ΘΕΜΑ Α

1. Σωστή απάντηση είναι η **α**.

Πριν το κλείσιμο του διακόπτη η αντίσταση του κυκλώματος είναι: $R_{0\lambda,1} = R_\Lambda + R$.

Μετά το κλείσιμο του διακόπτη η ολική αντίσταση είναι: $R_{0\lambda,2} = R_\Lambda$. Έτσι

$$\frac{I_{\alpha\rho\chi}}{I_{\tau\varepsilon\lambda}} = \frac{\dfrac{\mathcal{E}}{R_{o\lambda,1}}}{\dfrac{\mathcal{E}}{R_{o\lambda,2}}} = \frac{R_{o\lambda,2}}{R_{o\lambda,1}} = \frac{R_\Lambda}{R_\Lambda + R} < 1 \Rightarrow \frac{I_{\alpha\rho\chi}}{I_{\tau\varepsilon\lambda}} < 1 \Rightarrow \mathbf{I_{\alpha\rho\chi} < I_{\tau\varepsilon\lambda}}$$

. Οπότε ο λαμπτήρας θα φωτοβολεί περισσότερο.

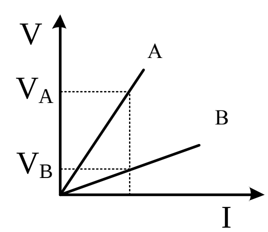
2. Σωστή απάντηση είναι η **α**.

Το ρεύμα αρχικά είναι ίσο με: $I = \dfrac{E}{R_1} = \dfrac{E}{3R_2}$ (1).

Μετά το κλείσιμο του διακόπτη η συνολική αντίσταση είναι: $R_{o\lambda} = \dfrac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \dfrac{3R_2^2}{4R_2} \Rightarrow R_{o\lambda} = \dfrac{3R_2}{4}$

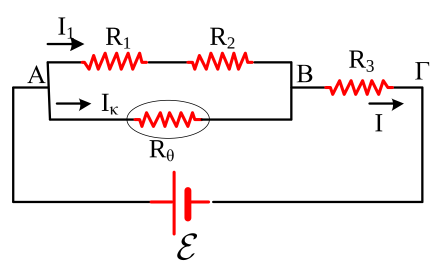
Το ρεύμα είναι: $I' = \dfrac{E}{R_{o\lambda}} = \dfrac{E}{\dfrac{3R_2}{4}} \Rightarrow I' = \dfrac{4E}{3R_2}$ (2).

Διαιρούμε τις (1) και (2) κατά μέλη: $\dfrac{I}{I'} = \dfrac{\dfrac{E}{3R_2}}{\dfrac{4E}{3R_2}} \Rightarrow \dfrac{I}{I'} = \dfrac{1}{4} \Rightarrow \mathbf{I' = 4I}$



3. Σωστή απάντηση είναι η **α**.

Από το σχήμα προκύπτει: $V_A > V_B \Rightarrow IR_A > IR_B \Rightarrow \rho\dfrac{\ell_A}{S} > \rho\dfrac{\ell_B}{S} \Rightarrow \boldsymbol{\ell_A > \ell_B}$



4.1. Το ρεύμα κανονικής λειτουργίας του λαμπτήρα είναι:

$P_\kappa = V_\kappa I_\kappa \Rightarrow I_\kappa = \dfrac{P_\kappa}{V_\kappa} \Rightarrow \mathbf{I_\kappa = 1A}$

Η δε αντίσταση του είναι $R_\Lambda = \dfrac{V_\kappa}{I_\kappa} \Rightarrow \mathbf{R_\Lambda = 30\,\Omega}$

Ο λαμπτήρα λειτουργεί κανονικά. συνεπώς το ρεύμα που τον διαρρέει είναι 1 A. Έχουμε:

$I_\kappa = \dfrac{q}{t} \Rightarrow I_\kappa = \dfrac{N|q_e|}{t} \Rightarrow N = \dfrac{I_\kappa t}{|q_e|} \Rightarrow N = \dfrac{1\cdot 16}{1,6\cdot 10^{-19}} \Rightarrow N = 10^{20}$ ηλεκτρόνια.

