ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΑΤΟΜΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ

Μάθημα 1ο – Το ατομικό πρότυπο του Bohr

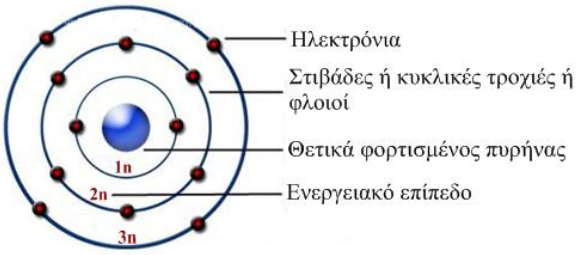
Βασικές γνώσεις για το άτομο από τη Χημεία της Α΄ Λυκείου

1. Ερώτηση: Ποια βασικά φαινόμενα πρέπει να ερμηνεύει κάθε θεωρία για τη δομή του ατόμου;

Να εξηγεί **τα φάσματα των χημικών στοιχείων** και να **ερμηνεύει το χημικό δεσμό**.

2. Ερώτηση: Πως είχαμε περιγράψει τη δομή του ατόμου στην Α΄ Λυκείου;

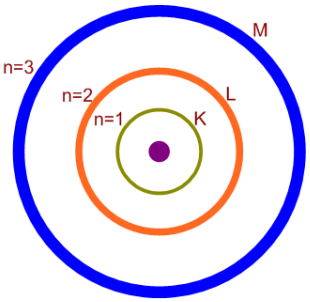
- Το άτομο αποτελείται από **πρωτόνια**, **νετρόνια** και **ηλεκτρόνια**.
- Τα πρωτόνια έχουν θετικό φορτίο και μαζί με τα νετρόνια συγκροτούν τον **πυρήνα** του ατόμου.
- **Στα άτομα, τα ηλεκτρόνια ισούνται με τα πρωτόνια** και έτσι **το άτομο είναι ηλεκτρικά ουδέτερο.**



- Η μάζα του πρωτονίου και του νετρονίου είναι σχεδόν ίσες, ενώ η μάζα του ηλεκτρονίου είναι περίπου 1836 φορές μικρότερη από τη μάζα του νετρονίου ή τη μάζα του πρωτονίου.
- Τα ηλεκτρόνια έχουν **αρνητικό φορτίο** και κινούνται σε **κυκλικές τροχιές γύρω από το πυρήνα.** Οι τροχιές αυτές ονομάζονται επίσης και **στιβάδες** ή **φλοιοί**. Τα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στιβάδας ονομάζονται και **ηλεκτρόνια σθένους.**

3. Ερώτηση: Τι γνωρίζετε για τις τροχιές των ηλεκτρονίων στα άτομα;

Η κάθε τροχιά ονομάζεται με τα γράμματα K, L, M,…. και χαρακτηρίζεται από ένα φυσικό αριθμό που συμβολίζεται με το γράμμα **n=1,2,3, ..∞.**



K	L	M	N	O	κ.τ.λ.
n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	κ.τ.λ.

Όσο πιο απομακρυσμένη είναι η τροχιά από τον πυρήνα τόσο **μεγαλύτερη** είναι **η ενέργεια του ηλεκτρονίου** που την καταλαμβάνει. Έτσι $E_K<E_L<E_M<$**.....**

4. Ερώτηση: Τι είναι ο ατομικός και τι ο μαζικός αριθμός του ατόμου;

- Ατομικός **είναι ο αριθμός των πρωτονίων** του πυρήνα του ατόμου. Συμβολίζεται με το γράμμα **Z.**

Z = αριθμός των πρωτονίων

- Μαζικός **είναι το άθροισμα των πρωτονίων και των νετρονίων** του πυρήνα του ατόμου. Συμβολίζεται με το γράμμα **Α.**

Α = άθροισμα των πρωτονίων και των νετρονίων του πυρήνα

- Ο συμβολισμός αυτών των αριθμών στο σύμβολο του στοιχείου είναι ο $^{A}_{Z}\Sigma$, όπου Σ είναι το σύμβολο του στοιχείου.

5. Ερώτηση: Πως προσδιορίζουμε τον αριθμό των νετρονίων;

Από την αφαίρεση **Α-Ζ** προκύπτει **ο αριθμός των νετρονίων (Ν).**

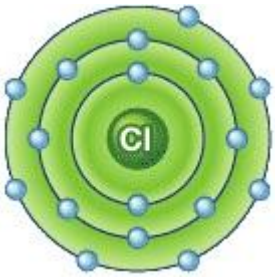
$$A = Z + N \Rightarrow N = A - Z$$

6. Ερώτηση: Πως προσδιορίζουμε τον αριθμό των ηλεκτρονίων των ατόμων και των ιόντων τους;

- **Στο άτομο Σ, ο αριθμός των πρωτονίων ισούται με τον αριθμό των ηλεκτρονίων**.
- **Στα ανιόντα** $\Sigma^{-\alpha}$ ο αριθμός των πρωτονίων και των νετρονίων είναι ίσος με τους αντίστοιχους αριθμούς τους στο άτομο Σ, αλλά ο **αριθμός των ηλεκτρονίων είναι: Ζ+α.**
- **Στα κατιόντα** $\Sigma^{+\beta}$**,** ο αριθμός των πρωτονίων και των νετρονίων είναι ίσος με τους αντίστοιχους αριθμούς τους στο άτομο Σ, αλλά ο **αριθμός των ηλεκτρονίων είναι: Ζ-β**.

αντίστοιχα.

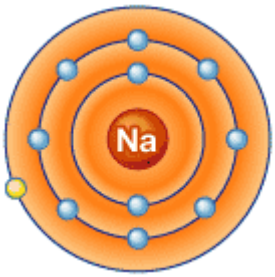
$_{17}Cl$



Το άτομο Cl έχει 17 πρωτόνια και 17 ηλεκτρόνια

Το ανιόν Cl^- έχει 17 πρωτόνια και 18 ηλεκτρόνια

$_{11}Na$



Το άτομο Na έχει 11 πρωτόνια και 11 ηλεκτρόνια

Το κατιόν Na^+ έχει 11 πρωτόνια και 10 ηλεκτρόνια

7. Συμπληρώστε τον πίνακα:

Παναγιώτης Αθανασόπουλος
Χημικός – Διδάκτωρ Πανεπιστημίου Πατρών

Στοιχείο	Z	A	e^-	p	n
K	19	39			
I		127	53		
$Cα^{2+}$		40	18		
S^{2-}		37	18		

Στοιχείο	Z	A	e^-	p	n
K	19	39	19	19	20
I	53	127	53	53	74
$Cα^{2+}$	20	40	18	20	20
S^{2-}	16	37	18	16	21

Παναγιώτης Αθανασόπουλος
Χημικός – Διδάκτωρ Πανεπιστημίου Πατρών

Το ατομικό πρότυπο του Bohr

1. Ερώτηση: Τι γνωρίζετε για το ατομικό πρότυπο του Bohr;

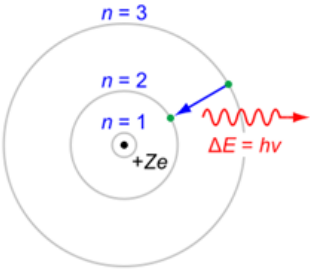
Το ατομικό πρότυπο του Bohr (1913) διατυπώθηκε για να βελτιώσει το αντίστοιχο του Rutherford. Εφάρμοσε τις βασικές αρχές **της κλασικής φυσικής** σε συνδυασμό με τις αρχές **της κβαντικής θεωρίας**, δηλαδή της φυσικής του **μικρόκοσμου**, με αποτέλεσμα το ατομικό του πρότυπο να αποτελεί **υβρίδιο δύο διαφορετικών τρόπων σκέψης.**

Η περιγραφή του βασίστηκε σε δύο συνθήκες:

την 1η συνθήκη (μηχανική συνθήκη) και **τη 2η συνθήκη (οπτική συνθήκη).**

2. Ερώτηση: Να διατυπώσετε την 1η συνθήκη (μηχανική συνθήκη) του Bohr;

Τα ηλεκτρόνια περιστρέφονται γύρω από τον πυρήνα σε ορισμένες κυκλικές τροχιές. Κάθε επιτρεπόμενη τροχιά έχει καθορισμένη ενέργεια, είναι δηλαδή κβαντισμένη.



3. Ερώτηση: Τι σημαίνει κβαντισμένη ποσότητα;

Είναι κάθε φυσική ποσότητα που δέχεται **ορισμένες μόνο τιμές και όχι οποιεσδήποτε**. Οι τιμές αυτές καθορίζονται από μία συνάρτηση μιας ή περισσότερων μεταβλητών.

4. Ερώτηση: Με ποιον μαθηματικό τύπο ο Bohr καθόρισε τις επιτρεπόμενες τιμές της ενέργειας του ηλεκτρονίου στο άτομο του υδρογόνου;

Την προσδιόρισε με τον μαθηματικό τύπο:

$$E_n = -\frac{2{,}18 \cdot 10^{-18}\,J}{n^2} \quad \textbf{(1.1)}$$

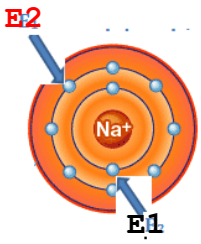
όπου:

n είναι μη μηδενικός φυσικός αριθμός (n= 1, 2, 3, ..), λέγεται κύριος κβαντικός αριθμός και καθορίζει **την ενεργειακή στάθμη του ηλεκτρονίου**.

5. Ερώτηση: Ποια είναι η φυσική σημασία του μείον (-) στον τύπο : $E_n = -\frac{2{,}18 \cdot 10^{-18}\,J}{n^2}$

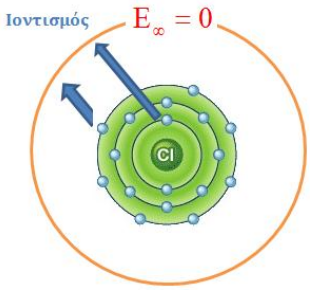
Το αρνητικό πρόσημο στην παραπάνω έκφραση έχει τη φυσική έννοια ότι όσο μεγαλώνει η τιμή του n, τόσο μεγαλώνει η ενέργεια του ηλεκτρονίου. **Έτσι το ηλεκτρόνιο που κινείται σε πιο απομακρυσμένη τροχιά από τον πυρήνα, έχει και τη μεγαλύτερη ενέργεια.**

6. Ερώτηση: Τι ονομάζουμε ενεργειακή στάθμη του ηλεκτρονίου του ατόμου του υδρογόνου;



Η καθεμιά από τις τιμές E_n που δίνει η σχέση: $E_n = -\frac{2{,}18 \cdot 10^{-18}\,J}{n^2}$ **για κάθε διαφορετικό n λέγεται ενεργειακή στάθμη του ηλεκτρονίου του ατόμου υδρογόνου.**

7. Ερώτηση: Ποια είναι η μέγιστη τιμή της ενέργειας του ηλεκτρονίου του ατόμου του υδρογόνου και τι είναι ο «ιοντισμός» του ατόμου του υδρογόνου;



Όταν το n γίνει άπειρο, τότε η ενεργειακή στάθμη του ηλεκτρονίου του ατόμου του υδρογόνου είναι $E_\infty = 0$. Το ηλεκτρόνιο δεν έλκεται από τον πυρήνα του ατόμου και δεν ανήκει πλέον σε αυτό. Τότε λέμε πως έχει επέλθει **ιοντισμός**.

