

Οργανικά Ηλεκτρονικά & Εφαρμογές

2η σειρά ερωτήσεων-ασκήσεων - Παραδοτέα έως 23 Μαρτίου 2025

1) Μοριακή κινητική θεωρία

(α) Στο σωλήνα ενός συστήματος laser ιόντων αργού η πίεση του αερίου λόγω των ατόμων Ar είναι περίπου 0.1 torr στους 25 °C όταν το σύστημα laser δεν είναι σε λειτουργία. Πόση είναι η συγκέντρωση ατόμων Ar ανά κυβικό εκατοστό σε αυτό το laser στους 25 °C; (760 torr = 1 atm = 1.013×10^5 Pa).

Στα συστήματα laser He-Ne υπάρχει ένα μείγμα αερίων He και Ne, το οποίο είναι σφραγισμένο μέσα στο σωλήνα του laser. Η συνολική πίεση P στο αέριο υπολογίζεται με βάση τις συνεισφορές των ατόμων He και Ne:

$$P = P_{\text{He}} + P_{\text{Ne}}$$

όπου P_{He} και P_{Ne} είναι οι μερικές πιέσεις του He και του Ne στο αέριο μείγμα – δηλαδή, πιέσεις που οφείλονται μόνο στο αέριο He και μόνο στο αέριο Ne,

$$P_{\text{He}} = \frac{N_{\text{He}}}{N_A} \left(\frac{RT}{V} \right) \quad \text{και} \quad P_{\text{Ne}} = \frac{N_{\text{Ne}}}{N_A} \left(\frac{RT}{V} \right)$$

Σε ένα συγκεκριμένο laser He-Ne, ο λόγος ατόμων He προς Ne είναι 7:1 και η συνολική πίεση είναι περίπου 1 torr στους 22 °C. Υπολογίστε τις συγκεντρώσεις των ατόμων He και Ne στο αέριο, στους 22 °C. Πόση είναι η πίεση στη θερμοκρασία λειτουργίας του συστήματος, 130 °C;

2) Μοριακή κινητική θεωρία

Υπολογίστε την ενεργό (rms) ταχύτητα των ατόμων He και Ne στο σωλήνα ενός συστήματος laser αερίων He-Ne σε θερμοκρασία δωματίου (300 K).

3) Μοριακή κινητική θεωρία και laser ιόντων Αργού (Ar)

Σε ένα laser ιόντων αργού, ο σωλήνας περιέχει άτομα Ar τα οποία προκαλούν εκπομπή laser όταν διεγείρονται κατάλληλα από ηλεκτρική εκκένωση. Υποθέστε ότι η θερμοκρασία του αερίου στο εσωτερικό του σωλήνα είναι πολύ υψηλή, 1300 °C.

(α) Υπολογίστε τη μέση ταχύτητα (v_{av}), την rms ταχύτητα ($v_{\text{rms},x} = \sqrt{v_x^2}$) και την rms ταχύτητα ($v_{\text{rms},x} = \sqrt{v_x^2}$) σε μία συγκεκριμένη διεύθυνση των ατόμων Ar μέσα στο σωλήνα laser, υποθέτοντας θερμοκρασία 1300 °C. (Ανατρέξτε στο Παράδειγμα 1.11).

(β) Υποθέστε μία φωτεινή πηγή που εκπέμπει φωτεινά κύματα και κινείται προς έναν παρατηρητή, περίπου όπως κινείται σφυρίζοντας ένα τρένο προς ένα ταξιδιώτη στο σταθμό. Εάν f_o είναι η συχνότητα των φωτεινών κυμάτων που εκπέμπονται στην πηγή, τότε, λόγω του φαινομένου *Doppler*, ο παρατηρητής μετρά μία σχετικά υψηλότερη συχνότητα f , η οποία εξαρτάται από την ταχύτητα v_{Ar} της πηγής που κινείται προς τον παρατηρητή και την ταχύτητα c του φωτός,

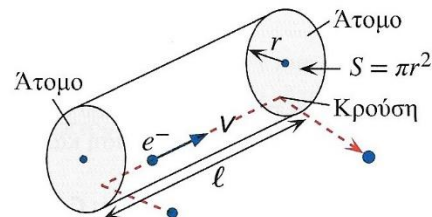
$$f = f_o \left(1 + \frac{v_{\text{Ar}}}{c} \right)$$

Τα ιόντα Ar είναι αυτά που εκπέμπουν το φως εξόδου στο laser ιόντων Αργού. Το μήκος κύματος της εκπομπής, $\lambda_o = c/f_o$, είναι 514.5 nm. Υπολογίστε το μήκος κύματος λ που καταγράφει ένας παρατηρητής για εκείνα τα άτομα που κινούνται με μέση ταχύτητα v_{av} προς τον παρατηρητή. Τα άτομα που κινούνται σε κατεύθυνση αντίθετη από τον παρατηρητή θα δώσουν ως αποτέλεσμα μικρότερη παρατηρούμενη συχνότητα, επειδή η v_{Ar} θα είναι αρνητική. Εκτιμήστε το εύρος των μηκών κύματος (διαφορά ανάμεσα στο μεγαλύτερο και μικρότερο μήκος κύματος) που εκπέμπονται από το laser ιόντων 514.5 nm.

