

**Θέμα Α**

Για τις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής A1-A4, να γράψετε στο φύλλο απαντήσεων τον αριθμό της ερώτησης και δεξιά απ' αυτόν το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση.

**A1.** Πρωτόνιο και ηλεκτρόνιο εισέρχονται κάθετα στις δυναμικές γραμμές του ίδιου ομογενούς μαγνητικού πεδίου με ίδιες κινητικές ενέργειες. Ποια πρόταση είναι σωστή;

- α. Έχουν ίσες ακτίνες τροχιάς και ίσες περιόδους
- β. Το πρωτόνιο έχει μεγαλύτερη ακτίνα τροχιάς και μικρότερη συχνότητα περιστροφής
- γ. Το ηλεκτρόνιο έχει μεγαλύτερη ακτίνα τροχιάς και μεγαλύτερη περίοδο
- δ. Έχουν ίσες ακτίνες, αλλά διαφορετικές συχνότητες

Μονάδες 4

**A2.** Ερυθρή μονοχρωματική ακτινοβολία χτυπά κάθετο ασβεστίου. Δεδομένου ότι το έργο εξαγωγής στο ασβέστιο είναι 2,9 eV, τι θα παρατηρήσουμε;

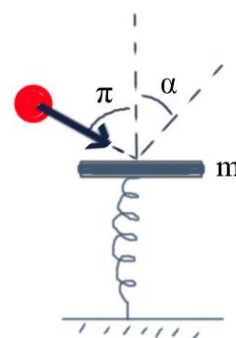
- α. το φως θα ανακλαστεί και θα γίνει πράσινο
- β. τίποτα
- γ. σε χρονικό διάστημα μικρότερο του  $10^{-9}$  s, ηλεκτρόνια ισάριθμα με τα φωτόνια θα φεύγουν από την κάθοδο
- δ. θα έχουμε ηλεκτρόνια στην άνοδο μόνο αν η τάση είναι αρκετά μεγάλη, ώστε να επιταχυνθούν κατάλληλα τα ηλεκτρόνια.

Μονάδες 4

**A3.** Βόλος χτυπά πλάγια και ελαστικά σώμα που ισορροπεί σταθερά συνδεδεμένο και αρχικά ακίνητο πάνω σε ιδανικό κατακόρυφο ελατήριο, που επιτρέπει μόνο κατακόρυφη κίνηση. Η γωνία πρόσπτωσης  $\pi$ :

- α. είναι ίση με τη γωνία ανάκλασης  $\alpha$
- β. είναι μεγαλύτερη από τη γωνία ανάκλασης  $\alpha$
- γ. είναι ανεξάρτητη της μάζας  $m$  του σώματος που ισορροπεί στο ελατήριο
- δ. είναι μικρότερη από τη γωνία ανάκλασης  $\alpha$

Μονάδες 4



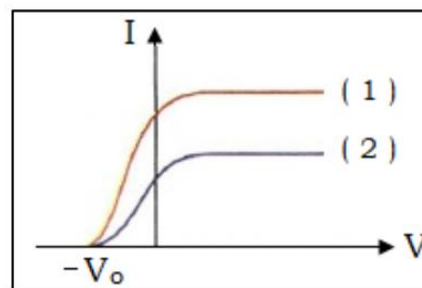
**A4.** Στο διάγραμμα του σχήματος φαίνεται η γραφική παράσταση της έντασης του ρεύματος σε συνάρτηση με την τάση μεταξύ ανόδου – καθόδου σε ένα φωτοκύτταρο για δυο ακτινοβολίες (1) και (2) και για την ίδια μεταλλική επιφάνεια.

