Παράρτημα
Λύσεις ασκήσεων και προβλημάτων

Κεφάλαιο 1.1

1. Από το νόμο του Boyle βρίσκουμε ότι:

$P_1V_1 = P_2V_2$ ή $P_2 = \dfrac{P_1V_1}{V_2}$ και με αντικατάσταση των τιμών των μεγεθών προκύπτει:

$$P_2 = \frac{1 \cdot 5{,}8}{5}\,\text{atm} \quad \text{ή} \quad P_2 = 1{,}16\text{atm}.$$

2. Επειδή ο όγκος του αέρα παραμένει σταθερός ισχύει:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \quad \text{ή} \quad P_2 = \frac{P_1}{T_1}T_2.$$

Με αντικατάσταση των τιμών, αφού λάβουμε υπόψη ότι $T = 273+\Theta$, προκύπτει:

$$P_2 = \frac{3}{280}300\,\text{atm} \quad \text{ή} \quad P_2 = 3{,}21\text{atm}.$$

3. Από την καταστατική εξίσωση βρίσκουμε ότι:

$$PV = nRT \quad \text{ή} \quad PV = \frac{m}{MB}RT \quad PVMB = mRT.$$

Αν διαιρέσουμε με τον όγκο του υδρογόνου προκύπτει:

$PMB = \varrho RT$ ή $\varrho = \dfrac{PMB}{RT}$ και με αντικατάσταση

$$\varrho = \frac{10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{8{,}314 \cdot 300}\,\text{kg/m}^3 \quad \text{ή} \quad \varrho = 0{,}08\text{kg/m}^3.$$

4. Από την καταστατική εξίσωση βρίσκουμε:

$PV = nRT$ ή $n = \dfrac{PV}{RT}$ και με αντικατάσταση

$$n = \frac{0{,}5 \cdot 10^5 \cdot 10^2}{8{,}314 \cdot 223}\,\text{mol} \quad \text{ή} \quad n = 2.697\text{mol}.$$

5. Ισχύει ότι: $PV = nRT$ ή $P = \dfrac{nRT}{V}$ ή $P = \dfrac{mRT}{MB\,V}$ και με αντικατάσταση $P = \dfrac{2{,}2 \cdot 8{,}314 \cdot 300}{44 \cdot 10^{-3} \cdot 3{,}2 \cdot 10^{-3}} \, N/m^2$ ή $P = 3{,}9 \cdot 10^7 N/m^2$.

6. Από τη σχέση $\frac{1}{2} m \overline{\upsilon^2} = \frac{3}{2} KT$, βρίσκουμε ότι:

$\sqrt{\overline{\upsilon^2}} = \sqrt{\dfrac{3KT}{m}}$ και με αντικατάσταση

$$\sqrt{\overline{\upsilon^2}} = \sqrt{\dfrac{3 \cdot 1{,}38 \cdot 10^{-23} \cdot 273}{\dfrac{28 \cdot 10^{-3}}{6{,}023 \cdot 10^{23}}}} \, m/s \quad \text{ή} \quad \sqrt{\overline{\upsilon^2}} = 493 \, m/s.$$

7. Για την κινητική ενέργεια του δρομέα ισχύει:

$$K = \frac{1}{2} m\upsilon^2 \quad \text{ή} \quad K = \frac{1}{2} \cdot 80 \cdot 10^2 \, \text{Joule} \quad \text{ή} \quad K = 4.000 \text{Joule}.$$

Η κινητική ενέργεια ενός mol ηλίου είναι:

$$K = N_A \, \overline{K} = N_A \, \frac{3}{2} KT \quad \text{ή} \quad K = N_A \, \frac{3}{2} \frac{R}{N_A} T.$$

Έτσι: $4.000 = \frac{3}{2} \cdot 8{,}314 T$ ή $T = 320{,}7K$.

8. Α. Γνωρίζουμε ότι

$$\sqrt{\overline{\upsilon^2}} = \sqrt{\frac{3KT}{m}} \quad \text{ή} \quad \sqrt{\overline{\upsilon^2}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 1{,}38 \cdot 10^{-23} \cdot 235}{m}}.$$

Έτσι για καθένα από τα δύο αέρια, οξυγόνο και άζωτο έχουμε αντίστοιχα:

$$\sqrt{\overline{\upsilon^2}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 1{,}38 \cdot 10^{-23} \cdot 235 \cdot 6{,}023 \cdot 10^{23}}{32 \cdot 10^{-3}}} \, m/s \quad \text{ή} \quad \sqrt{\overline{\upsilon^2}} = 428 \, m/s$$

και

$$\sqrt{\overline{\upsilon^2}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 1{,}38 \cdot 10^{-23} \cdot 235 \cdot 6{,}023 \cdot 10^{23}}{28 \cdot 10^{-3}}} \, m/s \quad \text{ή} \quad \sqrt{\overline{\upsilon^2}} = 45{,}7 \, m/s$$

Β. Η μέση κινητική ενέργεια $\overline{K}$, είναι ίδια και για τα δύο αέρια, αφού αυτή είναι μόνο συνάρτηση της θερμοκρασίας τους. Έτσι βρίσκουμε:

$$\overline{K} = \frac{3}{2}KT = \frac{3}{2}1{,}38 \cdot 10^{-23} \cdot 235\text{Joule} \quad ή \quad \overline{K} = 486 \cdot 10^{-23}\,\text{Joule}.$$

9. Έχουμε ότι $\dfrac{\sqrt{\overline{\upsilon_2^2}}}{\sqrt{\overline{\upsilon_1^2}}} = 2$ ή $\dfrac{\sqrt{\dfrac{3KT_2}{m}}}{\sqrt{\dfrac{3KT_1}{m}}} = 2$ ή

$$\sqrt{\frac{T_2}{T_1}} = 2 \quad ή \quad \frac{T_2}{T_1} = 4 \qquad (\alpha)$$

Αλλά για τη μεταβολή του αερίου υπό σταθερή πίεση ισχύει

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \qquad (\beta)$$

Έτσι από τις σχέσεις (α) και (β) βρίσκουμε ότι:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{4} \quad ή \quad V_2 = 4V_1 \quad ή \quad V_2 = 20L.$$

10. Α. Από τη σχέση $\frac{1}{2}m\overline{\upsilon^2} = \frac{3}{2}KT$, έχουμε

$$\sqrt{\overline{\upsilon^2}} = \sqrt{\frac{3KT}{m}} \quad ή \quad \sqrt{\overline{\upsilon^2}} = \sqrt{\frac{3RT}{N_A m}}$$

και με αντικατάσταση

$$\sqrt{\overline{\upsilon^2}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 8{,}314 \cdot 273}{28 \cdot 10^{-3}}}\,\text{m/s} \quad ή \quad \sqrt{\overline{\upsilon^2}} = 493\,\text{m/s}$$

Β. Για τη ζητούμενη μέση κινητική ενέργεια έχουμε:

$\overline{K} = \frac{3}{2}KT = \frac{3}{2}\frac{R}{N_A}T$ και με αντικατάσταση προκύπτει:

$$\overline{K} = \frac{3}{2}\frac{8{,}314}{6{,}023 \cdot 10^{23}}273\text{Joule} \quad ή \quad \overline{K} = 565 \cdot 10^{-23}\,\text{Joule}.$$

Γ. Επειδή η σύγκρουση του μορίου με το τοίχωμα είναι ελαστική, το μόριο αναπηδά με αντίθετη ταχύτητα. Δηλαδή $\upsilon_{τελ} = -\upsilon_{αρχ}$. Έτσι από τη σχέση $\overrightarrow{\Delta P} = \overrightarrow{P_{τελ}} - \overrightarrow{P_{αρχ}}$ προκύπτει ότι:

$$\Delta P = P_{τελ} - (-P_{αρχ}) = m\upsilon_{αρχ} + m\upsilon_{αρχ} \quad ή \quad \Delta P = 2m\upsilon_{αρχ} = 2m\sqrt{\overline{\upsilon^2}}$$

και με αντικατάσταση βρίσκουμε:

$$\Delta P = 2\frac{28\cdot 10^{-3}}{6{,}023\cdot 10^{23}}493\text{kg}\frac{\text{m}}{\text{s}} \quad ή \quad \Delta P = 458\cdot 10^{-25}\text{kg}\frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

11. Μετά τη θέρμανση η πίεση και ο όγκος του αερίου διατηρούν την αρχική τους τιμή, ενώ μέρος του αερίου εγκαταλείπει το δοχείο. Αν n_2 είναι τα mol του αερίου που παραμένουν στο δοχείο, ισχύει:

$$P_2V_2 = n_2RT_2 \quad ή \quad P_1V_1 = n_2RT_2 \quad ή$$

$$n_2 = \frac{P_1V_1}{RT_2}$$ και με αντικατάσταση βρίσκουμε:

$$n_2 = \frac{10^5\cdot 1{,}5\cdot 10^{-3}}{8{,}314\cdot 400}\text{mol} \quad ή \quad n_2 = 0{,}045\text{mol}.$$

Μετά την ψύξη με τη βαλβίδα κλειστή, τα mol του αζώτου παραμένουν n_2 με αποτέλεσμα να μεταβληθεί η πίεσή του σε μια νέα τιμή P_3. Έτσι από την καταστατική εξίσωση βρίσκουμε:

$$P_3V_1 = n_2RT_3 \quad ή \quad P_3 = \frac{n_2RT_3}{V_1} \quad ή$$

$$P_3 = \frac{0{,}045\cdot 8{,}314\cdot 300}{1{,}5\cdot 10^{-3}}P_\alpha \quad ή \quad P_3 = 0{,}75\cdot 10^5 P_\alpha.$$

12. Επειδή αρχικά πάνω από τον Hg υπάρχει κενό, πρέπει η ατμοσφαιρική πίεση να είναι ίση με την πίεση που οφείλεται στη στήλη του Hg. Δηλαδή:

$$P_{ατμ} = 76\text{cmHg} \quad ή$$

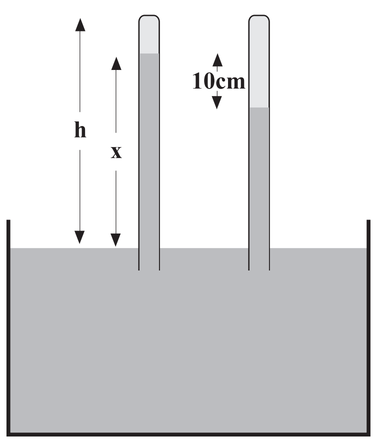
$$P_{ατμ} = 10^5\text{N/m}^2.$$

Ο όγκος που καταλαμβάνει το N μετά την εισαγωγή του στο σωλήνα είναι:

$$V = (h - x + 10\text{cm})S \quad ή$$

$$V = 14{,}4\cdot 10^{-6}\text{m}^3.$$

Η ατμοσφαιρική πίεση είναι τώρα ίση με την πίεση που οφείλεται στη στήλη του Hg και την πίεση του αζώτου, που η τιμή της είναι P.



Δηλαδή: $P_{ατμ} = 66cmHg + P$ ή

$$10^5 N/m^2 = \frac{66}{76}10^5 N/m^2 + P \quad ή$$

$P = 0{,}13 \cdot 10^5 N/m^2$.

Έτσι από την καταστατική εξίσωση βρίσκουμε:

$$PV = \frac{m}{MB}RT \quad ή \quad m = \frac{PV\,MB}{RT} \quad ή$$

$$m = \frac{0{,}13 \cdot 10^5 \cdot 14{,}4 \cdot 10^{-6} \cdot 28}{8{,}314 \cdot 300} gr \quad ή \quad m = 2mg.$$

13. Α. Η ολική κινητική ενέργεια των N μορίων του αζώτου είναι:

$$K = N\overline{K} \quad ή$$

$$K = N\frac{1}{2}m\overline{υ^2} \quad ή \quad K = m_{ολ}\frac{1}{2}\overline{υ^2} \quad ή$$

$$m_{ολ} = \frac{2K}{\overline{υ^2}}$$ από την οποία με αντικατάσταση βρίσκουμε:

$$m_{ολ} = \frac{2 \cdot 4 \cdot 10^3}{2{,}2^2\left(10^3\right)^2} kg \quad ή \quad m_{ολ} = 1{,}65g.$$

Β. Από την καταστατική εξίσωση έχουμε:

$$PV = nRT \qquad (α)$$

Αλλά $K = N\overline{K} = N\frac{3}{2}kT = N\frac{3}{2}\frac{R}{N_A}T$ ή

$$K = \frac{3}{2}nRT \qquad (β)$$

Έτσι από τη σχέση (α) και (β) έχουμε:

$$PV = \frac{2K}{3} \quad ή \quad P = \frac{2K}{3V}$$ και με αντικατάσταση

$$P = \frac{2 \cdot 4 \cdot 10^3}{3 \cdot 0{,}04} N/m^2 \quad ή \quad P = 0{,}66 \cdot 10^5 N.m^2.$$

14. Α. Από την καταστατική εξίσωση βρίσκουμε:

$$PV = nRT \quad ή \quad PV = \frac{N}{N_A}RT \quad ή \quad N = \frac{PV\,N_A}{RT}$$

Με αντικατάσταση την τιμών των μεγεθών στην τελευταία σχέση βρίσκουμε:

$$N = \frac{10^{-1} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 6 \cdot 10^{23}}{8{,}314 \cdot 300} \text{ μόρια} \quad \text{ή} \quad N = 4{,}8 \cdot 10^{16} \text{μόρια.}$$

Β. Από τη γνωστή σχέση $\frac{1}{2}m\overline{\upsilon^2} = \frac{3}{2}KT$ βρίσκουμε ότι

$$\sqrt{\overline{\upsilon^2}} = \sqrt{\frac{3KT}{m}} \quad \text{ή} \quad \sqrt{\overline{\upsilon^2}} = \sqrt{\frac{3RT}{mN_A}}$$ και με αντικατάσταση

$$\sqrt{\overline{\upsilon^2}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 8{,}314 \cdot 300}{4 \cdot 10^{-3}}} \text{ m/s} \quad \text{ή} \quad \sqrt{\overline{\upsilon^2}} = 1.368 \text{ m/s.}$$

Γ. Για τη συμπίεση με σταθερή πίεση ισχύει:

$$\frac{V}{T} = \frac{V'}{T'} \quad \text{ή} \quad T' = \frac{V'}{V}T,$$ από την οποία βρίσκουμε ότι

$$T' = \frac{1}{2}T \quad \text{ή} \quad T' = 150K.$$ Έτσι έχουμε:

$$\sqrt{\overline{\upsilon^2}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 8{,}314 \cdot 150}{4 \cdot 10^{-3}}} \text{ m/s} \quad \text{ή} \quad \sqrt{\overline{\upsilon^2}} = 967 \text{ m/s}.$$

Προφανώς, αν η συμπίεση του αερίου γίνει υπό σταθερή θερμοκρασία, η $\sqrt{\overline{\upsilon^2}}$ παραμένει αμετάβλητη, αφού όπως γνωρίζουμε είναι συνάρτηση μόνο της θερμοκρασίας του.

Δηλαδή: $\sqrt{\overline{\upsilon^2}} = 1.368 \text{ m/s.}$

15. Αφού η συμπίεση των ατμών γίνεται υπό σταθερή θερμοκρασία, μπορούμε να γράψουμε:

$$P_1V_1 = P_2V_2 \quad \text{ή} \quad P_2 = \frac{P_1V_1}{V_2}$$ και με αντικατάσταση

$$P_2 = \frac{20 \cdot 8}{5} \text{ mmHg} \quad \text{ή} \quad P_2 = 32\text{mmHg}.$$

Αφού όμως στη θερμοκρασία των 30°C η πίεση των κορεσμένων ατμών είναι περίπου 32mmHg συμπεραίνουμε πως οι ατμοί έπαψαν να είναι ακόρεστοι, δηλαδή μεταβλήθηκαν σε κορεσμένους.

Κεφάλαιο 1.2

1. Καθώς η λυχνία συνθλίβεται, ο όγκος του αέρα που την περιβάλει αυξάνεται κατά V. Αυτό σημαίνει ότι στα θραύσματα μεταφέρεται ενέργεια η οποία είναι:

$W = PV = 10^5 \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-2}$Joule ή $W = 2.500$Joule.

2. Α. Η θέρμανση του He γίνεται υπό σταθερή πίεση και κατά συνέπεια ισχύει:

$Q = nC_P\Delta T$, από την οποία με αντικατάσταση βρίσκουμε:

$$Q = \frac{600}{4 \cdot 10^{-3}} \cdot 4{,}98 \cdot 20\text{cal} \quad \text{ή} \quad Q = 1{,}494 \cdot 10^4\text{kcal}.$$

Β. Για την ενέργεια που αποδίδει το He εκτονούμενο υπό σταθερή πίεση έχουμε:

$W = P\,\Delta V = 10^5 \cdot 2$Joule ή $W = 2 \cdot 10^5$Joule.

3. Α. Κατά την αδιαβατική συμπίεση η προσφερόμενη στο αέριο ενέργεια θεωρείται αρνητική και δίνεται από τη σχέση:

$$W = \frac{P_2V_2 - P_1V_1}{1-\gamma} \quad \text{ή} \quad -7.200 = \frac{P_2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} - 10^5 \cdot 16 \cdot 10^{-3}}{1 - \frac{5}{3}},$$

από την οποία βρίσκουμε, ότι η τελική πίεση είναι $P_2 = 32$atm.

Β. Από τον πρώτο θερμοδυναμικό νόμο για τη συγκεκριμένη μεταβολή έχουμε:

$0 = \Delta U - W$ ή $\Delta U = W$, δηλαδή η εσωτερική ενέργεια του αεριού αυξάνεται κατά $\Delta U = 7.200$Joule.

4. Α. Τα διατομικά μόρια του υδρογόνου εκτελούν εκτός από τη μεταφορική κίνηση, περιστροφή ή ακόμη και ταλάντωση. Αν αγνοήσουμε την ταλάντωση τότε για την εσωτερική ενέργεια έχουμε:

$$U = \frac{5}{2}nRT, \quad \text{ενώ} \quad C_V = \frac{5}{2}R \quad \text{ή} \quad R = \frac{2C_V}{5}.$$

Έτσι βρίσκουμε ότι:

$$U = \frac{5}{2}n\frac{2C_V}{5} \cdot T \quad \text{ή} \quad U = n\,C_V\,T = \frac{500}{2}4{,}88 \cdot 273\text{cal} \quad \text{ή}$$

$$U = 333.060\text{cal} = \frac{333.060}{0{,}24}\text{Joule} \quad \text{ή} \quad U = 13{,}88\,10^5\,\text{Joule}.$$

Σημείωση: Στο ίδιο αποτέλεσμα θα οδηγηθούμε, αν θεωρήσουμε ότι τα μόρια του υδρογόνου εκτελούν και ταλάντωση. Να επιβεβαιώσεται αυτή τη δήλωση.

Β. Για τη ζητούμενη θερμότητα έχουμε:

$$Q = nC_V\Delta T = \frac{500}{2} 4{,}88 \cdot 60\text{cal} = 73.200\text{cal} \quad \text{ή}$$

$$Q = \frac{73.200}{0{,}24}\text{Joule} \quad \text{ή} \quad Q = 3 \cdot 10^5\,\text{Joule.}$$

5. Η θερμότητα που απορροφά το αέριο κατά την ισόθερμη εκτόνωση δίνεται από τη σχέση:

$Q = nRT\ell n\dfrac{V_B}{V_A}$, η οποία με τη βοήθεια της καταστατικής εξίσωσης γράφεται:

$$Q = P_A\, V_A\, \ell n\frac{V_B}{V_A} \qquad (\alpha)$$

Από την εξίσωση της ισόθερμης μεταβολής βρίσκουμε τον τελικό όγκο V_B του αερίου:

$$P_A V_A = P_B V_B \quad \text{ή} \quad V_B = \frac{P_A}{P_B} V_A \quad \text{ή}$$

$$V_B = \frac{6 \cdot 10^5}{3 \cdot 10^5} \cdot 2\text{m}^3 \quad \text{ή} \quad V_B = 4\text{m}^3.$$

Αντικαθιστούμε στη σχέση (α) και βρίσκουμε:

$$Q = 6 \cdot 10^5 \cdot 2\ell n\frac{4}{2}\text{Joule} \quad \text{ή} \quad Q = 12 \cdot 10^5\,\ell n2\text{Joule.}$$

6. Για τη ζητούμενη απόδοση έχουμε:

$$\alpha = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad \text{ή} \quad \alpha = 1 - \frac{3 \cdot 10^2}{10^{10}} \quad \text{ή} \quad \alpha = 99{,}999997\%.$$

7. Έστω $T_1 = 290K$ και $T_2 = 250K$. Στην υψηλής θερμοκρασίας δεξαμενή T_1 μεταφέρουμε τελικά θερμότητα

$$Q = 1.000\text{cal} \quad \text{ή} \quad Q_1 = \frac{1.000}{0{,}24}\text{Joule} \quad \text{ή} \quad Q_1 = 4.167\text{Joule.}$$

Από τη χαμηλής θερμοκρασίας δεξαμενή (περιβάλλον) αφαιρούμε θερμότητα Q_2, δαπανώντας ενέργεια W, έτσι ώστε:

$$Q_2 + W = Q_1 \quad ή \quad W = Q_1 - Q_2 \qquad (α)$$

Αλλά $\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$ ή $Q_2 = \frac{T_2}{T_1} Q_1 = \frac{250}{290} 4.167\text{Joule}$ ή $Q_2 = 3.592\text{Joule}$.

