ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΟΡΜΗΣ

- Όταν σε ένα σύστημα σωμάτων ασκούνται δυνάμεις που προέρχονται αποκλειστικά από τα σώματα που αποτελούν το σύστημα, οι δυνάμεις αυτές ονομάζονται **εσωτερικές.**

- Όταν οι δυνάμεις προέρχονται από σώματα εκτός του συστήματος, ονομάζονται **εξωτερικές.**

- Ένα σύστημα σωμάτων ονομάζεται **μονωμένο**, όταν δεν ασκούνται εξωτερικές δυνάμεις ή αν ασκούνται η συνισταμένη τους είναι ίση με μηδέν.

- $\vec{p} = m \cdot \vec{\upsilon}$, ορμή ενός σώματος
  Είναι **διανυσματικό μέγεθος** με κατεύθυνση αυτή της ταχύτητας και μετριέται σε $kg \cdot m/\sec$.

- $\vec{F} = \dfrac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} \Rightarrow \vec{F} = \dfrac{\vec{p}_{\tau\varepsilon\lambda} - \vec{p}_{\alpha\rho\chi}}{\Delta t}$, Γενικευμένη σχέση $2_{ου}$ νόμου Νεύτωνα.
  Η παραπάνω σχέση μας δίνει εξάρτηση της συνισταμένης δύναμης σε ένα σώμα με τη μεταβολή της ορμής. Διαπιστώνουμε ότι για να μεταβληθεί η ορμή ενός σώματος απαιτείται δύναμη

- ***Αρχή διατήρησης της Ορμής (Α.Δ.Ο.)***
  Η **συνολική ορμή** ενός **μονωμένου** συστήματος παραμένει **σταθερή**, δηλαδή :

$$\vec{p}_{o\lambda(\tau\varepsilon\lambda)} = \vec{p}_{o\lambda(\alpha\rho\chi)}$$

- **Είδη κρούσεων**

  <u>**Σημείωση**: Σε όλα τα είδη των κρούσεων διατηρείται η ολική ορμή του συστήματος των σωμάτων που παίρνουν μέρος στην κρούση.</u>

  Α. Ελαστική κρούση

  Η συνολική κινητική ενέργεια των σωμάτων πριν την κρούση ισούται με αυτήν μετά την κρούση, δηλαδή: $E^{\pi\rho\iota\nu}_{\kappa\iota\nu(o\lambda)} = E^{\mu\varepsilon\tau\acute{\alpha}}_{\kappa\iota\nu(o\lambda)}$

  Β. Ανελαστική κρούση

  Η συνολική κινητική ενέργεια των σωμάτων πριν την κρούση είναι μεγαλύτερη αυτής μετά την κρούση. Η ενέργεια που χάνεται γίνεται θερμότητα. Δηλαδή ισχύει :

  $E^{\pi\rho\iota\nu}_{\kappa\iota\nu(o\lambda)} > E^{\mu\varepsilon\tau\acute{\alpha}}_{\kappa\iota\nu(o\lambda)}$

  Γ. Πλαστική κρούση

  Είναι η κρούση στην οποία τα σώματα μετά την κρούση κινούνται ως ένα σώμα (συσσωμάτωμα), με κοινή ταχύτητα. Και στην πλαστική κρούση, όπως στην ανελαστική, δε διατηρείται η κινητική ενέργεια του συστήματος, δηλαδή : $E^{\pi\rho\iota\nu}_{\kappa\iota\nu(o\lambda)} > E^{\mu\varepsilon\tau\acute{\alpha}}_{\kappa\iota\nu(o\lambda)}$

