

Άσκηση 6

Μελέτη φασμάτων

Το φως ταξιδεύει γρηγορότερα από τον ήχο.

Γι αυτό μερικοί άνθρωποι φαίνονται λαμπεροί μέχρι να αρχίσουν να μιλάνε.

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η βαθμολογία φασματοσκοπίου και η μελέτη φασμάτων

ΣΥΣΚΕΥΕΣ

Φασματοσκόπιο σταθερής εκτροπής

Λυχνία Hg και λυχνία Ne υψηλής πίεσης

Λαμπτήρας πυρακτώσεως

Γυάλινες πλάκες διαφόρων χρωμάτων

Τροφοδοτικά, πηγή 12V DC, ρυθμιστική αντίσταση και αμπερόμετρο.

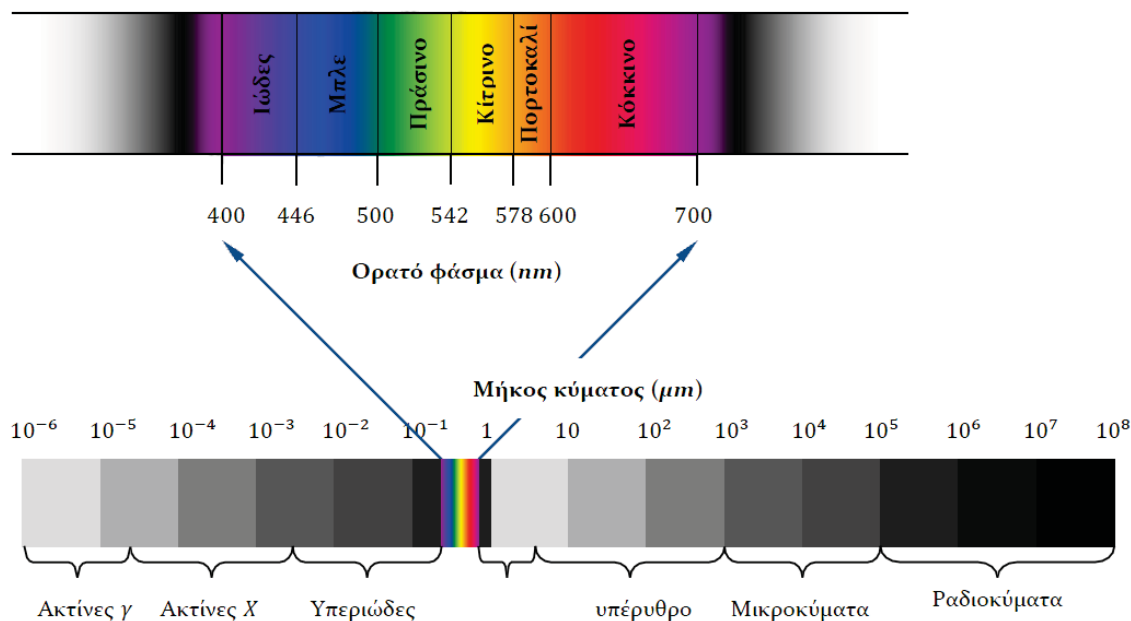
ΘΕΩΡΙΑ

1. Το φως

Το φως είναι μορφή ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας που εκπέμπεται κατά διακριτές ποσότητες που ονομάζονται φωτόνια, το καθένα από τα οποία μπορεί να θεωρηθεί ως «σωματίδιο» αλλά και ως ένα μικρό κύμα που διαδίδεται στο χώρο. Όπως κάθε κύμα, τα φωτεινά κύματα χαρακτηρίζονται από μήκος κύματος (λ), συχνότητα (f), ταχύτητα (c) και ενέργεια (E). Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα μπορεί να έχουν διαφορετικά μήκη κύματος, διαδίδονται όμως όλα στο κενό με την ίδια ταχύτητα η οποία είναι $c \approx 3.00 \times 10^8$ m/s). Η ενέργεια κάθε φωτονίου (E) συνδέεται με το εκπεμπόμενο μήκος κύματος μέσω της σχέσης

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

όπου $h = 6.626 \times 10^{-34}$ J·s η σταθερά του Planck. Από τη σχέση αυτή φαίνεται ότι τα φωτόνια μεγάλου μήκους κύματος μεταφέρουν μικρότερη ενέργεια από αυτά του μεγαλύτερου μήκους κύματος. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα καλύπτουν ένα εύρος μηκών κύματος/συχνότητας/ενέργειας το οποίο αποτελεί το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα (Σχήμα 1). Αυτό διακρίνεται στις παρακάτω επιμέρους περιοχές που αλληλοκαλύπτονται και δεν αποτελούν φυσικό διαχωρισμό: ακτίνες γ (10^{-12} m), ακτίνες X (10^{-10} m), υπεριώδη ακτινοβολία (10^{-7} m), ορατό μέρος (400-700 10^{-9} m) που υποδιαιρείται σε ιώδες, κυανό, πράσινο, κίτρινο, ερυθρό (Σχήμα 1), υπέρυθη ακτινοβολία (10^{-4} m), μικροκύματα (10^{-3} m), και ραδιοκύματα (1 m).