4.2. Το δίπολο ΑΒ έχει τάση $V_{AB} = 30$ V, αφού ο λαμπτήρας λειτουργεί κανονικά και το ρεύμα που διαρρέει τους αντιστάτες R_1 και R_2 είναι: $I_1 = \dfrac{V_{AB}}{R_1 + R_2} \Rightarrow I_1 = \dfrac{30}{10+20}\,A \Rightarrow \mathbf{I_1 = 1A}$

Το ρεύμα που διαρρέει την πηγή είναι $I = I_\kappa + I_1 \Rightarrow I = 2$ A. Η τάση $V_{B\Gamma}$ είναι $V_{B\Gamma} = IR_3 \Rightarrow$ **$V_{B\Gamma} = 6$ V**

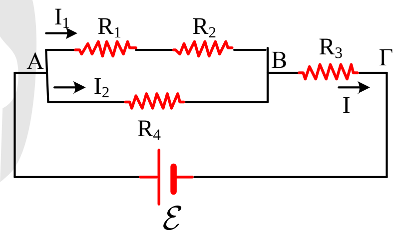
Έτσι για την Η.Ε.Δ. έχουμε $\mathcal{E} = V_{A\Gamma} = V_{AB} + V_{B\Gamma} \Rightarrow$ **$\mathcal{E} = 36$ V**.

4.3. Η αρχική ισχύς στο κύκλωμα είναι: $P_{\alpha\rho\chi} = \mathcal{E}I \Rightarrow P_{\alpha\rho\chi} = 36 \cdot 2$ W $\Rightarrow$ **$P_{\alpha\rho\chi} = 72$ W**.

Μετά την αντικατάσταση του λαμπτήρα η ολική αντίσταση του κυκλώματος θα είναι:

Η R_4 είναι παράλληλα συνδεδεμένη με την ισοδύναμη των R_1, R_2 και σε σειρά η αντίσταση του διπόλου ΑΒ με την R_3. Οπότε: $R_{AB} = \dfrac{R_{1,2} \cdot R_4}{R_{1,2} + R_4} \Rightarrow R_{AB} = \dfrac{30 \cdot 120}{30 + 120}\Omega \Rightarrow R_{AB} = 24\Omega$, $R'_{o\lambda} = R_{AB} + R_3 \Rightarrow R'_{o\lambda} = 27\ \Omega$.

$$P_{\tau\varepsilon\lambda} = \frac{\mathcal{E}^2}{R'_{o\lambda}} \Rightarrow P_{\tau\varepsilon\lambda} = \frac{36^2}{27}\text{W} \Rightarrow \mathbf{P_{\tau\varepsilon\lambda} = 48\,W}$$



Το ποσοστό είναι: $\pi = \dfrac{P_{\tau\varepsilon\lambda} - P_{\alpha\rho\chi}}{P_{\alpha\rho\chi}} \cdot 100\% = \dfrac{48 - 72}{72} \cdot 100\% \Rightarrow$ **$\pi = -33,33\%$**

Δηλαδή έχουμε ελάττωση της ισχύος κατά **33,33%**.

ΘΕΜΑ Β

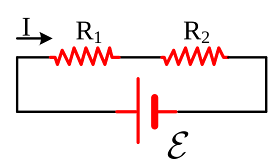
1. Σωστή απάντηση είναι η **β**.

