

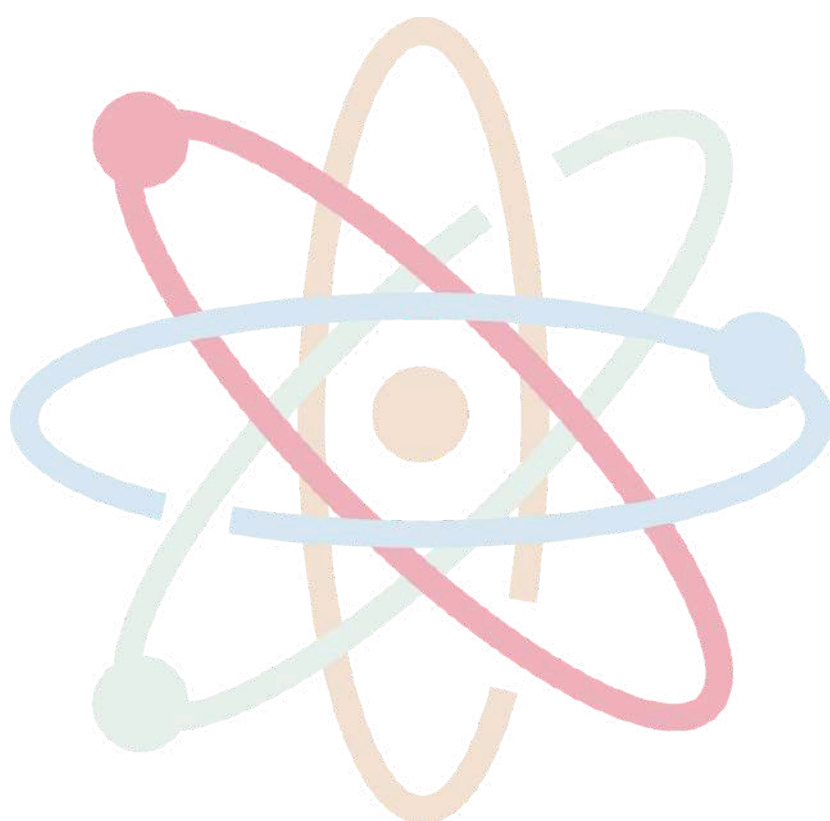
ΦΥΣΙΚΗ

Β' ΛΥΚΕΙΟΥ



Διαδραστικό Βοήθημα

Θεωρία - VideoΜαθήματα - Ασκήσεις



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1 Καμπυλόγραμμες κινήσεις: Οριζόντια βολή, κυκλική κίνηση

1.1 Οριζόντια βολή

1.2 Ομαλή κυκλική κίνηση

1.3 Κεντρομόλος δύναμη

1.4 Μερικές περιπτώσεις κεντρομόλου δύναμης

2 Διατήρηση της ορμής

2.1 Η έννοια του συστήματος. Εσωτερικές και εξωτερικές δυνάμεις

2.2 Το φαινόμενο της κρούσης

2.3 Η έννοια της ορμής

2.4 Η δύναμη και η μεταβολή της ορμής

2.5 Η αρχή διατήρησης της ορμής

2.6 Μεγέθη που δε διατηρούνται στην κρούση

2.7 Εφαρμογές της διατήρησης της ορμής.

3 Κινητική θεωρία αερίων

3.1 Εισαγωγή

3.2 Νόμοι αερίων

3.3 Καταστατική εξίσωση των ιδανικών

3.4 Κινητική θεωρία

3.5 Τα πρώτα σημαντικά αποτελέσματα

4 Θερμοδυναμική

4.1 Εισαγωγή

4.2 Θερμοδυναμικό σύστημα

4.3 Ισορροπία θερμοδυναμικού συστήματος

4.4 Αντιστρεπτές μεταβολές

4.5 Έργο παραγόμενο από αέριο κατά τη διάρκεια μεταβολών όγκου

4.6 Θερμότητα

4.7 Εσωτερική ενέργεια

4.8 Πρώτος θερμοδυναμικός νόμος

4.9 Εφαρμογή του πρώτου θερμοδυναμικού νόμου σε ειδικές περιπτώσεις

4.11 Θερμικές μηχανές

4.12 Δεύτερος θερμοδυναμικός νόμος.

4.13 Η μηχανή του Carnot

5. Ηλεκτρικό πεδίο

5.6 Δυναμική ενέργεια πολλών σημειακών φορτίων

5.7 Σχέση έντασης - διαφοράς δυναμικού στο ομογενές ηλεκτροστατικό πεδίο

5.8 Κινήσεις φορτισμένων σωματιδίων σε ομογενές ηλεκτροστατικό πεδίο

5.12 Το βαρυτικό πεδίο

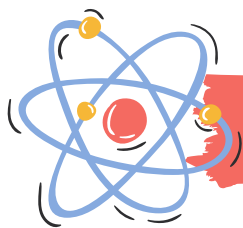
5.13 Το βαρυτικό πεδίο της Γης

5.14 Ταχύτητα διαφυγής - Μαύρες τρύπες

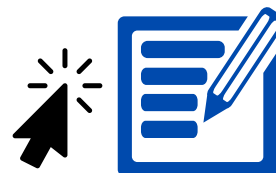
5.15 Σύγκριση ηλεκτροστατικού - βαρυτικού



Καμπυλόγραμμας κινήσεις



1. Οριζόντια βολή



ΛΥΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ
ΑΣΚΗΣΕΩΝ

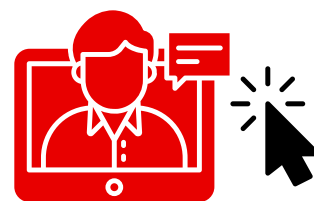
Τι είναι η οριζόντια βολή;

Η οριζόντια βολή αποτελείται από δύο κινήσεις, οι οποίες είναι η ελεύθερη πτώση και η ευθύγραμμη ομαλή κίνηση. Οι δύο κινήσεις είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους. Η ελεύθερη πτώση λαμβάνει χώρα στον κάθετο άξονα και η ευθύγραμμη ομαλή στον οριζόντιο.

Τι είναι η ανεξαρτησία κινήσεων και πως ξέρουμε ότι η οριζόντια βολή έχει ανεξαρτησία κινήσεων;

Ανεξαρτησία κινήσεων είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ένα σώμα κάνει μια κίνηση σε δύο ή περισσότερους άξονες, χωρίς η μια κίνηση να επηρεάζει την άλλη. Η οριζόντια βολή έχει ανεξαρτησία κινήσεων καθώς το χρονικό διάστημα που χρειάζεται ένα σώμα για να πέσει από ένα ύψος h είναι ακριβώς το ίδιο με το χρονικό διάστημα που θα έκανε αν το σώμα είχε αρχική ταχύτητα u_0 κατά τον άξονα x .

Κατακόρυφη κίνηση



VIDEO ΜΑΘΗΜΑ

Στην κατακόρυφη κίνηση το σώμα εκτελεί ελεύθερη πτώση και οι εξισώσεις κίνησης

είναι οι γνωστές: $u_y = g \cdot t$ και $y = \frac{1}{2} g \cdot t^2$.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση το $y=h$ και άρα το χρονικό διάστημα που χρειάζεται για

να ολοκληρωθεί η οριζόντια βολή θα είναι: $h = \frac{1}{2} g \cdot t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$.

Οριζόντια κίνηση

Στην οριζόντια κίνηση το σώμα εκτελεί ευθύγραμμη ομαλή κίνηση (Ε.Ο.Κ.).

Οπότε οι εξισώσεις κίνησης θα είναι: $x = u_0 t$,

όπου u_0 είναι η ταχύτητα εκτόξευσης και t_0 χρόνος.

Συνδυασμός κινήσεων

Ο χρόνος στις εξισώσεις των δύο κινήσεων είναι κοινός, το οποίο σημαίνει πως οι κινήσεις ξεκινάνε ταυτόχρονα και σταματάνε ταυτόχρονα. Η ταχύτητα θα είναι το διανυσματικό άθροισμα των δύο αυτών κινήσεων, δηλαδή:

$$\vec{U} = \vec{U}_{\text{οριζόντια}} + \vec{U}_{\text{κάθετη}}$$

και επειδή αυτές είναι πάντα κάθετες μεταξύ τους, το μέτρο της ταχύτητας θα είναι:

$$U = \sqrt{U_{\text{οριζόντια}}^2 + U_{\text{κάθετη}}^2}$$

και τέλος η γωνία που θα έχει η ταχύτητα θα είναι: $\epsilon\phi\theta = \frac{U_{\text{οριζόντια}}}{U_{\text{κάθετη}}}$.

Το ίδιο θα ισχύει και για την θέση:

$$\vec{x} = \vec{x}_{\text{οριζόντια}} + \vec{x}_{\text{κάθετη}} \text{ και } x = \sqrt{x_{\text{οριζόντια}}^2 + x_{\text{κάθετη}}^2} \text{ και } \epsilon\phi\theta = \frac{x_{\text{οριζόντια}}}{x_{\text{κάθετη}}}.$$

Για να επιλύσουμε ασκήσεις στην οριζόντια βολή, θα χρειαστεί να αναλύσουμε τις δύο κινήσεις, ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα:

Βήμα 1ο: Γράφουμε τις εξισώσεις κίνησης των δύο αξόνων και λύνουμε ως προς τον χρόνο.

Βήμα 2ο: Σχεδιάζουμε την ταχύτητα και τις συνιστώσες της και υπολογίζουμε το μέτρο της.

Βήμα 3ο: Υπολογίζουμε την γωνία της ταχύτητας από την εφαπτομένη της.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Σώμα εκτελεί οριζόντια βολή με αρχική ταχύτητα $u_0=5\text{m/s}$, πέφτοντας από ύψος $h=5\text{m}$, να βρεθεί η ταχύτητα με την οποία θα πέσει στο έδαφος και η απόσταση που διένυσε κατά την διάρκεια της κίνησης.

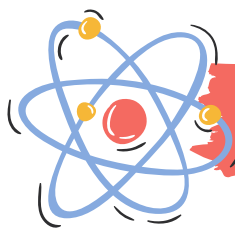
Σύμφωνα με την παραπάνω μεθοδολογία, γράφουμε τις εξισώσεις κίνησης:

$$u_y = g \cdot t \text{ και } h = \frac{1}{2} g \cdot t^2, \text{ άρα θα το σώμα θα κάνει } h = \frac{1}{2} g \cdot t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \Rightarrow t = 1\text{s}$$

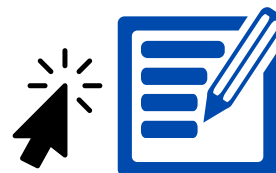
για να ολοκληρώσει την κίνηση. Άρα η ταχύτητα με την οποία θα φτάσει στο έδαφος θα έχει δύο συνιστώσες, η κάθετη που θα είναι: $u_y = g \cdot t \Rightarrow u_y = 10\text{m/s}$

και η οριζόντια που θα είναι $u_0=5\text{m/s}$, άρα η ταχύτητα θα πέσει με μέτρο:

$$u = \sqrt{u_{\text{οριζόντια}}^2 + u_{\text{κάθετη}}^2} \Rightarrow u = 5\sqrt{5}\text{m/s} \text{ και υπό γωνία: } \epsilon\phi\theta = \frac{u_{\text{οριζόντια}}}{u_{\text{κάθετη}}} \Rightarrow \epsilon\phi\theta = \frac{1}{2}.$$



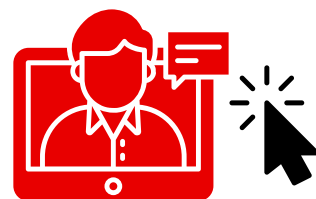
2. Ομαλή κυκλική κίνηση



ΛΥΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ
ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Τι είναι η ομαλή κυκλική κίνηση;

Ομαλή κυκλική κίνηση ενός σώματος, είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ένα σώμα κινείται σε κυκλική τροχιά και το **μέτρο** της ταχύτητάς του είναι σταθερό.



VIDEO ΜΑΘΗΜΑ

Ποια μεγέθη μας ενδιαφέρουν για να περιγράψουμε την ομαλή κυκλική κίνηση;

Τα δύο κύρια **μεγέθη** που χρειαζόμαστε για να περιγράψουμε την ομαλή κυκλική κίνηση, είναι η περίοδος και η συχνότητα.

Η **συχνότητα (f)** είναι ο λόγος των περιστροφών προς το χρονικό διάστημα στο οποίο κάνει αυτές τις περιστροφές. Μετράται σε Hz ή s^{-1} στο SI.

Η **περίοδος (T)** είναι ο χρόνος στον οποίο το σώμα θα κάνει έναν κύκλο. Επειδή είναι χρόνος, μετράται σε δευτερόλεπτα (s) στο SI.

Τα παραπάνω μεγέθη είναι απολύτως αντίστροφα και συνδέονται με τον τύπο: $f = \frac{1}{T}$.

Όταν η περίοδος είναι σταθερό μέγεθος, τότε η κίνηση λέγεται περιοδική.

Τι είναι η γραμμική ταχύτητα;

Εφόσον το μέτρο της ταχύτητας παραμένει σταθερό, παρόλο που αλλάζει συνεχώς η κατεύθυνσή της.

Οπότε θα ισχύει πως: $v = \frac{2\pi \cdot R}{T}$, όπου ο αριθμητής είναι το μήκος ενός ολόκληρου κύκλου και ο παρονομαστής είναι μια περίοδος.

Η γραμμική ταχύτητα είναι η ταχύτητα που θα είχε το σώμα αν κινούνταν σε ευθεία γραμμή.

Τι είναι η γωνιακή ταχύτητα;

Γωνιακή ταχύτητα είναι το μέγεθος που μας περιγράφει τον ρυθμό με τον οποίο διαγράφεται γωνία θ . η τιμή της είναι: $\omega = \frac{\theta}{t}$.

Η φορά της ορίζεται σύμφωνα με τον κανόνα του δεξιού χεριού. Για την ομαλή κυκλική κίνηση θα ισχύει πως: $\omega = \frac{2\pi}{T}$, όπου T η περίοδος.

Η γωνιακή ταχύτητα μετράται σε rad/s.

