

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΦΥΕ 34 2004-05

4^η ΕΡΓΑΣΙΑ

Προθεσμία αποστολής 8/03/2005

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Άσκηση 1

A) Αν φωτίσουμε τα μέταλλα λίθιο (έργο εξαγωγής 2.3eV), βηρύλλιο (έργο εξαγωγής 3.9eV), και υδράργυρο (έργο εξαγωγής 4.5eV) με φως μήκους κύματος 400nm προσδιορίστε i) σε ποια από αυτά μέταλλα παρατηρείται το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο και ii) τη μέγιστη κινητική ενέργεια των φωτοηλεκτρονίων σε κάθε περίπτωση.

B) Όταν μια συγκεκριμένη μεταλλική επιφάνεια φωτίζεται με φως διαφορετικού μήκους κύματος, τα δυναμικά ανάσχεσης των φωτοηλεκτρονίων είναι αυτά που καταγράφονται στον παρακάτω πίνακα:

λ ($\times 10^{-7}$ m)	V (V)	λ ($\times 10^{-7}$ m)	V (V)
3.66	1.48	4.92	0.62
4.05	1.15	5.46	0.36
4.36	0.93	5.79	0.24

Παραστήστε γραφικά το δυναμικό ανάσχεσης συναρτήσει της συχνότητας του φωτός, υπολογίστε από τη γραφική παράσταση τη συχνότητα κατωφλίου εξαγωγής ηλεκτρονίων. Επίσης, υπολογίστε το έργο εξαγωγής των μετάλλων και το λόγο h/e .

Άσκηση 2

A) Ένα άτομο υδρογόνου βρίσκεται στην πρώτη διεγερμένη κατάσταση ($n=2$). Χρησιμοποιήστε τη θεωρία του Bohr για το άτομο και υπολογίστε i) την ακτίνα της

τροχιάς του ηλεκτρονίου, ii) το μέτρο της ορμής του, iii) το μέτρο της στροφορμής του ηλεκτρονίου, iv) την κινητική του ενέργεια, v) τη δυναμική ενέργεια και vi) την ολική ενέργειά του ηλεκτρονίου.

B) Το ποζιτρόνιο είναι ένα σύστημα σωματιδίων, το οποίο μοιάζει με το άτομο του υδρογόνου, αποτελούμενο από ένα ποζιτρόνιο (ένα ηλεκτρόνιο θετικά φορτισμένο) και από ένα ηλεκτρόνιο, τα οποία περιφέρονται γύρω από το κέντρο μάζας τους. Χρησιμοποιήστε το ατομικό πρότυπο του Bohr και βρείτε i) τις επιτρεπτές ακτίνες (σε σχέση με το κέντρο μάζας των δυο σωματιδίων) και ii) τις επιτρεπτές ενέργειες του συστήματος.

Άσκηση 3

A) Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μήκους κύματος 10^{-10}m (ή 1\AA) σκεδάζεται κατά Compton σε δείγμα άνθρακα. Η ακτινοβολία που σκεδάζεται παρατηρείται σε κατεύθυνση κάθετη προς την κατεύθυνση πρόσπτωσης. Βρείτε i) το μήκος κύματος της ακτινοβολίας που σκεδάζεται και ii) την κινητική ενέργεια και κατεύθυνση της κίνησης των ανακρουόμενων ηλεκτρονίων.

B) Δείξτε ότι, όταν το ηλεκτρόνιο σκεδάζεται κατά Compton σε κατεύθυνση που σχηματίζει γωνία ϕ με το προσπίπτον φωτόνιο, η κινητική ενέργεια του ηλεκτρονίου είναι

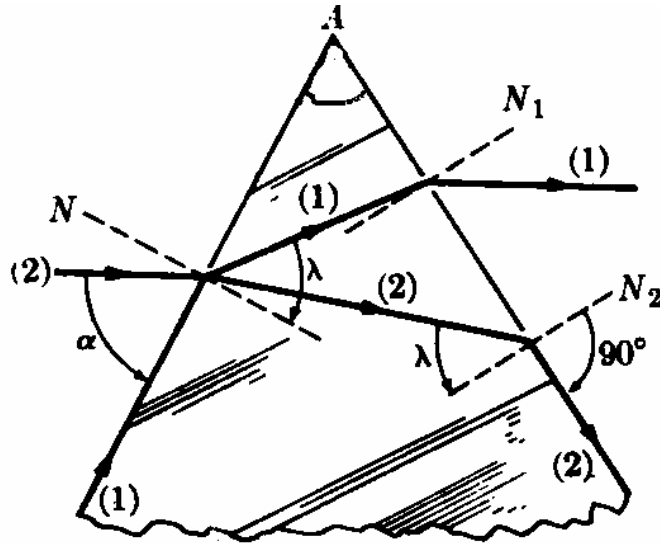
$$E_k = h\nu(2\alpha \cos^2 \phi) / [(1 + \alpha)^2 - \alpha^2 \cos^2 \phi]$$

