

ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΑ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ

60

Όν/μο:.....

Β' Λυκείου

Ύλη: Κινητική θεωρία αερίων –
ΘερμοδυναμικήΠροσανατολισμού
8-2-2015**Θέμα 1^ο:**

1. Η απόλυτη θερμοκρασία ορισμένης ποσότητας αερίου διπλασιάζεται υπό σταθερό όγκο. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστή?

Η πίεση του αερίου:

- α) μένει σταθερή
- β) διπλασιάζεται
- γ) υποδιπλασιάζεται
- δ) τετραπλασιάζεται

(Μονάδες 5)

2. Ορισμένη ποσότητα ιδανικού αερίου καταλαμβάνει όγκο V . Τριπλασιάζουμε ταυτόχρονα την πίεση και την απόλυτη θερμοκρασία του. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι η σωστή?

Ο όγκος του αερίου:

- α) τριπλασιάζεται
- β) εννιπλασιάζεται
- γ) μένει ο ίδιος
- δ) υποτριπλασιάζεται

(Μονάδες 5)

3. Ορισμένη ποσότητα ιδανικού αερίου ψύχεται υπό σταθερή πίεση.

Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστή?

Η πυκνότητα του αερίου:

- α) μένει σταθερή
- β) αυξάνεται
- γ) μειώνεται

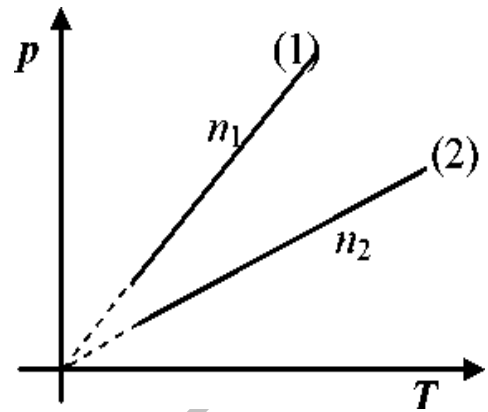
(Μονάδες 5)

4. Δύο ποσότητες ιδανικών αερίων με αριθμό γραμμομορίων n_1 και n_2 αντίστοιχα βρίσκονται σε δύο δοχεία ίδιου όγκου $V_1=V_2=V$. Τα δύο αέρια εκτελούν τις αντιστρεπτές ισόχωρες μεταβολές (1) και (2) που φαίνονται στο διάγραμμα.

Να επιλέξετε την επιλογή σας.

Για τον αριθμό γραμμομορίων των δύο αερίων ισχύει:

- α) $n_1 > n_2$ β) $n_1 < n_2$ γ) $n_1 = n_2$



(Μονάδες 5)

5. Διαθέτουμε ποσότητα ιδανικού αερίου που έχει πυκνότητα ρ και βρίσκεται σε θερμοκρασία T . Να αντιστοιχίσετε καθεμιά από τις σχέσεις της στήλης (I) με το αντίστοιχο μέγεθος της στήλης (II).

Στήλη (I)

i) $\sqrt{\frac{3kT}{m}}$

ii) $\frac{1}{3}\rho\overline{U^2}$

iii) $\frac{2}{3k}\left(\frac{1}{2}m\overline{U^2}\right)$

iv) $\frac{3}{2}kT$

Στήλη (II)

α) Πίεση

β) Απόλυτη θερμοκρασία

γ) Ενεργός ταχύτητα

δ) Μέση μεταφορική κινητική ενέργεια των μορίων του αερίου

(Μονάδες 5)

Θέμα 2^ο:

1. Ορισμένη ποσότητα ιδανικού αερίου βρίσκεται σε κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Α, σε πίεση P_A ενώ καταλαμβάνει όγκο V_A . Το αέριο εκτονώνεται αντιστρεπτά από την κατάσταση Α μέχρι ο όγκος του να γίνει V_B , με τρεις διαφορετικούς τρόπους:

- ι) με ισοβαρή αντιστρεπτή εκτόνωση,
- ιι) με ισόθερμη αντιστρεπτή εκτόνωση,
- ιιι) με αδιαβατική αντιστρεπτή εκτόνωση.