Για τις συχνότητες  $f_1$  και  $f_2$  των δυο ακτινοβολιών ισχύει:

- (α)  $f_1 < f_2$
- (β)  $f_1 = f_2$
- (γ)  $f_1 > f_2$

(δ) δεν μπορούμε να συμπεράνουμε βάσει σχήματος

Μονάδες 4



**A5.** Δύο μεταλλικές κάθοδοι  $M_1$  και  $M_2$  έχουν έργα εξαγωγής  $\phi_1$

και  $\phi_2$  αντίστοιχα, με  $\phi_1 < \phi_2$ . Η ίδια μονοχρωματική ακτινοβολία συχνότητας  $f$ , με  $f$  μεγαλύτερη και από τις δύο συχνότητες κατωφλίου, προσπίπτει και στις δύο καθόδους με την ίδια ισχύ. Η τάση αποκοπής θα είναι:

- α) μεγαλύτερη για την κάθοδο  $M_1$
- β) μεγαλύτερη για την κάθοδο  $M_2$
- γ) ίδια και για τις δύο καθόδους
- δ) δεν έχουμε αρκετά στοιχεία για να απαντήσουμε

Μονάδες 4

**A6.** Για την ερώτηση A6 να γράψετε στο φύλλο απαντήσεών σας το γράμμα που αντιστοιχεί σε κάθε μία από τις παρακάτω προτάσεις και, δεξιά από αυτό, το γράμμα Σ, αν είναι σωστή, ή το γράμμα Λ, αν είναι λανθασμένη.

α. Η σταθερά απόσβεσης  $b$  σε μια φθίνουσα ταλάντωση εξαρτάται αποκλειστικά από τη σχήμα και το μέγεθος του ταλαντούμενου σώματος.

β. Τα στοιχειώδη σωματίδια, σε όσο στενότερη φυλακή τα βάζουμε (χωρικός περιορισμός), τόσο πιο μικρή κινητική ενέργεια έχουν.

γ. Ο μικρός πρίγκιπας ζει στον πλανήτη του με το μοναδικό τριαντάφυλλο. Το αστέρι αυτού του πλανητικού συστήματος έχει μπλε χρώμα. Ο μικρός πρίγκιπας δεν χρειάζεται να φορά αντηλιακό γαλάκτωμα υψηλής προστασίας, ένα Carroten με δείκτη UV-15 αρκεί.

δ. Η λάμπα πυρακτώσεως εκπέμπει πιο έντονα στο υπέρυθρο απ' ό,τι στο ορατό.

ε. Αν αυξήσουμε την ένταση της ακτινοβολίας που πέφτει σε κάθοδο Καλίου, τότε θα έχουμε αύξηση του ρεύματος κορεσμού, εφόσον η συχνότητα των φωτονίων είναι μεγαλύτερη από τη συχνότητα κατωφλίου.

Μονάδες 1x5

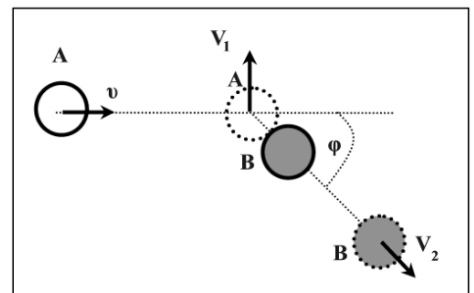
## Θέμα Β

**B1.** Η σφαίρα Α μάζας  $m_1$  συγκρούεται με ταχύτητα  $v$  με την αρχικά ακίνητη σφαίρα, Β, μάζας  $m_2$ . Η κρούση θεωρείται ελαστική. Μετά την κρούση η σφαίρα Α κινείται κάθετα στην αρχική της διεύθυνση με ταχύτητα  $V_1$  και η Β με ταχύτητα  $V_2$  υπό γωνία  $\phi$  ως προς τον άξονα  $xx'$ . Κατά την κρούση, η σφαίρα Α μεταβιβάζει το 50% της αρχικής της κινητικής ενέργειας στη σφαίρα Β. Ο λόγος των μαζών  $m_2/m_1$  είναι:

(α) 2      (β) 3      (γ) 4

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.



