συχνοτήτων που εκπέμπει μια φωτεινή πηγή.

Φάσμα απορρόφησης

Σχετίζεται με το σύνολο συχνοτήτων που κατακρατεί κάποιο υλικό.

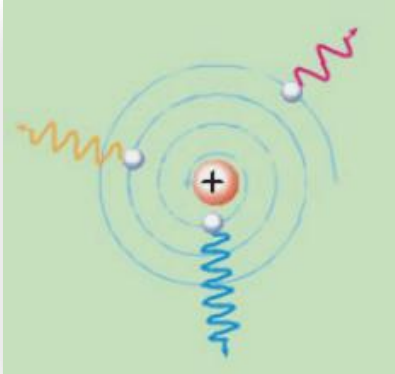
Συνεχές φάσμα

Άμα σε μια περιοχή συχνοτήτων f_1 έως f_2 υπάρχουν όλες οι ενδιάμεσες συχνότητες, με συνέπεια την αίσθηση της φασματικής ζώνης...

Γραμμικό φάσμα

Έχουμε όταν ένα υλικό εκπέμπει ή απορροφά διακριτές συχνότητες.

Τι αδυνατούσε να εξηγήσει το ατομικό πρότυπο του Rutherford;



Το θεωρητικό πρότυπο του Rutherford αδυνατούσε να εξηγήσει τα γραμμικά φάσματα των αερίων, που δίνουν τα πειράματα!

Ας δούμε το σκεπτικό...

Σύμφωνα με την ηλεκτρομαγνητική θεωρία κάθε επιταχυνόμενο φορτίο, επομένως και το ηλεκτρόνιο του προτύπου του Rutherford, που κάνει ομαλή κυκλική κίνηση γύρω από τον πυρήνα, δηλαδή επιταχυνόμενη κίνηση, εκπέμπει ακτινοβολία και επομένως ενέργεια.

Αφού έτσι μειώνεται συνεχώς η ενέργειά του, το ηλεκτρόνιο θα κινείται με διαρκώς μειούμενη ακτίνα τροχιάς και μεταβαλλόμενη συχνότητα, με σπειροειδή κίνηση μέχρι να πέσει πάνω στον πυρήνα.

Η συχνότητα των φωτονίων που εκπέμπονται πρέπει να είναι ίση με την συχνότητα της κυκλικής κίνησης του ηλεκτρονίου και επειδή αυτή μεταβάλλεται συνεχώς, θα μεταβάλλεται συνεχώς και η συχνότητα των φωτονίων, επομένως το φάσμα των αερίων θα πρέπει να είναι συνεχές.

Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τα πειραματικά δεδομένα, που δείχνουν ότι τα φάσματα των αερίων είναι γραμμικά.

Επειδή το μοντέλο Rutherford εμφανίζει –με βάση τα παραπάνω– πρόβλημα, επιβάλλεται να υποστεί αλλαγές.

Αυτές τις αλλαγές προτείνει ο Bohr!

Πλανητικό μοντέλο Bohr

Αρχές μοντέλου Bohr...

- (α) Το ηλεκτρόνιο του ατόμου του υδρογόνου **περιφέρεται** γύρω από το θετικά φορτισμένο πυρήνα.
- (β) Το ηλεκτρόνιο κινείται μόνο σε ορισμένες τροχιές που λέγονται **επιτρεπόμενες** τροχιές.
- (γ) Όταν το ηλεκτρόνιο κινείται σε ορισμένη επιτρεπόμενη τροχιά **δεν εκπέμπει** ακτινοβολία.
- (δ) Όταν το ηλεκτρόνιο του ατόμου του υδρογόνου μεταπηδήσει από μια τροχιά ενέργειας $E_{\alpha\rho\chi}$ σε άλλη τροχιά **εσωτερική**, ενέργειας $E_{\tau\epsilon\lambda}$ τότε εκπέμπει ένα φωτόνιο με ενέργεια ίση με τη διαφορά των δύο ενεργειών του ηλεκτρονίου.

Επιτρεπόμενες τροχιές

Για να καταλάβουμε τον όρο «επιτρεπτές τροχιές» στο μοντέλο Bohr, επιβάλλεται να γνωρίσουμε τον κύριο κβαντικό αριθμό.

