



ΜΑΘΗΜΑ / ΤΑΞΗ :	ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ / Β' ΛΥΚΕΙΟΥ
ΣΕΙΡΑ:	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ - Β
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ:	01-03-2015
ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΑΤΟΣ:	ΑΡΧΩΝ Μ.-ΑΓΙΑΝΝΙΩΤΑΚΗ ΑΝ.-ΠΟΥΛΗ Κ.

ΘΕΜΑ Α

Οδηγία: Να γράψετε στο τετράδιό σας τον αριθμό καθεμιάς από τις παρακάτω ερωτήσεις Α1-Α4 και δίπλα το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση.

Α1. Σε μια αντιστρεπτή μεταβολή ενός ιδανικού αερίου για τη θερμότητα Q και τη μεταβολή της εσωτερικής του ενέργειας ΔU ισχύει η σχέση $Q = \Delta U$. Η μεταβολή του αερίου είναι:

- α. ισόθερμη.
- β. ισόχωρη.
- γ. ισοβαρής.
- δ. αδιαβατική.

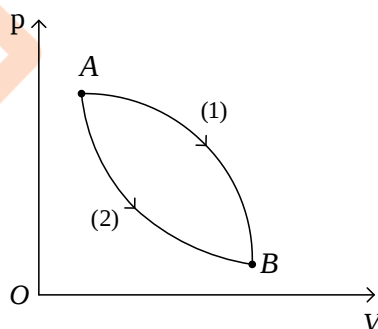
Μονάδες 5

Α2. Σε μια αντιστρεπτή θερμοδυναμική μεταβολή, ορισμένη ποσότητα ιδανικού αερίου αποδίδει στο περιβάλλον ποσό θερμότητας $900J$ και απορροφά από το περιβάλλον έργο $600J$. Στη διάρκεια της μεταβολής αυτής, η εσωτερική ενέργεια του αερίου:

- α. αυξάνεται κατά $300J$.
- β. αυξάνεται κατά $1500J$.
- γ. μειώνεται κατά $300J$.
- δ. μειώνεται κατά $1500J$.

Μονάδες 5

Α3. Ένα αέριο μπορεί να μεταβεί από μια αρχική κατάσταση Α σε μια τελική κατάσταση Β με δύο διαφορετικούς αντιστρεπτούς τρόπους, όπως φαίνεται στο διάγραμμα του σχήματος.



Για τα έργα W_1 και W_2 που παράγει το αέριο κατά τις διαδρομές (1) και (2), αντίστοιχα, ισχύει η σχέση:

- α. $W_1 = W_2$
- β. $W_1 > W_2$
- γ. $W_1 < W_2$
- δ. $W_1 = -W_2$

Μονάδες 5



A4. Η μεταβολή που δεν περιλαμβάνεται στον κύκλο μιας μηχανής Carnot είναι:

- α. αδιαβατική εκτόνωση.
- β. ισόθερμη συμπίεση.
- γ. αδιαβατική συμπίεση.
- δ. ισοβαρής εκτόνωση.

Μονάδες 5

A5. Να γράψετε στο τετράδιο σας το γράμμα κάθε πρότασης και δίπλα σε κάθε γράμμα τη λέξη Σωστό, για τη σωστή πρόταση, και τη λέξη Λάθος, για τη λανθασμένη.

- α. Σε κάθε αντιστρεπτή μεταβολή το έργο που ανταλλάσσει ιδανικό αέριο με το περιβάλλον μπορεί να υπολογιστεί από το διάγραμμα πίεσης – απόλυτης θερμοκρασίας.
- β. Στην ισοβαρή εκτόνωση ενός ιδανικού αερίου η θερμότητα που απορροφά το αέριο ισούται με τη μεταβολή της εσωτερικής του ενέργειας.
- γ. Η γραμμομοριακή ειδική θερμότητα ενός ιδανικού αερίου υπό σταθερή πίεση (C_p) είναι πάντα μικρότερη από τη γραμμομοριακή ειδική θερμότητα υπό σταθερό όγκο (C_V).
- δ. Ο πρώτος θερμοδυναμικός νόμος εκφράζει την αρχή διατήρησης της ενέργειας στη θερμοδυναμική.
- ε. Κατά την αδιαβατική εκτόνωση ενός ιδανικού αερίου η εσωτερική του ενέργεια αυξάνεται.

