

## 6. Ατομικά γραμμικά φάσματα

### Σκοπός

Κάθε στοιχείο έχει στην πραγματικότητα ένα χαρακτηριστικό γραμμικό φάσμα, οφειλόμενο στην εκπομπή φωτός από πυρωμένα άτομα του στοιχείου. Τα φάσματα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ταυτοποίηση των στοιχείων. Σκοπός αυτής της άσκησης είναι να κατανοήσετε το πώς συμβαίνει κάθε άτομο να εκπέμπει ορισμένα χαρακτηριστικά χρώματα φωτός και με ποιο τρόπο ένα γραμμικό φάσμα αποτελεί βασικό εργαλείο στη μελέτη της δομής του ατόμου.

### Προσδοκώμενα αποτελέσματα

Όταν θα έχετε πραγματοποιήσει αυτή την άσκηση, θα μπορείτε να:

- Συγκρίνετε το φάσμα ενός στοιχείου που είδατε στο εργαστήριο με τα γνωστά ατομικά φάσματα άλλων στοιχείων και έτσι να ταυτοποιείτε το στοιχείο που υπήρχε στον σωλήνα εκκένωσης.
- Εφαρμόζετε την εξίσωση Balmer για το υδρογονοάτομο και να βρίσκετε σε ποια μετάπτωση αντιστοιχεί ένα από τα μήκη κύματος που παρατηρήσατε.
- Υπολογίζετε τη διαφορά ενέργειας  $\Delta E$  για μια μετάπτωση που έχετε διαπιστώσει για το άτομο του υδρογόνου.
- Υπολογίζετε τη συχνότητα που αντιστοιχεί σε ένα από τα μήκη κύματος των γραμμών που παρατηρήσατε στο φάσμα του υδρογόνου.
- Σχεδιάζετε τις μεταπτώσεις του ηλεκτρονίου στο υδρογονοάτομο που οδηγούν στις γραμμές Balmer (περιοχή ορατού).

### Θεωρητικό υπόβαθρο

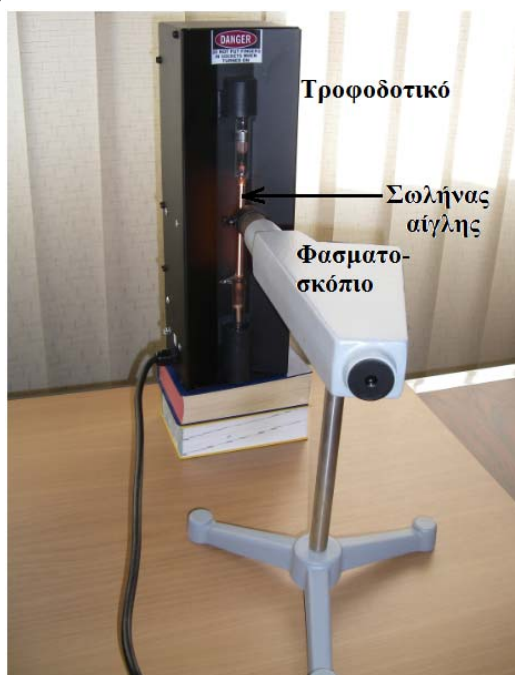
1. ΑΤΟΜΙΚΑ ΓΡΑΜΜΙΚΑ ΦΑΣΜΑΤΑ (Ebbing / Gammon, Ενότητα 7.3)

2. ΠΥΡΟΧΗΜΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ <http://webmineral.com/help/FlameTest.shtml#UI-4aob4Ytt>

3. ΟΙ ΦΑΣΜΑΤΙΚΟΙ ΣΩΛΗΝΕΣ (SPECTRUM TUBES)

