

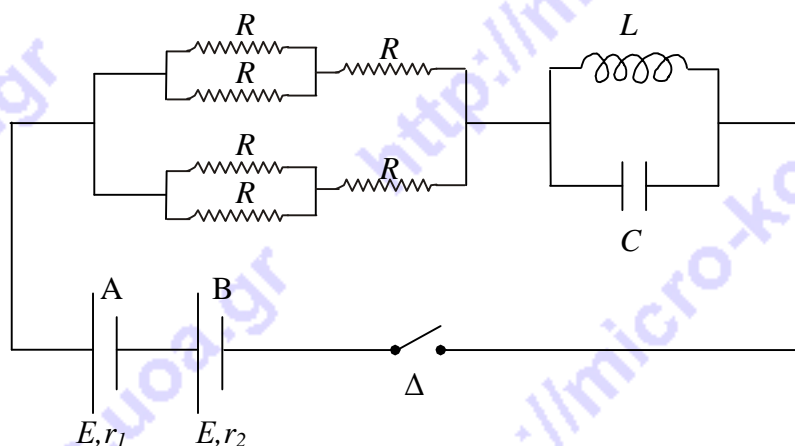
Β' Λυκείου

Θεωρητικό Μέρος

Θέμα 1ο

α. Ένα δοχείο με αδιαβατικά τοιχώματα περιέχει μονοατομικό ιδανικό αέριο με σχετική μοριακή μάζα M_r και ενώ κινείται με ταχύτητα μέτρου v σταματά απότομα. Βρείτε την αύξηση της θερμοκρασίας του αερίου ως αποτέλεσμα της ακινητοποίησης του δοχείου συναρτήσει των M_r , v , και της σταθεράς των αερίων R .

β. Τα στοιχεία A και B έχουν ίσες ΗΕΔ E και διαφορετικές εσωτερικές αντιστάσεις r_1 , r_2 με $r_1 > r_2$ αντίστοιχα. Βρείτε την τιμή της R ώστε αρκετό χρόνο μετά το κλείσιμο του διακόπτη Δ , η διαφορά δυναμικού στα άκρα του στοιχείου A να είναι μηδέν. Δίνονται $r_1 = 2,5\Omega$, $r_2 = 1\Omega$ και ότι το πηνίο είναι ιδανικό (έχει αμελητέα ωμική αντίσταση).



γ. Η θερμοκρασία του μίγματος των αερίων στον κινητήρα (μηχανή) ενός αυτοκινήτου κατά τη διάρκεια της καύσης είναι 1800°C . Τα καυσαέρια αποβάλλονται σε θερμοκρασία 80°C .

Υπολογίστε τη μέγιστη θεωρητική απόδοση του κινητήρα του αυτοκινήτου.

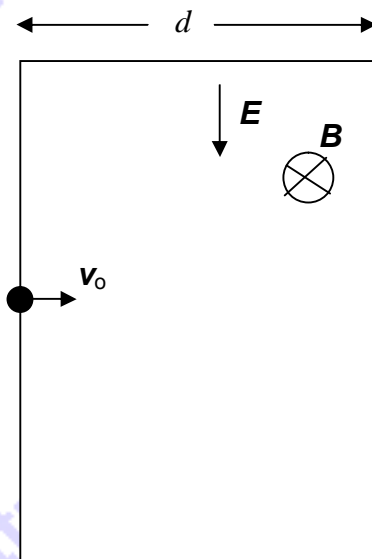
Το αυτοκίνητο αυτό καταναλώνει 7 λίτρα πετρέλαιο σε κάθε 100 km όταν κινείται με σταθερή ταχύτητα μέτρου 90 km/h. Αν η ισχύς που αποδίδει ο κινητήρας στο κιβώτιο ταχυτήτων είναι 15 kW να βρείτε την απόδοση του κινητήρα του αυτοκινήτου. Δίνεται ότι ένα λίτρο πετρελαίου όταν καίγεται δίνει 10 kWh.