Άρα **κατά τον ιοντισμό του ατόμου του υδρογόνου ισχύουν n =** ∞ και **$E_\infty = 0$.**

8. Ερώτηση: Πόση είναι η απαιτούμενη ενέργεια ιονισμού του ατόμου του υδρογόνου;

Η ελάχιστη ενέργεια που απαιτείται, για να επέλθει ο ιοντισμός του ατόμου του υδρογόνου, ονομάζεται ενέργεια ιοντισμού. Η ενέργεια ιονισμού είναι ίση με:

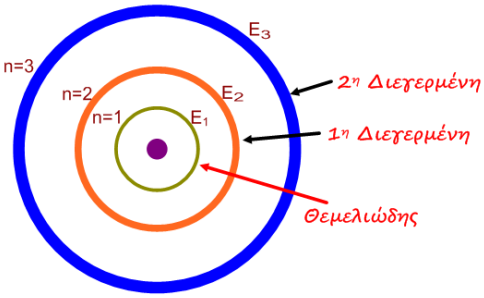
$E_{ιον} = E\infty - En$

όπου

$E\infty = 0$ και En η αρχική του ενεργειακή στάθμη.

Επομένως η ενέργεια ιοντισμού $E_{ιοντ}$ δίνεται από τη σχέση: $E_{ιον} = -En$

9. Ερώτηση: Ποια κατάσταση του ατόμου του υδρογόνου ονομάζεται θεμελιώδης κατάσταση;



Ένα άτομο λέμε ότι είναι σε θεμελιώδη κατάσταση, όταν τα ηλεκτρόνια του είναι κατά το δυνατό πλησιέστερα στον πυρήνα. Τότε το άτομο έχει τη χαμηλότερη ενέργεια που συμβολίζεται με E_1. Προσδιορίζεται από τη σχέση $E_n = -\frac{2{,}18 \cdot 10^{-18}\,J}{n^2}$.

Άρα **στη θεμελιώδη κατάσταση ισχύουν n=1, και $E_1 = 2{,}18 \cdot 10^{-18}$ J.**

10. Ερώτηση: Τι ονομάζεται διέγερση του ατόμου και τι διεγερμένη κατάσταση του ατόμου του υδρογόνου;

Η μετάβαση ενός ηλεκτρονίου του ατόμου από τη χαμηλή ενεργειακή στάθμη σε άλλη υψηλότερης ενέργειας, ονομάζεται διέγερση του ατόμου.

Όλες οι ενεργειακές καταστάσεις εκτός από τη θεμελιώδη και τον ιοντισμό, **ονομάζονται διεγερμένες**

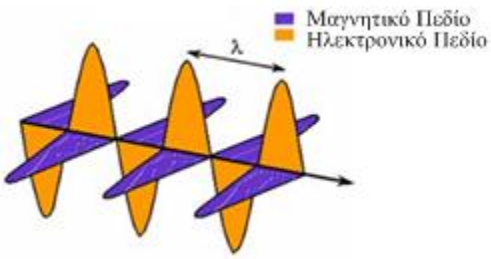
Παναγιώτης Αθανασόπουλος
Χημικός – Διδάκτωρ Πανεπιστημίου Πατρών

καταστάσεις. Στις διεγερμένες καταστάσεις ισχύουν $1 < n < \infty$ π.χ. E_2, E_3 κ.τ.λ. και συγκεκριμένα η **1η διεγερμένη κατάσταση προκύπτει για n=2, η 2η διεγερμένη κατάσταση προκύπτει για n=3 κ.τ.λ.**

Ένα άτομο μπορεί να βρεθεί σε διέγερση, όταν π.χ. με θέρμανση τα ηλεκτρόνια μεταπηδήσουν σε υψηλότερες ενεργειακές στάθμες.

11. Ερώτηση: Τι είναι η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία;

Είναι η ταυτόχρονη διάδοση με τη μορφή κύματος ενός ηλεκτρικού και ενός μαγνητικού πεδίου τα οποία ταλαντώνονται σε κάθετα επίπεδα μεταξύ τους και κάθετα προς την διεύθυνση διάδοσης του κύματος. Μεταφέρει ενέργεια και ορμή. Διαδίδεται με την ταχύτητα του φωτός στο κενό και στον αέρα και σε άλλα υλικά με μικρότερη ταχύτητα.



12. Ερώτηση: Ποια είναι τα χαρακτηριστικά μεγέθη της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας;

Η ταχύτητα διάδοσής της c. Αν διαδίδεται στο κενό ή στον αέρα τότε $c=3\cdot10^8$m/s.

Το μήκος κύματος λ (μονάδα μέτρησης το 1m).

Η συχνότητά της ν (μονάδα μέτρησης το 1Hz).

Η περίοδος της T. Είναι αντίστροφη της συχνότητας της ίδιας ακτινοβολίας:

$$T = \frac{1}{\nu} \text{ ή } \nu = \frac{1}{T}$$

13. Ερώτηση: Ποια είναι η θεμελιώδης εξίσωση της κυματικής;

Είναι η: $\mathbf{c = \lambda \cdot \nu}$

όπου:

c: η ταχύτητα του φωτός ($c = 3 \cdot 10^8$ m/s),

λ: το μήκος κύματος της ακτινοβολίας σε m,

ν: η συχνότητα της ακτινοβολίας σε s^{-1} ή Hz.

$$c = \lambda \cdot \nu$$

14. Ερώτηση: Σε ποια θεωρία βασίστηκε ο Bohr για να προσδιορίσει ποσοτικά την ενέργεια κατά τη μετάβαση του ηλεκτρονίου του ατόμου από την μία επιτρεπόμενη τροχιά σε μία άλλη;

Ο Bohr υιοθέτησε την **κβαντική θεωρία του Γερμανού φυσικού Planck** (1900).

15. Ερώτηση: Τι γνωρίζετε για την κβαντική θεωρία του Γερμανού φυσικού Planck (1900);

Η ακτινοβολία εκπέμπεται **όχι με συνεχή τρόπο αλλά σε μικρά πακέτα (κβάντα).** Τα κβάντα φωτός ή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας γενικότερα ονομάζονται **φωτόνια**.

16. Ερώτηση: Με ποιο τύπο καθόρισε την ενέργεια φωτονίου ο Planck στην κβαντική θεωρία;

Με βάση τις σκέψεις του Planck κάθε κβάντο μεταφέρει **ενέργεια, E, ανάλογη προς τη συχνότητα της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας ν.** Δηλαδή: $\mathbf{E = h \cdot \nu}$

Παναγιώτης Αθανασόπουλος
Χημικός – Διδάκτωρ Πανεπιστημίου Πατρών

όπου:

h : η σταθερά Planck, που είναι ίση με 6,63 10^{-34} J·s

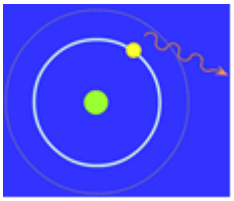
ν : η συχνότητα της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας

$$E = h \cdot \nu$$

17. Ερώτηση: Ποια είναι η σχέση της συχνότητας ν της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με την ενέργεια Ε του φωτονίου της;

Η συχνότητα ν της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που περιγράφεται στη σχέση **E = h·ν** είναι **μέτρο της ποσότητας της ενέργειας** του φωτονίου Ε και συγκεκριμένα είναι **ανάλογη με αυτήν.**

18. Ερώτηση: Να διατυπώσετε τη 2η συνθήκη (οπτική συνθήκη) του Bohr;

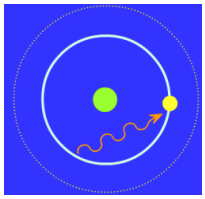


Το ηλεκτρόνιο εκπέμπει ή απορροφά ενέργεια υπό μορφή ακτινοβολίας μόνο όταν μεταπηδά από μια τροχιά σε μια άλλη, όταν δηλαδή αλλάζει ενεργειακή στάθμη.

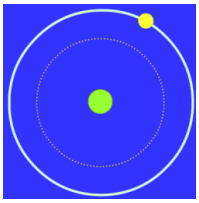
19. Ερώτηση: Ποιος είναι ο μηχανισμός της διέγερσης και της αποδιέγερσης του ατόμου του υδρογόνου;

1. Όταν ένα ηλεκτρόνιο **αποδιεγείρεται** μεταπίπτει **από υψηλότερη σε χαμηλότερη ενεργειακή στάθμη** και **εκπέμπει** ακτινοβολία. ενώ όταν **μεταπίπτει από χαμηλότερη σε υψηλότερη ενεργειακή στάθμη** τότε **διεγείρεται** και **απορροφά ακτινοβολία.**

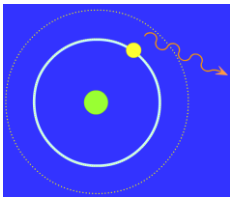
2. Το διεγερμένο άτομο παραμένει στην κατάσταση διέγερσης για ελάχιστο χρονικό διάστημα (της τάξης του 10^{-10}s ως 10^{-8}s) και επανέρχεται στη θεμελιώδη κατάσταση **με εκπομπή ακτινοβολίας**.



Το ηλεκτρόνιο απορροφά φωτόνιο και **διεγειρεται**



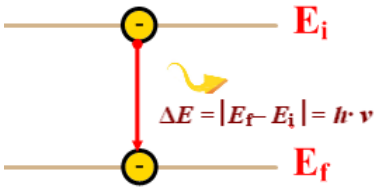
Το ηλεκτρόνιο **παραμένει στη διεγερμένη κατάσταση για 10^{-10} s ως 10^{-8}s**



Το ηλεκτρόνιο εκπέμπει φωτόνιο και **αποδιεγείρεται**

20. Ερώτηση: Πόση είναι η ενέργεια του φωτονίου που εκπέμπεται ή απορροφάται στις μεταβάσεις των ηλεκτρονίων των ατόμων σύμφωνα με τη θεωρία του Bohr;

Υιοθετώντας τις ιδέες του Planck, ο Bohr οδηγήθηκε στην παρακάτω εξίσωση:

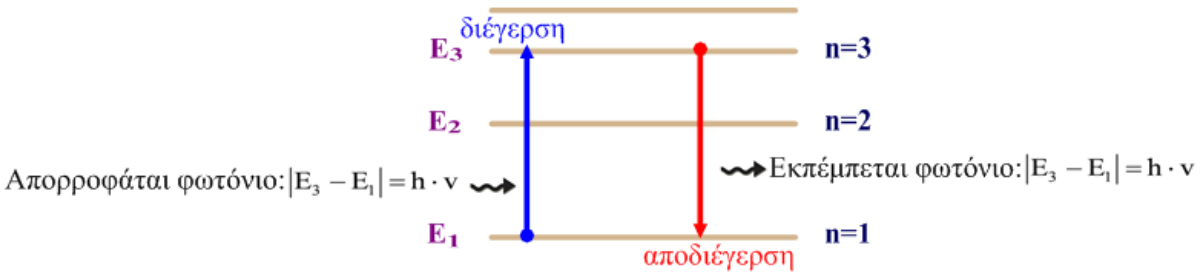


$$\Delta E = |E_f - E_i| = h \cdot \nu$$

(Ο δείκτης f προέρχεται από τη λέξη final (τελικός) και ο δείκτης i, προέρχεται από τη λέξη initial που σημαίνει αρχικός).

