

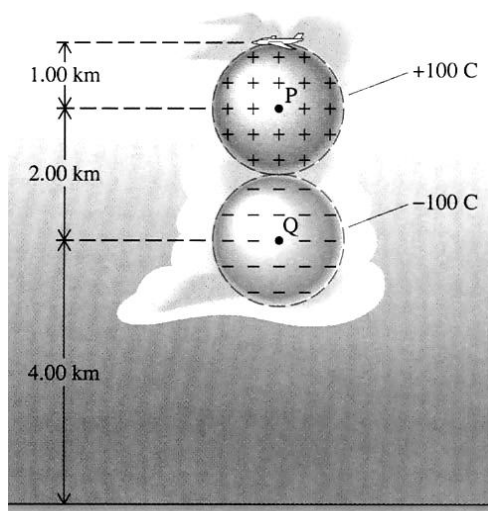
**Β' Λυκείου**

**14 Μαρτίου 2009**

**Θεωρητικό Μέρος**

**Θέμα 1<sup>ο</sup>**

**A.** Ένα καταιγιδοφόρο σύννεφο περιέχει φορτισμένα σωμάτια όπως ιονισμένα άτομα, φορτισμένες σταγόνες νερού, κομμάτια πάγου και κόκκους σκόνης σε μεγάλη συγκέντρωση. Υπάρχει μια συγκέντρωση θετικού φορτίου στο πάνω μέρος του σύννεφου και μια συγκέντρωση αρνητικού φορτίου στο κάτω μέρος. Υποθέστε ότι η κατανομή φορτίου στο σύννεφο αυτό μπορεί να προσεγγιστεί από δύο ομογενείς σφαιρικές κατανομές φορτίου +100C και -100C, με τα κέντρα τους στα σημεία P και Q όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Βρείτε το μέτρο και τη διεύθυνση του ηλεκτρικού πεδίου **i)** στο σημείο P και **ii)** στο σημείο που βρίσκεται ένα αεροπλάνο 1km πάνω από το P στην κατακόρυφο QP. Δίνεται  $K_c=9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ .



**B.** Μια ομάδα μαθητών θέλει να μετρήσει την ηλεκτρεγερτική δύναμη  $E$  και την εσωτερική αντίσταση  $r$ , μιας ηλεκτρικής πηγής. Τα όργανα που διαθέτει είναι: αμπερόμετρο, βολτόμετρο, ρυθμιστική αντίσταση, σύρματα και διακόπτη. Οι μαθητές πήραν τις πιο κάτω μετρήσεις:

$V$ (V)	5,6	5,1	4,9	4,3	4,1	3,6
$I$ (A)	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2

**i)** Να σχεδιάσετε το κύκλωμα που χρησιμοποίησαν οι μαθητές και τη γραφική παράσταση που προέκυψε από τις μετρήσεις τους.

**ii)** Να υπολογίσετε από τη γραφική παράσταση την ΗΕΔ  $E$  και την εσωτερική αντίσταση  $r$  της ηλεκτρικής πηγής.

**Γ.** Θεωρείστε δύο σωμάτια A και B τα οποία τη χρονική στιγμή  $t=0$  αφήνονται ελεύθερα σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο  $E$ . Το A έχει μάζα  $m$  και φορτίο  $q$  ενώ το B έχει μάζα  $2m$  και φορτίο  $2q$ . Αγνοείτε τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των σωμάτων και θεωρείστε ότι το κάθε σωμάτιο επηρεάζεται μόνο από το ηλεκτρικό πεδίο  $E$ . Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστή; Μετά από χρόνο  $\Delta t$ :

**i)** Το A θα έχει μεγαλύτερη ορμή επειδή έχει μικρότερο ηλεκτρικό φορτίο και δέχεται μεγαλύτερη δύναμη

**ii)** Το A θα έχει μεγαλύτερη ορμή επειδή έχει μικρότερη μάζα και δέχεται μεγαλύτερη δύναμη

**iii)** Τα δύο σωμάτια θα έχουν ίσες ορμές επειδή έχουν τον ίδιο πηλίκο μάζας προς ηλεκτρικό φορτίο

**iv)** Το B θα έχει μεγαλύτερη ορμή επειδή έχει μεγαλύτερο φορτίο και δέχεται μεγαλύτερη δύναμη

v) Το B θα έχει τη μεγαλύτερη ορμή επειδή έχει μεγαλύτερη μάζα και δέχεται μεγαλύτερη δύναμη

Να εξηγήσετε την απάντησή σας.

