

ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΑ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ

Όν/μο:.....

Β' Λυκείου

Ύλη: Θερμοδυναμική

29-1-2017

Θέμα 1^ο:

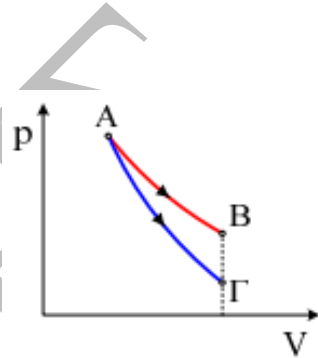
1) Μια ποσότητα μονοατομικού αερίου εκτονώνεται από μια αρχική κατάσταση Α σε όγκο V_1 σε όγκο V_2 ισόθερμα και αδιαβατικά όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα.

Αν το έργο κατά την διάρκεια της ΑΒ είναι 200 J, το έργο κατά την ΑΓ μπορεί να είναι:

- α) 200 J β) 260 J γ) 160 J δ) 0

Να επιλέξετε την σωστή απάντηση.

(Μονάδες 5)



2) Σε μια αντιστρεπτή μεταβολή ορισμένης ποσότητας αερίου το μέγεθος που δεν εξαρτάται από την διαδρομή είναι:

- α) η θερμότητα Q
β) το έργο W
γ) η εσωτερική ενέργεια ΔU
δ) όλα τα παραπάνω

Να επιλέξετε την σωστή απάντηση.

(Μονάδες 5)

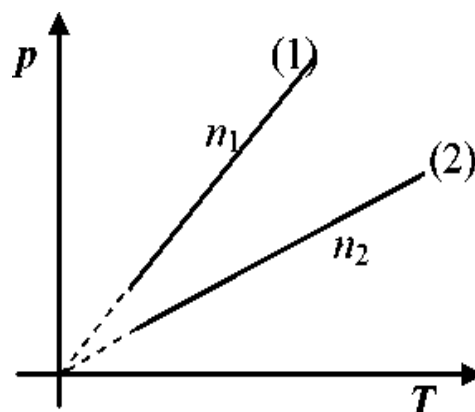
3) Σε μια αδιαβατική μεταβολή ενός ιδανικού αερίου το ποσό θερμότητας που το αέριο ανταλλάσσει με το περιβάλλον είναι:

- α) θετικό
β) αρνητικό
γ) μηδέν
δ) άλλοτε θετικό και άλλοτε αρνητικό ανάλογα με το εάν το αέριο συμπιέζεται ή εκτονώνεται

Να επιλέξετε την σωστή απάντηση.

(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 σωστή απάντηση.

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) 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)

Θέμα 2^ο:

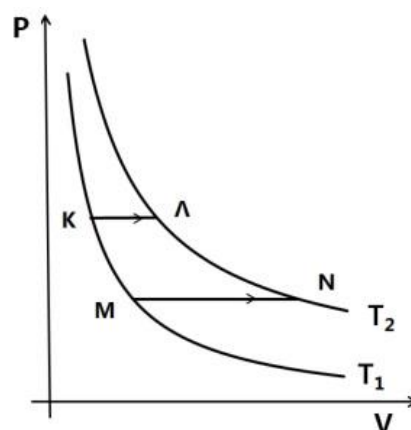
1) Στο διάγραμμα απεικονίζονται δύο ισόθερμες καμπύλες μιας ποσότητας ιδανικού αερίου.

Για τις ισοβαρείς μεταβολές ΚΛ και ΜΝ ισχύει:

α) $W_{ΚΛ} > W_{ΜΝ}$

β) $W_{ΚΛ} = W_{ΜΝ}$

γ) $W_{ΚΛ} < W_{ΜΝ}$



Να επιλέξετε την σωστή πρόταση και να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

(Μονάδες 8)

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 B και επιφάνειας με εμβαδό A 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

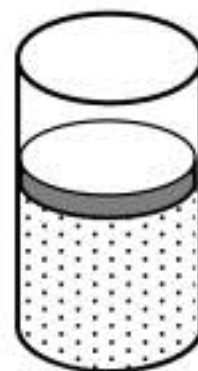
β. μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική πίεση

