



ΕΝΩΣΗ ΚΥΠΡΙΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ

27^η ΠΑΓΚΥΠΡΙΑ ΟΛΥΜΠΙΑΔΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ (Δεύτερη Φάση)

Κυριακή, 31 Μαρτίου, 2013

Ώρα: 10:00 - 13:00

Απενεργοποιήστε τα κινητά σας τηλέφωνα!!!

Παρακαλώ διαβάστε πρώτα τα πιο κάτω, πριν απαντήσετε οποιαδήποτε ερώτηση

Γενικές Οδηγίες:

- 1) Είναι πολύ σημαντικό να δηλώσετε ορθά στον κατάλληλο χώρο στο εξώφυλλο του τετραδίου απαντήσεων τα εξής στοιχεία: (α) Όνομα και Επώνυμο, (β) Όνομα πατέρα, (γ) Σχολείο, (δ) Τηλέφωνο.
- 2) Το δοκίμιο αποτελείται από εννιά (9) σελίδες και περιέχει έξι (6) θέματα.
- 3) Η εξέταση διαρκεί τρεις (3) ώρες.
- 4) Η συνολική βαθμολογία του εξεταστικού δοκιμίου είναι 100 μονάδες.
- 5) Χρησιμοποιήστε μόνο στυλό με μελάνι χρώματος μπλε ή μαύρο. Οι γραφικές παραστάσεις μπορούν να γίνουν και με μολύβι.
- 6) Δεν επιτρέπεται η χρήση διορθωτικού υγρού.
- 7) Επιτρέπεται η χρήση μόνο μη προγραμματιζόμενης υπολογιστικής μηχανής.
- 8) Δηλώστε στις σελίδες του τετραδίου απαντήσεων τον αριθμό του προβλήματος και το αντίστοιχο γράμμα του ερωτήματος που απαντάτε.
- 9) Εάν χρησιμοποιήσετε κάποιες σελίδες του τετραδίου απαντήσεων για δικές σας σημειώσεις που δεν επιθυμείτε να βαθμολογηθούν, βάλτε ένα μεγάλο σταυρό (X) σε αυτές τις σελίδες ώστε να μην ληφθούν υπόψη στη βαθμολόγηση.
- 10) Να χρησιμοποιείτε μόνο σταθερές ή σχέσεις που δίνονται στο αντίστοιχο θέμα αλλά και στο τέλος των γενικών οδηγιών.
- 11) Τα σχήματα όλων των θεμάτων δεν είναι υπό κλίμακα.

Δεδομένα:

Ελαστική κρούση μεταξύ δύο σωμάτων: $\vec{u}_1 + \vec{v}_1 = \vec{u}_2 + \vec{v}_2$

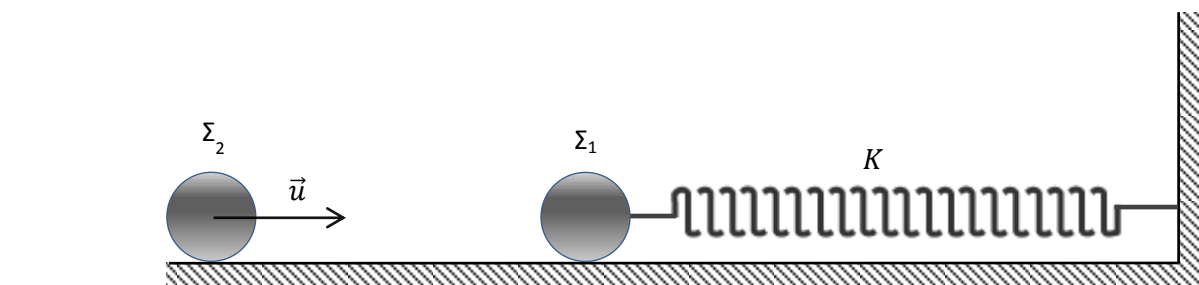
$h=6,67 \times 10^{-34} \text{Js}$, $1\text{eV}=1,6 \times 10^{-19} \text{J}$ και $m_e=9,1 \times 10^{-31} \text{kg}$

