

ΦΥΣΙΚΗ Β' ΛΥΚΕΙΟΥ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ-ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 2

ΕΡΓΟ ΑΕΡΙΟΥ

- Κατά την εκτόνωση ενός αερίου, το έργο του είναι θετικό (δηλαδή παραγόμενο).
- Κατά την συμπίεση ενός αερίου, το έργο του είναι αρνητικό (δηλαδή καταναλισκόμενο).
- Κατά την ισόχωρη μεταβολή ενός αερίου, το έργο του είναι μηδέν.
- Το εμβαδόν μεταξύ της καμπύλης σε διάγραμμα p-V, και του άξονα V είναι αριθμητικά ίσο με το έργο ενός αερίου σε μια αντιστρεπτή μεταβολή AB. Δηλαδή : $W_{A \rightarrow B} = \text{Εμβαδόν}$
- Το θετικό έργο εκφράζει την μεταφορά ενέργειας από το αέριο στο περιβάλλον.
- Το αρνητικό έργο εκφράζει την μεταφορά ενέργειας από το περιβάλλον στο αέριο.

ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

- Θερμότητα είναι η ενέργεια η οποία μεταφέρεται από ένα θερμό σώμα προς ένα ψυχρό, όταν τα σώματα αυτά έλθουν σε επαφή.
- Η θερμότητα δεν είναι μια νέα ή διαφορετική μορφή ενέργειας, απλά είναι ένα όνομα που δίνεται στην ενέργεια η οποία μεταφέρεται λόγω διαφοράς θερμοκρασίας.
- Προσοχή !!! Η θερμότητα δεν είναι η ενεργεία που μπορεί να έχει ένα σύστημα. Είναι λάθος να πούμε ότι ένα σύστημα έχει θερμότητα. Η θερμότητα είναι η ενέργεια που μεταφέρεται από ένα θερμό σώμα προς ένα ψυχρό, όταν τα σώματα αυτά έλθουν σε επαφή.

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

- Η εσωτερική ενέργεια U ενός ιδανικού αερίου οφείλεται αποκλειστικά στις κινητικές ενέργειες που έχουν τα μόρια του και είναι ίση με το άθροισμα των ενεργειών αυτών.

$$U = \frac{3}{2} nRT$$

- Η εσωτερική ενέργεια ορισμένης ποσότητας ιδανικού αερίου εξαρτάται μόνο από την θερμοκρασία του και είναι ανάλογη αυτής.

- Όταν ένα σύστημα μεταβαίνει από μια κατάσταση Α σε μια κατάσταση Β, η μεταβολή της εσωτερικής του ενέργειας ΔU είναι ανεξάρτητη του τρόπου με τον οποίο πήγε το σύστημα από την κατάσταση Α στη Β και εξαρτάται μόνο από την αρχική και την τελική του κατάσταση.

Ο 1^{ος} ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΝΟΜΟΣ

- Πρώτος θερμοδυναμικός νόμος : Το ποσό της θερμότητας Q που απορροφά ή αποβάλλει ένα θερμοδυναμικό σύστημα, ισούται με το αλγεβρικό άθροισμα της μεταβολής της εσωτερικής του ενέργειας ΔU , και του μηχανικού έργου W που παράγει ή καταναλώνει το σύστημα.

$$Q = \Delta U + W$$

- Ο πρώτος θερμοδυναμικός νόμος ουσιαστικά είναι η αρχή διατήρησης της ενέργειας σε ένα θερμοδυναμικό σύστημα.

Τα πρόσημα των $Q, \Delta U, W$.

- Η θερμότητα Q είναι θετική ($Q > 0$) όταν το σύστημα απορροφά θερμότητα.

Η θερμότητα είναι αρνητική ($Q < 0$) όταν το σύστημα αποβάλλει θερμότητα στο περιβάλλον.

- Η εσωτερική ενέργεια ενός αερίου είναι $U = \frac{3}{2} nRT$. Άρα θα ισχύει : $\Delta U = \frac{3}{2} nR\Delta T$

Από την παραπάνω σχέση είναι φανερό ότι η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας ενός αερίου είναι θετική ($\Delta U > 0$) όταν $\Delta T > 0$, δηλαδή όταν αυξάνεται η θερμοκρασία του (θέρμανση).

Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας ενός αερίου είναι αρνητική ($\Delta U < 0$) όταν $\Delta T < 0$, δηλαδή όταν μειώνεται η θερμοκρασία του (ψύξη).

- Το έργο ενός αερίου είναι $\Delta W = p \cdot \Delta V$.