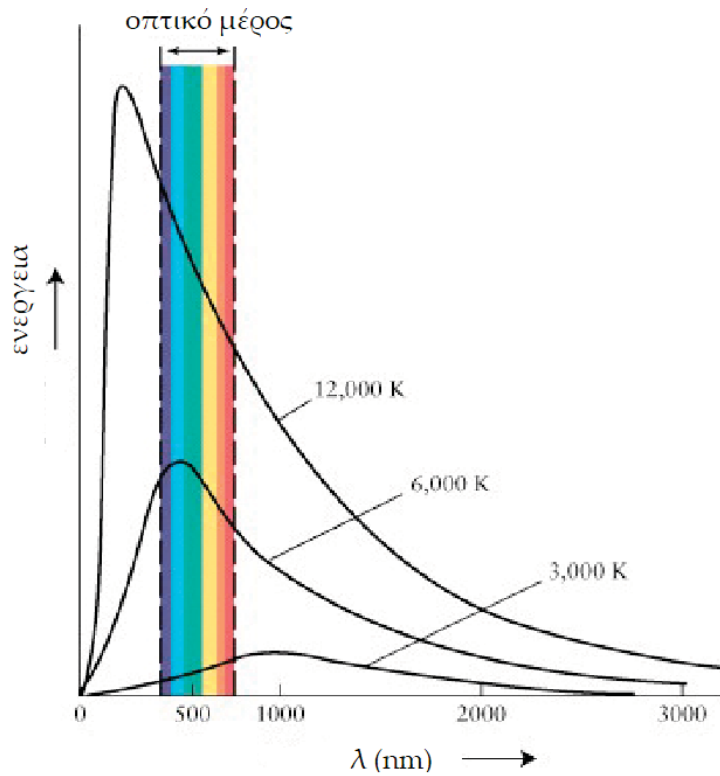


Σχήμα 1: Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

2. Ακτινοβολία μέλανος σώματος ή θερμική ακτινοβολία.

Προκειμένου να μελετήσουμε τη φύση της ακτινοβολίας που εκπέμπουν τα σώματα παρατηρούμε ότι όταν σε ένα αδιαφανές σώμα προσπέσει ακτινοβολία, ένα μέρος της ανακλάται και το υπόλοιπο απορροφάται. Το σώμα λόγω της απορρόφησης ακτινοβολίας (ενέργειας) θερμαίνεται και εκπέμπει ενέργεια προκειμένου να απάγει τη θερμότητα. Η κατανομή του ρυθμού έκλυσης της ακτινοβολίας σε σχέση με το μήκος κύματος που εκπέμπει ένα τέτοιο σώμα καθορίζεται από την θερμοκρασία την οποία έχει όταν εγκαθιδρυθεί θερμοδυναμική ισορροπία, όταν δηλαδή επανεκπέμπει ενέργεια με τον ίδιο ρυθμό που την απορροφά. Ένα υποθετικό σώμα το οποίο απορροφά πλήρως όποια ακτινοβολία προσπέσει επάνω του ονομάζεται μέλαν σώμα. Η θερμοκρασία του εξαρτάται μόνο από τη συνολική ενέργεια που προσπίπτει επάνω του. Όπως φαίνεται στο σχήμα 2, το φάσμα της ενέργειας που επανεκπέμπει ένα μέλαν σώμα είναι διαφορετικό από αυτό της ακτινοβολίας που απορροφά και έχει ένα χαρακτηριστικό σχήμα το οποίο εξαρτάται μόνο από τη θερμοκρασία και όχι από άλλους παράγοντες όπως η χημική σύνθεση. Αυτή η μορφή εκπεμπόμενης ενέργειας ονομάζεται θερμική ακτινοβολία και δίνεται από το **νόμο του Planck**.

Στο σχήμα 2 παρουσιάζεται η κατανομή της ενέργειας που ακτινοβολείται από ένα μέλαν σώμα σε σχέση με το μήκος κύματος όπως υπολογίζεται από το νόμο του Planck για μέλανα σώματα διαφορετικών θερμοκρασιών. Από το σχήμα 3 παρατηρείται ότι ένα μέλαν σώμα με θερμοκρασία μεγαλύτερη του απολύτου μηδενός εκπέμπει σε όλα τα μήκη κύματος αλλά όχι το ίδιο ποσό ενέργειας. Επιπλέον παρατηρείται ότι υπάρχει ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος λ_{max} στο οποίο ένα μέλαν σώμα εκπέμπει το μέγιστο της ακτινοβολίας του. Αυτό προσδιορίζεται από το **νόμο μετατόπισης του Wien**



Σχήμα 2: Το φάσμα του μέλανος σώματος

$$\lambda_{max}T \cong 0.3 \text{ cm} \cdot K$$

(όπου το μήκος κύματος λ μετράται σε cm και η θερμοκρασία T σε βαθμούς K) και δείχνει ότι το χρώμα (μήκος κύματος) της μέγιστης εκπομπής ακτινοβολίας ενός μέλανος σώματος μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα της θερμοκρασίας του. Αυτό σημαίνει όπως φαίνεται και από το σχήμα 2 ότι ένα θερμότερο μέλαν σώμα εκπέμπει το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειάς του σε μικρότερα μήκη κύματος απ' ότι ένα ψυχρότερο μέλαν σώμα. Επιπλέον αν αθροίσουμε την ενέργεια που ακτινοβολείται από ένα μέλαν σώμα μιας συγκεκριμένης θερμοκρασίας T σε όλα τα μήκη κύματος (σε όλο το φάσμα), μπορούμε να υπολογίσουμε τη ροή ενέργειας F που εκλύεται από την επιφάνειά του προς το εξωτερικό μέρος του, δηλαδή την ενέργεια ανά μονάδα χρόνου ανά μονάδα επιφάνειας.