η οποία **συσχετίζει** τη διαφορά ενέργειας **ΔΕ,** κατά την μετάπτωση ηλεκτρονίου από μια ενεργειακή στάθμη (E_i), σε μια άλλη χαμηλότερης ενέργειας (E_f), με τη συχνότητα της εκπεμπόμενης **ακτινοβολίας, ν.**

21. Ερώτηση: Τι είναι το διάγραμμα των ενεργειακών σταθμών του ατόμου του υδρογόνου;



► Το ενεργειακό διάγραμμα αποτελείται από οριζόντιες ευθείες γραμμές που αντιστοιχούν στις επιτρεπόμενες τιμές ενέργειας E_1, E_2, E_3 ... του ηλεκτρονίου.

► Η απόσταση μεταξύ δύο ενεργειακών σταθμών εκφράζει τη διαφορά των αντίστοιχων ενεργειών του ηλεκτρονίου.

► Η μετάβαση του ηλεκτρονίου από μία τροχιά σε άλλη συμβολίζεται με κατακόρυφο βέλος που έχει αρχή την αρχική ενεργειακή στάθμη και τέλος την τελική ενεργειακή στάθμη.

► Όλα τα άτομα του ίδιου στοιχείου έχουν το ίδιο σύνολο ενεργειακών σταθμών, αλλά τα άτομα διαφορετικών στοιχείων έχουν διαφορετικές ενεργειακές στάθμες. Έτσι για παράδειγμα, το ενεργειακό διάγραμμα οποιουδήποτε ατόμου Η είναι το ίδιο, ενώ τα ενεργειακά διαγράμματα του ατόμου Η και του ατόμου Ο διαφέρουν.

► Ένα άτομο δεν μπορεί να έχει ενδιάμεση ενέργεια από των επιτρεπόμενων ενεργειακών σταθμών.

► Το ενεργειακό διάγραμμα χρησιμοποιείται για να δείχνουμε τις μεταβάσεις των ηλεκτρονίων από τη μία ενεργειακή στάθμη στην άλλη.

22. Ερώτηση: Τι είναι το φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας;

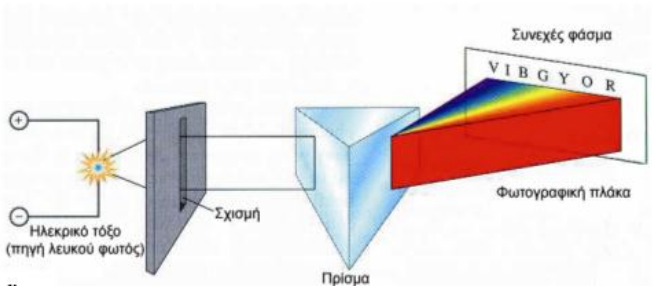
Είναι το εύρος της ακτινοβολίας όπως αυτή κατανέμεται σύμφωνα με τη συχνότητά της.

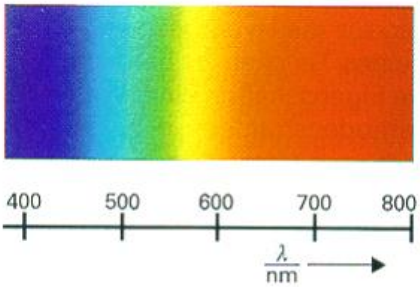
23. Ερώτηση: Με ποια διαδικασία μπορούμε να πάρουμε το συνεχές φάσμα εκπομπής του λευκού φωτός;

Αν φωτίσουμε με πηγή που εκπέμπει λευκό φως ένα πρίσμα, πίσω από το οποίο έχει τοποθετηθεί πέτασμα, τότε θα παρατηρήσουμε πάνω στο πέτασμα μια συνεχή χρωματιστή ταινία. Η ταινία αυτή

Παναγιώτης Αθανασόπουλος
Χημικός – Διδάκτωρ Πανεπιστημίου Πατρών

των χρωμάτων ονομάζεται **συνεχές φάσμα εκπομπής του λευκού φωτός**.



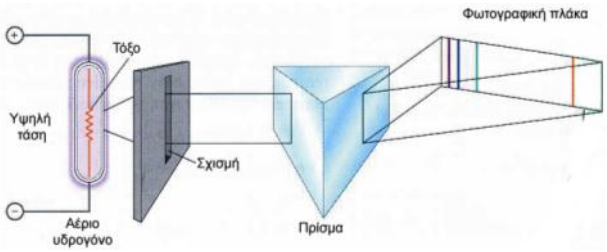


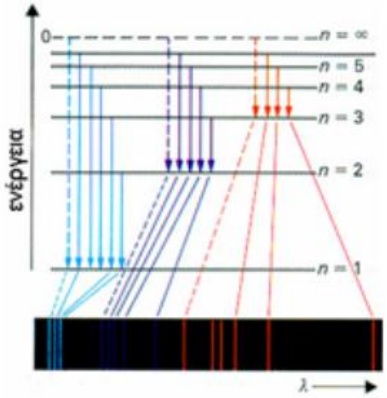
24. Ερώτηση: Με ποια διαδικασία μπορούμε να πάρουμε γραμμικό φάσμα εκπομπής του υδρογόνου;

Σωλήνας καθοδικών ακτίνων, που περιέχει υδρογόνο σε κατάσταση διέγερσης, εκπέμπει φως το οποίο μετά την ανάλυση του σε πρίσμα, σχηματίζει σε φωτογραφική πλάκα μια σειρά από φωτεινές γραμμές (φασματικές γραμμές).

Κάθε γραμμή αντιστοιχεί σ' ένα διαφορετικό μήκος κύματος ή χρώματος. Αυτό είναι το **γραμμικό ατομικό φάσμα εκπομπής του υδρογόνου.**

Γενικώς, **τα ατομικά φάσματα εκπομπής είναι χαρακτηριστικά του κάθε στοιχείο**υ, αποτελούν, δηλαδή, ένα είδος «**δακτυλικού αποτυπώματος**», γι΄ αυτό και βρίσκουν εφαρμογές στη στοιχειακή χημική ανάλυση.





25. Ερώτηση: Να συνδέσετε τις αποδιεγέρσεις του ηλεκτρονίου του υδρογονοατόμου στις στάθμες με n=1, n=2, n=3 και την περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος στην οποία εμφανίζονται οι φασματικές γραμμές.

n→1. Σειρά Lyman, n = 2, 3, 4, 5..... Περιοχή **υπεριώδους**

n→2. Σειρά Balmer, n = 3, 4, 5, 6..... Περιοχή **ορατής**

n→3. Σειρά Paschen, n = 4, 5, 6, 7..... Περιοχή **υπερύθρων**

26. Ερώτηση: Πόσες φασματικές γραμμές είναι ορατές στο φάσμα του υδρογόνου και σε ποιες μεταπτώσεις αντιστοιχούν;

Τέσσερις (4). Η τελική ενεργειακή στάθμη είναι η E_2 και οι μεταβάσεις είναι αντίστοιχα οι:

$E_6 \rightarrow E_2$ **ιώδης,**

Παναγιώτης Αθανασόπουλος
Χημικός – Διδάκτωρ Πανεπιστημίου Πατρών

$E_5 \rightarrow E_2$ **μπλε,**

$E_4 \rightarrow E_2$ **πράσινη,**

$E_3 \rightarrow E_2$ **κόκκινη ακτινοβολία**

27. Ερώτηση: Που πέτυχε το ατομικό πρότυπο του Bohr;

✍ Το πρότυπο του Bohr είχε μεγάλη επιτυχία **στην ερμηνεία του γραμμικού φάσματος εκπομπής του ατόμου του υδρογόνου και των υδρογονοειδών ατόμων**. Κάθε φασματική γραμμή μπορούσε να συσχετιστεί με μεταπτώσεις ηλεκτρονίων προς την ίδια ενεργειακή στάθμη.

Τα υδρογονοειδή είναι χημικά σωματίδια με ένα ηλεκτρόνιο (π.χ. το He^+ , Li^{2+}).

28. Ερώτηση: Που απέτυχε το ατομικό πρότυπο του Bohr;

👎 Η θεωρία του Bohr, δεν κατάφερε να ερμηνεύσει, ούτε τα φάσματα εκπομπής πολυπλοκότερων του υδρογόνου ατόμων (πολυηλεκτρονικά άτομα π.χ. He, Li κλπ.), ούτε το χημικό δεσμό.

Παρασκήνιο:

Το παρακάτω κείμενο αφορά μια ερώτηση που τέθηκε σε μια εξέταση Φυσικής στο πανεπιστήμιο της Κοπεγχάγης.

"Περιγράψτε πως μπορούμε να μετρήσουμε το ύψος ενός ουρανοξύστη χρησιμοποιώντας ένα βαρόμετρο"

Ένας φοιτητής απάντησε : "Δένετε ένα μακρύ σπάγκο στο λαιμό του βαρόμετρου, τότε κατεβάζετε το βαρόμετρο από την ταράτσα στο έδαφος. Το μήκος του νήματος συν το μήκος του βαρομέτρου θα είναι ίσο με το ύψος του κτιρίου." Αυτή η πρωτότυπη απάντηση, έκανε έξω φρενών τον εξεταστή έτσι ώστε ο φοιτητής κόπηκε αμέσως. Ο φοιτητής προσέφυγε στις αρχές του πανεπιστημίου διαμαρτυρόμενος ότι η απάντησή του ήταν αναμφίβολα σωστή, και το πανεπιστήμιο όρισε έναν ανεξάρτητο εξεταστή να διερευνήσει την υπόθεση. Ο διαιτητής αυτός έκρινε ότι η απάντηση ήταν πράγματι σωστή, αλλά δεν έδειχνε καμιά αξιοσημείωτη γνώση της φυσικής. Για να διαλευκανθεί τελείως το θέμα αποφασίστηκε να καλέσουν το σπουδαστή και να του αφήσουν έξι λεπτά μέσα στα οποία αυτός έπρεπε να δώσει μια προφορική απάντηση που να δείχνει μια εξοικείωση με τη φυσική σκέψη. Για πέντε λεπτά αυτός παρέμεινε σιωπηλός, βυθισμένος σε σκέψεις. Ο εξεταστής του θύμισε ότι ο χρόνος τελείωνε, και ο σπουδαστής απάντησε ότι ήδη είχε στο μυαλό του αρκετές συναφείς απαντήσεις αλλά δεν μπορούσε να αποφασίσει ποια να χρησιμοποιήσει. Στην προτροπή να βιαστεί, ο σπουδαστής απάντησε ως εξής:

" Κατ' αρχήν μπορείς να ανεβάσεις το βαρόμετρο στην κορυφή του ουρανοξύστη, να το αφήσεις να πέσει στο δρόμο και να μετρήσεις το χρόνο που κάνει να φτάσει στο έδαφος. Το ύψος του κτιρίου μπορεί τότε να βρεθεί από τον τύπο $H=gt^2/2$. Αλλά αλίμονο στο βαρόμετρο."

"Η αν υπάρχει ηλιοφάνεια μπορείς να μετρήσεις το ύψος του βαρόμετρου, να το στήσεις όρθιο στο έδαφος και να μετρήσεις το μήκος της σκιάς του. Να μετρήσεις ύστερα το μήκος της σκιάς του ουρανοξύστη, και τέλος με απλή αριθμητική αναλογία να βρεις το πραγματικό ύψος του ουρανοξύστη."