$$\text{όπου } \alpha = h\nu / m_e c^2$$

Άσκηση 4

A) Αν μια ακτίνα φτάνει τη δεύτερη επιφάνεια ενός πρίσματος κατά μια γωνία μεγαλύτερη από την οριακή γωνία, συμβαίνει ολική ανάκλαση και η ακτίνα ανακλάται προς τα πίσω, αντί να εξέλθει από το πρίσμα. Αυτή η αρχή χρησιμοποιείται σε πολλά οπτικά όργανα. Δείξτε ότι, αν $n > 1$, η συνθήκη, ώστε μια τουλάχιστον ακτίνα να εξέλθει, είναι $A \leq 2\lambda$, όπου λ είναι η οριακή γωνία και A η γωνία του πρίσματος. Ακολουθώντας, μελετήστε την περιοχή των τιμών της γωνίας πρόσπτωσης i , ώστε η ακτίνα να εξέρχεται

από την άλλη έδρα. Αυτή η περιοχή τιμών εξαρτάται από τη γωνία α , η οποία ορίζεται στο παρακάτω σχήμα. Αποδείξτε ότι δίνεται από τη σχέση $\cos \alpha = n \sin(A - \lambda)$.



B) Εφαρμόστε τα συμπεράσματα από τη μελέτη του προηγούμενου προβλήματος στην περίπτωση ενός πρίσματος που έχει διαθλαστική γωνία 45° και δείκτη διάθλασης 1,5. Υπολογίστε την τιμή της γωνίας α . Μελετήστε την πορεία της ακτίνας που προσπίπτει κάθετα σε μια από τις έδρες. Επαναλάβετε τη μελέτη και τους υπολογισμούς, όταν η γωνία του πρίσματος είναι 35° .

Άσκηση 5

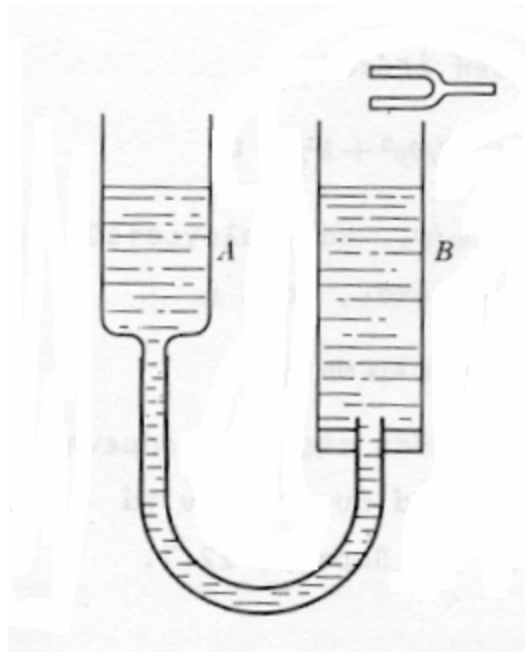
A) Ο αντικειμενικός φακός ενός μικροσκοπίου έχει εστιακή απόσταση 4mm. Το είδωλο που σχηματίζεται από αυτόν τον αντικειμενικό φακό απέχει 180mm από το δεύτερο εστιακό του σημείο. Ο προσοφθάλμιος φακός έχει εστιακή απόσταση 31.25mm. i) Ποια είναι η μεγέθυνση του μικροσκοπίου; ii) Το μάτι χωρίς βοήθεια μπορεί να διακρίνει δυο σημεία, ως διαφορετικά, αν απέχουν περίπου 0.1mm. Ποια είναι η ελάχιστη απόσταση που μπορεί να διακρίνει το μάτι με τη βοήθεια αυτού του μικροσκοπίου;

B) Η διάμετρος της σελήνης είναι 3.5×10^3 km και η απόσταση της από τη γη είναι 3.8×10^5 km. Βρείτε τη γωνιακή διάμετρο του ειδώλου της σελήνης που σχηματίζεται από ένα τηλεσκόπιο, αν η εστιακή απόσταση του αντικειμενικού φακού είναι 4m και του προσοφθάλμιου 10cm.