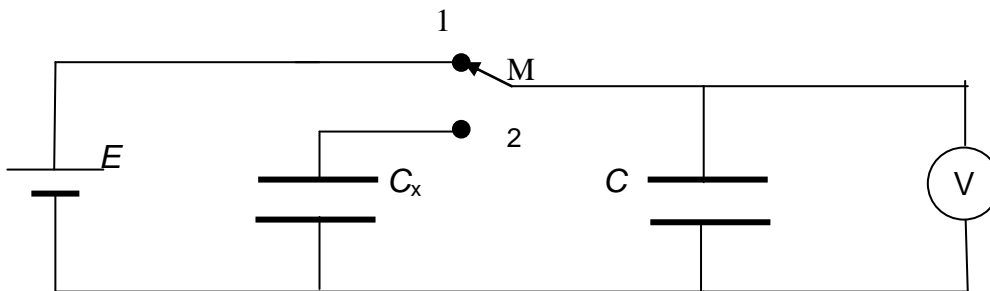
**Δ.** Θεωρείστε δύο σωματίδια A και B τα οποία τη χρονική στιγμή  $t=0$  αφήνονται ελεύθερα σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο  $E$ . Το A έχει μάζα  $m$  και φορτίο  $q$  ενώ το B έχει μάζα  $2m$  και φορτίο  $-2q$ . Αγνοήστε τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των σωματίων και θεωρείστε ότι το κάθε σωματίο επηρεάζεται μόνο από το ηλεκτρικό πεδίο  $E$ . Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστή; Μετά από χρόνο  $\Delta t$ :

- i) Η δυναμική ενέργεια του A θα έχει μειωθεί κατά ένα ποσό και η δυναμική ενέργεια του B θα έχει αυξηθεί κατά το ίδιο ποσό ενέργειας
- ii) Η δυναμική ενέργεια του A θα έχει μειωθεί κατά ένα ποσό και η δυναμική ενέργεια του B θα έχει αυξηθεί κατά το διπλάσιο ποσό ενέργειας
- iii) Η δυναμική ενέργεια του A θα έχει μειωθεί κατά ένα ποσό και η δυναμική ενέργεια του B θα έχει και αυτή μειωθεί κατά το ίδιο ποσό ενέργειας
- iv) Η δυναμική ενέργεια του A θα έχει μειωθεί κατά ένα ποσό και η δυναμική ενέργεια του B θα έχει και αυτή μειωθεί κατά το διπλάσιο ποσό ενέργειας
- v) Οι δυναμικές ενέργειες και των δύο σωματίων δεν θα έχουν μεταβληθεί

Να εξηγήσετε την απάντησή σας.

## Θέμα 2<sup>ο</sup>

**A.** Για να βρούμε τη χωρητικότητα  $C_x$  ενός πυκνωτή στο εργαστήριο κάναμε το παρακάτω πείραμα. Πήραμε έναν πυκνωτή με γνωστή χωρητικότητα  $C$ , ένα βολτόμετρο, μια πηγή συνεχούς τάσης και κατασκευάσαμε το παρακάτω κύκλωμα. Αρχικά οι δύο πυκνωτές ήταν αφόρτιστοι. Συνδέσαμε τον μεταγωγό M με την πηγή (θέση 1) και σημειώσαμε την ένδειξη  $V_1$  του βολτομέτρου. Στη συνέχεια φέραμε το μεταγωγό στη θέση 2 και σημειώσαμε την ένδειξη του βολτομέτρου  $V_2$



Με δεδομένα τα  $C$ ,  $V_1$ ,  $V_2$ , από ποια σχέση υπολογίζεται η άγνωστη χωρητικότητα  $C_x$ ; Εξηγήστε την απάντησή σας.