4) Μέση ελεύθερη διαδρομή και εκκένωση αερίου σε laser ιόντων Ar

Θεωρήστε τις κρούσεις ενός ελεύθερου ηλεκτρονίου με τα μόρια ενός αερίου μέσα σε έναν σωλήνα laser. Το πολύ ελαφρύτερο ηλεκτρόνιο είναι κατά πολύ ταχύτερο από τα βαρύτερα μόρια του αερίου. Από τη σκοπιά ενός ηλεκτρονίου, τα μόρια δείχνουν ως εάν να ήταν στάσιμα. Υποθέστε ότι το ηλεκτρόνιο έχει μόλις συγκρουστεί με ένα μόριο του αερίου. Μετακινείται σε μία συγκεκριμένη κατεύθυνση και διανύει απόσταση ℓ , την μέση ελεύθερη διαδρομή του ηλεκτρονίου, και κατόπιν συγκρούεται ξανά με ένα άλλο ή ένα δεύτερο μόριο, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 1.79.

Εφόσον το ηλεκτρόνιο βρίσκεται μέσα σε επιφάνεια S του δεύτερου μορίου, θα συγκρουστεί με αυτό. Προφανώς, μέσα στον όγκο $S\ell$, θα πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον ένα μόριο, στον βαθμό που το ηλεκτρόνιο συγκρούεται μία φορά αφού διανύσει την απόσταση ℓ . Εάν n είναι η συγκέντρωση μορίων, τότε $nS\ell = 1$, οπότε



Σχήμα 1.79: Το μέσο ελεύθερο βήμα ενός ηλεκτρονίου σε ένα αέριο. Το ηλεκτρόνιο έχει αμελητέο μέγεθος συγκριτικά με το σκεδαζόμενο άτομο αερίου και κινείται πολύ ταχύτερα από αυτό. Γι' αυτό και μπορείτε να υποθέσετε ότι τα άτομα του αερίου είναι στάσιμα κατά τον υπολογισμό του μέσου ελεύθερου βήματος ℓ .

Μέσο ελεύθερο βήμα ηλεκτρονίων που συγκρούονται με άτομα ή μόρια

$$\ell = \frac{1}{n\pi r^2}$$

Θεωρήστε το αέριο αργό μέσα στον σωλήνα ενός laser ιόντων Ar. Η πίεση του αερίου στον σωλήνα είναι περίπου 0.1 torr. Η θερμοκρασία του αερίου κατά τη διάρκεια λειτουργίας είναι κατά προσέγγιση 1300 °C. Ένα ισχυρό εφαρμοζόμενο ηλεκτρικό πεδίο E επιταχύνει ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο κάπου μέσα στο αέριο. Καθώς το ηλεκτρόνιο επιταχύνεται, αποκτά ενέργεια από το πεδίο και όταν προσκρούει σε ένα άτομο Ar, το ιονίζει σε Ar^+ και αποδεσμεύεται ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο το οποίο μπορεί επίσης να επιταχυνθεί από το πεδίο, κ.ο.κ. Η ενέργεια ιονισμού του ατόμου Ar είναι 15.8 eV. Η ακτίνα ενός ατόμου Ar είναι κατά προσέγγιση 0.143 nm. (δείτε τον Πίνακα 1.11)

- Πόση είναι η συγκέντρωση ατόμων Ar μέσα στον σωλήνα;
- Πόσο είναι το μέσο ελεύθερο βήμα κρούσεων μεταξύ ατόμων Ar;
- Πόσο είναι το μέσο ελεύθερο βήμα ενός ηλεκτρονίου που συγκρούεται με άτομα Ar;
- Υποθέστε ότι το ηλεκτρόνιο κινείται κατά μήκος της φοράς που έχει η δύναμη του πεδίου, $F = eE$, οπότε αποκτά ενέργεια ίση με $Fd\ell$ όταν κινείται κατά απόσταση $d\ell$. Πόση ένταση πρέπει να έχει το ηλεκτρικό πεδίο ώστε να παρέχει επαρκή ενέργεια στο ηλεκτρόνιο σε απόσταση ℓ , έτσι ώστε κατά την κρούση αυτό να μπορέσει να ιονίσει το άτομο Ar ; ²⁴

5) Ηλεκτρικός θόρυβος

Θεωρήστε έναν ενισχυτή με εύρος ζώνης 5 kHz, το οποίο αντιστοιχεί στο εύρος ζώνης τυπικής ανθρώπινης ομιλίας. Η αντίσταση εισόδου του ενισχυτή είναι 1 MΩ. Πόση είναι η rms τάση του θορύβου στην είσοδο; Τι θα συμβεί εάν το εύρος ζώνης γίνει 10 kHz; Ποιο είναι το συμπέρασμά σας;

6) Θερμική ενεργοποίηση

Μία συγκεκριμένη διαδικασία χημικής οξείδωσης (π.χ., η δημιουργία SiO_2) έχει ενέργεια ενεργοποίησης 2 eV ανά άτομο.

- Υποθέστε ότι το υλικό εκτίθεται σε καθαρό αέριο οξυγόνο υπό πίεση 1 atm και θερμοκρασία 27 °C. Εκτιμήστε το πλήθος των μορίων οξυγόνου ανά μονάδα όγκου, τα οποία έχουν ενέργεια μεγαλύτερη από 2 eV. (Ανατρέξτε στην αριθμητική ολοκλήρωση της Εξίσωσης 1.26).
- Εάν η θερμοκρασία είναι 900 °C, εκτιμήστε το πλήθος των μορίων οξυγόνου ανά μονάδα όγκου, τα οποία έχουν ενέργεια μεγαλύτερη από 2 eV. Τι θα συμβεί σε αυτή τη συγκέντρωση, εάν διπλασιαστεί η πίεση;