

Τρεις εφαρμογές στον 1^ο θερμοδυναμικό νόμο

Γενικές παρατηρήσεις στις κυκλικές μεταβολές

1. Σε κάθε κυκλική αντιστρεπτή μεταβολή από το 1^ο Θερμοδυναμικό νόμο έχουμε $Q_{ολ} = \Delta U_{ολ} + W_{ολ} \xrightarrow{\Delta U_{ολ}=0} Q_{ολ} = W_{ολ} \dots$ Όλη η θερμότητα που αντάλλαξε το αέριο με το περιβάλλον ισούται με το συνολικό έργο του αερίου.

2. Σε κάθε κυκλική αντιστρεπτή μεταβολή η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας ισούται με το αλγεβρικό άθροισμα των μεταβολών αυτής στις επιμέρους μεταβολές και συνολικά είναι μηδέν.

$$\Delta U_{ολ} = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \Delta U_3 + \dots + \Delta U_n = \sum_{i=1}^n \Delta U_i = 0 .$$

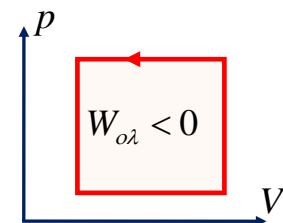
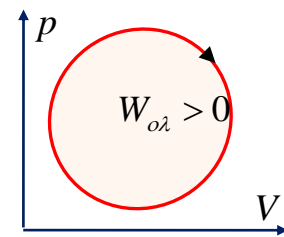
3. Το συνολικό έργο του αερίου στην κυκλική αντιστρεπτή μεταβολή:

α) απολύτως ισούται με το εμβαδόν του «κύκλου» στο διάγραμμα $p-V$ και αν ο κύκλος είναι δεξιόστροφος το έργο είναι θετικό (κυριαρχούν οι εκτονώσεις), αν δε είναι αριστερόστροφος το έργο είναι αρνητικό (κυριαρχούν οι συμπιέσεις).

β) ισούται με το αλγεβρικό άθροισμα των έργων στις επιμέρους μεταβολές,

$$W_{ολ} = W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_n = \sum_{i=1}^n W_i .$$

γ) ισούται με την συνολική θερμότητα που αντάλλαξε το αέριο με το περιβάλλον $W_{ολ} = Q_{ολ}$



4. Η συνολική θερμότητα που αντάλλαξε το αέριο με το περιβάλλον ισούται αλγεβρικό άθροισμα των θερμότητων στις επιμέρους μεταβολές, $Q_{ολ} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n = \sum_{i=1}^n Q_i .$

Εφαρμογές

1. Η κυκλική μεταβολή μιας ποσότητας πρότυπου ιδανικού αερίου με $\gamma = \frac{5}{3}$

αποτελείται από τις εξής διαδοχικές αντιστρεπτές μεταβολές:

α) Ισοβαρή εκτόνωση AB

β) Ισόθερμη συμπίεση ΒΓ

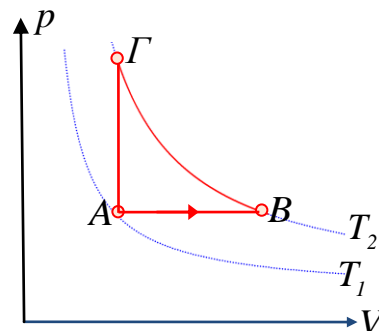
γ) Ισόχωρη ψύξη ΓΑ.

Να αποδοθεί η μεταβολή σε διάγραμμα $p - V$ και να συμπληρωθούν τα κενά στον παρακάτω πίνακα.

Μεταβολή	Q	ΔU	W
Ισοβαρής εκτόνωση AB	+1000J		
Ισόθερμη συμπίεση ΒΓ			
Ισόχωρη ψύξη ΓΑ			
Κυκλική μεταβολή	-400J		

Απάντηση:

Μεταβολή	Q	ΔU	W
Ισοβαρής εκτόνωση AB	+1000J	+600J	+400J
Ισόθερμη συμπίεση ΒΓ	-800J	0	-800J
Ισόχωρη ψύξη ΓΑ	-600J	-600J	0
Κυκλική μεταβολή	-400J	0	-400J



$$Q_{AB} = nC_p \Delta T, \Delta U_{AB} = nC_v \Delta T$$

$$\frac{Q}{\Delta U} = \frac{C_p}{C_v} = \gamma \Rightarrow Q = \gamma \Delta U \Rightarrow \Delta U = \frac{Q}{\gamma} \Rightarrow \Delta U = \frac{1000J}{5/3} \Rightarrow \Delta U = 600J$$

2. Η κυκλική μεταβολή μιας ποσότητας πρότυπου ιδανικού αερίου με $\gamma = \frac{5}{3}$

αποτελείται από τις εξής διαδοχικές αντιστρεπτές μεταβολές:

α) Ισοβαρή εκτόνωση AB

β) Ισόθερμη εκτόνωση ΒΓ

γ) Ισόχωρη ψύξη ΓΑ.