Θέμα 2ο

Α. Πρωτόνιο εισέρχεται με ταχύτητα v_0 σε χώρο στον οποίο συνυπάρχουν ένα ομογενές ηλεκτρικό πεδίο έντασης E και ένα ομογενές μαγνητικό πεδίο B , όπως φαίνεται στο σχήμα. Ο χώρος κατά τη διεύθυνση της v_0 εκτείνεται σε μήκος d , ενώ οι άλλες δύο διαστάσεις του είναι πολύ μεγάλες. Ονομάζουμε λ το λόγο

$$\lambda = \frac{E}{Bv_0}$$

α) Δείξτε ότι ο λ είναι καθαρός αριθμός, δηλαδή οι διαστάσεις του E είναι ίδιες με τις διαστάσεις του γινομένου $B \cdot v_0$



β) Να προσδιοριστεί η τιμή του λ ώστε το πρωτόνιο να μην εκτρέπεται από την ευθύγραμμη κίνησή του.

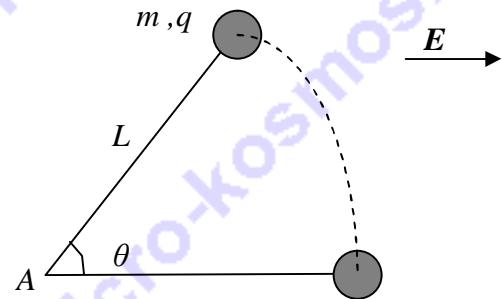
γ) Σας δίνονται οι παρακάτω πληροφορίες:

(i) Στην περίπτωση που δεν υπήρχε το μαγνητικό πεδίο το πρωτόνιο θα έβγαινε από τον παραπάνω χώρο έχοντας υποστεί γωνιακή εκτροπή θ , δηλαδή η διεύθυνση της ταχύτητας εξόδου του πρωτονίου από τον παραπάνω χώρο θα σχημάτιζε γωνία θ με τη διεύθυνση της ταχύτητας εισόδου.

(ii) Στην περίπτωση που δεν υπήρχε το ηλεκτρικό πεδίο το πρωτόνιο θα έβγαινε από τον παραπάνω χώρο έχοντας υποστεί και πάλι ίδια γωνιακή εκτροπή θ .

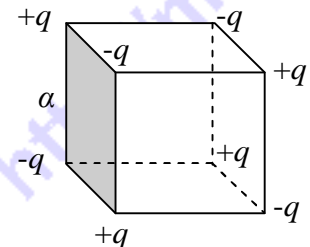
Από αυτές τις πληροφορίες να υπολογίσετε το λόγο λ αν σας δίνεται το συνημίτονο της θ , ($\cos\theta$).

B. Σωματίο με μάζα $m=0,01$ kg και ηλεκτρικό φορτίο $q=2,0$ μC βρίσκεται σε λείο οριζόντιο τραπέζι με μονωτική επιφάνεια και είναι δεμένο στο ένα άκρο οριζόντιας μονωτικής μη ελαστικής χορδής μήκους $L=1,5$ m της οποίας το άλλο άκρο είναι στερεωμένο στο σημείο A όπως φαίνεται στο σχήμα. Το σωματίδιο αφήνεται από την ηρεμία όταν η χορδή είναι οριζόντια και σχηματίζει γωνία $\theta=60^\circ$ με οριζόντιο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο $E=300$ V/m. Ποια η ταχύτητα του σωματιδίου όταν το σχοινί γίνεται παράλληλο με το ηλεκτρικό πεδίο;



Θέμα 3ο

A. Οκτώ σημειακά ηλεκτρικά φορτία βρίσκονται στις κορυφές ενός κύβου πλευράς a όπως φαίνεται στο σχήμα. Βρείτε την ενέργεια που απαιτείται για τη διάλυση του συστήματος. Δίνονται q , a , K_c .



B. Αραιό μονοατομικό αέριο βρίσκεται στην κατάσταση $A(P_1, V_1, T_1)$ όπου $P_1=3,2$ Atm, $V_1=1$ L, $T_1=1000$ K. Το αέριο υφίσταται τις εξής διαδοχικές μεταβολές:

ΑΒ: ισόθερμη εκτόνωση σε θερμοκρασία T_1 .

ΒΓ: ισόχωρη ψύξη μέχρι θερμοκρασία $T_2=250$ K

ΓΔ: ισόθερμη εκτόνωση σε θερμοκρασία T_2

ΔΑ: αδιαβατική συμπίεση μέχρι την αρχική κατάσταση Α.