α) Να παραστήσετε σε κοινό διάγραμμα P-V τις τρεις παραπάνω μεταβολές.

β) Να συγκρίνετε μεταξύ τους τα ποσά θερμότητας που απορροφά το αέριο στις τρεις αυτές μεταβολές.

(Μονάδες 10)

2. Ορισμένη ποσότητα ιδανικού αερίου που βρίσκεται σε κυλινδρικό δοχείο, υφίσταται ισόθερμη αντιστρεπτή συμπίεση.

Συμπληρώστε τις φράσεις με μια από τις επιλογές “μειώνεται”, “αυξάνεται”, “δεν αλλάζει”.

- α. η μάζα του.....
- β. η πίεσή του.....
- γ. ο όγκος του.....
- δ. η πυκνότητά του.....
- ε. ο αριθμός των μορίων του αερίου.....
- στ. Η απόσταση μεταξύ των μορίων.....

(Μονάδες 8)

3. Κατακόρυφο κυλινδρικό δοχείο έχει την μία βάση του ακλόνητη, ενώ η άλλη φράσσεται με έμβολο βάρους Β και επιφάνειας με εμβαδό Α που μπορεί να κινείται χωρίς τριβές. Το δοχείο αφού του προσθέσουμε ορισμένη ποσότητα αερίου, τοποθετείται όπως φαίνεται στο σχήμα και το έμβολο ισορροπεί.



Να επιλέξετε την σωστή απάντηση και να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

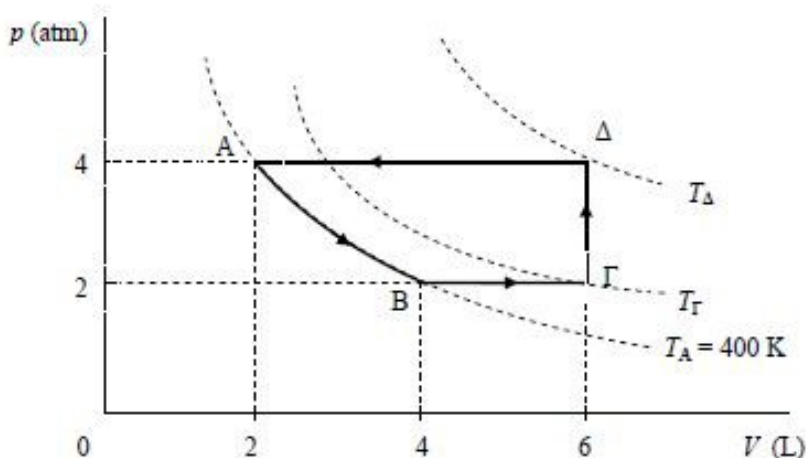
Κατά την ισορροπία η πίεση του αερίου είναι:

- α. ίση με την ατμοσφαιρική πίεση
- β. μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική πίεση
- γ. μικρότερη από την ατμοσφαιρική πίεση

(Μονάδες 7)

Θέμα 3^ο:

Μια ποσότητα ιδανικού αερίου εκτελεί την αντιστρεπτή κυκλική μεταβολή ΑΒΓΔΑ που φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα P – V.



- α) Να χαρακτηρίσετε τις επιμέρους αντιστρεπτές μεταβολές από τις οποίες αποτελείται η κυκλική μεταβολή ΑΒΓΔΑ.
- β) Να υπολογίσετε την απόλυτη θερμοκρασία του αερίου στις καταστάσεις θερμοδυναμικής ισορροπίας Γ και Δ.
- γ) Να βρείτε σε ποιες επιμέρους μεταβολές του παραπάνω κύκλου το αέριο απορροφά θερμότητα από το περιβάλλον και να υπολογίσετε την τιμή της θερμότητας που απορροφάται.
- δ) Να υπολογίσετε το συνολικό έργο του αερίου κατά την κυκλική μεταβολή ΑΒΓΔΑ και να αιτιολογήσετε το πρόσημο του. Να αιτιολογήσετε το πρόσημο του.

