

## **ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΤΗΣ ΤΙΜΗΣ ΤΗΣ ΣΤΑΘΕΡΑΣ ΤΟΥ PLANCK ΑΠΟ ΤΟ ΦΑΣΜΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ**

### **A. ΣΤΟΧΟΙ**

- Η πειραματική επιβεβαίωση ότι το φάσμα εκπομπής ενός αερίου είναι γραμμικό.
- Η μέτρηση του μήκους κύματος των εκπεμπόμενων γραμμών.

### **B. ΘΕΜΑ**

- Ο υπολογισμός της σταθεράς του Planck με βάση το φάσμα εκπομπής του υδρογόνου.

### **Γ. ΟΡΓΑΝΑ**

- Επιτραπέζιο φασματοσκόπιο
- Φωτεινή πηγή ανάγνωσης της κλίμακας ( ενσωματωμένη στο φασματοσκόπιο )
- Τροφοδοτικό ( χαμηλής και ) υψηλής τάσης
- Λυχνίες (Geissler) Hg και H<sub>2</sub>

### **Δ. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ**

- Για την πραγματοποίηση και κατανόηση της άσκησης πρέπει να έχουν διδαχθεί οι παρακάτω ενότητες από το σχολικό βιβλίο Γενικής Παιδείας Γ' τάξης Γενικού Λυκείου :
  - ✓ § 1.3 Μήκος κύματος και συχνότητα του φωτός κατά τη διάδοσή του
  - ✓ § 1.4 Ανάλυση λευκού φωτός και χρώματα
  - ✓ Ελεύθερο ανάγνωσμα των σελίδων 22 και 23 (Το φασματοσκόπιο, Γραμμικά φάσματα εκπομπής)
  - ✓ § 2.1 Ενέργεια του ηλεκτρονίου στο άτομο του υδρογόνου
  - ✓ § 2.2 Διακριτές ενεργειακές στάθμες

### **Ε. ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ**

- Όταν ένα αέριο διεγερθεί, τότε κατά την αποδιέγερση εκπέμπει ακτινοβολίες με χαρακτηριστικά μήκη κύματος για το κάθε αέριο.
- Οι γραμμές αυτές εμφανίζονται στο γραμμικό φάσμα εκπομπής των αερίων και είναι χαρακτηριστικές για κάθε αέριο.
- Στον ΠΙΝΑΚΑ 1 που ακολουθεί, φαίνονται ορισμένες αποδιεγέρσεις του ατόμου του υδρογόνου και τα θεωρητικά υπολογισμένα αντίστοιχα μήκη κύματος ( $\lambda_{\theta}$ ) των φωτονίων που εκπέμπονται :

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 – ΔΕΔΟΜΕΝΑ / ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ					
ΑΡΧΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ $E_{\alpha}$ (eV)	ΤΕΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ $E_{\tau}$ (eV)	$E_{\alpha} - E_{\tau}$ (eV)	$\lambda_{\theta} = \frac{h c_0}{E_{\alpha} - E_{\tau}}$ (nm)	ΠΕΡΙΟΧΗ ΦΩΤΕΙΝΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ	ΣΕΙΡΑ ΦΑΣΜΑΤΙΚΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ
$E_5 = -0,54$	$E_1 = -13,60$	13,06	95,2	ΥΠΕΡΙΩΔΗΣ	Lyman
$E_4 = -0,85$		12,75	97,5		
$E_3 = -1,51$		12,09	102,8		
$E_2 = -3,40$		10,20	121,9		
$E_6 = -0,38$	$E_2 = -3,40$	3,02	411,6	ΙΩΔΗΣ	Balmer
$E_5 = -0,54$		2,86	434,7	ΜΠΛΕ	
$E_4 = -0,85$		2,55	487,5	ΠΡΑΣΙΝΗ	
$E_3 = -1,51$		1,89	657,7	ΚΟΚΚΙΝΗ	
$E_6 = -0,38$	$E_3 = -1,51$	1,13	1100,1	ΥΠΕΡΥΘΡΗ	Paschen
$E_5 = -0,54$		0,97	1281,6		
$E_4 = -0,85$		0,66	1883,5		

- Από τη σχέση :

$$h_{\pi} f = E_{\alpha} - E_{\tau} \Rightarrow \frac{h c_0}{\lambda_{\pi}} = E_{\alpha} - E_{\tau} \Rightarrow$$

$$h_{\pi} = \frac{\lambda_{\pi} (E_{\alpha} - E_{\tau})}{c_0}$$

χρησιμοποιώντας τις πειραματικές τιμές  $\lambda_{\pi}$  του μήκους κύματος, τις αντίστοιχες διαφορές ενέργειας από τον ΠΙΝΑΚΑ 1 και ότι  $c_0 = 3 \cdot 10^8$  m/s υπολογίζουμε τη σταθερή του Planck και επιβεβαιώνουμε την τιμή της.