Αφού παρασταθεί η κυκλική μεταβολή σε διάγραμμα P - V να βρεθούν:

α. Η κατάσταση Δ ($P_\Delta, V_\Delta, T_\Delta$)

β. Η κατάσταση Β έτσι ώστε το συνολικό ωφέλιμο έργο του κύκλου να είναι μηδέν.

Δίνονται: $\gamma=5/3$, $e^{0,8}=2,2$, $\ln 2=0,7$.

Πειραματικό Μέρος

Ένα κύκλωμα (1) αποτελείται από ένα μικρό πηνίο με 300 σπείρες εμβαδού $8,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ και ένα βαλλιστικό γαλβανόμετρο. Η ωμική αντίσταση του μικρού πηνίου είναι 162Ω και η ωμική αντίσταση του γαλβανομέτρου 30Ω . Το βαλλιστικό γαλβανόμετρο μετρά το ηλεκτρικό φορτίο που διέρχεται από αυτό.

Ένα κύκλωμα (2) αποτελείται από σωληνοειδές πηνίο μεγάλου μήκους, τροφοδοτικό, διακόπτη και αισθητήρα έντασης ηλεκτρικού ρεύματος (αμπερόμετρο) συνδεδεμένο με ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Το μικρό πηνίο του κυκλώματος (1) βρίσκεται τοποθετημένο στη κεντρική περιοχή του σωληνοειδούς του κυκλώματος (2), έτσι ώστε να έχουν τον ίδιο άξονα.

Ο διακόπτης του κυκλώματος (2) είναι ανοικτός. Κλείνουμε τον διακόπτη οπότε στην οθόνη του υπολογιστή δημιουργείται το διάγραμμα της έντασης ηλεκτρικού ρεύματος σε σχέση με το χρόνο. Από το διάγραμμα αυτό βρίσκουμε ότι σε χρόνο Δt αποκαθίσταται ρεύμα I στο κύκλωμα (2). Το ηλεκτρικό φορτίο Q που κινείται στο ίδιο χρονικό διάστημα Δt στο κύκλωμα (1) μετρείται με το βαλλιστικό γαλβανόμετρο.

Επαναλαμβάνουμε για διάφορες τιμές της τάσης την οποία δίνει το τροφοδοτικό, οπότε παίρνουμε τα πειραματικά δεδομένα τα οποία φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