Με αντικατάσταση στη σχέση (α) βρίσκουμε ότι:

$$W = (4.167 - 3.592)\text{Joule} \quad ή \quad W = 575\text{Joule}.$$

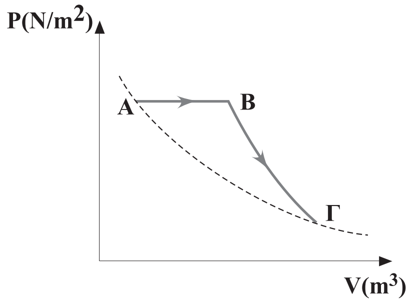
8. Επειδή ο αλεξιπτωτιστής κατεβαίνει με σταθερή ταχύτητα, πρέπει η αντίσταση από τον αέρα να είναι αντίθετη με το βάρος. Δηλαδή A = B ή A = mg ή A = 800N. Στο περιβάλλον προσφέρεται θερμότητα μέσω του έργου της αντίστασης A, υπό σταθερή θερμοκρασία T, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η εντροπία του αέρα κατά:

$\Delta S = \frac{Q}{T} = \frac{W_A}{T} = \frac{Ax}{T}$. Έτσι για το ζητούμενο ρυθμό βρίσκουμε:

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{Ax}{T\Delta t} = \frac{A}{T}\upsilon = \frac{800}{300} \cdot 4 \frac{\text{Joule}}{\text{K S}} \quad ή \quad \frac{\Delta S}{\Delta t} = 10{,}7 \frac{\text{Joule}}{\text{K S}}.$$

9. Γράφουμε τον πρώτο θερμοδυναμικό νόμο για τις δύο μεταβολές:

$$Q_{AB} = \Delta U_{AB} + W_{AB} \quad και$$
$$0 = \Delta U_{B\Gamma} + W_{B\Gamma}$$



Προσθέτουμε τις δύο σχέσεις κατά μέλη και βρίσκουμε:

$$Q_{AB} = \Delta U_{AB} + \Delta U_{B\Gamma} + W_{AB} + W_{B\Gamma}$$

Αλλά $\Delta U_{AB} + \Delta U_{B\Gamma} = 0$, οπότε:

$$Q_{AB} = W_{AB} + W_{B\Gamma} \quad ή$$
$$Q_{AB} = P_A (V_B - V_A) + W_{B\Gamma} \quad ή$$
$$W_{B\Gamma} = 48\text{Joule}.$$

10. Για τη θερμότητα Q και τη μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας ΔU έχουμε:

$$\begin{aligned} Q &= nC_P\Delta T \\ και \quad \Delta U &= nC_V\Delta T \end{aligned} \quad ή \quad \frac{Q}{\Delta U} = \frac{C_P}{C_V} = \frac{\frac{5}{2}R}{\frac{3}{2}R} = \frac{5}{3} \quad ή$$

$$\Delta U = \frac{3}{5}Q \quad ή \quad \Delta U = 900\text{Joule},$$

δηλαδή η εσωτερική ενέργεια αυξήθηκε κατά 900Joule αφού κατά την εκτόνωση το αέριο θερμάνθηκε. Από τον πρώτο νόμο βρίσκουμε:

$$Q = \Delta U + W \quad ή \quad W = Q - \Delta U \quad ή \quad W = 600\text{Joule}.$$

11. Α. Στο αέριο προσφέται θερμότητα η οποία είναι:

$$Q_{\pi\rho o\sigma.} = Q_{AB} + Q_{\Delta A} = nRT_A \ell n \frac{V_B}{V_A} + nC_V(T_A - T_\Delta) \quad ή$$

$$Q_{\pi\rho o\sigma.} = 2 \cdot 8{,}314 \cdot 450\, \ell n\, 4 + 2\frac{5}{2} 8{,}314\,(450 - 300)\text{Joule} \quad ή$$

$$Q_{\pi\rho o\sigma.} = 16.608\text{Joule.}$$

Το αέριο αποδίδει θερμότητα για την οποία βρίσκουμε:

$$Q_{\alpha\pi o\delta.} = Q_{B\Gamma} + Q_{\Gamma\Delta} = nC_V(T_\Gamma - T_B) + nRT_\Gamma \ell n \frac{V_\Delta}{V_\Gamma} \quad ή$$

$$Q_{\alpha\pi o\delta.} = 2\frac{5}{2} 8{,}314(300 - 450) + 2 \cdot 8{,}314 \cdot 300 \ell n \frac{3}{12} \quad ή$$

$$Q_{\alpha\pi o\delta.} = -13.151\text{Joule.}$$

Το πλήν σημαίνει πως η θερμότητα αυτή αποδίδεται από το αέριο.

Β. Για τη ζητούμενη απόδοση έχουμε:

$$\alpha = \frac{Q_{\pi\rho o\sigma.} - Q_{\alpha\pi o\delta.}}{Q_{\pi\rho o\sigma.}} = \frac{16.608 - 13.151}{16.608} \quad ή \quad \alpha = 20{,}8\%.$$

Για την απόδοση του κύκλου Carnot έχουμε:

$$\alpha' = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{300}{450} = 1 - \frac{2}{3} \quad ή \quad \alpha' = 33\%.$$

Όπως περιμέναμε είναι α΄>α, αφού ο κύκλος Carnot έχει τη μεγαλύτερη απόδοση από κάθε άλλο κύκλο ανάμεσα στις ίδιες θερμοκρασίες, ως ο κύκλος που πλησιάζει περισσότερο από κάθε άλλο το μοντέλο του αντιστρεπτού κύκλου.

12. Για την αδιαβατική εκτόνωση ΑΒ έχουμε:

$$Q_{AB} = 0, \quad \Delta U_{AB} = nC_V\Delta T = n\frac{3R}{2}(T_B - T_A) \quad ή$$

$$\Delta U_{AB} = 1\frac{3}{2} 8{,}314(-192)\text{Joule} \quad ή$$

$$\Delta U_{AB} = -2.394{,}4\text{Joule.}$$

Αλλά $Q_{AB} = \Delta U_{AB} + W_{AB}$ ή $W_{AB} = 2.394{,}4$Joule.

Η μεταβολή ΒΓ είναι ισοβαρής συμπίεση. Έτσι έχουμε:

$$Q_{B\Gamma} = nC_P\Delta T = n\frac{5R}{2}(T_\Gamma - T_B) = 1\frac{5}{2}8{,}314(280 - 480)\text{Joule} \quad ή$$

$$Q_{B\Gamma} = -4.157\text{Joule}.$$

$$\Delta U_{B\Gamma} = nC_V\Delta T = n\frac{3R}{2}(T_\Gamma - T_B) = 1\frac{3}{2}8{,}314(280 - 480)\text{Joule} \quad ή$$

$$\Delta U_{B\Gamma} = -2.494\text{Joule}.$$

Αλλά $Q_{B\Gamma} = \Delta U_{B\Gamma} + W_{B\Gamma}$ ή

$W_{B\Gamma} = (-4.157 + 2.994)\text{Joule}$ ή

$W_{B\Gamma} = -1.163\text{Joule}$.

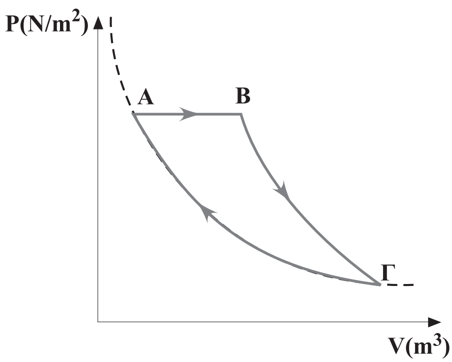
Για τη μεταβολή ΓΑ βρίσκουμε:

$$Q_{\Gamma A} = nC_V\Delta T = n\frac{3R}{2}(T_\Gamma - T_A)\text{Joule} \quad ή$$

$$Q_{\Gamma A} = 4.888{,}6\text{Joule}.$$

Επειδή η μεταβολή είναι ισόχωρη έχουμε $W_{\Gamma A} = 0$. Έτσι από τον πρώτο θερμοδυναμικό νόμο $Q = \Delta U + W$ βρίσκουμε ότι και $\Delta U_{\Gamma A} = 4.888{,}6\text{Joule}$.

13. Α. Η κυκλική μεταβολή του αερίου φαίνεται στην εικόνα.



Για κάθε μια μεταβολή το ζητούμενο έργο είναι:

$W_{AB} = P_A(V_B - V_A) = 2\cdot10^5\,(10 - 5)\text{Joule}$ ή $W_{AB} = 10^6\text{Joule}$

$$W_{B\Gamma} = \frac{P_\Gamma V_\Gamma - P_B V_B}{1-\gamma}.$$ Αλλά $P_A V_A = P_\Gamma V_\Gamma$ και $\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{5}{3}$.

Έτσι
$$W_{B\Gamma} = \frac{P_A V_A - P_B V_B}{1-\gamma} = \frac{2\cdot10^5\cdot5 - 2\cdot10^5\cdot10}{1-\frac{5}{3}} \quad ή$$

$$W_{B\Gamma} = 1{,}5\cdot10^6\,\text{Joule}.$$

$W_{\Gamma A} = nRT_A \ell n \dfrac{V_A}{V_\Gamma}$. Αλλά από την καταστατική εξίσωση έχουμε:

$P_A V_A = nRT_A$, οπότε $W_{\Gamma A} = P_A V_A \ell n \dfrac{V_A}{V_\Gamma}$.

Για τον υπολογισμό του όγκου V_Γ έχουμε:

$$\left.\begin{aligned} P_B V_B^\gamma &= P_\Gamma V_\Gamma^\gamma \\ \text{και} \quad P_A V_A &= P_\Gamma V_\Gamma \end{aligned}\right\} \text{Έτσι βρίσκουμε:}$$

$$P_B V_B^\gamma = \frac{P_A V_A}{V_\Gamma} V_\Gamma^\gamma \quad \text{ή} \quad V_B^\gamma = V_A V_\Gamma^{\gamma-1} \quad \text{ή} \quad V_\Gamma^{2/3} = \frac{10^{5/3}}{5}$$

$$V_\Gamma^{2/3} = \sqrt[3]{\frac{10^5}{5^3}} = \sqrt[3]{800} \quad \text{ή} \quad V_\Gamma = \sqrt{800}\,m^3 \quad \text{ή} \quad V_\Gamma = 20\sqrt{2}\,m^3.$$

Άρα:

$$W_{\Gamma A} = 2 \cdot 10^5 \cdot 5 \ell n \frac{5}{20\sqrt{2}} = 10^6 \left(\ell n 1 - \ell n 4\sqrt{2}\right) =$$

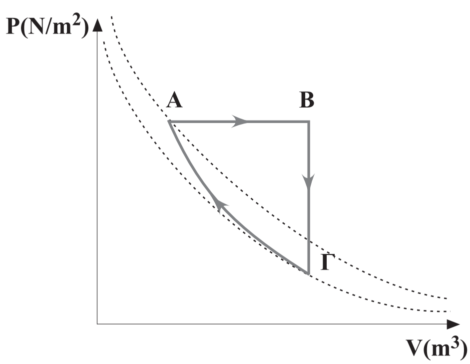
$$= -10^6 \left(\ell n 2^2 + \ell n 2^{1/2}\right) \text{Joule}$$

ή $W_{\Gamma A} = -1,7 \cdot 10^6$Joule (Το αέριο αποδίδει έργο).

Β. Για τη ζητούμενη ισχύ έχουμε:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{W_{ολ}}{T} = W_{ολ}\, f = \left(W_{AB} + W_{B\Gamma} - W_{\Gamma A}\right) f \quad \text{ή} \quad P = 8 \cdot 10^6\,\text{Watt}.$$

14. Α. Η κυκλική μεταβολή σε άξονες P - V φαίνεται στην εικόνα.



Β. Το ζητούμενο έργο για κάθε μεταβολή είναι:

$W_{AB} = P_A (V_B - V_A)$.

Αλλά από τη σχέση $P_A V_A^{5/3} = 160$ βρίσκουμε:

$V_A^{5/3} = 1$ ή $V_A = 1m^3$.

Έτσι έχουμε:

$W_{AB} = 160\,(8\text{-}1)\text{Joule}$ ή $W_{AB} = 1.120\text{Joule}$.

Για την ισόχωρη ψύξη είναι $W_{B\Gamma} = 0$

Για την αδιαβατική συμπίεση έχουμε:

$$W_{\Gamma A} = \frac{P_A V_A - P_\Gamma V_\Gamma}{1-\gamma}.$$

Αλλά από τη σχέση $P_\Gamma V_\Gamma^{5/3} = 160$ βρίσκουμε

$$P_\Gamma V_B^{5/3} = 160 \quad ή \quad P_\Gamma = \frac{160}{8^{5/3}}\,N/m^2 = \frac{160}{\left(2^3\right)^{5/3}}\,N/m^2 = 5\,N/m^2.$$

Έτσι $W_{\Gamma A} = \dfrac{160 \cdot 1 - 5 \cdot 8}{1 - \dfrac{5}{3}}\text{Joule}$ ή $W_{\Gamma A} = -180\text{Joule}$, δηλαδή το αέριο αποδίδει 180Joule.

Για το ολικό έργο $W_{ολ} = W_{AB} + W_{\Gamma A} = (1.120 - 180)\text{Joule}$ ή

$$W_{ολ} = 940\text{Joule}.$$

Γ. Η θερμότητα για την ισοβαρή μεταβολή είναι:

$Q_{AB} = nC_P\Delta T$ και επειδή $P_A\Delta V = nR\Delta T$ έχουμε:

$$Q_{AB} = C_P \frac{P_A \Delta V}{R}.$$

Γνωρίζουμε όμως ότι $\gamma = \dfrac{5}{3}$ δηλαδή $\gamma = \dfrac{C_P}{C_V} = \dfrac{5}{3}$. Η σχέση αυτή ικανοποιείται μόνο για μονοατομικό αέριο που έχει $C_P = \dfrac{5}{2}R$ και $C_V = \dfrac{3}{2}R$.

Έτσι έχουμε:

$$Q_{AB} = \frac{5}{2}R\frac{P_A \Delta V}{R} = \frac{5}{2}160(8-1)\text{Joule} \quad ή \quad Q_{AB} = 2.800\text{Joule}.$$

Αυτή είναι η προσφερόμενη στο αέριο θερμότητα κατά τη διάρκεια του κύκλου.

Επίσης $Q_{ΒΓ} = nC_V ΔT$ και επειδή $ΔP\,V = nRΔT$ έχουμε:

$$Q_{ΒΓ} = C_V \frac{VΔP}{R} = \frac{3}{2} R \frac{VΔP}{R} = \frac{3}{2} 8(5 - 160)\text{Joule} \quad ή$$

$$Q_{ΒΓ} = -1.860\text{Joule}.$$

Για την αδιαβατική μεταβολή είναι $Q_{ΓΑ} = 0$.

Δ. Η απόδοση της κυκλικής μεταβολής είναι:

$$α = \frac{W_{ολ}}{Q_{προσφ.}} = \frac{W_{ολ}}{Q_{AB}} = \frac{940}{2.800} \quad ή \quad α = 33\%$$

15. Πριν την εκτόνωση ισχύει:

$$\sqrt{\overline{υ_1^2}} = \sqrt{\frac{3KT_1}{m}} \qquad (α)$$

Με την εκτόνωση το αέριο ψύχεται σε μια νέα θερμοκρασία T_2.

Έτσι: $$\sqrt{\overline{υ_2^2}} = \sqrt{\frac{3KT_2}{m}} \qquad (β)$$

Διαιρούμε τις σχέσεις (α) και (β) κατά μέλη και βρίσκουμε:

$$\frac{\sqrt{\overline{υ_1^2}}}{\sqrt{\overline{υ_2^2}}} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}} \quad ή \quad 2 = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}} \quad ή \quad 4 = \frac{T_1}{T_2} \qquad (γ)$$

Από την καταστατική εξίσωση για την αρχική και την τελική κατάσταση του αερίου έχουμε:

$P_1V_1 = nRT_1$ και $P_2V_2 = nRT_2$.

Έτσι: $$\frac{T_1}{T_2} = \frac{P_1}{P_2}\frac{V_1}{V_2} \qquad (δ)$$

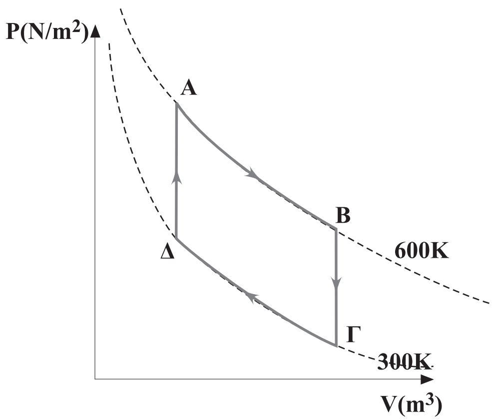
Αλλά $P_1V_1^γ = P_2V_2^γ$ ή $$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^γ \qquad (ε)$$

Έτσι από τη σχέση (γ), (δ) και (ε) βρίσκουμε:

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^γ \frac{V_1}{V_2} \quad ή \quad 4 = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{γ-1} \quad ή \quad 2^2 = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{2/5} \quad ή$$

$$\left(2^2\right)^{5/2} = \left(\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{2/5}\right)^{5/2} \quad ή \quad 2^5 = \frac{V_2}{V_1} \quad ή \quad V_2 = 32V_1$$

16. Α. Η ζητούμενη μεταβολή φαίνεται στην εικόνα:



Β. Το αέριο ανταλλάσσει έργο με το περιβάλλον μόνο κατά τις ισόθερμες μεταβολές ΑΒ και ΓΔ, αφού κατά τις δύο ισόχωρες μεταβολές το έργο είναι μηδέν. Έτσι βρίσκουμε:

$$W_{AB} = nRT_A \ell n \frac{V_B}{V_A} = P_A V_A \ell n \frac{V_B}{V_A} =$$

$$= 8 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \ell n \frac{8 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-3}} \text{Joule} \quad ή \quad W_{AB} = 16 \cdot 10^2 \ell n4\text{Joule.}$$

Επίσης $W_{\Gamma\Delta} = nRT_\Delta \ell n \dfrac{V_\Delta}{V_\Gamma} = P_\Delta V_\Delta \ell n \dfrac{V_\Delta}{V_\Gamma}$ (α)

Αλλά $\dfrac{P_A}{T_A} = \dfrac{P_\Delta}{T_\Delta}$ ή $P_\Delta = \dfrac{P_A T_\Delta}{T_A} = \dfrac{8 \cdot 10^5 \cdot 300}{600} \text{N/m}^2$ ή

$P_\Delta = 4 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$

Έτσι με αντικατάσταση στη σχέση (α) βρίσκουμε:

$$W_{\Gamma\Delta} = 4 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \ell n \frac{2 \cdot 10^{-3}}{8 \cdot 10^{-3}} \quad ή \quad W_{\Gamma\Delta} = -8 \cdot 10^2 \ell n4\text{Joule}$$

Άρα για το ολικό έργο έχουμε:

$$W_{ολ} = W_{AB} - W_{\Gamma\Delta} = 16 \cdot 10^2 \ell n4 - 8 \cdot 10^2 \ell n4 \quad ή$$

$$W_{ολ} = 8 \cdot 10^2 \ell n4\text{Joule}$$

Η ζητούμενη απόδοση είναι:

$$\alpha = \frac{W_{ολ}}{Q_{προσφ.}} = \frac{W_{ολ}}{Q_{AB} + Q_{\Delta A}} = \frac{8 \cdot 10^2 \ell n4}{16 \cdot 10^2 \ell n4 + 4 \cdot 10^2 \ell n4} \quad ή \quad \alpha = 40\%$$

Γ. Επειδή οι μεταβολές ΑΒ και ΓΔ είναι ισόθερμες ισχύει $Q_{AB} = W_{AB}$ και $Q_{\Gamma\Delta} = W_{\Gamma\Delta}$. Έτσι:

$$\frac{Q_{AB}}{Q_{\Gamma\Delta}} = \frac{W_{AB}}{W_{\Gamma\Delta}} \quad ή \quad \frac{Q_{AB}}{Q_{\Gamma\Delta}} = -2$$

17. Για τη ζητούμενη απόδοση έχουμε:

$$\alpha = \frac{W_{ολ}}{Q_{προσφ.\ συνολικά}} = \frac{W_{ολ}}{Q_{AB} + Q_{B\Gamma}} \qquad (\alpha)$$

Αλλά $W_{ολ}$ = εμβαδόν κύκλου ή

$W_{ολ} = (A\Delta)\,(AB) = (2V\text{-}V)\,(2P\text{-}P)$ ή

$W_{ολ} = PV$

Επίσης για τις θερμότητες Q_{AB} και $Q_{B\Gamma}$ έχουμε:

$Q_{AB} = nC_V\Delta T = nC_V T$ και $Q_{B\Gamma} = nC_P\Delta T = 2nC_P T$

Με αντικατάσταση στη σχέση (α) έχουμε:

$$\alpha = \frac{W_{ολ}}{Q_{AB} + Q_{B\Gamma}} = \frac{PV}{nC_V T + 2nC_P T} = \frac{nRT}{nT\,(C_V + 2C_P)} \quad ή$$

$$\alpha = \frac{R}{\frac{3R}{2} + 2\,\frac{5R}{2}} = \frac{R}{\frac{13R}{2}} \quad ή \quad \alpha = \frac{2}{13} \quad ή$$

$$\alpha = 15{,}4\%$$

18. Γνωρίζουμε ότι η απόδοση για οποιοδήποτε κύκλο είναι:

$$\alpha = \frac{W_{ολ}}{Q_{προσφ.(ολ)}}.$$

Έτσι για το συγκεκριμένο κύκλο έχουμε:

$$\alpha = \frac{W_{AB} + W_{B\Gamma}}{Q_{\Gamma A}}.$$

Αλλά $Q_{\Gamma A} = \Delta U_{\Gamma A}$, ενώ $\Delta U_{\Gamma A} = \Delta U_{BA}$, επειδή $\Delta U_{B\Gamma} = 0$. Επίσης $\Delta U_{BA} = W_{AB}$. Έτσι τελικά $W_{AB} = Q_{\Gamma A}$ και

$$\alpha = \frac{Q_{\Gamma A} + W_{B\Gamma}}{Q_{\Gamma A}} = 1 - \frac{nRT_1 \ell n \frac{V_B}{V_\Gamma}}{nC_V(T_2 - T_1)} = 1 - \frac{R\ell n \frac{V_B}{V_\Gamma}}{\frac{3R}{2}} \quad ή$$

$$\alpha = 1 - \frac{2\ell n \frac{V_B}{V_\Gamma}}{3} \qquad (\alpha)$$

Από την αδιαβατική μεταβολή έχουμε:

$$P_A V_A{}^{\gamma} = P_B V_B{}^{\gamma} \quad \text{ή} \quad \left(\frac{V_B}{V_\Gamma}\right)^{\gamma} = \frac{P_A}{P_B}$$ και με τη βοήθεια της καταστατικής εξίσωσης βρίσκουμε:

$$\left(\frac{V_B}{V_\Gamma}\right)^{\gamma} = \frac{\dfrac{nRT_2}{V_\Gamma}}{\dfrac{nRT_1}{V_B}} = \frac{2V_B}{V_\Gamma} \quad \text{ή}$$

$$\left(\frac{V_B}{V_\Gamma}\right)^{\gamma-1} = 2 \quad \text{ή} \quad \left(\frac{V_B}{V_\Gamma}\right)^{2/3} = 2 \quad \text{ή} \quad \frac{V_B}{V_\Gamma} = 2^{3/2}.$$

Αντικαθιστούμε στη σχέση (α) και βρίσκουμε:

$$\alpha = 1 - \frac{2\ell n\, 2^{3/2}}{3} = 1 - \frac{2\,\frac{3}{2}\,\ell n\, 2}{3} = 1 - \ell n\, 2 \quad \text{ή} \quad \alpha = 31\%$$

19. Η ισχύς της μηχανής είναι:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Q_1 - Q_2}{t} \quad \text{ή} \quad \frac{Q_2}{t} = \frac{Q_1}{t} - P \qquad (\alpha)$$

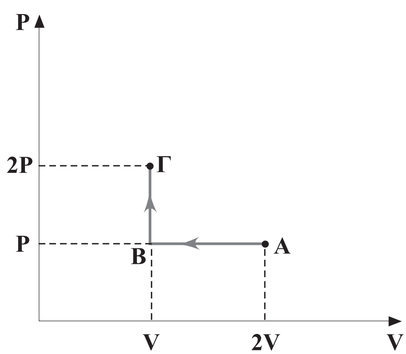
Αλλά για τη μηχανή Carnott ισχύει:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad \text{ή} \quad Q_1 = \frac{T_1}{T_2} Q_2 \quad \text{ή} \quad \frac{Q_1}{t} = \frac{T_1}{T_2}\frac{Q_2}{t} \qquad (\beta)$$

Από τις σχέσεις (α) και (β) βρίσκουμε:

$$\frac{Q_2}{t} = \frac{T_1}{T_2}\frac{Q_2}{t} - P \quad \text{ή} \quad \frac{Q_2}{t}\left(\frac{T_1}{T_2} - 1\right) = P \quad \text{ή} \quad \frac{Q_2}{t} = 15\text{kW}$$

20. Η μεταβολή του αερίου φαίνεται στην εικόνα.