Από την παραπάνω σχέση είναι φανερό ότι το έργο είναι θετικό όταν $\Delta V > 0$, δηλαδή όταν αυξάνεται ο όγκος του αερίου (εκτόνωση).

Το έργο είναι αρνητικό όταν $\Delta V < 0$, δηλαδή όταν μειώνεται ο όγκος του αερίου (συμπίεση).

ΑΝΤΙΣΤΡΕΠΤΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ				
	Ισόθερμη	Ισόχωρη	Ισοβαρής	Αδιαβατική
Νόμος	Boyle : $pV = \text{σταθ.}$ $T = \text{σταθ.}$	Charles: $\frac{p}{T} = \text{σταθ.}$ $V = \text{σταθ.}$	Gay-Lussac $\frac{V}{T} = \text{σταθ}$ $p = \text{σταθ}$	Poisson $pV^\gamma = \text{σταθ}$
$A \rightarrow B$	$T_A = T_B$ $p_A V_A = p_B V_B$	$V_A = V_B$ $\frac{p_A}{T_A} = \frac{p_B}{T_B}$	$p_A = p_B$ $\frac{V_A}{T_A} = \frac{V_B}{T_B}$	$p_A V_A^\gamma = p_B V_B^\gamma$ $T_A V_A^{\gamma-1} = T_B V_B^{\gamma-1}$ $T_A^\gamma p_A^{1-\gamma} = T_B^\gamma p_B^{1-\gamma}$
Διάγραμμα p-V				
Διάγραμμα V-T				-
Διάγραμμα p-T				-
Έργο	$W = nRT \ln \frac{V_B}{V_A}$	$W = 0$	$W = p\Delta V$ $W = nR\Delta T$	$W = -\Delta U$ $W = \frac{p_B V_B - p_A V_A}{1-\gamma}$
Μετ. εσωτερικής ενέργειας	$\Delta U = 0$	$\Delta U = nC_V \Delta T$	$\Delta U = nC_V \Delta T$	$\Delta U = nC_V \Delta T$
Θερμότητα	$Q = W = nRT \ln \frac{V_B}{V_A}$	$Q = nC_V \Delta T$	$Q = nC_p \Delta T$	$Q = 0$
$Q_h (Q > 0)$	Ισόθερμη εκτόνωση	Ισόχωρη θέρμανση	Ισοβαρής εκτόνωση	$Q = 0$
$Q_c (Q < 0)$	Ισόθερμη συμπίεση	Ισόχωρη ψύξη	Ισοβαρής συμπίεση	$Q = 0$

ΚΥΚΛΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΡΕΠΤΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ

- Το ολικό έργο σε μια κυκλική αντιστρεπτή μεταβολή είναι ίσο με το εμβαδόν που περικλείεται από τη γραμμή που περιγράφει τη μεταβολή, στο διάγραμμα p-V.

- Το ολικό έργο σε μια κυκλική μεταβολή:

α) Είναι θετικό ($W > 0$), όταν η γραφική παράσταση της μεταβολής διαγράφεται κατά τη φορά των δεικτών του ρολογιού.

β) Είναι αρνητικό ($W < 0$), όταν η γραφική παράσταση της μεταβολής διαγράφεται αντίθετα από τη φορά των δεικτών του ρολογιού.

- Σε μια κυκλική μεταβολή έχουμε : $\Delta U = 0$

- Στην κυκλική μεταβολή, το ποσό θερμότητας Q που απορροφά ή αποδίδει το αέριο είναι ίσο με το έργο που αυτό παράγει ή δαπανά, αντίστοιχα. Δηλαδή : $Q_{ολ} = W_{ολ}$

ΓΡΑΜΜΟΜΟΡΙΑΚΕΣ ΕΙΔΙΚΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΕΣ

- Η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας ΔU ενός αερίου εξαρτάται μόνο από την αρχική και την τελική του κατάσταση (και συγκεκριμένα από την αρχική και την τελική θερμοκρασία), και είναι ανεξάρτητη από την αντιστρεπτή μεταβολή που ακολούθησε το αέριο για να μεταβεί από την αρχική στην τελική του κατάσταση.

- Η σχέση $\Delta U = nC_V \Delta T$ ισχύει για κάθε αντιστρεπτή μεταβολή.

Απόδειξη της σχέσης $C_p = C_V + R$.

Σε μια ισοβαρή μεταβολή το έργο του αερίου είναι : $\left. \begin{matrix} W = p\Delta V \\ p\Delta V = nR\Delta T \end{matrix} \right] \Leftrightarrow W = nR\Delta T$.