"Αλλά αν θέλεις να κάνεις μια πραγματικά επιστημονική δουλειά, θα μπορούσες να δέσεις ένα μικρού μήκους νήμα στο βαρόμετρο και να το βάλεις σε ταλάντωση σαν εκκρεμές, πρώτα στο έδαφος και μετά στην ταράτσα του ουρανοξύστη. Το ύψος θα μπορούσε στη συνέχεια να βρεθεί μετρώντας και συγκρίνοντας τις δυο περιόδους οι οποίες είναι αντιστρόφως ανάλογες των τετραγωνικών ριζών των επιταχύνσεων της βαρύτητας, στο έδαφος και στο ύψος του ουρανοξύστη. Η επιτάχυνση της βαρύτητας εξαρτάται με τη σειρά της από το ύψος από την επιφάνεια της γης και συνεπώς γνωρίζοντας την επιτάχυνση της βαρύτητας στην ταράτσα βρίσκουμε το ύψος."

"Η αν ο ουρανοξύστης διαθέτει μια εξωτερική σκάλα κινδύνου θα ήταν ευκολότερο να ανεβείς τη σκάλα και να βάλεις διαδοχικά σημάδια επαναλαμβάνοντας το μήκος του βαρόμετρου. Μετά να προσθέσεις όλα αυτά τα μήκη."

" Αν απλώς βαριόσουν, και ήθελες να χρησιμοποιήσεις το βαρόμετρο με ορθόδοξο τρόπο, μπορούσες να μετρήσεις την ατμοσφαιρική πίεση στην ταράτσα και στο έδαφος και να μετατρέψεις την διαφορά των milibars σε αντίστοιχη διαφορά σε μέτρα."

"Αλλά επειδή ως φοιτητές συνεχώς παροτρυνόμαστε να ασκούμε την ανεξαρτησία του μυαλού και να εφαρμόζουμε επιστημονικές μεθόδους, αναμφίβολα ο καλύτερος τρόπος θα ήταν, να χτυπήσουμε την πόρτα του θυρωρού και να του πούμε: ' Αν θα σου άρεσε να έχεις ένα ωραίο καινούριο βαρόμετρο, θα σου χαρίσω αυτό αν μου πεις το ύψος του ουρανοξύστη'.

Ο σπουδαστής αυτός ήταν ο NIELS BOHR ο μόνος Δανός που κέρδισε το βραβείο Nobel της Φυσικής.

Πηγή: http://www.physics4u.gr/articles/nbohr.html

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

1. Για την επίλυση των ασκήσεων θα κάνουμε χρήση των παρακάτω σχέσεων:

$E = h \cdot \nu$	
$c = \lambda \cdot \nu$	
$E = h \cdot \frac{c}{\lambda}$	
$E_n = -\frac{2{,}18 \ 10^{-18} \ J}{n^2}$	
$n = \frac{N}{N_A}$	***n:*** ο αριθμός των mol, ***N_A*** **:** Η σταθερά του Avogadro που ισούται με $6{,}02 \cdot 10^{23}$ ***N:*** Ο αριθμός των φωτονίων, ατόμων, ηλεκτρονίων κ.τ.λ.
$n = \frac{m}{M_r}$ ή $n = \frac{m}{A_r}$	***n:*** ο αριθμός των mol ***M_r , A_r:*** Η σχετική μοριακή ή ατομική μάζα αντίστοιχα ***m:*** Η μάζα του σωματιδίου
$E = N_A \cdot E_\varphi \Rightarrow E = N_A \cdot h \cdot \nu$ ακτινοβολίας Η μονάδα μέτρησης της προσδιοριζόμενης ενέργειας στο SI είναι σε J/mol	***E*** **,** ***E_φ*:** η ολική ενέργεια και η ενέργεια ενός φωτονίου αντίστοιχα ***N_A*** **:** Η σταθερά του Avogadro που ισούται με $6{,}02 \cdot 10^{23}$ ***h*** **:** η σταθερά του Planck, που είναι ίση με $6{,}63 \ 10^{-34}$ J·s ***ν*:** η συχνότητα της ηλεκτρομαγνητικής
$\Delta E = \lvert E_f - E_i \rvert = h \cdot \nu$	
$E_{ολική} = -E_n + K$	Εκφράζει την Αρχή Διατήρησης της Ενέργειας. **$E_{ολική}$:** η ολική ενέργεια του φωτονίου **$-E_n$:** ενέργεια ιοντισμού **K:** κινητική ενέργεια του φωτονίου.

2. Εύρεση των γραμμών του φάσματος εκπομπής ή απορρόφησης κατά

Παναγιώτης Αθανασόπουλος
Χημικός – Διδάκτωρ Πανεπιστημίου Πατρών

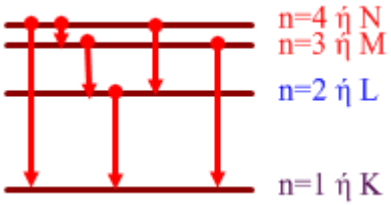
την αποδιέγερση και τη διέγερση αντίστοιχα του ηλεκτρονίου του ατόμου.

I. Σχεδιάζουμε το ενεργειακό διάγραμμα

II. Σχεδιάζουμε βέλη για κάθε πιθανή μετάβαση από την αρχική στην τελική στάθμη, είτε απευθείας είτε μέσω των ενδιάμεσων ενεργειακών σταθμών.

i.Ποτέ δεν μπορώ να χρησιμοποιήσουμε δύο βέλη στο ίδιο διάγραμμα για την ίδια διαδρομή.

Παράδειγμα: η αποδιέγερση του ηλεκτρονίου $E_4 \rightarrow E_1$

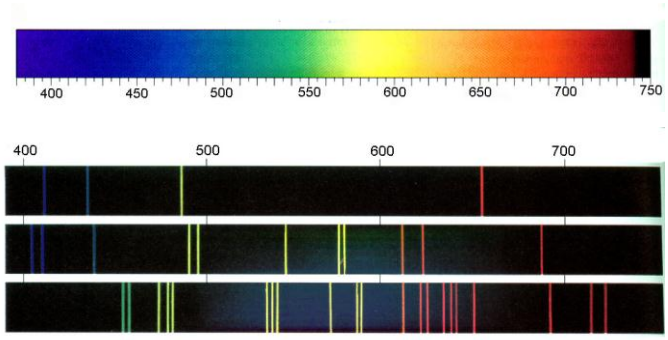


III. Ο αριθμός των διαφορετικών μεταβάσεων που παριστάνονται στο παραπάνω διάγραμμα ισούται με τον αριθμό των φασματικών γραμμών του ατόμου.

3. **Θα πρέπει να ξέρεις ποια είναι τα συνεχή φάσματα και ποια τα γραμμικά φάσματα εκπομπής.**

Λυμένα Παραδείγματα

1.1. Ποια από τα παρακάτω φάσματα είναι συνεχή και ποια γραμμικά; Ποιο απ' αυτά αντιστοιχεί στο ατομικό φάσμα εκπομπής του Η;



Λύση

- Το πρώτο είναι το συνεχές φάσμα, ενώ τα επόμενα 3 είναι γραμμικά.
- Το φάσμα του υδρογονοατόμου αποτελείται **από 4 διακριτές γραμμές**, άρα είναι **το πρώτο** από τα γραμμικά.

Παναγιώτης Αθανασόπουλος
Χημικός – Διδάκτωρ Πανεπιστημίου Πατρών

1.2. (Σχολικού) Να υπολογίσετε το μήκος κύματος της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας κατά τη μετάβαση ηλεκτρονίου από τη τροχιά n = 4 σε n = 2 στο άτομο του υδρογόνου. Δίνεται η σταθερά Planck, h = 6,63 10^{-34} J·s

Λύση

Υπολογίζουμε την ενέργεια του εκπεμπόμενου φωτονίου:

$\Delta E = E_4 - E_2 =$

$$\frac{-2{,}18\cdot 10^{-18}}{4^2}\,\mathrm{J} - \left(\frac{-2{,}18\cdot 10^{-18}}{2^2}\right) = \frac{3\cdot 2{,}18\cdot 10^{-18}}{16}\,\mathrm{J}$$

Υπολογίζουμε τη συχνότητα:

$$\Delta E = h\cdot v \Rightarrow$$

$$v = \frac{\Delta E}{h} = \frac{3\cdot 2{,}18\cdot 10^{-18}}{16.6{,}63\cdot 10^{-34}}\,\mathrm{s^{-1}} = 6{,}17\cdot 10^{14}\,\mathrm{s^{-1}}$$

1.3. (Σχολικού) Μερικά γυαλιά ηλίου διαθέτουν ειδικούς φακούς που αλλάζουν χρώμα. Δηλαδή, οι φακοί γίνονται σκουρόχρωμοι, όταν εκτίθενται σε έντονο φως και ανοικτόχρωμοι, όταν εκτίθενται στη σκιά. Αυτό συμβαίνει επειδή οι φακοί διαθέτουν μικρή ποσότητα AgCl το οποίο διασπάται από το φως σύμφωνα με την αντίδραση: AgCl*(s)* → Ag*(s)* + Cl

Ο Ag*(s)* που σχηματίζεται σκουραίνει το χρώμα του φακού. Απουσία φωτός η αντίστροφη αντίδραση λαμβάνει χώρα. Η ενέργεια που χρειάζεται για να γίνει η παραπάνω αντίδραση είναι 310 kJ mol^{-1}. Με βάση τα παραπάνω δεδομένα να βρείτε την ελάχιστη συχνότητα ακτινοβολίας, ώστε να γίνει η παραπάνω αντίδραση. Δίνεται η σταθερά Planck, h = 6,63·10^{-34} J s και N_A = 6,02·10^{23} mol^{-1}.

Λύση

Προσδιορίζω την ενέργεια φωτονίου ανά άτομο Ag:

$$E = N_A\cdot E_\varphi \Rightarrow E_\varphi = \frac{E}{N_A} \Rightarrow$$

$$E\varphi = \frac{310\,\mathrm{KJ\cdot mol^{-1}}}{6{,}02\cdot 10^{23}\,\mathrm{mol^{-1}}} = 5{,}149\cdot 10^{-19}\,\mathrm{J}$$ και από τη σχέση

Υπολογίζουμε τη συχνότητα:

Eφ = h·v ⇒

Παναγιώτης Αθανασόπουλος
Χημικός – Διδάκτωρ Πανεπιστημίου Πατρών

$$\nu = \frac{E_\varphi}{h} = \frac{5{,}149 \cdot 10^{-19}\ J}{6{,}63 \cdot 10^{-34}\ J \cdot s} = 7{,}77 \cdot 10^{14}\ Hz$$

1.4. Το ηλεκτρόνιο του υδρογονοατόμου μεταπίπτει από τη στοιβάδα N (n = 4) στη στοιβάδα L (n=2). Πόσο είναι το μήκος κύματος του φωτονίου που εκπέμπεται; Δίνονται h = 6,63 10^{-34} J·s, c = 3 · 10^{8} m/s.

Λύση

Σχεδιάζουμε το ενεργειακό διάγραμμα και την αποδιέγερση 4→2:

Υπολογίζουμε την ενέργεια του εκπεμπόμενου φωτονίου:

$$\Delta E = |E_f - E_i| = \left| -\frac{2{,}18 \cdot 10^{-18}}{4^2} - \left(-\frac{2{,}18 \cdot 10^{-18}}{2^2}\right) \right| \Rightarrow \Delta E = 5{,}45 \cdot 10^{-18}\ J \quad \textbf{(1)}$$

Υπολογίζουμε τη συχνότητα:

$$c = \lambda \cdot \nu \Rightarrow \nu = \frac{c}{\lambda} \quad \textbf{(2)}$$

Υπολογίζουμε το μήκος κύματος:

$$\Delta E = h \cdot \nu \overset{(2)}{\Rightarrow} \Delta E = h \cdot \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{h \cdot c}{\Delta E} \overset{(1)}{\Rightarrow} \lambda = 4{,}88 \cdot 10^{-7}\ m$$

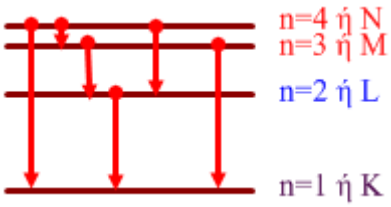
1.5. Το ηλεκτρόνιο του υδρογονοατόμου αποδιεγείρεται $E_4 \rightarrow E_1$.