Η καταστατική εξίσωση για την αρχική και την τελική κατάσταση του αερίου είναι:

$P_A V_A = nRT_A$ και

$P_\Gamma V_\Gamma = nRT_\Gamma$,

από τις οποίες με διαίρεση κατά μέλη βρίσκουμε:

$$\frac{P\,2V}{2P\,V} = \frac{T_A}{T_\Gamma} \quad \text{ή} \quad T_A = T_\Gamma.$$

Δηλαδή υπάρχει ισόθερμη καμπύλη που συνδέει την αρχική με την τελική κατάσταση. Άρα:

$$\Delta S_{AB\Gamma} = \Delta S_{A\Gamma(\text{ισόθερμα})} = \frac{Q}{T} = \frac{nRT\ell n\dfrac{V_\Gamma}{V_A}}{T} = nR\ell n\frac{1}{2} \quad \text{ή}$$

$$\Delta S_{A\Gamma} = -R\ell n\,2 \quad \text{ή} \quad \Delta S_{A\Gamma} = -8{,}314\ell n\,2\,\text{Joule}/\text{K}.$$

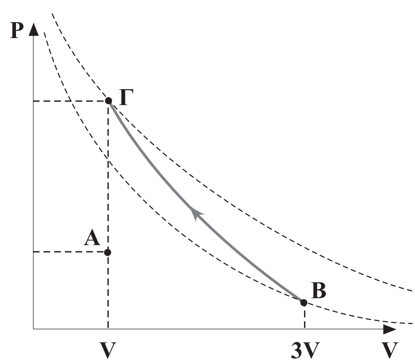
21. Α. Η ελεύθερη εκτόνωση αποδίδεται μόνο με δύο σημεία Α και Β, όπως φαίνεται στην εικόνα, για τα οποία η καταστατική εξίσωση είναι:

$P_0 V = nRT$ και

$P_B 3V = nRT$

από τις οποίες με διαίρεση κατά μέλη βρίσκουμε:

$$\frac{P_0}{3P_B} = 1 \quad \text{ή} \quad P_B = \frac{P_0}{3}$$



Β. Για την αδιαβατική μεταβολή ΒΓ έχουμε:

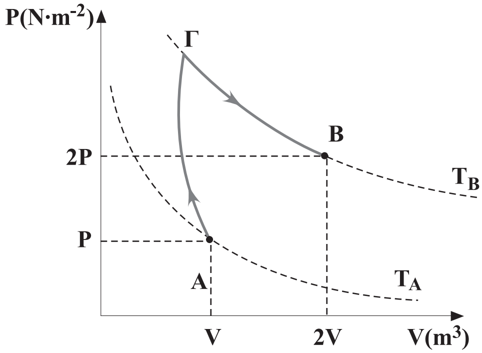
$$P_B V_B{}^\gamma = P_\Gamma V_\Gamma{}^\gamma \quad \text{ή} \quad \frac{P_0}{3}(3V)^\gamma = P_0\,3^{1/3}\,V^\gamma \quad \text{ή}$$

$$\frac{(3V)^\gamma}{3} = V^\gamma\,3^{1/3} \quad \text{ή} \quad 3^\gamma = 3^{4/3} \quad \text{ή} \quad \gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{4}{3}$$

22. Η μεταβολή του αερίου είναι άγνωστη και έτσι στο διάγραμμα P-V σημειώνουμε μόνο την αρχική και την τελική κατάσταση A και B αντίστοιχα. Είναι φανερό ότι το αέριο μπορούσε να έρθει στην τελική κατάσταση με μια άλλη διαδικασία, π.χ. με αδιαβατική συμπίεση ΑΓ και στη συνέχεια ισόθερμη εκτόνωση ΓΒ, οπότε η μεταβολή στην εσωτερική ενέργεια και την εντροπία θα ήταν η ίδια. Άρα:

$$\Delta U_{AB} = \Delta U_{A\Gamma} + \Delta U_{\Gamma B} = \Delta U_{A\Gamma} + 0 \quad ή \quad \Delta U_{AB} = W_{\Gamma A} \quad ή$$

$$\Delta U_{AB} = \frac{P_A V_A - P_\Gamma V_\Gamma}{1-\gamma} \quad ή \quad \Delta U_{AB} = 18 \cdot 10^5 \, \text{Joule}$$



Επίσης για τη μεταβολή της εντροπίας έχουμε:

$$\Delta S_{AB} = \Delta S_{A\Gamma} + \Delta S_{\Gamma B} = 0 + \Delta S_{\Gamma B} = \frac{Q_{\Gamma B}}{T_B} = \frac{nRT_B \ell n \frac{V_B}{V_\Gamma}}{T_B} \quad ή$$

$$\Delta S_{AB} = nR\ell n \frac{V_B}{V_\Gamma} \qquad (\alpha)$$

Αλλά $P_A V_A{}^\gamma = P_\Gamma V_\Gamma{}^\gamma$, που με τη βοήθεια της σχέσης $P_\Gamma V_\Gamma = P_B V_B$ γίνεται:

$$P_A V_A{}^\gamma = \frac{P_B V_B}{V_\Gamma} V_\Gamma{}^\gamma \quad ή \quad 4^\gamma = 16 V_\Gamma{}^{\gamma-1} \quad ή$$

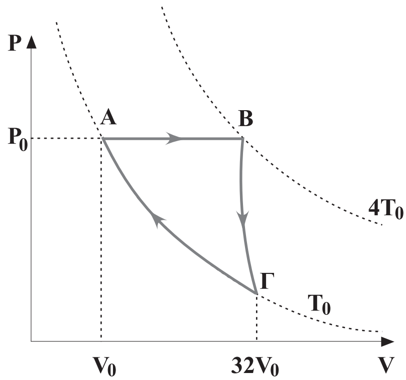
$$V_\Gamma = 4^{-1/2} \quad ή \quad V_\Gamma = 0{,}5\text{m}$$

Έτσι η σχέση (α) γράφεται:

$$\Delta S_{AB} = \frac{P_A V_A}{T_A} \ell n \frac{V_B}{V_\Gamma}$$

από την οποία βρίσκουμε τελικά $\Delta S_{AB} = 3.200 \ell n 2 \, \frac{J}{K}$.

23. Α. Ο ζητούμενος κύκλος φαίνεται στην εικόνα.



Από την εξίσωση της μεταβολής ΑΒ έχουμε:

$$\frac{V_0}{T_0} = \frac{V_B}{4T_0} \quad ή \quad V_B = 4V_0$$

Από τη μεταβολή ΒΓ βρίσκουμε:

$$P_0 V_B{}^{\gamma} = P_\Gamma (32V_0)^{\gamma} \quad ή \quad P_0 4^{\gamma} = P_\Gamma 32^{\gamma} \qquad (\alpha)$$

$$\text{Αλλά } P_0V_0 = P_\Gamma 32V_0 \quad ή \quad P_\Gamma = \frac{P_0}{32} \qquad (\beta)$$

Από τις σχέσεις (α) και (β) βρίσκουμε:

$$P_0\, 4^{\gamma} = \frac{P_0}{32} 32^{\gamma} \quad ή \quad 4^{\gamma} = 32^{\gamma-1} \quad ή \quad 2^{2\gamma} = 2^{5(\gamma-1)} \quad ή \quad \gamma = \frac{5}{3}$$

Β. Για την απόδοση του κύκλου έχουμε:

$$\alpha = \frac{W_{ολ}}{Q_{AB}} = \frac{W_{AB} + W_{B\Gamma} + W_{\Gamma A}}{Q_{AB}} \quad ή$$

$$\alpha = \frac{P_0(4V_0 - V_0) + \dfrac{\dfrac{P_0}{32}32V_0 - P_0\, 4V_0}{1 - \dfrac{5}{3}} + nRT_0 \ell n \dfrac{V_0}{32V_0}}{nC_P(4T_0 - T_0)} \quad ή$$

$$\alpha = \frac{3nRT_0 + \dfrac{9}{2} nRT_0 - 5nRT_0 \ell n\, 2}{\dfrac{15nRT_0}{2}} \quad ή$$

$$\alpha = 1 - \frac{2}{3}\ell n\, 2 \quad ή \quad \alpha = 53{,}3\%$$

Γ. Για τον κύκλο ΑΒΓΑ ισχύει:

$\Delta S_{AB} + \Delta S_{B\Gamma} + \Delta S_{\Gamma A} = 0$

Αλλά $\Delta S_{B\Gamma} = 0$, οπότε

$$\Delta S_{AB} + \Delta S_{\Gamma A} = 0 \quad ή \quad \Delta S_{AB} = -\Delta S_{\Gamma A} \quad ή \quad \frac{\Delta S_{AB}}{\Delta S_{\Gamma A}} = -1$$

24. Α. Για τις δύο καταστάσεις Α και Β βρίσκουμε:

$$U_A = \frac{3}{2}nRT_A = \frac{3}{2}P_A V_A = \frac{3}{2}10^5 \cdot 50 \cdot 10^{-3}\,\text{Joule} \quad ή$$

$$U_A = 7.500\text{Joule}$$

$$U_B = \frac{3}{2}nRT_B = \frac{3}{2}P_B V_B = \frac{3}{2}3 \cdot 10^4 \cdot 150 \cdot 10^{-3}\,\text{Joule} \quad ή$$

$$U_B = 6.750\text{Joule}$$

Β. $\Delta U_{\Gamma A} = U_A - U_\Gamma = U_A - U_B$ επειδή για την ισόθερμη μεταβολή ΒΓ είναι $\Delta U_{B\Gamma} = 0$, δηλαδή $U_B = U_\Gamma$. Έτσι

$\Delta U_{\Gamma A} = (7.500 - 6.750)$Joule ή $\Delta U_{\Gamma A} = 750$Joule.

Από τη σχέση $\Delta S_{ολ} = 0$ (για τον κύκλο) έχουμε:

$\Delta S_{AB} + \Delta S_{B\Gamma} + \Delta S_{\Gamma A} = 0 \;\; (\Delta S_{AB} = 0)$ ή

$$\Delta S_{B\Gamma} + \Delta S_{\Gamma A} = 0 \quad ή \quad \Delta S_{\Gamma A} = -\Delta S_{B\Gamma} = -\frac{nRT_B \ell n \frac{V_\Gamma}{V_B}}{T_B} \quad ή$$

$$\Delta S_{\Gamma A} = -nR\ell n\frac{V_\Gamma}{V_B} = -\frac{P_A V_A}{T_A}\ell n\frac{V_\Gamma}{V_B} \quad ή$$

$$\Delta S_{\Gamma A} = -\frac{10^5 \cdot 50 \cdot 10^{-3}}{500}(-\ell n 3) \quad ή$$

$$\Delta S_{\Gamma A} = 10\,\ell n 3\frac{\text{Joule}}{\text{K}} \quad ή \quad \Delta S_{\Gamma A} = 10{,}99\frac{\text{Joule}}{\text{K}}$$

25. Α. $W = P\Delta V = P(2V-V) = PV = nRT$ ή

$W = 10 \cdot 8{,}31 \cdot 300$Joule ή $W = 24.930$Joule

Β. Από την εξίσωση της ισοβαρούς μεταβολής έχουμε:

$$\frac{V}{T_A} = \frac{2V}{T_B} \quad ή \quad T_B = 2T_A \quad ή \quad T_B = 600\text{K}.$$

Γ. Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας είναι:

$\Delta U = nC_V\Delta T = n(C_P - R)\;(T_B - T_A)$ ή

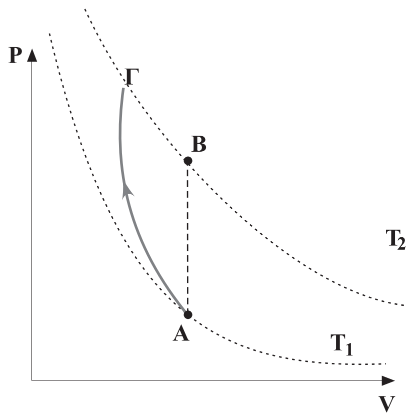
$\Delta U = 10\,(20{,}8 - 8{,}31)\,300$Joule ή $\Delta U = 37.470$Joule

Δ. Από τον πρώτο θερμοδυναμικό νόμο έχουμε:

$Q = \Delta U + W = (37.470 + 24.930)\text{Joule}$ ή $Q = 62.400\text{Joule}$.

26. Μετά τη θερμική ισορροπία το αέριο αποκτά τη θερμοκρασία T_2 με προσφορά θερμότητας Q από τη θάλασσα, ενώ ο όγκος παραμένει σταθερός. Η αρχική και η τελική κατάσταση A και B αντίστοιχα φαίνονται στην εικόνα. Κατά τη διάρκεια της μεταβολής η θερμοκρασία της θάλασσας παραμένει σταθερή, οπότε:

$$\Delta S_\Theta = \frac{Q}{T_2} \qquad (\alpha)$$



Η θερμότητα Q που πρόσφερε η θάλασσα είναι ίση με αυτή που απορρόφησε το αέριο, δηλαδή

$Q = nC_V\Delta T$ ή $Q = nC_V(T_2 - T_1)$ (β)

Έτσι από τις σχέσεις (α) και (β) βρίσκουμε:

$$\Delta S_\Theta = \frac{Q}{T_2} \quad \text{ή} \quad \Delta S_\Theta = \frac{nC_V(T_2 - T_1)}{T_2}$$

Για τη μεταβολή της εντροπίας του αερίου έχουμε:

$$\Delta S_{AB} = \Delta S_{A\Gamma} + \Delta S_{\Gamma B} = 0 + \Delta S_{\Gamma B} = \frac{Q_{\Gamma B}}{T_2} \quad \text{ή}$$

$$\Delta S_{AB} = \frac{nRT_2 \ell n \dfrac{V_B}{V_\Gamma}}{T_2} = nR\ell n\frac{V_B}{V_\Gamma} \qquad (\gamma)$$

Αλλά $P_A V_A^\gamma = P_\Gamma V_\Gamma^\gamma$ και $\left(\dfrac{V_B}{V_\Gamma}\right)^\gamma = \dfrac{P_\Gamma}{P_A}$, στην οποία αντικαθιστώντας τη σχέση $P_\Gamma = \dfrac{V_B}{V_\Gamma} \cdot P_B$ βρίσκουμε ότι $\left(\dfrac{V_B}{V_\Gamma}\right)^{\gamma-1} = \dfrac{P_B}{P_A}$.

Από τη εξίσωση της ισόχωρης μεταβολής ΑΒ έχουμε:

$$\frac{P_A}{T_1} = \frac{P_B}{T_2} \quad ή \quad \frac{P_B}{P_A} = \frac{T_2}{T_1}.$$

Έτσι τελικά βρίσκουμε:

$$\left(\frac{V_B}{V_\Gamma}\right)^{\gamma-1} = \frac{T_2}{T_1} \quad ή \quad \frac{V_B}{V_\Gamma} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}$$

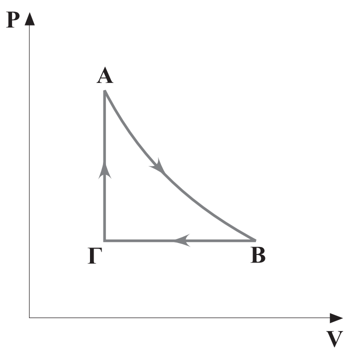
Με αντικατάσταση στη σχέση (γ) έχουμε:

$$\Delta S = nR\ell n\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}} \quad ή$$

$$\Delta S = nR\frac{1}{\gamma-1}\ell n\frac{T_2}{T_1} = nR\frac{C_V}{C_P - C_V}\ell n\frac{T_2}{T_1} \quad ή$$

$$\Delta S = nC_V\ell n\frac{T_2}{T_1}$$

27. Α. Η μεταβολή του αερίου φαίνεται στην εικόνα.



	Q	ΔU	W	T	ΔS
Α→Β	0	-	+	-	0
Β→Γ	-	-	-	-	-
Γ→Α	+	+	0	+	+

Β. Επειδή $\Delta S_{ολ} = 0$ και $\Delta S_{AB} = 0$, η ελάττωση της εντροπίας κατά την ισόβαρη μεταβολή ΒΓ είναι ίση με την αύξησή της κατά την ισόχωρη ΓΑ. Επίσης επειδή $\Delta U_{ολ} = 0$ και η ελάττωση $\Delta U_{AB} + \Delta U_{B\Gamma}$ είναι ίση με την αύξηση $\Delta U_{\Gamma A}$ πρέπει ΔU_{AB}<-$\Delta U_{\Gamma A}$.

Γ. Επειδή $W_{ολ} = Q_{\Gamma A} - Q_{B\Gamma}$ και $W_{ολ}>0$ πρέπει να είναι $Q_{\Gamma A}>Q_{B\Gamma}$, αφού διαφορετικά παραβιάζεται ο πρώτος θερμοδυναμικός νόμος.

Κεφάλαιο 2.1

1. Από την ισορροπία της τρίχας έχουμε:

$$B = F_{\eta\lambda} \quad ή \quad mg = E\cdot q \quad ή \quad q = \frac{mg}{E} \quad ή \quad q = \frac{1{,}6\cdot 10^{-6}\cdot 10}{2\cdot 10^{3}}C \quad ή$$

$q = 8\cdot 10^{-9}C$.

2. Α. Από το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα έχουμε:

$$\alpha = \frac{F}{m} = \frac{E\,q}{m} = \frac{2\cdot 10^{4}\cdot 100\cdot 1{,}6\cdot 10^{-19}}{3{,}2\cdot 10^{-15}}\,m/s^2 \quad ή \quad \alpha = 100m/s^2$$

Β. Για τη ζητούμενη ταχύτητα έχουμε:

$$\upsilon = \sqrt{2\alpha\ell} = \sqrt{2\cdot 100\cdot 1{,}2\cdot 10^{-2}}\,m/s \quad ή \quad \upsilon = \sqrt{2{,}4}\,m/s.$$

3. Η κινητική ενέργεια που αποκτούν τα ηλεκτρόνια είναι ίση με το έργο της ηλεκτρικής δύναμης. Δηλαδή:

$$K = W_F \quad ή \quad K = F\cdot\ell = E\cdot e\cdot\ell \quad ή$$

$$\ell = \frac{K}{E\,e} = \frac{3\cdot 10^{-19}}{3\cdot 10^{6}\cdot 1{,}6\cdot 10^{-19}}\,m \quad ή \quad \ell = 62{,}5\cdot 10^{-5}mm.$$

4. Για τη ζητούμενη ένταση έχουμε:

$$E = K\frac{Q}{R^2} = K\frac{e}{R^2} = 9\cdot 10^{9}\cdot\frac{1{,}6\cdot 10^{-19}}{\left(0{,}54\cdot 10^{-10}\right)^2}\,N/C \quad ή$$

$E = 4{,}9\cdot 10^{11}N/C$.

Για το δυναμικό βρίσκουμε:

$$V = K\frac{Q}{R} = K\frac{e}{R} = 9\cdot 10^{9}\,\frac{1{,}6\cdot 10^{-19}}{0{,}54\cdot 10^{-10}}\,Volt \quad ή \quad V = 26{,}7Volt$$

5. Η ζητούμενη ενέργεια είναι ίση με το έργο της ηλεκτρικής δύναμης. Δηλαδή:

$U = W_F = eV$ ή

$U = 1{,}6\cdot 10^{-19}\cdot 1{,}5Joule$ ή

$U = 2{,}4\cdot 10^{-19}Joule$

6. Από το νόμο του Coulomb βρίσκουμε:

$$F = K\frac{e \cdot e}{x^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{\left(1{,}6 \cdot 10^{-19}\right)^2}{\left(3 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-3}\right)^2} N \quad ή \quad F = 25{,}6 \cdot 10^{-12} N$$

Για τη δυναμική ενέργεια του συστήματος έχουμε:

$$U = K\frac{e \cdot e}{x} = 9 \cdot 10^9 \frac{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}}{3 \cdot 10^{-9}} \text{Joule} \quad ή$$

$U = 76{,}8 \cdot 10^{-21}$Joule.

7. Α. Για τη χωρητικότητα έχουμε:

$$C = \varepsilon_0 \frac{S}{\ell} = 8{,}85 \cdot 10^{-12} \frac{3 \cdot 10^{-2}}{1{,}5 \cdot 10^{-3}} F \quad ή \quad C = 17{,}7 \cdot 10^{-11} F$$

Β. Ο πυκνωτής θα αποκτήσει φορτίο
$Q = C \cdot V = 17{,}7 \cdot 10^{-11} \cdot 12C \quad ή \quad Q = 212{,}4 \cdot 10^{-11}C$

8. Α. Για την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου του πυκνωτή έχουμε:

$$E = \frac{V}{\ell} = \frac{\frac{Q_0}{C_0}}{\ell} = \frac{Q_0}{C_0 \ell} \quad ή \quad E = \frac{2{,}4 \cdot 10^{-3}}{0{,}3 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-3}} N/C \quad ή$$

$E = 4 \cdot 10^6 N/C$

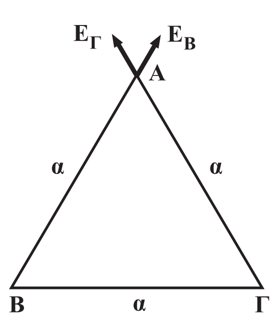
Β. Γνωρίζουμε ότι $\varepsilon = \dfrac{C}{C_0} \quad ή \quad C = \varepsilon C_0 \quad ή$

$C = 1{,}5 \cdot 0{,}3\mu F \quad ή \quad C = 0{,}45\mu F$

9. Α. Οι εντάσεις στο σημείο Α από τα δύο φορτία έχουν ίδια τιμή. Δηλαδή:

$$E_B = E_\Gamma = K\frac{Q}{\alpha^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{10^{-8}}{\left(30 \cdot 10^{-2}\right)^2} N/C$$

ή $E_B = E_\Gamma = 10^3$ N/C.



Έτσι η ζητούμενη ένταση E_A θα είναι:

$$E_A = \sqrt{E_B^2 + E_\Gamma^2 + 2E_B E_\Gamma συν60} \quad ή$$

$$E_A = 10^3\sqrt{3}\ N/C$$

Β. Για τη δύναμη στο φορτίο q έχουμε:

$$F = E_A \cdot q = 10^3 \cdot \sqrt{3} \cdot 1 \cdot 10^{-6}\,N \quad ή \quad F = 10^{-3}\sqrt{3}N$$

10. Α. Για να ισορροπεί η σταγόνα πρέπει

$$\Sigma F = 0 \quad ή \quad mg = F_{ηλ} \quad ή \quad mg = E{\cdot}q = \frac{V}{\ell}\cdot e \quad ή$$

$$V = \frac{mg\ell}{e} = \frac{1{,}28 \cdot 10^{-4} \cdot 10 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{1{,}6 \cdot 10^{-19}}\,Volt \quad ή \quad V = 40 \cdot 10^{12}\,Volt$$

Β. Η δύναμη $F_{ηλ}$ έχει φορά προς τα επάνω επειδή όμως το φορτίο της σταγόνας είναι αρνητικό η ένταση θα έχει φορά προς τα κάτω, δηλαδή θετικά φορτισμένη πρέπει να είναι η πάνω πλάκα.

Γ. Το φορτίο της σταγόνας διπλασιάζεται και όπως προκύπτει από τη σχέση $V = \dfrac{mg\ell}{e}$ η διαφορά δυναμικού υποδιπλασιάζεται. Δηλαδή $V' = 20{\cdot}10^{12}Volt$

Δ. Η ηλεκτρική δύναμη μηδενίζεται (η σταγόνα εκφορτίζεται) και κατά συνέπεια η σταγόνα θα κάνει ελεύθερη πτώση.