Αυτή ακολουθεί το **νόμο των Stefan-Boltzmann**

$$F = \sigma T^4$$

όπου σ είναι η σταθερά των Stefan-Boltzmann. Η τελευταία σχέση δείχνει ότι η ακτινοβολία που εκπέμπεται από ένα μέλαν σώμα αυξάνει πολύ γρήγορα αυξανόμενης της θερμοκρασίας του. Αυτό σημαίνει ότι εάν ένα μέλαν σώμα είναι δύο φορές θερμότερο (διπλάσια θερμοκρασία) από ένα άλλο, εκπέμπει 2^4 δηλαδή 16 φορές περισσότερη ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας σε όλα τα μήκη κύματος σε σχέση με το ψυχρότερο μέλαν σώμα. Αυτό είναι εμφανές από το σχήμα 2 που δείχνει ότι το ύψος της καμπύλης Planck για το ίδιο αντικείμενο αυξανόμενης της θερμοκρασίας του, αυξάνει κι άρα αυξάνει το ολικό ποσό της εκπεμπόμενης ενέργειας.

Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι ο όρος μέλαν (μαύρο) χρησιμοποιείται για να γίνει διάκριση από τα σώματα που ανακλούν το φως και αναφέρεται στο γεγονός ότι ένα τέτοιο σώμα απορροφά κάθε μήκος κύματος ορατής ακτινοβολίας

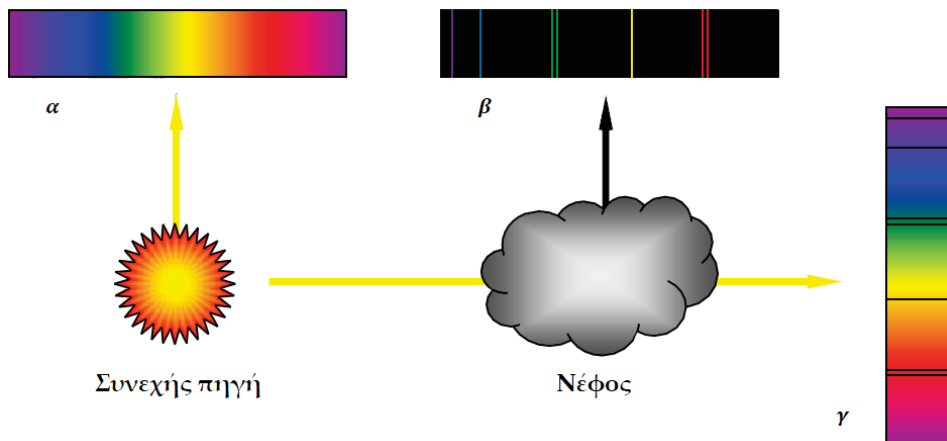
(γι αυτό και φαίνεται μαύρο) χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν εκπέμπει ακτινοβολία σε άλλα μέρη του φάσματος όπως για παράδειγμα υπέρυθρη.

3 Είδη φασμάτων

Όταν το φως, το οποίο δεν είναι παρά ενέργεια υπό μορφή ακτινοβολίας, που εκπέμπεται από μία φωτεινή (διάπυρη) πηγή περάσει μέσα από ένα πρίσμα ή άλλη ανάλογη συσκευή ανάλυσης, σχηματίζεται το φάσμα της πηγής, η κατανομή δηλαδή της ενέργειάς της σε σχέση με το μήκος κύματος. Τα φάσματα μελετώνται αναλυτικά με τη χρήση φασματοσκοπίου και φωτογραφίζονται με τη χρήση φασματογράφου. Όπως φαίνεται στο σχήμα 3, διακρίνουμε τρία είδη φασμάτων, ανάλογα με τη φύση της πηγής. Ο πρώτος που τα διέκρινε πειραματικά ήταν ο Gustav Kirchoff το 1859 ο οποίος κατέληξε στις εξής διαπιστώσεις που είναι γνωστές ως οι τρεις εμπειρικοί νόμοι της φασματικής ανάλυσης.

1. Ένα θερμό στερεό, υγρό ή ισχυρά συμπιεσμένο αέριο εκπέμπει ακτινοβολία σε όλα τα μήκη κύματος και σχηματίζει φάσμα που αποτελείται από μία συνεχή επαλληλία μηκών κύματος (χρωμάτων) που διαδέχονται ομαλά το ένα το άλλο (σχήμα 3α και Εικόνα 1). Λόγω της μορφής του αυτό το φάσμα ονομάζεται συνεχές. Αυτή τη μορφή έχουν τα φάσματα που λαμβάνονται από το διάπυρο σίδηρο (Fe), το διάπυρο νήμα ενός λαμπτήρα πυρακτώσεως, το διάπυρο Ni, το βολταϊκό τόξο, ο διάπυρος Pt,Pb,Cu, Au και γενικότερα μέταλλα σε κατάσταση τήξης. Το φάσμα αυτό είναι θερμικής φύσης και δεν είναι χαρακτηριστικό του σώματος που ακτινοβολεί.

2. Ένα θερμό αραιό (χαμηλής πυκνότητας) αέριο εκπέμπει ακτινοβολία μόνο σε ορισμένα μήκη κύματος, σχηματίζοντας φάσμα το οποίο ονομάζεται γραμμικό



Σχήμα 3 : Τα τρία φάσματα που παρατηρούνται στη φύση.