α. Να σχεδιάσετε στο ενεργειακό διάγραμμα όλες τις δυνατές μεταβάσεις του ηλεκτρονίου κατά την αποδιέγερσή του.

β. Να προσδιορίσετε το πλήθος των φασματικών γραμμών του παραπάνω υδρογονοατόμου.

Λύση

α. **Σχεδιάζουμε στο ενεργειακό διάγραμμα τις αποδιεγέρσεις $E_4 \rightarrow E_1$**



Δεν επιτρέπεται να υπάρχει περισσότερες από μία φορές το κάθε βέλος μετάπτωσης

β. Ο αριθμός των διαφορετικών μεταβάσεων που παριστάνονται στο παραπάνω διάγραμμα ισούται με τον αριθμό των φασματικών γραμμών του ατόμου. Άρα στο φάσμα αποτυπώνονται **έξι γραμμές**.

1.6. Να προσδιορίσετε τη σχέση μεταξύ:

α. των E_n και E_1

β. του ν και του $\mathbf{\Delta E = |E_f - E_i| = h \cdot \nu}$

γ. των διαφορών ενέργειας **ΔΕ** μεταξύ διαδοχικών στιβάδων

Λύση

α. **Σχέση μεταξύ των En και E_1**

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

β. **Σχέση μεταξύ των ν και ΔΕ**

Από τη σχέση : $\mathbf{\Delta E = |E_f - E_i| = h \cdot \nu}$ είναι εμφανές ότι όσο αυξάνεται η διαφορά των ενεργειακών σταθμών τόσο αυξάνεται και η συχνότητα της εκπεμπόμενης ή απορροφούμενης ακτινοβολίας.

γ. **Σκεφτόμαστε το ενεργειακό διάγραμμα:**

Παρατηρούμε ότι όσο αυξάνεται το n τόσο μειώνεται η απόσταση μεταξύ των ενεργειακών σταθμών, άρα και της συχνότητας της απορροφούμενης ή της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας. Συνεπώς για τις **διαφορές ενέργειας ΔΕ** μεταξύ διαδοχικών στιβάδων ισχύει: $E_2 - E_1 \succ E_3 - E_2 \succ E_4 - E_3 \succ E_5 - E_4 ....$

1.7. Κατά τις αποδιεγέρσεις στο άτομο του υδρογόνου: $E_2 \rightarrow E_1$, $E_3 \rightarrow E_2$ και την $E_3 \rightarrow E_1$, εκπέμπονται φωτόνια με συχνότητες ν_1, ν_2 και ν_3 αντίστοιχα.

α. Να δείξετε τη σχέση: $\mathbf{\nu_1 + \nu_2 = \nu_3}$

β. Να υπολογίσετε το λόγο των συχνοτήτων $\frac{\nu_1}{\nu_2}$

Λύση

α.

Σχέση μεταξύ των E_n και E_1

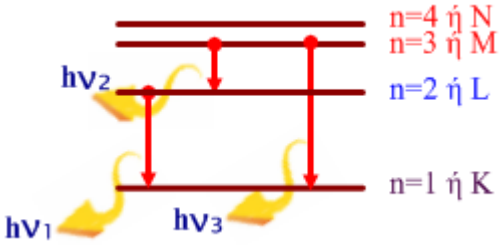
$$E_n = \frac{E_1}{n^2} \quad \textbf{(1)}$$

Παναγιώτης Αθανασόπουλος
Χημικός – Διδάκτωρ Πανεπιστημίου Πατρών

Σχέση μεταξύ των ν και ΔΕ

ΔΕ =|E_f– E_i |= h· ν (2)

Σχεδιάζουμε στο ενεργειακό διάγραμμα τις αποδιεγέρσεις E_4→ E_1



Σύμφωνα με την αρχή διατήρησης της ενέργειας, ισχύουν:

$$(E_2-E_1)+(E_3-E_2)=E_3-E_1 \Rightarrow h\cdot\nu_1+h\cdot\nu_2=h\cdot\nu_3 \Rightarrow \nu_1+\nu_2=\nu_3$$

β. Προσδιορίζουμε το ζητούμενο λόγο $\frac{\nu_1}{\nu_2}$**:**

$$\frac{E_2-E_1}{E_3-E_2}\overset{(2)}{=}\frac{\cancel{h}\cdot\nu_1}{\cancel{h}\cdot\nu_2}\overset{(1)}{\Rightarrow}\frac{\frac{E_1}{2^2}-E_1}{\frac{E_1}{3^2}-\frac{E_1}{2^2}}=\frac{\nu_1}{\nu_2}\Rightarrow\frac{-\frac{3\cancel{E_1}}{4}}{\frac{-5\cancel{E_1}}{36}}=\frac{\nu_1}{\nu_2}\Rightarrow\frac{108}{20}=\frac{\nu_1}{\nu_2}\Rightarrow\frac{\nu_1}{\nu_2}=\frac{27}{5}=5,4$$

1.8. Για να μεταβεί το ηλεκτρόνιο του ατόμου του υδρογόνου από τη θεμελιώδη κατάσταση στη δεύτερη στιβάδα χρειάζεται ενέργεια 10,2eV. Πόση ενέργεια χρειάζεται, για να προκληθεί αυτή η μετακίνηση σε 1 mol ατόμων

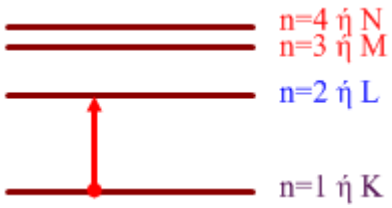
α. 728 kJ **β.** 983 kJ

γ. 1036 kJ **δ.** 1166kJ **ε.** 1312 KJ

Δίνεται 1eV= $1,6\cdot10^{-19}$ J και N_A = $6,023\cdot10^{23}$

Λύση

Σχεδιάζουμε στο ενεργειακό διάγραμμα τις διεγέρσεις E_1→E_2



Μετατρέπουμε την ενέργεια σε J:

$$10,2\text{eV}=10,2\text{eV}\cdot\frac{1,6\cdot10^{-19}\text{J}}{1\text{eV}}=1,632\cdot10^{-18}\text{J} \quad \textbf{(1)}$$

Το 1mol φωτονίων απορροφά ενέργεια:

$$E=N_A\cdot E_\varphi \Rightarrow E=(6,02\cdot10^{23})\cdot(1,632\cdot10^{-18}) \Rightarrow E=9,82464\cdot10^5\text{J}\simeq983\text{KJ}$$

Παναγιώτης Αθανασόπουλος
Χημικός – Διδάκτωρ Πανεπιστημίου Πατρών

Άρα σωστή απάντηση είναι η γ.

1.9. Ένα άτομο υδρογόνου που βρίσκεται στην θεμελιώδη ενεργειακή κατάσταση E_1 απορροφά ένα φωτόνιο μήκους κύματος 97,2 nm. Στη συνέχεια εκπέμπει ένα φωτόνιο μήκους κύματος λ_1 = 486 nm και επανέρχεται στη θεμελιώδη κατάσταση εκπέμποντας ένα ακόμη φωτόνιο μήκους κύματος λ_2·

α) Πόσες γραμμές έχει το φάσμα εκπομπής που αντιστοιχεί σ' αυτές τις μεταπτώσεις

β) Σε ποιες στιβάδες βρέθηκε το ηλεκτρόνιο κατά τη διέγερση και την αποδιέγερσή του;

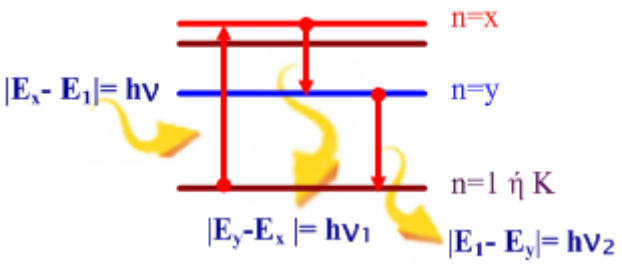
γ) ποιες είναι οι συχνότητες των παραπάνω ακτινοβολιών εκπομπής;

Δίνονται: h = $6{,}626 \cdot 10^{-34}$ J · s, ταχύτητα του φωτός c = 3 · 10^8 m/s και η ενέργεια $E_1 = -2{,}18 \cdot 10^{-18}$ J.

Λύση

α.

Σχεδιάζουμε το ενεργειακό διάγραμμα των μεταβάσεων του ηλεκτρονίου:



Από αυτό και τα δεδομένα της άσκησης προκύπτει πως το φάσμα εκπομπής θα περιέχει **2 γραμμές** που αντιστοιχούν στις αποδιεγέρσεις: $E_x \rightarrow E_y$ και $E_y \rightarrow E_1$

β.

Προσδιορίζουμε το x από την ενέργεια του απορροφούμενου φωτονίου:

$$\Delta E = |E_f - E_i| = h \cdot \nu \quad (1)$$

$$c = \lambda \cdot \nu \Rightarrow \nu = \frac{c}{\lambda} \quad (2)$$

$$E_n = \frac{E_1}{n^2} \quad (3)$$

Παναγιώτης Αθανασόπουλος
Χημικός – Διδάκτωρ Πανεπιστημίου Πατρών

$$\Delta E = h\cdot \nu \overset{(1),(2)}{\Rightarrow} E_x - E_1 = h\cdot\frac{c}{\lambda} \overset{(3)}{\Rightarrow} \frac{E_1}{x^2} - E_1 = h\cdot\frac{c}{\lambda} \Rightarrow \frac{E_1}{x^2} = h\cdot\frac{c}{\lambda} + E_1 \Rightarrow \frac{x^2}{E_1} = \frac{1}{h\cdot\frac{c}{\lambda}+E_1}$$

$$x^2 = \frac{E_1}{h\cdot\frac{c}{\lambda}+E_1} \Rightarrow x = \sqrt{\frac{-2,18\cdot10^{-18}}{6,626\cdot10^{-34}\cdot\frac{3\cdot10^8}{97,2\cdot10^{-9}}+(-2,18\cdot10^{-18})}} \Rightarrow x = 4$$

Η στιβάδα με x=4 είναι η **N**.

Προσδιορίζουμε το y από την ενέργεια του εκπεμπόμενου φωτονίου στην Ex→Ey :

$$\Delta E = h\cdot\nu_1 \overset{(1),(2)}{\Rightarrow} |E_y - E_x| = h\cdot\frac{c}{\lambda_1} \overset{(3)}{\Rightarrow} \left|\frac{E_1}{y^2} - \frac{E_1}{x^2}\right| = h\cdot\frac{c}{\lambda_1} \Rightarrow \frac{E_1}{y^2} = h\cdot\frac{c}{\lambda} + \frac{E_1}{16} \Rightarrow \frac{y^2}{E_1} = \frac{1}{h\cdot\frac{c}{\lambda_1}+\frac{E_1}{16}} \Rightarrow$$

$$y^2 = \frac{\frac{E_1}{16}}{h\cdot\frac{c}{\lambda}+\frac{E_1}{16}} \Rightarrow y = \sqrt{\frac{\frac{-2,18\cdot10^{-18}}{16}}{6,626\cdot10^{-34}\cdot\frac{3\cdot10^8}{97,2\cdot10^{-9}}+\frac{(-2,18\cdot10^{-18})}{16}}} \Rightarrow y = 2$$

Η στιβάδα με y=2 είναι η **L**.