## ΣΤ. ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ

1. Τοποθετούμε το φασματοσκόπιο με μονταρισμένη τη φωτεινή πηγή ανάγνωσης κλίμακας, καθώς και το τροφοδοτικό πάνω στον πάγκο εργασίας.
2. Δεν χρησιμοποιούμε το μικρό πρίσμα και το κάτοπτρο, που βρίσκονται μπροστά από τη σχισμή του κατευθυντήρα του φασματοσκοπίου.
3. Συνδέουμε τη φωτεινή πηγή ανάγνωσης κλίμακας στην αντίστοιχη έξοδο χαμηλής τάσης 12 V του τροφοδοτικού.
4. Ανάβουμε τη λυχνία της κλίμακας και ρυθμίζουμε τη φωτεινότητά της.
5. Ρυθμίζουμε τον προσοφθάλμιο φακό, ώστε να φαίνονται με ευκρίνεια οι ενδείξεις της κλίμακας.

## Ζ. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

1. Με την υψηλή τάση στο OFF τοποθετούμε προσεκτικά τη λυχνία Hg στην ειδική θέση του τροφοδοτικού υψηλής τάσης, ακολουθώντας την παρακάτω διαδικασία :
  - ✓ Κρατάμε τη λυχνία από το κέντρο της κατακόρυφα
  - ✓ Τοποθετούμε πλάγια το πάνω μέρος της στην πάνω υποδοχή του τροφοδοτικού και πιέζοντας ελαφρά προς τα πάνω βάζουμε και το κάτω μέρος της λυχνίας στην κάτω υποδοχή

2. Ανάβουμε τη λυχνία περιστρέφοντας αργά το κουμπί ON – OFF του τροφοδοτικού υψηλής τάσης μέχρι η λυχνία να φωτοβολεί έντονα (όταν η τάση είναι κατάλληλη, ακούγεται ένας χαρακτηριστικός ήχος και το κουμπί ON – OFF δεν είναι απαραίτητα στο τέρμα).
3. Τοποθετούμε τη λυχνία του αερίου σε απόσταση 2 – 3 mm από τη σχισμή του φασματοσκοπίου.
4. Ρυθμίζουμε το ύψος και το πλάτος της σχισμής.
5. Ρυθμίζουμε το φασματοσκόπιο με τη βίδα που βρίσκεται στον σωλήνα της κλίμακας, ώστε η πράσινη γραμμή της λυχνίας του Hg να ταυτιστεί με τη γραμμή ( $e \rightarrow 546,1 \text{ nm}$ ) της φωτεινής κλίμακας.
6. Σβήνουμε το τροφοδοτικό και αλλάζουμε τη λυχνία Hg με τη λυχνία H<sub>2</sub>.

### Προσοχή :

- Κατά την αλλαγή των λυχνιών κλείνουμε πάντα το διακόπτη ON – OFF του τροφοδοτικού.
  - Κατά τη διάρκεια της άσκησης δεν ακουμπάμε τη λυχνία γιατί η τάση τροφοδοσίας είναι πολύ μεγάλη.
  - Όταν δεν χρησιμοποιούμε τη λυχνία, κλείνουμε πάντα το διακόπτη ON – OFF του τροφοδοτικού, γιατί έχει περιορισμένο χρόνο ζωής, αφού κατά τη λειτουργία της το αέριο προσροφάται από τα τοιχώματα του σωλήνα.
7. Παρατηρώντας το φάσμα της λυχνίας H<sub>2</sub> μέσα από το φασματοσκόπιο προσδιορίζουμε τα πειραματικά μήκη κύματος  $\lambda_{\pi}$  των φασματικών γραμμών του H<sub>2</sub> και καταγράφουμε τις τιμές τους στον ΠΙΝΑΚΑ 2 στο αντίστοιχο χρώμα.
  8. Χρησιμοποιώντας τον ΠΙΝΑΚΑ 1 προσδιορίζουμε σε ποια μεταπήδηση (από ... σε ...) του ηλεκτρονίου οφείλεται η κάθε πειραματική γραμμή του φάσματος του H<sub>2</sub> και μεταφέρουμε τις τιμές στον ΠΙΝΑΚΑ 2.
  9. Μεταφέρουμε από τον ΠΙΝΑΚΑ 1 τις αντίστοιχες διαφορές  $E_{\alpha} - E_{\tau}$  και τις καταχωρούμε στον ΠΙΝΑΚΑ 2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2 – ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ				
ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΓΡΑΜΜΗ		ΜΕΤΑΠΗΔΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΟΥ		ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΦΩΤΟΝΙΟΥ
ΧΡΩΜΑ	ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ ( nm )	από ... $E_{\alpha}$	σε ... $E_{\tau}$	$E_{\phi} = E_{\alpha} - E_{\tau}$ ( eV )
βαθύ ιώδες	$\lambda_{\pi 1} =$	$E_{\dots}$	$E_{\dots}$	
ιώδες	$\lambda_{\pi 2} =$	$E_{\dots}$	$E_{\dots}$	
μπλε – – πράσινο	$\lambda_{\pi 3} =$	$E_{\dots}$	$E_{\dots}$	
κόκκινο	$\lambda_{\pi 4} =$	$E_{\dots}$	$E_{\dots}$	