**B.** Μια απλή θερμική μηχανή η οποία αποτελείται από ένα έμβολο σε κύλινδρο που περιέχει ιδανικό μονοατομικό αέριο. Αρχικά το αέριο στον κύλινδρο έχει πίεση  $P_0$  και όγκο  $V_0$ . Το αέριο θερμαίνεται αργά υπό σταθερό όγκο. Όταν η πίεση γίνει  $32P_0$  το έμβολο ελευθερώνεται επιτρέποντας στο αέριο να εκτονωθεί αδιαβατικά. Μόλις η πίεση ξαναγίνει  $P_0$  το εξωτερικό του εμβόλου ψύχεται στην αρχική θερμοκρασία και το αέριο συμπιέζεται αργά υπό σταθερή πίεση μέχρι την αρχική του κατάσταση.

- i) Ποιος ο μέγιστος όγκος του αερίου κατά τη διάρκεια του κύκλου;
- ii) Ποιος ο συντελεστής απόδοσης της θερμικής μηχανής;

iii) Ποιος ο συντελεστής απόδοσης μιας μηχανής Carnot που εργάζεται μεταξύ των θερμοκρασιών στις οποίες εργάζεται και η παραπάνω μηχανή;

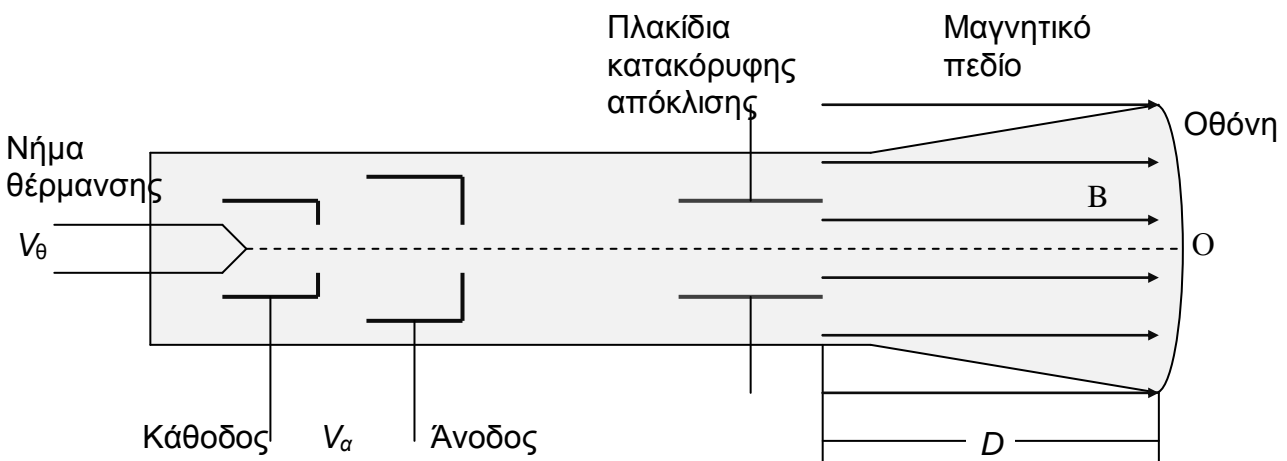
### Θέμα 3<sup>ο</sup>

**A.** Κύλινδρος περιέχει ιδανικό αέριο και στο ένα του άκρο κλείνει με αβαρές έμβολο εμβαδού  $S$ . Ο κύλινδρος και το έμβολο αποτελούνται από θερμομονωτικό υλικό, ενώ μέσα υπάρχει αντιστάτης με αντίσταση  $r$ , η οποία διαρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα  $I$ . Το έμβολο κινείται αργά με σταθερή ταχύτητα  $v$ . Να βρεθεί η ειδική γραμμομοριακή θερμότητα του αερίου σε αυτή τη διαδικασία. Η ατμοσφαιρική πίεση είναι  $P$  η σταθερά του Boltzmann  $K$  και ο αριθμός Avogadro  $N_A$ .