Εμβαδόν κυκλικού τομέα επίκεντρης γωνίας φ και ακτίνας R : $S = \frac{1}{2} \varphi R^2$

Να απαντήσετε όλα τα προβλήματα που ακολουθούν

Θέμα 1^ο (10 μονάδες)

α. Σε λεία οριζόντια επιφάνεια βρίσκεται σφαίρα Σ_1 μάζας m_1 συνδεδεμένη με ελατήριο σταθεράς K . Το δεύτερο άκρο του ελατηρίου είναι στερεωμένο στον τοίχο. Δεύτερη σφαίρα Σ_2 μάζας m_2 ($m_2 < m_1$) συγκρούεται κεντρικά και ελαστικά με την πρώτη σφαίρα. Η ταχύτητα της σφαίρας Σ_2 πριν την κρούση είναι \vec{u} .



i. Να εξηγήσετε σε ποια κατεύθυνση θα κινηθεί η σφαίρα Σ_2 μετά την κρούση.

(μον. 2)

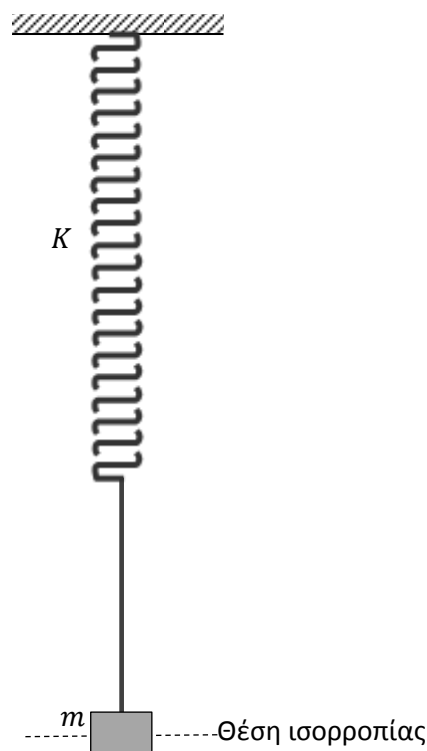
ii. Με ποιο πλάτος θα εκτελέσει ταλάντωση η σφαίρα Σ_1 μετά την κρούση;

(μον. 4)

β. Στο ελεύθερο άκρο ελατηρίου σταθεράς $K = 50 \text{ N/m}$ είναι δεμένο αβαρές νήμα, από το οποίο κρέμεται σώμα μάζας $m = 1 \text{ kg}$. Τραβώντας το σώμα κάτω από τη θέση ισορροπίας του και αφήνοντάς το, αυτό αρχίζει να εκτελεί ταλάντωση.

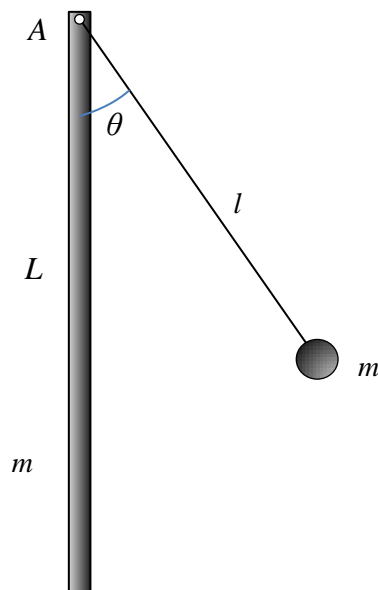
Να υπολογίσετε μέχρι ποια μέγιστη απόσταση κάτω από τη θέση ισορροπίας μπορούμε να απομακρύνουμε το σώμα έτσι ώστε το νήμα να παραμένει συνέχεια τεντωμένο κατά την ταλάντωση του σώματος.