Για την σύνδεση σε σειρά έχουμε: $R_{o\lambda,1} = R + 2R + 3R \Rightarrow R_{o\lambda,1} = 6R$

Για την παράλληλη σύνδεση ισχύει: $\dfrac{1}{R_{o\lambda,2}} = \dfrac{1}{R} + \dfrac{1}{2R} + \dfrac{1}{3R} = \dfrac{6+3+2}{6R} \Rightarrow R_{o\lambda,2} = \dfrac{6R}{11}$

Για το πηλίκο των ισχύων έχουμε: $\dfrac{P_2}{P_1} = \dfrac{\dfrac{V^2}{6R}}{\dfrac{V^2}{\dfrac{6R}{11}}} \Rightarrow$ **$\dfrac{P_2}{P_1} = 11$**

2. Σωστή απάντηση είναι η **β**.



Ο λαμπτήρας 1 έχει αντίσταση $R_1 = \dfrac{V^2_{\kappa,1}}{P_{\kappa,1}} \Rightarrow R_1 = 484\Omega$

Ο λαμπτήρας 2 έχει αντίσταση $R_2 = \dfrac{V^2_{\kappa,2}}{P_{\kappa,2}} \Rightarrow R_2 \simeq 645,3\Omega$

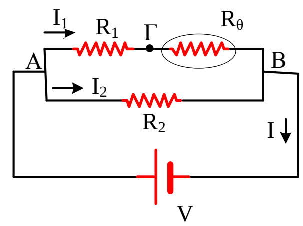
Οι λαμπτήρες είναι σε σειρά άρα έχουμε κοινό ρεύμα και εφόσον η φωτοβολία είναι ανάλογη της ισχύος θα είναι: $\dfrac{P_1}{P_2} = \dfrac{I^2R_1}{I^2R_2} = \dfrac{R_1}{R_2} < 1 \Rightarrow \dfrac{P_1}{P_2} < 1 \Rightarrow P_1 < P_2$ άρα φωτοβολεί περισσότερο ο λαμπτήρας 2.

3. Σωστή απάντηση είναι η **γ**.

Για ορισμένη θερμοκρασία η αντίσταση εξαρτάται μόνο από τα γεωμετρικά και φυσικά χαρακτηριστικά της και είναι ανεξάρτητη της τάσης που εφαρμόζουμε στα άκρα της.

4.1. Η αντίσταση της θερμικής συσκευής είναι: $R_\theta = \dfrac{V_\kappa^2}{P_\kappa} \Rightarrow R_\theta = 100\,\Omega$

Ισχύει: $R_\theta = \rho \dfrac{L}{S} \Rightarrow \rho = \dfrac{R_\theta S}{L} \Rightarrow \rho = \dfrac{100 \cdot 1,6 \cdot 10^{-6}}{10}\,\Omega \cdot m \Rightarrow \boldsymbol{\rho = 16 \cdot 10^{-6}\,\Omega \cdot m}$



4.2. Το κύκλωμα φαίνεται στο διπλανό σχήμα.

Το δίπολο ΑΒ έχει τάση $V_{ΓΒ} = V$ και έχουμε: $P_2 = \dfrac{V^2}{R_2} \Rightarrow V = \sqrt{P_2 R_2} \Rightarrow \boldsymbol{V = 200\,V}$

4.3. Για να λειτουργεί κανονικά η θερμική συσκευή θα πρέπει να έχουμε $V_\kappa = V_{ΓΒ} = 200$ V.
Αλλά $V_{AB} = 200$ V $> V_{ΓΒ}$ οπότε η συσκευή υπολειτουργεί.

4.4 Έχουμε $R_{\theta,1} = R_\theta + R_1 \Rightarrow R_{\theta,1} = 200\ \Omega$.

$R_{ολ} = \dfrac{R_{\theta,1} \cdot R_2}{R_{\theta,1} + R_2} = \dfrac{200 \cdot 200}{200 + 200}\,\Omega \Rightarrow R_{ολ} = 100\,\Omega$. Η ισχύς είναι: $P = \dfrac{V^2}{R_{ολ}} \Rightarrow P = \dfrac{40000}{100}\,W \Rightarrow \boldsymbol{P = 400\,W = 0,4\,kW}$

Η ενέργεια που δαπανά η διάταξη σε 10 h είναι: $W = Pt \Rightarrow W = 0,4\,kW \cdot 10\,h \Rightarrow W = 4\,kWh$ και το κόστος

$\Lambda = W \cdot τιμή = 4\,kWh \cdot 0,1 \dfrac{€}{kWh} \Rightarrow \boldsymbol{\Lambda = 0,4\,€}$

ΘΕΜΑ Γ

1. Σωστή απάντηση είναι η **γ**.