I (A)	Q (μC)	B (T)
0,78	1,10	
1,46	2,10	
2,04	2,94	
2,65	3,87	
3,20	4,65	

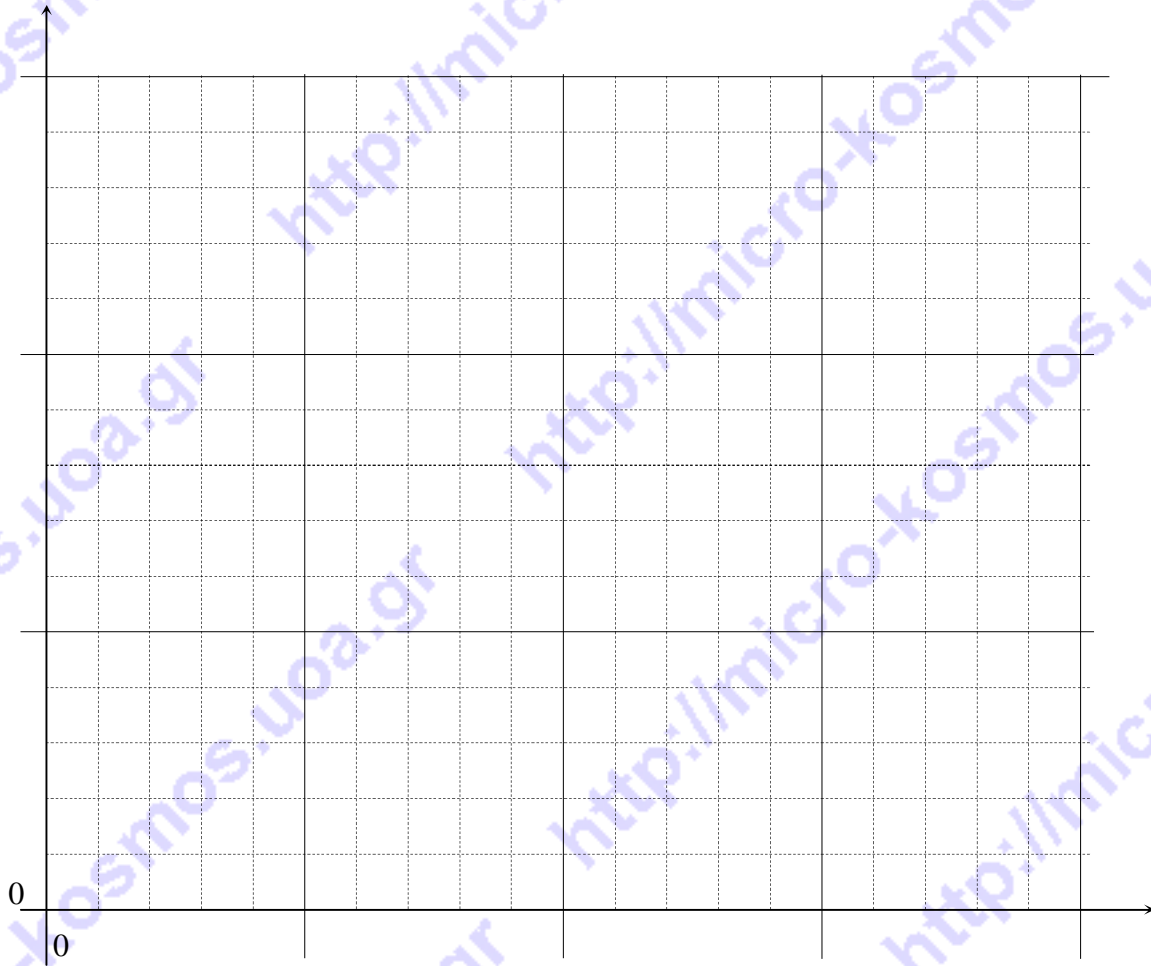
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- Εξηγείστε γιατί το ρεύμα στο κύκλωμα (2) δεν αποκαθίσταται ακαριαία με το κλείσιμο του διακόπτη στην τελική του τιμή;
- Εξηγείστε γιατί στο κύκλωμα (1) κυκλοφορεί ηλεκτρικό ρεύμα όσο χρόνο διαρκεί η αποκατάσταση του ρεύματος στο κύκλωμα (2).
- Από τι εξαρτάται το ηλεκτρικό φορτίο που μετατοπίστηκε στο κύκλωμα (1) και βρέθηκε με τη διάταξη του βαλλιστικού γαλβανομέτρου;
- Τι μορφή, υποθέτετε, ότι θα έχει το γράφημα του μαγνητικού πεδίου του σωληνοειδούς σε σχέση με το ρεύμα που κυκλοφορεί σ' αυτό; Απαντήστε κάνοντας ένα ποιοτικό διάγραμμα το οποίο να τεκμηριώνεται θεωρητικά και όχι από τα πειραματικά δεδομένα.
- Γράψετε τον πίνακα στο τετράδιό σας, με συμπληρωμένη την τρίτη στήλη. Στη στήλη αυτή θα προσθέσετε τις τιμές για το μαγνητικό πεδίο B στην κεντρική περιοχή του σωληνοειδούς όπως προκύπτει από την ανάλυση των πειραματικών δεδομένων.
- Κάντε τη γραφική παράσταση του μαγνητικού πεδίου B στη κεντρική περιοχή του σωληνοειδούς σε σχέση με το ρεύμα I που κυκλοφορεί στο σωληνοειδές.
- Επιβεβαιώνεται ή όχι η θεωρητική πρόβλεψή σας;

Με τον όρο αισθητήρες εννοούμε συσκευές ή διατάξεις με τις οποίες ο Η/Υ "αισθάνεται" ή μετρά φυσικές ποσότητες του περιβάλλοντος, όπως θερμοκρασία, ένταση φωτός, πίεση, απόσταση, ηλεκτρικό ρεύμα κλπ.

Αν θέλετε, μπορείτε να κάνετε το διάγραμμα εδώ και να επισυνάψετε το χαρτί αυτό μέσα στο τετράδιό σας.