γ. μικρότερη από την ατμοσφαιρική πίεση

(Μονάδες 9)

Θέμα 3^ο:

Ποσότητα ιδανικού αερίου βρίσκεται σε θερμοδυναμική ισορροπία στην κατάσταση A μέσα σε κατακόρυφο κυλινδρικό δοχείο. Ο όγκος του αερίου είναι $V_A = 4 \text{ L}$ και η πίεση του $P_A = 1 \text{ atm}$. Το δοχείο έχει διαθερμικά τοιχώματα, είναι σκεπασμένο με αεροστεγές έμβολο εμβαδού $A = 40 \text{ cm}^2$ και βρίσκεται σε λουτρό θερμότητας με θερμοκρασία $T = 300 \text{ K}$.



Από την κατάσταση Α συμπιέζουμε το έμβολο και με μία αντιστρεπτή μεταβολή φέρνουμε το αέριο στην κατάσταση Β όπου $P_B = 2 \text{ atm}$.

Αφαιρούμε το δοχείο από το λουτρό θερμότητας και κρατώντας σταθερή την πίεση του αερίου το θερμαίνουμε μέχρι να φτάσει σε μια κατάσταση Γ. Στην κατάσταση Γ στερεώνουμε το έμβολο ώστε να μην μπορεί να κινηθεί και ψύχουμε το δοχείο. Με αυτή την αντιστρεπτή μεταβολή το αέριο επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση Α. Κατά την μεταβολή ΓΑ η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου είναι -1000 J .

α) Να υπολογίσετε πόσο θα μετακινηθεί το έμβολο ώστε το αέριο από την κατάσταση Α να μεταβεί στην κατάσταση Β.

β) Να υπολογίσετε τον λόγο $v_{\text{εν},A} / v_{\text{εν},\Gamma}$ όπου $v_{\text{εν},A}$ και $v_{\text{εν},\Gamma}$ οι ενεργές ταχύτητες των μορίων του αερίου στην κατάσταση Α και Γ αντίστοιχα.

γ) Να υπολογίσετε το συντελεστή γ του αερίου.

δ) Να υπολογίσετε το συνολικό έργο της κυκλικής μεταβολής.

Δίνεται ότι $1 \text{ atm} = 10^5 \text{ N} / \text{m}^2$ και $\ln 2 = 0,7$.

(Μονάδες 25)

Θέμα 4^ο:

Μία ποσότητα $n = 2 / R \text{ mol}$ (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 Α 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 Γ: ισόχωρη ψύξη μέχρι $T_\Gamma = T_A$

Γ \rightarrow Α: ισόθερμη συμπίεση

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

β) Να συμπληρωθεί ο παρακάτω πίνακας.

Μεταβολή	W (Joule)	ΔU (Joule)	Q (Joule)
A \rightarrow B			
B \rightarrow Γ			
Γ \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

Ενδεικτικές Απαντήσεις

Θέμα 1^ο:

- 1) γ 2) γ 3) γ 4) α 5) γ

Θέμα 2^ο:

1) Το έργο στην ΚΛ ισοβαρή μεταβολή :

$$W_{KL} = P_1 \cdot \Delta V_{KL} \Rightarrow W_{KL} = P_1 \cdot (V_L - V_K) \Rightarrow W_{KL} = P_1 \cdot V_L - P_1 \cdot V_K \Rightarrow$$

$$W_{KL} = n \cdot R \cdot T_L - n \cdot R \cdot T_K \Rightarrow W_{KL} = n \cdot R \cdot (T_2 - T_1) \text{ (I)}$$

Το έργο στην ΜΝ ισοβαρή μεταβολή :

$$W_{MN} = P_2 \cdot \Delta V_{MN} \Rightarrow W_{MN} = P_2 \cdot (V_N - V_M) \Rightarrow W_{MN} = P_2 \cdot V_N - P_2 \cdot V_M \Rightarrow$$

$$W_{MN} = n \cdot R \cdot T_N - n \cdot R \cdot T_M \Rightarrow W_{MN} = n \cdot R \cdot (T_2 - T_1) \text{ (II)}$$

Από τις σχέσεις (I) και (II) παρατηρούμε ότι $W_{KL} = W_{MN}$.