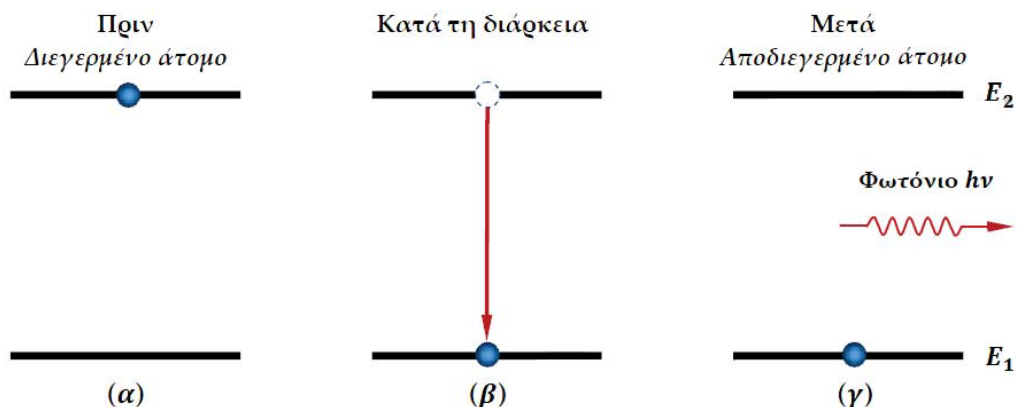
φάσμα εκπομπής που αποτελείται από συγκεκριμένες λαμπρές γραμμές σε σκοτεινό υπόβαθρο (σχήμα 3β και Εικόνα1). Ο αριθμός και η θέση αυτών των γραμμών (το μήκος κύματός τους) εξαρτώνται από τα στοιχεία που περιέχονται στο αέριο. Έτσι το φάσμα του υδρογόνου στην ορατή του περιοχή αποτελείται από τέσσερις έγχρωμες φωτεινές διακεκριμένες γραμμές (εικόνα 1) . Τα φάσματα αυτά προέρχονται από διακριτά άτομα αερίων ή ατμών σε κατάσταση διέγερσης όπως είναι το H , το He, το Ne και οι ατμοί Na, K, Hg, Cd κλπ. Για να λάβουμε το φάσμα εκπομπής αερίου πρέπει να το αναγκάσουμε σε φωτοβολία και για το σκοπό αυτό

χρησιμοποιούμε τον σωλήνα Geissler. Αυτός είναι διαφανής σωλήνας εντός του οποίου υπάρχει το αέριο υπό χαμηλή πίεση (5-10 Torr) και τροφοδοτείται με τάση χιλιάδων Volt.

- Εάν το φως μίας πηγής συνεχούς ακτινοβολίας περάσει μέσα από ένα ψυχρότερο (χαμηλότερης θερμοκρασίας) αραιό αέριο, το ψυχρότερο αέριο προκαλεί την εμφάνιση σκοτεινών (ή αμυδρών) γραμμών πάνω στο συνεχές φάσμα της πηγής (σχήμα 3γ και Εικόνα 1). Το φάσμα αυτό ονομάζεται φάσμα απορρόφησης και οι σκοτεινές γραμμές, γραμμές απορρόφησης. Η θέση και ο αριθμός τους στο φάσμα εξαρτώνται από τα στοιχεία που περιέχει το ψυχρό αέριο. Όταν το λευκό φως περάσει δια μέσου κάποιου διαφανούς σώματος (στερεού, υγρού) υφίσταται απορρόφηση μεγαλύτερων περιοχών και δίνει συνεχές φάσμα απορρόφησης (εικόνα 2). Έτσι τα έγχρωμα φίλτρα επιτρέπουν τη διόδο μόνο σε ορισμένα χρώματα δηλαδή στο φασματοσκόπιο το φως διερχόμενο δια μέσου αυτών δίνει φάσμα στο οποίο λείπουν όλες οι άλλες ακτινοβολίες πλην εκείνων που πέρασαν

3. Ερμηνεία των γραμμικών φασμάτων

Σύμφωνα με την κβαντική θεωρία, ένα δέσμιο ηλεκτρόνιο σε ένα άτομο δεν μπορεί να έχει τυχαίες τιμές ενέργειας δηλαδή μπορεί να καταλαμβάνει συγκεκριμένες ενεργειακές στάθμες. Για το άτομο του υδρογόνου αυτές δίνονται από τη σχέση:



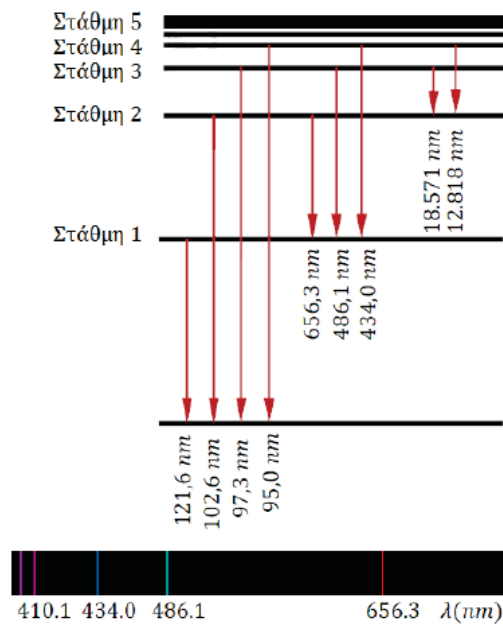
Σχήμα 4: Η διαδικασία της αποδιέγερσης ενός ατόμου