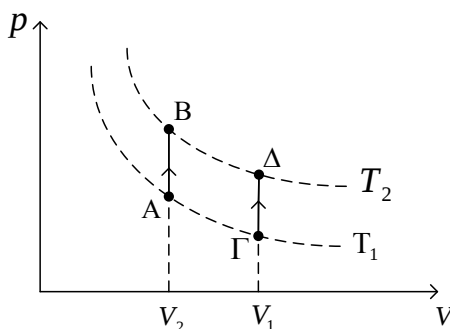
Μονάδες 5

A1. β A2. γ A3. β A4. δ

A5. α) Λ β) Λ γ) Λ δ) Σ ε) Λ

ΘΕΜΑ Β

B1. Ορισμένη ποσότητα ιδανικού αερίου σε κατάλληλο δοχείο εκτελεί δύο διαφορετικές ισόχωρες αντιστρεπτές θερμάνσεις που απεικονίζονται στο διάγραμμα του διπλανού σχήματος ως AB και ΓΔ, μεταξύ των ίδιων απόλυτων θερμοκρασιών T_1 και T_2 . Κατά την ισόχωρη θέρμανση AB του αερίου, ο όγκος του είναι V_1 και η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου είναι ΔU_1 , ενώ κατά την ισόχωρη θέρμανση ΓΔ, όγκος του είναι $V_2 = 2 V_1$ και η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου είναι ΔU_2 .



A) Για τις μεταβολές της εσωτερικής ενέργειας του αερίου κατά τη διάρκεια των δύο μεταβολών ισχύει:



α. $\Delta U_1 = 2\Delta U_2$

β. $\Delta U_2 = 2\Delta U_1$

γ. $\Delta U_2 = \Delta U_1$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση:

Μονάδες 2

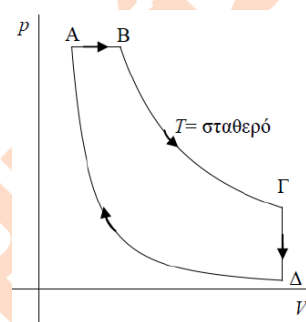
Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 5

B1. Σωστή απάντηση είναι η γ.

Ισχύει: $\Delta U_1 = \Delta U_{AB} = nC_v(T_2 - T_1)$ (1) και $\Delta U_2 = \Delta U_{\Gamma\Delta} = nC_v(T_2 - T_1)$ (2). Από τις σχέσεις (1) και (2) προκύπτει ότι: $\Delta U_1 = \Delta U_2$

B2. Για το θερμοδυναμικό κύκλο του διπλανού σχήματος, να μεταφέρετε στο τετράδιο σας τον παρακάτω πίνακα και να τον συμπληρώσετε ονομάζοντας τις μεταβολές (κατά το παράδειγμα της τελευταίας γραμμής) και επιλέγοντας +, - ή 0 για τις ποσότητες του έργου, της μεταβολής της εσωτερικής ενέργειας, και της θερμότητας ανάλογα με το αν είναι θετικές αρνητικές ή μηδέν.



ΜΕΤΑΒΟΛΗ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	W	ΔU	Q
AB				
BΓ				
ΓΔ				
ΔΑ	Αδιαβατική συμπίεση			

Μονάδες 6

Να αιτιολογήσετε τις επιλογές των προσήμων.

Μονάδες 5

B2.