Δίνεται: $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

(μον. 4)

Θέμα 2^ο (10 μονάδες)

α. Λεπτή ράβδος μάζας m και μήκους L μπορεί να περιστρέφεται χωρίς τριβή σε κατακόρυφο επίπεδο γύρω από άξονα που διέρχεται από το άκρο της Α. Από τον ίδιο άξονα κρέμεται με νήμα μήκους l ($l < L$) μικρή σφαίρα της ίδιας μάζας m . Η σφαίρα απομακρύνεται έτσι ώστε το νήμα να σχηματίζει γωνία θ με την κατακόρυφο και αφήνεται ελεύθερη. Να υπολογίσετε σε συνάρτηση με το μήκος της ράβδου, το μήκος του νήματος για το οποίο η σφαίρα μετά τη σύγκρουσή της με τη ράβδο θα ακινητοποιηθεί. Η σύγκρουση να θεωρηθεί απόλυτα ελαστική. Δίνεται η ροπή αδράνειας της ράβδου ως προς τον άξονα περιστροφής: $I = \frac{1}{3}mL^2$.

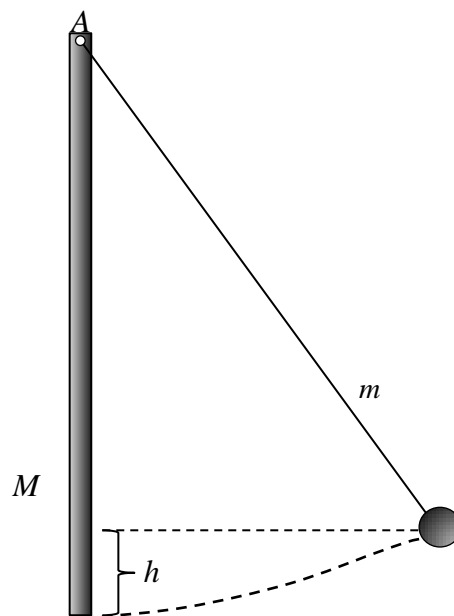
(μον. 4)

β. Απλό εκκρεμές μάζας m και ράβδος μάζας M κρέμονται από το ίδιο σημείο Α, γύρω από το οποίο μπορούν να περιστρέφονται ελεύθερα. Το μήκος του νήματος του εκκρεμούς είναι ίσο με το μήκος της ράβδου. Το σφαιρίδιο του απλού εκκρεμούς απομακρύνεται από την κατακόρυφη θέση έτσι ώστε να ανυψωθεί σε ύψος h πάνω από τη χαμηλότερή του θέση. Στη συνέχεια το σφαιρίδιο αφήνεται ελεύθερο και συγκρούεται πλαστικά με τη ράβδο. Να υπολογίσετε:

i. την κοινή ταχύτητα του σφαιριδίου και του κάτω άκρου της ράβδου αμέσως μετά την κρούση.