$E = -E_0/n^2$, όπου $E_0 = 13.6 \text{ eV}$ ($1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ Joules}$) και $n = 1, 2, 3, \dots$ κ.λπ. Η ενέργεια είναι αρνητική γιατί χρειάζεται τόση ενέργεια να προσφερθεί προκειμένου να αποδεσμευτεί (ιονιστεί) το ηλεκτρόνιο από τον πυρήνα και να γίνει ελεύθερο (μηδενική ενέργεια σύνδεσης). Επειδή το δέσμιο στον πυρήνα ηλεκτρόνιο σε μία στάθμη έχει συγκεκριμένη ενέργεια μπορεί να απορροφήσει μόνο φωτόνια που έχουν ενέργεια ίση με την ενεργειακή διαφορά μεταξύ σταθμών. Για παράδειγμα το ηλεκτρόνιο στη θεμελιώδη κατάσταση του υδρογόνου έχει ενέργεια -13.6 eV . Η πρώτη στάθμη έχει ενέργεια -3.4 eV . Άρα χρειάζεται ενέργεια $E_2 - E_1 = -3.4 \text{ eV} - (-13.6 \text{ eV}) = 10.2 \text{ eV}$ για να διεγερθεί το ηλεκτρόνιο από τη θεμελιώδη στην πρώτη διεγερμένη στάθμη. Ένα ηλεκτρόνιο διεγερμένο σε μία στάθμη έχει μεγάλη πιθανότητα αυθόρμητης αποδιέγερσης σε κατάσταση μικρότερης ενέργειας (πιο αρνητικής) με την εκπομπή ενός φωτονίου

ενέργειας ίση με τη διαφορά των παραπάνω σταθμών. Η ενέργεια του εκπεμπόμενου φωτονίου δίνεται από τη σχέση *Rydberg*.

$$E_{\text{φωτ}} = E_o \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

όπου $n_1 < n_2$ και για το άτομο του υδρογόνου $E_0 = 13.6 \text{ eV}$. Εάν $n_1 < n_2$ η ενέργεια του φωτονίου είναι θετική και άρα το φωτόνιο εκπέμπεται. Αντιστρόφως εάν $n_1 > n_2$ η ενέργεια του φωτονίου είναι αρνητική και άρα το φωτόνιο θα απορροφηθεί. Η ισχύς των φασματικών γραμμών εκπομπής ή απορρόφησης από μια πηγή π.χ αέριο υδρογόνου εξαρτάται από τον αριθμό των ηλεκτρονίων που βρίσκονται σε μία συγκεκριμένη διεγερμένη κατάσταση. Αυτή δίνεται από τη στατιστική κατανομή των ατόμων η οποία εξαρτάται από τη θερμοκρασία της πηγής. Οι κύριες αποδιεγέρσεις του ατόμου του υδρογόνου φαίνονται στο σχήμα 5. Άρα τα άτομα ή μόρια είναι διεγερμένα και αποδιεγείρονται εκπέμποντας φως μόνο σε συγκεκριμένα μήκη κύματος που συνδέονται με τις ενεργειακές διαφορές των ενεργειακών τους επιπέδων. Στα φάσματα απορρόφησης από την άλλη, συνεχές φάσμα μιας κατάλληλης πηγής διέρχεται από δείγμα ατόμων ή μορίων που βρίσκονται στη βασική (ή θεμελιώδη) τους κατάσταση. Αυτά απορροφούν το φως



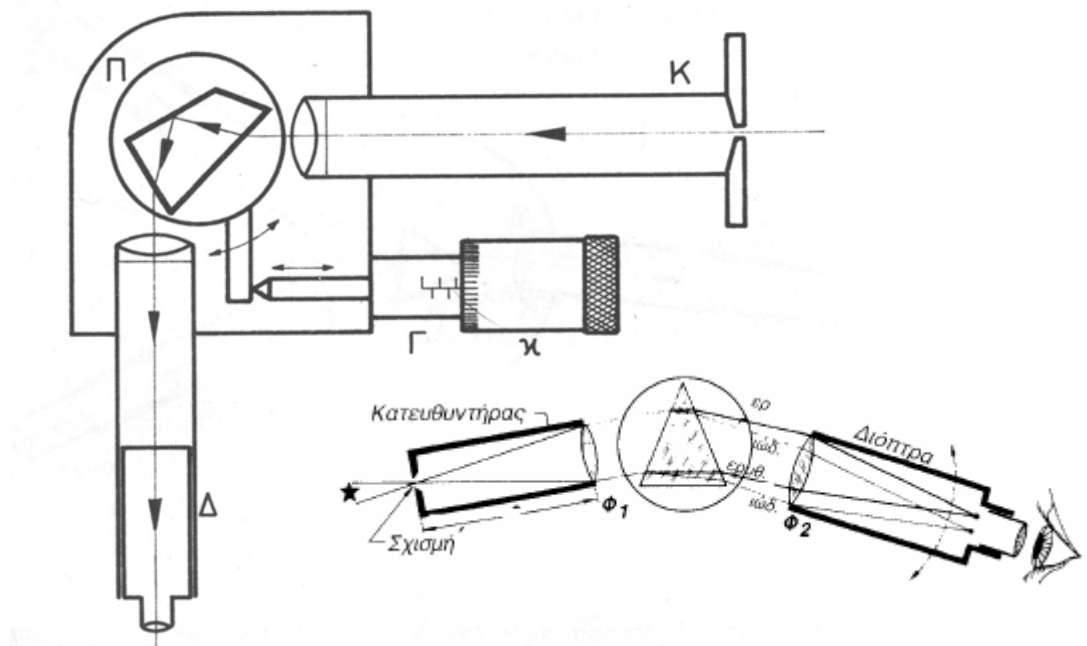
Σχήμα 5: Οι κύριες αποδιεγέρσεις του ατόμου του υδρογόνου