<u>ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ</u>

Νόμοι Αερίων

<table>
<tr><th>Νόμος Ισόχωρης Μεταβολής
(Νόμος Gay-Lussac)</th><th>Νόμος Ισοβαρούς Μεταβολής
(Νόμος Charles)</th></tr>
<tr><td>$\frac{P}{T}$ = σταθ.</td><td>$\frac{V}{T}$ = σταθ.</td></tr>
<tr><th>Νόμος Ισόθερμης Μεταβολής
(Νόμος Boyle-Marriote)</th><th>Νόμος Αδιαβατικής Μεταβολής
(Νόμος Poisson)</th></tr>
<tr><td>PV=σταθ.</td><td>PV^{γ} =σταθ.</td></tr>
<tr><th colspan="2">Καταστατική Εξίσωση των Αερίων</th></tr>
<tr><td colspan="2">$PV = nRT$ - $PV = \frac{m_{ολ}}{M}RT$ - $P = \frac{\rho}{M}RT$
όπου:
n : ο αριθμός των mole, n=m/MB, $n=N/N_A$
N_A : ο αριθμός του Avogadro $6{,}023 \cdot 10^{23}$ που είναι ο αριθμός των μορίων σε ένα mol ουσίας
R : η παγκόσμια σταθερά των αερίων με τιμή $8{,}3144\ J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$</td></tr>
<tr><th colspan="2">Συνδυαστικός Νόμος Αερίων</th></tr>
<tr><td colspan="2">$\frac{PV}{T}$ = σταθ.</td></tr>
</table>

Κινητική Θεωρία των Αερίων

Η κινητική θεωρία των αερίων προσπαθεί να ενώσει την μακροσκοπική περιγραφή των αερίων (μεγέθη P, V, T) με την μικροσκοπική περιγραφή του, δηλαδή με την κίνηση των μορίων του. Το ζητούμενο είναι να βρεθούν σχέσεις που να δίνουν μακροσκοπικά μεγέθη, όπως πίεση και θερμοκρασία, συναρτήσει 'μικροσκοπικών' μεγεθών, όπως η ταχύτητα των μορίων του αερίου, το πλήθος τους, η μάζα τους...

Το **μοντέλο του Ιδανικού Αερίου** περιλαμβάνει τις παραδοχές:

i. Τα μόρια είναι ελαστικές σημειακές σφαίρες.

ii. Στις κρούσεις τους ισχύουν οι αρχές της κλασικής φυσικής (αρχή διατήρησης ορμής, ενέργειας...).

iii. Οι κρούσεις των μορίων μεταξύ τους καθώς και με τα τοιχώματα των δοχείων που τα περιέχουν είναι ελαστικές.

iv. Η διάρκεια της κρούσης είναι αμελητέα σε σχέση με το χρονικό διάστημα μεταξύ των κρούσεων.

v. Δυνάμεις ασκούνται στα μόρια μόνο στο χρονικό διάστημα της σύγκρουσης, οπότε η κίνηση των μορίων μεταξύ δύο διαδοχικών κρούσεων είναι ευθύγραμμη ομαλή.

vi. Τα μόρια βρίσκονται σε διαρκή κίνηση.

vii. Ο όγκος που καταλαμβάνει η μάζα των μορίων είναι αμελητέος σε σχέση με τον όγκο του δοχείου που τα περιέχει.

viii. Το πλήθος των μορίων είναι πολύ μεγάλο.

ix. Η κινητική ενέργεια κατανέμεται εξίσου σε όλες τις δυνατές κινήσεις των μορίων.

Με βάση τις αρχές αυτές:

$$P = \frac{1}{3}\frac{N}{V}m\overline{\upsilon^2}\frac{1}{3}d\overline{\upsilon^2}$$

υ : η μέση τιμή των τετραγώνων των ταχυτήτων των μορίων
d : η πυκνότητα του αερίου
N : ο αριθμός των μορίων του αερίου
m : η μάζα ενός μορίου του αερίου

Η ενεργός ταχύτητα (root mean square speed)

$$\upsilon_{\varepsilon\nu} = \upsilon_{rms} = \sqrt{\overline{\upsilon^2}} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

Η μέση Κινητική Ενέργεια των μορίων

$$K = \frac{1}{2}m\overline{\upsilon^2} = \frac{3}{2}kT$$

Στις παραπάνω σχέσεις:

$k = 1{,}38 \cdot 10^{-23}\ J \cdot K^{-1}$: Η σταθερά του Boltzmann,
με $k = R/N_A$

ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ

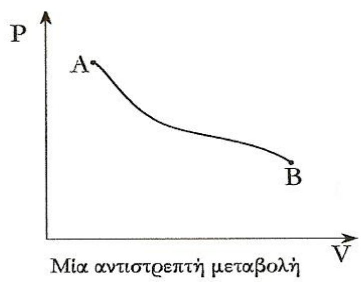
Αντιστρεπτή Μεταβολή (Reversible change)

Μία μεταβολή λέγεται αντιστρεπτή όταν γίνεται (υποτίθεται) τόσο αργά ώστε κάθε ενδιάμεση κατάσταση να είναι κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας.
Η αντιστρεπτή μεταβολή στο διάγραμμα P-V παριστάνεται από μία συνεχή καμπύλη γραμμή.