11. Η ζητούμενη ροή είναι:

$$\Phi = \frac{q}{\varepsilon_0} = \frac{17{,}7 \cdot 10^{-9}}{8{,}85 \cdot 10^{-12}}\,Wb \quad ή \quad \Phi = 2 \cdot 10^3\,Wb \quad ή \quad \Phi = 2 \cdot 10^3\,\frac{Nm^2}{C}$$

12. Η ολική ροή μέσω των σφαιρών ακτίνας R και 2R είναι ίδια, ίση με:

$$\Phi_{ολ} = \frac{\Phi}{\varepsilon_0} = \frac{50 \cdot 10^{-6}}{8{,}85 \cdot 10^{-12}}\,\frac{N \cdot m^2}{C} = 5{,}65 \cdot 10^6\,\frac{N \cdot m^2}{C}$$

Α. Από την επιφάνεια $4\pi R^2$ διέρχεται ροή $\Phi_{ολ}$
Από την επιφάνεια S διέρχεται ροή Φ_1;

$$\Phi_1 = \Phi_{ολ}\,\frac{S}{4\pi R^2} = 5{,}65 \cdot 10^6 \cdot \frac{20 \cdot 10^{-4}}{4 \cdot 3{,}14 \cdot 1^2}\,\frac{Nm^2}{C} \quad ή \quad \Phi_1 = 900\,\frac{Nm^2}{C}$$

Β. Αντίστοιχα για την περίπτωση της σφαίρας διπλάσιας ακτίνας βρίσκουμε:

$$\Phi_2 = \Phi_{ολ}\,\frac{S}{4\pi(2R)^2} = 5{,}65 \cdot 10^6\,\frac{20 \cdot 10^{-4}}{4 \cdot 3{,}14 \cdot 4}\,\frac{N \cdot m^2}{C} \quad ή$$

$$\Phi_2 = 225\,\frac{N \cdot m^2}{C}$$

13. Στην πρώτη περίπτωση η ροή οφείλεται μόνο στο φορτίο q_1 που βρίσκεται εντός της σφαιρικής επιφάνειας. Έτσι:

$$\Phi_1 = \frac{q_1}{\varepsilon_0} = \frac{12 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-6}}{8{,}85 \cdot 10^{-12}} \frac{Nm^2}{C} \quad ή \quad \Phi_1 = 1.356 \frac{Nm^2}{C}$$

Στην δεύτερη περίπτωση η σφαιρική επιφάνεια περιβάλλει και τα δύο φορτία. Έτσι:

$$\Phi_2 = \frac{Q_{ολ}}{\varepsilon_0} = \frac{12 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-6} - 2 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-6}}{8{,}85 \cdot 10^{-12}} \frac{Nm^2}{C} \quad ή$$

$$\Phi_2 = 1.130 \frac{Nm^2}{C}$$

14. Α. Θεωρώντας το φορτίο στο κέντρο της σφαιρικής σταγόνας, το δυναμικό στην επιφάνειά της είναι:

$$V = k\frac{Q}{R} \quad ή$$

$$R = \frac{kQ}{V} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 3 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-6}}{3 \cdot 10^2} m \quad ή \quad R = 9cm$$

Β. Η νέα σταγόνα έχει όγκο οκταπλάσιο της αρχικής. Δηλαδή:

$$\frac{4}{3}\pi R'^3 = 8\frac{4}{3}\pi R^3 \quad ή \quad R' = 2R$$

Επίσης το φορτίο τους είναι $Q = 8q$. Έτσι

$$V' = k\frac{Q}{R'} = k\frac{8q}{2R} = 9 \cdot 10^9 \frac{8 \cdot 3 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 9 \cdot 10^{-2}} Volt \quad ή$$

$$V' = 1.200 Volt$$

15. Α. Για την κινητική και τη δυναμική ενέργεια του ηλεκτρονίου βρίσκουμε:

$$K = \frac{1}{2}m\upsilon^2. \text{ Αλλά } F_{ηλ} = F_k \quad ή$$

$$k\frac{e^2}{R^2} = m\frac{\upsilon^2}{R} \quad ή \quad m\upsilon^2 = k\frac{e^2}{R}.$$

Έτσι έχουμε: $K = \frac{1}{2}k\frac{e^2}{R}$.

Επίσης $U = k\dfrac{q_1 q_2}{R}$ ή $U = -k\dfrac{e^2}{R}$

Η ζητούμενη ενέργεια είναι ίση με αυτή που πρέπει να προσφερθεί στο ηλεκτρόνιο, ώστε να έρθει στο άπειρο με μηδενική ταχύτητα. Έτσι:

$$U + K + W_x = 0 \quad ή \quad W_x = k\frac{e^2}{2R}$$

16. Α. Από τη διατήρηση της μηχανικής ενέργειας μεταξύ της αρχικής και της τελικής θέσης του σωμάτιου βρίσκουμε: $U_1 + K_1 = U_2 + K_2$ ή

$$k\frac{qq}{x} + 0 = k\frac{qq}{2x} + \frac{1}{2}m\upsilon^2 \quad ή \quad \upsilon = \sqrt{\frac{kq^2}{mx}} \quad ή \quad \upsilon = 47.434\,\text{m/s}$$

Β. Το σωμάτιο αποκτά μέγιστη ταχύτητα στο άπειρο όπου $\Sigma F = 0$. Έτσι βρίσκουμε:

$$U_1 + K_1 = U_2 + K_2 \quad ή \quad k\frac{q^2}{x} + 0 = 0 + \frac{1}{2}m\upsilon_{max}^2 \quad ή$$

$$\upsilon_{max} = \sqrt{\frac{2kq^2}{mx}} \quad ή \quad \upsilon_{max} = 67.081\,\text{m/s}$$

17. Μόλις τα σωμάτια αλληλεπιδράσουν, το πρώτο αρχίζει να επιβραδύνεται, ενώ το αρχικά ακίνητο να επιταχύνεται. Η μεταξύ τους απόσταση γίνεται ελάχιστη τη στιγμή που αποκτούν την ίδια ταχύτητα υ. Έτσι από τη διατήρηση της μηχανικής ενέργειας έχουμε:

$$\frac{1}{2}m\upsilon_0^2 + 0 = \frac{1}{2}m\upsilon^2 + \frac{1}{2}m\upsilon^2 + k\frac{q^2}{x_{min}} \qquad (\alpha)$$

Επειδή όμως το σύστημα των δύο σωματίων είναι μονωμένο, θα ισχύει η αρχή διατήρησης της ορμής. Δηλαδή:

$$m\upsilon_0 + 0 = m\upsilon + m\upsilon \qquad (\beta)$$

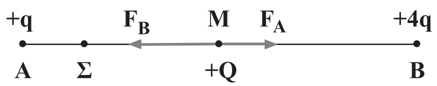
Από το σύστημα των εξισώσεων (α) και (β) βρίσκουμε:

$$x_{min} = \frac{4kq^2}{m\upsilon_0^2} \quad και \quad \upsilon = \frac{\upsilon_0}{2}$$

18. Αν το σωμάτιο είναι αρνητικό, θα κινηθεί προς το σημείο Β με αποτέλεσμα η συνισταμένη δύναμη συνεχώς να μεγαλώνει. Αυτό σημαίνει ότι η ταχύτητα του δεν είναι δυνατόν να μηδενιστεί μεταξύ των σημείων Α και Β. Πρέπει λοιπόν το σωμάτιο να έχει φορτίο θετικό. Αν η ταχύτητα μηδενιστεί στιγμιαία στο σημείο Σ έχουμε:

$$0 + (V_M - V_\Sigma)\,Q = 0 \quad ή \quad V_M = V_\Sigma \quad ή$$

$$K\frac{q}{AM} + K\frac{4q}{MB} = K\frac{q}{AM - M\Sigma} + K\frac{4q}{MB + M\Sigma}$$



Από την παραπάνω σχέση γρίσκουμε τελικά $M\Sigma = 1{,}5cm$.

19. Α. Από την ισορροπία του σωμάτιου έχουμε:

$$mg = K\frac{Q\,q}{x^2} \quad ή \quad x = 0{,}1m$$

Β. Από το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας έχουμε:

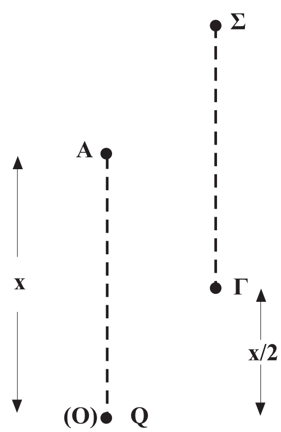
$$0 + (V_\Gamma - V_\Sigma)q - mg(\Gamma\Sigma) = 0 \quad ή \quad \left(K\frac{Q}{\frac{x}{2}} - K\frac{Q}{\frac{x}{2} + \Gamma\Sigma}\right)q = mg(\Gamma\Sigma)$$

από την οποία βρίσκουμε τελικά $O\Sigma = 0{,}2m$. Η ταχύτητα του σωματίου γίνεται μέγιστη στο σημείο Α, όπου $\Sigma F = 0$. Έτσι βρίσκουμε:

$$0 + (V_\Gamma - V_A)q - mg\frac{x}{2} = \frac{1}{2}m\upsilon_{max}^2 \quad ή$$

$$\left(K\frac{Q}{\frac{x}{2}} - K\frac{Q}{x}\right)q - mg\frac{x}{2} = \frac{1}{2}m\upsilon_{max}^2 \quad ή$$

$$\upsilon_{max} = 1m/s$$

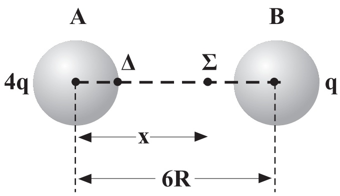


20. Αρχικά προσδιορίζουμε το σημείο Σ, για το οποίο ισχύει:

$E_A = E_B$ ή $K\dfrac{4q}{x^2} = K\dfrac{q}{(6R - x)^2}$ από την οποία βρίσκουμε

τελικά ότι $x = 4R$.

Για την απαιτούμενη ενέργεια W βρίσκουμε:



$$W = W_{F_{ηλ}} = (V_Δ - V_Σ)\frac{2q}{9} \quad ή$$

$$W = \left(k\frac{4q}{R} + k\frac{q}{5R} - k\frac{4q}{4R} - k\frac{2q}{2R}\right)\frac{2q}{9}$$

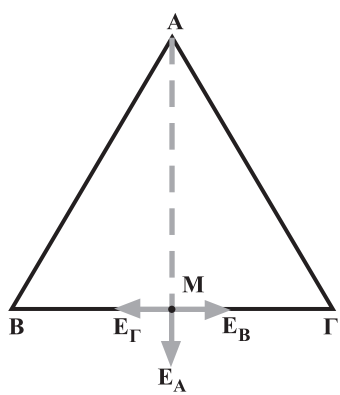
$$ή \quad W = \frac{3kq^2}{5R}$$

21. Α. Αρχικά υπολογίζουμε την απόσταση ΑΜ (ύψος του τριγώνου)

$$AM = \sqrt{α^2 - \frac{α^2}{4}} \quad ή \quad AM = \frac{α}{2}\sqrt{3}$$

Για την ένταση στο σημείο Μ έχουμε: $\vec{E}_M = \vec{E}_A + \vec{E}_B + \vec{E}_Γ$ και επειδή τα δινύσματα $\vec{E}_B$ και $\vec{E}_Γ$ είναι αντίθετα βρίσκουμε:

$$E_M = E_A = k\frac{q}{(AM)^2} = k\frac{q}{\frac{3q^2}{4}} \quad ή \quad E_M = \frac{4kq}{3α^2}$$



Το δυναμικό στο σημείο Μ είναι:

$$V_M = V_A + V_B + V_Γ = k\frac{2q}{α\sqrt{3}} + k\frac{2q}{α} + k\frac{2q}{α} \quad ή \quad V_M = \frac{5{,}15kq}{α}$$

Β. Για τη ζητούμενη ενέργεια W που είναι ίση με το έργο W_F

της δύναμης F που ασκούμε βρίσκουμε:

$0 + W_F + W_{F\eta\lambda} = 0$ ή $W_F = -W_{F\eta\lambda} = (V_M - V_\infty)(-q)$ ή

$$W_F = 5,15\frac{kq^2}{\alpha}$$

22. Α. Αν C η αρχική χωρητικότητα του πυκνωτή είναι:

$$C = \varepsilon_0 \frac{S}{\ell} \quad \text{και} \quad W = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2}C\,V^2$$

Με την ελάττωση της απόστασης των οπλισμών η χωρητικότητα αυξάνει και γίνεται:

$$C' = \varepsilon_0 \frac{S}{0{,}25\ell} = 4C$$

Αυτό στην περίπτωση που ο πυκνωτής είναι ελεύθερος αφήνει το φορτίο του σταθερό και έτσι όπως προκύπτει από τη σχέση $W = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$ η ενέργειά του ελαττώνεται και γίνεται $W' = \frac{W}{4}$

Δηλαδή έχουμε ελάττωση 75%.

Β. Στην περίπτωση που ο πυκνωτής είναι συνδεδεμένος με την πηγή η τάση παραμένει σταθερή και έτσι σύμφωνα με τη σχέση $W = \frac{1}{2}CV^2$ η ενέργεια του αυξάνεται και γίνεται $W' = 4W$, δηλαδή έχουμε αύξηση κατά 300%.

23. Α. Από την τιμή της διηλεκτρικής αντοχής βρίσκουμε:

$$E = \frac{V}{\ell} \quad \text{ή} \quad \ell = \frac{V}{E} = \frac{50}{600}\,\text{cm} \quad \text{ή} \quad \ell = \frac{1}{12}\,\text{cm}$$

Β. Η χωρητικότητα του πυκνωτή είναι:

$C = \varepsilon\,\varepsilon_0 \frac{S}{\ell} = \varepsilon\,\varepsilon_0 \frac{\pi R^2}{\ell}$ ή $R = \sqrt{\frac{C\ell}{\pi\varepsilon\,\varepsilon_0}}$ και με αντικατάσταση

R = 7cm.

24. Αρχικά η χωρητικότητα του πυκνωτή είναι $C = \varepsilon_0 \frac{S}{\ell}$ ενώ μετά γίνεται $C' = \varepsilon\,\varepsilon_0\,\dfrac{S}{\ell'}$.

Αλλά $C = C'$ ή $\varepsilon_0\,\dfrac{S}{\ell} = \varepsilon\,\varepsilon_0\,\dfrac{S}{\ell'}$ ή $\dfrac{1}{\ell} = \dfrac{\varepsilon}{\ell'}$ ή

$$\varepsilon = \frac{\ell'}{\ell} = \frac{1{,}2}{0{,}5} \quad \text{ή} \quad \varepsilon = 2{,}4$$

25. Α. Το σωμάτιο α έχει φορτίο $q = +2e$.
Έτσι η κινητική ενέργεια που αποκτά είναι
$K_\alpha = W_{F\eta\lambda} = qV = 2e\cdot V$ ή $K_\alpha = 2\cdot 1{,}6\cdot 10^{-19}\cdot 5\cdot 10^{5}$Joule ή
$K_\alpha = 16\cdot 10^{-14}$Joule.

Β. Για την κινητική ενέργεια του πρωτονίου έχουμε:
$K_\pi = W_{F\eta\lambda} = qV = eV$ ή $K_\pi = 1{,}6\cdot 10^{-19}\cdot 5\cdot 10^{5}$Joule ή
$K_\pi = 8\cdot 10^{-14}$Joule.

Γ. $$\frac{K_\alpha}{K_\pi} = \frac{\frac{1}{2}m_\alpha\,\upsilon_\alpha^2}{\frac{1}{2}m_\pi\,\upsilon_\pi^2} = \frac{4\upsilon\alpha^2\,m_\pi}{\upsilon_\pi^2\,m_\pi} \quad \text{ή}$$

$$\upsilon_\pi = 2\upsilon_\alpha\sqrt{\frac{K_\pi}{K_\alpha}} = 2\upsilon_\alpha\sqrt{\frac{8\cdot 10^{-14}}{16\cdot 10^{-14}}} \quad \text{ή} \quad \upsilon_\pi = \upsilon_\alpha\sqrt{2}$$

26. Α. Από το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας έχουμε:
$\dfrac{1}{2}m\upsilon_0^2 + W_{F\eta\lambda} = \dfrac{1}{2}m\upsilon_\Gamma^2$ δηλαδή η κινητική ενέργεια αυξήθηκε κατά $\Delta K = W_{F\eta\lambda}$ ή $\Delta K = F\cdot d$ ή $\Delta K = E\,q\,d$.

Β. Επειδή η κίνηση γίνεται στο συντηρητικό ηλεκτρικό πεδίο, η μηχανική ενέργεια του σωμάτιου παραμένει σταθερή με αποτέλεσμα η δυναμική ενέργεια να ελαττώνεται, όσο ακριβώς αυξάνεται η κινητική, δηλαδή κατά $E\,q\,d$.

Γ. Από τη σχέση $d = \dfrac{1}{2}\alpha t^2$, βρίσκουμε:

$$t = \sqrt{\frac{2d}{\alpha}} = \sqrt{\frac{2d}{\frac{Eq}{m}}} \quad \text{ή} \quad t = \sqrt{\frac{2md}{Eq}}$$

Από το νόμο του Νεύτωνα $\vec{F} = \dfrac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}$ προκύπτει ότι η μεταβολή της ορμής $\Delta\vec{p}$ είναι διάνυσμα με φορά προς τα πάνω, όπως και η δύναμη, που το μέτρο της είναι:

$$\Delta P = F \cdot \Delta t = Eq\sqrt{\frac{2md}{Eq}} \quad ή \quad \Delta P = \sqrt{2Eqmd}$$

27. Α. Για την κατακόρυφη απόκλιση y έχουμε:

$$y = \frac{1}{2}\alpha t^2 = \frac{1}{2}\frac{Eq}{m}t^2 \qquad (\alpha)$$

Αλλά $d = \upsilon_0 \cdot t$ ή $t = \dfrac{d}{\upsilon_0}$, οπότε με αντικατάσταση στη σχέση (α) βρίσκουμε: $y = \dfrac{1}{2}\dfrac{Eqd^2}{m\upsilon_0^{\ 2}}$

Β. Για τη γωνία θ που σχηματίζει η ταχύτητα υ_Γ με την οριζόντια διεύθυνση βρίσκουμε:

$$\varepsilon\varphi\theta = \frac{\upsilon_y}{\upsilon_x} = \frac{\alpha t}{\upsilon_0} = \frac{\frac{Eq}{m}\frac{d}{\upsilon_0}}{\upsilon_0} \quad ή \quad \varepsilon\varphi\theta = \frac{Eqd}{m\upsilon_0^{\ 2}}$$

Γ. Είναι $\Delta K = K_{\tau\varepsilon\lambda} - K_{\alpha\rho\chi} = W_{F\eta\lambda}$ ή $\Delta K = Eqy$ ή $\Delta K = \dfrac{E^2q^2d^2}{2m\upsilon_0^{\ 2}}$

Δ. Από το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας έχουμε:

$$K_{\alpha\rho\chi} + q(V_A - V_\Gamma) = K_{\tau\varepsilon\lambda} \quad ή \quad V_A - V_\Gamma = \frac{\Delta K}{q} \quad ή$$

$$V_A - V_\Gamma = \frac{E^2d^2q}{2m\upsilon_0^{\ 2}}$$

28. Α. Από το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας μεταξύ των σημείων Α και Γ βρίσκουμε:

$$qV = \frac{1}{2}m\upsilon_\Gamma^2 \quad ή \quad \upsilon_\Gamma = \sqrt{\frac{2qV}{m}}.$$

Δηλαδή μεγαλύτερη ταχύτητα στο σημείο Γ έχει το σωμάτιο με μεγαλύτερο λόγο q/m.

Β. Για την κατακόρυφη απόκλιση y έχουμε:

$$y = \frac{1}{2}\alpha t^2 = \frac{1}{2}\frac{F}{m}\frac{d^2}{\upsilon_\Gamma^2} = \frac{1}{2}\frac{Eq}{m}\frac{d^2m}{2qV} \quad ή \quad y = \frac{Ed^2}{4V}.$$

Δηλαδή και τα δύο σωμάτια παρουσιάζουν την ίδια απόκλιση.

Κεφάλαιο 2.2

1. Οι δύο εντάσεις στο σημείο Μ έχουν αντίθετη κατεύθυνση. Έτσι ισχύει:

$$B = \frac{2\mu_0 I}{2\pi\alpha} - \frac{\mu_0 I}{4\pi\alpha} \quad ή \quad B = \frac{3\mu_0 I}{4\pi\alpha}.$$

2. Οι εντάσεις στο σημείο Ο, που οφείλονται στα ρεύματα έντασης Ι, είναι αντίθετες. Έτσι για να είναι η ένταση στο σημείο αυτό μηδέν, πρέπει το ρεύμα στο σημείο Λ να δημιουργεί ένταση επίσης αντίθετη αυτής που δημιουργεί το ρεύμα στο σημείο Ν. Αυτό σημαίνει ότι το ρεύμα στο σημείο Λ είναι ίδιας κατεύθυνσης και τιμής με αυτό στο σημείο Ν.

3. Η ένταση του πεδίου που δημιουργεί ο ρευματοφόρος αγωγός πρέπει να είναι αντίθετη της έντασης του ομογενούς μαγνητικού πεδίου. Δηλαδή να έχει τιμή Β΄ τέτοια ώστε

$$B' = B \quad ή \quad \frac{\mu_0 I}{2\pi R} = B \quad ή \quad \frac{4\pi\cdot 10^{-7}\cdot 10^{2}}{2\pi R} = 4\cdot 10^{-4} \quad ή \quad R = 5cm.$$

Αυτό σημαίνει ότι τα ζητούμενα σημεία πρέπει να βρίσκονται σε ευθεία παράλληλη με τον αγωγό από τον οποίο απέχει απόσταση $R = 5cm$. Η ευθεία αυτή βρίσκεται σε επίπεδο που περιέχει τον αγωγό και στο οποίο η ένταση Β είναι κάθετη.

4. Οι εντάσεις $\vec{B_1}$ και $\vec{B_2}$ στο σημείο Α έχουν αντίθετη κατεύθυνση. Η ένταση $\vec{B_2}$ είναι κάθετη στο επίπεδο της σελίδας με φορά προς τα κάτω και τιμή

$$B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r_2} = \frac{4\pi 10^{-7}\cdot 20}{2\pi 0{,}4}T \quad ή \quad B_2 = 10^{-5}T.$$

Η ένταση $\vec{B_1}$ έχει τιμή:

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r_1} = \frac{4\pi 10^{-7}\cdot 20}{2\pi 0{,}1}T \quad ή \quad B_1 = 4\cdot 10^{-5}T.$$

Έτσι η ένταση (συνισταμένη) στο σημείο Α έχει την κατεύθυνση της μεγαλύτερης, δηλαδή της B_1 και τιμή:

$$B = B_1 - B_2 \quad ή \quad B = 3\cdot 10^{-5}T.$$

5. Από τη σχέση $B = N\dfrac{\mu_0 I}{2r}$ βρίσκουμε:

$$I = \frac{2Br}{\mu_0 N} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot \pi \cdot 10^{-2}}{4\pi 10^{-7} \cdot 50} A \quad \text{ή} \quad I = 2A.$$

6. Τα μήκη ℓ και ℓ' των δύο αγωγών είναι αντίστοιχα:

$\ell = 2\pi r$ και $\ell' = 2\pi \cdot 2r = 4\pi r$

Έτσι για τις αντιστάσεις τους έχουμε:

$$R = \varrho \frac{2\pi r}{S} \quad \text{και} \quad R' = \varrho \frac{4\pi r}{S}$$

Θέλουμε να ισχύει:

$$B = B' \quad \text{ή} \quad \frac{\mu_0}{2r} I = \frac{\mu_0}{4r} I' \quad \text{ή}$$

$$I = \frac{I'}{2} \quad \text{ή} \quad \frac{V}{R} = \frac{V'}{2R'} \quad \text{ή} \quad V' = 2\frac{R'}{R} V \quad \text{ή}$$

$$V' = 2\frac{\varrho \dfrac{4\pi r}{S}}{\varrho \dfrac{2\pi r}{S}} V \quad \text{ή} \quad V' = 4V$$

7. Η τροχιά του ηλεκτρικού φορτίου ισοδυναμεί με κυκλικό αγωγό ο οποίος διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I = \dfrac{Q}{t} = \dfrac{q}{T} = qf$.