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



Συνοπτικές Λύσεις

Θέμα 1ο

α. $\frac{1}{2} m v^2 = n C_V \Delta T$ (όπου m η μάζα του αερίου)

Δηλαδή: $\frac{1}{2} m v^2 = \frac{m}{M_r} C_V \Delta T$

Και: $C_V = \frac{3}{2} R$

Άρα: $r^2 = \frac{3R \Delta T}{M_r}$

Οπότε: $\Delta T = \frac{M_r v^2}{3R}$

β. $I = \frac{2E}{r_1 + r_2 + \frac{3R}{4}}$

$V_A = E - I r_1 = 0$

Οπότε: $E = \frac{2E}{r_1 + r_2 + \frac{3R}{4}} r_1$

Και: $R = \frac{4(r_1 - r_2)}{3}$

Άρα: $R = 2 \Omega$

γ. $T_h = 2073 \text{K}$

$T_c = 353 \text{K}$

$e_{\max} = 1 - \frac{T_c}{T_h}$

Δηλαδή: $e_{\max} = 1 - \frac{353}{2073} = 0,83$

Άρα: $e_{\max} = 83\%$

Το αυτοκίνητο διανύει τα 100 km σε χρόνο $t = 100/90 \text{ h}$.

Δηλαδή: $t = \frac{10}{9} \text{ h.}$

Τα 7 L πετρέλαιο με την καύση τους αποδίδουν 70 kWh.

Συνεπώς, ο ρυθμός της παρεχόμενης θερμότητας είναι $P = \frac{70 \text{ kWh}}{\frac{10}{9} \text{ h}}$.

Δηλαδή: $P = 63 \text{ kW.}$

Η απόδοση του κινητήρα θα είναι: $e = \frac{15}{63}$.

Δηλαδή: $e = 24\%$

Θέμα 2ο

A. α. Ένας τρόπος θα ήταν να πολλαπλασιάσουμε τον αριθμητή και τον παρονομαστή με το φορτίο q του πρωτονίου. Τότε θα ήταν

$$\lambda = F_{\eta\lambda} / F_{\mu\alpha\gamma\nu}$$

Δηλαδή, οι διαστάσεις τόσο του αριθμητή όσο και του παρονομαστή είναι διαστάσεις δύναμης, άρα το λ είναι αδιάστατο.

β. Αφού το πρωτόνιο δεν εκτρέπεται ισχύει $F_{\eta\lambda} = F_{\mu\alpha\gamma\nu}$, άρα $\lambda = 1$.

γ. Αν υπάρχει μόνο το ηλεκτρικό πεδίο έχουμε $\tan\theta = u_y / u_x$

Είναι όμως $u_x = u_0$, $u_y = at$, $a = Eq/m$, $t = d/u_0$ και $E = \lambda B$, οπότε καταλήγουμε

$$\tan\theta = \lambda B q d / m u_0 \quad (1)$$

Αν υπάρχει μόνο το μαγνητικό πεδίο το πρωτόνιο θα διαγράψει τμήμα κύκλου με κέντρο K και ακτίνα

$$R = m u_0 / B q \quad (2)$$

Επίσης

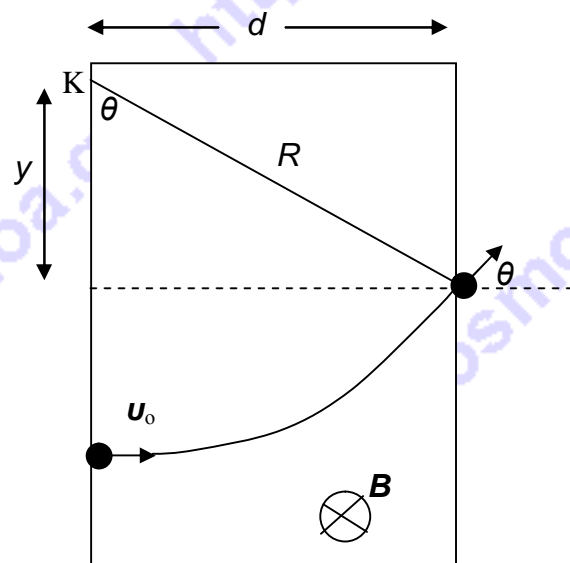
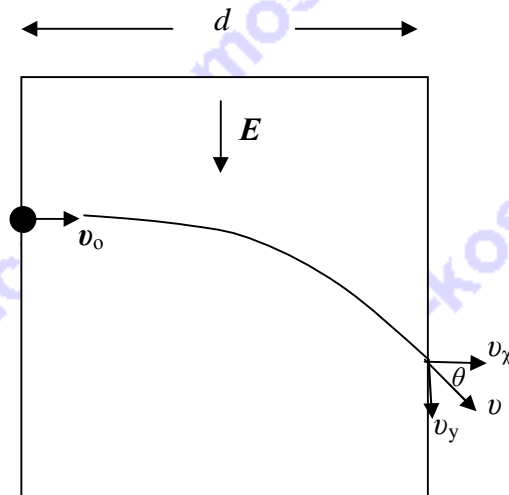
$$\tan\theta = d / y \quad (3)$$