ΜΕΤΑΒΟΛΗ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	W	ΔU	Q
AB	Ισοβαρής	+	+	+
BΓ	Ισόθερμη	+	0	+
ΓΔ	Ισόχωρη	0	-	-
ΔΑ	Αδιαβατική	-	+	0

Η ισοβαρής μεταβολή AB είναι εκτόνωση, οπότε σύμφωνα με το νόμο της μεταβολής η απόλυτη θερμοκρασία του αερίου αυξάνεται. Για έργο του αερίου W_{AB} , τη μεταβολή στην



εσωτερική του ενέργεια ΔU_{AB} και τη θερμότητα που ανταλλάσσει το αέριο με το περιβάλλον Q_{AB} ισχύουν οι σχέσεις:

$$W_{AB} = nR(T_B - T_A) > 0, \Delta U_{AB} = nC_v(T_B - T_A) > 0 \text{ και } Q_{AB} = nC_p(T_B - T_A) > 0$$

Στη μεταβολή ΒΓ είναι $\Delta U_{BG} = nC_v\Delta T = 0$

Επειδή κατά τη μεταβολή ΒΓ το αέριο εκτονώνεται ισχύει: $W_{BG} > 0$. Από το 1^ο θερμοδυναμικό νόμο προκύπτει: $Q_{BG} = W_{BG}$, επομένως $Q_{BG} > 0$.

Στη μεταβολή ΓΔ για το έργο ισχύει: $W_{GD} = 0$. Επειδή στη μεταβολή αυτή η πίεση του αερίου μειώνεται, σύμφωνα με το νόμο του Charles η απόλυτη θερμοκρασία του αερίου μειώνεται.

Συνεπώς ισχύει: $Q_{GD} = \Delta U_{GD} = nC_v(T_D - T_G) < 0$

Στη μεταβολή ΔΑ που είναι αδιαβατική για τη θερμότητα ισχύει: $Q_{DA} = 0$.

Επειδή το αέριο συμπιέζεται το έργο είναι αρνητικό. ($W_{DA} < 0$). Από τον 1^ο θερμοδυναμικό νόμο για τη μεταβολή αυτή έχουμε: $\Delta U_{DA} = -W_{DA}$ ή $\Delta U_{DA} > 0$.

B3. Η κυκλική μεταβολή του ιδανικού αερίου θερμικής μηχανής αποτελείται από τέσσερις αντιστρεπτές μεταβολές, δυο ισοβαρείς και δυο ισόθερμες. Αν η μέγιστη θερμοκρασία της κυκλικής μεταβολής είναι $T_h = 600K$ και η ελάχιστη είναι $T_c = 300K$, τότε ο συντελεστής απόδοσης της μηχανής αυτής μπορεί να είναι:

α. $e = 0,4$.

β. $e = 0,7$

γ. $e = 0,8$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση:

Μονάδες 2

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 5

B3. Σωστή απάντηση είναι η α.

Έστω μια μηχανή Carnot, η οποία λειτουργεί μεταξύ των ακραίων θερμοκρασιών που λειτουργεί η θερμική μηχανή που μας δίνεται. Ο συντελεστής απόδοσης της μηχανής Carnot υπολογίζεται από τη σχέση: $e_c = 1 - \frac{T_c}{T_h}$ ή $e_c = 0,5$. Όμως δεν μπορεί να υπάρξει θερμική μηχανή που να έχει μεγαλύτερη απόδοση από μια μηχανή Carnot, η οποία λειτουργεί ανάμεσα στις ίδιες θερμοκρασίες. Συνεπώς για το συντελεστή απόδοσης της δεδομένης θερμικής μηχανής ισχύει: $e < e_c$ ή $e < 0,5$.

Μια ποσότητα $n = 4/R$ mol (το R είναι αριθμητικά ίσο με τη σταθερά των ιδανικών αερίων εκφρασμένη σε $\frac{J}{mol \cdot K}$) ιδανικού αερίου βρίσκεται στην κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Α

όπου $p_A = 4 \cdot 10^5$ N/m² και $T_A = 300$ K. Στο αέριο γίνονται οι εξής αντιστρεπτές μεταβολές:

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

B→Γ: ισόχωρη ψύξη μέχρι $T_\Gamma = T_A$

Γ→Α: ισόθερμη συμπίεση

Γ1) Να βρεθούν οι όγκοι, οι θερμοκρασίες και οι πιέσεις του αερίου στις καταστάσεις Α, Β και Γ.