Άσκηση 6

A) Το πρώτο πολλαπλό ραδιοσυμβολόμετρο κατασκευάστηκε στην Αυστραλία το 1951. Αποτελείται από 32 κεραιές, σε απόσταση 7m μεταξύ τους, με τους αντίστοιχους παραβολικούς ανακλαστήρες τους. Το σύστημα συντονίζεται σε μήκος κύματος 21cm. Τα σήματα που συλλαμβάνονται από τις κεραιές υπερτίθενται στο σταθμό παρατήρησης και δίνουν ένα συνιστάμενο σήμα. Το σύστημα, επομένως, είναι ισοδύναμο με 32 ισαπέχουσες πηγές. Να βρεθεί i) το γωνιακό εύρος του κεντρικού μεγίστου και ii) η γωνιακή απόσταση μεταξύ των διαδοχικών κύριων μεγίστων. (Θα βοηθήσει το σχήμα 22.41, σελίδα 284 του βιβλίου των Alonso και Finn).

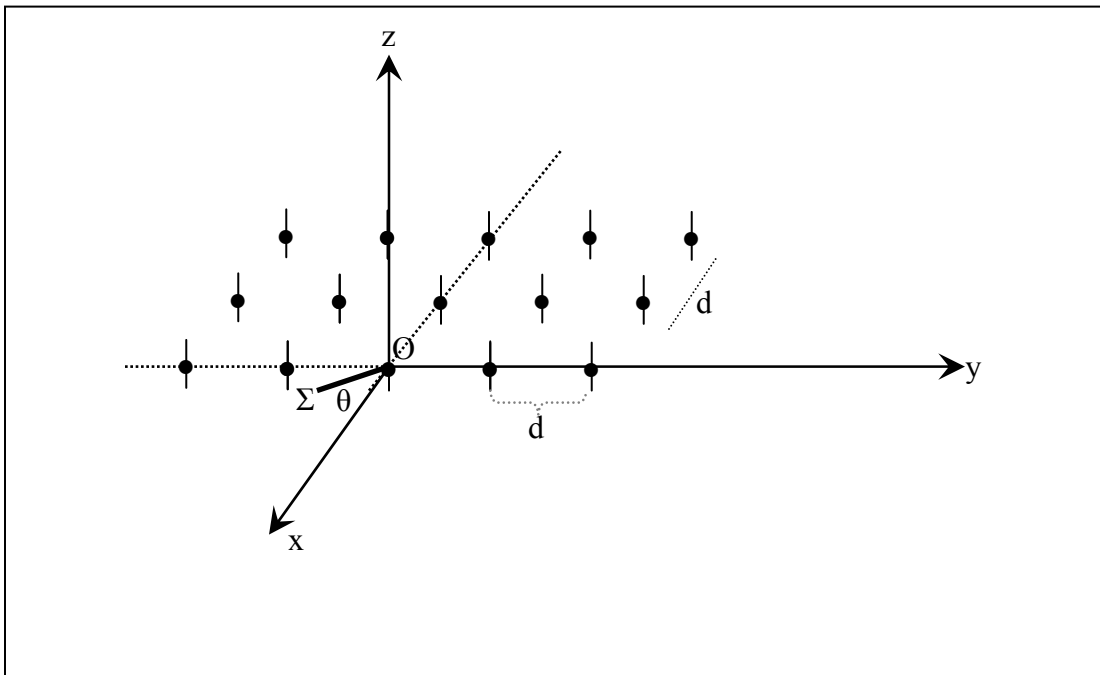
B) Διαπασών συχνότητας 256Hz τοποθετείται μπροστά από το ανοικτό άκρο ανοικτού σωλήνα, όπως φαίνεται στο σχήμα. Το μήκος της στήλης του αέρα μπορεί να μεταβληθεί κινώντας το δοχείο A πάνω-κάτω, μετατοπίζοντας τη στάθμη της επιφάνειας του νερού. Να βρεθούν τα μήκη των τριών πρώτων στηλών αέρα που συντονίζονται με το διαπασών. Να παρασταθεί γραφικά η κάθε περίπτωση και να δειχθεί η θέση των δεσμών και κοιλιών. Να βρεθεί η κατανομή πλάτους κατά μήκος του σωλήνα. Να υποτεθεί ότι η θερμοκρασία του αέρα παραμένει σταθερή (27°C).