Από (1),(3) προκύπτει: $\lambda B q d / m u_0 = d / y \quad (4)$

επίσης $y = R \cos\theta \quad (5)$

Έτσι η (4) με τη βοήθεια των (2) και (5) δίνει:

$$\lambda = R / y = 1 / \cos\theta$$



B. $\frac{1}{2}mv^2 - 0 = Eq(L - L\cos\theta)$

$$v = \sqrt{\frac{2qEL(1 - \cos\theta)}{m}}$$

$$v = 0,3 \text{ m/s}$$

Θέμα 3ο

A. Υπάρχουν 12 ζεύγη ηλεκτρικών φορτίων που απέχουν α .

Αυτά θα έχουν: $U_1 = \frac{-12K_c q^2}{\alpha}$

Υπάρχουν και 12 ζεύγη ηλεκτρικών φορτίων που απέχουν $\alpha\sqrt{2}$.

Αυτά θα έχουν: $U_2 = \frac{12K_c q^2}{\alpha\sqrt{2}}$

Επίσης υπάρχουν και 4 ζεύγη ηλεκτρικών φορτίων που απέχουν $\alpha\sqrt{3}$.

Αυτά θα έχουν: $U_3 = \frac{-4K_c q^2}{\alpha\sqrt{3}}$

Η δυναμική ενέργεια του συστήματος είναι: $U = U_1 + U_2 + U_3$

Δηλαδή: $U = \frac{K_c q^2}{\alpha} \left[-12 + \frac{12}{\sqrt{2}} - \frac{4}{\sqrt{3}} \right]$

Άρα: $U = -5,824 \frac{K_c q^2}{\alpha}$

Αν W η ενέργεια που απαιτείται θα ισχύει:

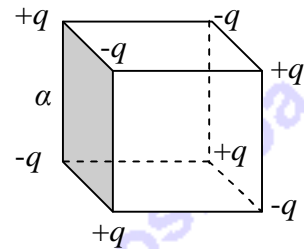
$U + W = U_\infty$. Αλλά: $U_\infty = 0$