γ.

Προσδιορίζουμε τη συχνότητα ν_1:

$$(2) \Rightarrow \nu_1 = \frac{c}{\lambda_1} \Rightarrow \nu_1 = \frac{3\cdot10^8}{486\cdot10^{-9}} \Rightarrow \nu_1 = 6,17\cdot10^{14}\,Hz$$

Προσδιορίζουμε το μήκος κύματος λ_2

$$\Delta E = h\cdot\nu_2 \overset{(1),(2)}{\Rightarrow} |E_1 - E_2| = h\cdot\frac{c}{\lambda_2} \overset{(3)}{\Rightarrow} \left|E_1 - \frac{E_1}{2^2}\right| = h\cdot\frac{c}{\lambda_2} \Rightarrow \lambda_2 = \frac{h\cdot c}{\left|-\frac{3E_1}{4}\right|} \Rightarrow \lambda_2 = -\frac{6,626\cdot10^{-34}\cdot10^{-34}\cdot4}{3\cdot(-2,18\cdot10^{-18})}$$

$$\lambda_2 = 121,5\cdot10^{-9}\,m$$

Προσδιορίζουμε τη συχνότητα ν_2

$$(2) \Rightarrow \nu_2 = \frac{c}{\lambda_2} \Rightarrow \nu_2 = \frac{3\cdot10^8}{121,5\cdot10^{-9}} \Rightarrow \nu_2 = 2,14\cdot10^{15}\,Hz$$

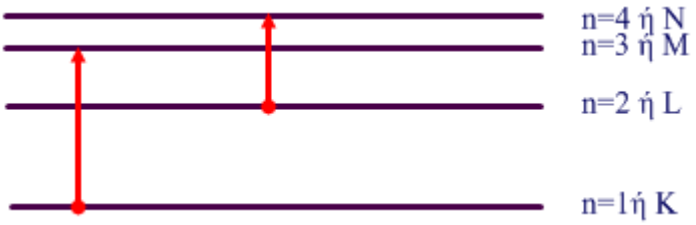
1.10. Κατά τη μετάβαση του ηλεκτρονίου στο άτομο του υδρογόνου από την τροχιά με n = 1 στην τροχιά με n = 3 και από την τροχιά με n = 2 στην τροχιά με n = 4, η ενέργειά του μεταβάλλεται κατά $\Delta E_{1\to3}$ και $\Delta E_{2\to4}$ αντίστοιχα. Για τις μεταβολές της ενέργειας $\Delta E_{1\to3}$ και $\Delta E_{2\to4}$ ισχύει:

α. $\Delta E_{1\to3} = \Delta E_{2\to4} > 0$, **β.** $\Delta E_{1\to3} < \Delta E_{2\to4} < 0$,

γ. $\Delta E_{1\to3} > \Delta E_{2\to4} > 0$, **δ.** $\Delta E_{1\to3} = \Delta E_{2\to4} < 0$.

Λύση

Σχεδιάζουμε στο ενεργειακό διάγραμμα τις διεγέρσεις $E_1 \to E_3$ και $E_2 \to E_4$



Προσδιορισμός πρόσημου φωτονίων

Επειδή τα φωτόνια αντιστοιχούν σε διεγέρσεις **το πρόσημό τους θα είναι θετικό**, που υποδηλώνει πως είναι απορροφούμενο.

Υπολογισμός της ενεργειακής κατάστασης E_n σε σχέση με την ενεργειακή κατάσταση E_1:

$$E_n = \frac{E_1}{n^2} \quad \textbf{(1)}$$

Υπολογισμός της ενεργειών των δύο φωτονίων

$$\Delta E_{1\to3} = |E_f - E_i| = \left|\frac{E_1}{3^2} - \frac{E_1}{1^2}\right| \overset{(1)}{\Rightarrow} \Delta E_{1\to3} = -\frac{8\cdot E_1}{9} \succ 0 \simeq -0{,}89E_1 \succ 0$$

$$\Delta E_{2\to4} = |E_f - E_i| = \left|\frac{E_1}{4^2} - \frac{E_1}{2^2}\right| \overset{(1)}{\Rightarrow} \Delta E_{2\to4} = -\frac{3\cdot E_1}{4} \succ 0 = -0{,}75\cdot E_1 \succ 0$$

Είναι προφανές πως $\Delta E_{1\to3} > \Delta E_{2\to4} > 0$, άρα σωστή απάντηση είναι η γ.

1.11. Κατά τη μετάπτωση του ηλεκτρονίου υδρογονοατόμου από τη στοιβάδα ενέργειας, έστω E_i στη στοιβάδα Μ (n = 3) εκπέμπεται φωτεινή ακτινοβολία με μήκος κύματος λ = 409,2 nm.

Α. Ποια στιβάδα έχει τη μεγαλύτερη ενέργεια;

Β. Ποια είναι η στοιβάδα E_i;

Δίνονται h = 6,63 10^{-34} J·s, c = 3 · 10^8 m/s.

Λύση

Βρίσκουμε τη στιβάδα με τη μεγαλύτερη ενέργεια:

Α. Αφού εκπέμπεται φωτόνιο, συμπεραίνουμε πως **η αρχική στοιβάδα ενέργειας E_i είναι υψηλότερης ενέργειας.**

Β.

Παναγιώτης Αθανασόπουλος
Χημικός – Διδάκτωρ Πανεπιστημίου Πατρών

Σχεδιάζουμε το ενεργειακό διάγραμμα και την αποδιέγερση $E_i \rightarrow E_3$:

Υπολογίζουμε τη συχνότητα:

$$c = \lambda \cdot \nu \Rightarrow \nu = \frac{c}{\lambda} \qquad \textbf{(1)}$$

Υπολογίζουμε την ενέργεια του εκπεμπόμενου φωτονίου:

$$\Delta E = h \cdot \nu \overset{(1)}{\Rightarrow} \Delta E = h \cdot \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \Delta E = 4{,}85 \cdot 10^{-19}\,J \qquad \textbf{(2)}$$

Υπολογίζουμε το n της άγνωστης στιβάδας:

$$\Delta E = |E_i - E_M| = \left| -\frac{2{,}18 \cdot 10^{-18}}{n^2} - \left(-\frac{2{,}18 \cdot 10^{-18}}{3^2}\right) \right|$$

$$\overset{(2)}{\Rightarrow} 4{,}85 \cdot 10^{-19} = -\frac{2{,}18 \cdot 10^{-18}}{n^2} + \frac{2{,}18 \cdot 10^{-18}}{3^2} \Rightarrow n = 4$$

1.12. (Σχολικού) Ο ήλιος περιβάλλεται από λευκό αέριο που ονομάζεται κορώνα, το οποίο είναι ορατό κατά τη διάρκεια ολικής έκλειψης του ηλίου. Η θερμοκρασία της κορώνας είναι της τάξεως των εκατομμυρίων βαθμών Κελσίου. Κάτω από αυτές τις θερμοκρασιακές συνθήκες τα μόρια διασπώνται και πολλά ηλεκτρόνια αποσπώνται από τα άτομα τους. Οι αστρονόμοι έχουν καταφέρει να προσδιορίσουν τη θερμοκρασία της κορώνας, μελετώντας το φάσμα εκπομπής των ιόντων ορισμένων στοιχείων. Για παράδειγμα το φάσμα εκπομπής των ιόντων Fe^{14+} έχει ανιχνευθεί στην ηλιακή ακτινοβολία. Με βάση το δεδομένο ότι η ενέργεια που χρειάζεται για να μετατραπεί ο Fe^{13+} σε Fe^{14+} είναι 3,5 10^4 kJ mol^{-1} και ότι η μέση κινητική ενέργεια 1 mol αερίων είναι 3/2 RT και R = 8,314 J $K^{-1}mol^{-1}$. Να προσδιορίσετε τη θερμοκρασία της κορώνας.

Λύση

Υπολογίζουμε την ενέργεια ανά mol φωτονίου:

Από την εκφώνηση προκύπτει ότι:

$Fe^{14+} + e^- \rightarrow Fe^{13+} \qquad \Delta H = -3{,}5 \cdot 10^7$ J

Υπολογίζουμε τη ζητούμενη θερμοκρασία:

Παναγιώτης Αθανασόπουλος
Χημικός – Διδάκτωρ Πανεπιστημίου Πατρών

Η ενέργεια που ελευθερώνεται θεωρούμε ότι είναι η μέση κινητική ενέργεια 1 mol Fe^{13+}(g) και από τη σχέση:

$$E = \frac{3}{2}RT \Rightarrow T = \frac{2E}{3R} = \frac{2 \cdot 3{,}5 \cdot 10^{7}\ J \cdot mol^{-1}}{3 \cdot 8{,}314\ J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}} = 2{,}8 \cdot 10^{6}\ K$$

1.13. Το άτομο του μολυβδαίνιου (Mo) απορροφά ακτινοβολία με ελάχιστη συχνότητα ν= 1,09 · 10^{15} s^{-1} για να αποβάλει ένα ηλεκτρόνιο από τη στιβάδα σθένους.

α. Τι μήκους κύματος ακτινοβολία θα δώσει ένα φωτόνιο τέτοιας ενέργειας;

β. Ποια είναι η ελάχιστη ενέργεια που απαιτείται για το σκοπό αυτό;

γ. Αν το μολυβδαίνιο απορροφήσει φως μήκους κύματος 120 nm, ποια θα είναι η μέγιστη κινητική ενέργεια του ηλεκτρονίου που φεύγει από το άτομο;

Λύση

α) Υπολογίζουμε το μήκος κύματος της ακτινοβολίας:

$$c = \lambda \cdot \nu \Rightarrow \lambda = \frac{c}{\nu} \Rightarrow \lambda = \frac{3 \cdot 10^{8}}{1{,}09 \cdot 10^{15}} \Rightarrow \lambda = 275nm \qquad \textbf{(1)}$$

β) Η ελάχιστη ενέργεια αντιστοιχεί στην ενέργεια ιοντισμού –Εn, την οποία προσδιορίζω:

$$E = -h \cdot \nu \Rightarrow E = -6{,}63 \cdot 10^{-34} \cdot 1{,}09 \cdot 10^{15} \Rightarrow E = 7{,}23 \cdot 10^{-19}\ J \qquad \textbf{(2)}$$

γ) Η ολική ενέργεια $E_{ολική}$ μετατρέπεται στην ενέργεια ιοντισμού Ε=–Εn και σε κινητική ενέργεια Κ του ηλεκτρονίου, την οποία προσδιορίζω:

$$E_{ολική} = h \cdot \frac{c}{\lambda} \Rightarrow E = -6{,}63 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^{8}}{120 \cdot 10^{-9}} \Rightarrow E = 16{,}6 \cdot 10^{-19}\ J \qquad \textbf{(3)}$$

$$E_{ολική} = E + K \Rightarrow K = E_{ολική} - E \underset{(3)}{\overset{(2)}{\Rightarrow}} K = 16{,}6 \cdot 10^{-19} - 7{,}23 \cdot 10^{-19} \Rightarrow K = 9{,}37 \cdot 10^{-19}\ J$$

1.14. Το άτομο του υδρογόνου απορροφά ένα φωτόνιο με συχνότητα 6,9 · 10^{14} s^{-1}. Ποια ήταν η αρχική και ποια η τελική τροχιά του ηλεκτρονίου;