- Συμβολίζεται με το n
- Παίρνει τιμές $n=1,2,3, \dots$
- $n=\infty$ σημαίνει ότι το e^- έφυγε από το άτομο (έπαψε να περιφέρεται)
- Άμα $n=1$, τότε αναφερόμαστε στη θεμελιώδη, $n=2$ στην επόμενη της θεμελιώδους, κ.ο.κ.

Δείτε με ποιο τρόπο ο κύριος κβαντικός αριθμός καθορίζει ποια ακτίνα κυκλικής τροχιάς είναι επιτρεπτή.

Απλά!

$$r_n = n^2 \cdot r_1$$

Δείτε με ποιο τρόπο ο κύριος κβαντικός αριθμός καθορίζει ποιες τιμές ενέργειας είναι επιτρεπτές για το άτομο του H.

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

Έτσι, ο όρος επιτρεπόμενες τροχιές παραπέμπει σε τροχιές με συγκεκριμένο κύριο κβαντικό αριθμό, με συγκεκριμένη ακτίνα και συγκεκριμένη ενέργεια.

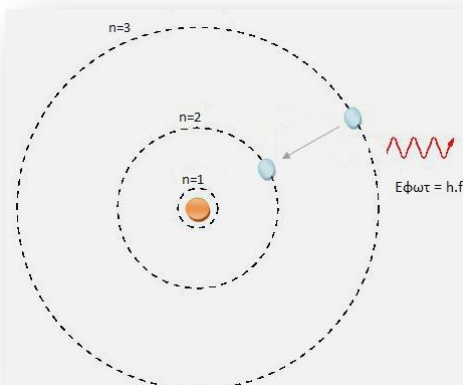
Η 4η παραδοχή του Bohr, μαθηματικά εκφράζεται από τη σχέση :

$$E_{\text{αρχ}} - E_{\text{τελ}} = h \cdot f$$

Τις τιμές $E_{\text{αρχ}}$ και $E_{\text{τελ}}$ μπορούμε να υπολογίσουμε !

Η πλησιέστερα στον πυρήνα επιτρεπτή τροχιά, λέγεται και **θεμελιώδης**.

Σε αυτή την τροχιά, το μοναδικό ηλεκτρόνιο του ατόμου του υδρογόνου (H), «θέλει» να περιφέρεται.



Αυτό είναι το μοντέλο Bohr για το άτομο του υδρογόνου (H).

Φαίνονται τρεις επιτρεπτές τροχιές.

Φαίνεται η εκπομπή ενός φωτονίου, όταν ηλεκτρόνια πάει με άλμα από $n=3$ σε $n=2$.

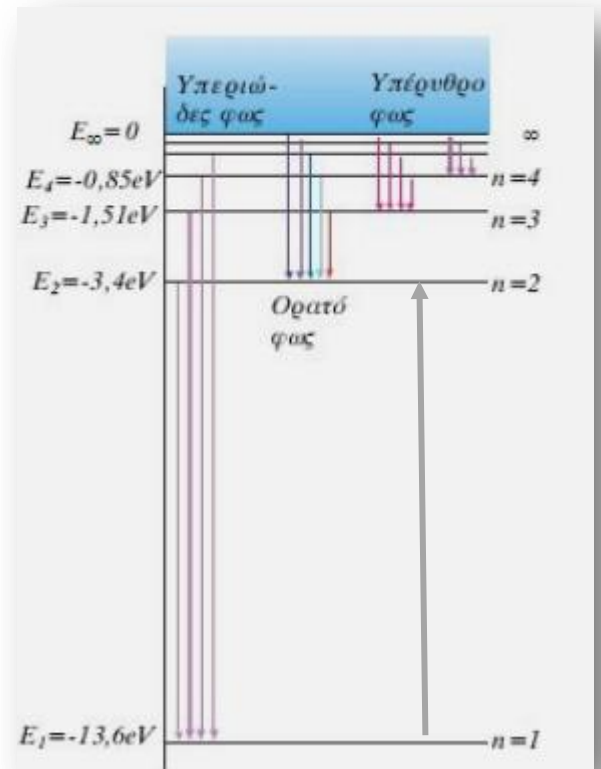
4.2 ΔΙΑΚΡΙΤΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΣΤΑΘΜΕΣ

Υπάρχει ένας πολύ απλός τρόπος για να αισθητοποιήσουμε την ενεργειακή κατάσταση ατόμου, να κατανοήσουμε τους όρους διέγερση, αποδιέγερση, ιονισμός κλπ.

Αυτός ο τρόπος στηρίζεται στο διάγραμμα των ενεργειακών σταθμών!