δ) Αδιαβατική θέρμανση ΔΑ

Να αποδοθεί η μεταβολή σε διάγραμμα $p - V$ και να συμπληρωθούν τα κενά στον παρακάτω πίνακα.

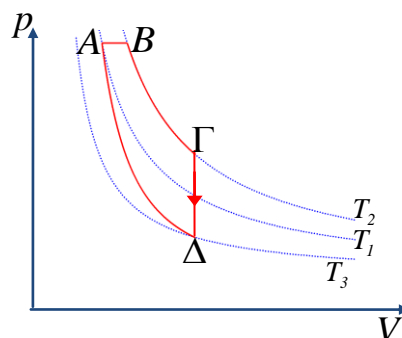
Μεταβολή	Q	ΔU	W
Ισοβαρής εκτόνωση AB		+300J	
Ισόθερμη εκτόνωση ΒΓ			+200J
Ισόχωρη ψύξη ΓΑ	-400J		
Αδιαβατική θέρμανση ΔΑ			
Κυκλική μεταβολή			

Απάντηση:

Μεταβολή	Q	ΔU	W
Ισοβαρής εκτόνωση AB	+500J	+300J	+200J
Ισόθερμη εκτόνωση ΒΓ	+200J	0	+200J
Ισόχωρη ψύξη ΓΑ	-400J	-400J	0
Αδιαβατική θέρμανση ΔΑ	0	+100J	-100J
Κυκλική μεταβολή	+300J	0	+300J

$$Q_{AB} = nC_p \Delta T, \Delta U_{AB} = nC_V \Delta T$$

$$\frac{Q}{\Delta U} = \frac{C_p}{C_V} = \gamma \Rightarrow Q = \gamma \Delta U \Rightarrow Q = 500J$$



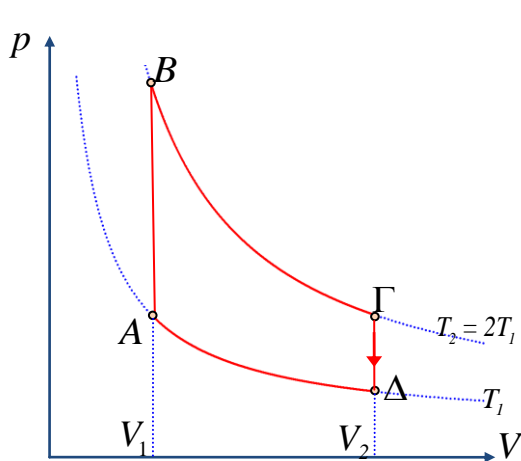
3. Η κυκλική μεταβολή μιας ποσότητας ιδανικού αερίου αποτελείται από τις εξής διαδοχικές αντιστρεπτές μεταβολές:

- Ισόχωρη θέρμανση AB μέχρι διπλασιασμού της θερμοκρασίας
- Ισόθερμη εκτόνωση ΒΓ
- Ισόχωρη ψύξη ΓΑ .
- Ισόθερμη συμπίεση ΔΑ

Να αποδοθεί η μεταβολή σε διάγραμμα $p - V$ και να συμπληρωθούν τα κενά στον παρακάτω πίνακα.

Μεταβολή	Q	ΔU	W
Ισόχωρη θέρμανση AB		+100J	
Ισόθερμη εκτόνωση BΓ	+400J		
Ισόχωρη ψύξη ΓΑ			
Ισόθερμη συμπίεση ΔΑ			
Κυκλική μεταβολή			

Απάντηση:



$$W_{B\Gamma} = nRT_2 \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (1)$$

$$W_{\Delta A} = nRT_1 \ln \frac{V_1}{V_2}$$

$$W_{\Delta A} = -nRT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (2)$$

$$(1), (2) \quad \frac{W_{B\Gamma}}{W_{\Delta A}} = -\frac{T_2}{T_1} = -2$$

$$\dots W_{\Delta A} = -200J$$

Μεταβολή	Q	ΔU	W
Ισόχωρη θέρμανση AB	+100J	+100J	0
Ισόθερμη εκτόνωση BΓ	+400J	0	+400J
Ισόχωρη ψύξη ΓΑ	-100J	-100J	0
Ισόθερμη συμπίεση ΔΑ	-200J	0	-200J
Κυκλική μεταβολή	+200J	0	+200J