Η γωνιακή και η γραμμική ταχύτητα συνδέονται με τον τύπο: $v = \omega R$, όπου R είναι η ακτίνα της τροχιάς.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

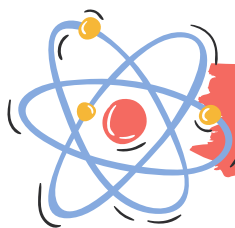
Έστω σώμα που κάνει ομαλή κυκλική κίνηση, με περίοδο 3s και έχει ακτίνα 5m. Να υπολογίσετε την γραμμική ταχύτητα, την συχνότητα και την γωνιακή ταχύτητα.

$$\text{Θα ισχύει πως } v = \frac{2\pi \cdot R}{T} \Rightarrow v = 10,4 \text{ m/s},$$

$$\text{η συχνότητα θα είναι } T = \frac{1}{f} \Rightarrow f = 0,33 \text{ Hz}$$

$$\text{και η γωνιακή ταχύτητα θα είναι } \omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \omega = 2,09 \text{ rad/s}.$$





3. Κεντρομόλος δύναμη



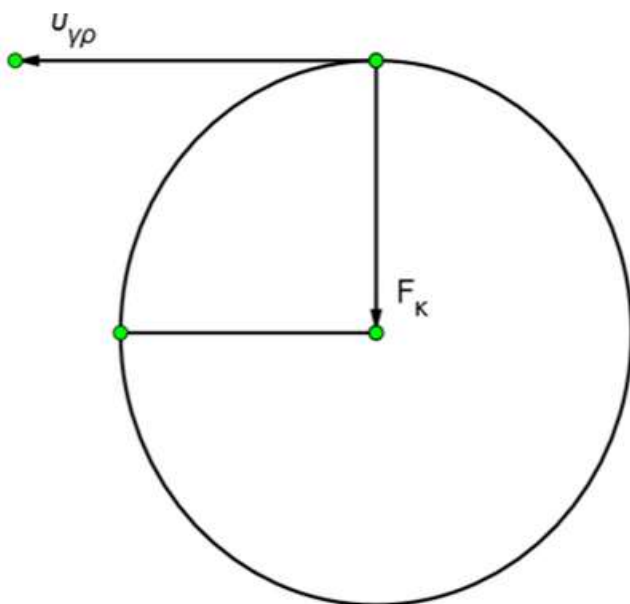
ΛΥΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ

ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Η κεντρομόλος δύναμη είναι αυτή που κρατάει το σώμα να κινείται στην κυκλική τροχιά. Όπως για όλες τις δυνάμεις έτσι και γι' αυτήν θα ισχύει ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα, που είναι η σχέση:

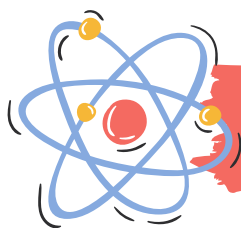
$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}.$$

Η φορά της φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

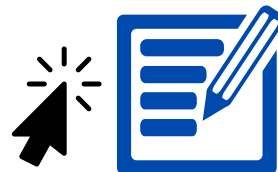


Η επιτάχυνσή του θα είναι κεντρομόλος και θα δίνεται από τον τύπο: $a_{\kappa} = \frac{v^2}{R}$
οπότε αντικαθιστώντας θα ισχύει: $F = \frac{mv^2}{R}.$





4. Μερικές περιπτώσεις κεντρομόλου δύναμης



ΛΥΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ
ΑΣΚΗΣΕΩΝ

1η περίπτωση

Δένουμε σφαίρα μικρής μάζας σε ένα νήμα και την γυρνάμε, πιάνοντας το νήμα από την άκρη του. Όσο πιο γρήγορα περιστρέφεται το σώμα, τότε σύμφωνα με τα παραπάνω η δύναμη που απαιτείται για να συγκρατηθεί το σώμα στην τροχιά. Έτσι κάποια στιγμή η δύναμη θα είναι τόσο μεγάλη που το νήμα θα σπάσει, καθώς η κεντρομόλος θα υπερβεί το όριο θραύσης του νήματος.

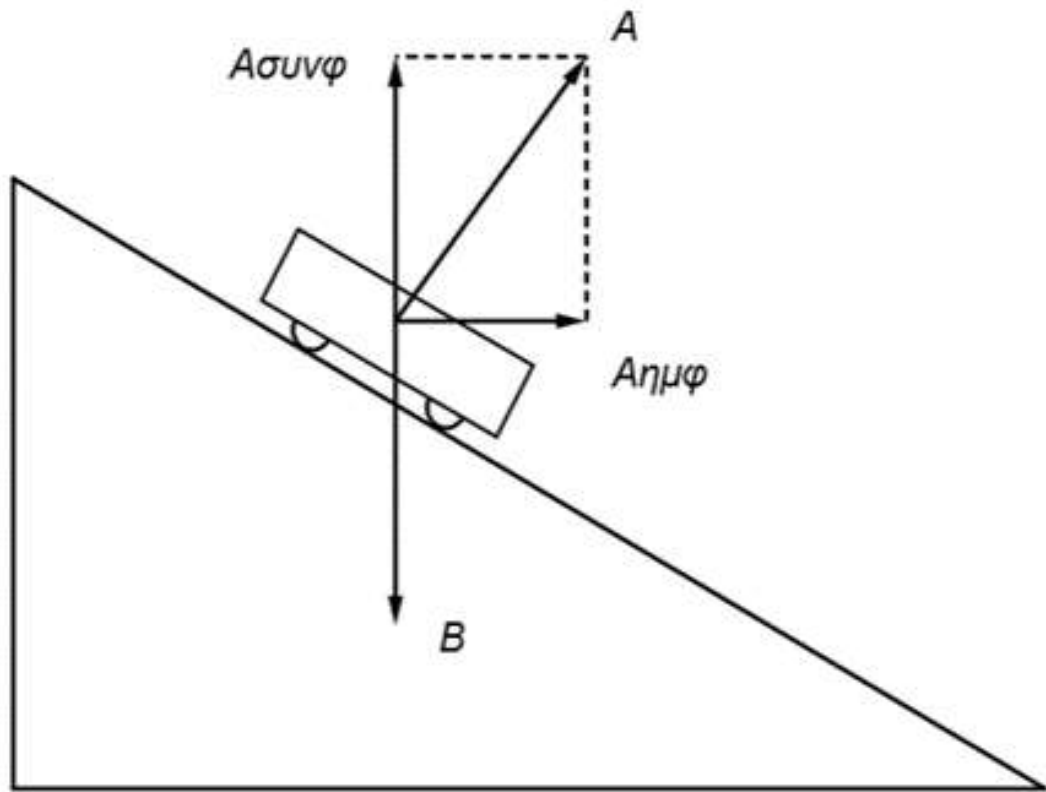
2η περίπτωση

Ένα αυτοκίνητο το οποίο βρίσκεται σε κυκλική οριζόντια τροχιά, κάνοντας ομαλή κυκλική κίνηση, οι δυνάμεις που ασκούνται πάνω στο αυτοκίνητο έχουν φορά προς το κέντρο της κυκλικής τροχιάς, αυτή η συνισταμένη δύναμη είναι η κεντρομόλος. Οι δυνάμεις που ασκούνται είναι το Βάρος, η κάθετη αντίδραση του δαπέδου και η τριβή, το βάρος και η κάθετη αντίδραση αλληλοαναιρούνται, οπότε μένει μόνο η τριβή. Έτσι η στατική τριβή που ασκείται από το έδαφος θα έχει φορά προς το κέντρο.

Όσο μεγαλώνει η ταχύτητα του αυτοκινήτου, τόσο μεγαλώνει η κεντρομόλος δύναμη που απαιτείται για να μείνει το αυτοκίνητο σε τροχιά, οπότε από μια ταχύτητα και πάνω το αυτοκίνητο ξεκινάει να ολισθαίνει.

3η περίπτωση

Ένα αυτοκίνητο το οποίο παίρνει στροφή σε κεκλιμένο δάπεδο. Όπως σε έναν δρόμο μεγάλης ταχύτητας. Πόση όμως πρέπει να είναι η κλίση του δρόμου; Θα χρειαστούμε σχήμα για τον υπολογισμό της κλίσης.



Η δύναμη $A\eta\mu\phi$, είναι ο λόγος που το όχημα κινείται κυκλικά, οπότε θα ισχύει

$$A\eta\mu\phi = \frac{mv^2}{R}.$$

Στον κάθετο άξονα θα ισχύει: $\sum F_y = 0 \Rightarrow A \cdot \sigma\upsilon\nu\phi - B = 0 \Rightarrow A \cdot \sigma\upsilon\nu\phi = B.$

Άρα η γωνία θα βρίσκεται από τον τύπο της εφαπτομένης και θα ισχύει:

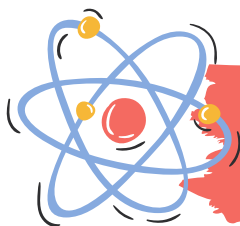
$$\epsilon\phi\phi = \frac{A\eta\mu\phi}{A\sigma\upsilon\nu\phi} = \frac{\frac{mv^2}{R}}{mg} \Rightarrow \epsilon\phi\phi = \frac{v^2}{Rg}.$$

4η περίπτωση

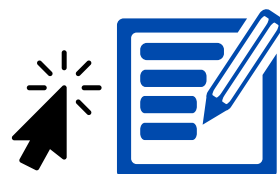
Αεροπλάνο πετάει σε οριζόντιο επίπεδο με την βοήθεια ανυψωτικής δύναμης η οποία υπερνικάει το βάρος. Για να στρίψει το αεροπλάνο στον αέρα χρειάζεται μια συνιστώσα η οποία θα παίξει τον ρόλο της κεντρομόλου για να στρίψει το αεροπλάνο.

2

Διατήρηση της ορμής



1. Η έννοια του συστήματος. Εσωτερικές και εξωτερικές δυνάμεις.



ΛΥΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ
ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Πότε δύο σώματα αλληλοεπιδρούν;

Δύο σώματα αλληλοεπιδρούν όταν το ένα ασκεί δύναμη στο άλλο. Παραδείγματος χάριν, ένας μαγνήτης που έλκει μεταλλικό σώμα δεμένο από εκκρεμές. Αν αλλάξουμε την θέση των δύο σωμάτων, δηλαδή αν δέσουμε τον μαγνήτη και τον πλησιάσουμε με την σφαίρα, θα παρατηρήσουμε πως το αποτέλεσμα είναι το ίδιο.

Τι είναι το σύστημα;

Το σύστημα είναι ένα σύνολο από δύο ή περισσότερα σώματα τα οποία αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους. Όταν η συνολική τους μάζα διατηρείται, το σύστημα είναι κλειστό.

Πόσα είδη δυνάμεων διακρίνονται σε ένα σύστημα;

Σε κάθε σύστημα διακρίνουμε δύο είδη δυνάμεων, τις **εσωτερικές** και τις **εξωτερικές**.

Ποιες δυνάμεις ονομάζονται εσωτερικές και ποιες εξωτερικές;

Οι εσωτερικές δυνάμεις είναι αυτές που προέρχονται από τα σώματα που αποτελούν το σύστημα και εξωτερικές είναι οι δυνάμεις που προέρχονται από άλλα σώματα εκτός συστήματος.

Μονωμένο είναι το σύστημα στο οποίο η συνισταμένη όλων των εξωτερικών δυνάμεων είναι μηδέν.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Έστω δύο σώματα τα οποία κινούνται χωρίς τριβές πάνω σε λείο οριζόντιο δάπεδο. Το πρώτο έχει πάνω του έναν μαγνήτη και το δεύτερο μια μεταλλική σφαίρα. Να προσδιορίσετε ποιες είναι εσωτερικές και ποιες εξωτερικές δυνάμεις.

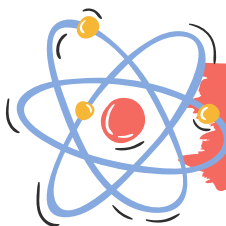


Στο αμαξάκι με τους μαγνήτες ασκούνται οι δυνάμεις: του βάρους, της κάθετης αντίδρασης του δαπέδου και της έλξης από την μεταλλική σφαίρα.

Στο αμαξάκι με την μεταλλική σφαίρα ασκούνται οι δυνάμεις: του βάρους, η κάθετη αντίδραση του δαπέδου και η έλξη από τον μαγνήτη.



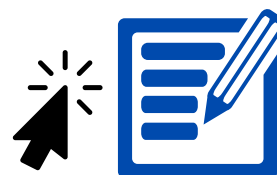
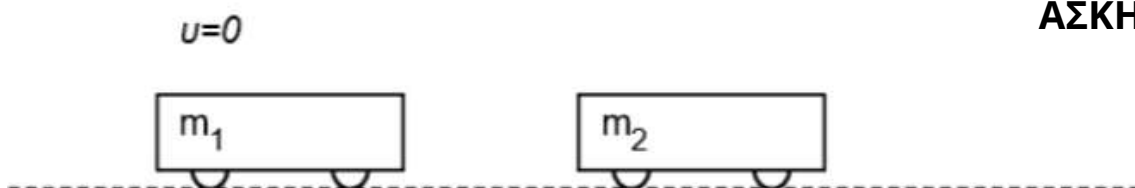
Ενότητα 2η - Φυσική Β' Λυκείου - ΘΕΩΡΙΑ



2. Το φαινόμενο της κρούσης.

Έστω δύο σώματα με μάζες m_1 και m_2 , για τις οποίες ισχύει ότι $m_1 < m_2$. Αν το σώμα 1 αποκτήσει ταχύτητα και πέσει στο σώμα 2, τότε και τα δύο σώματα θα κινηθούν σε τυχαίες κατευθύνσεις. Υπάρχουν τρία σενάρια για το πως θα εξελιχθεί μια κρούση, τα οποία αναλύονται στα παρακάτω σχήματα:

1ο σενάριο:



ΛΥΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ
ΑΣΚΗΣΕΩΝ

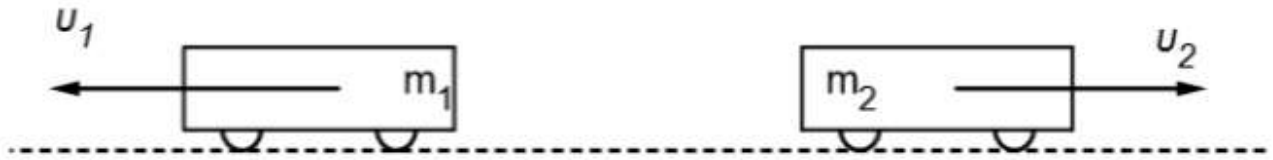
Το πρώτο σενάριο είναι να είναι και τα δύο σώματα ακίνητα οπότε δεν θα αλληλοεπιδράσουν.

2ο σενάριο:



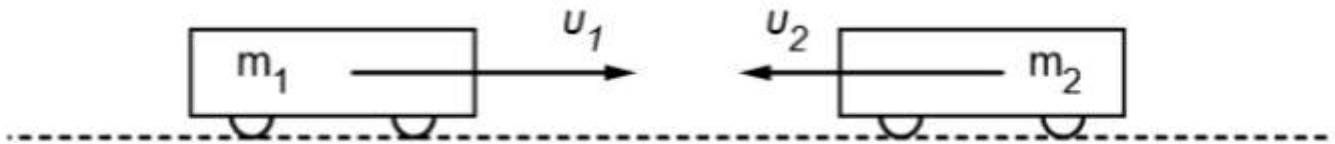
VIDEO ΜΑΘΗΜΑ

Το δεύτερο σενάριο είναι να κινηθεί το m_1 προς την μεριά του m_2 και να αλληλοεπιδράσουν καθώς το πρώτο σώμα θα πέσει πάνω στο δεύτερο.



Οι ταχύτητες μετά την κρούση.

3ο σενάριο:



Το τρίτο σενάριο είναι να έχουν αντίθετες ταχύτητες τα σώματα 1 και δύο με αποτέλεσμα το ένα να πέσει πάνω στο άλλο.

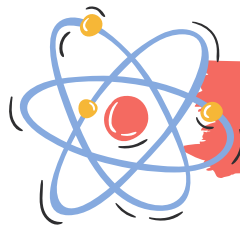


Οι ταχύτητες μετά την κρούση.

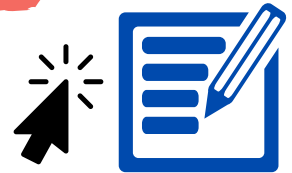
Οι αλληλεπιδράσεις που αναλύσαμε είναι φαινόμενα κρούσης. Το συγκεκριμένο κεφάλαιο λειτουργεί σαν ομπρέλα για μια πληθώρα περιπτώσεων, από το τρακάρισμα αυτοκινήτων έως τις κρούσεις πυρήνων.

Κάθε φορά που θα αναλύουμε ένα τέτοιο σύστημα σωμάτων που αλληλοεπιδρούν, το σύστημα θα θεωρείται **μονωμένο**.





3. Η έννοια της ορμής.



ΛΥΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ
ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Τι είναι η ορμή;

Ορμή είναι το διανυσματικό μέγεθος το οποίο μετράει το γινόμενο της μάζας και της ταχύτητας.

Μετράται σε **1kg • m/s** στο σύστημα SI και δίνεται από τον τύπο: $\vec{p} = m \cdot \vec{u}$.