Μονάδες 2

Μονάδες 6

**B2.** Λείο κεκλιμένο επίπεδο έχει γωνία κλίσης,  $\phi$ . Στα σημεία Α και Β στερεώνουμε τα άκρα δύο ιδανικών ελατηρίων με σταθερές  $k_1$  και  $k_2$  αντίστοιχα. Στα ελεύθερα άκρα των ελατηρίων, δένουμε σώμα Σ1 μάζας  $M$  και το κρατάμε στη θέση όπου τα ελατήρια έχουν το φυσικό τους μήκος. Τη χρονική στιγμή  $t_0=0$  αφήνουμε το σώμα Σ1 ελεύθερο. Το σώμα Σ1 εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση. Τη χρονική στιγμή που το σώμα Σ1 βρίσκεται στην κατώτερη θέση της ταλάντωσής του (εκεί που η ταχύτητά του μηδενίζεται στιγμιαία), τοποθετούμε πάνω του (χωρίς αρχική ταχύτητα) ένα άλλο σώμα Σ2 μικρών διαστάσεων μάζας  $m$  (όπου  $m < M$ ). Ο ελάχιστος συντελεστής οριακής στατικής τριβής  $\mu$  που πρέπει να υπάρχει μεταξύ των σωμάτων, ώστε το Σ2 να μην ολισθαίνει σε σχέση με το Σ1 κατά τη διάρκεια της νέας ταλάντωσης είναι:

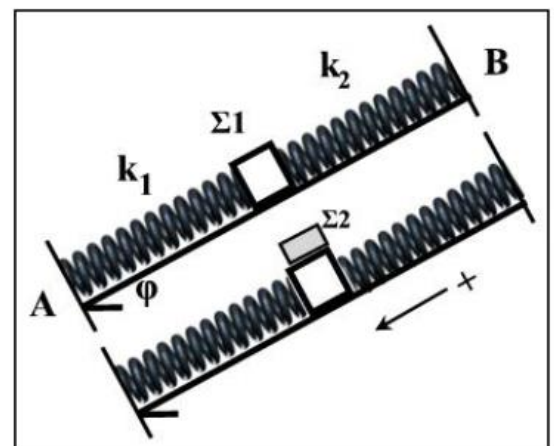
(α)  $\mu_s \geq \frac{2M}{M+m} \epsilon \phi \phi$       (β)  $\mu_s \geq \frac{M}{M+m} \epsilon \phi \phi$       (γ)  $\mu_s \geq 2 \epsilon \phi \phi$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση

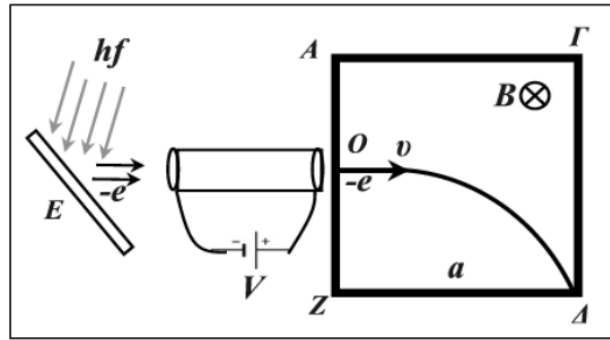
Μονάδες 2

Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας

Μονάδες 6



**B3.** Στη διάταξη του σχήματος, όταν στην μεταλλική επιφάνεια E προσπίπτει ακτινοβολία με συχνότητα  $f_1=3 f_0$  (όπου  $f_0$  η συχνότητα κατωφλίου), τα ηλεκτρόνια εξέρχονται με μέγιστη κινητική ενέργεια  $K_1$  και, αφού επιταχυνθούν από τάση  $V$ , εισέρχονται σε ομογενές μαγνητικό πεδίο  $B$  κάθετα στις μαγνητικές γραμμές από το μέσο  $O$  της πλευράς  $AZ$  και εξέρχονται από την κορυφή  $\Delta$ . Αν μεταβάλλουμε τη συχνότητα της ακτινοβολίας σε  $f_2 = 4f_0$  και αναστρέψουμε την πολικότητα της τάσης  $V$ , τα ηλεκτρόνια με τη μέγιστη κινητική ενέργεια μόλις που καταφέρνουν να φτάσουν στο σημείο  $O$ . Το έργο εξαγωγής  $\phi$  του μετάλλου είναι:



(α)  $\frac{5B^2 e^2 a^2}{32m}$       (β)  $\frac{25B^2 e^2 a^2}{64m}$       (γ)  $\frac{5B^2 e^2 a^2}{64m}$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

Μονάδες 2

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

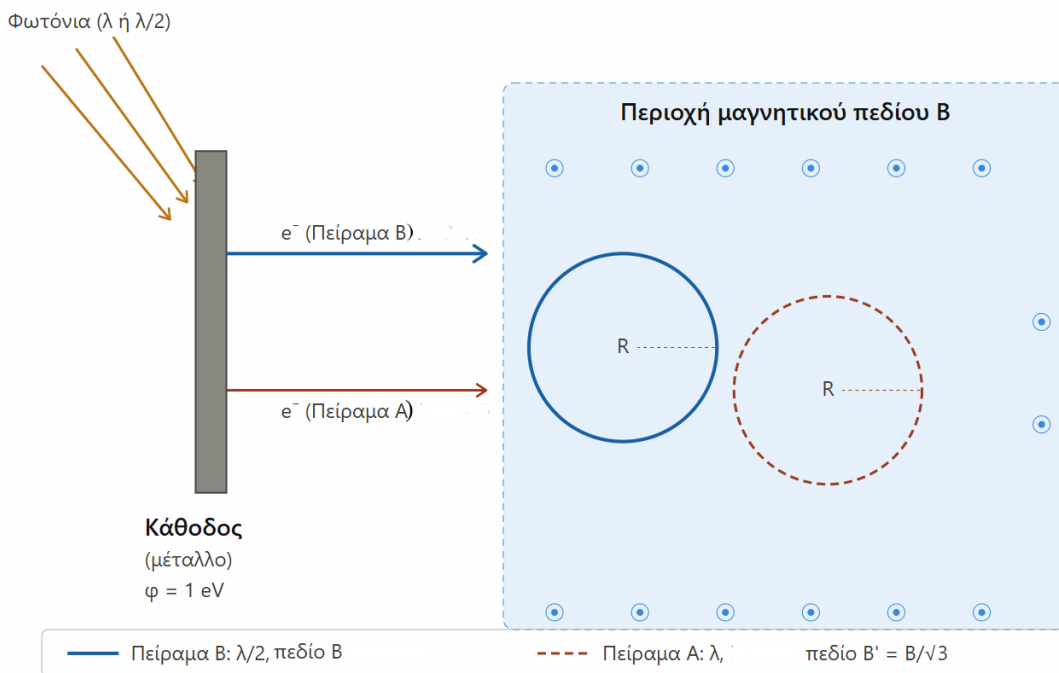
Μονάδες 7

**Θέμα Γ (Μονάδες: 6+7+4+8)**

Σε φωτοκύτταρο εκτελούμε δύο διαδοχικά πειράματα με μονοχρωματικό φως πάνω στο ίδιο μέταλλο:

- **Πείραμα Α:** μήκος κύματος  $\lambda$ , τάση αποκοπής  $V_A = 1 \text{ V}$
- **Πείραμα Β:** μήκος κύματος  $\lambda/2$ , τάση αποκοπής  $V_B = 3 \text{ V}$

Δίνονται:  $hc \approx 1200 \text{ eV}\cdot\text{nm}$ ,  $|e| = 1,6\cdot 10^{-19} \text{ C}$ .



**Γ1.** Υπολογίστε το έργο εξαγωγής  $\phi$  και το μήκος κύματος  $\lambda$ . Προσδιορίστε επίσης το μήκος κύματος κατωφλίου  $\lambda_0$ .