Πρόκειται για οριζόντιες γραμμές μέσω των οποίων εκφράζεται η ενεργειακή κατάσταση του ατόμου.

Λίγη ορολογία τώρα



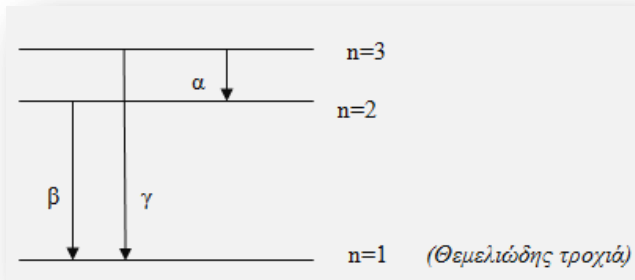
Διέγερση : Κάθε μετάβαση από εσωτερική επιτρεπτή σε κάποια εξώτερη επιτρεπτή. Στα διαγράμματα ενεργειακών σταθμών εμφανίζεται η διέγερση με βελάκι (γκρίζο) που ανεβαίνει προς τα άνω. Η διέγερση του ατόμου διαρκεί πολύ λίγο, σχεδόν 10^{-8}sec .

- Διέγερση ατόμου μπορεί να γίνει είτε με κρούση του ατόμου με ένα σωματίο, είτε με απορρόφηση από το άτομο ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας...
- Κατά την διέγερση π.χ. $n=1 \rightarrow n=2$ το άτομο θα λάβει ενέργεια ίση με $E_2 - E_1$. Τόσο απλά!
- **Προσοχή!** Η μετάβαση από επιτρεπτή σε $n=\infty$ ονομάζεται **ιονισμός**. Σε περίπτωση ιονισμού, το ηλεκτρόνιο εγκαταλείπει για πάντα το άτομο.

Αποδιέγερση : Κάθε μετάβαση από μια εξώτερη επιτρεπτή σε κάποια εσωτερική επίσης επιτρεπτή. Στόχος είναι το e^- του υδρογόνου να πάει στην θεμελιώδη $n=1$!

Λοιπόν! Σε κάθε άλμα από μια εξώτερη σε κάποια εσωτερική εκπέμπεται ΕΝΑ φωτόνιο

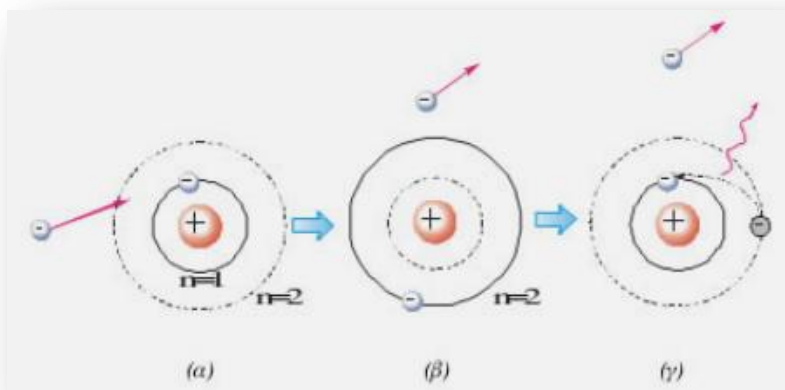
Απλή άσκηση : Άτομα υδρογόνου (H), διεγείρονται από θεμελιώδη κατάσταση σε διεγερμένη $n=3$. Πόσα διαφορετικά είδη φωτονίων μπορούμε να έχουμε;



Αν το διεγερμένο ηλεκτρόνιο σε κάποια άτομα επιλέξει την αποδιέγερση $3 \rightarrow 1$, τότε θα εκπέμψει ένα είδος φωτονίων (γ), που θα έχει ενέργεια όσο η διαφορά των επιτρεπτών σταθμών 3 και 1.

Αν το διεγερμένο ηλεκτρόνιο κάνει τα βήματα αποδιέγερσης $3 \rightarrow 2$ και στη συνέχεια $2 \rightarrow 1$, τότε θα εκπέμψουν δυο είδη φωτονίων, τα α και β .