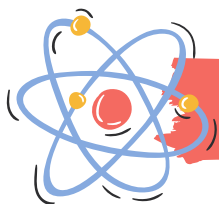


Γιατί κάνουμε χρήση της έννοιας της ορμής;

Η ορμή είναι το μέγεθος το οποίο αποτελεί μαθηματικό εργαλείο για να μετρήσουμε το αποτέλεσμα της κρούσης. Δεν είναι όμως αποκλειστική αυτή η χρήση καθώς πολλές φορές κάνουμε χρήση του μεγέθους για να μελετήσουμε κινήσεις.



Ενότητα 2η - Φυσική Β' Λυκείου - ΘΕΩΡΙΑ



4. Η δύναμη και η μεταβολή της ορμής.



ΛΥΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ

ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Η δύναμη αλλάζει την ορμή ενός σώματος, καθώς όπως έχουμε πει η δύναμη έχει την ιδιότητα να παραμορφώνει δύο σώματα ή να τους αλλάζει την κινητική τους κατάσταση, δηλαδή την ταχύτητα. Σύμφωνα με τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα θα ισχύει:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \text{ και γνωρίζουμε πως } \vec{a} = \frac{\vec{u}_{\text{τελ}} - \vec{u}_{\text{αρχ}}}{\Delta t}.$$

Βάζοντας την μια σχέση στην άλλη θα έχουμε:

$$\vec{F} = m \frac{\vec{u}_{\text{τελ}} - \vec{u}_{\text{αρχ}}}{\Delta t} \Rightarrow \vec{F} = \frac{m \cdot \vec{u}_{\text{τελ}} - m \cdot \vec{u}_{\text{αρχ}}}{\Delta t} \Rightarrow \vec{F} = \frac{\vec{p}_{\text{τελ}} - \vec{p}_{\text{αρχ}}}{\Delta t} \Rightarrow \vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}.$$

Άρα γίνεται αντιληπτό πως η δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα μεγαλώνει όσο μικρότερος είναι ο χρόνος επαφής της. Ταυτόχρονα η δύναμη αυξάνεται όσο αυξάνεται η ταχύτητα του σώματος (και μοιραία και η ορμή του).

Η παραπάνω σχέση είναι γνωστή και ως **2ος Γενικευμένος νόμος του Νεύτωνα**.



VIDEO ΜΑΘΗΜΑ

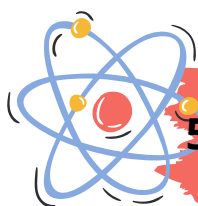
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Όταν κλωτσάμε μια μπάλα, η μπάλα αυτή θα αποκτήσει ταχύτητα περίπου ίση με 20 m/s. Αν η μάζα της μπάλας είναι 0,5kg και ο χρόνος που κρατάει η κλωτσιά είναι 0,01s. Πόση δύναμη ασκείται στην μπάλα;

$$\text{Θα ισχύει ότι: } F = \frac{m \cdot \vec{u}_{\text{τελ}} - m \cdot \vec{u}_{\text{αρχ}}}{\Delta t} \Rightarrow F = \frac{0,5 \cdot 20 - 0,5 \cdot 0}{0,01} \Rightarrow F = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m} / \text{s}.$$



Ενότητα 2η - Φυσική Β' Λυκείου - ΘΕΩΡΙΑ



5. Η αρχή διατήρησης της ορμής.



Τι μας λέει η αρχή διατήρησης της ορμής;

ΛΥΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ
ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Η αρχή διατήρησης της ορμής (Α.Δ.Ο.) μας λέει πως σε οποιαδήποτε κρούση μέσα σε ένα μονωμένο σύστημα, η ορμή παραμένει σταθερή.

Δηλαδή θα ισχύει: $\vec{P}_{\text{πριν}} = \vec{P}_{\text{μετά}}$.

Η παραπάνω αρχή είναι άμεση συνέπεια του **3ου νόμου του Νεύτωνα**.

ΑΠΟΔΕΙΞΗ



VIDEO ΜΑΘΗΜΑ

Εφόσον το σύστημα είναι μονωμένο και τα σώματα αλληλεπιδρούν με αντίθετες δυνάμεις για τις οποίες ισχύει:

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2 \Rightarrow m_1 \cdot \frac{\Delta \vec{u}_1}{\Delta t} = -m_2 \cdot \frac{\Delta \vec{u}_2}{\Delta t} \Rightarrow m_1 \Delta \vec{u}_1 = -m_2 \Delta \vec{u}_2 \Rightarrow \Delta \vec{p}_1 = -\Delta \vec{p}_2 \Rightarrow \Delta \vec{p}_1 + \Delta \vec{p}_2 = 0.$$

Άρα το άθροισμα των μεταβολών των ορμών είναι μηδέν και άρα το άθροισμα των ορμών των σωμάτων από τα οποία αποτελείται το σύστημα δεν θα μεταβάλλεται.

$$\vec{p}_{1(\text{τελ})} + \vec{p}_{2(\text{τελ})} = \vec{p}_{1(\text{αρχ})} + \vec{p}_{2(\text{αρχ})} \Rightarrow \vec{p}_{\text{ολ(τελ)}} = \vec{p}_{\text{ολ(αρχ)}}.$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Έστω δύο μπάλες του μπιλιάρδου, εκ των οποίων η πρώτη έχει ταχύτητα u_1 και η δεύτερη είναι ακίνητη, μετά την κρούση η δεύτερη μπάλα έχει ταχύτητα ενώ η πρώτη ακινητοποιείται. Τι ταχύτητα έχει η δεύτερη μπάλα;

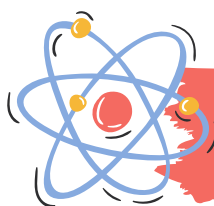
Θα ισχύει η Αρχή Διατήρησης της Ορμής, οπότε θα ισχύει:

$$\vec{P}_{\text{πριν}} = \vec{P}_{\text{μετά}} \Rightarrow \cancel{m}_1 u_1 = \cancel{m}_2 u_2 \Rightarrow u_1 = u_2.$$

Άρα η δεύτερη μπάλα θα έχει την ταχύτητα με την οποία έπεσε πάνω της η πρώτη.



Ενότητα 2η - Φυσική Β' Λυκείου - ΘΕΩΡΙΑ



6. Μεγέθη που δε διατηρούνται στην κρούση.

Κατά την διάρκεια μιας κρούσης διατηρείται η ορμή. Δεν διατηρείται όμως η κινητική ενέργεια.



ΛΥΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ
ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Να αποδείξετε γιατί δεν διατηρείται η κινητική ενέργεια.

Έστω δύο σώματα που συγκρούονται και για τα οποία ισχύει:

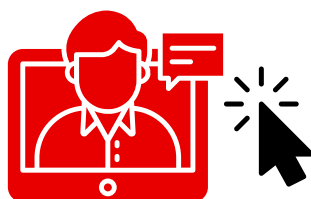
$\vec{P}_{\text{πριν}} = \vec{P}_{\text{μετά}} \Rightarrow m_1 u_1 = (m_1 + m_2) V$, εφόσον ισχύει ότι $m_1 < m_1 + m_2$, θα πρέπει να ισχύει ότι $u_1 > V$. Άρα για την κινητική ενέργεια θα ισχύει: $\frac{1}{2} m_1 u_1^2 > \frac{1}{2} (m_1 + m_2) V^2$.

Το πρώτο μέλος είναι η αρχική κινητική ενέργεια και το δεύτερο είναι η τελική. Άρα συμπεραίνουμε πως η κινητική ενέργεια μειώθηκε κατά την διάρκεια της κρούσης.

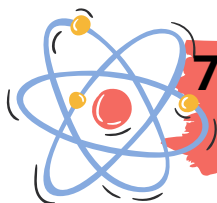
Οπότε η κινητική ενέργεια δεν διατηρείται.

Πότε μια κρούση είναι πλαστική;

Μια κρούση είναι πλαστική, όταν τα δύο σώματα μετά την κρούση γίνονται ένα. Δηλαδή υπάρχει συσσωμάτωμα.



VIDEO ΜΑΘΗΜΑ



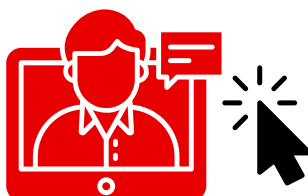
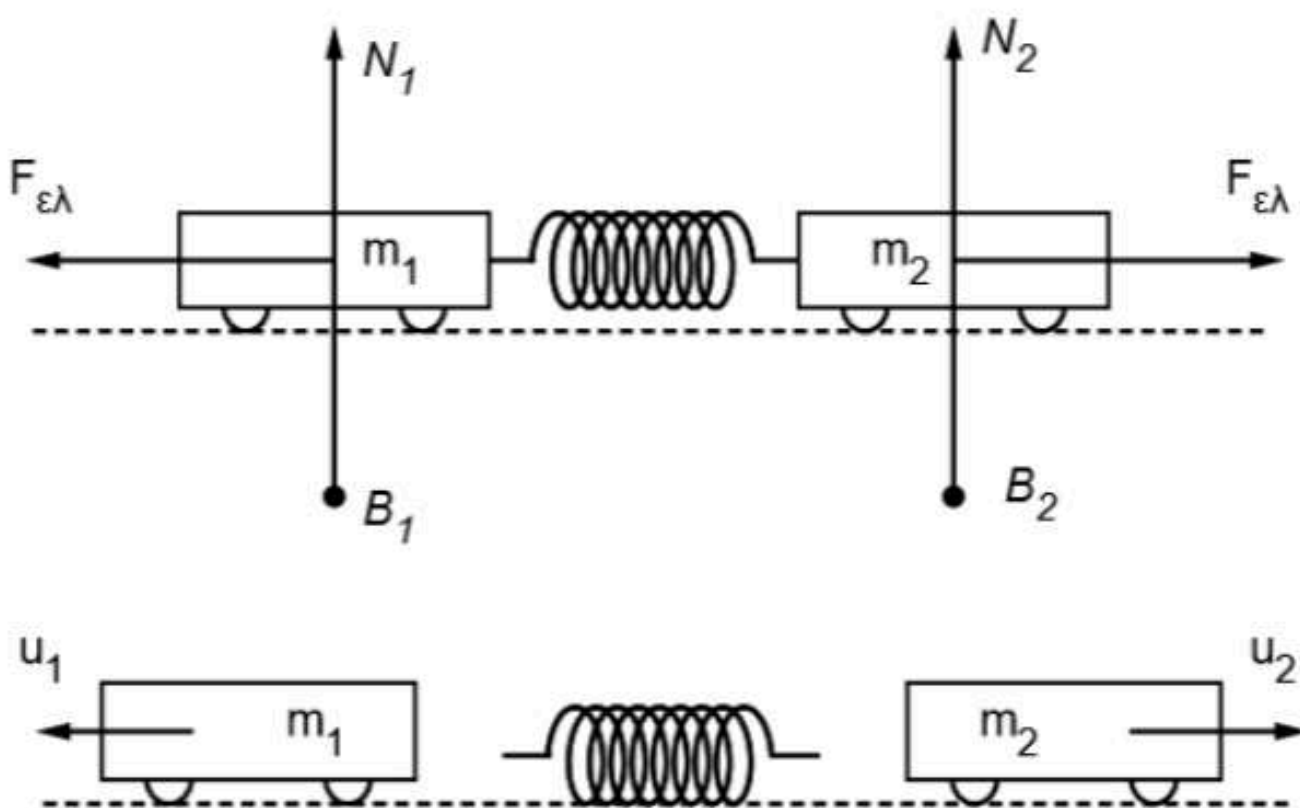
7. Εφαρμογές της διατήρησης της ορμής.



Σύστημα ελατήριο-μάζα.

ΛΥΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ
ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα έχουμε δύο ακίνητα αμαξίδια τα οποία συνδέονται με πεπιεσμένο ελατήριο το οποίο ασκεί δυνάμεις. Μόλις το ελατήριο αφεθεί ελεύθερο θα σπρώξει τα αμαξίδια όπως φαίνεται στο δεύτερο σχήμα.



Το παραπάνω σύστημα είναι μονωμένο καθώς οι εξωτερικές δυνάμεις που είναι το βάρος και κάθετη αντίδραση του δαπέδου αλληλοαναιρούνται. Άρα η ορμή θα διατηρείται και θα ισχύει:

$$\vec{P}_{\text{πριν}} = \vec{P}_{\text{μετά}} \Rightarrow \vec{p}_{1(\text{τελ})} + \vec{p}_{2(\text{τελ})} = \vec{p}_{1(\text{αρχ})} + \vec{p}_{2(\text{αρχ})}$$

και άρα θα ισχύει ότι: $0 = -m_1 \cdot u_1 + m_2 \cdot u_2 \Rightarrow m_1 \cdot u_1 = m_2 \cdot u_2$

και έτσι συμπεραίνουμε πως οι ορμές είναι αντίρροπες ώστε η συνολική ορμή να διατηρείται.

Η αρχή της κίνησης των πυραύλων.

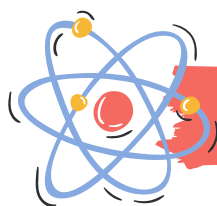
Η αρχή διατήρησης της ορμής, εφαρμόζεται και στην κίνηση των πυραύλων. Κατά την εκτόξευσή τους πετάνε πίσω τους “πολλές μικρές σφαίρες”, οι οποίες το προωθούν και η αρχικά μηδενική ορμή του συστήματος διατηρείται με τον πύραυλο να αλλάζει θέση και να απογειώνεται.

3

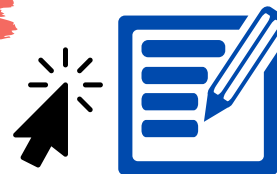
Κινητική θεωρία αερίων



Ενότητα 3η - Φυσική Β' Λυκείου - ΘΕΩΡΙΑ



1. Εισαγωγή



Γιατί μελετούμε την συμπεριφορά των αερίων;

**ΛΥΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ
ΑΣΚΗΣΕΩΝ**

Η μελέτη των αερίων βρίσκει εφαρμογή σε μια πολύ μεγάλη γκάμα της επιστήμης της φυσικής. Από τους ανεμοστρόβιλους της ΔΕΗ, ως θεωρητικά μοντέλα στην αστροφυσική.

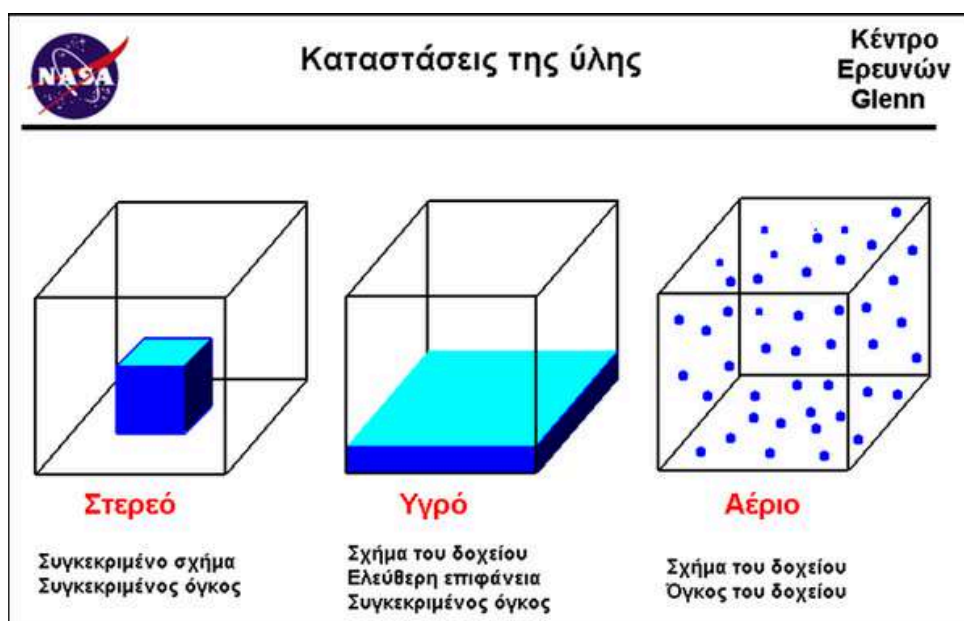
Πότε μια κατάσταση της ύλης ονομάζεται αέριο;



VIDEO ΜΑΘΗΜΑ

Η ύλη έχει 5 καταστάσεις, σε αυτό το επίπεδο γνωρίζουμε τις 3, οι οποίες είναι τα στερεά, τα υγρά και τα αέρια. Υπάρχει η συμπύκνωση Bose-Einstein και το πλάσμα αλλά είναι εκτός αυτής της συζήτησης.