Μονάδες 6



Γ1. Ισχύει: $P_A V_A = nRT_A$ ή $V_A = \frac{nRT_A}{P_A}$ ή $V_A = 3 \cdot 10^{-3} \text{m}^3$. Επειδή η μεταβολή AB είναι ισοβαρής ισχύει: $p_B = p_A = 4 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$. Από το νόμο της ισοβαρούς μεταβολής AB έχουμε: $\frac{V_A}{T_A} = \frac{V_B}{T_B}$ ή $T_B = 2T_A$ ή $T_B = 600 \text{K}$

Από το νόμο της ισόχωρης μεταβολής ΒΓ έχουμε: $\frac{p_B}{T_B} = \frac{p_\Gamma}{T_\Gamma}$ ή $p_\Gamma = \frac{p_B T_\Gamma}{T_B}$ ή $p_\Gamma = 2 \cdot 10^5 \text{N/m}^2$

Τα παραπάνω αποτελέσματα φαίνονται συγκεντρωμένα στον παρακάτω πίνακα:

	A	B	Γ
$p(\text{N/m}^2)$	$4 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$
$V(\text{m}^3)$	$3 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-3}$
$T(\text{K})$	300	600	300

Γ2) Να συμπληρωθεί ο παρακάτω πίνακας.

Μεταβολή	W (Joule)	ΔU (Joule)	Q (Joule)
A→B			
B→Γ			
Γ→A			

Μονάδες 8

Γ2. Το έργο κατά την ισόβαρη μεταβολή AB υπολογίζεται από τη σχέση:

$$W_{AB} = p_A(V_B - V_A) \text{ ή } W_{AB} = 1200 \text{J}.$$

Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου κατά τη μεταβολή AB υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\Delta U_{AB} = nC_V(T_B - T_A) = \frac{3}{2}nR(T_B - T_A) = 1800 \text{J}.$$

Από τον πρώτο θερμοδυναμικό νόμο για τη μεταβολή AB έχουμε:

$$Q_{AB} = \Delta U_{AB} + W_{AB} \text{ ή } Q_{AB} = 3000 \text{J}$$

Το έργο κατά την ισόχωρη μεταβολή ΒΓ είναι: $\Delta U_{B\Gamma} = nC_V\Delta T = \frac{3}{2}nR(T_\Gamma - T_B)$ ή $\Delta U_{B\Gamma} = -1800 \text{J}$.

Από τον πρώτο θερμοδυναμικό νόμο για τη μεταβολή αυτή έχουμε: $Q_{B\Gamma} = \Delta U_{B\Gamma} + W_{B\Gamma}$ ή $Q_{B\Gamma} = -1800 \text{J}$.

Η μεταβολή στην εσωτερική ενέργεια του αερίου κατά τη μεταβολή ΓΑ είναι: $\Delta U_{\Gamma A} = 0$.

Το έργο κατά την ισόθερμη μεταβολή ΓΑ υπολογίζεται από τη σχέση:

$$W_{\Gamma A} = p_\Gamma V_\Gamma \ln\left(\frac{V_A}{V_\Gamma}\right) \text{ ή } W_{\Gamma A} = 1200 \ln\left(\frac{1}{2}\right) \text{J ή } W_{\Gamma A} = -1200 \cdot 0,7 \text{J ή } W_{\Gamma A} = -840 \text{J}$$

Από τον πρώτο θερμοδυναμικό νόμο για την μεταβολή ΓΑ έχουμε: $Q_{\Gamma A} = W_{\Gamma A} = -840 \text{J}$

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας συμπληρωνμένος.

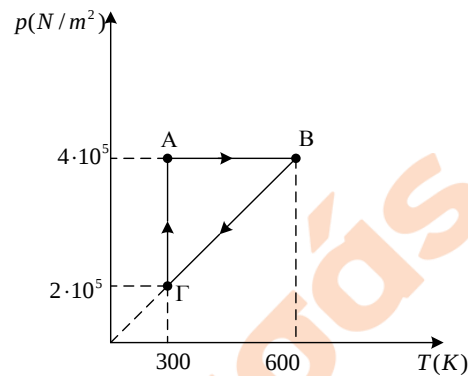
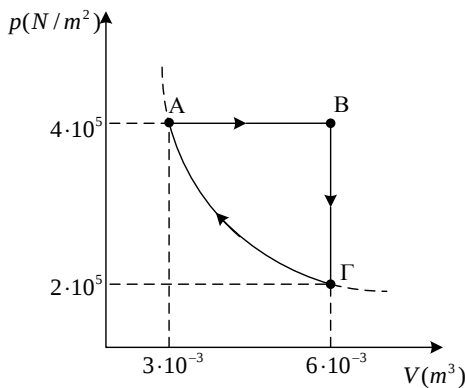
Μεταβολή	W (Joule)	ΔU (Joule)	Q (Joule)
A→B	1200	1800	3000
B→Γ	0	-1800	-1800
Γ→A	-840	0	-840