τη πηγής επιλεκτικά, δηλαδή απορροφούνται εκείνα μόνο τα μήκη κύματος που πάλι συνδέονται με τις ενεργειακές διαφορές των διεγερμένων ενεργειακών επιπέδων με τη βασική τους κατάσταση. Τα δύο αυτά είδη φασμάτων δίνουν πληροφορίες για την ενεργειακή δομή των ατόμων ή μορίων μια και τα φάσματα συγκεκριμένων στοιχείων ή μορίων αποτελούν το «δακτυλικό τους αποτύπωμα». Συνεπώς μπορούμε από τα φάσματα αυτά να αναγνωρίσουμε ποιο ή ποια

στοιχεία υπάρχουν στη φωτεινή πηγή και σε αρκετές περιπτώσεις και σε ποια αναλογία.

4. Φασματοσκόπιο και Φασματοσκοπική ανάλυση

Για την εξέταση των φασμάτων και την μέτρηση του μήκους κύματος χρησιμοποιείται το οπτικό φασματοσκόπιο το οποίο περιλαμβάνει μία πηγή φωτός, κάποιο οπτικό στοιχείο ανάλυσης του φωτός της πηγής (πρίσμα ή φράγμα) και ένα σύστημα παρατήρησης (ή/και καταγραφής) της έντασης του αναλυμένου φωτός ως συνάρτησης του μήκους κύματός του. Το όργανο χρησιμοποιείται για τον φασματικό χαρακτηρισμό της φωτεινής πηγής ενώ για να βαθμονομηθεί απαιτείται συνήθως μια άλλη πηγή με γνωστό φασματικό περιεχόμενο. Οι πηγές φωτός μπορεί να είναι φυσικές (πχ Ήλιος) ή τεχνητές (λυχνίες πυρακτώσεως, τόξου, ηλεκτρικών εκκενώσεων, lasers κα). Το οπτικό φασματοσκόπιο του εργαστηρίου έχει αντί κοινού πρίσματος, πρίσμα σταθεράς εκτροπής και αποτελείται εξωτερικά όπως φαίνεται στο Σχήμα 6 από τον **κατευθυντήρα Κ**, την **διόπτρα Δ**, την μεταλλική θήκη τοποθέτησης του **πρίσματος Π** και την **κλίμακα Γ**, η οποία έχει τη δομή και λειτουργία κοινού μικρομέτρου με το μόνιμο στέλεχος και τον **κοχλία κ**. Στο εσωτερικό της διόπτρας Δ υπάρχει σταυρόνημα που φωτίζεται από λυχνία πυρακτώσεως των 6V.



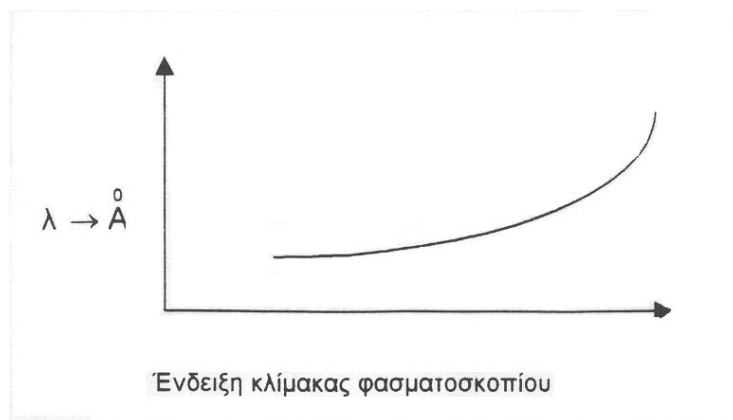
Σχήμα 6. Φασματοσκόπιο σταθερής εκτροπής

Ο κατευθυντήρας χρησιμεύει στη δημιουργία της παράλληλης δέσμης ακτίνων της φωτεινής πηγής που θα αναλυθεί με το πρίσμα. Είναι στερεωμένος σταθερά στη βάση του φασματοσκοπίου και αποτελείται από ένα σωλήνα που στο ένα άκρο του φέρει μια σχισμή, ενώ στο άλλο υπάρχει ένας φακός Φ_1 , του οποίου η εστιακή απόσταση είναι ίση με το μήκος του σωλήνα. Αν η φωτεινή πηγή είναι μονοχρωματική, όλες οι παράλληλες ακτίνες που βγαίνουν από τον