Δίνονται: $1\text{atm} = 10^5 \text{ N/m}^2$, $1\text{L} = 10^{-3} \text{ m}^3$, $\ln 2 = 0,7$, $C_V = 3R/2$, $C_P = 5R/2$

(Μονάδες 25)

Θέμα 4^ο:

Μία ποσότητα $n = 2 / R$ mol (το R είναι αριθμητικά ίσο με τη σταθερά των ιδανικών αερίων εκφρασμένη σε $\text{joule} / (\text{mol} \cdot \text{K})$) ιδανικού αερίου βρίσκεται στην κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας A όπου $P_A = 2 \cdot 10^5 \text{ N} / \text{m}^2$ και $T_A = 300 \text{ K}$. Στο αέριο γίνονται οι εξής αντιστρεπτές μεταβολές:

$A \rightarrow B$: ισοβαρής εκτόνωση μέχρι $V_B = 2V_A$

$B \rightarrow \Gamma$: ισόχωρη ψύξη μέχρι $T_\Gamma = T_A$

$\Gamma \rightarrow A$: ισόθερμη συμπίεση

α) Να βρεθούν οι όγκοι, οι θερμοκρασίες και οι πιέσεις του αερίου στις καταστάσεις A , B και Γ .

β) Να συμπληρωθεί ο παρακάτω πίνακας.

Μεταβολή	W (Joule)	ΔU (Joule)	Q (Joule)
$A \rightarrow B$			
$B \rightarrow \Gamma$			
$\Gamma \rightarrow A$			

γ) Να γίνουν τα διαγράμματα (σε βαθμολογημένους άξονες) $P - V$ και $P - T$ για τις παραπάνω μεταβολές.

δ) Αν η παραπάνω κυκλική μεταβολή παριστάνει τον θερμοδυναμικό κύκλο μιας θερμικής μηχανής να υπολογίσετε τον συντελεστή απόδοσης αυτής της μηχανής.

ε) Να βρεθεί η απόδοση μιας ιδανικής μηχανής Carnot η οποία λειτουργεί μεταξύ των ίδιων ακραίων θερμοκρασιών.

Δίνεται η γραμμομοριακή ειδική θερμότητα υπό σταθερό όγκο $C_v = 3 R / 2$, $\ln 1/2 = - 0,7$.

(Μονάδες 25)

ΚΑΛΗ ΕΠΙΤΥΧΙΑ!

Λύσεις

Θέμα 1^ο:

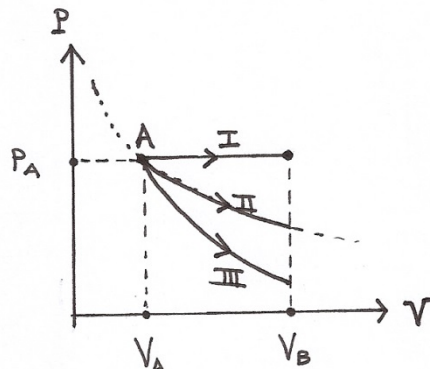
1. β 2. γ 3. γ 4. α
 5. i – γ ii – α iii – β iv – δ

Θέμα 2^ο:

1. α) **I:** ισοβαρή αντιστρεπτή εκτόνωση

II: ισόθερμη αντιστρεπτή εκτόνωση

III: αδιαβατική αντιστρεπτή εκτόνωση



β) I: ισοβαρή αντιστρεπτή εκτόνωση

$$Q_I = \Delta U_I + W_I$$

με $\Delta U_I > 0$ και $W_I > 0$ (εμβαδό παραλληλογράμμου που σχηματίζεται από το διάγραμμα της ισοβαρής μεταβολής και του άξονα των όγκων)

II: ισόθερμη αντιστρεπτή εκτόνωση

$$Q_{II} = W_{II}$$

με $W_{II} > 0$ (εμβαδό που σχηματίζεται από την καμπύλη του διαγράμματος της ισόθερμης μεταβολής και του άξονα των όγκων)

III: αδιαβατική αντιστρεπτή εκτόνωση

$$Q_{III} = 0$$

Επίσης ισχύει ότι $W_I > W_{II}$.