Γ3) Να γίνουν τα διαγράμματα (σε βαθμολογημένους άξονες) p - V και p - T για τις παραπάνω μεταβολές.



Μονάδες 6

Γ3. Οι γραφικές παραστάσεις της κυκλικής μεταβολής σε διαγράμματα $p - V$ και $p - T$ με βαθμολογημένους άξονες φαίνονται στο παρακάτω σχήμα



Γ4) Αν η παραπάνω κυκλική μεταβολή παριστά τον θερμοδυναμικό κύκλο μιας θερμικής μηχανής να υπολογίσετε τον συντελεστή απόδοσης αυτής της μηχανής.

Μονάδες 5

Δίνεται η γραμμομοριακή ειδική θερμότητα υπό σταθερό όγκο $C_V = 3 \cdot R/2$, και ότι $\ln 2 = 0,7$

Δίνεται η γραμμομοριακή ειδική θερμότητα υπό σταθερό όγκο $C_V = 3 \cdot R/2$, και ότι $\ln 2 = 0,7$

Γ4. Το ποσό θερμότητας που απορροφά η μηχανή σε κάθε κύκλο λειτουργίας της είναι: $Q_h = Q_{AB}$ ή $Q_h = 3000J$.

Το έργο που παράγει η μηχανή σε κάθε κύκλο λειτουργίας της είναι: $W = W_{AB} + W_{B\Gamma} + W_{\Gamma A}$ ή $W = 360J$.

Από τον ορισμό του συντελεστή απόδοσης μιας θερμικής μηχανής έχουμε: $e = \frac{W}{Q_h} = \frac{360}{3000}$ ή $e = 0,12$.

ΘΕΜΑ Δ

Ποσότητα $n = 1/R$ mol ιδανικού μονοατομικού αερίου, (το R είναι αριθμητικά ίσο με τη σταθερά R των ιδανικών αερίων εκφρασμένη σε μονάδες του S.I.), βρίσκεται σε κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Α, με όγκο $V_A = 1$ L και πίεση $p_A = 3,2$ atm. Με ισοβαρή αντιστρεπτή ψύξη ΑΒ, το αέριο μεταβαίνει σε κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας Β, από την οποία με αντιστρεπτή ισόθερμη εκτόνωση ΒΓ αποκτά όγκο $V_\Gamma = 8$ L. Μια αδιαβατική αντιστρεπτή συμπίεση επαναφέρει το αέριο στην αρχική του κατάσταση Α. Να υπολογίσετε:

Δ1) Την εσωτερική ενέργεια του αερίου στην κατάσταση Α.

Μονάδες 6

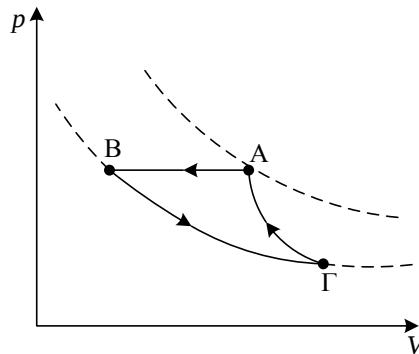
Δ1. Για την εσωτερική ενέργεια του αερίου στην κατάσταση Α ισχύει:

$$U_A = \frac{3}{2} nRT_A \text{ ή } U_A = \frac{3}{2} p_A V_A \text{ ή } U_A = 480J$$

Δ2) Την πίεση p_Γ , τον όγκο V_B , τη θερμοκρασία T_B του αερίου, και να απεικονίσετε (ποιοτικά) τον θερμοδυναμικό κύκλο του αερίου σε διάγραμμα $p - V$.