Ο τρόπος με τον οποίο μπορούμε να χαρακτηρίσουμε την ύλη, έχει να κάνει με την κατανομή των μορίων.



Πηγή εικόνας NASA

Όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα τα αέρια έχουν τα μόρια τους πιο αραιά τοποθετημένα σε σχέση με τα στερεά και τα αέρια.

Τι είναι η μακροσκοπική και τι η μικροσκοπική μελέτη;

Μακροσκοπική, είναι η μελέτη ενός συνόλου πολλών αντικειμένων σε στατιστικό επίπεδο, στην συγκεκριμένη περίπτωση των μορίων. Ο λόγος που μελετούμε ένα σύστημα μακροσκοπικά είναι πως είναι πολύπλοκο να βρούμε την κίνηση ενός τόσο μεγάλου αριθμού μορίων. Γι' αυτό κάνουμε χρήση μεγεθών τα οποία ονομάζουμε μακροσκοπικά και είναι ο όγκος, η πίεση και η θερμοκρασία.

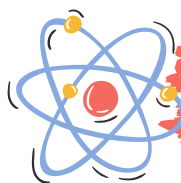
Μικροσκοπική, είναι η μελέτη που μελετάει ένα σύστημα, μελετώντας ξεχωριστά κάθε τμήμα του συστήματος.

Πως μελετούμε τα αέρια και τις ιδιότητές τους;

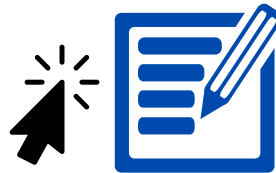
Τα αέρια μελετώνται αποκλειστικά μακροσκοπικά.



Ενότητα 3η - Φυσική Β' Λυκείου - ΘΕΩΡΙΑ



2. Οι Νόμοι των αερίων.



ΛΥΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Όπως είπαμε παραπάνω, η κατάσταση στην οποία βρίσκεται ένα αέριο περιγράφεται από τον όγκο, την πίεση και την θερμοκρασία του. Αυτά τα μεγέθη συνδέονται μεταξύ τους.

Στην περίπτωση του ιδανικού αερίου, αυτά τα μεγέθη συνδέονται με την καταστατική εξίσωση:

$$pV = nRT$$

όπου p είναι η πίεση, V είναι ο όγκος και T είναι η θερμοκρασία. Τα μεγέθη n και R θα αναλυθούν ταυτόχρονα.

Τι είναι το ιδανικό αέριο;

Το ιδανικό αέριο είναι ένα αμιγώς θεωρητικό μοντέλο, το οποίο και χρησιμοποιούμε για να μελετήσουμε κατά προσέγγιση την συμπεριφορά ενός αερίου και υπακούει στους παρακάτω νόμους.

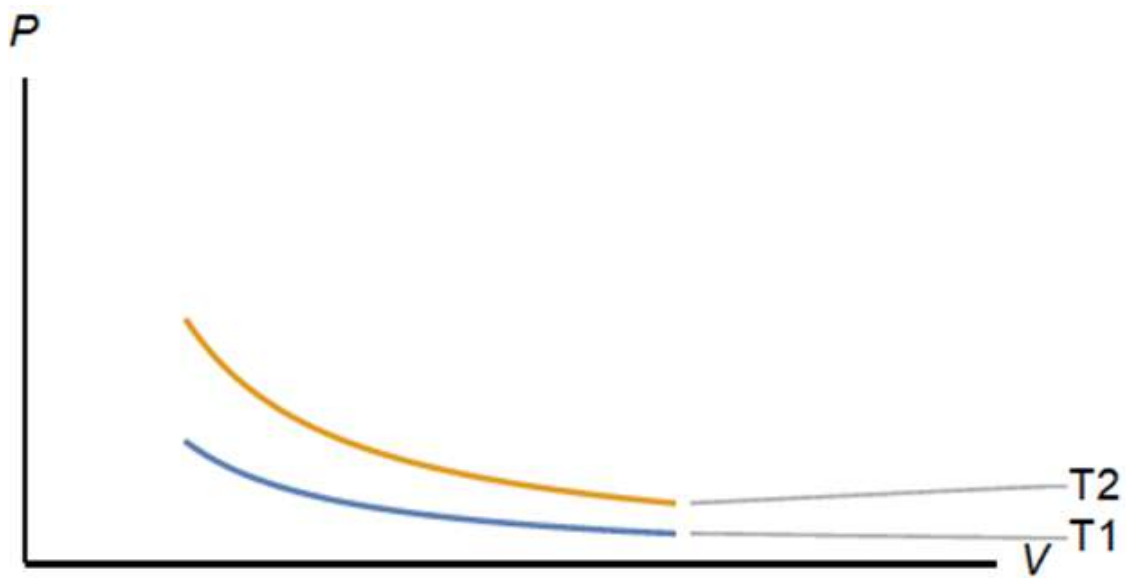
Νόμος του Boyle



VIDEO ΜΑΘΗΜΑ

Ο νόμος του Boyle μας λέει πως η πίεση μιας ποσότητας αερίου, μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με τον όγκο, αν η θερμοκρασία του παραμένει σταθερή σε αυτή την μεταβολή.

Οι εξισώσεις θα είναι **pV =σταθερό & T =σταθερό** και οι γραφικές παραστάσεις θα είναι:

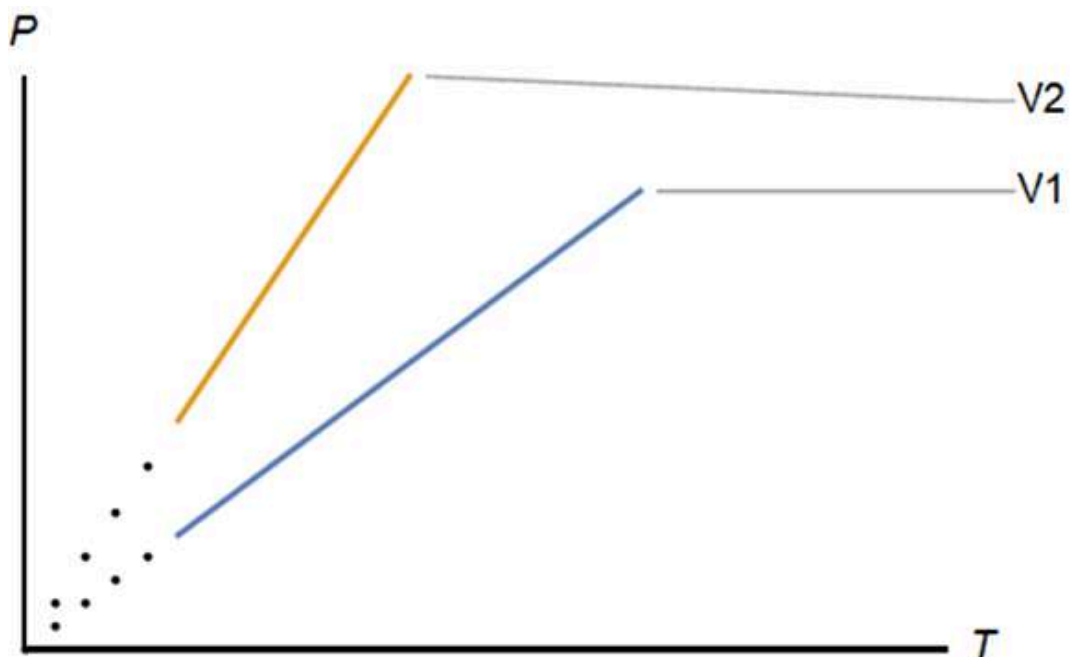


Στο παραπάνω σχήμα για τις θερμοκρασίες θα ισχύει ότι: $T_1 > T_2$. Και η παραπάνω μεταβολή ονομάζεται **ισόθερμη**.

Νόμος του Charles

Ο νόμος του Charles μας λέει πως η μεταβολή της πίεσης ορισμένης ποσότητας αερίου του οποίου ο όγκος είναι σταθερός, είναι ανάλογη με την θερμοκρασία του αερίου.

Οι εξισώσεις θα είναι $\frac{P}{T} = \text{σταθερό}$ & $V = \text{σταθερό}$ και οι γραφικές παραστάσεις είναι:



Στο παραπάνω σχήμα θα ισχύει $V_1 > V_2$. Η παραπάνω μεταβολή ονομάζεται **ισόχωρη**.

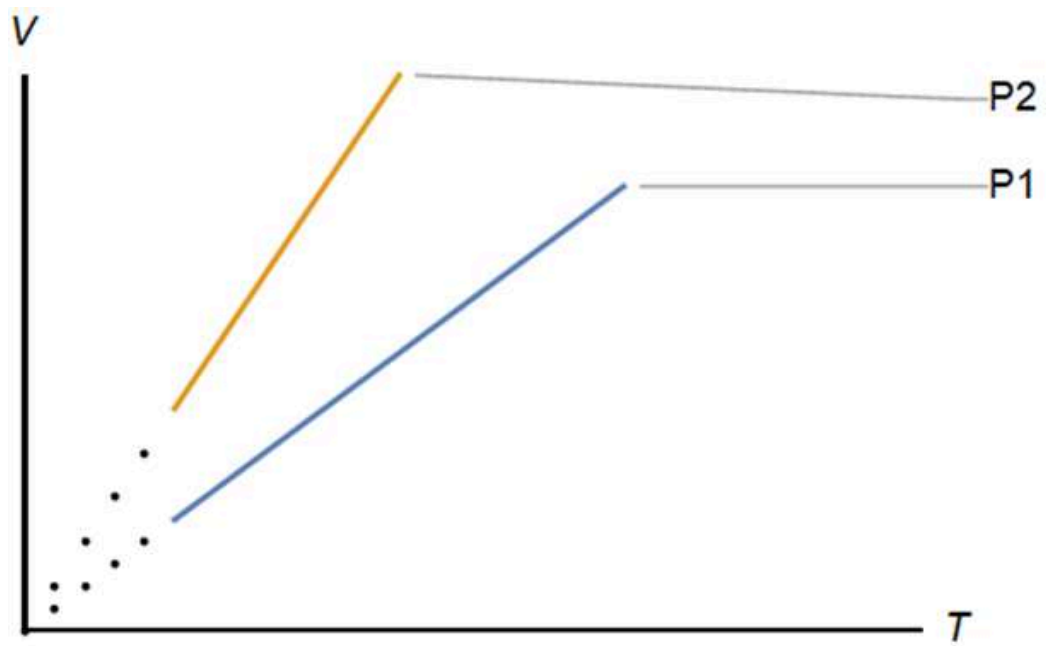
Οι διακεκομμένες γραμμές δείχνουν ότι η ευθεία της γραφικής παράστασης περνάει από την αρχή των αξόνων. Το διακεκομμένο τμήμα της ευθείας αντιστοιχεί σε θερμοκρασίες στις οποίες τα αέρια δεν υπακούν στο νόμο.

Η θερμοκρασία μετράται σε βαθμούς Κέλβιν (K) και είναι η **απόλυτη θερμοκρασία**. Και για την οποία ισχύει η σχέση: $T = 273 + \Theta$. Η θερμοκρασία των 0K ονομάζεται **απόλυτο μηδέν** και είναι η χαμηλότερη δυνατή θερμοκρασία που μπορεί να επιτευχθεί στο σύμπαν.

Νόμος του Gay-Lussac

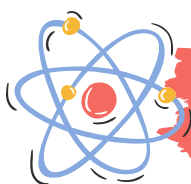
Ο νόμος του Gay-Lussac, μας λέει πως η μεταβολή του όγκου ορισμένης ποσότητας αερίου είναι ανάλογη με την απόλυτη θερμοκρασία και η πίεση διατηρείται σταθερή.

Οι εξισώσεις θα είναι $\frac{V}{T} = \text{σταθερό}$ & $P = \text{σταθερό}$ και οι γραφικές παραστάσεις θα είναι:

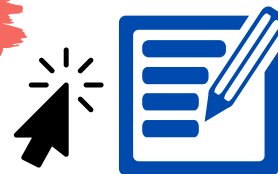


Για την παραπάνω μεταβολή θα ισχύει ότι $p_1 > p_2$ και η μεταβολή ονομάζεται ισοβαρής.





3. Καταστατική Εξίσωση των Ιδανικών Αερίων.



ΛΥΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Αν συνδυάσουμε τους παραπάνω νόμους, θα καταλήξουμε στην εξίσωση: $pV=nRT$. Η οποία ονομάζεται **καταστατική εξίσωση** του ιδανικού αερίου.

Στην παραπάνω εξίσωση γνωρίζουμε τα μεγέθη της πίεσης, του όγκου και της θερμοκρασίας. Όπως είπαμε και πριν ήρθε η ώρα να δούμε τα άλλα δύο μεγέθη.

Το μέγεθος R , ονομάζεται σταθερά ιδανικών αερίων και η τιμή της στο SI είναι $R=8.314 \text{ J/mol K}$. Αν η πίεση είναι σε ατμόσφαιρες (atm) και ο όγκος σε λίτρα (L) τότε το $R=0,082 \text{ L atm/mol K}$.

Ο αριθμός n των mol, δίνεται από τον τύπο: $n = \frac{m_{\text{ολ}}}{M}$

όπου το $m_{\text{ολ}}$ είναι η ολική μάζα του αερίου και το M είναι η γραμμομοριακή μάζα του αερίου.

Η πυκνότητα του αερίου είναι $\rho = \frac{m_{\text{ολ}}}{V}$.

Σύμφωνα με τα παραπάνω η καταστατική εξίσωση παίρνει την μορφή $p = \frac{\rho}{M} R \cdot T$.

Έτσι προκύπτει ο ορισμός που μας λέει πως το ιδανικό αέριο περιγράφεται από την καταστατική εξίσωση σε όλες τις πιέσεις και θερμοκρασίες.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Ιδανικό αέριο ποσότητας $0,5 \text{ mol}$ βρίσκεται σε δοχείο το οποίο έχει κινητό έμβολο και βρίσκεται σε θερμοκρασία $T_1=400\text{K}$ και πίεση $p_1=4\text{atm}$. Το αέριο θερμαίνεται ισοβαρώς σε θερμοκρασία $T_2=600\text{K}$. Έπειτα κρατώντας σταθερή την θερμοκρασία, εκτονώνεται σε πίεση $p_3=3,5\text{atm}$. Στη συνέχεια το αέριο πραγματοποιεί ισόχωρη ψύξη και φτάνει σε θερμοκρασία T_1 . Τέλος το αέριο θα συμπιεστεί με σταθερή θερμοκρασία, φτάνοντας στην αρχική του κατάσταση. Να βρεθούν οι τιμές του όγκου, της πίεσης και της θερμοκρασίας για όλες τις καταστάσεις και να σχεδιαστεί η παραπάνω διαδικασία σε άξονες P - V , P - T και V - T . Δίνεται η ότι $R=0,082 \text{ L atm/mol K}$.

Για να λύσουμε προβλήματα της παραπάνω μορφής θα πρέπει σε πρώτη φάση να φτιάχνουμε έναν πίνακα τιμών με τις τιμές που είναι γνωστές. Ο πίνακας είναι ο εξής:

	P(atm)	V(L)	T(K)
1	4		400
2	4		600
3	3,5		
4			400

Άρα σύμφωνα με τα παραπάνω θα πρέπει να συμπληρώσουμε τα κενά ξεκινώντας από την 1 κατάσταση του αερίου και προχωρώντας θα υπολογίζουμε τις επόμενες.