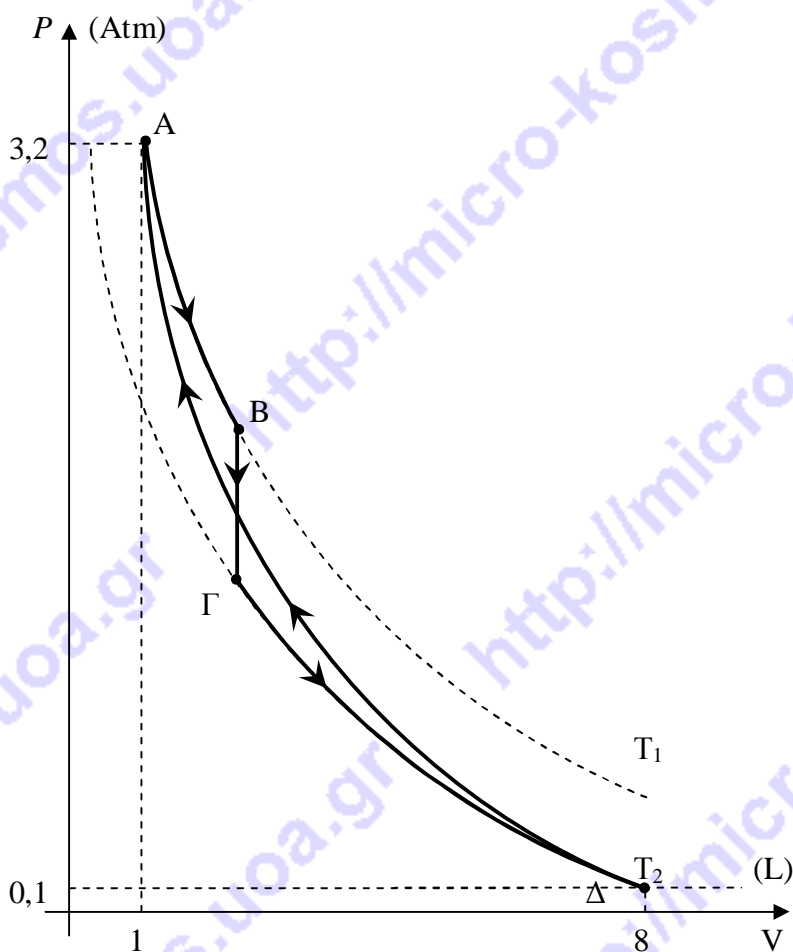
Οπότε: $W = -U$. Έτσι: $W = 5,824 \frac{K_c q^2}{\alpha}$

B. α. $\gamma = 5/3$, άρα: $C_v = \frac{3}{2}R$ και $C_p = \frac{5}{2}R$ (1)

Στο διάγραμμα εικονίζεται η διεργασία που υφίσταται το αέριο.

Οι καταστάσεις Δ και Α ανήκουν στην ίδια αδιαβατική καμπύλη.





Άρα: $P_A V_A^g = P_\Delta V_\Delta^g$ (2) . Ακόμη: $\frac{P_A V_A}{T_A} = \frac{P_\Delta V_\Delta}{T_\Delta}$ (3)

Από τις (2) και (3): $T_A V_A^{g-1} = T_\Delta V_\Delta^{g-1}$, από την οποία: $V_\Delta = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\frac{1}{g-1}} V_1$.

Οπότε: $V_\Delta = 4^{\frac{3}{2}} V_1$ και $V_\Delta = 8 \text{ L}$

Από την (4): $P_\Delta = P_A \left(\frac{V_A}{V_\Delta}\right)^g$, από την οποία: $P_\Delta = \left(\frac{1}{8}\right)^{\frac{5}{3}} P_1$ και $P_\Delta = 0,1 \text{ Atm}$

Άρα η κατάσταση Δ είναι η $(P_\Delta, V_\Delta, T_\Delta)$, με:

$P_\Delta = 0,1 \text{ Atm}$ $V_\Delta = 8 \text{ L}$ και $T_\Delta = 250 \text{ K}$

β. Είναι $W_{\omega\phi} = W_{AB} + W_{B\Gamma} + W_{\Gamma\Delta} + W_{\Delta A} = 0$, όπου:

$$W_{AB} = nRT_1 \ln \frac{V_B}{V_A} = nRT_1 \ln \frac{V_B}{V_1}$$

$$W_{BF} = 0$$

$$W_{FD} = nRT_2 \ln \frac{V_D}{V_F} = -nRT_2 \ln \frac{V_B}{V_D}$$

$$W_{DA} = -\Delta U_{DA} = -nC_V(T_1 - T_2) = -\frac{3}{2} nR(T_1 - T_2)$$

$$\text{Έτσι, έχουμε: } T_1 \ln \frac{V_B}{V_1} - T_2 \ln \frac{V_B}{V_D} - \frac{3}{2} (T_1 - T_2) = 0$$

Αντικαθιστώντας τις τιμές: $V_D = 8 \text{ L}$, $T_1 = 1000 \text{ K}$, $T_2 = 250 \text{ K}$, προκύπτει:

$$\ln V_B = 0,8, \text{ άρα: } V_B = e^{0,8} \text{ L} \quad \text{ή} \quad V_B = 2,2 \text{ L}$$