**B.** Κατά τη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας από μια γεννήτρια συνεχούς ρεύματος σε ένα καταναλωτή που βρίσκεται σε απόσταση  $d$  από τη γεννήτρια, χρησιμοποιείται γραμμή μεταφοράς από χαλκό. Η διαφορά δυναμικού στα άκρα της γεννήτριας είναι  $V$  και η ισχύς που δίνει στο εξωτερικό κύκλωμα  $P$ . Εάν η μέγιστη επιτρεπόμενη απώλεια ισχύος στη γραμμή μεταφοράς είναι το 5% της ισχύος  $P$  της γεννήτριας, να υπολογίσετε την ελάχιστη επιτρεπόμενη διατομή της γραμμής μεταφοράς. Η ειδική αντίσταση του χαλκού είναι  $\rho$ .

### Πειραματικό Μέρος

Μια δέσμη ηλεκτρονίων, χωρίς σημαντική κινητική ενέργεια, που προέρχονται από τη θερμαινόμενη κάθοδο ενός καθοδικού σωλήνα επιταχύνονται με τάση μεταξύ ανόδου και καθόδου  $V_a$ . Στην πορεία της η δέσμη περνάει ανάμεσα από τους οριζόντιους οπλισμούς ενός επίπεδου πυκνωτή (πλακίδια κατακόρυφης απόκλισης). Αν εφαρμόσουμε στους οπλισμούς του πυκνωτή μια εκτρέπουσα τάση τα ηλεκτρόνια εκτρέπονται από το ηλεκτρικό πεδίο μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή. Βγαίνοντας από αυτό το ηλεκτρικό πεδίο τα ηλεκτρόνια εισέρχονται σε μαγνητικό πεδίο  $B$  παράλληλο στον άξονα του καθοδικού σωλήνα. Αυτό το μαγνητικό πεδίο δημιουργείται από πηνίο το οποίο περιβάλλει τον καθοδικό σωλήνα.

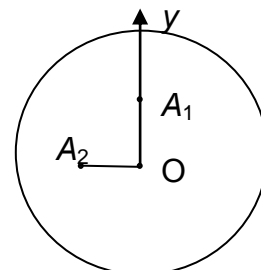


Με σκοπό να υπολογίσουμε το ειδικό φορτίο του ηλεκτρονίου (πηλίκο του ηλεκτρικού φορτίου προς τη μάζα του ηλεκτρονίου  $e/m$ ), ακολουθούμε την παρακάτω πειραματική διαδικασία.

1) Χρησιμοποιώντας κατάλληλο τροφοδοτικό εφαρμόζουμε στο νήμα θέρμανσης τάση θέρμανσης  $6,3\text{ V}$  και μεταξύ ανόδου - καθόδου τάση  $V_a=300\text{ V}$  χωρίς να υπάρχει εκτρέπουσα τάση στα πλακίδια κατακόρυφης απόκλισης αλλά και χωρίς το πηνίο να διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Τότε τα ηλεκτρόνια προσπίπτουν σε ένα σημείο και αφήνουν ένα

στίγμα. Επειδή η πορεία της δέσμης επηρεάζεται από το μαγνητικό πεδίο της Γης περιστρέφουμε λίγο το σωλήνα ώστε το στίγμα να βρίσκεται στο κέντρο  $O$  της οθόνης.

2) Εφαρμόζουμε μια εκτρέπουσα τάση  $V=5\text{ V}$  στα πλακίδια κατακόρυφης απόκλισης, ενώ το πηνίο δεν είναι συνδεδεμένο στο τροφοδοτικό και δεν διαρρέεται από ρεύμα. Τότε τα ηλεκτρόνια αφού υποστούν μια κατακόρυφη εκτροπή από το ηλεκτρικό πεδίο προσπίπτουν στην οθόνη και αφήνουν ένα στίγμα στο σημείο  $A_1$ .