Κατάσταση 1:

Επειδή το αέριό μας είναι ιδανικό, θα ισχύει η καταστατική εξίσωση και άρα ο όγκος θα είναι:

$$pV = nRT \Rightarrow V = \frac{nRT}{p} \Rightarrow V = \frac{0,5 \cdot 0,082 \cdot 400}{4} \Rightarrow V = 4,1 \text{ L}.$$

Κατάσταση 2:

Εφόσον η μεταβολή είναι ισοβαρής θα ισχύει ο νόμος του Gay-Lussac:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{T_2}{T_1} V_1 \Rightarrow V_2 = \frac{600}{400} \cdot 4,1 \Rightarrow V_2 = 6,15 \text{ L}.$$

Κατάσταση 3:

Εφόσον η μεταβολή είναι ισόθερμη θα ισχύει ο νόμος του Boyle:

$$p_2 V_2 = p_3 V_3 \Rightarrow V_3 = \frac{p_2}{p_3} V_2 \Rightarrow V_3 = \frac{4}{3,5} \cdot 6,15 \Rightarrow V_3 = 7,02 \text{ L}.$$

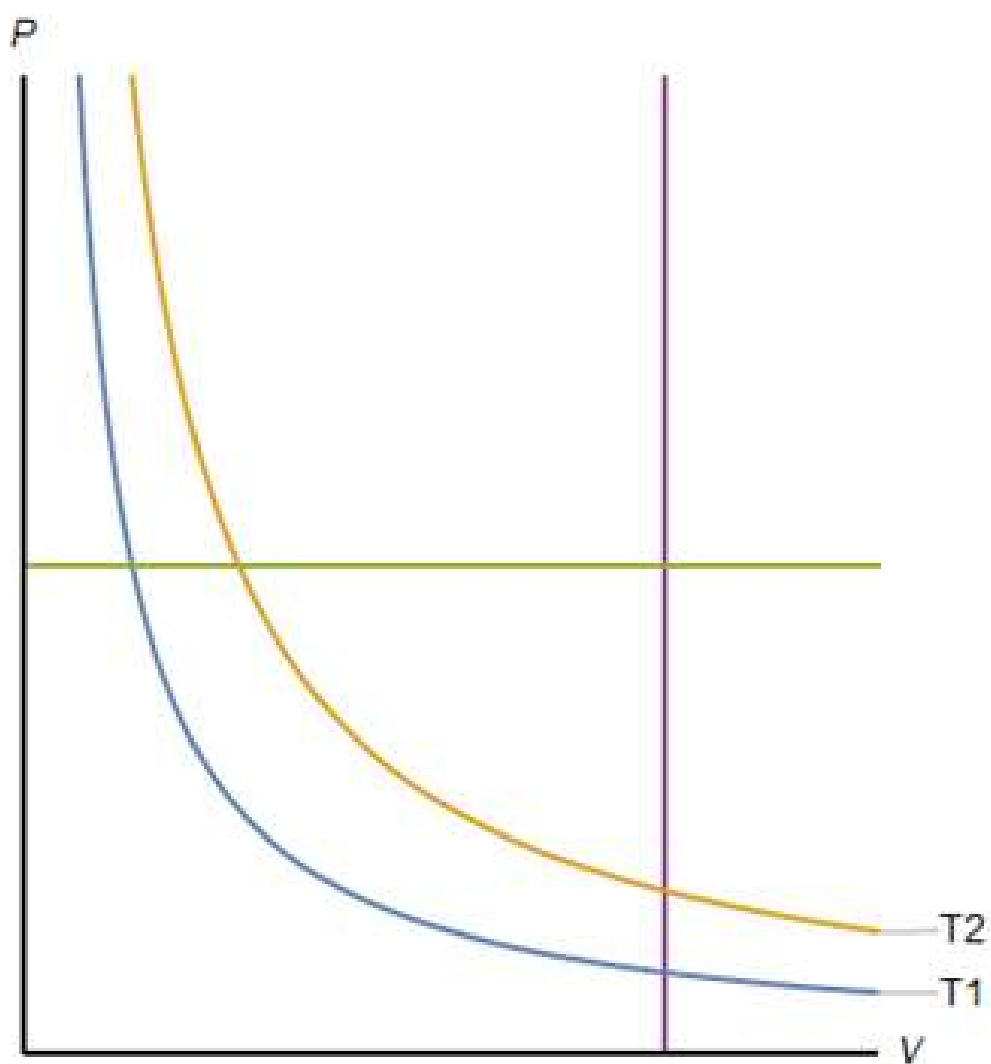
Κατάσταση 4:

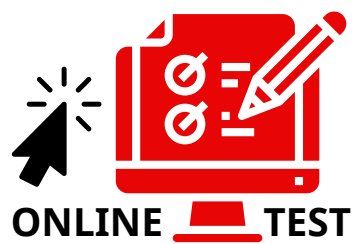
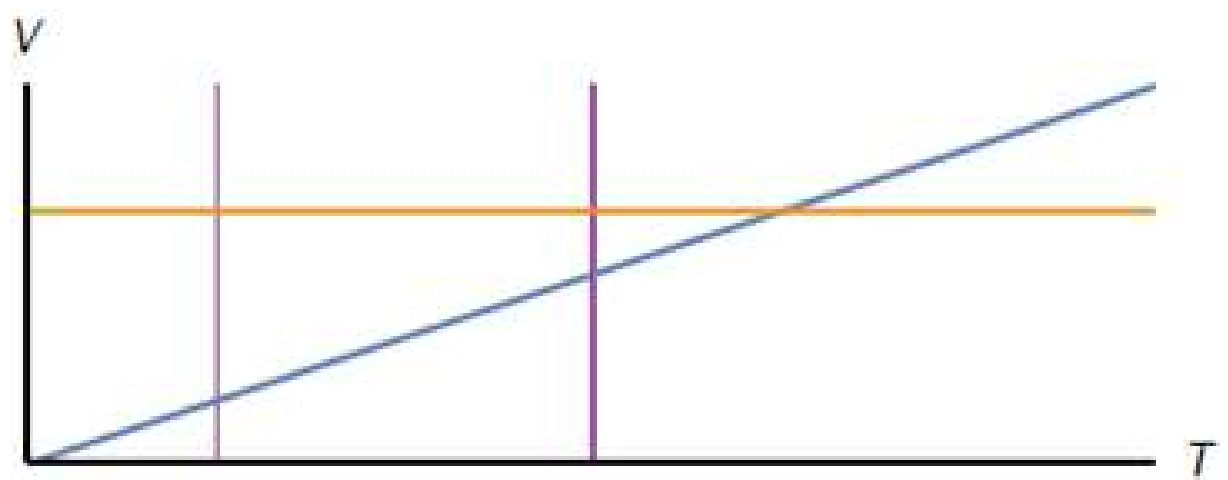
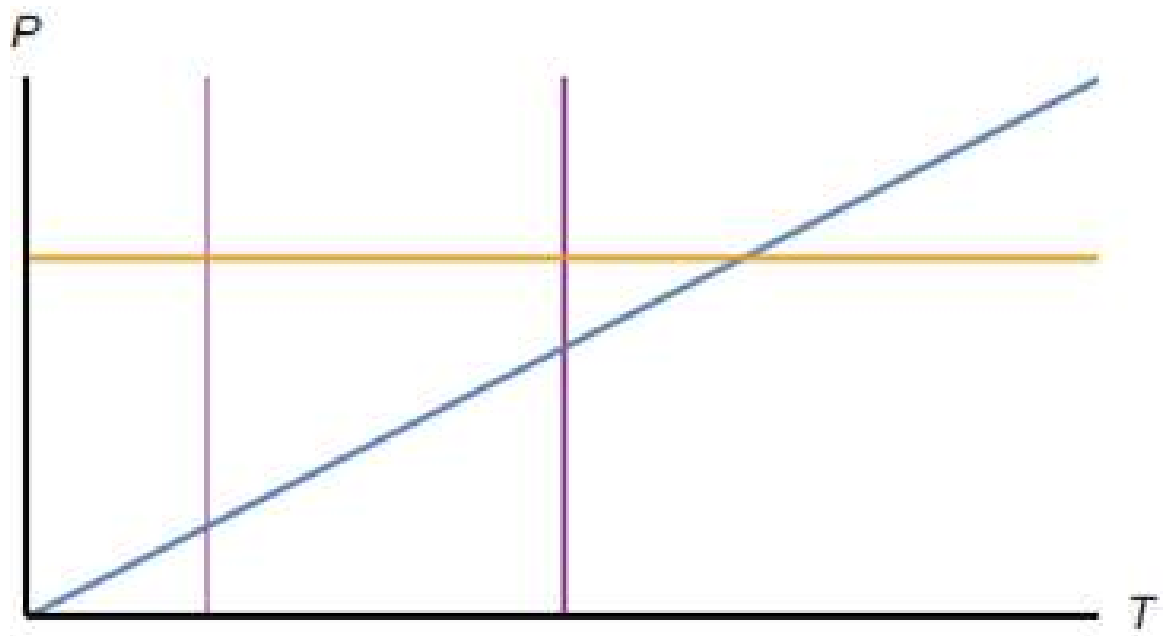
Εφόσον η μεταβολή είναι ισόχωρη θα ισχύει ο νόμος του Charles:

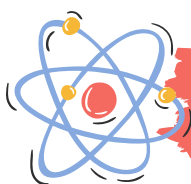
$$\frac{p_3}{T_3} = \frac{p_4}{T_4} \Rightarrow p_4 = \frac{T_4}{T_3} p_3 \Rightarrow p_4 = \frac{300}{400} \cdot 1,5 \Rightarrow p_4 = 1,125 \text{ atm}.$$

Οπότε με τις παραπάνω τιμές θα συμπληρώσουμε τον πίνακα:

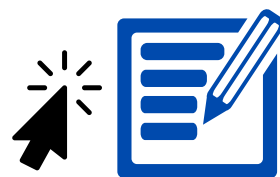
	P(atm)	V(L)	T(K)
1	4	4,1	400
2	4	6,15	600
3	3,5	7,02	600
4	4,1	7,02	400







4. Κινητική θεωρία

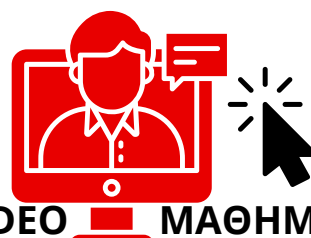


ΛΥΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ
ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Στα προηγούμενα κεφάλαια μιλήσαμε για τις ποσότητες όγκου, πίεσης και θερμοκρασίας και πως αυτά περιγράφουν το αέριο, όμως αυτές οι τιμές δεν αρκούν για να ερμηνευτεί η συμπεριφορά των αερίων.

Ο τρόπος για να ερμηνευτεί μακροσκοπικά η συμπεριφορά των αερίων ήταν η κινητική θεωρία των αερίων.

Τι λέει η κινητική θεωρία των αερίων;



VIDEO ΜΑΘΗΜΑ

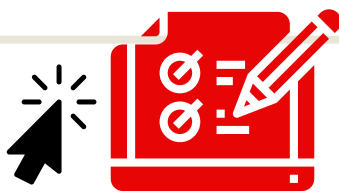
Στην κινητική θεωρία των αερίων, υποθέτουμε πως θα μόρια που αποτελούν το αέριο, είναι απειροελάχιστα μικρά σφαιρίδια τα οποία κάνουν τυχαίες κινήσεις στο χώρο.

Για το ιδανικό αέριο θα πρέπει να γίνουν οι παρακάτω παραδοχές:

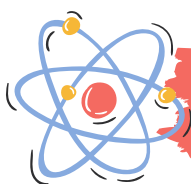
1. Τα μόρια του αερίου είναι μικρές εντελώς ελαστικές σφαίρες. Ο όγκος των μορίων είναι πολύ μικρός, σχεδόν αμελητέος σε σχέση με τον όγκο του δοχείου.

2. Στα μόρια δεν ασκούνται δυνάμεις, παρά μόνο της στιγμής της κρούσης με άλλα μόρια και με τα τοιχώματα του δοχείου.

3. Όλες οι κρούσεις είναι ελαστικές.



ONLINE TEST



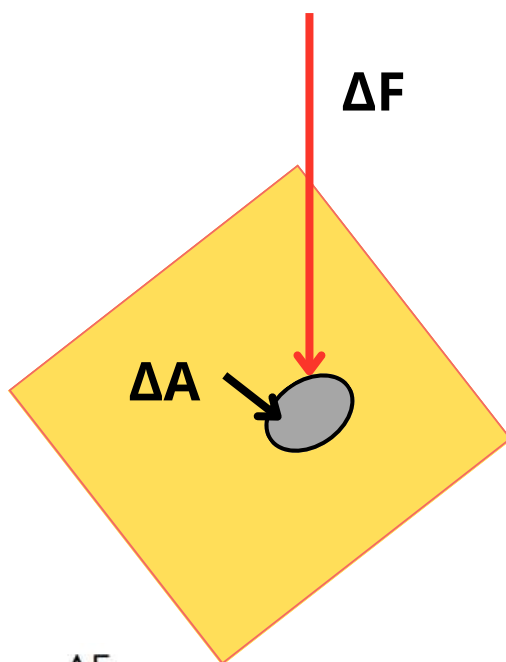
5. Τα πρώτα σημαντικά αποτελέσματα



ΛΥΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ
ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Σχέση πίεσης και θερμοκρασίας

Γνωρίζουμε από προηγούμενη τάξη πως η πίεση είναι η δύναμη προς την επιφάνεια. Στην περίπτωση της κινητικής θεωρίας η δύναμη που ασκεί ένα μόριο στο τοίχωμα του δοχείου θα είναι ΔF και όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα πέφτει σε εμβαδόν ΔA .



VIDEO ΜΑΘΗΜΑ

Ο τύπος για την πίεση είναι $p = \frac{\Delta F}{\Delta A}$.

Όταν έχουμε αέριο μέσα σε δοχείο, η δύναμη που θα ασκηθεί στα τοιχώματα είναι ανάλογη με την ταχύτητα με την οποία θα πέσει το μόριο στο τοίχωμα. Αν εφαρμόσουμε τους τύπους της μηχανικής η πίεση θα δίνεται από τον τύπο:

$p = \frac{1}{3} \frac{N \cdot m \cdot \overline{u^2}}{V}$, όπου N είναι ο αριθμός μορίων του αερίου, m η μάζα κάθε μορίου, V ο

όγκος του δοχείου και $\overline{U^2}$ η μέση τιμή των τετραγώνων των ταχυτήτων των μορίων του αερίου.

Αν λάβουμε υπόψη μας πως $m_{ολ} = Nm$, τότε παρατηρούμε πως $\rho = \frac{m_{ολ}}{V}$ και έτσι η σχέση γράφεται $p = \frac{1}{3} \rho \cdot \overline{U^2}$.