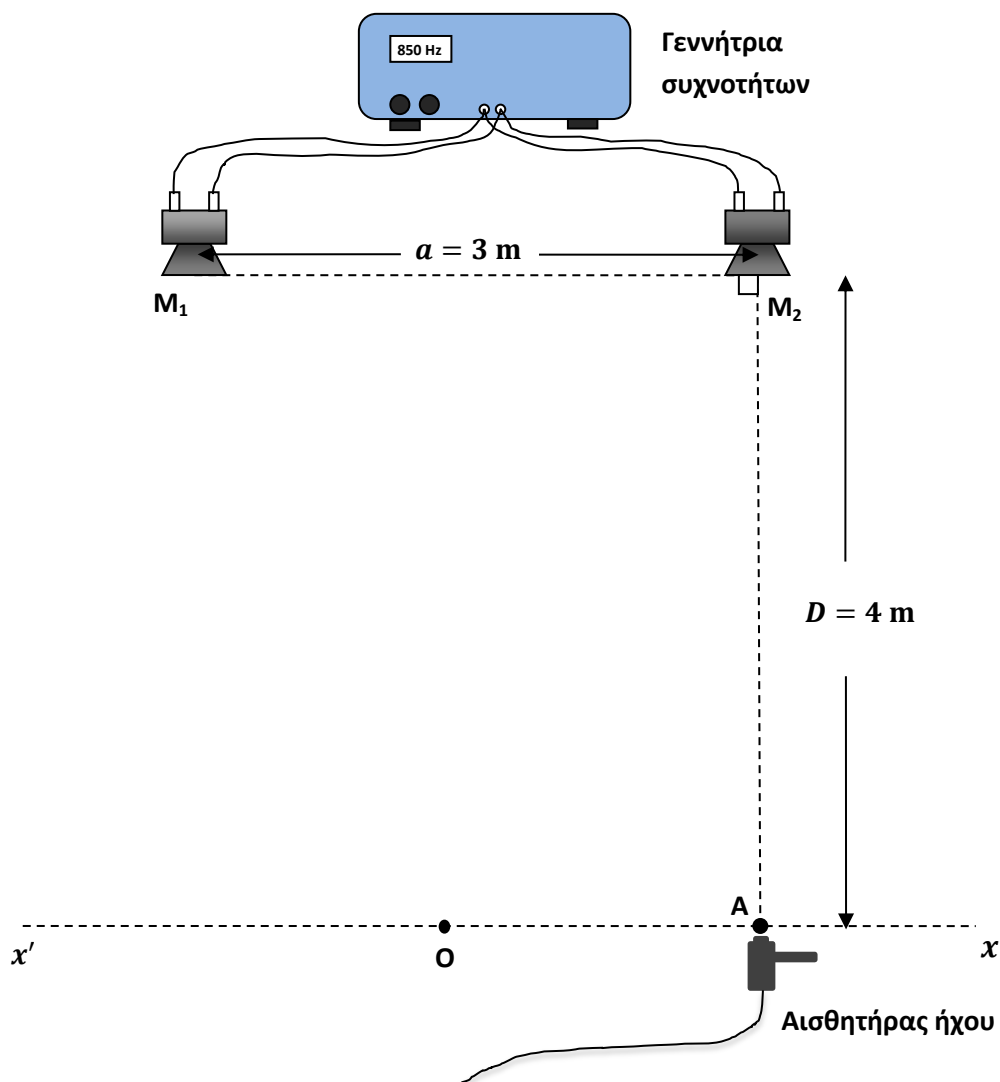
(μον. 3)

ii. το μέγιστο ύψος στο οποίο θα ανέλθουν το σφαιρίδιο και το κάτω άκρο της ράβδου.

(μον. 3)

Θέμα 3^ο (20 μονάδες)

Στην αίθουσα του εργαστηρίου Φυσικής οι μαθητές πραγματοποιούν πείραμα για τη μελέτη της συμβολής των ηχητικών κυμάτων. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούν δύο μεγάφωνα M_1 και M_2 , τα οποία τροφοδοτούνται από την ίδια γεννήτρια συχνοτήτων. Οι μαθητές προσδιορίζουν με τη βοήθεια αισθητήρα ήχου την ένταση του ήχου κατά μήκος της ευθείας $x'x$ που είναι παράλληλη με την ευθεία που ενώνει τα δύο μεγάφωνα. Η πειραματική διάταξη φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα.



- α.** Να δώσετε τον ορισμό του φαινομένου της συμβολής δύο κυμάτων. **(μον. 2)**
- β.** Να εξηγήσετε γιατί τα δύο μεγάφωνα πρέπει να τροφοδοτούνται από την ίδια γεννήτρια συχνοτήτων. **(μον. 2)**
- γ.** Τα δύο μεγάφωνα παράγουν ήχο συχνότητας 850 Hz και απέχουν μεταξύ τους απόσταση $a = 3$ m. Η ταχύτητα του ήχου στον αέρα είναι $u = 340$ m/s. Η ευθεία $x'x$ απέχει από την

ευθεία M_1M_2 απόσταση $D = 4 \text{ m}$. Το σημείο O βρίσκεται πάνω στη μεσοκάθετο του ευθύγραμμου τμήματος M_1M_2 και το σημείο A στην κάθετο του ευθύγραμμου τμήματος M_1M_2 στο σημείο M_2 .