Λύση

$$E_1 = -2{,}18 \cdot 10^{-18}\ J, E_2 = -\frac{2{,}18 \cdot 10^{-18}}{4} = 0{,}545 \cdot 10^{-18}\ J, E_3 = -\frac{2{,}18 \cdot 10^{-18}}{9} = 0{,}242 \cdot 10^{-18}\ J$$

Η ενέργεια του φωτονίου που απορροφήθηκε είναι:

$$\Delta E = h \cdot \nu \Rightarrow \Delta E = 6{,}63 \cdot 10^{-34} \cdot 6{,}9 \cdot 10^{14} \Rightarrow \Delta E = 4{,}5747 \cdot 10^{-18}\ J$$

Παρατηρούμε ότι:

$$E_2 - E_1 = 1{,}635 \cdot 10^{-18}\ J < E = 4{,}5747 \cdot 10^{-18}\ J < E_\infty - E_3 = 0{,}242 \cdot 10^{-18}\ J$$

Άρα η μετάβαση έγινε από την E_2 στην E_x:

$$\Delta E = 4{,}5747 \cdot 10^{-18}\ J \Rightarrow E_X - E_2 = 4{,}5747 \cdot 10^{-18}\ J \Rightarrow E_X = \Delta E - E_2 \Rightarrow \frac{E_1}{x^2} = \Delta E - \frac{E_1}{4} \Rightarrow x = 5$$

Παναγιώτης Αθανασόπουλος
Χημικός – Διδάκτωρ Πανεπιστημίου Πατρών

Θεωρούνται γνωστά σε όλα τα ερωτήματα: $h=6,63\cdot10^{-34}$ J·s και $c=3\cdot10^{8}$ m/s, $E_1=2,18\cdot10^{-18}$ J, $N_a=6,02\cdot10^{23}$

Να γίνουν οι 1.(16, 17, 19, 25, 28, 30, 33, 40, 42, 43).

1.15. Η θεμελιώδης κατάσταση ενός ατόμου υδρογόνου είναι εκείνη στην οποία όλα τα ηλεκτρόνια βρίσκονται στην τροχιά με τη μικρότερη ακτίνα. **Σ - Λ**

1.16. **α.** Το ηλεκτρόνιο του ατόμου του υδρογόνου έχει ενέργεια ίση με $-2,42 \cdot 10^{-19}$ J. Το ηλεκτρόνιο βρίσκεται σε θεμελιώδη ή σε διεγερμένη κατάσταση;

β. Τι πρόκειται να συμβεί, στη συνέχεια, στο ηλεκτρόνιο αυτό;

1.17. Σε ποια περίπτωση το ηλεκτρόνιο του ατόμου του υδρογόνου έχει ενέργεια μηδέν;

1.18. Το ηλεκτρόνιο του ατόμου του υδρογόνου έχει ενέργεια ίση με $E_1/16$ J

α. Το ηλεκτρόνιο βρίσκεται σε θεμελιώδη ή σε διεγερμένη κατάσταση;

β. Να περιγράψετε τι πρόκειται να συμβεί σε αυτό το ηλεκτρόνιο.

1.19. Να εκφράσετε την ενέργεια κάθε επιτρεπόμενης τροχιάς στο άτομο του υδρογόνου, συναρτήσει της ενέργειας:

α. της πρώτης τροχιάς, **β.** της έβδομης τροχιάς

1.20. Το ηλεκτρόνιο του ατόμου του υδρογόνου έχει ενέργεια E_1, E_2, E_3 και E_4 όταν ο κύριος κβαντικός αριθμός n παίρνει αντίστοιχα τις τιμές 1, 2, 3 και 4. Συμπληρώστε στο δεύτερο μέλος της κάθε μιας από τις παρακάτω ισότητες έναν από τους αριθμούς: $-2,18\cdot10^{-18}$, $-1,09\cdot10^{-18}$, $-2,42\cdot10^{-19}$, $-5,45\cdot10^{-19}$, $-1,36\cdot10^{-19}$, $-7,1\cdot10^{-19}$

E_1 = ...J, E_2 = ...J,

E_3 = ...J, E_4 = ...J

1.21. Σύμφωνα με τη θεωρία του Bohr όταν ο κύριος κβαντικός αριθμός n του ηλεκτρονίου στο άτομο του υδρογόνου διπλασιάζεται, η αριθμητική τιμή της ενέργειας Ε του ηλεκτρονίου υποδιπλασιάζεται. **Σ - Λ**

1.22. Η θεωρία των κβάντα διατυπώθηκε αρχικά από τον:

α. Bohr **β.** Planck **γ.** Einstein

1.23. Στην εξίσωση Ε = h·ν, το σύμβολο Ε εκφράζει:

α. την ενέργεια μιας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

β. την ενέργεια του φωτονίου

γ. την ενέργεια του ηλεκτρονίου στο άτομο του υδρογόνου

δ. την ενέργεια ενός ηλεκτρονίου σε οποιοδήποτε άτομο

1.24. Στην εξίσωση **Ε = h·ν,** το σύμβολο ν εκφράζει τη συχνότητα της

Παναγιώτης Αθανασόπουλος
Χημικός – Διδάκτωρ Πανεπιστημίου Πατρών

ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. **Σ – Λ**

1.25. Για το άτομο του υδρογόνου, να υπολογίσετε τη μεγαλύτερη συχνότητα των φωτονίων που προκύπτουν από την αποδιέγερση του ηλεκτρονίου του ατόμου

1.26. Το ηλεκτρόνιο του ατόμου του υδρογόνου μπορεί να απορροφήσει ένα οποιοδήποτε ποσό ενέργειας.

Σ - Λ

1.27. Να σημειώσετε αν στις παρακάτω περιπτώσεις, που αφορούν το άτομο του υδρογόνου, απορροφάται ή εκπέμπεται ενέργεια κατά τη μετακίνηση του ηλεκτρονίου του:

α. από τη δεύτερη διεγερμένη τροχιά στην τροχιά με n = 6,

β. από μια στιβάδα με ακτίνα $4,77 \cdot 10^{-10}$ m σε μια στιβάδα με ακτίνα $2,12 \cdot 10^{-10}$ m,

γ. όταν συμβαίνει ιοντισμός από τη θεμελιώδη κατάσταση,

δ. από την τροχιά με n = 5 στην πρώτη διεγερμένη τροχιά.

1.28. Όταν ένα άτομο διεγείρεται με απορρόφηση ενός φωτονίου, τότε εκπέμπει υποχρεωτικά φωτόνιο της ίδιας συχνότητας **Σ - Λ**

1.29. Όσο αυξάνονται οι κύριοι κβαντικοί αριθμοί δύο διαδοχικών ενεργειακών σταθμών τόσο μειώνεται η ενεργειακή τους διαφορά. Σ- Λ

1.30. Όσο μεγαλύτερη είναι η ενεργειακή διαφορά μεταξύ τελικής και αρχικής στάθμης κατά την αποδιέγερση ενός ατόμου τόσο μικρότερο το μήκος κύματος του φωτονίου που προκύπτει.

Σ - Λ

1.31. Όταν το ηλεκτρόνιο του ατόμου του υδρογόνου πηγαίνει από τη στιβάδα Κ στη στιβάδα Μ, η ενέργεια της διέγερσης του είναι ίση με:

α. —$8E_1/9$ J **β.**-2 E_1 J **γ.** -10 $E_1/9$ J **δ.** -8 E_1 J

1.32. Η ενέργεια ιοντισμού ατμών ατόμου Na 495,8 kJ/mol. Η μικρότερη δυνατή συχνότητα φωτός που μπορεί να προκαλέσει ιοντισμό σε ένα άτομο Na είναι:

α. $4,76 \cdot 10^{14} s^{-1}$ **β.** $7,5 \cdot 10^{14} s^{-1}$

γ. $1,24 \cdot 10^{15} s^{-1}$ **δ.** $3,15 \cdot 10^{15} s^{-1}$

ε. $5,82 \cdot 10^{15} s^{-1}$

1.33. Κατά την μετάπτωση του ηλεκτρονίου στο άτομο του υδρογόνου από τη στιβάδα Ν στη στιβάδα Κ εκπέμπεται φωτόνιο μήκους κύματος λ_1, από τη στιβάδα Ν στη στιβάδα Μ εκπέμπεται φωτόνιο μήκους κύματος λ_2 ενώ από τη στιβάδα Μ στη στιβάδα Κ εκπέμπεται φωτόνιο μήκους κύματος λ_3. Μεταξύ των λ_1, λ_2 και λ_3 ισχύει η σχέση:

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

γ. $\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} = \frac{1}{\lambda_3}$ **δ.** $\frac{1}{\lambda_2} = \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_3}$

1.34. Κατά τη μετάπτωση του ηλεκτρονίου στο άτομο του υδρογόνου από τη στιβάδα Μ στη στιβάδα Κ εκπέμπεται ακτινοβολία συχνότητας ν_1, από την Μ στην L εκπέμπεται ακτινοβολία συχνότητας ν_2, ενώ από την L στην Κ εκπέμπεται ακτινοβολία

Παναγιώτης Αθανασόπουλος
Χημικός – Διδάκτωρ Πανεπιστημίου Πατρών

συχνότητας ν_3. Μεταξύ των τριών αυτών συχνοτήτων ισχύει η σχέση:

α. $\nu_1 = \nu_2 + \nu_3$ **β.** $\nu_2 = \nu_1 + \nu_3$

γ. $\nu_3 = \nu_1 + \nu_2$ **δ.** $\nu_1 < \nu_2 + \nu_3$.

1.35. Κατά τις μεταπτώσεις Μ → Κ, Μ → L και L → Κ του ηλεκτρονίου στο άτομο του υδρογόνου εκπέμπονται ακτινοβολίες με συχνότητες ν_1, ν_2, ν_3 και μήκη κύματος λ_1, λ_2, λ_3 αντίστοιχα.

i) Για τις συχνότητες ν_1, ν_2 και ν_3 ισχύει:

α. $\nu_1 < \nu_2 < \nu_3$ **β.** $\nu_1 < \nu_3 < \nu_2$

γ. $\nu_2 < \nu_1 < \nu_3$ **δ.** $\nu_2 < \nu_3 < \nu_1$

ii) Για τα μήκη κύματος λ_1, λ_2 και λ_3 ισχύει:

α. $\lambda_2 > \lambda_3 > \lambda_1$ **β.** $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3$

γ. $\lambda_2 > \lambda_1 > \lambda_3$ **δ.** $\lambda_1 > \lambda_3 > \lambda_2$.

1.36. Ποια από τις ακόλουθες μεταπτώσεις του ηλεκτρονίου στο άτομο του υδρογόνου συνοδεύεται από εκπομπή ακτινοβολίας μεγαλύτερης συχνότητας;

α. από τροχιά με n = 5 σε τροχιά με n=2

β. από τροχιά με n = 4 σε τροχιά με n=1

γ. από τροχιά με n = 5 σε τροχιά με n=1

δ. από τροχιά με n = 6 σε τροχιά με n=2.

1.37. Κατά τη μετάπτωση Μ → Κ του ηλεκτρονίου στο άτομο του υδρογόνου εκπέμπεται ακτινοβολία μικρότερου μήκους κύματος σε σχέση με αυτή που εκπέμπεται κατά τη μετάπτωση Μ → L.