Το έργο στην ισόθερμη συμπίεση είναι: $W_1 = nRT\ell n \dfrac{\frac{V}{2}}{V} \Rightarrow W_1 = pV\ell n \dfrac{1}{2} \Rightarrow W_1 = -pV\ell n2$

Στην ισόχωρη το έργο είναι μηδέν
Στην ισοβαρή από όγκο V/2 μέχρι όγκο V έχουμε:

$W_2 = p(V - \dfrac{V}{2}) \Rightarrow W_2 = \dfrac{pV}{2}$ οπότε $W_{ολ} = W_1 + W_2 = -pV\ell n2 + \dfrac{pV}{2} \Rightarrow W_{ολ} = pV(\dfrac{1}{2} - \ell n2)$

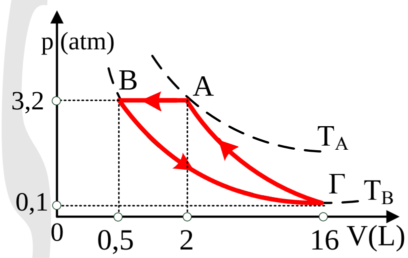
2. Σωστή απάντηση είναι η **β**.
Από τα εμβαδά κάτω από τις γραφικές παραστάσεις έχουμε $W_{AB} > W_{AΓ}$ (1).
Επίσης $\Delta U_{AB} > 0$ και $\Delta U_{AΓ} = 0$ άρα $\Delta U_{AB} > \Delta U_{AΓ}$ (2). Προσθέτουμε τις (1) και (2)
(1),(2) $\Rightarrow W_{AB} + \Delta U_{AB} > W_{AΓ} + \Delta U_{AΓ} \Rightarrow \boldsymbol{Q_{AB} > Q_{AΓ}}$.

3. Σωστή απάντηση είναι η **γ**.
Η μέση μεταφορική κινητική ενέργεια εξαρτάται μόνο από την θερμοκρασία. Συνεπώς επειδή τα αέρια βρίσκονται στο ίδιο δοχείο θα ισχύει: $\bar{K}_1 = \bar{K}_2 = \bar{K}_3$, η ενεργός ταχύτητα εξαρτάται και από την θερμοκρασία και από την μάζα $\upsilon_{εν} = \sqrt{\dfrac{3\kappa T}{m}}$, συνεπώς η μεγαλύτερη μάζα θα έχει την μικρότερη ταχύτητα.

Δηλαδή $\boldsymbol{\upsilon_{εν1} < \upsilon_{εν2} < \upsilon_{εν3}}$.

4.1. Από την καταστατική εξίσωση έχουμε: $p_A V_A = nRT_A \Rightarrow T_A = 320$ K

Έτσι $U_A = \frac{3}{2} nRT_A \Rightarrow U_A = \frac{3}{2}\frac{2}{R} R320\,\text{J} \Rightarrow$ $\color{red}{\mathbf{U_A = 960\,J}}$



4.2. Η μεταβολή ΓΑ είναι αδιαβατική οπότε: $p_A V_A^{\gamma} = p_A V_\Gamma^{\gamma} \Rightarrow \frac{p_A}{p_\Gamma} = \left(\frac{V_\Gamma}{V_A}\right)^{\gamma}$

$\Rightarrow \frac{p_A}{p_\Gamma} = \left(\frac{16}{2}\right)^{\frac{5}{3}} \Rightarrow \frac{p_A}{p_\Gamma} = 32 \Rightarrow p_\Gamma = \frac{p_A}{32} \Rightarrow$ $\color{red}{\mathbf{p_\Gamma = 0{,}1\,atm}}$

Η μεταβολή ΑΒ είναι ισοβαρής οπότε: $p_B = p_A = 3{,}2$ atm.