Έτσι για τη ζητούμενη ένταση Β έχουμε:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R} = \frac{\mu_0 q f}{2R} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 3 \cdot 10^{-6} \dfrac{9 \cdot 10^4}{60}}{2 \cdot 10 \cdot 10^{-2}} T \quad \text{ή} \quad B = 28{,}3 \cdot 10^{-9} T.$$

8. Οι δύο εντάσεις στο κέντρο Α έχουν αντίθετη κατεύθυνση (είναι κάθετες στο επίπεδο της σελίδας).

Για την τιμή κάθε μιας έχουμε:

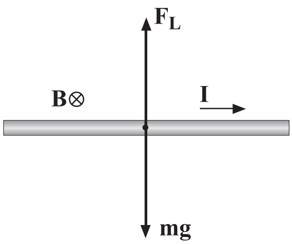
$$B_1 = \frac{3}{4}\frac{\mu_0 I}{2r} = \frac{3}{4}\frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 5}{2 \cdot 2\pi \cdot 10^{-2}} T \quad \text{ή} \quad B_1 = \frac{15}{4} \cdot 10^{-5} T$$

$$B_2 = \frac{1}{4}\frac{\mu_0 I}{2r} = \frac{1}{4}\frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 5}{2 \cdot 2\pi \cdot 10^{-2}} T \quad \text{ή} \quad B_2 = \frac{5}{4} \cdot 10^{-5} T$$

Έτσι η ένταση στο Α είναι κάθετη στο επίπεδο της σελίδας με φορά προς τα κάτω και μέτρο:

$$B = B_1 - B_2 = \left(\frac{15}{4}10^{-5} - \frac{5}{4}10^{-5}\right)T \quad ή \quad B = 2{,}5 \cdot 10^{-5}T.$$

9. Για να ισορροπεί ο αγωγός πρέπει η δύναμη F_L από το μαγνητικό πεδίο να είναι αντίθετη του βάρους του. Αυτό απαιτεί το μαγνητικό πεδίο να είναι κάθετο στο επίπεδο που ορίζει ο αγωγός με τη διεύθυνση του βάρους mg.



Έτσι βρίσκουμε:

$$F_L = mg \quad ή \quad BI\ell = mg \quad ή \quad B = \frac{mg}{I\ell} \quad ή$$

$$B = \frac{10}{20 \cdot 0{,}2}T \quad ή \quad B = 2{,}5T.$$

10. Ο αγωγός μπορεί να επιταχύνεται προς τα πάνω ή προς τα κάτω. Έτσι για κάθε περίπτωση βρίσκουμε:

$$F_L - mg = m\alpha \quad ή \quad BI\ell - mg = m\alpha \quad ή$$

$$I = \frac{m\alpha + mg}{B\ell} = \frac{1 \cdot 6 + 1 \cdot 10}{2 \cdot 1}A \quad ή \quad I = 8A$$

$$ή \qquad mg - F_L = m\alpha \quad ή \quad mg - BI\ell = m\alpha \quad ή$$

$$I = \frac{mg - m\alpha}{B\ell} = \frac{1 \cdot 10 - 1 \cdot 6}{2 \cdot 1}A \quad ή \quad I = 2A$$

11. Α. Για να είναι τα ελατήρια στο φυσικό τους μήκος πρέπει να ισχύει:

$$F_L = F_1 \quad ή \quad BI\ell = F_1 \quad ή$$

$$I = \frac{F_1}{B\ell} = \frac{0{,}5}{0{,}5 \cdot 0{,}6}A \quad ή \quad I = \frac{5}{3}A$$

Β. Στην περίπτωση που τα ελατήρια είναι επιμηκυμένα βρίσκουμε:

$$F_L + 2Kx = F_1 \quad ή \quad BI\ell + 2Kx = F_1 \quad ή$$

$$I = \frac{F_1 - 2Kx}{B\ell} = \frac{0{,}5 - 2 \cdot 20 \cdot 0{,}05}{0{,}5 \cdot 0{,}6}A \quad ή \quad I = -5A.$$

Δηλαδή το ρεύμα έχει αντίθετη φορά, κάτι που το αναμέναμε αφού η F_L πρέπει τώρα να έχει φορά προς τα κάτω.

12. Με το κλείσιμο του διακόπτη το πλαίσιο διαρρέεται από ρεύμα έντασης Ι για την οποία βρίσκουμε:

$$I = \frac{E}{R + r} = \frac{2,5}{2 + 0,5} A \quad ή \quad I = 1A.$$

Το ρεύμα δημιουργεί δυνάμεις Laplace στις κατακόρυφες πλευρές β του πλαισίου, που βρίσκονται μέσα στο μαγνητικό πεδίο, οι οποίες όμως έχουν συνισταμένη μηδέν. Έτσι μόνο η δύναμη Laplace που ασκείται στην εντός του πεδίου οριζόντια πλευρά α, και η οποία έχει φορά προς τα πάνω είναι αυτή που καταστρέφει την ισορροπία του πλαισίου. Για την αποκατάσταση της ισορροπίας απαιτούνται επιπλέον σταθμά έτσι ώστε:

$$N F_L = mg \quad ή \quad N B α I = mg \quad ή$$

$$B = \frac{mg}{N I α} = \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{10^2 \cdot 1 \cdot 10 \cdot 10^{-2}} T \quad ή \quad B = 10^{-3} T.$$

13. Στο Α οι δύο εντάσεις που οφείλονται στους ρευματοφόρους αγωγούς Β και Γ, σχηματίζουν γωνία $θ = 60°$ και έχουν την ίδια τιμή η οποία είναι:

$$B = B_B = B_Γ = \frac{μ_0 I}{2π α}$$

Έτσι η συνισταμένη ένταση στο σημείο Α είναι:

$$B_{ολ} = \sqrt{B^2 + B^2 + 2B B συνθ} \quad ή \quad B_{ολ} = B\sqrt{3}.$$

Η ζητούμενη λοιπόν δύναμη που ασκείται στον αγωγό μήκους ℓ είναι:

$$F_L = B_{ολ} 2I\ell \quad ή$$

$$F_L = B\sqrt{3}\, 2I\ell = \frac{μ_0 I}{2π α}\sqrt{3}\, 2I\ell \quad ή \quad F_2 = 4 \cdot 10^{-6}\sqrt{3} N.$$

14. Η ένταση του μαγνητικού πεδίου είναι κάθετη στην ταχύτητα του ηλεκτρονίου και έχει τιμή Β για την οποία βρίσκουμε:

$$B = \frac{μ_0 I}{2π r} = \frac{4π 10^{-7} \cdot 20}{2π 5 \cdot 10^{-2}} T \quad ή \quad B = 8 \cdot 10^{-5} T.$$

Έτσι το ηλεκτρόνιο δέχεται δύναμη για την οποία βρίσκουμε:
$F = B\,q\upsilon = 8\cdot 10^{-5}\cdot 1{,}6\cdot 10^{-19}\cdot 10^{8}N$ ή $F = 12{,}8\cdot 10^{-16}N$.

15. Για τις δύο δυνάμεις που δέχεται το φορτισμένο σωμάτιο έχουμε:

$$\frac{F}{mg} = \frac{Bq\upsilon}{mg} = \frac{2\cdot 16\cdot 10^{-19}\cdot 5\cdot 10^{5}}{9{,}31\cdot 10^{-18}\cdot 10} \quad ή \quad F = 17\cdot 10^{3}B.$$

16. Η ταχύτητα υ του σωματίου τη στιγμή που μπαίνει στο μαγνητικό πεδίο υπολογίζεται από το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας:

$$qV = \frac{1}{2}m\upsilon^2 \qquad (α)$$

Για την ακτίνα του ημικυκλίου έχουμε:

$$R = \frac{m\upsilon}{Bq} \quad ή \quad \upsilon = \frac{RBq}{m}$$

και με αντικατάσταση στην (α) βρίσκουμε:

$$qV = \frac{1}{2}m\frac{R^2B^2q^2}{m^2} \quad ή \quad q/m = \frac{2V}{R^2B^2} \quad ή \quad q/m = 12{,}5\cdot 10^{6}\ C/kg.$$

17. Για να μην εκτραπεί η δέσμη των ηλεκτρονίων πρέπει η ηλεκτρική και η μαγνητική δύναμη, οι οποίες έχουν αντίθετη κατεύθυνση να έχουν και ίδια τιμή. Δηλαδή:

$$F_{ηλ} = F_L \quad ή \quad E\cdot q = Bq\upsilon_0 \quad ή$$

$$\upsilon_0 = \frac{E}{B} = \frac{4\cdot 10^{5}}{2}m/s \quad ή \quad \upsilon_0 = 2\cdot 10^{5}\ m/s.$$

18. Α. Αυτό σημαίνει ότι το ηλεκτρόνιο διαγράφει ημικύκλιο διαμέτρου α. Δηλαδή:

$$R = \frac{α}{2} = \frac{m\upsilon_0}{B\,q} \quad ή \quad B = \frac{2m\upsilon_0}{α\,q}.$$

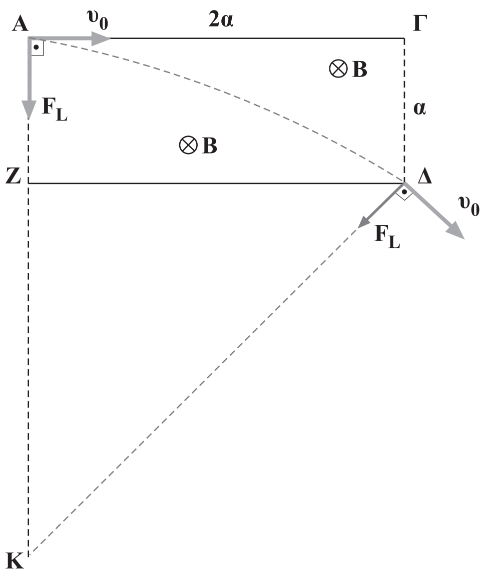
Β. Οι δυνάμεις Laplace (κεντρομόλος) στα σημεία Α και Δ τέμνονται στο σημείο Κ που είναι το κέντρο της κυκλικής τροχιάς την οποία διαγράφει το ηλεκτρόνιο καθώς κινείται στο μαγνητικό πεδίο. Έτσι έχουμε:

$$R = AK = α + KZ = \frac{m\upsilon_0}{B\,q} \qquad (α)$$

Αλλά $KZ^2 = R^2 - 4\alpha^2 = \alpha^2 + KZ^2 + 2\alpha KZ - 4\alpha^2$ ή $KZ = \frac{3\alpha}{2}$ (β)

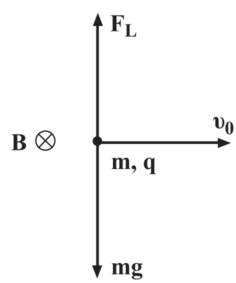
Από τις σχέσεις (α) και (β) βρίσκουμε:

$$\alpha + \frac{3\alpha}{2} = \frac{m\upsilon_0}{B\,q} \quad \text{ή} \quad B = \frac{2m\upsilon_0}{5\alpha\,q}$$



19. Για να κινηθεί το σωμάτιο οριζόντια, δηλαδή κατά την κατεύθυνση της αρχικής του ταχύτητας πρέπει η μαγνητική δύναμη να είναι αντίθετη με το βάρος του.

Αυτό προυποθέτει ότι η ένταση θα έχει την κατεύθυνση που φαίνεται στην εικόνα και επιπλέον θα ισχύει:



$$F_L = mg \quad \text{ή} \quad Bq\upsilon_0 = mg \quad \text{ή} \quad B = \frac{mg}{q\upsilon_0} \quad \text{ή}$$

$$B = \frac{5 \cdot 10^{-4} \cdot 10}{4 \cdot 10^{-8} \cdot 5 \cdot 10^4}\,\mathrm{T} \quad \text{ή} \quad B = 2{,}5\mathrm{T}.$$

Κεφάλαιο 2.3

1. Στον αγωγό εμφανίζεται $\varepsilon_{\varepsilon\pi}$ για την οποία είναι:

$$\varepsilon_{\varepsilon\pi} = B\upsilon\ell = B\ell\frac{s}{t} \quad ή \quad \varepsilon_{\varepsilon\pi} = 2\cdot 1\frac{20}{2}\,\text{Volt} \quad ή \quad \varepsilon_{\varepsilon\pi} = 20\,\text{Volt}.$$

2. Η ράβδος περιστρέφεται με περίοδο T = 1s. Στα ηλεκτρόνια που βρίσκονται στο άκρο της ασκείται δύναμη F_L για την οποία ισχύει:

$$F_L = Bq\upsilon = Be\omega\ell = Be\frac{2\pi}{T}\ell \quad ή$$

$$F_L = 50\cdot 10^{-3}\cdot 1{,}6\cdot 10^{-19}\,\frac{2\cdot 3{,}14}{1}\,1\text{N} \quad ή$$

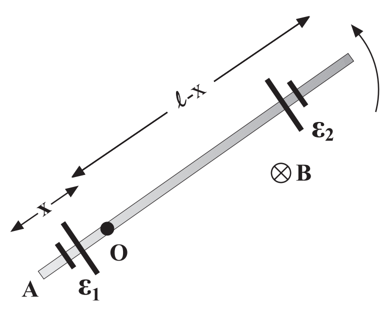
$$F_L = 50{,}24\cdot 10^{-21}\,\text{N}.$$

3. Α. Οι δυνάμεις Laplace στα ελεύθερα ηλεκτρόνια του αγωγού τα μετακινούν προς το ένα του άκρο. Αυτό σημαίνει δημιουργία διαφοράς δυναμικού μεταξύ των άκρων του με ταυτόχρονη εμφάνιση ηλεκτρικού πεδίου το οποίο ασκεί αντίθετης κατεύθυνσης ηλεκτρικές δυνάμεις. Όταν οι μαγνητικές και οι ηλεκτρικές δυνάμεις γίνουν αντίθετες η τάση σταθεροποιείται, δηλαδή έχουμε τη δημιουργία της τάσης από επαγωγή στο άκρο του αγωγού.

Β. Η τιμή της τάσης από επαγωγή είναι:

$$\varepsilon_{\varepsilon\pi} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{B\Delta S}{\Delta t} = \frac{B\pi\ell^2}{T} = \frac{B\pi\ell^2\omega}{2\pi} \quad ή \quad \varepsilon_{\varepsilon\pi} = \frac{1}{2}B\omega\ell^2.$$

4. Α. Μεταξύ του σημείου Ο και των άκρων Α και Γ του αγωγού, δημιουργούνται οι τάσεις από επαγωγή ε_1 και ε_2 αντίστοιχα, όπως φαίνεται στην εικόνα.



Για την τιμή κάθε μιας από τις τάσεις αυτές βρίσκουμε:

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{B\Delta S}{\Delta t} = \frac{B\pi x^2}{T} = B\pi x^2 f \quad ή$$

$$\varepsilon_1 = 0{,}5 \cdot 3{,}14\,(0{,}25)^2\, 3\text{Volt} \quad ή \quad \varepsilon_1 = 0{,}29\text{Volt.}$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{B\Delta S}{\Delta t} = \frac{B\pi(\ell - x)^2}{T} = B\pi(\ell - x)^2 f \quad ή$$

$$\varepsilon_2 = 0{,}5 \cdot 3{,}14\,(0{,}75)^2\, 3\text{Volt} \quad ή \quad \varepsilon_2 = 2{,}65\text{Volt.}$$

Β. Έχουμε ότι: $\varepsilon_1 = V_0 - V_A$ και
$\varepsilon_2 = V_0 - V_\Gamma$

Αν αφαιρέσουμε κατά μέλη τις παραπάνω σχέσεις έχουμε:

$\varepsilon_2 - \varepsilon_1 = V_0 - V_\Gamma - V_0 + V_A$ ή

$V_A - V_\Gamma = \varepsilon_2 - \varepsilon_1$ ή

$V_A - V_\Gamma = 2{,}36\text{Volt}$

5. Για περιστροφή του αγωγού κατά 60° έχουμε:

$$\varepsilon_1 = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Phi_{τελ} - \Phi_{αρχ}}{\Delta t} = -\frac{BSσυν60° - BS}{\Delta t} \quad ή$$

$$\varepsilon_1 = -\frac{BS(συν60° - 1)}{\Delta t} = -\frac{0{,}2\,\pi\,0{,}1^2\left(\frac{1}{2} - 1\right)}{0{,}2}\text{Volt} \quad ή$$

$$\varepsilon_1 = 1{,}57 \cdot 10^{-2}\text{Volt.}$$

Για περιστροφή 120° βρίσκουμε:

$$\varepsilon_2 = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Phi_{τελ} - \Phi_{αρχ}}{\Delta t} = -\frac{BSσυν120° - BS}{\Delta t} \quad ή$$

$$\varepsilon_2 = \frac{BS(συν120° - 1)}{\Delta t} = -\frac{0{,}2\,\pi\,0{,}1^2\,(-0{,}5 - 1)}{0{,}2}\text{Volt} \quad ή$$

$$\varepsilon_2 = 4{,}71 \cdot 10^{-2}\text{Volt.}$$

Για περιστροφή κατά 180° βρίσκουμε:

$$\varepsilon_3 = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Phi_{τελ} - \Phi_{αρχ}}{\Delta t} = -\frac{BSσυν180° - BS}{\Delta t} \quad ή$$

$$\varepsilon_3 = \frac{BS(συν180° - 1)}{\Delta t} = -\frac{0{,}2\,\pi\,0{,}1^2\,(-1 - 1)}{0{,}2}\text{Volt} \quad ή$$

$$\varepsilon_3 = 6{,}28 \cdot 10^{-2}\text{Volt.}$$

6. Λόγω της περιστροφής του πλαισίου δημιουργείται τάση από επαγωγή με αποτέλεσμα την κυκλοφορία ηλεκτρικού ρεύματος από επαγωγή στο κλειστό πλαίσιο. Έτσι το ζητούμενο ηλεκτρικό φορτίο είναι:

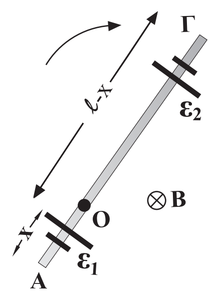
$$Q = I_{\varepsilon\pi}\,\Delta t = \frac{\varepsilon_{\varepsilon\pi}}{R}\Delta t = \frac{-N\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}}{R}\Delta t \quad ή$$

$$Q = -N\frac{\Delta\Phi}{R} = -N\frac{\Phi_{\tau\varepsilon\lambda} - \Phi_{\alpha\rho\chi}}{R} = -N\frac{BS\sigma\upsilon\nu 90^\circ - BS}{R} \quad ή$$

$$Q = -N\frac{BS(\sigma\upsilon\nu 90^\circ - 1)}{R} \quad ή$$

$$Q = -200\,\frac{0{,}2\,\pi\,(0{,}25)^2\,(0-1)}{10}\,C \quad ή \quad Q = 0{,}785C.$$

7. Στον αγωγό δημιουργούνται οι τάσεις από επαγωγή ε_1 και ε_2 για τις οποίες βρίσκουμε ότι έχουν τιμή:



$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{B\Delta S}{\Delta t} = \frac{B\pi x^2}{T} = B\pi x^2 f \quad και$$

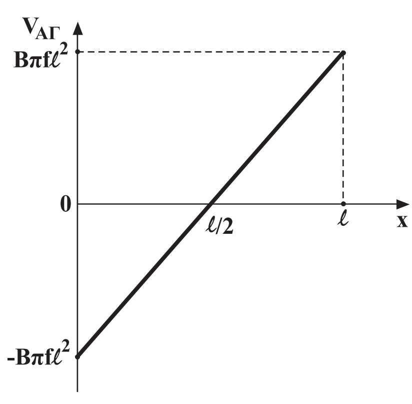
$$\varepsilon_2 = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{B\Delta S}{\Delta t} = \frac{B\pi(\ell - x)^2}{T} = B\pi(\ell - x)^2 f$$

Για τη διαφορά δυναμικού $V_{A\Gamma}$ έχουμε:

$$V_{A\Gamma} = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 = B\pi x^2 f - B\pi f\left(\ell^2 + x^2 - 2\ell x\right) \quad ή$$

$$V_{A\Gamma} = B\pi f\ell(2x - \ell).$$

Το ζητούμενο διάγραμμα φαίνεται στην εικόνα.

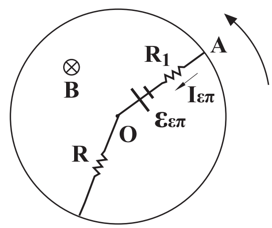


8. Α. Για την τιμή της $\varepsilon_{\varepsilon\pi}$ έχουμε:

$\varepsilon_{\varepsilon\pi} = \dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \dfrac{B\Delta S}{\Delta t}$, όπου ΔS το εμβαδόν που διαγράφει η ράβδος σε χρόνο Δt. Για παράδειγμα σε χρόνο $\Delta t = T$ το εμβαδόν είναι $\Delta S = \pi\ell^2$. Έτσι βρίσκουμε:

$$\varepsilon_{\varepsilon\pi} = \frac{B\pi\ell^2}{T} = B\pi\ell^2 f = 2\pi 1\frac{5}{\pi}\,\text{Volt} \quad \text{ή} \quad \varepsilon_{\varepsilon\pi} = 10\text{Volt}.$$

Β. Για τη ζητούμενη διαφορά δυναμικού V_{AO} έχουμε:



$$V_{AO} = I_{\varepsilon\pi} R_1 - \varepsilon_{\varepsilon\pi} = \frac{\varepsilon_{\varepsilon\pi}}{R+R_1} R_1 - \varepsilon_{\varepsilon\pi} \quad \text{ή}$$

$$V_{AO} = \left(\frac{10}{5}1 - 10\right)\text{Volt} \quad \text{ή}$$

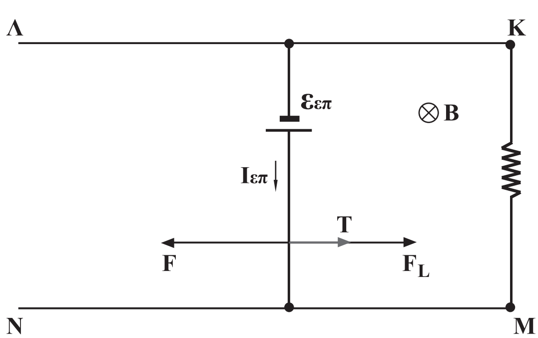
$$V_{AO} = -8\text{Volt}.$$

Γ. Επειδή η ράβδος στρέφεται με σταθερή ταχύτητα χωρίς τριβές, πρέπει η προσφερόμενη ισχύς να εμφανίζεται όλη ως ηλεκτρική ισχύς. Δηλαδή:

$$P_{\pi\rho} = P_{\eta\lambda} = \varepsilon_{\varepsilon\pi} I_{\varepsilon\pi} = \varepsilon_{\varepsilon\pi} \frac{\varepsilon_{\varepsilon\pi}}{R+R_1} \quad \text{ή}$$

$$P_{\pi\rho} = \frac{10^2}{5}\text{Watt} \quad \text{ή} \quad P_{\pi\rho} = 20\text{Watt}.$$

9. Α. Με την επίδραση των δυνάμεων F και Τ ο αγωγός ξεκινάει επιταχυνόμενος. Αυτό προκαλεί την εμφάνιση δυνάμεων Laplace στα ηλεκτρόνιά του και τελικά την εμφάνιση $\varepsilon_{\varepsilon\pi}$, $I_{\varepsilon\pi}$ και F_L όπως φαίνεται στην εικόνα.