Άσκηση 7

A) Δυο επίπεδα αρμονικά ηλεκτρομαγνητικά κύματα έχουν το ίδιο μήκος κύματος λ και τα κυματικά τους διανύσματα \vec{k}_1, \vec{k}_2 σχηματίζουν γωνία θ . Τα δυο κύματα είναι πολωμένα έτσι, ώστε τα ηλεκτρικά τους πεδία \vec{E}_1, \vec{E}_2 να είναι κάθετα προς το επίπεδο που σχηματίζουν τα διανύσματα \vec{k}_1, \vec{k}_2 . Υπολογίστε την απόσταση δυο διαδοχικών μεγίστων εντάσεως που εμφανίζονται πάνω σε μια οθόνη τοποθετημένη κάθετα προς το διάνυσμα $\vec{k}_1 + \vec{k}_2$.

B) Μια συστοιχία πανομοιότυπων ευθύγραμμων κατακόρυφων κεραιών, είναι διατεταγμένη σε σειρές και στήλες παράλληλα στους άξονες x και y αντίστοιχα, σε διαδοχικές αποστάσεις d και συμμετρικά ως προς τον άξονα x (βλέπε Σχήμα). Το οριζόντιο επίπεδο xy συμπίπτει με το μεσοκάθετο επίπεδο στο σύστημα των κατακόρυφων κεραιών. Οι κεραιές διεγείρονται και εκπέμπουν σε φάση. Να δείξετε ότι η συνολική ακτινοβολία από τη συστοιχία στο σημείο Σ που βρίσκεται στην κατεύθυνση θ ως προς τον άξονα x στο μεσοκάθετο επίπεδο και σε πολύ μεγάλη απόσταση από το O , θα είναι σε φάση αν $\tan \theta = \frac{m}{n}$, όπου m και n ακέραιοι. Τι γίνεται για $\theta = 0$;



Άσκηση 8

A) Υποθέτοντας κάθετη πρόσπτωση σύνθετου φωτός σε ένα φράγμα διάδοσης, δείξτε ότι, ανεξάρτητα από την απόσταση των γραμμών του φράγματος, το ιώδες ($\lambda=420\text{nm}$) του φάσματος τρίτης τάξης καλύπτει το κόκκινο ($\lambda=630\text{nm}$) του φάσματος δεύτερης τάξης.

B) Συζητήστε τη φυσική σημασία του ορίου διακριτικής ικανότητας μιας κυκλικής οπής και το κριτήριο Rayleigh. Δορυφόρος φέρει φωτογραφική μηχανή που μπορεί να διακρίνει στο έδαφος αντικείμενα που απέχουν τουλάχιστον 30m μεταξύ τους. Πόση είναι η διάμετρος του φακού, αν ο δορυφόρος περιφέρεται σε ύψος 250km; (θεωρήστε ένα μήκος κύματος $\lambda=550\text{nm}$). Πόση πρέπει να είναι η διάμετρος του φακού στο δορυφόρο, ώστε να διακρίνει τον αριθμό μιας πινακίδας αυτοκίνητου; (κάντε τις απαραίτητες εκτιμήσεις).

Άσκηση 9

Αν $\nu_0 = v/2a$ είναι η θεμελιώδης συχνότητα τετραγωνικής μεμβράνης πλευράς a με τις τέσσερις πλευρές της στερεωμένες, ναδειχθεί ότι οι διαδοχικές συχνότητες είναι $\nu = \sqrt{2}\nu_0, 2\nu_0, \sqrt{5}\nu_0, 2\sqrt{2}\nu_0, 3\nu_0, \sqrt{10}\nu_0, \sqrt{13}\nu_0, \dots$. Να υπολογιστεί ο αριθμός των διαφορετικών συνδυασμών των n_1, n_2 που απαιτούνται, για να πάρουμε το θεμελιώδη και τους διαδοχικούς τρόπους της ταλάντωσης. Ο αριθμός των διαφορετικών συνδυασμών δίνει τον εκφυλισμό του τρόπου ταλάντωσης.