κατευθυντήρα, αφού μπουν στο πρίσμα, θα διαθλασθούν αλλά θα εξακολουθήσουν να είναι παράλληλες. Κατά την έξοδό τους από το πρίσμα, θα υποστούν ξανά διάθλαση, χωρίς να πάψουν να είναι παράλληλες. Ο φακός Φ_2 θα δημιουργήσει στο εστιακό του επίπεδο ένα πραγματικό είδωλο της σχισμής του κατευθυντήρα, δηλ., μία (έγχρωμη) φωτεινή γραμμή, το πλάτος της οποίας ρυθμίζεται με μεταβολή του πλάτους της σχισμής. Η παρατήρηση αυτού του ειδώλου γίνεται, σε μεγέθυνση, με μεγεθυντικό φακό που ονομάζεται προσοφθάλμιος. Ο φακός Φ_2 και ο προσοφθάλμιος είναι στερεωμένοι στα άκρα ενός σωλήνα και αποτελούν τη **διόπτρα** του οργάνου. Εάν η πηγή δεν είναι μονοχρωματική π.χ αποτελείται από ιώδεις και ερυθρές ακτίνες, αυτές αφού βγουν παράλληλες προσπίπτουν στο φακό Φ_2 αλλά επειδή η δέσμη των ιωδών ακτίνων, παθαίνει μεγαλύτερη εκτροπή, διαδίδεται σε άλλο δευτερεύοντα άξονα και, συνεπώς, δημιουργεί πραγματικό είδωλο σε διαφορετικό σημείο από εκείνο των ερυθρών. Οι προσπίπτουσες δύο έγχρωμες γραμμές αποτελούν, στην περίπτωση αυτή, το φάσμα εκπομπής της εξεταζόμενης πηγής μετά το φακό.

Βαθμολογία Φασματοσκοπίου

Με τη βοήθεια φασματικών γραμμών γνωστού στοιχείου (γνωστού μήκους κύματος λ), μπορούμε να βαθμολογήσουμε την κλίμακα του τύμπανου του φασματοσκοπίου, εάν σε κάθε μια από τις παραπάνω γραμμές αντιστοιχίσουμε μια ένδειξη της κλίμακας του τύμπανου (ϵ). Έτσι κατασκευάζουμε την «καμπύλη βαθμολογίας του φασματοσκοπίου» δηλαδή την γραφική παράσταση της σχέσης $\lambda = \mu(T)$, (Σχήμα 7) με βάση την οποία μπορούμε να προσδιορίσουμε το μήκος κύματος αγνώστων φασματικών γραμμών.



Σχήμα 7

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

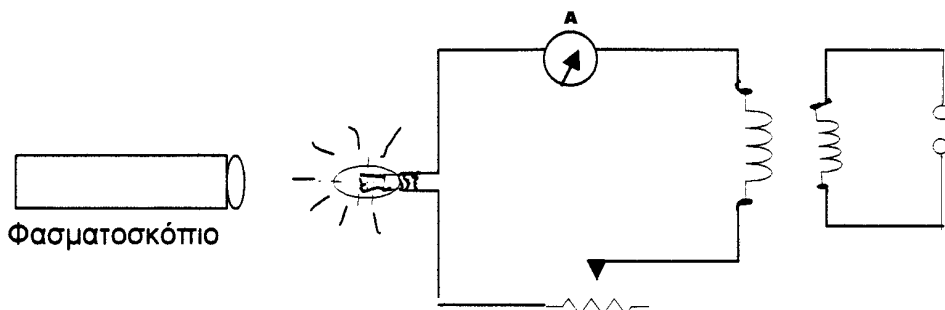
1. Να φωτισθεί η σχισμή με λευκό φως (λαμπτήρας πυράκτωσης) και να παρατηρηθεί το συνεχές φάσμα. Ρυθμίστε την απόσταση προσοφθαλμίου – φακού – σταυρονήματος έτσι ώστε το σταυρόνημα να φαίνεται ευκρινώς.
2. Φωτίστε με πηγή γραμμικού φάσματος (λυχνία Hg). Ρυθμίστε όλο το σύστημα «προσοφθάλμιος φακός σταυρόνημα-αντικειμενικός» για παρατήρηση των γραμμών του φάσματος, χωρίς να μεταβληθεί η απόσταση μεταξύ προσοφθαλμίου φακού και σταυρονήματος

3. Με την βοήθεια των γνωστών γραμμών του φάσματος του Hg που περιέχονται στον Πίνακα 1, να καταχωρηθούν οι ενδείξεις (ϵ) της μικρομετρικής κλίμακας του φασματοσκοπίου στην 3^η στήλη.
4. Να χαραχθεί η καμπύλη βαθμολογίας $\epsilon=f(\lambda)$ του φασματοσκοπίου
5. Αντικαθιστούμε την πηγή με λυχνία Ne. Καταχωρούμε στη στήλη 1 του πίνακα 2 το χρώμα των εντονότερων φασματικών γραμμών και στη στήλη 2 τις αντίστοιχες ενδείξεις της κλίμακας. Βρίσκουμε το μήκος κύματος κάθε μιας από τις έντονες γραμμές της λυχνίας Ne μέσω της καμπύλης βαθμολογίας και καταχωρούμε τις τιμές στην 3^η στήλη του Πίνακα 2.
6. Να φωτισθεί η σχισμή με λευκό φως και να παρεμβληθεί στο δρόμο των ακτίνων κάποιο έγχρωμο υλικό (χρωματιστό γυαλί). Τί είδους φάσμα παρατηρείτε; Να το αποδώσετε γραφικά όπως στο παρακάτω σχήμα και να προσδιορίσετε τις ενδείξεις της κλίμακας για τα όρια του στον Πίνακα 3.



Με τη βοήθεια της καμπύλης βαθμολογίας του φασματοσκοπίου να προσδιορισθούν τα μήκη κύματος των παραπάνω ορίων. Ποιο τμήμα του συνεχούς φάσματος απορροφήθηκε από το έγχρωμο υλικό.