10. Υπολογίζουμε «πειραματικά» τη σταθερά  $h_{\pi}$  του Planck για κάθε μήκος κύματος και καταχωρούμε τις τιμές της στον ΠΙΝΑΚΑ 3. (Χρησιμοποιούμε  $c_0 = 3 \cdot 10^{-8} \text{ m}$ ).
11. Υπολογίζουμε τη μέση «πειραματική» τιμή  $\bar{h}_{\pi}$  της σταθεράς του Planck και καταχωρούμε την τιμή της στον ΠΙΝΑΚΑ 3.
12. Υπολογίζουμε το σφάλμα  $\sigma\%$  της πειραματικής τιμής  $\bar{h}_{\pi}$  της σταθεράς του Planck που υπολογίσαμε σε σχέση με την πραγματική  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$  :

ΠΙΝΑΚΑΣ 3 – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ				
Μ.Κ.	ΣΤΑΘΕΡΑ PLANCK			ΣΦΑΛΜΑ
$\lambda$	$h_{\pi} = \frac{\lambda_{\pi} E_{\phi}}{c_0}$ (J · s)	$\bar{h}_{\pi}$ (J · s)	$h$ (J · s)	$\sigma \% = \frac{ h - \bar{h}_{\pi} }{h} \cdot 100 \%$
$\lambda_{\pi 1}$			$6,63 \cdot 10^{-34}$	
$\lambda_{\pi 2}$				
$\lambda_{\pi 3}$				
$\lambda_{\pi 4}$				

13. Υπολογίζουμε τα πειραματικά μήκη κύματος ( $\lambda_{\pi}$ ) της υπεριώδους και της υπέρυθρης φασματικής γραμμής αντίστοιχα, που βρίσκονται πλησιέστερα στην ορατή περιοχή του φάσματος, χρησιμοποιώντας για τους υπολογισμούς την τιμή  $\bar{h}_{\pi}$  που βρήκαμε, από τη σχέση :

$$\lambda_{\pi} = \frac{\bar{h}_{\pi} \cdot c_0}{E_{\alpha} - E_{\tau}} \Rightarrow \begin{cases} \lambda_{\pi - \text{υπεριώδης}} = \frac{\bar{h}_{\pi} \cdot c_0}{E_2 - E_1} \\ \lambda_{\pi - \text{υπέρυθρο}} = \frac{\bar{h}_{\pi} \cdot c_0}{E_6 - E_3} \end{cases}$$

και καταγράφουμε τις ευρεθείσες τιμές στον ΠΙΝΑΚΑ 4.

14. Υπολογίζουμε το σφάλμα μεταξύ θεωρητικής και πειραματικής τιμής των μηκών κύματος και καταχωρούμε τις αντίστοιχες τιμές στον ΠΙΝΑΚΑ 4.
15. Συγκρίνουμε τις τιμές αυτών των μηκών κύματος  $\lambda_{\pi}$  που βρήκαμε με τις αντίστοιχες θεωρητικές  $\lambda_{\theta}$  και συμπληρώνουμε στον ΠΙΝΑΚΑ 4 το ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4 – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ / ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ			
«ΧΡΩΜΑ»	$\lambda_{\theta}$ ( nm )	$\lambda_{\pi}$ ( nm )	$\sigma \% = \frac{ \lambda_{\theta} - \lambda_{\pi} }{\lambda_{\theta}} \cdot 100 \%$
ΥΠΕΡΙΩΔΕΣ	121,9		
ΥΠΕΡΥΘΡΟ	1100,1		
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ : .....			
.....			
.....			
.....			

## Η. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