Άρα προκύπτει ότι $Q_I > Q_{II} > Q_{III}$

2. α) δεν αλλάζει

β) αυξάνεται

γ) μειώνεται

δ) αυξάνεται

ε) δεν αλλάζει

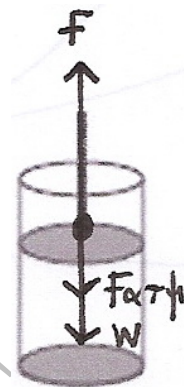
στ) μειώνεται

3. Από τις δυνάμεις που φαίνονται στο διπλανό σχήμα κατά την διάρκεια της ισοροπίας του εμβόλου προκύπτει ότι:

$$F = F_{\text{atm}} + W \text{ ή}$$

$$\frac{F}{A} = \frac{F_{\text{atm}}}{A} + \frac{W}{A} \text{ ή}$$

$$P_{\text{αερίου}} = P_{\text{atm}} + \frac{W}{A}$$



Άρα, $P_{\text{αερίου}} > P_{\text{atm}}$, οπότε σωστό το β.

Θέμα 3^ο:

α) ΑΒ ισόθερμη εκτόνωση

ΒΓ ισοβαρής εκτόνωση (ή θέρμανση)

ΓΔ ισόχωρη θέρμανση

ΔΑ ισοβαρής συμπίεση (ή ψύξη)

β) Β → Γ ισοβαρής εκτόνωση ($P_B = P_\Gamma$):

$$V_B / T_B = V_\Gamma / T_\Gamma \Rightarrow T_\Gamma = T_B \cdot (V_\Gamma / V_B) \Rightarrow T_\Gamma = 400 \cdot (6 \cdot 10^3 / 4 \cdot 10^3) \Rightarrow$$

$$T_\Gamma = \mathbf{600K}$$

Γ → Δ ισόχωρη θέρμανση ($V_\Gamma = V_\Delta$):

$$P_\Gamma / T_\Gamma = P_\Delta / T_\Delta \Rightarrow T_\Delta = T_\Gamma \cdot (P_\Delta / P_\Gamma) \Rightarrow T_\Delta = 600 \cdot (4 \cdot 10^5 / 2 \cdot 10^5) \Rightarrow$$

$$T_\Delta = \mathbf{1200K}$$

γ) Το αέριο απορροφά ενέργεια από το περιβάλλον όταν $Q > 0$, δηλαδή στις μεταβολές ΑΒ, ΒΓ και ΓΔ.

$$Q_{AB} = W_{AB} \Rightarrow Q_{AB} = n \cdot R \cdot T_A \cdot \ln(V_B / V_A) \Rightarrow Q_{AB} = P_A \cdot V_A \cdot \ln(V_B / V_A) \Rightarrow$$

$$Q_{AB} = 4 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot \ln(4 \cdot 10^{-3} / 2 \cdot 10^{-3}) \Rightarrow Q_{AB} = \mathbf{560 \text{ joule}}$$

$$Q_{B\Gamma} = n \cdot C_p \cdot \Delta T_{B\Gamma} \Rightarrow Q_{B\Gamma} = n \cdot (5 \cdot R / 2) \cdot (T_\Gamma - T_B) \Rightarrow Q_{B\Gamma} = (5 / 2) (P_\Gamma \cdot V_\Gamma -$$

$$P_B \cdot V_B) \Rightarrow Q_{B\Gamma} = (5 / 2) \cdot (2 \cdot 10^5 \cdot 6 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^5 \cdot 4 \cdot 10^{-3}) \Rightarrow Q_{B\Gamma} = \mathbf{1000 \text{ joule}}$$

$$Q_{\Gamma\Delta} = n \cdot C_v \cdot \Delta T_{\Gamma\Delta} \Rightarrow Q_{\Gamma\Delta} = n \cdot (3 \cdot R / 2) \cdot (T_{\Delta} - T_{\Gamma}) \Rightarrow Q_{\Gamma\Delta} = (3 / 2) (P_{\Delta} \cdot V_{\Delta} - P_{\Gamma} \cdot V_{\Gamma}) \Rightarrow Q_{\Gamma\Delta} = (3 / 2) (4 \cdot 10^5 \cdot 6 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^5 \cdot 6 \cdot 10^{-3}) \Rightarrow Q_{\Gamma\Delta} = 1800 \text{ joule}$$

$$Q_{\text{απορ}} = Q_{AB} + Q_{B\Gamma} + Q_{\Gamma\Delta} = 560 + 1000 + 1800 = 3360 \text{ joule}$$