7. Συνδέστε τον λαμπτήρα πυρακτώσεως όπως το σχήμα 8. Μεταβάλλοντας την ρυθμιστική αντίσταση σημειώστε στον Πίνακα 4 τα όρια ϵ_1, ϵ_2 του φάσματος και από την καμπύλη βαθμολογίας τα αντίστοιχα μήκη κύματος λ_1, λ_2 όταν διέρχεται περισσότερο ή λιγότερο ρεύμα. Σχολιάστε πως τα παρατηρούμενα φάσματα επαληθεύουν το φαινόμενο που περιγράφεται από το νόμο του Wien.



Σχήμα 8.

Πίνακας 1. ΦΑΣΜΑΤΙΚΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ H_g

Περιοχή φάσματος	λ (Å)	Ένδειξη κλίμακας φασματοσκοπίου (ϵ)
Ιώδες	4047 4078	
Κυανούν	4358	
Πράσινο	4913 5461	
Κίτρινο	5770 5771	
Κόκκινο	6152 6234	

Πίνακας 2. ΦΑΣΜΑΤΙΚΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ Ne

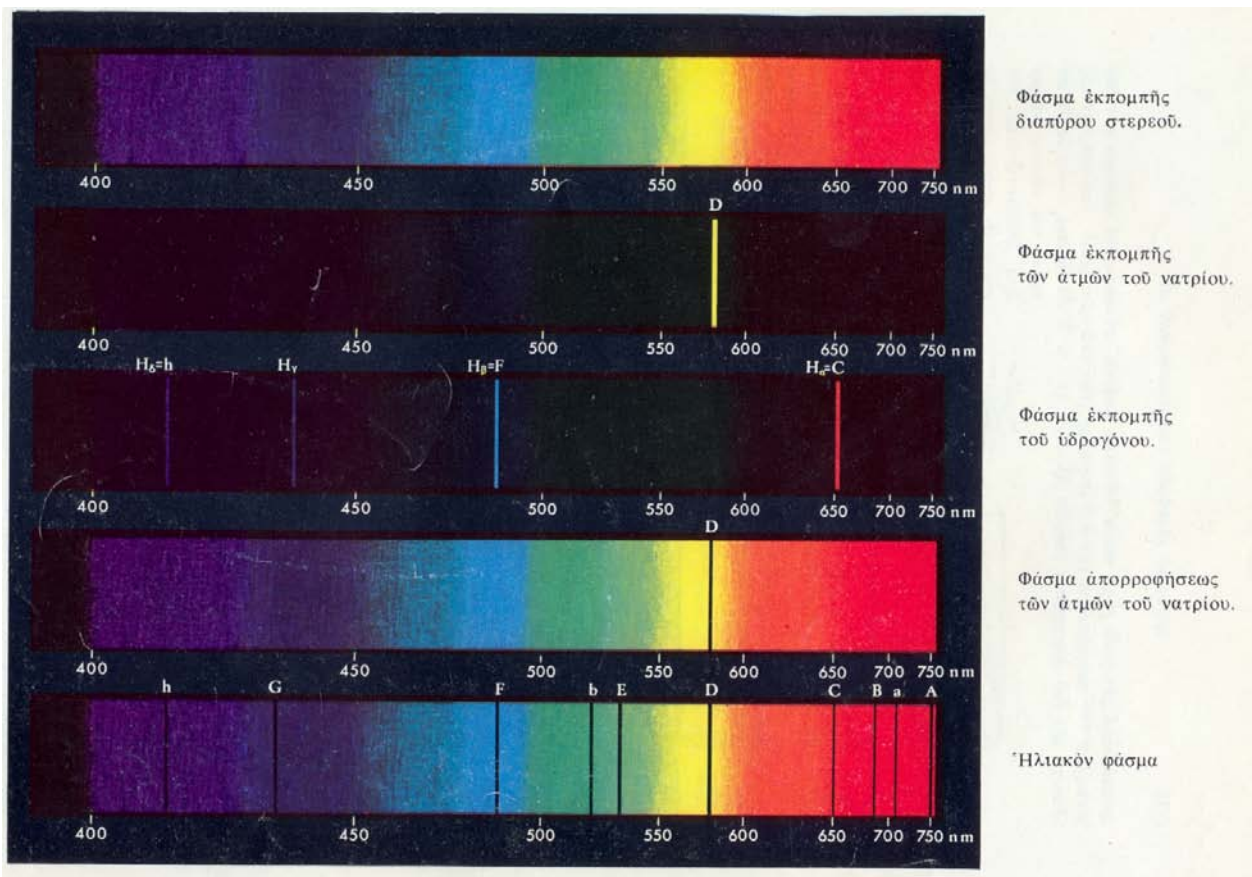
Περιοχή φάσματος	Ένδειξη κλίμακας φασματοσκοπίου (ϵ)	λ (Å)

Πίνακας 3

Χρώμα πλακιδίου	Αρχή απορρόφησης		Τέλος απορρόφησης	
	ϵ_1	λ_1 (Å)	ϵ_2	λ_2 (Å)

Πίνακας 4

Μεγάλη αντίσταση	$\epsilon_1 =$	$\epsilon_2 =$	$\lambda_1 =$	$\lambda_2 =$
Μικρή αντίσταση	$\epsilon_3 =$	$\epsilon_4 =$	$\lambda_3 =$	$\lambda_4 =$



Εικόνα 1



Εικόνα 2