Οι φασματικοί σωλήνες (σωλήνες αίγλης ή Geissler) (Σχήμα 1) περιέχουν ένα ή περισσότερα στοιχεία σε μορφή αερίων ατόμων ή μορίων. Η ενέργεια παρέχεται μέσω ηλεκτρικού πεδίου που εφαρμόζεται ανάμεσα στα ηλεκτρόδια στα άκρα των σωλήνων. Ιόντα και ηλεκτρόνια που σχηματίζονται από το πεδίο, επιταχύνονται. Οι συγκρούσεις μετατρέπουν την αυξανόμενη κινητική ενέργεια σε άλλες μορφές, μία εκ των οποίων είναι ηλεκτρονική. Τα ηλεκτρόνια στα διεγερμένα άτομα καταλαμβάνουν μία από τις πολλές, αυστηρά καθορισμένες ενεργειακές καταστάσεις. Ένα ηλεκτρόνιο με υψηλή ενέργεια, π.χ.  $E_3$ , θα επιστρέψει σε κατάσταση χαμηλότερης ενέργειας  $E_2$ , εκπέμποντας ταυτόχρονα ένα φωτόνιο ενέργειας

$$E_3 - E_2 = \Delta E = hc/\lambda$$



Σχήμα 1 Απλό φασματοσκόπιο για εκπαιδευτικούς σκοπούς

Κάθε διεγερμένος τύπος ατόμου εκπέμπει χαρακτηριστικά μήκη κύματος καθοριζόμενα από τις διαφορές ενεργειακών επιπέδων  $\Delta E$  που υπάρχουν στον συγκεκριμένο τύπο ατόμων. Με το μάτι μπορούμε να παρατηρήσουμε ένα συγκεκριμένο χρώμα. Όμως, η ανάλυση με ένα φασματοσκόπιο αποκαλύπτει μια σειρά έντονων (μονοχρωματικών) γραμμών εκπομπής.

Οι φασματικοί σωλήνες χρησιμοποιούν καθαρά αέρια και ατμούς, καθορισμένης πίεσης για να δίνουν ζωηρές φασματικές γραμμές υψηλής ευκρίνειας. Οι σωλήνες πρέπει να ενεργοποιούνται με το ειδικό τροφοδοτικό που έχει κατασκευασθεί ειδικά γι' αυτό τον σκοπό (βλ. Σχήμα 1).

*Η ζωή ενός σωλήνα μπορεί να παραταθεί, εάν η λειτουργία είναι κυκλική και διαρκεί όχι περισσότερο από 30 s (30 s «on», 30 s «off» κ.ο.κ.).*

Μερικοί σωλήνες που χρησιμοποιούν νέον, ήλιο και άλλα αέρια που συναντούμε σε φωτεινές επιγραφές μπορούν να λειτουργούν συνεχώς με μικρές απώλειες στην ποιότητα των φασματικών γραμμών. Οι άλλοι, που περιέχουν υδρογόνο, αλογόνα και υδρατμούς, χρειάζονται περισσότερη προσοχή κατά τη λειτουργία τους, προκειμένου να παραταθεί η διάρκεια ζωής τους. Για τον ίδιο σκοπό χρησιμοποιούνται ηλεκτρόδια από καθαρό νικέλιο και αέρια υψηλού βαθμού καθαρότητας.

Εντούτοις, όλοι οι σωλήνες αρχίζουν να μολύνονται με πολύ βραδύ ρυθμό κατά τη χρήση τους. Αν οι σωλήνες χρησιμοποιούνται με τον συνιστώμενο τρόπο και δεν αφήνονται να υπερθερμαίνονται, ο χρόνος που μεσολαβεί για να εμφανισθεί μόλυνση είναι πολύ μεγάλος.

**Προσοχή:** Η αλλαγή των φασματικών σωλήνων γίνεται ΜΟΝΟ από το προσωπικό του εργαστηρίου. Κατ' αυτήν, χρησιμοποιούμε μαλακό ύφασμα για να πιάνουμε τον σωλήνα (όχι με γυμνά δάκτυλα!)

## 6. Ατομικά γραμμικά φάσματα

### ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑΣ

Όνοματεπώνυμο .....

Τμήμα (Α.Μ.) .....

Ημερομηνία .....

Επιβλέπων .....