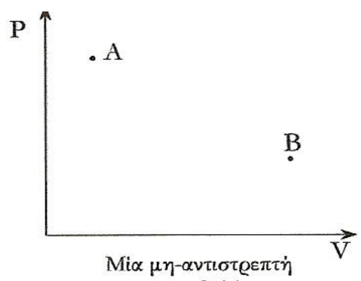
Μη αντιστρεπτή μεταβολή

Μία μη αναστρεπτή μεταβολή είναι αυτή που το σύστημα μεταβαίνει απότομα (γρήγορα) από την μία κατάσταση στην άλλη και δεν προλαβαίνει έτσι να περάσει από διαδοχικές καταστάσεις ισορροπίας. Μία τέτοια μεταβολή παριστάνεται από δύο σημεία στο διάγραμμα P-V.

Παραδείγματα μη αντιστρεπτών μεταβολών είναι η απότομη εκτόνωση αερίου, η μεταφορά θερμότητας από το θερμό στο ψυχρό σώμα, η ελεύθερη εκτόνωση αερίου (όταν βγάζουμε ένα διάφραγμα), κτλ. Οι περισσότερες μεταβολές στην φύση είναι μη αντιστρεπτές, μία καλή προσέγγιση όμως είναι αυτές που γίνονται αργά και στις οποίες οι τριβές είναι αμελητέες.



Μία αντιστρεπτή μεταβολή



Μία μη-αντιστρεπτή μεταβολή

Ειδικές Θερμότητες Αερίων

$C_P = C_V + R$

C_p : Ειδική γραμμομοριακή θερμότητα υπό σταθερή πίεση
C_V: Ειδική γραμμομοριακή θερμότητα υπό σταθερό όγκο

ισχύει:
$\gamma = C_p/C_V$

$C_P = 5R/2$ (για μονοατομικό αέριο)
$C_V = 3R/2$ (για μονοατομικό αέριο)

$C_P = \gamma R/(\gamma-1)$
$C_V = R/(\gamma-1)$

Εσωτερική Ενέργεια Αερίου (Internal Energy)

$U = \frac{3}{2}NkT$ (για μονοατομικό αέριο)
$U = n\,C_v\,T$

Μεταβολή Εσωτερικής Ενέργειας

$\Delta U = n\,C_v\,\Delta T$

Α' Νόμος της Θερμοδυναμικής

$Q = \Delta U + W$

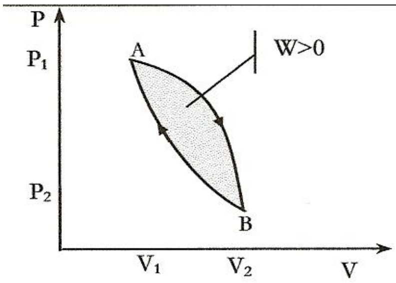
Q : θερμότητα που απορροφάται (> 0) ή αποβάλλεται (< 0) από το αέριο
ΔU : μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου
W : έργο που γίνεται από το αέριο (> 0) ή γίνεται στο αέριο (< 0)

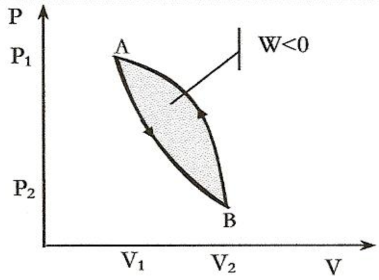
Κυκλική μεταβολή

Είναι η μεταβολή που η τελική κατάσταση συμπίπτει με την αρχική. Σε κάθε διάγραμμα μία τέτοια μεταβολή είναι μία κλειστή καμπύλη. Σε αυτή ισχύουν:

- ✓ Επειδή η συνολική μεταβολή της θερμοκρασίας είναι $\Delta T = 0$ θα είναι και $\Delta U = nC_V\Delta T = 0$.
- ✓ Από τον Α' θερμοδυναμικό νόμο έπεται: $Q = W$. Δηλαδή η ποσότητα της θερμότητας που συνολικά δίνεται στο αέριο (ή αφαιρείται από αυτό) ισούται με το έργο που παράγει ή δαπανά το αέριο.