Ξεκινώντας από την εξίσωση $p = \frac{1}{3} \frac{N \cdot m \cdot \overline{U^2}}{V}$, θα ισχύει:

$$p = \frac{1}{3} \frac{N \cdot m \cdot \overline{U^2}}{V} \xrightarrow{\times 2} 2 \cdot p = \frac{2}{3} \frac{N}{V} m \cdot \overline{U^2} \Rightarrow p = \frac{2}{3} \frac{N}{V} \frac{1}{2} m \cdot \overline{U^2} \Rightarrow pV = \frac{2}{3} N \frac{1}{2} m \cdot \overline{U^2} \xrightarrow[nRT = \frac{N}{N_A} RT]{pV = nRT} \frac{1}{2} m \cdot \overline{U^2} = \frac{3}{2} kT \Rightarrow u_{EV} = \sqrt{\overline{U^2}} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$$

Το οποίο είναι το μέγεθος της ενεργού ταχύτητας.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

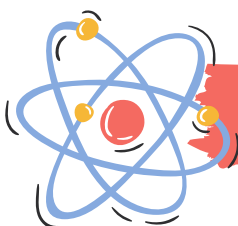
Ποια είναι η ενεργός ταχύτητα των μορίων ενός αερίου σε θερμοκρασία δωματίου, αν η γραμμομοριακή μάζα είναι $1 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$.

$$u_{EV} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} \Rightarrow u_{EV} = \sqrt{\frac{3k \cdot T \cdot N_A}{N_A \cdot m}} \xrightarrow{k = \frac{R}{N_A} \Rightarrow kN_A = R \text{ \& } N_A \cdot m = M} u_{EV} = \sqrt{\frac{3 \cdot R \cdot T}{M}} \Rightarrow$$

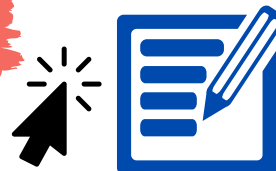
$$u_{EV} = \sqrt{\frac{3 \cdot 8,314 \cdot 300}{1 \cdot 10^{-3}}} = 4,32 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

4

Θερμοδυναμική

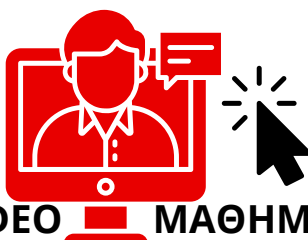


1. Εισαγωγή

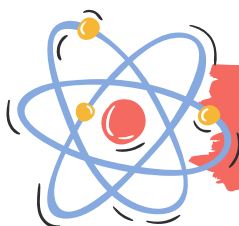


ΛΥΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ
ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Η θερμοδυναμική είναι το παρακλάδι της φυσικής που αναπτύχθηκε για την μελέτη θερμικών μηχανών και είναι υπεύθυνη για την τεχνολογική άνθηση που βιώνει η ανθρωπότητα σήμερα.



VIDEO ΜΑΘΗΜΑ



2. Θερμοδυναμικό Σύστημα

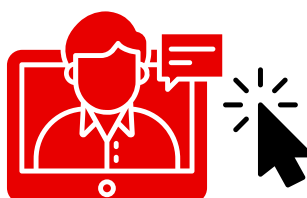
Έχουμε ορίσει και προηγούμενος τι είναι σύστημα, θα επιχειρήσουμε να το ξανακάνουμε, ώστε να το κατανοήσουμε σε μεγαλύτερο βάθος. **Σύστημα** θεωρούμε ένα μέρος του σύμπαντος το οποίο διακρίνεται από τον φυσικό κόσμο με σύνορα τα οποία είναι πραγματικά ή νοητά. Το μέρος που περιβάλλει το σύστημα ονομάζεται **περιβάλλον**.

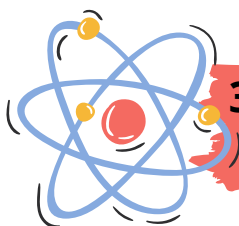


ΛΥΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ
ΑΣΚΗΣΕΩΝ

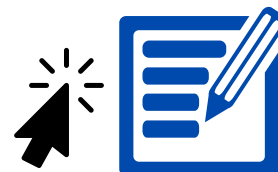
Όταν μελετάμε ένα σύστημα με μεγέθη **μηχανικής**, τότε το σύστημα θα είναι μηχανικό, αν το κάνουμε με **θερμοδυναμικά** μεγέθη τότε το σύστημα θα χαρακτηρίζεται **θερμοδυναμικό**.

Τα συστήματα με τα οποία θα ασχοληθούμε θα είναι **μονωμένα**, μόνο αν τα τοιχώματα-σύνορα του δοχείου απαγορεύουν την μεταφορά θερμότητας.





3. Ισορροπία θερμοδυναμικού συστήματος



ΛΥΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ
ΑΣΚΗΣΕΩΝ

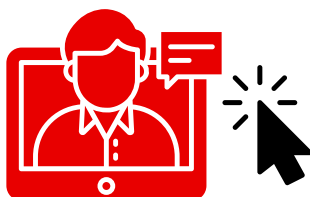
Τι είναι οι θερμοδυναμικές μεταβλητές;

Θερμοδυναμικές μεταβλητές είναι τα μεγέθη που περιγράφουν ένα θερμοδυναμικό σύστημα. Δηλαδή ο **όγκος**, η **πίεση** και η **θερμοκρασία**.

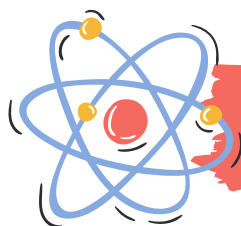
Γνωρίζουμε πως για την περιγραφή μιας ποσότητας αερίου αρκεί να έχουμε τις δύο από τις τρεις μεταβλητές, καθώς η τρίτη θα βρεθεί από την καταστατική εξίσωση. Οπότε οι δύο μεταβλητές που είναι ήδη γνωστές, θα ονομάζονται **ανεξάρτητες** μεταβλητές του συστήματος.

Αν οι ανεξάρτητες μεταβλητές παραμένουν σταθερές με την πάροδο του χρόνου, τότε το σύστημά μας βρίσκεται σε θερμοδυναμική ισορροπία. Σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση το σύστημα μεταβάλλεται.

Άρα όταν το σύστημα βρίσκεται σε κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας, η πίεση, η πυκνότητα και η θερμοκρασία θα έχουν ίδια τιμή σε όλη την έκταση του αερίου.

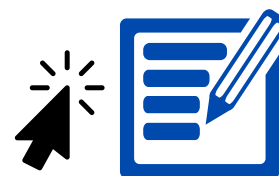


VIDEO ΜΑΘΗΜΑ



4. Αντιστρεπτές μεταβολές.

Οποιαδήποτε θερμοδυναμική μεταβολή προκαλεί αλλαγές στο ίδιο το σύστημα, καθώς και στο περιβάλλον του. Κάποιες από αυτές είναι αντιστρεπτές και κάποιες είναι μη αντιστρεπτές.



**ΛΥΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ
ΑΣΚΗΣΕΩΝ**

Τι είναι οι αντιστρεπτές μεταβολές;

Αντιστρεπτές είναι οι μεταβολές οι οποίες επιτρέπουν στο σύστημα να επιστρέψει στην αρχική του κατάσταση.

Ποιες μεταβολές είναι αντιστρεπτές στη φύση;

Δεν έχει βρεθεί μέχρι σήμερα απολύτως καμία αντιστρεπτή μεταβολή στην φύση. Η αντιστρεπτή μεταβολή θα γκρέμιζε οποιαδήποτε λογική συνοχή στη φύση, όπως ένα σπασμένο ποτήρι που ξανακολλάει και ένα φυτό που ξαναγίνεται σπόρος.

Παρ' όλ' αυτά χρειαζόμαστε σε θεωρητικό και μαθηματικό επίπεδο την έννοια της αντιστρεπτής μεταβολής στην θερμοδυναμική, καθώς τα μαθηματικά μοντέλα που έχουμε λειτουργούν αποκλειστικά και μόνο σε αντιστρεπτές μεταβολές.

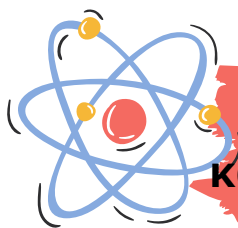
Έτσι, λοιπόν, στη θερμοδυναμική συνήθως μελετούμε αέρια κλεισμένα μέσα σε δοχεία, τα οποία κλείνουν με έμβολο που έχει την δυνατότητα να κινείται μέσα στο δοχείο χωρίς τριβές. Αν το αέριο βρίσκεται σε θερμοδυναμική ισορροπία, τότε οι θερμοδυναμικές μεταβλητές έχουν ορισμένες τιμές (T_1 , p_1 , V_1). Αν η κίνηση του εμβόλου προκαλέσει μεταβολή στην τιμή κάποιας από αυτές τις μεταβλητές, τότε μοιραία θα αλλάξουν και οι υπόλοιπες. Επιστημονικά, μπορούμε να μελετήσουμε την μεταβολή των υπολοίπων μεταβλητών με τα εργαλεία που έχουμε, μόνο στην περίπτωση που η μεταβολή αυτή (η τιμή της οποίας έχει μεταβληθεί) είναι αντιστρεπτή.

Παρ' όλ' αυτά, αν θέλαμε να προσεγγίσουμε το φαινόμενο μιας αντιστρεπτής μεταβολής, θα μπορούσαμε να το επιτύχουμε μόνο με τον εξής τρόπο:

Υποθέτουμε ότι το δοχείο έχει μέσα αέριο και πως το έμβολο ισορροπεί από επάνω, αν εμείς αρχίσουμε να του προσθέτουμε κόκκους άμμου, τότε αυτό θα βυθίζεται με πολύ αργό ρυθμό και θα φτάσει έτσι στην τελική του κατάσταση. Αν αρχίσουμε να αφαιρούμε κόκκους άμμου τότε το σύστημα θα φτάσει πολύ κοντά στην αρχική του κατάσταση.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε πως μια **εξιδανικευμένη** μεταβολή από μια αρχική κατάσταση σε μία άλλη μέσω διαδοχικών καταστάσεων ισορροπίας θα ονομάζεται **αντιστρεπτή**. Μια αντιστρεπτή μεταβολή παριστάνεται γραφικά με μία συνεχή γραμμή, ενώ οι μη αντιστρεπτές δεν μπορούν να παρασταθούν γραφικά.





5. Έργο παραγόμενο από αέριο κατά τη διάρκεια μεταβολών του όγκου.



ΛΥΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Όπως έγινε αντιληπτό το αέριο ασκεί πίεση στα τοιχώματα η οποία μοιραία ασκεί και μια δύναμη F . Η ίδια δύναμη ασκείται και στο έμβολο το οποίο μπορεί να μετακινείται μέσα στο δοχείο. Αν αυτή η δύναμη μετακινήσει το έμβολο κατά μια μικρή απόσταση Δx , το έργο που θα 'παραχθεί' θα είναι: $\Delta W = F \cdot \Delta x$.

Θεωρώντας πως το εμβαδόν του εμβόλου είναι A , θα ισχύει: $F = p \cdot A$

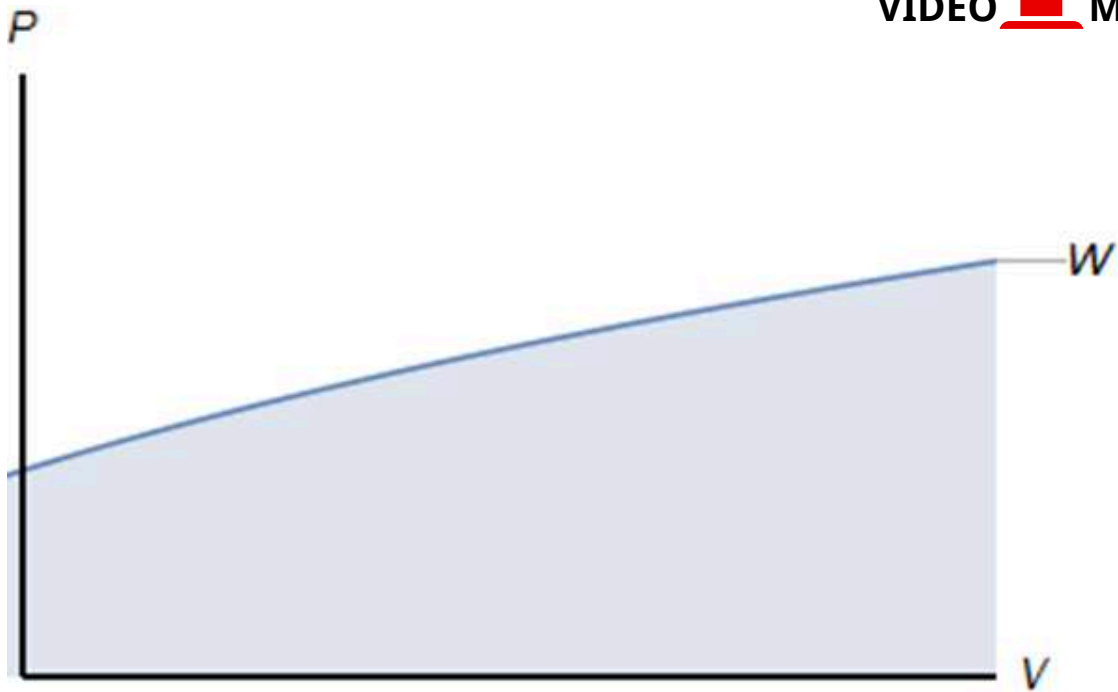
Αν αυτό το βάλουμε στην εξίσωση του έργου θα ισχύει:

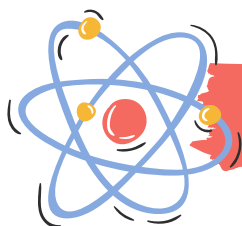
$$\Delta W = p \cdot A \cdot \Delta x \xrightarrow{A \cdot \Delta x = \Delta V} \Delta W = p \cdot \Delta V$$

Οπότε όταν το έργο είναι θετικό, το αέριο θα εκτονώνεται και αν είναι αρνητικό, το αέριο συμπιέζεται.

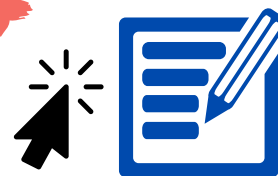
Το έργο αυτό είναι αποκλειστικά το έργο που ασκεί το αέριο.

Το έργο ενός αερίου σε μια αντιστρεπτή μεταβολή είναι το εμβαδόν της επιφάνειας από την γραμμή του διαγράμματος μέχρι τον άξονα V , στο διάγραμμα p - V .





6. Θερμότητα



ΛΥΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ
ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Αν φέρουμε σε επαφή δύο σώματα με διαφορετική θερμοκρασία, θα υπάρξει μεταφορά ενέργειας από το θερμότερο στο ψυχρότερο. Αυτή η διαδικασία θα συνεχιστεί μέχρι τα δύο σώματα να φτάσουν σε θερμοδυναμική ισορροπία, δηλαδή η θερμοκρασία τους θα είναι ίδια.

Η ενέργεια που μεταφέρει το θερμό σώμα στο ψυχρό ονομάζεται **θερμότητα** και συμβολίζεται με το γράμμα Q . Την μετράμε όπως κάθε μορφή ενέργειας σε Joule (J) στο σύστημα SI.

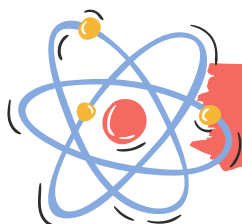
Σε καμία περίπτωση η θερμότητα δεν πρέπει να συγχέεται με την θερμοκρασία, καθώς το ένα είναι ενέργεια ενώ το άλλο ένας δείκτης που μας λέει αν κάτι είναι σχετικά ζεστό ή σχετικά κρύο.



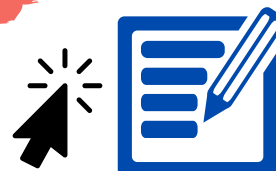
ONLINE TEST



VIDEO ΜΑΘΗΜΑ



7. Εσωτερική ενέργεια.

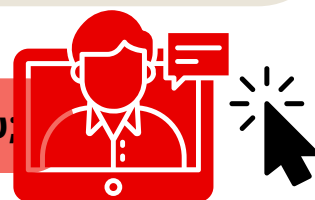


**ΛΥΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ
ΑΣΚΗΣΕΩΝ**

Όπως είπαμε στην ενότητα 4.5, μια ποσότητα αερίου μέσα σε ένα δοχείο 'παράγει' έργο, το οποίο σημαίνει πως έχει μέσα του μια αποθηκευμένη εσωτερική ενέργεια, μιας και η ενέργεια δεν δημιουργείται ούτε καταστρέφεται. Αυτή την εσωτερική ενέργεια θα την συμβολίσουμε με το γράμμα U .