δ) $W_{AB} = 560 \text{ joule}$ (από ερώτημα γ)

$$W_{B\Gamma} = P_B \cdot \Delta V_{B\Gamma} = 2 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 400 \text{ joule}$$

$$W_{\Gamma\Delta} = 0$$

$$W_{\Delta A} = P_{\Delta} \cdot \Delta V_{\Delta A} = 4 \cdot 10^5 \cdot (-4) \cdot 10^{-3} = -1600 \text{ joule}$$

Το συνολικό έργο κατά την κυκλική μεταβολή ΑΒΓΔΑ:

$$W_{\text{ολ}} = W_{AB} + W_{B\Gamma} + W_{\Gamma\Delta} + W_{\Delta A} \Rightarrow W_{\text{ολ}} = 560 + 400 + 0 - 1600 = -640 \text{ joule}$$

Το ολικό έργο σε ένα αριστερόστροφο κύκλο είναι αρνητικό.

Θέμα 4^ο:

$$\alpha) P_A \cdot V_A = n \cdot R \cdot T_A \Rightarrow V_A = n \cdot R \cdot T_A / P_A \Rightarrow V_A = (2/R) \cdot R \cdot 300 / 2 \cdot 10^5 \Rightarrow V_A = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3.$$

$$A \rightarrow B \text{ ισοβαρής εκτόνωση } (P_A = P_B) : V_A / T_A = V_B / T_B \Rightarrow T_B = V_B \cdot T_A / V_A \Rightarrow T_B = 2 \cdot V_A \cdot T_A / V_A \Rightarrow T_B = 2 \cdot T_A \Rightarrow T_B = 2 \cdot 300 = 600 \text{ K}.$$

$$B \rightarrow \Gamma \text{ ισόχωρη ψύξη } (V_B = V_{\Gamma}) : P_B / T_B = P_{\Gamma} / T_{\Gamma} \Rightarrow P_{\Gamma} = P_B \cdot T_{\Gamma} / T_B \Rightarrow P_{\Gamma} = P_B \cdot T_A / 2 \cdot T_A \Rightarrow P_{\Gamma} = 2 \cdot 10^5 / 2 \Rightarrow P_{\Gamma} = 10^5 \text{ N / m}^2.$$

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι πιέσεις (N/m^2), οι όγκοι (m^3) και οι θερμοκρασίες (K) για τις μεταβολές Α, Β, Γ.

	A	B	Γ
P	$2 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$
V	$3 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-3}$
T	300	600	300

β) A → B ισοβαρή μεταβολή:

$$W_{AB} = P_A \cdot (V_B - V_A) \Rightarrow W_{AB} = 2 \cdot 10^5 \cdot (6 \cdot 10^{-3} - 3 \cdot 10^{-3}) \Rightarrow W_{AB} = 600 \text{ joule}$$

$$\Delta U_{AB} = n \cdot C_v \cdot \Delta T_{AB} \Rightarrow \Delta U_{AB} = (2 / R) \cdot (3 \cdot R / 2) \cdot (T_B - T_A) \Rightarrow \Delta U_{AB} = 3 \cdot (600 - 300) \Rightarrow \Delta U_{AB} = 900 \text{ joule}$$

$$Q_{AB} = \Delta U_{AB} + W_{AB} \Rightarrow Q_{AB} = 900 + 600 \Rightarrow Q_{AB} = 1500 \text{ joule}$$