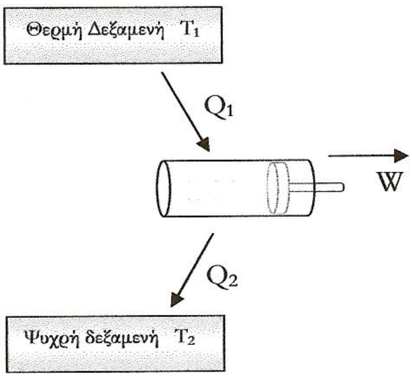
- ✓ Το έργο στην κυκλική μεταβολή είναι πάντα το εμβαδόν που ορίζει η κλειστή καμπύλη στο διάγραμμα P-V και είναι θετικό όταν η καμπύλη είναι δεξιόστροφη και αρνητικό όταν η καμπύλη είναι αριστερόστροφη.





Θερμικές Μηχανές

Θερμική μηχανή είναι μία διάταξη που μετατρέπει την θερμότητα σε (χρήσιμο) έργο, χρησιμοποιώντας την κυκλική μεταβολή ενός αερίου.



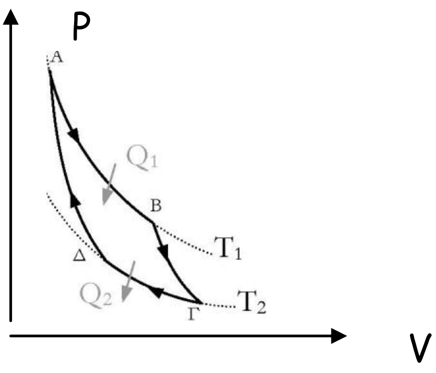
Το αέριο απορροφά ενέργεια Q_1 (Q_h) από την θερμή δεξαμενή θερμοκρασίας T_1 σε μια ή περισσότερες αντιστρεπτές μεταβολές, και αποδίδει θερμότητα Q_2 (Q_c) στην ψυχρή δεξαμενή θερμοκρασίας T_2 < T_1, (σε μια ή περισσότερες αντιστρεπτές μεταβολές). Η μηχανή αποδίδει επίσης έργο $W = Q_1 - |Q_2|$

Συντελεστής απόδοσης θερμικής μηχανής

$$e = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1} = 1 - \frac{|Q_2|}{Q_1}$$ Πάντα ισχύει $e > 1$

Κύκλος Carnot

Αποτελείται από:
ΑΒ : ισόθερμη εκτόνωση σε θερμοκρασία T_1 (T_h) στην οποία το αέριο απορροφά θερμότητα Q_1.
ΒΓ : αδιαβατική εκτόνωση μέχρι τη θερμοκρασία T_2 (T_c).
ΓΔ : ισόθερμη συμπίεση στην οποία το αέριο αποβάλλει θερμότητα Q_2 (< 0).
ΔΑ : αδιαβατική συμπίεση μέχρι την αρχική κατάσταση Α.



Ο συντελεστής απόδοσης e_c του κύκλου του Carnot αποδεικνύεται ότι είναι ο μέγιστος από κάθε θερμική μηχανή που εργάζεται μεταξύ των δύο θερμοκρασιών T_1 και T_2.

Στο κύκλο Carnot ισχύει: $\frac{|Q_2|}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}$ άρα:

Απόδοση κύκλου Carnot

$$e_c = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

<u>ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΔΥΝΑΜΕΩΝ</u>

Ηλεκτρική Δυναμική Ενέργεια

Η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια του συστήματος δύο σημειακών φορτίων q_1 και q_2 που απέχουν απόσταση r δίνεται από τον τύπο

$$U = k\frac{q_1 q_2}{r}$$

και ισούται με το έργο της δύναμης του πεδίου που ασκείται στο ένα απ' τα δύο φορτία, όταν μεταφέρεται από την αρχική του θέση στο άπειρο, με το άλλο φορτίο ακίνητο.