Β. Το W_F εκφράζει την ενέργεια που προσφέρεται στο κύκλωμα. Το W_{F_L} εκφράζει εκείνη από την προσφερόμενη ενέργεια που μετατρέπεται σε ηλεκτρική και τελικά σε θερμότητα πάνω στην αντίσταση. Τέλος το W_T εκφράζει εκείνη από την προσφερόμενη ενέργεια η οποία μετατρέπεται κατευθείαν σε θερμότητα λόγω της ολίσθησης του αγωγού.

Γ. Η ταχύτητα του αγωγού γίνεται μέγιστη ή οριακή όταν αυξανόμενη η F_L ικανοποιήσει τη σχέση:

$\Sigma F = 0$ ή $F = T + F_L$ ή

$$F = T + BI_{\varepsilon\pi}\ell \quad \acute{\eta} \quad F = T + B\ell\,\frac{B\upsilon_{o\rho}\ell}{R} \quad \acute{\eta}$$

$$\upsilon_{o\rho} = \frac{(F-T)R}{B^2\ell^2} = \frac{(5-1)\,2}{4\cdot 1}\,\mathrm{m/s} \quad \acute{\eta}$$

$$\upsilon_{o\rho} = 2\,\mathrm{m/s}.$$

10. Α. Στον κινούμενο αγωγό ασκούνται οι δυνάμεις F και F_L. Η δύναμη F_L σύμφωνα με το νόμο του Lentz έχει αντίθετη κατεύθυνση και η τιμή της είναι:

$$F_L = BI_{\varepsilon\pi}\ell = B\ell\,\frac{B\upsilon\ell}{R+r} = \frac{1\cdot 6\cdot 0{,}5^2}{0{,}8+0{,}2}\,\mathrm{N} \quad \acute{\eta} \quad F_2 = 1{,}5\mathrm{N}.$$

Επειδή ο αγωγός κινείται με σταθερή ταχύτητα θα είναι $\Sigma F = 0$. Αυτό σημαίνει πως υπάρχει τριβή T, έτσι ώστε να ισχύει:

$F = F_L + T$ ή $T = (2 - 1{,}5)\mathrm{N}$ ή $T = 0{,}5\mathrm{N}$.

Β. Η προσφερόμενη ενέργεια εκφράζεται από το έργο της δύναμης F. Δηλαδή:

$E_{\pi\rho} = W_F = Fx = F\upsilon t = 2\cdot 6\cdot 2\mathrm{Joule}$ ή $E_{\pi\rho} = 24\mathrm{Joule}$.

Από την προσφερόμενη ενέργεια, θερμότητα στην αντίσταση R γίνεται η ποσότητα:

$$Q_R = I^2 R\,t = \frac{(B\upsilon\ell)^2}{(R+r)^2}\,Rt = \frac{9}{1}\,0{,}8\cdot 2\mathrm{Joule} \quad \acute{\eta}$$

$Q_R = 14{,}4\mathrm{Joule}$ Άρα:

Από τα 24Joule γίνονται θερμότητα τα 14,4Joule

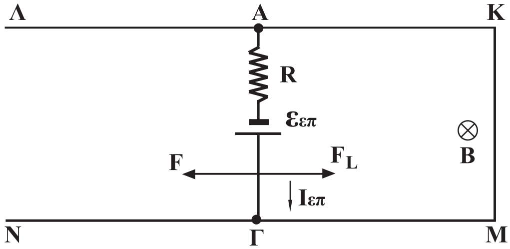
Από τα 100Joule γίνονται θερμότητα τα x;

$x = 60\%$

Γ. Το ζητούμενο φορτίο είναι:

$$Q = I_{\varepsilon\pi}t = \frac{B\upsilon\ell}{R+r}\,t = \frac{1\cdot 6\cdot 0{,}5}{0{,}8+0{,}2}\,2\mathrm{C} \quad \acute{\eta} \quad Q = 6\mathrm{C}.$$

11. Α. Ο αγωγός ΑΓ διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I_{επ}$ όπως φαίνεται στην εικόνα.



Έτσι βρίσκουμε:

$V_{ΑΓ} = -I\,R_{ΑΚ} - I\,R_{ΜΓ}$ ή

$V_{ΑΓ} = -I\,(R_{ΑΚ} + R_{ΜΓ})$ ή

$$V_{ΑΓ} = -\frac{B\upsilon\ell}{R + 2R^{*}\upsilon t}\left(2R^{*}\upsilon t\right), \text{ όπου } R^{*} = 0{,}5\Omega/\text{m}.$$

$$\text{Έτσι } V_{ΑΓ} = -\frac{1{,}25 \cdot 2 \cdot 1}{5 + 2 \cdot 0{,}5 \cdot 2 \cdot 10}\,2 \cdot 0{,}5 \cdot 2 \cdot 10\text{Volt} \quad \text{ή}$$

$$V_{ΑΓ} = -2\text{Volt}.$$

Β. Η ζητούμενη θερμότητα είναι ίση με το έργο της F_L. Έτσι βρίσκουμε:

$$\frac{1}{2}m\upsilon^2 - W_{F_L} = \frac{1}{2}m\left(\frac{\upsilon}{2}\right)^2 \quad \text{ή} \quad W_{F_L} = Q = 0{,}3\text{Joule}.$$

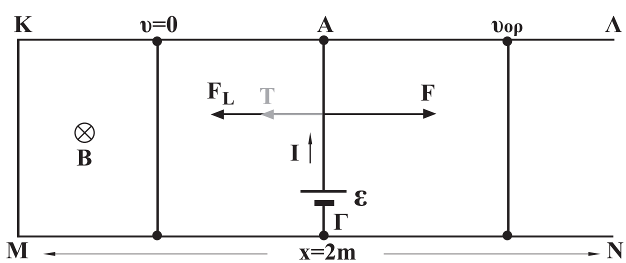
12. Α. Ο αγωγός αποκτά οριακή ταχύτητα όταν

$\Sigma F = 0$ ή

$F = T + F_L$ ή

$$F = \mu mg + BI\ell \quad \text{ή} \quad F = \mu mg + B\ell\frac{B\upsilon_{ορ}\ell}{R} \quad \text{ή}$$

$$\upsilon_{ορ} = \frac{(F - \mu mg)R}{B^2\ell^2} = \frac{(4{,}6 - 0{,}3 \cdot 0{,}2 \cdot 10)\,0{,}5}{1 \cdot 1}\text{m/s} \quad \text{ή} \quad \upsilon_{ορ} = 2\,\text{m/s}$$



Β. Για το ζητούμενο φορτίο q βρίσκουμε την τιμή:

$$q = \bar{I}\,t = \frac{\bar{\varepsilon}}{R}t = \frac{\frac{\Delta\Phi}{t}}{R}t = \frac{\Delta\Phi}{R} = \frac{B\Delta S}{R} \quad \text{ή}$$

$$q = \frac{B\ell x}{R} = \frac{1\cdot 1\cdot 2}{0{,}5}C \quad \text{ή} \quad q = 4C.$$

Η ζητούμενη θερμότητα είναι ίση με το έργο της F_L. Έτσι από το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας έχουμε:

$$0 + W_F - W_T - W_{F_L} = \frac{1}{2}m\upsilon_{o\rho}^{\ 2} \quad \text{ή}$$

$$W_{F_L} = Q = Fx - \mu mgx - \frac{1}{2}m\upsilon_{o\rho}^{\ 2} \quad \text{ή}$$

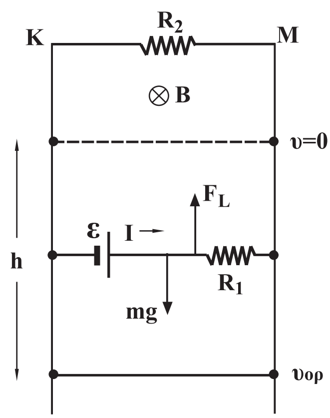
$$Q = 7{,}6\text{Joule}.$$

13. Α. Για την οριακή ταχύτητα βρίσκουμε:

$$\Sigma F = 0 \quad \text{ή} \quad F_L = mg \quad \text{ή} \quad BI\ell = mg \quad \text{ή}$$

$$B\ell\frac{B\upsilon_{o\rho}\ell}{R_2 + R_1} = mg \quad \text{ή} \quad \upsilon_{o\rho} = \frac{(R_2 + R_1)\,mg}{B^2\ell^2} \quad \text{ή}$$

$$\upsilon_{o\rho} = 2\,\text{m/s}$$



Β. Τη στιγμή που γίνεται $\upsilon = \upsilon_{o\rho}$ η ένταση του ρεύματος είναι:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2} = \frac{B\upsilon_{o\rho}\ell}{R_1 + R_2} \quad \text{ή} \quad I = 10A$$

Ο ζητούμενος ρυθμός $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ είναι η ισχύς P_R σε κάθε αντίσταση.

Έτσι βρίσκουμε:

$P_{R_1} = I^2R_1 = 10^2 \cdot 0{,}05\text{Watt}$ ή $P_{R_1} = 5\text{Watt}$ και

$P_{R_2} = I^2R_2 = 10^2 \cdot 0{,}15\text{Watt}$ ή $P_{R_2} = 15\text{Watt}$

Γ. Η συνολικά παραγόμενη θερμότητα είναι ίση με το έργο της F_L και υπολογίζεται από το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας:

$$0 + W_B - W_{F_L} = \frac{1}{2}m\upsilon_{o\rho}^2 \quad ή$$

$$W_{F_L} = Q_{o\lambda} = mgh - \frac{1}{2}m\upsilon_{o\rho}^2 \quad ή \quad Q_{o\lambda} = 18\text{Joule}$$

Η παραγόμενη σε κάθε αντίσταση θερμότητα είναι ανάλογη της τιμής της. Έτσι βρίσκουμε:

Στην $(R_1 + R_2)$ παράγεται θερμότητα 18Joule

Στην R_1 Q_1

$$Q_1 = 18\frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad ή \quad Q_1 = 4{,}5\text{Joule}$$

Κατά συνέπεια για τη θερμότητα Q_2 έχουμε:

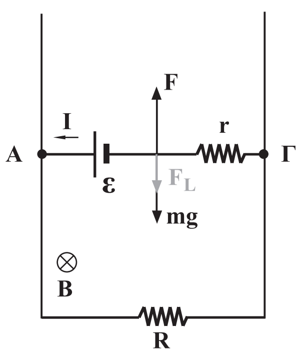
$Q_2 = Q_{o\lambda} - Q_1$ ή $Q_2 = 13{,}5\text{Joule}$

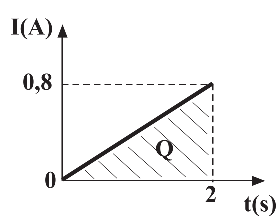
14. Α. Μπορούμε να υπολογίσουμε το ζητούμενο ηλεκτρικό φορτίο γραφικά, επειδή η ένταση Ι, είναι γραμμική συνάρτηση του χρόνου. Πράγματι ισχύει:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{o\lambda}} = \frac{B\upsilon\ell}{R + r} = \frac{B\ell\alpha t}{R + r} \quad ή \quad I = 0{,}4t \qquad (1)$$

Παριστάνουμε τη σχέση (1) γραφικά και βρίσκουμε ότι:

$$Q = \frac{1}{2}2 \cdot 0{,}8C \quad ή \quad Q = 0{,}8C$$





(Να προσπαθήσετε να βρείτε το ζητούμενο φορτίο με άλλο τρόπο).

Β. Από το δεύτερο νόμο του Newton έχουμε:

$F - mg - F_L = m\alpha$ ή $F = m\alpha + mg + F_L$ ή

$F = m\alpha + mg + B\ell\, 0{,}4t$ ή $F = 2{,}4 + 0{,}4t$

Για τη διαφορά δυναμικού $V_{A\Gamma}$ έχουμε:

$V_{A\Gamma} = IR = 0{,}4t \cdot 3$ ή $V_{A\Gamma} = 1{,}2t$.

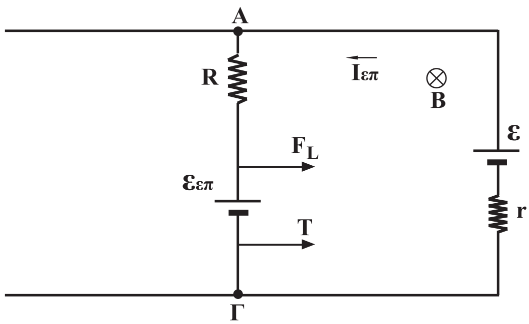
Γ. Ο ζητούμενος ρυθμός με τον οποίο προσφέρεται ενέργεια είναι η ισχύς της δύναμης F. Έτσι βρίσκουμε:

$P_F = F\upsilon$ ή $P_F = (2{,}4 + 0{,}4t)\,\alpha t$ ή $P_F = 12{,}8\,\text{Watt}$.

Επίσης ο ρυθμός μετατροπής της ενέργειας σε θερμότητα Joule, είναι η ισχύς του ρεύματος P στην ολική αντίσταση του κυκλώματος. Έτσι βρίσκουμε:

$P = I^2 R_{o\lambda} = (0{,}4t)^2\,(R + r)$ ή $P = 3{,}2\,\text{Watt}$.

15. Μετά το κλείσιμο του διακόπτη έχουμε τελικά τη δημιουργία $\varepsilon_{\varepsilon\pi}$ και ρεύματος έντασης I όπως φαίνεται στην εικόνα.



Για τη ζητούμενη ισχύ έχουμε:

$$P = \varepsilon I, \text{ όπου } I = \frac{\varepsilon - \varepsilon_{\varepsilon\pi}}{R + r}$$

Έτσι βρίσκουμε:

$$P = \varepsilon \frac{\varepsilon - B\upsilon\ell}{R + r} = 10\,\frac{10 - 2 \cdot 2 \cdot 1}{2{,}5 + 0{,}5}\,\text{Watt} \quad \text{ή} \quad P = 20\text{Watt}.$$

$$\text{Επίσης } V_{A\Gamma} = \varepsilon - Ir = \varepsilon - \frac{\varepsilon - B\upsilon\ell}{R + r}\,r \quad \text{ή}$$

$$V_{A\Gamma} = \left(10 - \frac{10 - 2 \cdot 2 \cdot 1}{2{,}5 + 0{,}5}\,0{,}5\right)\text{Volt} \quad \text{ή} \quad V_{A\Gamma} = 9\text{Volt}.$$

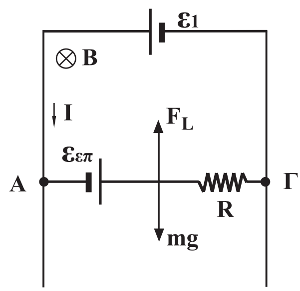
16. Α. Για να παραμείνει ο αγωγός ΑΓ ακίνητος πρέπει

$F_L = mg$ ή

$B I \ell = mg$ ή $B\ell \dfrac{\varepsilon_1}{R} = mg$ ή

$m = \dfrac{B\ell\varepsilon_1}{Rg} = \dfrac{1 \cdot 0{,}5 \cdot 10}{5 \cdot 10}\,kg$ ή $m = 0{,}1kg.$

Β. Η δύναμη Laplace γίνεται τώρα μικρότερη και ο αγωγός ΑΓ κινείται προς τα κάτω. Με τον τρόπο αυτό έχουμε τελικά την εμφάνιση $\varepsilon_{\varepsilon\pi}$, I και F_L, όπως φαίνεται στην εικόνα.



Ο αγωγός αποκτά οριακή ταχύτητα, όταν

$F_L = mg$ ή

$B I \ell = mg$ ή $B\ell \dfrac{\varepsilon_1 + \varepsilon_{\varepsilon\pi}}{R} = mg$ ή

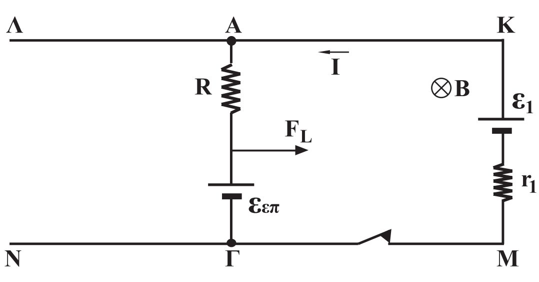
$B \cdot \ell \cdot \dfrac{\varepsilon_1 + B\upsilon_{o\rho}\ell}{R} = mg$ ή

$\upsilon_{o\rho} = \dfrac{Rmg - B\ell\varepsilon_1}{B^2\,\ell^2}$ ή $\upsilon_{o\rho} = 10\,m/s.$

Η ζητούμενη διαφορά δυναμικού είναι:

$V_{A\Gamma} = \varepsilon_1$ ή $V_{A\Gamma} = 5Volt.$

17. Α. Μετα το κλείσιμο του διακόπτη η κατάσταση που δημιουργείται στο κύκλωμα φαίνεται στην εικόνα.



Ο αγωγός αποκτά οριακή ταχύτητα όταν:
$\Sigma F = 0$ ή $F_L = 0$ ή

$B I \ell = 0$ ή $I = 0$ ή

$$\frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_{\varepsilon\pi}}{R + r_1} = 0 \quad ή \quad \varepsilon_1 = \varepsilon_{\varepsilon\pi} \quad ή \quad B\upsilon_{o\varrho}\ell = \varepsilon_1 \quad ή$$

$$\upsilon_{o\varrho} = \frac{\varepsilon_1}{B\ell} = \frac{10}{2 \cdot 0{,}2}\,\text{m/s} \quad ή \quad \upsilon_{o\varrho} = 25\,\text{m/s}.$$

Επίσης $V_{A\Gamma} = IR + \varepsilon_{\varepsilon\pi}$ ή

$$V_{A\Gamma} = 0 + B\upsilon_{o\varrho}\ell \quad ή$$

$$V_{A\Gamma} = 2 \cdot 25 \cdot 0{,}2\,\text{Volt} \quad ή \quad V_{A\Gamma} = 10\,\text{Volt}$$

Β. Ο αγωγός αποκτά πάλι $\upsilon_{o\varrho}$, όταν $\Sigma F = 0$, δηλαδή

$$T = F_L \quad ή \quad BI\ell = T \quad ή \quad B\ell\frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_{\varepsilon\pi}}{R + r_1} = T \quad ή$$

$$B\ell\left(\varepsilon_1 - B\upsilon_{o\varrho}\ell\right) = T(R + r_1) \quad ή$$

$$\upsilon_{o\varrho} = \frac{-T(R + r_1) + B\ell\varepsilon_1}{B^2\ell^2} \quad ή \quad \upsilon_{o\varrho} = 12{,}5\,\text{m/s}.$$

Για τη ζητούμενη τάση βρίσκουμε:

$$V_{A\Gamma} = IR + \varepsilon_{\varepsilon\pi} = \frac{\varepsilon_1 - B\upsilon_{o\varrho}\ell}{R + r_1}R + B\upsilon_{o\varrho}\ell \quad ή$$

$$V_{A\Gamma} = 8\,\text{Volt}.$$

18. Α. Για οποιαδήποτε θέση του αγωγού το τρίγωνο ΟΖΗ είναι ισόπλευρο, δηλαδή ΟΖ = ΖΗ = ΟΗ. Έτσι για την τυχαία θέση του μετά από χρόνο t η ολική αντίσταση είναι:

$$R_{o\lambda} = (OZ + ZH + OH)\,R^* = 3(OZ)\,R^* = 3\,\frac{OM}{\sigma\upsilon\nu 30}R^* \quad ή$$

$$R_{o\lambda} = 3\,\frac{\upsilon\, t}{\sigma\upsilon\nu 30}R^* \quad ή \quad R_{o\lambda} = 36t.$$

$$\text{Έτσι:} \quad I = \frac{\varepsilon}{R_{o\lambda}} = \frac{B\upsilon(ZH)}{R_{o\lambda}} = \frac{B\upsilon(OZ)}{R_{o\lambda}} = \frac{B\upsilon}{R_{o\lambda}}\,\frac{OM}{\sigma\upsilon\nu 30} \quad ή$$

$$I = \frac{B\upsilon}{R_{o\lambda}}\,\frac{\upsilon\, t}{\sigma\upsilon\nu 30} = \frac{B\upsilon^2\, t}{36t\,\frac{\sqrt{3}}{2}} \quad ή \quad I = \frac{2\sqrt{3}}{3}\,A = \sigma\tau\alpha\theta\varepsilon\varrho\acute{o}$$

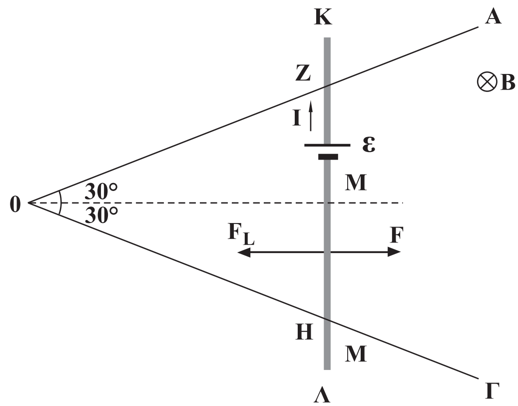
Επειδή ο αγωγός κινείται με σταθερή ταχύτητα είναι:

$$F = F_L = BI(ZH) \quad \acute{\eta}$$

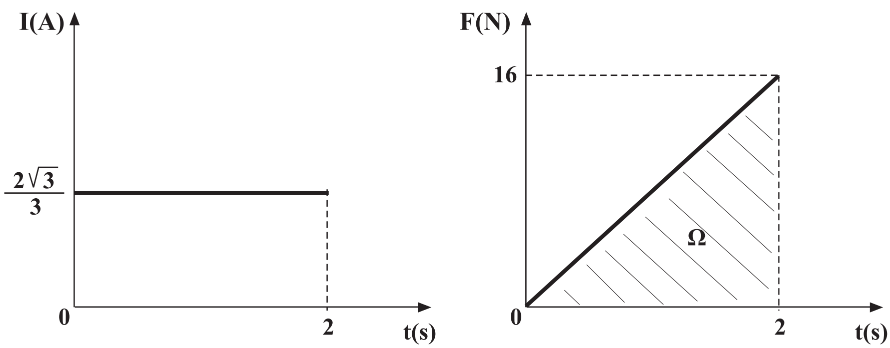
$$F = BI\frac{OZ}{\sigma\upsilon\nu 30} = BI\frac{OM}{\sigma\upsilon\nu 30} = BI\frac{\upsilon t}{\sigma\upsilon\nu 30} \quad \acute{\eta}$$

$$F = 1\frac{2\sqrt{3}}{3}\frac{6\cdot 2}{\sqrt{3}}t \quad \acute{\eta}$$

$$F = 8t\,(F \text{ σε } N,\ t \text{ σε } s).$$



Τα ζητούμενα διαγράμματα είναι:



B. Η ζητούμενη ώθηση της δύναμης είναι ίση με το αντίστοιχο εμβαδόν. Δηλαδή:

$$\Omega = \frac{1}{2}2\cdot 16 N\,s \quad \acute{\eta} \quad \Omega = 16 N\,s.$$

19. Για όσο χρόνο διαρκεί η είσοδος του πλαισίου (0 έως 0,04s) έχουμε:

$$\Phi_1 = B\Delta S = B\alpha x = B\alpha \upsilon t \quad \acute{\eta} \quad \Phi_1 = 2t$$

$$\varepsilon_1 = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Phi_{\tau\varepsilon\lambda} - \Phi_{\alpha\rho\chi}}{\Delta t} = \frac{B\alpha^2 - 0}{\frac{\alpha}{\upsilon}} \quad \acute{\eta}$$

$$\varepsilon_1 = -B\upsilon\alpha \quad \acute{\eta} \quad \varepsilon_1 = -2\text{Volt}.$$

$$I_1 = \frac{\varepsilon_1}{R_{o\lambda}} = \frac{\varepsilon_1}{4R} \quad \acute{\eta} \quad I_1 = -1\text{A}.$$

Για το χρόνο 0,045 έως 0,12s, που το πλαίσιο κινείται ολόκληρο μέσα στο πεδίο βρίσκουμε:

$$\Phi_2 = BS = B\alpha^2 = \sigma\tau\alpha\theta\varepsilon\rho\acute{\eta}$$

$$\varepsilon_2 = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad \acute{\eta} \quad \varepsilon_2 = 0$$

$$I_2 = \frac{\varepsilon_2}{R_{o\lambda}} \quad \acute{\eta} \quad I_2 = 0$$

Τέλος από 0,12s έως 0,16s που διαρκεί η έξοδος του πλαισίου έχουμε:

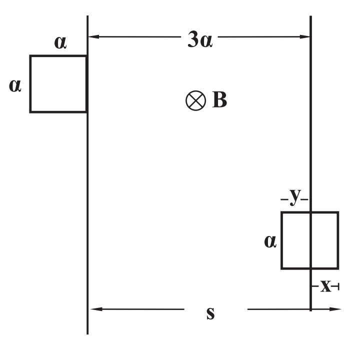
$$\Phi_3 = BS = B\alpha y = B\alpha(\alpha - x) \quad \acute{\eta}$$

$$\Phi_3 = B\alpha(\alpha - s + 3\alpha) \quad \acute{\eta} \quad \Phi = B\alpha(4\alpha - \upsilon t) \quad \acute{\eta}$$

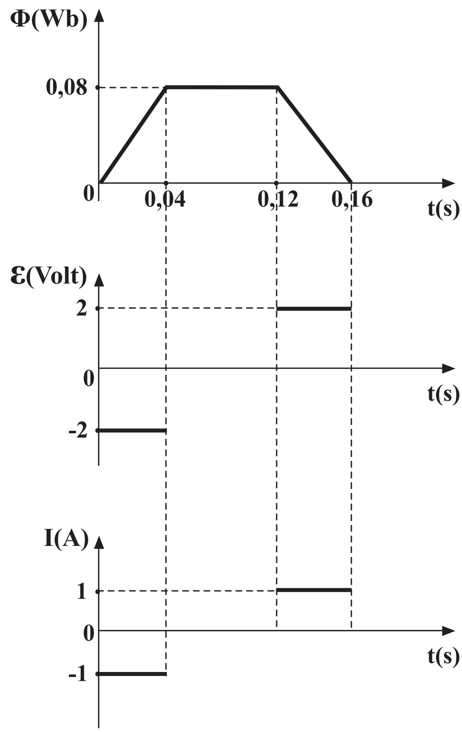
$$\Phi_3 = 0{,}32 - 2t.$$

$$\varepsilon_3 = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Phi_{\tau\varepsilon\lambda} - \Phi_{\alpha\rho\chi}}{\Delta t} \quad \acute{\eta} \quad \varepsilon_2 = 2\text{Volt}$$

$$I_3 = \frac{\varepsilon_3}{R_{o\lambda}} = \frac{\varepsilon_3}{4R} \quad \acute{\eta} \quad I_3 = 1\text{A}$$



Για τα ζητούμενα διαγράμματα έχουμε:



20. Μετά την είσοδο του πλαισίου στο πεδίο, η τάση από επαγωγή και κατά συνέπεια το ρεύμα και η δύναμη Laplace μηδενίζονται. Δηλαδή στο πλαίσιο πρέπει να ασκούμε δύναμη F αντίθετη με την F_L, μόνο για όσο χρόνο διαρκεί η είσοδος, ώστε να διατηρούμε τη σταθερή ταχύτητα.

Α. Η ζητούμενη ενέργεια είναι ίση με το έργο της δύναμης F ή της F_L, ή ίση με την ηλεκτρική ενέργεια που εμφανίζεται στο κύκλωμα. Δηλαδή:

$$W = W_F = W_{F_L} = EIt = B\upsilon\alpha \frac{B\upsilon\alpha}{R_{o\lambda}} \frac{\alpha}{\upsilon} \quad \text{ή}$$

$$W = \frac{B^2\upsilon\alpha^3}{4\alpha R^*} = \frac{B^2\upsilon\alpha^2}{4R^*} \quad \text{ή} \quad W = 0{,}32\text{Joule}.$$

Β. Για το φορτίο βρίσκουμε:

$$Q = I\,t = \frac{\varepsilon}{R}\frac{\alpha}{\upsilon} = \frac{B\upsilon\alpha^2}{4R^*\alpha\,\upsilon} = \frac{B\,\alpha}{4R^*} \quad \text{ή} \quad Q = 0{,}2C.$$

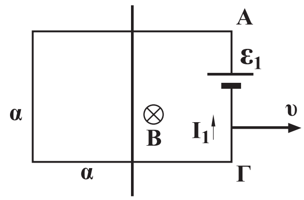
21. Α. Για το χρονικό διάστημα που διαρκεί η είσοδος του πλαισίου έχουμε:

$$\varepsilon_1 = -\frac{\Phi_{\tau\varepsilon\lambda} - \Phi_{\alpha\rho\chi}}{\Delta t} = -\frac{B\alpha^2 \upsilon}{\alpha} \quad \text{ή} \quad \varepsilon_1 = -B\upsilon\alpha$$

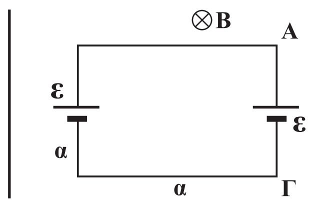
Έτσι $I_1 = \frac{\varepsilon_1}{R_{o\lambda}} = -\frac{B\upsilon\alpha}{4R} = -\frac{2 \cdot 10 \cdot 0{,}2}{4}A$ ή $I_1 = -1A$

Επίσης $V_{A\Gamma} = \varepsilon_1 - I_1 R = B\upsilon\alpha - I_1 R = (2 \cdot 10 \cdot 0{,}2 - 1 \cdot 1)Volt$ ή

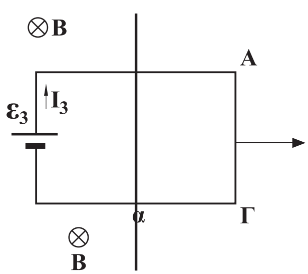
$V_{A\Gamma} = 3Volt.$



Για το χρονικό διάστημα που το πλαίσιο βρίσκεται μέσα στο πεδίο $\left(\frac{\alpha}{\upsilon} \leq t \leq \frac{4\alpha}{\upsilon}\right)$, έχουμε δύο ίσες τάσεις από επαγωγή όπως φαίνεται στην εικόνα.



Αυτό σημαίνει ότι είναι $\varepsilon_{o\lambda} = 0$ και κατά συνέπεια και $I = 0$. Όμως για τη ζητούμενη $V_{A\Gamma}$ έχουμε ότι:
$V_{A\Gamma} = \varepsilon = B\upsilon\alpha$ ή $V_{A\Gamma} = 4Volt.$
Τέλος κατά την έξοδο του πλαισίου εμφανίζεται τάση από επαγωγή ε_3 στην πλευρά του, που βρίσκεται εντός του πεδίου, όπως φαίνεται στην εικόνα.

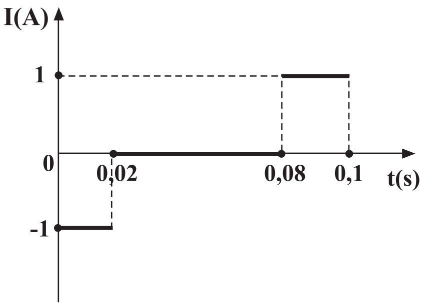


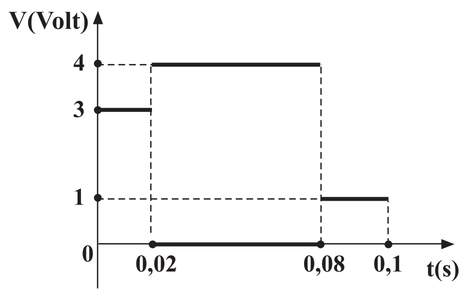
Για το ρεύμα και τη διαφορά δυναμικού βρίσκουμε:

$$I_3 = \frac{\varepsilon_3}{R_{ολ}} = \frac{B\upsilon\alpha}{4R} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 0{,}2}{4} A \quad ή \quad I_3 = 1A$$

και $V_{ΑΓ} = IR = 1 \cdot 1$ ή $V_{ΑΓ} = 1Volt.$

Β. Για τα διαγράμματα έχουμε:





22. Α. Η ζητούμενη μέση ΗΕΔ από επαγωγή για περιστροφή κατά 90°, 180°, 270° και 360° αντίστοιχα είναι:

$$\varepsilon_1 = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -N\frac{\Phi_{τελ} - \Phi_{αρχ}}{\Delta t} = -N\frac{BSσυν90 - BS}{\frac{T}{4}} = 4NBSf \quad ή$$

$$\varepsilon_1 = 40Volt.$$

$$\varepsilon_2 = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -N\frac{BSσυν180 - BS}{\frac{T}{2}} = 4NBSf \quad ή \quad \varepsilon_2 = 40Volt.$$

$$\varepsilon_3 = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -N\frac{BSσυν270 - BS}{\frac{3T}{4}} = \frac{4}{3}NBSf \quad ή \quad \varepsilon_3 = \frac{40}{3}Volt.$$

$$\varepsilon_4 = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -N\frac{BSσυν360 - BS}{T} \quad ή \quad \varepsilon_4 = 0Volt.$$

Β. Για τη μέση τιμή του φορτίου έχουμε:

$$Q_1 = \overline{I_1}\,t_1 = \frac{\varepsilon_1}{R}t_1 = \frac{\varepsilon_1}{R}\frac{T}{4} \quad ή \quad Q_1 = \frac{\varepsilon_1}{R}\frac{1}{4f} \quad ή \quad Q_1 = 0{,}02C.$$

$$Q_2 = \overline{I_2}\,t_2 = \frac{\varepsilon_2}{R}\frac{T}{2} = \frac{\varepsilon_2}{R}\frac{1}{2f} \quad ή \quad Q_2 = 0{,}04C.$$

$$Q_3 = \overline{I_3}\,t_3 = \frac{\varepsilon_3}{R}\frac{3T}{4} = \frac{\varepsilon_3}{R}\frac{3}{4f} \quad ή \quad Q_3 = 0{,}02C.$$

$$Q_4 = \overline{I_4}\,t_4 = \frac{\varepsilon_4}{R}T \quad ή \quad Q_4 = 0C.$$

23. Α. Για το ζητούμενο πλάτος της εναλλασσόμενης τάσης βρίσκουμε:

$\varepsilon_0 = N\omega BS = N2\pi fBS = 200 \cdot 2\pi 60 \cdot 0{,}5 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 10^{-4}Volt$ ή

$\varepsilon_0 = 113Volt$

Β. Η εξίσωση της εναλλασσόμενης τάσης είναι:

$\varepsilon = \varepsilon_0\,\eta\mu\omega t$ ή $\varepsilon = \varepsilon_0\,\eta\mu 2\pi ft$ ή $\varepsilon = 113\eta\mu 120\pi t$

24. Α. Για το πλάτος βρίσκουμε:

$V_0 = 1Volt.$

Β. Το πλάτος της έντασης του ρεύματος είναι:

$$I_0 = \frac{V_0}{R} = \frac{1}{10}A \quad ή \quad I_0 = 0{,}1A.$$

Γ. Επειδή στην ωμική αντίσταση η τάση είναι συμφασική με την ένταση πρέπει όταν $V = V_0$ να είναι και $I = I_0$.

Δ. Η ισχύς δίνεται από τη σχέση $P = V_0 I_0 \eta\mu^2\omega t$. Άρα είναι μέγιστη, όταν $\eta\mu\omega t = 1$ και έχει τιμή

$P_{max} = V_0 I_0$ ή $P_{max} = 0{,}1Watt.$

Η τιμή της γίνεται ελάχιστη και μάλιστα

$P_{min} = 0$, όταν $\eta\mu\omega t = 0$.

25. Α. Από τη σχέση $I = I_0\eta\mu\omega t$ βρίσκουμε ότι:

$$1{,}4 = I_0\eta\mu 45 = I_0\frac{\sqrt{2}}{2} \quad ή \quad I_0 = 1{,}4\sqrt{2}\ A.$$

Έτσι έχουμε: $I_{\varepsilon\nu} = \dfrac{I_0}{\sqrt{2}}$ ή $I_{\varepsilon\nu} = 1{,}4A.$

Β. $V_{\varepsilon\nu} = I_{\varepsilon\nu}R$ ή $V_{\varepsilon\nu} = 1{,}4 \cdot 20Volt$ ή $V_{\varepsilon\nu} = 28Volt.$

26. Ο ρυθμός με τον οποίο παράγεται θερμότητα στην αντίσταση R είναι η ισχύς του ρεύματος P, για την οποία ισχύει:

$$P = \frac{V^2}{R} \qquad (\alpha)$$

Η ισχύς για την εναλλασσόμενη τάση είναι:

$$\overline{P} = \frac{V_{\varepsilon\nu}^{\ 2}}{R} \qquad (\beta)$$

Έτσι βρίσκουμε:

$$\overline{P} = \frac{1}{2}P \quad ή \quad \frac{V_{\varepsilon\nu}^{\ 2}}{R} = \frac{1}{2}\frac{V^2}{R} \quad ή$$

$$\left(\frac{V_0}{\sqrt{2}}\right)^2 = \frac{1}{2}V^2 \quad ή \quad V_0^{\ 2} = V^2 \quad ή \quad V_0 = 10Volt$$

27. Υπολογίζουμε το ρεύμα κανονικής φωτοβολίας και την αντίσταση του λαμπτήρα:

$$P = VI \quad ή \quad I = \frac{P}{V} = \frac{8}{12}A \quad ή \quad I = \frac{2}{3}A$$

$$\text{και} \quad P = \frac{V^2}{R} \quad ή \quad R = \frac{V^2}{P} = \frac{144}{8}\Omega \quad ή \quad R = 18\Omega.$$

Για να φωτοβολεί το ίδιο ο λαμπτήρας, πρέπει η ενεργός έντασης να είναι ίση με την ένταση I του συνεχούς ρεύματος. Δηλαδή:

$$I_{εν} = I \quad ή \quad \frac{V_{εν}}{R_{ολ}} = I \quad ή \quad \frac{V_0}{\sqrt{2}R_{ολ}} = I \quad ή \quad V_0 = \sqrt{2}\, IR_{ολ} \quad ή$$

$$V_0 = \sqrt{2}\cdot\frac{2}{3}(18+100)\text{Volt} \quad ή \quad V_0 = 111{,}2\text{Volt}.$$

28. Για την τροφοδοσία του λαμπτήρα με συνεχή τάση έχουμε:

$$P = \frac{V^2}{R} \quad ή \quad R = \frac{V^2}{P} = \frac{10.000}{200}\Omega \quad ή \quad R = 50\Omega$$

Για την τροφοδοσία με εναλλασσόμενη βρίσκουμε:

$$\overline{P} = \frac{V_{εν}^{\ 2}}{R} \quad ή \quad V_{εν} = \sqrt{\overline{P}R} \quad ή \quad V_{εν} = 100\text{Volt}.$$

29. Α. Η τιμή της αναπτυσσόμενης ΗΕΔ είναι:

$$\varepsilon = M\frac{\Delta I}{\Delta t} \quad ή \quad M = \varepsilon\frac{\Delta t}{\Delta I} = 20\frac{0{,}01}{10}H \quad ή \quad M = 0{,}02H$$

Β. Από την ίδια εξίσωση που δίνει την τιμή της ΗΕΔ βρίσκουμε:

$$\varepsilon = M\frac{\Delta I'}{\Delta t'} \quad ή \quad \Delta t' = \frac{M\,\Delta I}{\varepsilon} = \frac{0{,}02\cdot 7{,}5}{60}s \quad ή \quad \Delta t' = 0{,}0025s$$

30. Με τη διακοπή του ρεύματος στο πηνίο $Π_1$ μηδενίζεται και η μαγνητική ροή στο πηνίο $Π_2$.

Αυτό σημαίνει πως στο πηνίο $Π_2$ εμφανίζεται ΗΕΔ από επαγωγή για την οποία ισχύει:

$$\varepsilon = -N_2\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -N_2\frac{\Phi_{τελ} - \Phi_{αρχ}}{\Delta t} = -N_2\frac{0 - \Phi_{αρχ}}{\Delta t} \quad ή$$

$$\varepsilon = \frac{N_2\,\Phi_{αρχ}}{\Delta t} = \frac{500\cdot 1\cdot 10^{-3}}{0{,}02}\text{Volt} \quad ή \quad \varepsilon = 25\text{Volt}.$$

Αλλά για την ΗΕΔ που βρήκαμε ισχύει:

$$\varepsilon = -M\frac{\Delta I}{\Delta t} = -M\frac{I_{\tau\varepsilon\lambda} - I_{\alpha\rho\chi}}{\Delta t} = -M\frac{0 - I_{\alpha\rho\chi}}{\Delta t} \quad \acute{\eta}$$

$$\varepsilon = \frac{M\,I_{\alpha\rho\chi}}{\Delta t} \quad \acute{\eta} \quad M = \varepsilon\frac{\Delta t}{I_{\alpha\rho\chi}} = 25\,\frac{0{,}02}{10}\,H \quad \acute{\eta} \quad M = 0{,}05H.$$

31. Α. Για το συντελεστή αυτεπαγωγής L βρίσκουμε:

$$L = \mu\,\frac{\mu_0 N^2 S}{\ell} = 1.400\,\frac{4\pi\,10^{-7}\cdot 10^6\cdot 10\cdot 10^{-4}}{0{,}2}\,H \quad \acute{\eta} \quad L = 8{,}8H.$$

Β. Από τη σχέση $\varepsilon = -L\dfrac{\Delta I}{\Delta t} = -L\dfrac{0 - I}{\Delta t}$ βρίσκουμε:

$$I = \varepsilon\cdot\frac{\Delta t}{L} = 314\,\frac{0{,}02}{8{,}8}\,A \quad \acute{\eta} \quad I = 0{,}7A.$$

Γ. Η ισχύς καταναλώνεται στην αντίσταση του πηνίου και είναι:

$P = I^2 R = 0{,}7^2\cdot 10Watt$ ή $P = 4{,}9Watt$.

Δ. $W = \dfrac{1}{2}L I^2 = \dfrac{1}{2}8{,}8\cdot 0{,}7^2\,Joule$ ή $W = 2{,}16Joule$.

32. Α. Το ρεύμα αποκτά τελικά ένταση που είναι:

$$I_0 = \frac{\varepsilon}{R_{o\lambda}} = \frac{\varepsilon}{R + r} = \frac{20}{2 + 2}\,A \quad \acute{\eta} \quad I_0 = 5A.$$

Β. Από το νόμο του Ohm βρίσκουμε:

$V = IR = 2\cdot 2Volt$ ή $V = 4Volt$.

Από το 2ο κανόνα του Kirchhoff έχουμε:

$\varepsilon - \varepsilon_{\alpha\upsilon\tau.} = IR + Ir$ ή $\varepsilon_{\alpha\upsilon\tau.} = \varepsilon - I(R + r)$ ή $\varepsilon_{\alpha\upsilon\tau.} = 12Volt$.

Αλλά η τιμή της $\varepsilon_{\alpha\upsilon\tau.}$ είναι:

$$\varepsilon_{\alpha\upsilon\tau.} = L\frac{\Delta I}{\Delta t} \quad \acute{\eta} \quad \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\varepsilon_{\alpha\upsilon\tau.}}{L} = \frac{12}{0{,}1}\,A/s \quad \acute{\eta} \quad \frac{\Delta I}{\Delta t} = 120\,A/s.$$

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Επιστημολογία των Φυσικών Επιστημών

Κάλφας Β.: (1997) *Επιστημονική Πρόοδος και Ορθολογικότητα*, Εκδόσεις Νήσος.

Περί κατασκευής: Πρακτικά εργαστηρίου της ΕΜΕΑ Εκδόσεις Νήσος 1996

Bondi H.: (1990) *Σχετικότητα και Κοινή Λογική*, Εκδόσεις Τροχαλία.

Born Max: (1993) *Το Πείραμα και η Θεωρία στη Φυσική*, Εκδόσεις Τροχαλία

Brown H.: (1994) *Η Σοφία της Επιστήμης*, Εκδόσεις Δίαυλος.

Brown H. I.: (1993) *Αντίληψη, Θεωρία και Δέσμευση*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Carnap R.: (1975), *Φιλοσοφία και λογική σύνταξη* Μετάφραση Ιωάννα Γόρδου. Επιμ. Ν. Αυγελής, Εκδόσεις Εγνατία

Einstein A., Infeld L.: (1978) *Η Εξέλιξη των Ιδεών στη Φυσική*, Μετάφραση - Συμπλήρωμα Ε. Μπιτσάκης, Εκδόσεις Δωδώνη.

Feyerabend P.: (1982) *Ενάντια στη Μέθοδο*, Μετάφραση Γρ. Καυκαλάς, Γ. Κουνταρούλης, Εκδόσεις Σύγχρονα Θέματα.

Foucalt M.: (1986) *Οι λέξεις και τα πράγματα Μια αρχαιολογία των επιστημών του ανθρώπου* Μετάφραση Κωστής Παπαγιώργης Εκδόσεις "Γνώση"

Kraft V.: (1986)*Ο Κύκλος της Βιέννης και η Γέννηση του Νεοθετικισμού Sclick Wittgenstein Carnap Popper* Μετάφραση Γιάννη Μανάκου "Γνώση"

Kuhn T.: (1987).*Η δομή των επιστημονικών επαναστάσεων* Μετάφραση Β. Κάλφας Σύγχρονα Θέματα

Lakatos I.: (1986) *Μεθοδολογία των Επιστημονικών Προγραμμάτων Επιστημονικής Έρευνας* Μετάφραση Αιμ. Μεταξόπουλος Εκδόσεις Σύγχρονα Θέματα

Rae Alastair: (1987) *Κβαντομηχανική: πλάνη ή πραγματικότητα*, Εκδόσεις Κάτοπτρο.