Άσκηση 10

Ένας κυματοδηγός αποτελείται από μακρύ σωλήνα τετραγωνικής διατομής ορθογωνίου με πλευρές a και b πάνω στις οποίες η απομάκρυνση ξ του διαδιδόμενου κύματος μηδενίζεται. Ναδειχθεί ότι το συνιστάμενο κύμα δίνεται από τη σχέση $\xi = 4\xi_0 \sin k_2 y \sin k_3 z \cos(\omega t - k_1 x)$

και ότι οι μόνες συχνότητες που μεταδίδονται μέσα στον κυματοδηγό είναι αυτές που ικανοποιούν τη σχέση $\nu \geq \frac{1}{2}v\sqrt{n_1^2/a^2 + n_2^2/b^2}$, όπου n_1, n_2 είναι αριθμοί ακέραιοι. Να μελετηθούν τα δεσμικά επίπεδα στον κυματοδηγό για $n_1=2$ και $n_2=3$.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

Ερώτηση 1

Γιατί ένα φωτόνιο δεν μπορεί να μεταφέρει όλη του την ενέργεια σε ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο (Χρησιμοποιήστε τους νόμους διατήρησης).

Ερώτηση 2

Φως μήκους κύματος $5.0 \times 10^{-7} \text{ m}$ προσπίπτει κάθετα σε διαφανή μεμβράνη πάχους 10^{-6} m , η οποία έχει δείκτη διάθλασης 1,4. Μέρος του φωτός εισχωρεί στη μεμβράνη και ανακλάται στην πίσω επιφάνεια. Πόσα κύματα περιέχονται κατά μήκος του δρόμου αυτού του φωτός από το σημείο πρόσπτωσης ως το σημείο, στο οποίο αναδύεται στην πίσω επιφάνεια; Ποια είναι η διαφορά φάσης μεταξύ των κυμάτων που εξέρχονται από τη μεμβράνη και αυτών που εισχωρούν σε αυτή;

Ερώτηση 3

Θεωρήστε ότι ένα σφαιρικό κοίλο κάτοπτρο έχει το αντικείμενο στα αριστερά του και πέρα από την εστία του. Αποδείξτε, χρησιμοποιώντας διαγράμματα φωτεινών ακτίνων, ότι το είδωλο κινείται προς τα αριστερά καθώς το αντικείμενο πλησιάζει προς την εστία.

Ερώτηση 4

A) Για να παρατηρηθούν φαινόμενα συμβολής σε ένα υμένιο (δηλαδή τα μέγιστα και τα ελάχιστα να απέχουν κατά ικανή απόσταση ώστε να διακρίνονται δια γυμνού οφθαλμού), αυτό δεν πρέπει να έχει πάχος μεγαλύτερο από μερικά μήκη κύματος. Γιατί; (Υπόδειξη: λάβετε υπόψη πόσο μακριά βρίσκονται μεταξύ τους τα δυο ανακλώμενα κύματα που πρέπει να συμβάλουν όταν το υμένιο είναι παχύ).

B) Τοποθετούμε πάνω σε ένα τζάμι έναν φακό με ακτίνα καμπυλότητας R και δείκτη διάθλασης n . Ο φακός φωτίζεται από πάνω με λευκό φως. Τι θα δείτε στο κέντρο του φακού, σκοτεινή ή φωτεινή βούλα; Τι θα πείτε εάν οι δακτυλιοειδείς κροσσοί δεν είναι κυκλικοί;

Ερώτηση 5

A) Παρατηρήστε τη σκιά ενός βιβλίου κρατώντας το σε απόσταση 10 περίπου cm πάνω από ένα τραπέζι, όταν αυτό φωτίζεται με μια λάμπα που βρίσκεται μερικά μέτρα πάνω από το βιβλίο. Γιατί δεν είναι σαφή τα όρια της σκιάς;

B) Περιγράψτε τη μεταβολή του πλάτους του κεντρικού μεγίστου μιας εικόνας περίθλασης που παράγεται από μια ορθογώνια σχισμή όταν μειώνεται το εύρος της σχισμής.