Η μεταβολή ΒΓ είναι ισόθερμη και ισχύει:

$p_B V_B = p_\Gamma V_\Gamma \Rightarrow V_B = \frac{p_\Gamma V_\Gamma}{p_B} \Rightarrow V_B = \frac{0{,}1\cdot 10^5 \cdot 16\cdot 10^{-3}}{3{,}2\cdot 10^5}\,\text{m}^3 \Rightarrow$ $\color{red}{\mathbf{V_B = 0{,}5\cdot 10^{-3}\,m^3}}$

$p_B V_B = nRT_B \Rightarrow$ $\color{red}{\mathbf{T_B = 80\,K = T_\Gamma}}$

Τα αποτελέσματα φαίνονται συγκεντρωτικά στον διπλανό πίνακα.

	A	**B**	**Γ**
P (10^5 N/m)	3,2	3,2	0,1
V (10^{-3} m^3)	2	0,5	16
T(K)	320	80	80

4.3. Το αέριο απορροφά θερμότητα μόνο κατά την μεταβολή ΒΓ (η ΑΒ είναι ψύξη οπότε αποβάλει θερμότητα και η ΓΑ αδιαβατική οπότε Q = 0).

$Q_{B\Gamma} = nRT_B \ell n\frac{V_\Gamma}{V_B} \Rightarrow Q_{B\Gamma} = \frac{2}{R} R\cdot 80\cdot \ell n\frac{16}{0{,}5}\,\text{J} \Rightarrow Q_{B\Gamma} = 160\ell n32\,\text{J} \Rightarrow Q_{B\Gamma} = 160\ell n2^5\,\text{J} \Rightarrow Q_{B\Gamma} = 160\cdot 5\ell n2\,\text{J}$

$\Rightarrow Q_{B\Gamma} = 800\cdot 0{,}7\,\text{J} \Rightarrow$ $\color{red}{\mathbf{Q_{B\Gamma} = 560\,J}}$.

4.4. Έχουμε $\gamma = \frac{5}{3} \Rightarrow \frac{C_p}{C_V} = \frac{5}{3} \Rightarrow \frac{C_p}{C_p - R} = \frac{5}{3} \Rightarrow C_p = \frac{5}{2}R$

Η μεταβολή ΑΒ είναι ισοβαρής οπότε: $Q_{AB} = nC_p(T_B - T_A) \Rightarrow Q_{AB} = \frac{2}{R}\frac{5}{2}R(80-320)\,\text{J} \Rightarrow$ $\color{red}{\mathbf{Q_{AB} = -1200\,J}}$

Όπως είπαμε παραπάνω $Q_{\Gamma A} = 0$. Άρα $Q_{ολ} = Q_{AB} + Q_{B\Gamma} + Q_{\Gamma A} \Rightarrow Q_{ολ} = -640$ J.

Αλλά στην κυκλική μεταβολή έχουμε: $W_{ολ} = Q_{ολ} \Rightarrow$ $\color{red}{\mathbf{W_{ολ} = -640\,J}}$.

ΘΕΜΑ Δ

1. Σωστή απάντηση είναι η **β**.

Το συνολικό ποσό θερμότητας σε μία κυκλική μεταβολή είναι ίσο με το έργο που παράγει η καταναλώνει το αέριο.

Η φορά διαγραφής του κύκλου είναι αντιωρολογιακή, οπότε το αέριο καταναλώνει έργο και ισχύει:

$W = -Εμβ. = -(2p_1 - p_1)(3V_1 - V_1) \Rightarrow W = -2p_1V_1 \Rightarrow$ $\color{red}{\mathbf{Q = -2p_1V_1}}$.