3) Συνδέουμε το πηνίο, μέσω ροοστάτη με ένα δεύτερο τροφοδοτικό παρεμβάλλοντας και ένα αμπερόμετρο. Αυξάνουμε σταδιακά, με τη βοήθεια του ροοστάτη, το ρεύμα  $I$  που το διαρρέει. Για κάποια τιμή του ρεύματος  $I=0,606\text{ A}$  το στίγμα της δέσμης έρχεται σε μια θέση  $A_2$ , όπου η  $OA_2$  είναι κάθετη στην  $OA_1$ . Στην περίπτωση αυτή τα ηλεκτρόνια εισέρχονται υπό γωνία σε σχέση με τις δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου. Τότε διαγράφουν ελικοειδή τροχιά η οποία είναι αποτέλεσμα της σύνθεσης μιας ομαλής κυκλικής και μιας ευθύγραμμης ομαλής κίνησης. Αν το μαγνητικό πεδίο έχει αρκετά μικρή τιμή, τα ηλεκτρόνια δεν θα προλάβουν να ολοκληρώσουν μια περιστροφή μέχρι να πέσουν στη φθορίζουσα οθόνη του καθοδικού σωλήνα. Πέφτουν έτσι στην οθόνη όταν έχουν εκτελέσει μισό κύκλο λόγω της κυκλικής κίνησης.

4) Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία για διάφορες τιμές της ανοδικής τάσης και της τάσης εκτροπής και σημειώνουμε σε πίνακα δεδομένων τις τιμές αυτές καθώς και την αντίστοιχη ένδειξη του αμπερομέτρου ώστε η  $OA_2$  να είναι κάθετη στην  $OA_1$ . Τα δεδομένα που προέκυψαν από 14 επαναλήψεις της διαδικασίας αυτής φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

$V$ (V)	$V_a$ (V)	$I$ (A)
5	300	0,605
5	350	0,641
5	400	0,664
5	450	0,710
5	500	0,741
8	300	0,617
8	400	0,684
8	500	0,760
10	300	0,613
10	400	0,699
10	500	0,756
16	300	0,609
16	400	0,697
16	500	0,789

Είναι δεδομένη από τον κατασκευαστή η απόσταση μεταξύ του δεξιού άκρου των πλακιδίων κατακόρυφης απόκλισης και της οθόνης  $D=0,07$  m. Επίσης δίνεται ότι το μαγνητικό πεδίο  $B$  στο εσωτερικό του πηνίου είναι ανάλογο του ρεύματος  $I$  και η σταθερά αναλογίας είναι  $k=0,0044$  (T/A). Δηλαδή  $B=k \cdot I$

Ερωτήσεις:

**A.** Πόση είναι η  $OA_2$  σε σχέση με την ακτίνα της κυκλικής κίνησης;

**B.** Πόσο είναι το  $D$  σε σχέση με το βήμα της έλικας;

**Γ.** Αποδείξτε τη σχέση  $\frac{e}{m} = \frac{2\pi^2 V_\alpha}{B^2 D^2}$

**Δ.** Υπολογίστε το ειδικό φορτίο του ηλεκτρονίου όπως προκύπτει από τα δεδομένα για κάθε διαδικασία και βρείτε τη μέση τιμή  $(e/m)_{av}$  του ειδικού φορτίου.

**Ε.** Υπολογίστε το σφάλμα της μέσης τιμής  $\delta(e/m)$  από τη σχέση:

$$\delta(e/m) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \{(e/m)_i - (e/m)_{av}\}^2}{N(N-1)}}$$

όπου  $(e/m)_i$  οι πειραματικές τιμές του ειδικού φορτίου και  $N$  ο αριθμός των μετρήσεων

Το σύμβολο  $\sum_{i=1}^N$  σημαίνει άθροισμα από  $i=1$  έως  $N$ . Να στρογγυλοποιήσετε το σφάλμα μέχρι να μείνει ένα ψηφίο που είναι διάφορο του μηδενός. Μετά στρογγυλοποιείτε και τη μέση τιμή  $(e/m)_{av}$  του ειδικού φορτίου ώστε το τελευταίο ψηφίο της να έχει την ίδια τάξη μεγέθους με το ψηφίο του σφάλματος και γράψτε το αποτέλεσμα για το ειδικό φορτίο μαζί με το σφάλμα της μέσης τιμής.

**Καλή Επιτυχία**

Αν θέλετε, μπορείτε να κάνετε κάποιο γράφημα σ' αυτή τη σελίδα και να την επισυνάψετε μέσα στο τετράδιό σας.

Επιλέξτε τους άξονες τιλοδοτήστε συμπεριλάβετε και τις κατάλληλες μονάδες σε κάθε άξονα.