Ιστορία των Φυσικών Επιστημών

Αριστοτέλους: Φυσικής Ακρόασις (Τα φυσικά), Μετάφραση Κ.Δ. Γεωργούλη, Εκδόσεις Παπαδήμα. (1972)

Κέντρο Νεοελληνικών Ερευνών: *Οι Επιστήμες στον Ελληνικό Χώρο* (Πρακτικά συνεδρίου, Ιούνιος 1995), Εκδόσεις Τροχαλία.

Φάρρινγκτον Β.: (1969) *Η Επιστήμη στην Αρχαία Ελλάδα*, Μετάφραση Ραΐσης Ν., Εκδόσεις Κάλβος.

Asimov I.: (1998) *Το Χρονικό των Επιστημονικών Ανακαλύψεων*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Dampier W.C.: (1979*) A history of Science and its relations with Philosophy & Religion,* Cambridge University Press.

Grant E.: (1993) *Οι Φυσικές Επιστήμες τον Μεσαίωνα.* Μετ. Σαρίκας Ζ. Παν. Εκδόσεις Κρήτης.

Harman M. P.: (1993) *Ενέργεια, Δύναμη και Ύλη Η εννοιολογική εξέλιξη της Φυσικής τον 19ο αιώνα* Επιστημονική επιμέλεια Κ. Γαβρόγλου Μετάφραση Τ. Τσιαντούλας Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης

Leicester H.: (1993), *Ιστορία της Χημείας*, Εκδόσεις Τροχαλία**.**

Narlikar J.: (1999) *Η Ελαφρότητα της Βαρύτητας*, Εκδόσεις Τροχαλία

Prigogine Ilya: (1997), *Το τέλος της βεβαιότητας*, Εκδόσεις Κάτοπτρο.

Prigozin I., Stengers I.: (1986) «*Τάξη μέσα από το Χάος*» Μετάφραση Μ. Λογιωτάτου. Εκδόσεις Κέδρος.

Schrodinger E.: *Η φύση και οι Έλληνες. Ο κόσμος και η φυσική*. Πρώτη δημοσίευση 1954. Σχόλια και επεκτάσεις Michel Bitbol. 1992. Εκδόσεις Π. Τραυλός, Κωσταράκη Ε,. 1995.

Weisskopf V.: (1994) *Η Κβαντική Επανάσταση*, Εκδόσεις Κάτοπτρο.

Παιδαγωγικά- Διδακτική

Κόκκοτας Π.: (2000) (Επιμ.) *Διδακτικές προσεγγίσεις στις φυσικές επιστήμες-Σύγχρονοι προβληματισμοί* Εκδόσεις τυπωθήτω.

Κόκκοτας Π.: (1998) *Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. – Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης.*

Κόκκοτας Π.: (1998) *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών* Εκδόσεις Γρηγόρη .

Κουλαϊδής Β.: (1995) (Επιμ.) *Αναπαραστάσεις του φυσικού κόσμου* Εκδόσεις Gutenberg

Ματσαγγούρας Η.: (1995) (Επιμ.) *Η εξέλιξη της διδακτικής. Επιστημολογική θεώρηση* Εκδόσεις Gutenberg

Πατάπης Σ.: (1995) *Μεθοδολογία της διδασκαλίας της Φυσικής* Β' Έκδοση

Σταυρίδου Ε.: (1995) *Μοντέλα Φυσικών Επιστημών και διαδικασίες μάθησης* Εκδόσεις Σαββάλας

Τσαπαρλής Γ.: (1991) *Θέματα διδακτικής Φυσικής και Χημείας στη Μέση Εκπαίδευση* Εκδόσεις Γρηγόρης

Arons A. B.: (1992) *Οδηγός διδασκαλίας της Φυσικής* Μετάφραση Βαλαδάκης Ανδρέας Εκδόσεις Τροχαλία

Bernstein B.: (1991) *Παιδαγωγικοί κώδικες και Κοινωνικός έλεγχος* Εισαγωγή -Μετάφραση -Σημειώσεις Ιωσήφ Σολομών Εκδόσεις Αλεξάνδρεια

Bertrand Y.: (1994) *Σύγχρονες Εκπαιδευτικές θεωρίες* Μετ. Σιπητάνου Α., Λινάρδου Ε. Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα

Driver R., Guesne E., Timberghien A.: (Eds) *Οι ιδέες των παιδιών στη Φυσική* Μετάφραση Κρητικός Θ., Σπηλιωτοπούλου-Παπαντωνίου Β.,Σταυρόπουλος Α. ΕΝΩΣΗ ΕΛΛΗΝΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ, ΤΡΟΧΑΛΙΑ 1993

Driver R., Squires A., Rushworth P., Wood-Robinson V.: (1999). *Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών- Μια Παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών* Επιμ. Π. Κόκκοτας, Μετ. Μ. Χατζή, Εκδόσεις τυπωθήτω

Hayes N.: (1993) *Εισαγωγή στις Γνωστικές Λειτουργίες* Επιμ. Α. Κωσταράκου-Ευκλείδη Εκδόσεις ελληνικά γράμματα

Lemeignan G., Weil-Barais A.: (1997) *Η οικοδόμηση των εννοιών στη φυσική-Η διδασκαλία της μηχανικής* Επιμ.-Μεταφ. Δαπόντες Ν. ΔημητρακοπούλουΑ., Εκδόσεις τυπωθήτω

Maturana H., Varela F.: (1992) *Το δέντρο της γνώσης. Οι βιολογικές ρίζες της ανθρώπινης νόησης* Εκδόσεις Κατοπτρο

<u>Φυσική</u>

Αλεξανδρόπουλος Ν. Γ., Θεοδωρίδου - Καραδήμα Ε., συνεργασία Κώτση Κ. Θ.: (1996) *Συμπυκνωμένη Ύλη και Ακτίνες Χ*, Ιωάννινα.

Αλεξόπουλος Κ.Δ., Μαρίνος Δ. Ι.: (1998) *Νεώτερα από τη Φυσική*, Εκδόσεις Σαββάλας.

Αλεξόπουλος Κ.Δ., Μαρίνος Δ.Ι.: (1980) *Φυσική*, τόμοι Α΄-Β΄, Αθήνα.

Αλεξόπουλος Κ.Δ.: (1966) *Γενική Φυσική*, τόμοι 1-5. Αθήνα.

Βαρώτσος Π., Αλεξόπουλος Κ. Δ.: (1995) *Φυσική Στερεάς Κατάστασης*, Εκδόσεις Σαββάλας.

Βλάχος Ι.: (1990) *Μαθησιακές δραστηριότητες για την πρώτη Λυκείου: Γενικού-Πολυκλαδικού*, Εκδόσεις "Η έκφραση".

Βλάχος Ι., Ζάχος Κ., Κόκκοτας Π., Τιμοθέου Γ.: (1998) *Φυσική Γ' Λυκείου* Ο.Ε.Δ.Β.

Δανέζης Μ., Θεοδοσίου Σ.: (1999) *Το Σύμπαν που Αγάπησα-Εισαγωγή στην Αστροφυσική*, τόμοι Α΄, Β΄, Εκδόσεις Δίαυλος.

Κόκκοτας Π., Κρέμος Δ.: (1995) *Φυσική Α΄ Λυκείου*, Εκδόσεις Ο.Ε.Δ.Β.

Μαυρίκης Χ., Τιμοθέου Γ.: (1982) *Μεθοδολογία ασκήσεων Μηχανικής*, Εκδόσεις Αναστασάκη.

Μπότσης Κ., Περιστερόπουλος Π., Σφαρνάς Ν.: (1993) *Εγχειρίδιο Φυσικής Γ΄ Λυκείου*, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

Οικονόμου Ε. Ν.: (1985) *Συμβίωση χωρίς μέλλον - Πυρηνικά Όπλα και Ανθρώπινοι Πολιτισμοί*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Οικονόμου Ε. Ν.: (1991) *Η Φυσική Σήμερα (Οι Δέκα Κλίμακες της Ύλης)*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Περιστερόπουλος Π., Σκιαθίτης Εμ.: (1983) *Οδηγίες για τη διδασκαλία της Φυσικής στη Β΄ Λυκείου.*

Τιμοθέου Γ.: (1986) *Φυσική Γ΄ Λυκείου*, Εκδόσεις Παπαδημητρόπουλου.

Abbott A.: (1982) *Ordinary Level Physics*, Heinemann Ed. Books, third Edition.

Avison J.: (1989) *The World of Physics*, Nelson.

Bausor J. et al.: (1978) *Advanced Physics project for Independent Learning* (APPIL) Units 1-10, John Murray (Publishers).

Born M.: (1951) *The restless Universe*, Dover Publications.

Breithaupt J.: (1994) *Physics*, Stanley Thornes (publishers) Ltd.

Breithaupt J.: (1997) *Key Science: Physics* (new edition), Stanley Thornes (publishers) Ltd.

Dorn F., Bader F.: (1985) *Φυσική,* τόμοι 1-4, Εκδόσεις Κτίστη, Αθήνα, (συνοδεύεται από βιβλίο για τον καθηγητή).

Epstein L.C.: (1989) *Thinking Physics - Practical lessons in critical thinking* (second edition), Insight Press.

Feynman R.: (1990) *Ο Χαρακτήρας του Φυσικού Νόμου*, Μετάφραση Ελένη Πιπίνη, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Gamow G. and Cleveland J.M.: (1978) *Physics: foundations and frontiers* (third edition) Prentice-Hall of India.

Haber-Schaim U., Dodge J., Walter J.: (1990) *P.S.S.C Φυσική*, Μετάφραση Θ. Κωστίκας, Εκδόσεις Ίδρυμα Ευγενίδου.

Halliday D. Resnick R.: (1976) *Φυσική*, Μετάφραση Γ. Πνευματικός, Γ. Πεπονίδης τόμοι 1-2, Εκδόσεις Γ.Α. Πνευματικός.

Hecht E.: (1998) *Physics: Algebra/Trig* Vol. I & II., Brooks/ Cole Publishing Company.

Hewitt P.: (1992) *Οι Έννοιες της Φυσικής*, Μετάφραση Ε. Σηφάκη, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Hey I., Walters P.: (1992) *Το Κβαντικό σύμπαν*, Μετάφραση Νίκος Διλής, Εκδόσεις Κάτοπτρο.

Holton G.: (1985) *Introduction to concepts and theories in Physical Science*, revised by Brush S. (second edition), Princeton University Press.

Johnson K.: (1996) *Physics for you, New National Curriculum Edition for GCSE.* Stanley Thornes (publishers) Ltd.

Landau L., Kitaigorodsky A.: (1980) *Physics for Everyone vol. Physical bodies*, (second edition), MIR Publishers Moscow.

Landau L.D., and Kitagorodsky A.I.: (1980) *Physics for everyone, vol. Molecules* (second edition) MIR Publishers Moscow.

Landau L.D., and Kitagorodsky A.I.: (1981) *Physics for everyone, vol. Electrons*, MIR Publishes Moscow.

MacDemmont L. C.: (1996) *Physics by Inquiry,* volumes 1-2, J. Willy & Sons.

March R.: (1996) *Φυσική για Ποιητές*, Μετάφραση Κ. Μεργιά, Εκδόσεις Δίαυλος.

Ohanian H.: (1991) *Φυσική*, τόμοι 1-2, Μετάφραση Α. Φίλιππα, Εκδόσεις Συμμετρία.

Pople S.: (1989) *Physics, Coordinated Science*, Oxford University Press.

Rogers E.M.: (1977) *Physics for the inquiring mind: the methods, nature and philosophy of physical science* (twelfth edition) Princeton University Press.

Rutherford F., Holton G., Watson F.: (1981) Harvard Project Physics, Εκδότες Holt, Rinehart, Winston Publishers.

Sang D.: (1995) *Nuclear and Particle Physics*, Nelson.

Serway R.: (1990) *Physics for Scientists and Engineers,* Μετάφραση Λ. Ρεσβάνης, τόμος IV.

Serway R.: (1991) *Φυσική*, τόμοι 1-4, Έκδοση Λ. Ρεσβάνη, Αθήνα.

Silberberg M.: (1996) *Chemistry: the molecular nature of matter and change*, Mosby.

Skinner B.J. and Porter P.C.: (1987) *Physical Geology*, John Wiley & Sons.

Tillery B.W.: (1996) *Physical Science* (third edition), W.C.M. Publishers.

Wenham E., Dorling G., Snell J., Taylor B.: (1972) *Physics, Concepts and Models,* Addison – Wesley Publishers limited.

Whelan P., Hodgson M.: (1979) *Questions on Principles of Physics*, John Murray.

Young H.: (1994) *Φυσική*, τόμοι 1-2, Μετάφραση Ε. Αναστασάκης, Σ. Δ. Π. Βλασσόπουλος, Ε. Δρης, Η. Σ. Ζουμπούλης, Η. Κ. Κατσούφης, Γ. Κουρούκλης, Ε. Μάνεσης, Κ. Ε. Παρασκευαΐδης, Μ. Πιλάνιας, Κ. Χριστοδουλίδης, Εκδόσεις Παπαζήση.

Zitsewits P.W. et. al.: (1995*) Merril Physics, Principles and Problems*, Glencoe/Mc Graw Hill.

Εργαστήριο-Πειράματα

Καρυώτογλου Π. κ.ά.: (1989) *Το Κυκλικό Εργαστήριο*, τόμοι Α-Β, Εκδόσεις Γ. Πνευματικός.

Καραπαναγιώτης Β., Παπασταματίου Ν., Φέρτης Α., Χαλέτσος Χ.: *Εργαστηριακός Οδηγός Β΄ Γυμνασίου*, Ο.Ε.Δ.Β

Καραπαναγιώτης Β.: (1989) *Το Σχολικό Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών*, Εκδόσεις Γρηγόρη.

Κόκκοτας Π., Καραπαναγιώτης Β. κ.ά.: (1998) *Πειράματα Φυσικής,* Εκδόσεις Γρηγόρη.

Κόκκοτας Π., Καραπαναγιώτης Β., Αρναουτάκης Ι., Καρανίκας Ι., Κουρέλης Ι.: *Πειράματα Φυσικής,* Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.

Μπουρούτης Ι., Μητσιάδης Σ., Βρέτταρος Γ.: *Ο Καθοδικός Παλμογράφος,* Εκδόσεις ΥΠΕΠΘ.
Μπουρούτης Ι.: (1988) *Πειράματα Φυσικής*, τόμοι Α-Β, Εκδόσεις Ο.Ε.Δ.Β. (γ΄ έκδοση 1993).
Μπουρούτης Ι.: *Πειράματα Φυσικής*, τόμοι Α-Β, Εκδόσεις Ο.Ε.-Δ.Β
Ορφανουδάκης Γ.: *Εργαστηριακές Ασκήσεις Φυσικής*, Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα.
Παπασταματίου Ν.: *Εργαστηριακές Ασκήσεις Β΄ και Γ΄ Γυμνασίου*, Αθήνα.
Armitage E.: *Practical Physics in SI*, J. Murray, Hong Kong.
Avison J.: The World of Physics, Nelson, Hong Kong.
Freier G. - Anderson F.: *A Demonstration Handbook for Physics*, American Association of Physics Teachers, N. York.
Haber-Schaim U. et al.: *Φυσική PSSC Εργαστηριακός Οδηγός* (Μετάφραση Ν. Παπασταματίου), Ίδρυμα Ευγενίδου.
Leybold - Heraus : *Physics Catalogue of Experiments*, Kuln, Germany.
Moss G.: *Ordinary Level Practical Physics*, Heinemann, London.
Murphy J. - Doyle J.: *Laboratory Physics*, C.E. Merrill, Columbus Ohio.
Tillery Bill W.: *Laboratory Manual in Conceptual Physics*, W.C. Brown Boston, Chicago, London.
Tyler F.: *A Laboratory Manual of Physics*, E. Arnold, London.
Unesco: (1994) *Οδηγός του Εκπαιδευτικού*, Μετάφραση Α. Βεκιαρέλη - Ε. Παπαγκίκα, Επιμ. Ι. Αντωνίου κ.α., Εκδόσεις UNESCO/ RED – T – POINT.
Unesco: *New Unesco Source Book for Science Teaching*, Unesco, Paris.
Williams J. et. al.: *Excercises and Experiments in Physics*, Holt Reinhart and Winston.

Κατάλογοι οργάνων

Μητσιάδης Σ: Εικονογραφημένος Κατάλογος Εποπτικών Μέσων Διδασκαλίας, Εκδόσεις Ο.Ε.Δ.Β.
Colatex Didactic: Physic Technik Hauptkatalog, Lehrmittelhaus, Innsbruck.
Leybold - Heraus: Physics Apparatus for Teaching Purposes, Koln Germany “Επιστημονικά Όργανα”, Σολωμού 16, Αθήνα.
Philip Harris: Physical Science, Life Science, Technologie, Staffordshire England, “Νορμ Ηλεκτρονική ΕΠΕ”, Βουλής 18, Αθήνα.
PHYWE: Physics - Main Catalogue, Gφttingen, Germany, anro α.ε., Λεωφ. Συγγρού 44, Αθήνα.

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ-ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Στις επόμενες σελίδες υπάρχει χώρος όπου μπορείτε να καταγράψετε σχόλια, να κρατήσετε σημειώσεις ή απλά να σημειώσετε *"τι να μην ξεχάσω"* την επόμενη φορά που διδάξετε τις διάφορες διδακτικές ενότητες.

1.1 Κινητική θεωρία των ιδανικών αερίων

Διδακτική ενότητα 1η: Πειραματική μελέτη της σχέσης της πίεσης με τον όγκο (1.1.1), Η σχέση του όγκου με τη θερμοκρασία (1.1.2), Η σχέση της πίεσης με τη θερμοκρασία (1.1.3).

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

Διδακτική ενότητα 2η: Νόμος των ιδανικών αερίων (1.1.4), Κινητική θεωρία των αερίων (1.1.5). Το πρότυπο του ιδανικού αερίου (1.1.6).

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

Διδακτική ενότητα 3η: Υπολογισμός της πίεσης στο ιδανικό αέριο (1.1.7).

....
....

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

Διδακτική ενότητα 4η: Η σχέση της θερμοκρασίας με τη μέση κινητική ενέργεια των μορίων (1.1.8), Η κατανομή των ταχυτήτων στα αέρια (1.1.9).

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

Διδακτική ενότητα 5η: Εφαρμογές του προτύπου του ιδανικού αερίου (1.1.10). Κορεσμένοι και ακόρεστοι ατμοί (1.1.11).

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

1.2 θερμοδυναμική

Διδακτική ενότητα 1η: Θερμοδυναμική ισορροπία (1.2.1), Αντιστρεπτές και μη αντιστρεπτές μεταβολές (1.2.2), Παραδείγματα αντιστρεπτών και μη αντιστρεπτών μεταβολών (1.2.3).

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

Διδακτική ενότητα 2η: Έργο κατά την εκτόνωση αερίου (1.2.4), Πρώτο θερμοδυναμικό αξίωμα (1.2.5).

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

Διδακτική ενότητα 3η: Το πρώτο θερμοδυναμικό αξίωμα σε γνωστές μεταβολές (1.2.6).

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

Διδακτική ενότητα 4η: Ειδικές θερμότητες των αερίων (1.2.7), Ερμηνεία της ειδικής θερμότητας με το πρότυπο του ιδανικού αερίου (1.2.8).

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

Διδακτική ενότητα 5η: Δεύτερο θερμοδυναμικό αξίωμα (1.2.9), Θερμικές μηχανές (1.2.10).

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

Διδακτική ενότητα 6η: Η εντροπία (1.2.11).

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

2.1 Ηλεκτρικό πεδίο

Διδακτική ενότητα 1η: Ένταση ηλεκτρικού πεδίου (2.1.1), Ηλεκτρική ροή (2.1.2).

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

Διδακτική ενότητα 2η: Ο νόμος του Gauss (2.1.3).

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

Διδακτική ενότητα 3η: Η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια (2.1.4), Οι έννοιες διαφορά δυναμικού και δυναμικό (2.1.5).

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

Διδακτική ενότητα 4η: Πυκνωτές και διηλεκτρικά (2.1.6), Η σημασία των διηλεκτρικών (2.1.7).

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

Διδακτική ενότητα 5η: Συγκριτική μελέτη του βαρυτικού και του ηλεκτρικού πεδίου (2.1.8).

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

Διδακτική ενότητα 6η: Κινήσεις φορτισμένων σωματίων σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο (2.1.9).

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

Διδακτική ενότητα 7η: Παλμογράφος (2.1.10).

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

2.2 Μαγνητικό πεδίο

Διδακτική ενότητα 1η: Ο νόμος των Biot και Savart και η εφαρμογή του σε ευθύγραμμο και κυκλικό ρευματοφόρο αγωγό (2.2.1).

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

Διδακτική ενότητα 2η: Δυναμική φορτισμένου σωματίου σε ομογενές μαγνητικό πεδίο (2.2.2).

Α. Ηλεκτρομαγνητική δύναμη Lorentz.,

Β. Περιγραφή της κίνησης φορτισμένου σωματίου σε ομογενές μαγνητικό πεδίο.

....

....

....

....

....

....

....

....

....

Διδακτική ενότητα 3η: Α. Ηλεκτρομαγνητική δύναμη Laplace. Β. Ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις μεταξύ παράλληλων ρευματοφόρων αγωγών (2.2.3).

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

Διδακτική ενότητα 4η: Νόμος του Gauss σε μαγνητικό πεδίο (2.2.4).

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

Διδακτική ενότητα 5η: Α. Νόμος Ampere, Β. Εφαρμογές του νόμου του Ampere (2.2.5).

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

2.3 Ηλεκτρομαγνητική Επαγωγή

Διδακτική ενότητα 1η: Πειραματική προσέγγιση του φαινομένου της επαγωγής (2.3.1),

Α. Νόμος της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής, Β. Κανόνας του Lenz.

Γ. Πειραματική επαλήθευση του νόμου της επαγωγής.

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

Διδακτική ενότητα 2η: Θεωρητική προσέγγιση του φαινομένου της επαγωγής (2.3.2).

Α. Υπολογισμός της Η.Ε.Δ. από επαγωγή σε κινούμενο ευθύγραμμο αγωγό.

Β. Υπολογισμός της Η.Ε.Δ. από επαγωγή σε περιστρεφόμενο πλαίσιο.

Γ. Υπολογισμός της Η.Ε.Δ. από επαγωγή σε περιστρεφόμενο δίσκο.

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

Διδακτική ενότητα 3η: Α. Γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος. Β. Γεννήτριες συνεχούς ρεύματος (2.3.3).

....
....
....
....

....
....
....
....
....
....
....
....

Διδακτική ενότητα 4η: Το εναλλασόμενο ρεύμα και η ανόρθωσή του. (2.3.4).

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

Διδακτική ενότητα 5η: Απλός κινητήρας (2.3.5), Αμοιβαία επαγωγή (2.3.6).

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

Διδακτική ενότητα 6η: Αυτεπαγωγή. (2.3.7).

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

Διδακτική ενότητα 7η: Εφαρμογές του φαινομένου της επαγωγής (2.3.8).

Α. Μετασχηματιστής. Β, Επαγωγικό πηνίο. Μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας.

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....