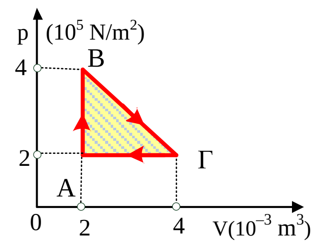
2. Σωστή απάντηση είναι η **γ**.

Από το διάγραμμα φαίνεται ότι η πυκνότητα είναι ανάλογη της πίεσης συνεπώς:

$\frac{p}{\rho} = \sigma\tau. \Rightarrow \frac{RT}{M} = \sigma\tau. \Rightarrow T = \sigma\tau.$ άρα η μεταβολή είναι ισόθερμη. Η εσωτερική ενέργεια εξαρτάται μόνο από την θερμοκρασία, οπότε θα παραμένει σταθερή.

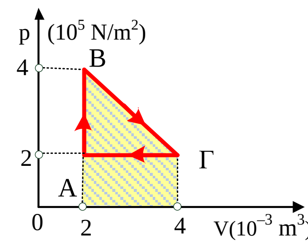
3. Σωστή απάντηση είναι η **α**.
Από το διάγραμμα προκύπτει ότι η πυκνότητα παραμένει σταθερή, άρα και ο όγκος παραμένει σταθερός, δηλαδή έχουμε μία ισόχωρη θέρμανση.
Στην ισόχωρη θέρμανση ισχύει: $Q = nC_p(T_2 - T_1) > 0$. Άρα το αέριο απορροφά θερμότητα από το περιβάλλον.

4.1. Για τα σημεία Β και Γ ισχύει: $\frac{p_A V_A}{p_B V_B} = \frac{nRT_A}{nRT_B} \Rightarrow \frac{T_A}{T_B} = \frac{800}{800} \Rightarrow T_A = T_B$



4.2. Το καθαρό ποσό θερμότητας που απορροφά το αέριο κατά την διάρκεια της κυκλικής μεταβολής είναι ίσο με το συνολικό έργο, το οποίο είναι ίσο με το εμβαδό του χωρίου που περικλείει η κυκλική μεταβολή.

$$Q = W_{ολ} = \frac{2\cdot 10^5 \cdot 2\cdot 10^{-3}}{2} \Rightarrow \mathbf{Q = 200\,J}$$



4.3. Η μεταβολή ΒΓ είναι μία τυχαία μεταβολή, οπότε το Q μπορεί με εφαρμογή του πρώτου θερμοδυναμικού νόμου, για την μεταβολή αυτή.
$\Delta U_{ΒΓ} = nC_v(T_Γ - T_B) = 0$ και το έργο θα υπολογιστεί από το εμβαδό κάτω από την μεταβολή ΒΓ και του άξονα των όγκων.

$$W_{AB} = Εμβ. = \frac{4\cdot 10^5 + 2\cdot 10^5}{2}\cdot 2\cdot 10^{-3}\,J \Rightarrow W_{AB} = 600\,J.$$

Τελικά $Q_{ΒΓ} = \Delta U_{ΒΓ} + W_{ΒΓ} \Rightarrow \mathbf{Q_{ΒΓ} = 600\ J}$.

4.4. Για τον λόγο έχουμε: $\frac{Q_{AB}}{Q_{ΓA}} = \frac{nC_v(T_B - T_A)}{nC_p(T_A - T_Γ)} = \frac{1}{\gamma}\frac{(T_B - T_A)}{(T_A - T_B)} = -\frac{1}{\gamma}$ (1)

Έχουμε $C_p = C_v + R = \frac{3}{2}R + R \Rightarrow C_p = \frac{5}{2}R$ και $\gamma = \frac{C_p}{C_v} \Rightarrow \gamma = \frac{5}{3}$ οπότε από την (1) έχουμε: $\mathbf{\frac{Q_{AB}}{Q_{ΓA}} = -\frac{3}{5}}$