1. (α) Το κυανοϊώδες χρώμα που δίνουν οι ενώσεις του ινδίου στη δοκιμασία φλόγας αντιστοιχεί σε μήκος κύματος 451 nm. Πόση ενέργεια έχει ένα φωτόνιο με μήκος κύματος 451 nm;  
(β) Μια συγκεκριμένη μετάπτωση του ατόμου του βαρίου εκπέμπει φως συχνότητας  $5,41 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}$ . Είναι το φως αυτό στο ορατό φάσμα; Εάν ναι, ποιο χρώμα έχει το φως;

### ΑΠΑΝΤΗΣΗ

2. Ποιο είναι το μήκος κύματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που εκπέμπεται από ένα υδρογονοάτομο, όταν το ηλεκτρόνιο μεταπίπτει από  $n = 5$  σε  $n = 4$ ; Σε ποια περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος εμφανίζεται αυτή η γραμμή;

### ΑΠΑΝΤΗΣΗ

3. Πόση είναι η διαφορά ενέργειας μεταξύ των δύο επιπέδων, στην οποία οφείλεται η γραμμή στα 285,2 nm του υπεριώδους φάσματος εκπομπής του ατόμου Mg;

### ΑΠΑΝΤΗΣΗ

4. Υπολογίστε (σε nm) το μεγαλύτερο μήκος κύματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που εκπέμπεται από το υδρογονοάτομο κατά τη μετάπτωση από το επίπεδο  $n = 6$ . Σε ποια περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος εμπίπτει η συγκεκριμένη ακτινοβολία;

**ΑΠΑΝΤΗΣΗ**

5. Οι γραμμές Paschen για το υδρογόνο, όπως φαίνεται στο Σχήμα 7.11 (Ebbing / Gammon, Ενότητα 7), οφείλονται στις μεταπτώσεις ηλεκτρονίων στην ενεργειακή στάθμη  $n = 3$ . Να υπολογίσετε το κατώτατο όριο των συχνοτήτων των γραμμών Paschen. Σε ποια περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος εμπίπτει αυτό;

**ΑΠΑΝΤΗΣΗ**

## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Η άσκηση αυτή πραγματοποιείται από ομάδες των δύο φοιτητών (εναλλάξ, ο ένας παρατηρεί το φάσμα και ο άλλος καταγράφει τις παρατηρήσεις).

### Όργανα

- Φασματοσκόπιο (Σχήμα 1)
- Τροφοδοτικό
- Σωλήνες αίγλης των στοιχείων H, He, Ne, Ar, Kr, Hg
- Εργαστηριακός λύχνος

### Χημικές ουσίες – Υλικά

- Κορεσμένα διαλύματα NaCl, KCl και CaCl<sub>2</sub>
- Ράβδοι μαγνησίας

### Πορεία

#### A. Παρατήρηση φάσματος μέσω του σωλήνα Geissler

1. Τοποθετείστε το ειδικό τροφοδοτικό πάνω σε μια επίπεδη σταθερή βάση ύψους περίπου 10 cm. Ο μπροστινός φακός του φασματοσκοπίου πρέπει να «κοιτάζει» ακριβώς τον σωλήνα Geissler από απόσταση 2-3 cm.
2. Ρυθμίστε τη σχισμή (slit) από την οποία εισέρχεται το φως ώστε να έχει πάχος περίπου 2 mm.
3. Παρατηρείστε την κλίμακα του φασματοσκοπίου κοιτάζοντας λίγο λοξά από τα αριστερά και από απόσταση 5-7 cm. Οι τιμές στην κλίμακα είναι σε νανόμετρα και η απόσταση από τη μία γραμμή της κλίμακας στην άλλη αντιστοιχεί σε 20 nm. Οι αναγραφόμενες τιμές είναι 400, 500, 600 και 700 nm. Δηλαδή έχετε την εξής εικόνα για την κλίμακα:

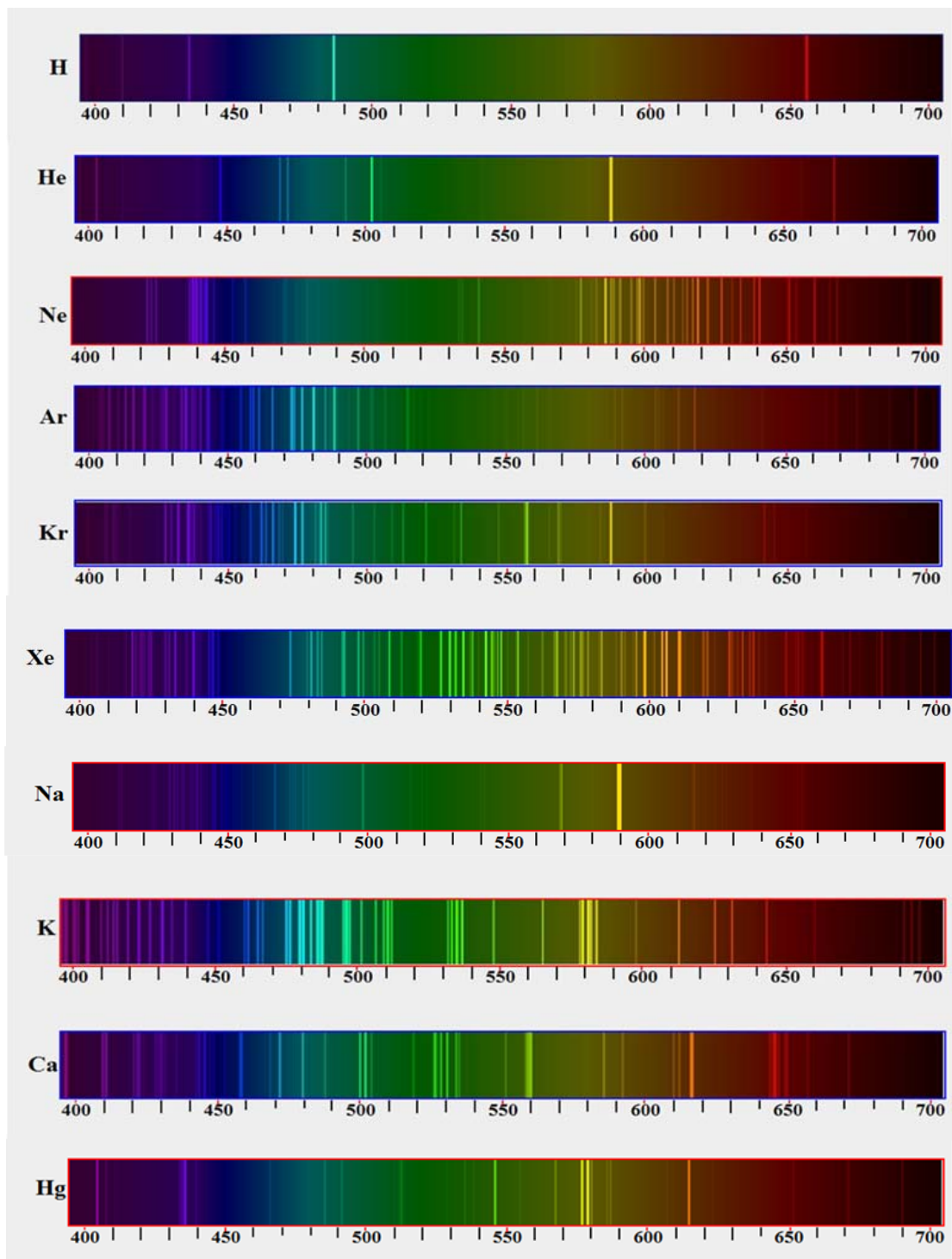


4. Αν δεν φαίνονται καλά οι φασματικές γραμμές, αλλάξετε γωνία παρατήρησης, στρέφοντας ελαφρά το κεφάλι σας ή τον οριζόντιο άξονα του φασματοσκοπίου.
5. Καταγράψτε τα μήκη κύματος των πλέον έντονων φασματικών γραμμών, καθώς και τα αντίστοιχα χρώματα.

#### B. Παρατήρηση μέσω φλόγας

1. Βυθίστε τη ράβδο μαγνησίας στο κορεσμένο διάλυμα του NaCl (ή του KCl ή του CaCl<sub>2</sub>) και φέρτε γρήγορα το βρεγμένο άκρο της ράβδου στην οξειδωτική φλόγα του λύχνου.
2. Παρατηρήστε μέσω του φασματοσκοπίου τις γραμμές που δίνει το μέταλλο και καταγράψτε τα αντίστοιχα μήκη κύματος.