- i. Να δείξετε ότι για το σημείο A ισχύει η συνθήκη καταστροφικής συμβολής των κυμάτων από τα δύο μεγάφωνα

$$\Delta x = (2K + 1) \frac{\lambda}{2}. \quad (\text{μον. 3})$$

- ii. Σε πόσα άλλα σημεία μεταξύ των σημείων O και A θα παρατηρείται καταστροφική συμβολή; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας. (μον. 5)

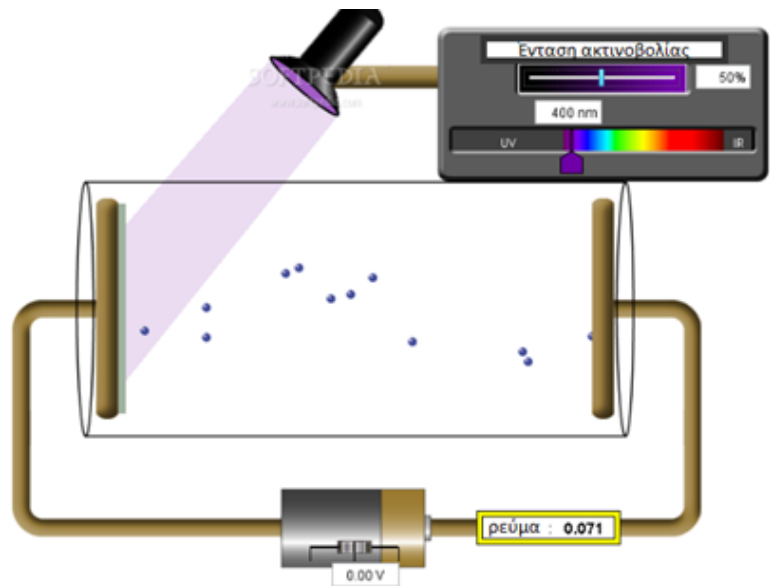
δ. Όταν ο αισθητήρας ήχου τοποθετηθεί στο σημείο A καταγράφει ένταση ήχου διαφορετική από το μηδέν, παρ' όλο που θεωρητικά η ένταση του ήχου σε αυτό το σημείο θα έπρεπε να είναι ίση με μηδέν.

- i. Να δώσετε δύο πιθανές αιτίες για τις οποίες η ένταση του ήχου στο A δεν είναι μηδέν. (μον. 4)
- ii. Να εξηγήσετε με ποιο τρόπο στο πιο πάνω πείραμα θα βεβαιωθείτε ότι στο A συμβαίνει καταστροφική συμβολή. (μον. 4)

Θέμα 4^ο (25 μονάδες)

Το βραβείο Nobel Φυσικής για το 1921 απονεμήθηκε στον Einstein για τη θεωρητική επεξήγηση του φωτοηλεκτρικού φαινομένου. Στη μελέτη του αυτή, ο Einstein προσπάθησε να εξηγήσει τα πειραματικά δεδομένα για την αγωγιμότητα των ηλεκτρονίων στο κενό. Σε αυτά τα πειράματα παρατηρήθηκε ότι ο φωτισμός διαφόρων μετάλλων με ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία προκαλούσε την εμφάνιση ηλεκτρικού ρεύματος στο κύκλωμα.

Ένα απλό σχεδιάγραμμα μιας τέτοιας πειραματικής διάταξης φαίνεται στο διπλανό σχήμα.