4.3 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΦΩΤΟΝΙΩΝ



Διέγερση με κρούση

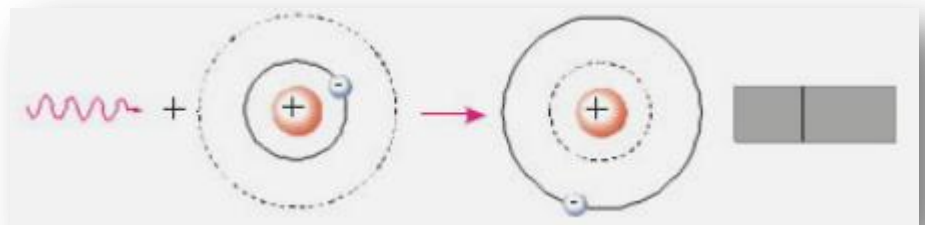
(α) Το άτομο του υδρογόνου στη θεμελιώδη κατάσταση πριν από την κρούση με το ηλεκτρόνιο.
(β) Το άτομο σε διεγερμένη κατάσταση.

(γ) Το άτομο επανέρχεται στη θεμελιώδη κατάσταση εκπέμποντας ένα φωτόνιο.

Σημείωση : Το βλήμα μπορεί να έχει ενέργεια μεγαλύτερη ή ίση με την απαιτούμενη.

Διέγερση με απορρόφηση ακτινοβολίας

Το άτομο -στην εικόνα- απορροφά ένα φωτόνιο και μεταβαίνει από τη θεμελιώδη κατάσταση στην πρώτη διεγερμένη κατάσταση.

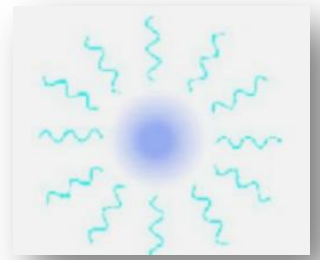


Η ενέργεια του φωτονίου επιβάλλεται να είναι ακριβώς ίση με την απαιτούμενη για να συμβεί η διέγερση.

Ως παράδειγμα για το άτομο του υδρογόνου $E_{\text{φωτ}} = (-3,4 \text{ eV}) - (-13,6 \text{ eV}) = 10,2 \text{ eV}$

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε πολλά άτομα υδρογόνου, τα οποία έχουν υποστεί τη παραπάνω διέγερση από $n=1$ σε $n=2$. Τι θα συμβεί στη συνέχεια;

Θα ακολουθήσει αποδιέγερση και από τα άτομα του υδρογόνου θα εκπεμφθούν προς κάθε κατεύθυνση φωτόνια ενέργειας 10,2 eV. Να πώς το πρότυπο του Bohr εξηγεί γιατί στα αέρια τα μήκη κύματος των φωτονίων που απορροφά το αέριο είναι ίσα με τα μήκη κύματος των φωτονίων που εκπέμπει.



Η επιτυχία και η αποτυχία του προτύπου του Bohr

Το πρότυπο Bohr περιγράφει/ερμηνεύει τις τέσσερις γραμμές του γραμμικού φάσματος του υδρογόνου.

Μπορεί να ερμηνεύσει και τα φάσματα των υδρογονοειδών ιόντων. Πρόκειται για ιόντα που έχουν μόνο ένα ηλεκτρόνιο να περιφέρεται γύρω από τον πυρήνα του ατόμου (ως παράδειγμα ιόντα He^+ , Li^{2+} , ...)

Το πρότυπο του Bohr δεν μπορεί να ερμηνεύσει τα γραμμικά φάσματα των ατόμων που έχουν δύο ή περισσότερα ηλεκτρόνια. Ε! και αυτό είχε ως αποτέλεσμα να πάμε από το μοντέλο Bohr στο κβαντικό μοντέλο, το οποίο θα γνωρίσουν όσοι σπουδάσουν χημεία στη Γ λυκείου.

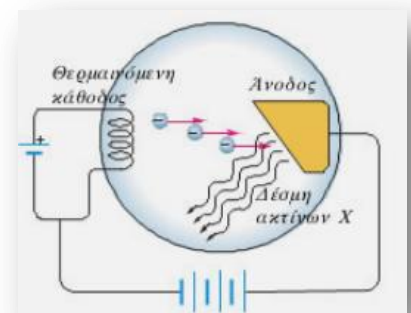
4.4 ΑΚΤΙΝΕΣ X (Roentgen)

Φύση : Είναι φωτόνια υψηλής ενέργειας.

Παραγωγή : Παράγονται όταν ηλεκτρόνια κινούμενα με μεγάλη ταχύτητα, χτυπήσουν μεταλλικούς στόχους. Από τα μέταλλα «αναδύονται» φωτόνια X.