B → Γ ισόχωρη μεταβολή:

$$W_{B\Gamma} = 0$$

$$\Delta U_{B\Gamma} = n \cdot C_v \cdot \Delta T_{B\Gamma} \Rightarrow \Delta U_{B\Gamma} = (2 / R) \cdot (3 \cdot R / 2) \cdot (T_\Gamma - T_B) \Rightarrow \Delta U_{B\Gamma} = 3 \cdot (300 - 600) \Rightarrow \Delta U_{B\Gamma} = -900 \text{ joule}$$

$$Q_{B\Gamma} = \Delta U_{B\Gamma} + W_{B\Gamma} \Rightarrow Q_{B\Gamma} = -900 + 0 \Rightarrow Q_{B\Gamma} = -900 \text{ joule}$$

Γ → A ισόθερμη μεταβολή:

$$W_{\Gamma A} = n \cdot R \cdot T_\Gamma \cdot \ln(V_A / V_\Gamma) \Rightarrow W_{\Gamma A} = (2/R) \cdot R \cdot 300 \cdot \ln(3 \cdot 10^{-3} / 6 \cdot 10^{-3}) \Rightarrow$$

$$W_{\Gamma A} = -600 \cdot \ln 2 \Rightarrow W_{\Gamma A} = -420 \text{ joule}$$

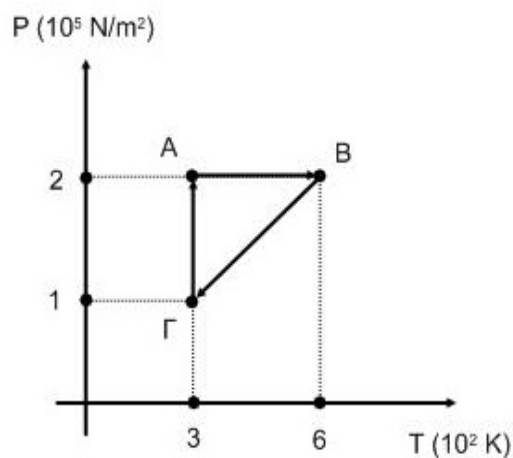
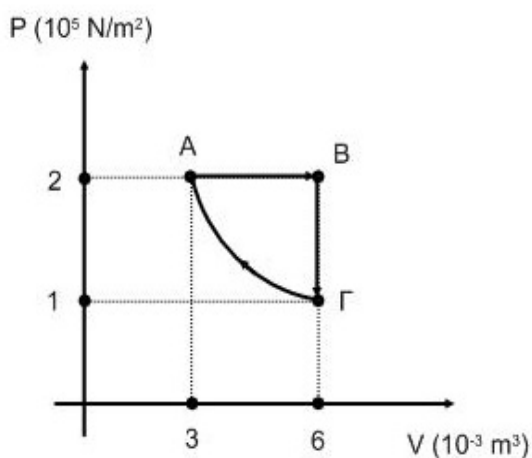
$$\Delta U_{\Gamma A} = 0$$

$$Q_{\Gamma A} = W_{\Gamma A} + \Delta U_{\Gamma A} \Rightarrow Q_{\Gamma A} = -420 + 0 = -420 \text{ joule}$$

Οι παραπάνω τιμές συμπληρώνουν τον πίνακα.

Μεταβολή	W (joule)	ΔU (joule)	Q (joule)
A \rightarrow B	600	900	1500
B \rightarrow Γ	0	- 900	- 900
Γ \rightarrow A	- 420	0	- 420

γ)



δ) Η θερμότητα της θερμής δεξαμενής είναι:

$$Q_h = Q_{AB} = 1500 \text{ joule}$$

Η θερμότητα της ψυχρής δεξαμενής είναι:

$$Q_c = Q_{B\Gamma} + Q_{\Gamma A} = -900 - 420 = -1320 \text{ joule}$$

Η απόδοση της θερμικής μηχανής είναι:

$$e = 1 - |Q_c| / Q_h \Rightarrow e = 1 - 1320 / 1500 \Rightarrow e = 1 - 0,88 = 0,12$$

ε) Η απόδοση της μηχανής Carnot είναι:

$$e = 1 - T_c / T_h \Rightarrow e = 1 - 300 / 600 = 0,5$$