Σωστο το β.

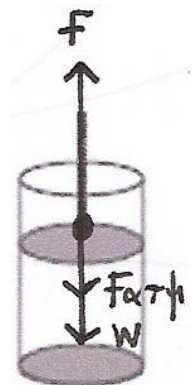
- 2) α) δεν αλλάζει β) αυξάνεται γ) μειώνεται
 δ) αυξάνεται ε) δεν αλλάζει στ) μειώνεται

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

$$F = F_{atm} + W \text{ ή}$$

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

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



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

Θέμα 3^ο:

α) Οι μεταβολές του ιδανικού αερίου:

A → B ισόθερμη συμπίεση ($T_A = T_B$):

$$P_A \cdot V_A = P_B \cdot V_B \Rightarrow V_B = V_A \cdot P_A / P_B \Rightarrow V_B = 4 \cdot 10^{-3} \cdot 10^5 / 2 \cdot 10^5 \Rightarrow V_B = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 .$$

B → Γ ισοβαρής εκτόνωση ή θέρμανση ($P_B = P_\Gamma$):

$$V_B / T_B = V_\Gamma / T_\Gamma .$$

Γ → A ισόχωρη ψύξη ($V_\Gamma = V_A$):

$$P_\Gamma / T_\Gamma = P_A / T_A \Rightarrow T_\Gamma = T_A \cdot P_\Gamma / P_A \Rightarrow T_\Gamma = 300 \cdot 2 \cdot 10^5 / 10^5 \Rightarrow T_\Gamma = 600 \text{ K} .$$

Το έμβολο θα μετακινηθεί προς τα κάτω, έχουμε συμπίεση άρα:

$$\Delta V = V_A - V_B \Rightarrow \Delta V = 4 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \Delta V = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 .$$

Όγκος κυλινδρικού δοχείου :

$$\Delta V = A \cdot \Delta h \Rightarrow \Delta h = \Delta V / A \Rightarrow \Delta h = 2 \cdot 10^{-3} / 4 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \Delta h = 1/2 \text{ m}$$

β) Το πηλίκιο της ενεργού ταχύτητας του αερίου στην κατάσταση A προς την B :

$$(v_{\text{εν,A}} / v_{\text{εν,Γ}})^2 = (3 \cdot R \cdot T_A / M) / (3 \cdot R \cdot T_\Gamma / M) \Rightarrow$$

$$(v_{\text{εν,A}} / v_{\text{εν,Γ}})^2 = T_A / T_\Gamma \Rightarrow (v_{\text{εν,A}} / v_{\text{εν,Γ}})^2 = 300 / 600 = 1/2 \Rightarrow$$

$$v_{\text{εν,A}} / v_{\text{εν,Γ}} = \sqrt{2} / 2$$

γ) Καταστατική εξίσωση του αερίου στη κατάσταση A :

$$P_A \cdot V_A = n \cdot R \cdot T_A \Rightarrow n = P_A \cdot V_A / R \cdot T_A \Rightarrow n = 1 \cdot 10^5 \cdot 4 \cdot 10^{-3} / R \cdot 3 \cdot 10^2 \Rightarrow n = 4 / 3 \cdot R$$

Η μεταβολή της απόλυτης θερμοκρασίας :

$$\Delta T_{\Gamma A} = T_A - T_\Gamma \Rightarrow \Delta T_{\Gamma A} = 300 - 600 = -300 \text{ K} .$$

Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας:

$$\Delta U_{\Gamma A} = n \cdot C_v \cdot \Delta T_{\Gamma A} \Rightarrow C_v = \Delta U_{\Gamma A} / n \cdot \Delta T_{\Gamma A} \Rightarrow$$

$$C_v = -10^3 / (4 / 3 \cdot R) \cdot (-3 \cdot 10^2) \Rightarrow C_v = 10 \cdot R / 4 \Rightarrow C_v = 2,5 \cdot R$$