Η θεωρία του στηρίζεται στον ισχυρισμό ότι για να μπορέσει να διαφύγει από ένα μέταλλο ένα ηλεκτρόνιο χρειάζεται να απορροφήσει μια κατάλληλη ενέργεια ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Κάθε περίσσεια ενέργειας αποδίδεται ως κινητική ενέργεια των ηλεκτρονίων (φωτοηλεκτρόνια)



που εξάγονται από το εκάστοτε μέταλλο. Η θεωρία αυτή συνοψίζεται στην περίφημη φωτοηλεκτρική εξίσωση του Einstein:

$$hf = b + E_{κιν},$$

όπου hf είναι η ενέργεια των φωτονίων της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που προσπίπτουν στο εκάστοτε μέταλλο, b το έργο εξαγωγής των ηλεκτρονίων από το μέταλλο (η ελάχιστη δηλαδή ενέργεια που πρέπει να απορροφήσουν τα ηλεκτρόνια για να εξέλθουν από το μέταλλο με μηδενική κινητική ενέργεια) και $E_{κιν}$, η μέγιστη κινητική ενέργεια την οποία διαθέτουν τα φωτοηλεκτρόνια εξερχόμενα από το μέταλλο.

Στην παραπάνω μελέτη ως ένταση της ακτινοβολίας που προσπίπτει πάνω στο μέταλλο, ονομάζουμε το λόγο της ισχύος ανά μονάδα επιφάνειας και προϋποθέτουμε ότι κάθε ηλεκτρόνιο απορροφά μόνο ένα φωτόνιο από την ακτινοβολία που προσπίπτει πάνω στο μέταλλο (κάθοδος).

α. Όταν φως προσπίπτει στο μέταλλο και η διαφορά τάσης μεταξύ του μετάλλου (της καθόδου) και της ανόδου του κυκλώματος διατηρείται σταθερή σε μια κατάλληλη τιμή, ρεύμα καταγράφεται στο κύκλωμα. Η συχνότητα της ακτινοβολίας τροποποιείται αλλά η ένταση της διατηρείται σταθερή. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

	Ενέργεια φωτονίων (eV)	Ένταση ακτινοβολίας (Wm^{-2})	Έργο εξαγωγής (eV)	Ρεύμα (A)
Πρώτη ακτινοβολία	1,8	1,0	2,3	0.0
Δεύτερη ακτινοβολία	3,8	1,0	2,3	5×10^{-12}

Να εξηγήσετε γιατί στην πρώτη ακτινοβολία, η καταγραφή του ρεύματος είναι μηδενική.

(μον. 5)

β. Το πείραμα επαναλαμβάνεται χρησιμοποιώντας τις ίδιες ακτινοβολίες με τη διαφορά ότι η ένταση τους τροποποιείται.

	Ενέργεια φωτονίων (eV)	Ένταση ακτινοβολίας (Wm^{-2})	Έργο εξαγωγής (eV)	Ρεύμα (A)
Πρώτη ακτινοβολία	1,8	4,0	2,3	
Δεύτερη ακτινοβολία	3,8	4,0	2,3	

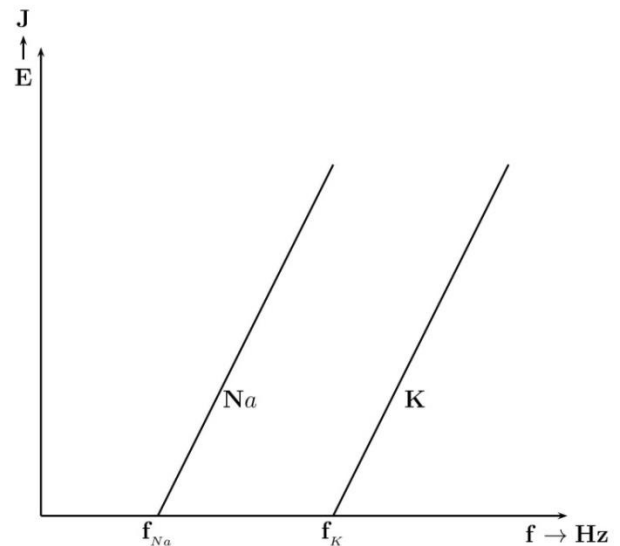
Ποιες νομίζετε ότι θα είναι τώρα οι τιμές της καταγραφής του ρεύματος στον παραπάνω πίνακα;