Επειδή οι καταστάσεις B και A ανήκουν στην ίδια ισόθερμη, ισχύει:

$$P_B V_B = P_A V_A$$

$$P_B = P_1 \frac{V_1}{V_B} \quad \text{ή} \quad P_B = 1,45 \text{ Atm}$$

Άρα η κατάσταση B είναι η (P_B, V_B, T_B) , με:

$$\boxed{P_B = 1,45 \text{ Atm}} \quad \boxed{V_B = 2,2 \text{ L}} \quad \text{και} \quad \boxed{T_B = 1000 \text{ K}}$$

Πειραματικό Μέρος

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

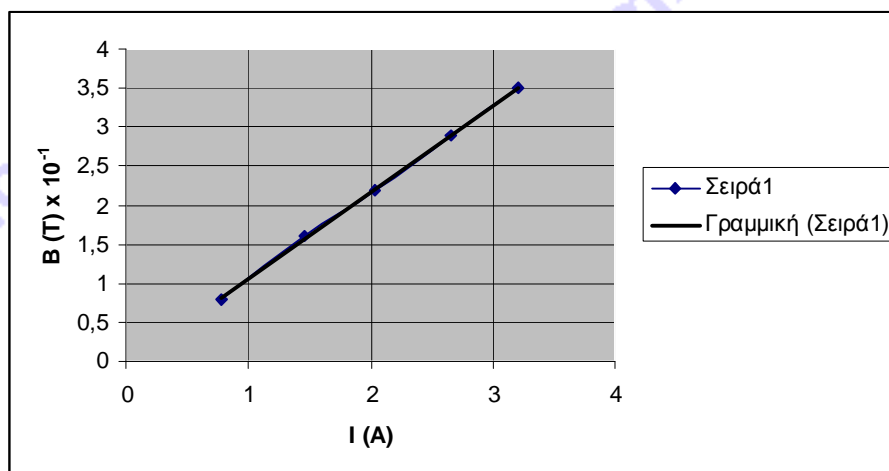
1. Λόγω του φαινομένου της αυτεπαγωγής στο σωληνοειδές πηνίο και σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz η αναπτυσσόμενη ΗΕΔ από αυτεπαγωγή έχει τέτοια πολικότητα ώστε να αντιτίθεται στην αύξηση του ρεύματος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να καθυστερεί η αποκατάσταση του ρεύματος στο κύκλωμα (2).
2. Καθώς αυξάνεται το ρεύμα στο κύκλωμα (2) θα αυξάνεται αντίστοιχα το μαγνητικό πεδίο B στην κεντρική περιοχή του σωληνοειδούς συνεπώς και η μαγνητική ροή η οποία διέρχεται από τις σπείρες του μικρού πηνίου του κυκλώματος (1). Σύμφωνα με τον νόμο της επαγωγής θα εμφανίζεται ΗΕΔ από επαγωγή (αμοιβαία επαγωγή) και δευτερευόντως θα κυκλοφορεί επαγωγικό ρεύμα στο κύκλωμα (1).
3. Το επαγωγικό φορτίο δίνεται από τη σχέση: $Q = \frac{NBA}{R}$ (Νόμος Newmann) όπου

$R = 192 \Omega$ η συνολική αντίσταση του κυκλώματος (1), $N = 300$ ο αριθμός των σπειρών του μικρού πηνίου και $A = 8,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ το εμβαδόν κάθε σπείρας του. Το επαγωγικό φορτίο είναι ανεξάρτητο από το χρόνο μέσα στον οποίο έγινε η μεταβολή της μαγνητικής ροής.

4. Επειδή από τη θεωρία γνωρίζουμε ότι $B = K_{\mu} 4\pi n I$ υποθέτουμε ότι το γράφημα του μέτρου του B σε σχέση με το ρεύμα I θα είναι ευθεία η οποία θα διέρχεται από την αρχή των αξόνων αφού τα μεγέθη είναι ανάλογα.
5. Από το νόμο του Newmann έχουμε ότι $B = \frac{QR}{NA}$ αντικαθιστώντας τις πειραματικές τιμές του Q και τις τιμές για τα R , A και N βρίσκουμε τις αντίστοιχες τιμές του B

I (A)	Q (μC)	B (T)
0,78	1,10	0,08
1,46	2,10	0,16
2,04	2,94	0,22
2,65	3,87	0,29
3,20	4,65	0,35

6.



7. Η πρόβλεψη (υπόθεσή) μας επιβεβαιώνεται