Ισχύει:

$$C_p = C_v + R \Rightarrow C_p = 3,5 \cdot C_v$$

$$\text{Το ζητούμενο: } \gamma = C_p / C_v \Rightarrow \gamma = 1,4$$

δ) Το έργο στη μεταβολή AB :

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

$$\Rightarrow W_{AB} = 1 \cdot 10^5 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot \ln(4 \cdot 10^{-3} / 2 \cdot 10^{-3}) \Rightarrow W_{AB} = -4 \cdot 10^2 \cdot \ln 2 \Rightarrow W_{AB} = -280 \text{ joule}$$

Το έργο στη μεταβολή ΒΓ :

$$W_{BG} = P_B \cdot (V_G - V_B) \Rightarrow W_{BG} = 2 \cdot 10^5 \cdot (4 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^{-3}) \Rightarrow W_{BG} = 400 \text{ joule .}$$

Το έργο στη μεταβολή ΓΑ :

$$W_{GA} = 0$$

Το συνολικό έργο:

$$W_{ολ} = W_{AB} + W_{BG} + W_{GA} \Rightarrow W_{ολ} = -280 + 400 + 0 = 120 \text{ joule}$$

Θέμα 4^ο:

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

A → B 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 → Γ ισόχωρη ψύξη ($V_B = V_G$) : $P_B / T_B = P_G / T_G \Rightarrow P_G = P_B \cdot T_G / T_B \Rightarrow P_G = P_B \cdot T_A / 2 \cdot T_A \Rightarrow P_G = 2 \cdot 10^5 / 2 \Rightarrow P_G = 10^5 \text{ N / m}^2.$

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:

$$W_{\Gamma A} = n \cdot R \cdot T_\Gamma \cdot \ln(V_A / V_\Gamma) \Rightarrow W_{\Gamma A} = (2/R) \cdot R \cdot 300 \cdot \ln(3 \cdot 10^3 / 6 \cdot 10^3) \Rightarrow W_{\Gamma A} = -600 \cdot \ln 2 \Rightarrow W_{\Gamma A} = -420 \text{ joule}$$

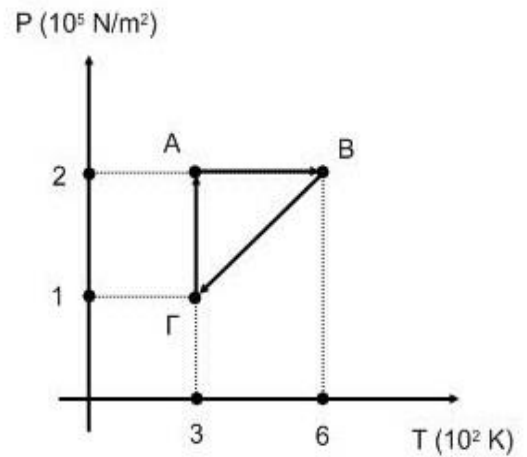
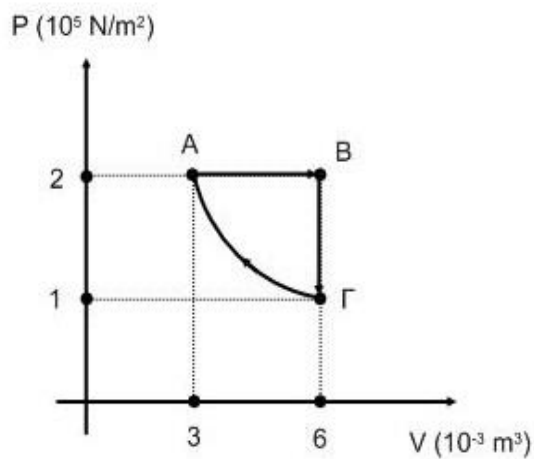
$$\Delta U_{\Gamma A} = 0$$

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

Οι παραπάνω τιμές συμπληρώνουν τον πίνακα.

Μεταβολή	W (joule)	ΔU (joule)	Q (joule)
A → B	600	900	1500
B → Γ	0	-900	-900
Γ → 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:

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