Η εσωτερική ενέργεια οφείλεται στην κινητική ενέργεια που έχουν τα μόρια μέσα στο αέριο, τα οποία βρίσκονται μόνιμα σε κίνηση. Και αυτό γιατί η συνολική ενέργεια ενός συστήματος είναι το άθροισμα όλων των επιμέρους ενεργειών που έχουν τα σωματίδια που το απαρτίζουν.

Τι ισχύει για την εσωτερική ενέργεια του ιδανικού αερίου;



VIDEO ΜΑΘΗΜΑ

Στο ιδανικό αέριο, τα μόρια που το απαρτίζουν δεν έχουν την δυνατότητα αλληλεπίδρασης μεταξύ τους, με αποτέλεσμα να μην έχουν δυναμική ενέργεια. Άρα η μόνη ενέργεια που έχουν είναι αυτή της κίνησής τους, δηλαδή οι κινητικές ενέργειες των οποίων το άθροισμα είναι η εσωτερική ενέργεια.

Πως υπολογίζεται η εσωτερική ενέργεια ενός συστήματος;

Σε πρώτη φάση υπολογίζουμε την μέση κινητική ενέργεια που έχει το μέσο μόριο του συστήματος.

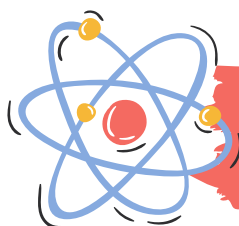
Η οποία στην παράγραφο 3.5 ως $\frac{1}{2}m \cdot \overline{u^2} = \frac{3}{2}kT$.

Το σύστημα περιέχει N μόρια και άρα η εσωτερική ενέργεια θα είναι:

$$U = N \frac{1}{2} m \cdot \overline{u^2} = N \frac{3}{2} kT \xrightarrow{N=nN_A} U = n \cdot N_A \frac{3}{2} k \cdot T \xrightarrow{N_A k=R} U = \frac{3}{2} nRT.$$

Άρα φτάνουμε στο συμπέρασμα πως η εσωτερική ενέργεια εξαρτάται από τη θερμοκρασία του.

Η μεταβολή στην εσωτερική ενέργεια **εξαρτάται** αποκλειστικά μόνο από την αρχική και την τελική κατάσταση του συστήματος.



8. Πρώτος θερμοδυναμικός νόμος.



ΛΥΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Κατά την μεταφορά ενός αερίου από μία αρχική κατάσταση σε μία άλλη, το αέριο θα απορροφήσει θερμότητα Q και θα 'παράξει' έργο W . Η ενέργεια που μετασχηματίστηκε όμως πρέπει να γίνει κάτι, καθώς η ενέργεια δεν παράγεται ούτε καταστρέφεται. Η ενέργεια αυτή θα γίνει έργο και εσωτερική ενέργεια του αερίου και άρα θα ισχύει η σχέση: $Q = \Delta U + W$.

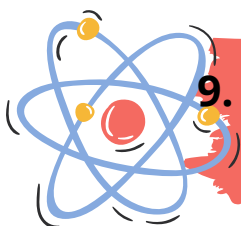
Η παραπάνω σχέση αποτελεί τον πρώτο θερμοδυναμικό νόμο. Και ο ορισμός του μας λέει πως, η θερμότητα που απορροφά ή αποβάλλει ένα οποιοδήποτε θερμοδυναμικό σύστημα είναι ίσο με το άθροισμα της μεταβολή της εσωτερικής του ενέργειας και του έργου που παράγει ή δαπανά το σύστημα.



VIDEO  ΜΑΘΗΜΑ



ONLINE  TEST



9. Εφαρμογή του πρώτου θερμοδυναμικού νόμου σε ειδικές περιπτώσεις.

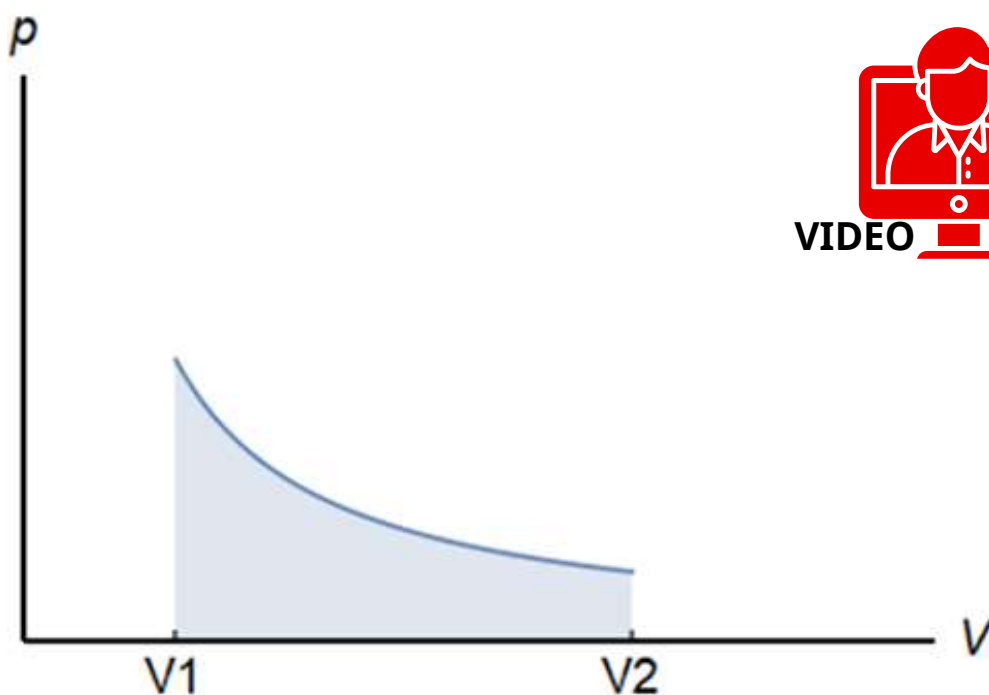


ΛΥΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ
ΑΣΚΗΣΕΩΝ

- Η περίπτωση της **ισόθερμης** αντιστρεπτής μεταβολής.

Σε μία ισόθερμη μεταβολή ενός αερίου από μια κατάσταση V_a σε μια V_t . Η μεταβολή γίνεται ισόθερμα και το εμβαδόν της αποτελεί το έργο, για το οποίο ισχύει:

$$W = n \cdot R \cdot T \cdot \ln \frac{V_t}{V_a}.$$



VIDEO ΜΑΘΗΜΑ

Η θερμοκρασία του αερίου παραμένει σταθερή και άρα θα ισχύει $U_A = U_B$, οπότε θα ισχύει:

$$Q = n \cdot R \cdot T \cdot \ln \frac{V_T}{V_a} \quad (Q = W).$$

Άρα στην ισόθερμη εκτόνωση η θερμότητα που απορροφάται από το σύστημα γίνεται μηχανικό έργο.

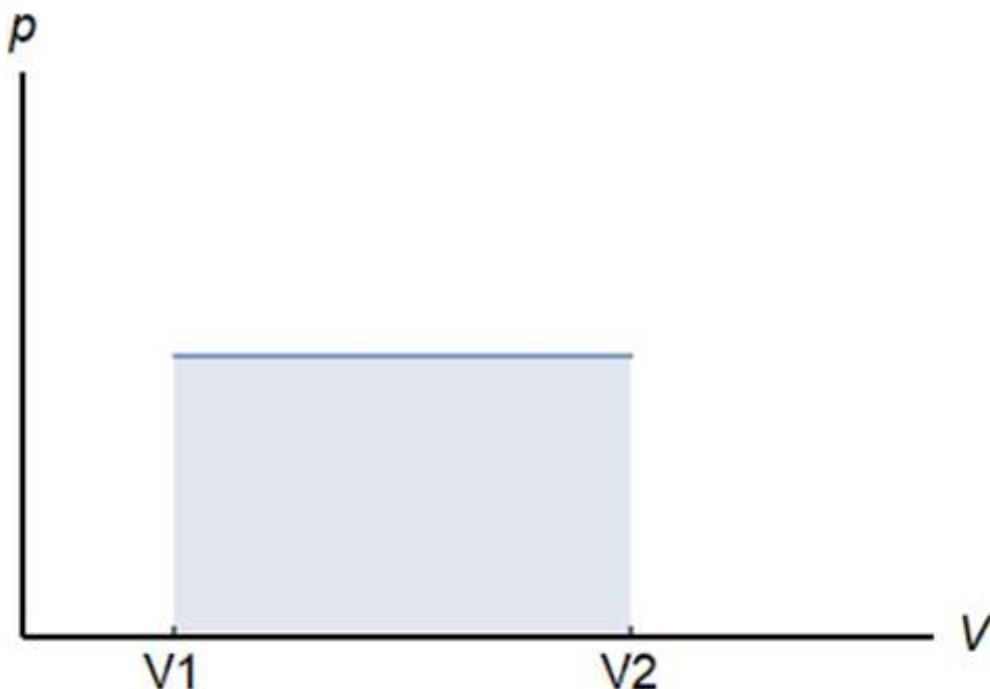
- Η περίπτωση της **ισόχωρης** αντιστρεπτής μεταβολής.

Σε μία ισόχωρη αντιστρεπτή μεταβολή ενός αερίου από μια αρχική σε μια τελική κατάσταση, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Όπως γίνεται αντιληπτό το εμβαδόν είναι μηδενικό και μοιραία και το έργο του, άρα θα ισχύει: $Q = \Delta U$.

Οπότε στην ισόχωρη θέρμανση η θερμότητα γίνεται όλη εσωτερική ενέργεια.

- Η περίπτωση της **ισοβαρούς** αντιστρεπτής μεταβολής.

Σε μια ισοβαρή αντιστρεπτή μεταβολή ενός αερίου από μια αρχική σε μια τελική κατάσταση, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

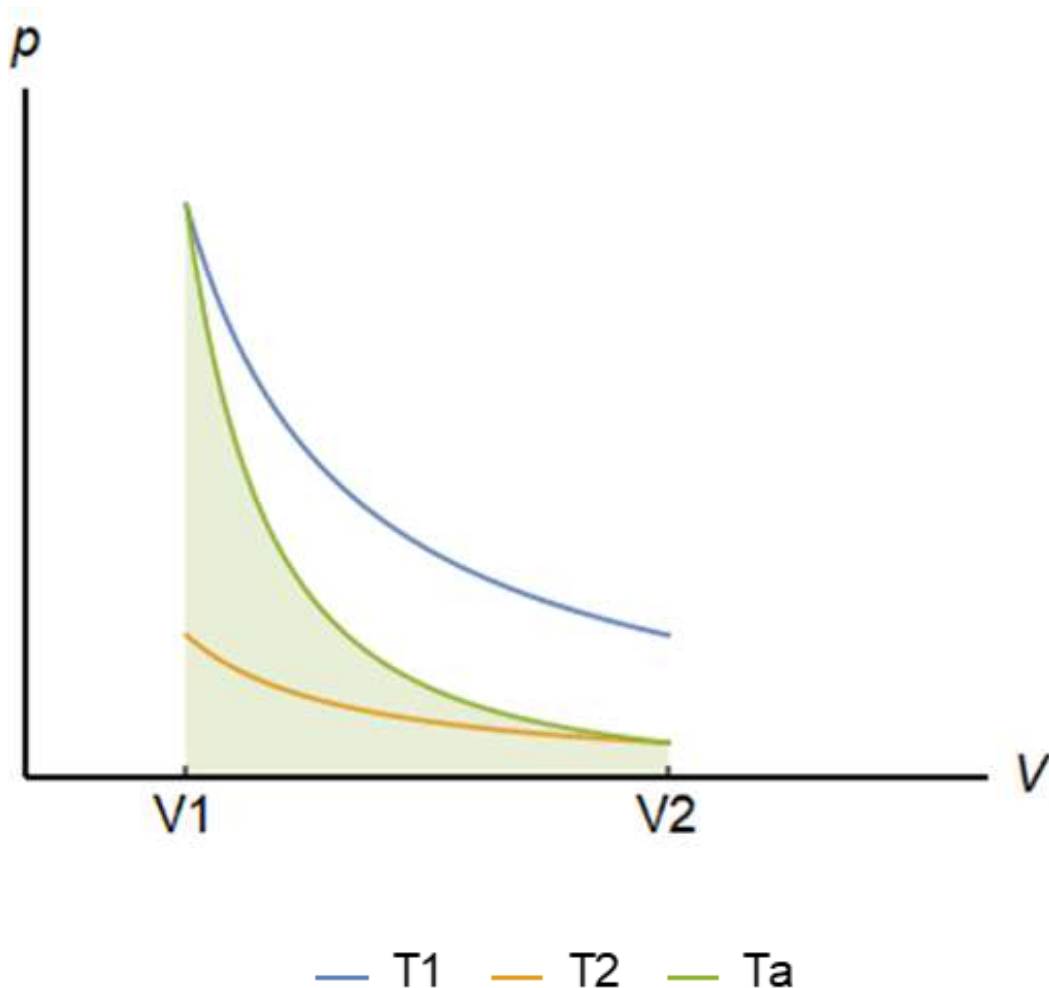


Το εμβαδόν είναι το έργο για το οποίο ισχύει: $W = p(V_2 - V_1) \Rightarrow W = nR(T_2 - T_1)$

Στην ισοβαρή θέρμανση ένα μέρος από την θερμότητα που απορρόφησε το αέριο γίνεται εσωτερική ενέργεια και έργο. Και άρα ο πρώτος θερμοδυναμικός νόμος μας λέει: $Q = \Delta U + p(V_T - V_G)$.

- Η περίπτωση της αδιαβατικής μεταβολής. Αν ένα αέριο εκτελεί αντιστρεπτή μεταβολή και ταυτόχρονα εκτονώνεται μέσα σε δοχείο με έμβολο. Το δοχείο είναι θερμικά μονωμένο και άρα δεν επιτρέπει την μεταφορά θερμοκρασίες. Το αέριο μεταβάλλεται από την κατάσταση 1(p_1, V_1) στην 2(p_2, V_2). Αν η παραπάνω μεταβολή είναι αδιαβατική θα ισχύει: $pV^\gamma = \text{σταθερό}$, σχέση γνωστή και ως νόμος του Poisson. Το γ είναι μια σταθερά για την οποία ισχύει πάντα ότι $\gamma > 1$ και εξαρτάται από την ατομικότητα και το είδος των δεσμών των μορίων του αερίου. Για την αδιαβατική μεταβολή ισχύει ότι $Q=0$, άρα σύμφωνα με τον 1ο θερμοδυναμικό νόμο θα ισχύει: $0 = \Delta U + W \Rightarrow W = -\Delta U$.

Άρα συμπεραίνουμε πως στην αδιαβατική μεταβολή το έργο είναι το αντίθετο της εσωτερικής ενέργειας. Η αδιαβατική μεταβολή αναπαρίσταται στο παρακάτω σχήμα:



Εφόσον το έργο είναι θετικό τότε γίνεται αντιληπτό πως η εσωτερική ενέργεια μειώνεται, άρα το αέριο ψύχεται.