Σ – Λ

1.38. Σε ποια περίπτωση από τις παρακάτω που αφορούν το ηλεκτρόνιο του ατόμου του υδρογόνου έχουμε τη μεγαλύτερη συχνότητα ν της αντίστοιχης εκπεμπόμενης ακτινοβολίας;

Α. Όταν το ηλεκτρόνιο μεταβαίνει από τη στιβάδα Μ στην Κ.

Β. Όταν το ηλεκτρόνιο μεταβαίνει από τη στιβάδα Ν στην L.

Γ. Όταν το ηλεκτρόνιο μεταβαίνει από τη στιβάδα L στην Κ.

Δ. Όταν το ηλεκτρόνιο μεταβαίνει από τη στιβάδα Q στην Κ.

1.39. Χρησιμοποιώντας τη γραφική παράσταση της ενέργειας του ηλεκτρονίου του ατόμου του υδρογόνου συναρτήσει του κύριου κβαντικού αριθμού, να διατάξετε τις παρακάτω μεταπτώσεις ηλεκτρονίων κατά φθίνουσα συχνότητα της αντίστοιχης εκπεμπόμενης ακτινοβολίας:

α. από την τέταρτη στιβάδα (n = 4) στην τρίτη στιβάδα (n = 3),

β. από τη στιβάδα με n = 4 στην πρώτη διεγερμένη κατάσταση.

γ. από την τέταρτη στιβάδα στη θεμελιώδη στιβάδα.

δ. από τη στιβάδα με η = 6 στη θεμελιώδη κατάσταση.

1.40. Να βρεθεί η ενέργεια που μεταφέρει 1 mol φωτονίων μήκους κύματος λ.

1.41. Για τον ιοντισμό ενός ηλεκτρονίου του ατόμου του υδρογόνου που βρίσκεται στην πρώτη διεγερμένη

Παναγιώτης Αθανασόπουλος
Χημικός – Διδάκτωρ Πανεπιστημίου Πατρών

κατάσταση, πόση ενέργεια σε kJ/mol απαιτείται;

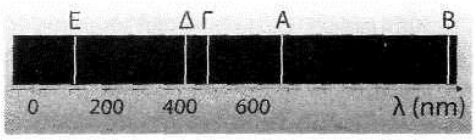
1.42. Το ηλεκτρόνιο του ατόμου του υδρογόνου βρίσκεται στη δεύτερη διεγερμένη κατάσταση (n = 3).

α. Να σχεδιάσετε τις πιθανές μεταβολές που πραγματοποιούνται κατά την αποδιέγερση του ηλεκτρονίου.

β. Σε κάθε μετάβαση να ορίσετε τη συχνότητα του φωτονίου που εκπέμπεται.

γ. Πόσες είναι οι αντίστοιχες γραμμές στο φάσμα εκπομπής του αερίου υδρογόνου;

1.43. Στο σχήμα βλέπουμε τη φασματική γραμμή Α που προέρχεται από την αποδιέγερση του ατόμου του υδρογόνου από τη 2η διεγερμένη κατάσταση στην 1η διεγερμένη κατάσταση.



Ποια από τις άλλες γραμμές αντιστοιχεί σε αποδιέγερση από:

α. την 3η διεγερμένη στην 1η διεγερμένη,

β. την 3η διεγερμένη στη 2η διεγερμένη, **γ.** την 1η διεγερμένη στη θεμελιώδη.

Παναγιώτης Αθανασόπουλος
Χημικός – Διδάκτωρ Πανεπιστημίου Πατρών

Ασκήσεις & Προβλήματα σύμφωνες με το 3ο & 4ο Θέμα των εξετάσεων

Θεωρούνται γνωστά σε όλα τα ερωτήματα:
$h=6,63\cdot10^{-34}$ J·s και $c=3\cdot10^{8}$ m/s, $E_1=2,18\cdot10^{-18}$ J, $N_a=6,02\cdot10^{23}$

Εύρεση δεδομένων από τις σχέσεις:

I. Εύρεση του ΔΕ από το n1 →n2
II. Σχέση φωτονίου – ν, c, λ, n, E
III. Σχέση Ε ιοντισμού και φωτονίου
IV. Συνολική ενέργεια και αριθμός φωτονίων
V. Εύρεση περιοχής φωτονίου στο φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας
VI. Εύρεση του n κατά την ενεργειακή μετάβαση του φωτονίου.

1.44. Να υπολογίσετε το μήκος κύματος του φωτονίου που εκπέμπεται, όταν το ηλεκτρόνιο του ατόμου του υδρογόνου μεταπηδά από τη στιβάδα Ν στη στιβάδα Κ.

Απ. λ = 97,3 nm.

1.45. Να υπολογίσετε τη συχνότητα ενός φωτονίου που έχει μήκος κύματος 500 nm. Τι ενέργεια μεταφέρει 1 mol τέτοιων φωτονίων;

Απ.: $f = 6\cdot10^{14}$ s^{-1}, $E_{o\lambda}$ =239715,4 J.

1.46. Να βρείτε την ενέργεια ενός κβάντου της κίτρινης ακτινοβολίας με λ = 589 nm, την οποία μπορεί να απορροφήσει ένα αντικείμενο. Θα μπορούσε το αντικείμενο αυτό να αποκτήσει ενέργεια από το παραπάνω φως ίση με $5\cdot10^{-19}$ J;

Απ. α. $E = 3,38\cdot10^{-19}$ J.

1.47. Η ενέργεια μιας ακτινοβολίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το σπάσιμο των χημικών δεσμών. Η ελάχιστη ενέργεια που είναι απαραίτητη για το σπάσιμο του δεσμού οξυγόνου - οξυγόνου στο μόριο του O_2 είναι E_1 kJ/mol. Ποια είναι η ακτινοβολία με το μεγαλύτερο μήκος κύματος που έχει την απαραίτητη ενέργεια για το σπάσιμο του δεσμού αυτού; Να γίνει εφαρμογή για E_1 = 495 kJ/mol.

Απ.:. λ max≈242 nm.

Ενεργειακό διάγραμμα και φασματικές γραμμές

1.48. α. Το ηλεκτρόνιο του ατόμου του υδρογόνου μεταπηδά από τροχιά με κύριο κβαντικό αριθμό n στη θεμελιώδη κατάσταση. Αν εκπέμπεται φωτόνιο μήκους κύματος $9,73\cdot10^{-6}$ cm, να βρεθεί η τιμή του n.

β. Αν στην παραπάνω διεγερμένη κατάσταση (n) βρίσκονται όλα τα άτομα 0,25 g υδρογόνου και όλα αποδιεγείρονται στη θεμελιώδη κατάσταση τους, να βρείτε τον αριθμό των φωτονίων που εκπέμπονται κατά τις αποδιεγέρσεις. Πόση είναι η συνολική ενέργεια αυτών των φωτονίων;

Απ. α. n = 4 ,β. 0,25N_A φωτόνια, 307737 J.

1.49. Να υπολογιστεί η συχνότητα του φωτονίου που πρέπει να απορροφήσει το άτομο του υδρογόνου, για να μεταβεί το ηλεκτρόνιο του:

α. από τη θεμελιώδη κατάσταση στην τροχιά με n = 2,

Παναγιώτης Αθανασόπουλος
Χημικός – Διδάκτωρ Πανεπιστημίου Πατρών

β. από τη θεμελιώδη κατάσταση στην τροχιά με n = ∞,

γ. από την τροχιά με n = 2 στην τροχιά με n = ∞,. Τι συμπέρασμα προκύπτει από τη σύγκριση των παραπάνω τιμών;

Απ. α. $f_{1,2} = 2,47 \cdot 10^{15} s^{-1}$ ***β.*** $f_{1,\infty,} = 3,29 \cdot 10^{15}\ s^{-1}$, ***γ.*** $f_{2,\infty,,.} = 8,22 \cdot 10^{14}\ s^{-1}$.

1.50. α. Ποια είναι η ενέργεια του φωτονίου που πρέπει να απορροφήσει το ηλεκτρόνιο ενός ατόμου υδρογόνου, για να διεγερθεί από τη θεμελιώδη κατάσταση στη 2η διεγερμένη κατάσταση;

β. Πόσα φωτόνια χρειάζονται για την ίδια διέγερση των ηλεκτρονίων των ατόμων που περιέχονται σε 4 g αερίου υδρογόνου; Ποια είναι η συνολική ενέργεια αυτών των ηλεκτρονίων;

Απ. α. $\Delta E=1,94\cdot10^{-18}J$, ***β.*** $4N_A$, ***γ.*** $\lambda_{3\rightarrow1} \approx 103\ nm$, $\lambda_{3\rightarrow2} \approx 657\ nm$, $\lambda_{2\rightarrow1} \approx 122\ nm$

1.51. Το ηλεκτρόνιο του ατόμου του υδρογόνου βρίσκεται στη θεμελιώδη κατάσταση και μεταβαίνει με απορρόφηση ενέργειας στη στιβάδα Ο. Στη συνέχεια, το ηλεκτρόνιο μεταπηδά στη στιβάδα L και κατόπιν επιστρέφει στη θεμελιώδη κατάσταση.

α. Να υπολογιστεί η ενέργεια διέγερσης και το μήκος κύματος του φωτονίου που απορροφήθηκε.

β. Να βρεθεί για τα φωτόνια που αναφέρθηκαν:

i. η σχέση των συχνοτήτων τους και ii. η σχέση των ενεργειών τους.

Απ. α. $E_{διέγερσης} = 2,0928 \cdot 10^{-18}\ J$, $\lambda \approx 95nm$.

1.52. Φως συχνότητας $7,5\cdot10^{14}s^{-1}$ προσπίπτει στην επιφάνεια μεταλλικού Na, με αποτέλεσμα να αποσπάται ηλεκτρόνιο με ταχύτητα $5\cdot10^{11}$ cm/s. Να υπολογιστεί η ελάχιστη συχνότητα που πρέπει να έχει το φως για την απόσπαση ενός ηλεκτρονίου. Δίνεται η μάζα του ηλεκτρονίου $m_e = 9\cdot10^{-31}$ kg.

Απ. $F_{min,} = 5,8\ 10^{14}s^{-1}$

1.53. **α.** Να υπολογίσετε για το άτομο του υδρογόνου, τη συχνότητα του φωτονίου που προκαλεί τον ιοντισμό του ηλεκτρονίου του σύμφωνα με τη χημική εξίσωση:

$$H_{(g)} \rightarrow H_{(g)}^{+} + e^{-}\ \Delta H = +x\ kJ$$

β. Ποια είναι η τιμή του x;

γ. Ηλεκτρόνιο αποσπάται από την επιφάνεια μεταλλικού Na με την πρόσπτωση φωτονίου συχνότητας $7,5 \cdot 10^{14}\ s^{-1}$. Να βρεθούν.

i. η ταχύτητα με την οποία αποσπάται το ηλεκτρόνιο από την επιφάνεια του Na.

ii. αν η πρόσπτωση του ηλεκτρονίου σε άτομο του υδρογόνου προκαλέσει τη διέγερση του ηλεκτρονίου του.

Δίνεται η ελάχιστη ενέργεια για την απόσπαση ηλεκτρονίου από το άτομο του Na ίση με $3,85 \cdot 10^{-19}$ J και η μάζα του ηλεκτρονίου ίση με $9 \cdot 10^{-31}$ kg.

Απ α. $v=3,29 \cdot 10^{15}\ s^{-1}$ ***β.*** $E_{ιοντισμού} = 1313\ kJ/mol$, ***γ. ι.*** $u = 499444\ m/s$, ***ii. όχι.***

Παναγιώτης Αθανασόπουλος
Χημικός – Διδάκτωρ Πανεπιστημίου Πατρών