Γραμμικό φάσμα ακτίνων X : Καθώς τα ταχέως κινούμενα e^- χτυπούν το μέταλλο της ανόδου, συμβαίνει διέγερση αυτών των ατόμων. Ακολουθεί αποδιέγερση με συνέπεια εκπομπή φαρματικών γραμμών, που είναι χαρακτηριστικές του υλικού της ανόδου.

Συνεχές φάσμα ακτίνων X : Όταν ένα φορτίο επιταχύνεται (ή φρενάρει) εκπέμπεται ηλεκτρομαγνητική ενέργεια (φωτόνια). Επειδή κατά τις κρούσεις των ηλεκτρονίων με τα άτομα του στόχου τα ηλεκτρόνια μπορεί να χάσουν οποιοδήποτε μέρος της ενέργειάς τους, συμπεραίνουμε ότι τα φωτόνια που εκπέμπονται λόγω επιβράδυνσης των ηλεκτρονίων-βλημάτων, θα έχουν οποιαδήποτε τιμή ενέργειας, που θα είναι μικρότερη ή ίση της αρχικής ενέργειας του ηλεκτρονίου.



Το μικρότερο μήκος κύματος εκπεμπόμενου φωτονίου X

Μελέτη με ΑΔΕ της σύγκρουσης e^- βλήματος με άτομο καθόδου, φρενάρισμα και εκπομπή φωτονίου X...

$$K_{αρχ, \text{ βλήμα}} = \frac{h c_o}{\lambda} + K_{τελ, \text{ βλήμα}} \rightarrow \lambda = \frac{h c_o}{K_{αρχ, \text{ βλήμα}} - K_{τελ, \text{ βλήμα}}} \rightarrow \lambda_{min} = \frac{h c_o}{K_{αρχ, \text{ βλήμα}}} \quad (1)$$

Δηλαδή,

το μικρότερο μήκος κύματος λ_{min} της ακτινοβολίας εκπέμπεται, όταν **όλη** η ενέργεια ενός ηλεκτρονίου μετατρέπεται σε ενέργεια ενός φωτονίου σε μία μόνο κρούση.

Με ΘΜΚΕ μπορούμε να δώσουμε μια αναλυτική έκφραση για την κινητική ενέργεια του e^- βλήματος, λίγο πριν αυτό χτυπήσει στο στόχο.

$$K_{άνοδος} - K_{κάθοδος} = W_{δύναμης πεδίου} \rightarrow K_{άνοδος} = q_e (V_{καθοδου} - V_{ανόδου}) = -e \cdot (-V) = e \cdot V \quad (2)$$

Από τις σχέσεις (1) και (2) προκύπτει...

$$\lambda_{min} = \frac{h c_o}{e \cdot V}$$

Αυτό είναι το μήκος κύματος του πλέον πλούσιου σε ενέργεια φωτονίου ακτίνων X. Όσο αυξάνει η τάση μεταξύ ανόδου-καθόδου λαμβάνουμε φωτόνια μεγαλύτερης ενέργειας (σκληρές ακτίνες X)

Απορρόφηση ακτίνων X : Εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες

- *Τη φύση του υλικού :* όσο μεγαλύτερος είναι ο ατομικός αριθμός ενός χημικού στοιχείου, τόσο μεγαλύτερη είναι η απορρόφηση της ακτινοβολίας. Έτσι το ασβέστιο απορροφά πιο έντονα από τις σάρκες, με συνέπεια τις ακτινογραφίες, ακτινοσκοπήσεις, αξονικούς, ανίχνευση κοιλοτήτων σε μέταλλα,...
- *Το πάχος του υλικού :* Προφανώς όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος του υλικού, τόσο μεγαλύτερη είναι η απορρόφηση της ακτινοβολίας.
- *Το μήκος κύματος της ακτινοβολίας (σκληρές ακτίνες X και μαλακές ακτίνες X)*

Χρήσεις των ακτίνων X

Στην ιατρική (ακτινοσκόπηση, ακτινογραφία), αξονική τομογραφία, στη βιομηχανία...

Βιολογικές βλάβες που προκαλούν οι ακτίνες X

Οι ακτίνες X προκαλούν βλάβες στους οργανισμούς (κύτταρα και DNA). Πιθανές μεταλλάξεις, καρκίνο. Βλάβες στο γενετικό υλικό και ό,τι αυτό σημαίνει για την επόμενη γενιά...