(μον. 5)

γ. Αν το παραπάνω μέταλλο της καθόδου είναι λίθιο (Li) και στην κάθοδο προσπίπτει ακτινοβολία με ενέργεια φωτονίων $4,8 \times 10^{-18} \text{ J}$, να υπολογίσετε τη μέγιστη ταχύτητα των φωτοηλεκτρονίων που εκπέμπονται. Δίνεται ότι η σταθερά του Planck είναι $h = 6,67 \times 10^{-34} \text{ Js}$, $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$ και $m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$. **(μον. 5)**

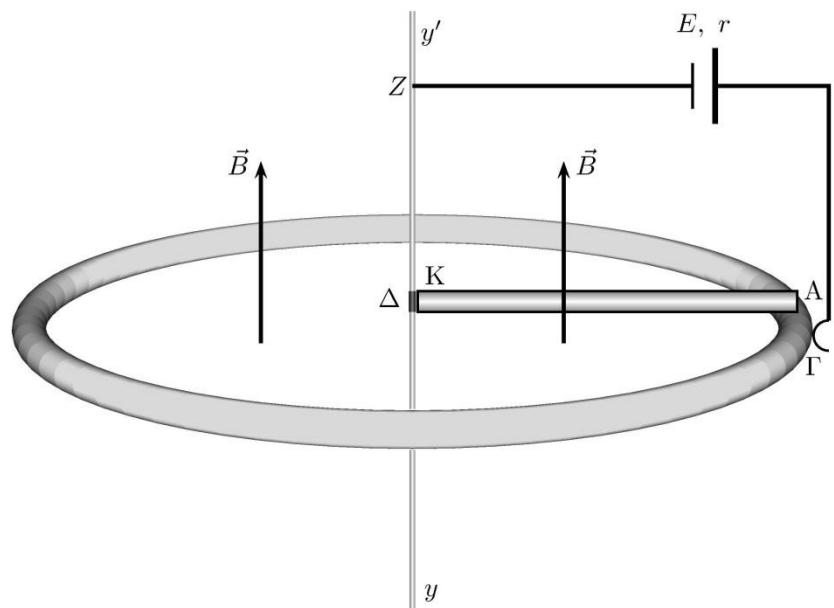
δ. Αν η διαφορά δυναμικού μεταξύ καθόδου και ανόδου μηδενιστεί, παρατηρούμε ότι το κύκλωμα συνεχίζει να διαρρέεται από ένα μικρό ρεύμα. Που νομίζετε ότι οφείλεται η ύπαρξη αυτού του ρεύματος; Να εξηγήσετε την απάντησή σας. **(μον. 5)**

ε. Μια ομάδα μαθητών χρησιμοποίησε την παραπάνω πειραματική διάταξη, διατηρώντας σταθερή την ένταση της ακτινοβολίας και καταγράφοντας τη μέγιστη κινητική ενέργεια των φωτοηλεκτρονίων που εκπέμπονται από την κάθοδο σαν συνάρτηση της συχνότητας της ακτινοβολίας. Τα αποτελέσματα για δύο διαφορετικά μέταλλα (Na και K) φαίνονται στη διπλανή γραφική παράσταση. Παρατηρώντας τις γραφικές παραστάσεις του Na και του K, μπορείτε να δικαιολογήσετε αν ο ισχυρισμός τους ότι "για οποιοδήποτε μέταλλο η κλίση της ευθείας παραμένει σταθερή" είναι σωστός ή λανθασμένος; Με τι νομίζετε ότι ισούται αυτή η κλίση; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας. **(μον. 5)**



Θέμα 5^ο (20 μονάδες)

Η μεταλλική ράβδος ΚΑ έχει μήκος L και ωμική αντίσταση R . Στο άκρο Κ της ράβδου είναι στερεωμένος μεταλλικός δακτύλιος Δ αμελητέας ακτίνας. Η ράβδος μπορεί να στρέφεται γύρω από κατακόρυφο μεταλλικό (αγώγιμο) άξονα yy' που περνά μέσα από το δακτύλιο, ενώ το άλλο άκρο της Α μπορεί να γλιστρά χωρίς τριβές πάνω σε ένα οριζόντιο μεταλλικό





τροχό ακτίνας L και αμελητέας ωμικής αντίστασης. Με αυτό τον τρόπο η ράβδος KA είναι συνεχώς σε επαφή με τον άξονα $γγ'$ και τον τροχό. Το όλο σύστημα βρίσκεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο \vec{B} κατακόρυφο προς τα πάνω.