Τα ατομικά φάσματα των στοιχείων H, He, Ne, Ar, Kr, Xe, Na, K, Ca και Hg στην περιοχή του ορατού



**Οι γραμμές που βλέπετε για κάθε στοιχείο στο συγκεκριμένο φασματοσκόπιο:**  
(Με έντονους χαρακτήρες σημειώνονται οι πλέον έντονες γραμμές)

Υδρογόνο (H): 420 nm (ιώδης, μοβ), 480 nm (γαλάζια), 660 nm (κόκκινη)

Ήλιο (He): 440 nm (ιώδης), 490 nm (πράσινη), 580 nm (κίτρινη), 670 nm (κόκκινη)

Νέο (Ne): 420-460 nm (ιώδεις ασθενείς), 520, 540 (πράσινες), 580 nm (κίτρινη),  
600 nm (πορτοκαλί – κόκκινες), 700 nm (κόκκινη)

Αργό (Ar): 420 nm (ιώδης), 480 nm (γαλάζια), 510 nm (πράσινη), 650 nm (κόκκινη),  
680 nm (κόκκινη)

Κρυπτό (Kr): 430 nm (ιώδης), 555 nm (πράσινη), 585 nm (πορτοκαλί)

Ξένο (Xe): 490 nm (κυανοπράσινη), 530-550 nm (πράσινες), 600 nm (πορτοκαλί),  
610 nm (πορτοκαλί), 660 nm (κόκκινη)

Νάτριο (Na): 590 nm (κίτρινη)

Κάλιο (K): 645 nm (κόκκινη)

Ασβέστιο (Ca): 615 nm (πορτοκαλί), 650 nm (κόκκινη)

Υδράργυρος (Hg): 430 nm (ιώδης), 485 – 490 nm (ιώδεις), 540 nm (πράσινη), 570 nm (κίτρινη)

**Παρατήρηση:** Με φασματόμετρο ακριβείας οι παραπάνω τιμές βρίσκονται ελαφρώς διαφοροποιημένες. Π.χ., για το άτομο H, βλέπουμε γραμμές στα 410 (αντί 420 nm), 486 (αντί 480 nm) και 656 (αντί 660 nm).





---

ΦΥΛΛΟ		ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ
ΕΡΓΑΣΙΑΣ	<b>Ατομικά γραμμικά φάσματα</b>	ΤΜΗΜΑ (Α.Μ.) ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ
<b>6</b>		

---

## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

1. Σημειώστε τις παρατηρήσεις για το φάσμα που είδατε:

(α) Αριθμός γραμμών :

(β) Χρώματα γραμμών :

(γ) Ένταση γραμμών (ποια ή ποιες ήταν οι πλέον έντονες;) :

(δ) Το μήκος κύματος σε nm στο οποίο εμφανίζονται οι γραμμές (κατά προσέγγιση) :

2. Συγκρίνετε το φάσμα του στοιχείου που είδατε με τα φάσματα του πίνακα που παρατίθεται και ταυτοποιήστε το στοιχείο που υπήρχε στον σωλήνα Geissler ή εκκένωσης (glow tube).

Στοιχείο :

### 3. Υδρογόνο

(α) Εφαρμόστε την εξίσωση Balmer για να βρείτε σε ποια μετάπτωση αντιστοιχεί ένα από τα μήκη κύματος που παρατηρήσατε.

(β) Υπολογίστε τη διαφορά ενέργειας  $\Delta E$  για την εν λόγω μετάπτωση.

(γ) Σχεδιάστε αυτή τη μετάπτωση για το υδρογόνατομο.

#### 4. Άλλα Στοιχεία

(α) Υπολογίστε τη συχνότητα που αντιστοιχεί σε ένα από τα μήκη κύματος των γραμμών που παρατηρήσατε.

(β) Πόση είναι η διαφορά ενέργειας  $\Delta E$  μεταξύ των δύο επιπέδων στην οποία οφείλεται η πρώτη γραμμή του φάσματος εκπομπής που παρατηρήσατε;

(γ) Το φάσμα που παρατηρείτε κατά την πυροχημική εξέταση των στοιχείων οφείλεται, όπως και στην περίπτωση των σωλήνων αίγλης, σε διεγέρσεις ηλεκτρονίων *ουδέτερων* ατόμων. Πώς δημιουργούνται τα *ουδέτερα* άτομα κατά την πυροχημική εξέταση των αντίστοιχων αλάτων; Δώστε την απάντησή σας χρησιμοποιώντας ως παράδειγμα το NaCl.