Σε ένα φωτοκύτταρο εκτελούμε δύο διαδοχικά πειράματα με μονοχρωματικό φως, προσπίπτοντας την ακτινοβολία στο ίδιο μέταλλο καθόδου:

**Γ2.** Τα ταχύτερα φωτοηλεκτρόνια του Πειράματος Β εκτοξεύονται κάθετα στην επιφάνεια της καθόδου και εισέρχονται σε περιοχή ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης  $B$ , κάθετα στις δυναμικές του γραμμές, διαγράφοντας κυκλική τροχιά ακτίνας  $R$ .

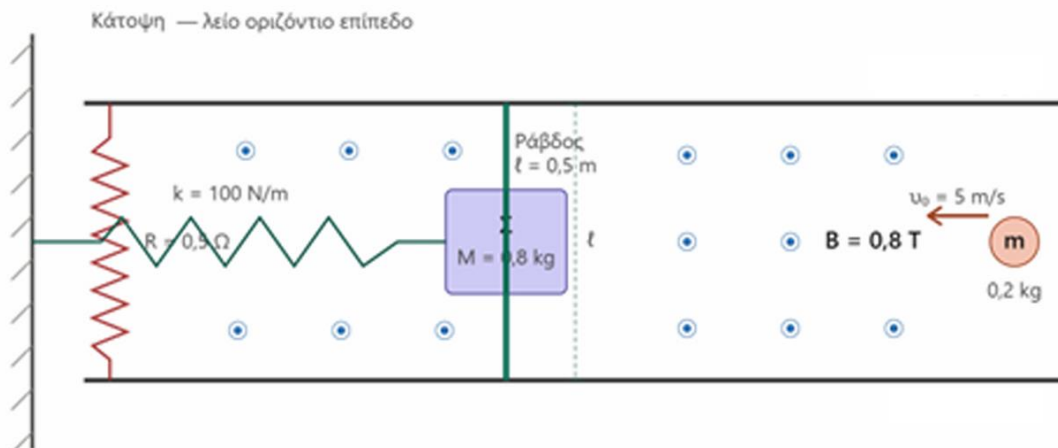
Αν θέλαμε τα ταχύτερα ηλεκτρόνια του Πειράματος Α να διαγράψουν κυκλική τροχιά της ίδιας ακτίνας  $R$ , πόση πρέπει να είναι η νέα ένταση  $B'$  του μαγνητικού πεδίου σε συνάρτηση με την αρχική  $B$ ;

**Γ3.** Αν στο Πείραμα Α διπλασιάσουμε την ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας (διατηρώντας ίδιο το  $\lambda$ ), πώς θα μεταβληθεί η τάση αποκοπής και πώς το ρεύμα κορεσμού; Πώς θα μεταβληθεί η  $K_{\max}$  ενός φωτοηλεκτρονίου;

**Γ4.** Υποθέστε ότι στο Πείραμα Α, η φωτεινή πηγή εκπέμπει συνολική ισχύ  $P = 4,8 \text{ mW}$  και όλη η ακτινοβολία προσπίπτει στην κάθοδο. Αν η απόδοση του φωτοκυττάρου είναι 1% (δηλαδή 1 στα 100 φωτόνια εξάγει ένα φωτοηλεκτρόνιο), να υπολογίσετε την ένταση του ρεύματος κορεσμού  $I_k$ .