Μονάδες 8

Δ2. Η γραφική παράσταση της κυκλικής μεταβολής φαίνεται στο διάγραμμα $p - V$ του σχήματος.



Από το νόμο της αδιαβατικής μεταβολής έχουμε:

$$p_{\Gamma} V_{\Gamma}^{\gamma} = p_A V_A^{\gamma} \quad \text{ή} \quad p_{\Gamma} = p_A \left(\frac{V_A}{V_{\Gamma}} \right)^{\gamma} \quad \text{ή} \quad p_{\Gamma} = p_A \left(\frac{1}{8} \right)^{\frac{5}{3}} \quad \text{ή} \quad p_{\Gamma} = \frac{p_A}{(2^3)^{\frac{5}{3}}} \quad \text{ή} \quad p_{\Gamma} = \frac{p_A}{2^5} \quad \text{ή} \quad p_{\Gamma} = \frac{3,2 \cdot 10^5}{32} \frac{N}{m^2} \quad \text{ή}$$

$$p_{\Gamma} = 0,1 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$

Από την καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων για την κατάσταση Γ έχουμε:

$$p_{\Gamma} V_{\Gamma} = nRT_{\Gamma} \quad \text{ή} \quad T_{\Gamma} = \frac{p_{\Gamma} V_{\Gamma}}{nR} \quad \text{ή} \quad T_{\Gamma} = 80 \text{ K}$$

Επειδή η μεταβολή ΒΓ είναι ισόθερμη ισχύει: $T_B = T_{\Gamma}$ ή $T_B = 80 \text{ K}$.

Από την καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων για την κατάσταση Α ισχύει:

$$p_A V_A = nRT_A \quad \text{ή} \quad T_A = \frac{p_A V_A}{nR} \quad \text{ή} \quad T_A = 320 \text{ K}$$

Από το νόμο της ισοβαρούς μεταβολής ΑΒ έχουμε: $\frac{V_A}{T_A} = \frac{V_B}{T_B}$ ή $V_B = \frac{T_B}{T_A} \cdot V_A$ ή $V_B = 0,25L$ ή $V_B = 0,25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

Δ3) Τη θερμότητα που απορρόφησε το αέριο από το περιβάλλον στη διάρκεια αυτού του θερμοδυναμικού κύκλου.

Μονάδες 5

Δ3. Το αέριο απορροφά θερμότητα από το περιβάλλον κατά την ισόθερμη μεταβολή ΒΓ συνεπώς ισχύει:

$$Q_{B\Gamma} = W_{B\Gamma} = p_B V_B \ln \left(\frac{V_{\Gamma}}{V_B} \right) \quad \text{ή} \quad Q_{B\Gamma} = 280 \text{ J}.$$

Δ4) Το ολικό έργο του αερίου για την ολοκλήρωση ενός κύκλου των θερμοδυναμικών μεταβολών που περιγράφηκαν.

Μονάδες 6

Δίνεται για το ιδανικό αέριο ο λόγος των γραμμομοριακών ειδικών θερμοτήτων $\gamma = \frac{c_p}{c_v} = \frac{5}{3}$

Για τις πράξεις σας κατά προσέγγιση μπορείτε να θεωρήσετε ότι $1 \text{ atm} = 10^5 \text{ N/m}^2$, $1 \text{ L} = 10^{-3} \text{ m}^3$ και $\ln 32 = 3,5$.

Δ4. Ισχύει: $W_{ολ} = W_{AB} + W_{B\Gamma} + W_{\Gamma A}$

Για το έργο W_{AB} κατά την ισόβαρη μεταβολή ΑΒ έχουμε:

$$W_{AB} = p_A (V_B - V_A) \quad \text{ή} \quad W_{AB} = -240 \text{ J}.$$

Για το έργο $W_{\Gamma A}$ κατά την αδιαβατική μεταβολή ΓΑ έχουμε:

$$W_{\Gamma A} = \frac{p_A V_A - p_{\Gamma} V_{\Gamma}}{1 - \gamma} \quad \text{ή} \quad W_{\Gamma A} = -360 \text{ J}.$$

Συνεπώς $W_{ολ} = -320 \text{ J}$.