Όταν μια πηγή \mathcal{E} με εσωτερική αντίσταση r συνδεθεί σε ένα σημείο Z με τον άξονα $γγ'$ και σε ένα σημείο Γ με τον τροχό, η ράβδος αρχίζει να περιστρέφεται.

- i. Να αποδείξετε ότι η τάση από επαγωγή που θα αναπτυχθεί στα άκρα του αγωγού KA , δίνεται από τη σχέση:

$$E_{\varepsilon\pi} = \frac{1}{2} B \omega L^2$$

Δίνεται ότι το εμβαδόν κυκλικού τομέα επίκεντρης γωνίας φ και ακτίνας R δίνεται από τη σχέση: $S = \frac{1}{2} \varphi R^2$ (μον. 5)

- ii. Προς τα πού θα κινηθεί αρχικά η ράβδος δεδομένου ότι διαρρέεται από πραγματικό ρεύμα I ; Να εξηγηθεί το φαινόμενο. (μον. 4)
- iii. Να κατασκευάσετε το ισοδύναμο κύκλωμα του παραπάνω σχήματος και να υπολογίσετε το επαγωγικό ρεύμα. (μον. 6)
- iv. Υπάρχει περίπτωση η ράβδος να περιστρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα $\omega_{\sigma\rho}$; Ποια είναι αυτή; (μον. 5)

Θέμα 6^ο (15 μονάδες)

Διεγερμένα άτομα υδρογόνου αποδιεγείρονται και τα άτομα επανέρχονται στη θεμελιώδη τους κατάσταση. Η ενέργεια της θεμελιώδους κατάστασης είναι $E_1 = -13,6$ eV. Από τη μελέτη των φασματικών γραμμών υπολογίστηκαν τρεις διαφορές ενεργειών μεταξύ των διεγερμένων καταστάσεων και της θεμελιώδους κατάστασης και βρέθηκαν ίσες με 12,75 eV, 12,09 eV και 10,2 eV.

- α. Να υπολογίσετε τις ενέργειες που αντιστοιχούν στις διεγερμένες καταστάσεις των ατόμων του υδρογόνου. (μον. 3)
- β. Να υπολογίσετε τους κβαντικούς αριθμούς στους οποίους αντιστοιχούν οι διεγερμένες καταστάσεις. (μον. 2)
- γ. Να σχεδιάσετε το διάγραμμα των ενεργειακών σταθμών, στο οποίο να φαίνονται οι



μεταβάσεις των ηλεκτρονίων που πραγματοποιούνται.

(μον. 3)

δ. Σε μια από τις παραπάνω μεταβάσεις εκπέμπεται ακτινοβολία με τη μεγαλύτερη συχνότητα. Να υπολογίσετε τη συχνότητα αυτή.

(μον. 3)

ε. Σε ένα από τα άτομα του υδρογόνου, που βρίσκεται πλέον στη θεμελιώδη κατάσταση, προσπίπτει μονοχρωματική ακτινοβολία, με συνέπεια το ηλεκτρόνιο του ατόμου του υδρογόνου να διαφύγει από την έλξη του πυρήνα με κινητική ενέργεια $K=6,29 \text{ eV}$. Να υπολογίσετε τη συχνότητα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Δίνεται ότι $h=6,67 \times 10^{-34} \text{ Js}$ και $1 \text{ eV}=1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$.

(μον. 4)

Καλή Επιτυχία!!!