Για *περισσότερα από δύο φορτία*, η ολική δυναμική ενέργεια του συστήματος είναι ίση με το άθροισμα των ηλεκτρικών δυναμικών ενεργειών όλων των δυνατών συνδυασμών των φορτίων ανά δύο.

Αρχή της ανεξαρτησίας των κινήσεων

Όταν ένα κινητό μετέχει δύο ή περισσοτέρων κινήσεων, τότε αυτές γίνονται ανεξάρτητα η μία από την άλλη και η συνολική μετατόπιση μετά από χρόνο t είναι ίδια είτε αυτές γίνονται ταυτόχρονα για χρόνο t είτε διαδοχικά για τον ίδιο χρόνο t η καθεμία.

Βολή στο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο

Στο ομογενές πεδίο υπολογίζουμε την επιτάχυνση α του σωματιδίου με τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα και μετά εφαρμόζουμε ανάλογους τύπους με το βαρυτικό πεδίο.

$$a = \frac{\Sigma F}{m} = \frac{qE}{m} = \frac{qV}{m\ell}$$

όπου Ε η ένταση του πεδίου, V η διαφορά δυναμικού και ℓ η απόσταση των οπλισμών του πυκνωτή

Επίσης αναλύουμε την ταχύτητα υ του σωματιδίου σε μία συνιστώσα κάθετη και μία παράλληλη με τις γραμμές του πεδίου.

Παράλληλα στις γραμμές του πεδίου

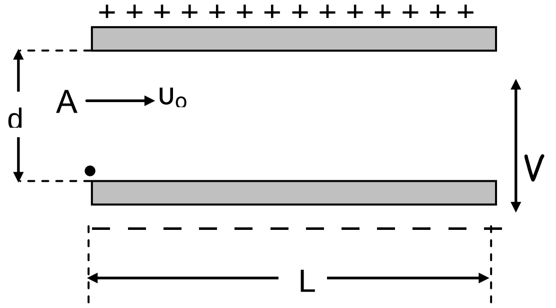
Επιταχυνόμενη ή επιβραδυνόμενη κίνηση

$$υ = υ_0 \pm at$$

$$x = x_o + υ_o t \pm \frac{1}{2} a t^2$$

Κάθετα στις γραμμές του πεδίου

Συνδυασμός επιταχυνόμενης κίνησης χωρίς αρχική ταχύτητα και ευθύγραμμης ομαλής με ταχύτητα $υ_{ox} = υ_o$



$x'x$: $υ_x = υ_o$

$x = υ_o t$

$y'y$: $υ_y = at$

$y = \frac{1}{2} a t^2$

Χρόνος παραμονής στο πεδίο : $t = L/\upsilon_o$

Απόκλιση από την αρχική διεύθυνση στην έξοδο : $y = \frac{1}{2}\frac{qV}{dm}\left(\frac{L}{\upsilon_o}\right)^2$

Ταχύτητα εξόδου από το πεδίο : $\upsilon = \sqrt{\upsilon_o^2 + \left(\frac{qVL}{dm\upsilon_o}\right)^2}$, $\varepsilon\varphi\varphi = \sqrt{\frac{qVL}{dm\upsilon_o}}$

Εξίσωση τροχιάς : $y = \frac{1}{2}\frac{qV}{dm\upsilon_o^2}x^2$ (Παραβολική τροχιά)

Με γωνία θ ως προς τις γραμμές του πεδίου

Συνδυασμός επιταχυνόμενης κίνησης (+) ή επιβραδυνόμενης (-) με αρχική ταχύτητα υ_{oy} και ευθύγραμμης ομαλής με ταχύτητα υ_{ox}

x΄x: $\upsilon_x = \upsilon_{ox}$

$x = x_o + \upsilon_{ox}t$

y΄y: $\upsilon_\upsilon = \upsilon_{oy} \pm gt$

$y = y_o + \upsilon_{oy} \pm gt\ \frac{1}{2}gt^2$

Κίνηση σε ανομοιογενές Ηλεκτρικό Πεδίο

Γενικά το έργο της δύναμης του πεδίου για μετακίνηση φορτίου q από ένα σημείο Α σε ένα Β είναι:

$W_{A\rightarrow B} = q\,(V_A - V_B)$

Τα προβλήματα αυτά αντιμετωπίζονται με την διατήρηση της μηχανικής ενέργειας αν είναι δυνατό.