#### ΘΕΜΑ Δ (Μονάδες: 4+4+5+6+6)

Λείο οριζόντιο επίπεδο. Σώμα  $\Sigma$  μάζας  $M = 0,8 \text{ kg}$  είναι δεμένο σε ιδανικό ελατήριο σταθεράς  $k = 100 \text{ N/m}$  και ισορροπεί. Πάνω στο  $\Sigma$  είναι στερεωμένη οριζόντια αγωγίμη ράβδος αμελητέας μάζας και αμελητέας αντίστασης, μήκους  $\ell = 0,5 \text{ m}$ , της οποίας τα άκρα ολισθαίνουν χωρίς τριβή πάνω σε δύο οριζόντιους παράλληλους αγωγούς αμελητέας αντίστασης, στους οποίους η ράβδος είναι κάθετη. Οι αγωγοί συνδέονται στο αριστερό άκρο μέσω αντιστάτη  $R = 0,5 \Omega$  (το κύκλωμα είναι κλειστό). Όλο το σύστημα βρίσκεται σε ομογενές μαγνητικό πεδίο  $B = 0,8 \text{ T}$ , κάθετο στο επίπεδο των αγωγών.



Σφαιρίδιο μάζας  $m = 0,2 \text{ kg}$  κινείται προς τα αριστερά με  $u_0 = 5 \text{ m/s}$  και συγκρούεται πλαστικά με το  $\Sigma$  στη θέση ισορροπίας του. Θεωρήστε  $t = 0$  τη στιγμή αμέσως μετά την κρούση και θετική φορά την αριστερή.

**Δ1.** Υπολογίστε την κοινή ταχύτητα  $V$  αμέσως μετά την κρούση και την αρχική κινητική ενέργεια του συσσωματώματος.

**Δ2.** Να εκφράσετε τη δύναμη Laplace που ασκείται στη ράβδο σε συνάρτηση με την ταχύτητα της  $v$ . Κατόπιν, να αποδείξετε αλγεβρικά ότι, σε κάθε χρονική στιγμή, ο ρυθμός μείωσης της μηχανικής ενέργειας του συστήματος είναι ίσος με την ηλεκτρική ισχύ που καταναλώνεται στον αντιστάτη  $R$ .

**Δ3.** Για τη χρονική στιγμή  $t = 0^+$  (αμέσως μετά την κρούση) υπολογίστε:

- (α) την ΗΕΔ  $\varepsilon$  και την ένταση  $i$  στο κύκλωμα
- (β) τη μαγνητική δύναμη Laplace πάνω στη ράβδο (μέτρο και φορά)
- (γ) τη δύναμη του ελατηρίου
- (δ) την επιτάχυνση του συσσωματώματος
- (ε) τη στιγμιαία ισχύ που αποδίδεται στον αντιστάτη. Ελέγξτε ότι ισούται με τον ρυθμό μείωσης της μηχανικής ενέργειας.

**Δ4.** Μετά από πολύ χρόνο το σύστημα τελικά ηρεμεί. Υπολογίστε:

- (α) την τελική θέση ηρεμίας (δικαιολογήστε)
- (β) τη συνολική θερμότητα  $Q$  που εκλύθηκε στον αντιστάτη από  $t = 0$  μέχρι την ολική ακινητοποίηση.

**Δ5.** Στο ίδιο σύστημα, αν αφαιρούσαμε τον αντιστάτη αφήνοντας το κύκλωμα ανοικτό:

- (α) Ποιο θα ήταν το πλάτος της ταλάντωσης;
- (β) Ποια η μεταβολή της μαγνητικής ροής που διέρχεται από το πλαίσιο κατά το πρώτο τέταρτο της περιόδου;
- (γ) Εξηγήστε εν συντομία γιατί στην περίπτωση του ανοικτού κυκλώματος η κίνηση παραμένει ΑΑΤ, ενώ στο κλειστό κύκλωμα όχι — παρά το ότι η γεωμετρία είναι η ίδια.

### **Οδηγίες**

1. Να απαντήσετε στο φύλλο απαντήσεων σε όλα τα θέματα.
2. Όπου απαιτείται, να γίνει το κατάλληλο σχήμα, χρησιμοποιώντας μολύβι ή στυλό.
3. Κάθε λύση επιστημονικά ορθή είναι αποδεκτή.
4. Η διάρκεια της εξέτασης είναι 3 ώρες.

**Καλή επιτυχία**