Επίσης σε κάθε αντιστρεπτή μεταβολή, άρα και στην ισοβαρή ισχύει : $\Delta U = nC_V \Delta T$.

$$Q_p = nC_p \Delta T$$

$$Q_p = \Delta U + W \Leftrightarrow nC_p \Delta T = nC_V \Delta T + nR\Delta T \Leftrightarrow C_p = C_V + R. \quad \text{Είναι : } C_p > C_V.$$

Υπολογισμός των C_p, C_v .

Έστω ότι η θερμοκρασία ενός αερίου μεταβάλλεται κατά ΔT . Η μεταβολή της εσωτερικής του ενέργειας

$$\Delta U \text{ είναι : } \left[\begin{array}{l} \Delta U = \frac{3}{2} n R \Delta T \\ \text{Όμως: } \Delta U = n C_v \Delta T \end{array} \right] \Leftrightarrow n C_v \Delta T = \frac{3}{2} n R \Delta T \Leftrightarrow \boxed{C_v = \frac{3}{2} R}.$$

$$\text{Επίσης : } C_p = C_v + R \Leftrightarrow C_p = \frac{3}{2} R + R \Leftrightarrow \boxed{C_p = \frac{5}{2} R}.$$

Υπολογισμός της σταθεράς γ .

Η σταθερά γ της αδιαβατικής μεταβολής δίνεται από την σχέση : $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$.

$$\text{Άρα : } \gamma = \frac{\frac{5}{2} R}{\frac{3}{2} R} \Leftrightarrow \boxed{\gamma = \frac{5}{3}}. \text{ Η τιμή } \gamma = \frac{5}{3} \text{ ισχύει για όλα τα ιδανικά αέρια.}$$

ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ

- Θερμικές μηχανές ονομάζονται οι διατάξεις που μετατρέπουν τη θερμότητα σε μηχανικό έργο.**

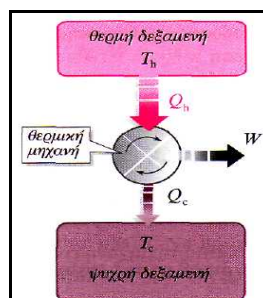
- Γενικά μια θερμική μηχανή υποβάλλει το αέριο σε μια κυκλική μεταβολή. Το αέριο της θερμικής μηχανής, κατά τη διάρκεια μιας κυκλικής μεταβολής, απορροφά θερμότητα Q_h από μια θερμή δεξαμενή θερμοκρασίας T_h , μετατρέπει ένα μέρος της σε μηχανικό έργο W και το υπόλοιπο το απορρίπτει ως «άχρηστη» θερμότητα Q_c σε μια ψυχρή δεξαμενή θερμοκρασίας $T_c < T_h$**

- Συντελεστής απόδοσης (e) οποιασδήποτε μηχανής είναι ο λόγος του ωφέλιμου έργου που μας δίνει η μηχανή προς την ενέργεια που δαπανούμε για να λειτουργήσει αυτή.**

$$e = \frac{W_{\text{ολ}}}{Q_h}$$

$$W_{\text{ολ}} = Q_{\text{ολ}} = Q_h - |Q_c|$$

$$e = 1 - \frac{|Q_c|}{Q_h}$$

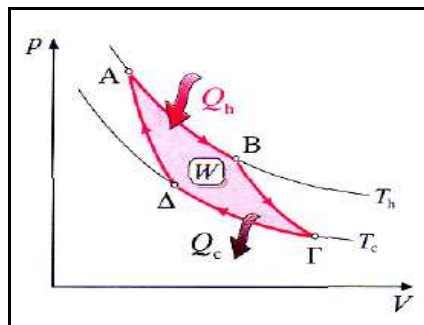


Ο 2^{ος} ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΝΟΜΟΣ

- Είναι αδύνατο να κατασκευαστεί θερμική μηχανή που να μετατρέπει εξ ολοκλήρου τη θερμότητα σε ωφέλιμο έργο.

- Είναι αδύνατο να κατασκευαστεί μηχανή που να μεταφέρει θερμότητα από ένα ψυχρό σώμα σ' ένα θερμότερο χωρίς να δαπανάται ενέργεια για τη λειτουργία της.

Η ΜΗΧΑΝΗ ΤΟΥ CARNOT



- Θεώρημα Carnot : Δεν μπορεί να υπάρξει θερμική μηχανή η οποία να έχει μεγαλύτερη απόδοση από μια μηχανή Carnot που λειτουργεί ανάμεσα στις ίδιες θερμοκρασίες.

$$\frac{|Q_c|}{Q_h} = \frac{T_c}{T_h}$$

$$e = 1 - \frac{T_c}{T_h}$$