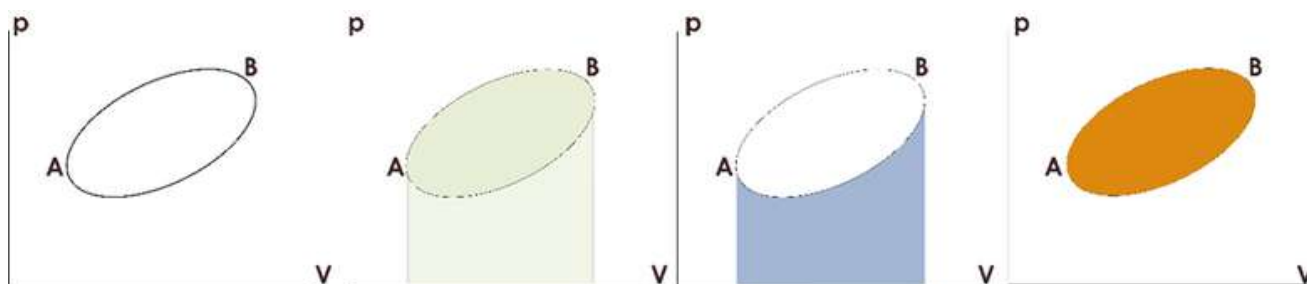
Με βάση το παραπάνω σχήμα το έργο, που είναι το εμβαδόν της καμπύλης Τα, που είναι το πράσινο πεδίο, θα ισχύει:

$$W = \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{1 - \gamma}$$

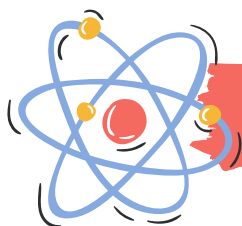
Όταν το αέριο συμπιέζεται αρκετά γρήγορα, τότε ένα μικρό ποσό θερμότητας μετακινείται από το αέριο στο περιβάλλον ή το ανάποδο, θεωρούμε πως η διεργασία αυτή προσεγγίζει την αδιαβατική. Παράδειγμα είναι ο κύλινδρος του βενζινοκινητήρα.

- Η περίπτωση της **κυκλικής** αντιστρεπτής μεταβολής.

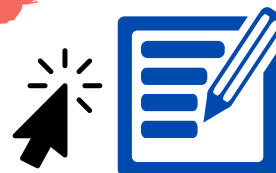
Κυκλική μεταβολή είναι η μεταβολή που επιστρέφει στην αρχική της κατάσταση. Όπως φαίνεται στα παρακάτω σχήματα όταν το αέριο κάνει κύκλο και το εμβαδόν του κύκλου είναι το εμβαδόν του σχήματος του κύκλου στο διάγραμμα.



Σύμφωνα με τον 1ο θερμοδυναμικό νόμο θα ισχύει ότι $Q=W$. Δηλαδή στην κυκλική μεταβολή η θερμότητα που απορροφά ή αποδίδει το αέριο ισούται με το έργο που παράγει ή δαπανά.



11. Θερμικές μηχανές.

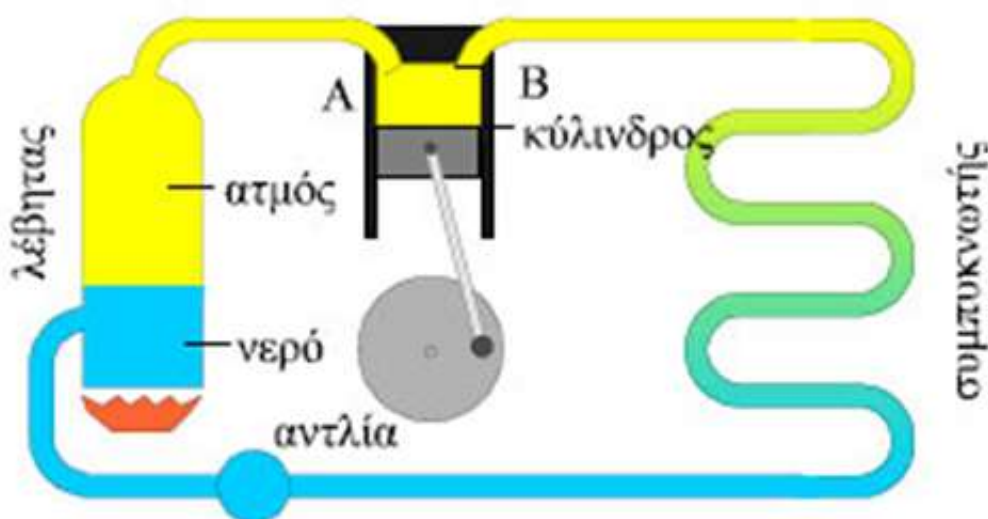


ΛΥΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

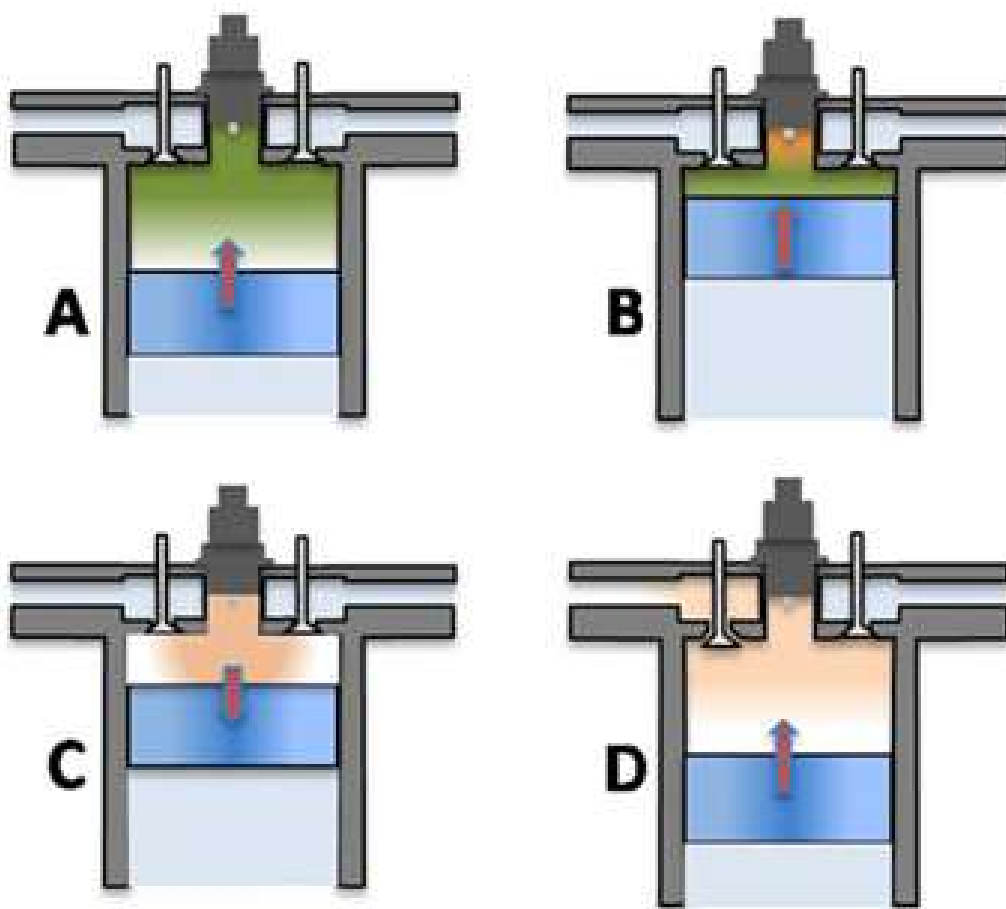
Τι είναι η θερμική μηχανή;

Θερμική μηχανή, είναι η διάταξη η οποία μετατρέπει την θερμότητα σε έργο.

Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε μια ατμομηχανή. Η κύρια αρχή της λειτουργίας της είναι να παράγει θερμό ατμό υψηλής πίεσης στον λέβητα, μέσω του βρασμού νερού. Στη συνέχεια ο λέβητας μέσω της βαλβίδας εισαγωγής, που είναι η βαλβίδα Α, διοχετεύει τον ατμό στον κύλινδρο, ο οποίος με την σειρά του σπρώχνει το έμβολο το οποίο λόγω της κίνησης στην οποία εξαναγκάζεται παράγει έργο. Η κίνηση συμβαίνει καθώς ο όγκος εκτονώνεται μέσα στον κύλινδρο, η θερμοκρασία και η πίεση του ελαττώνονται. Στη συνέχεια ο χαμηλής πίεσης ατμός βγαίνει από τον κύλινδρο από την βαλβίδα εξαγωγής, που είναι η βαλβίδα Β και περνάει στον συμπυκνωτή, ο οποίος είναι υπεύθυνος όπως μαρτυράει το όνομά του για την συμπύκνωση του. Ο συμπυκνωτής ψύχει τον αέρα κάνοντας τον πάλι νερό, το οποίο οδηγείται μέσω της αντλίας στον λέβητα.



Σχήμα από το σχολικό βιβλίο.

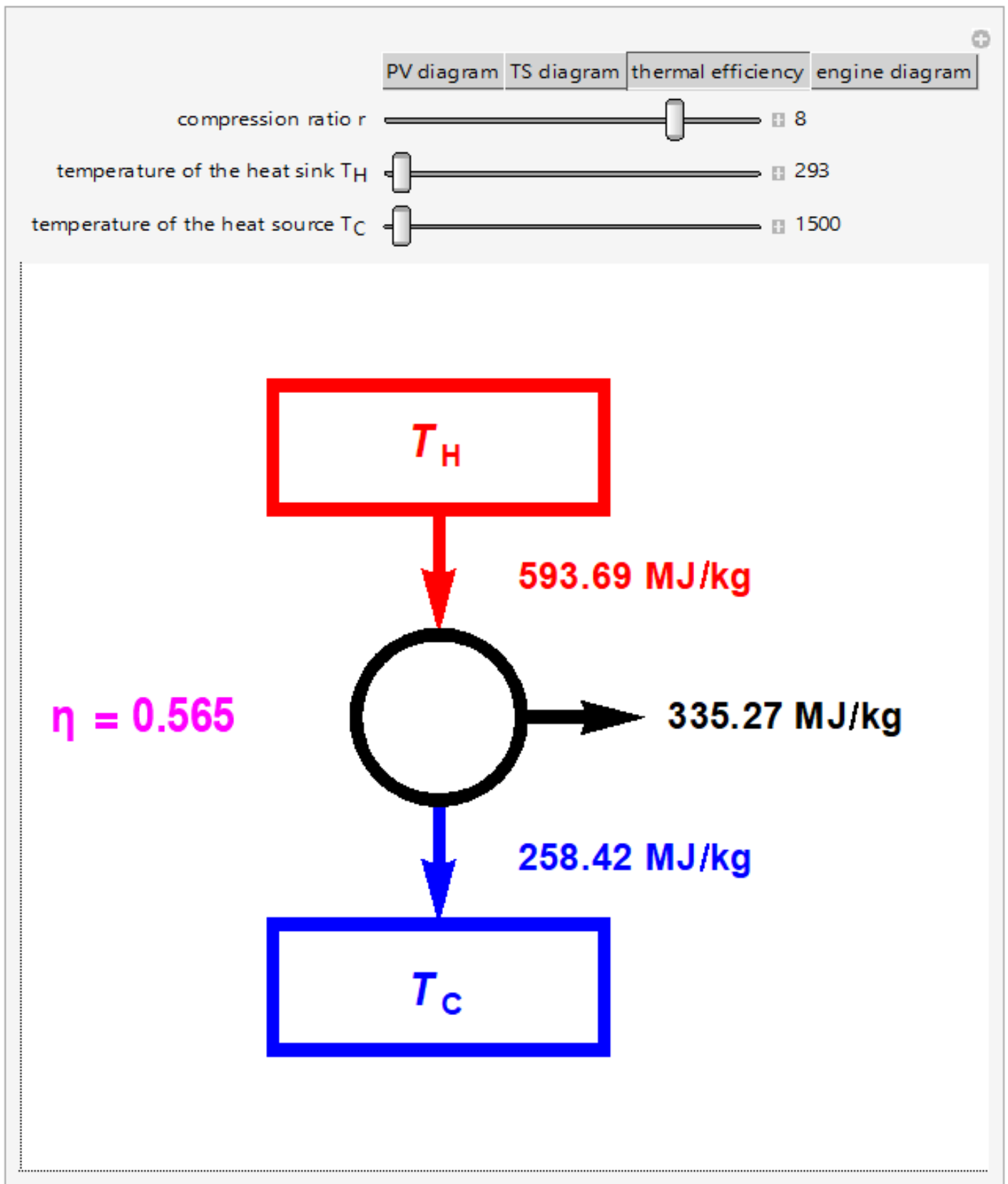


Ποια είναι η αρχή λειτουργίας του βενζινοκινητήρα;

Ο κινητήρας βενζίνης ακολουθεί έναν παρόμοιο κύκλο με τον παραπάνω. Η καύση της βενζίνης ακολουθεί τον θερμοδυναμικό κύκλο Otto. Πιο συγκεκριμένα όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, η βενζίνη κατά την καύση της παράγει θερμά αέρια τα οποία κατά την εκτόνωσή τους εξαναγκάζουν το έμβολο σε κίνηση και αυτό με την σειρά του παράγει έργο. Τα θερμά αυτά αέρια στη συνέχεια διοχετεύονται μέσω της εξάτμισης στο περιβάλλον.

Επειδή η μηχανή λειτουργεί συνεχώς, η θερμότητα μετατρέπεται διαρκώς σε έργο.

Γενικά όλες οι μηχανές λειτουργούν με την παρακάτω αρχή.



Όπως φαίνεται παραπάνω, σε έναν θερμοδυναμικό κύκλο, η θερμική μηχανή θα πρέπει να:

- 
- Απορροφάει θερμότητα από την θερμότερη δεξαμενή
 - Παράγει έργο
 - Αποβάλλει θερμότητα στην χαμηλότερης θερμοκρασίας δεξαμενή

Η θερμότητα που απορροφάται είναι η Q_h , η δεξαμενή υψηλής θερμοκρασίας είναι η T_h , το έργο είναι W , η θερμότητα που αποβάλλεται είναι η Q_c και η δεξαμενή χαμηλότερης θερμοκρασίας είναι η T_c .

Τι είναι η δεξαμενή θερμότητας;

Δεξαμενή θερμότητας είναι το σώμα που διατηρεί την θερμοκρασία του σταθερή, ακόμα και όταν παίρνει ή δίνει θερμότητα.

Τι είναι ο συντελεστής απόδοσης (e);

Ο συντελεστής απόδοσης είναι ο λόγος του **ωφέλιμου** προς την **δαπανώμενη ενέργεια**.

Πιο συγκεκριμένα το ωφέλιμο έργο είναι αυτό που μας δίνει η μηχανή και η δαπανώμενη ενέργεια είναι η ενέργεια που χρειάζεται μια μηχανή για να λειτουργήσει.

Είναι καθαρός αριθμός και πάντοτε μικρότερος της μονάδας και ο τύπος είναι:

$$e = \frac{W}{Q_h}.$$

Το ποσό θερμότητας που απορροφά το σώμα είναι το ίδιο με αυτό που παίρνει από την δεξαμενή της υψηλής θερμοκρασίας μείον αυτό που αποβάλλει στην δεξαμενή χαμηλής θερμοκρασίας, δηλαδή:

$$|Q_h - Q_c|.$$

Αν η μεταβολή είναι κυκλική το έργο που παράγει το αέριο ισούται με το καθαρό ποσό θερμότητας που απορροφά:

$$W = |Q_h - Q_c|.$$

Έτσι ο συντελεστής απόδοσης είναι:

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

Ο συντελεστής απόδοσης της ατμομηχανής είναι έως 18% ενώ αν η ατμομηχανή έχει στρόβιλο η απόδοση φτάνει το 40%. Οι βενζινοκινητήρες έχουν απόδοση 20% και οι πετρελαιοκινητήρες έχουν απόδοση από 35% έως 40%.

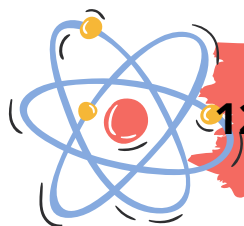
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Έστω ότι έχουμε μια θερμική μηχανή που σε κάθε κύκλο της καταναλώνει ενέργεια 8000J και αποβάλλει ενέργεια 5000J. Ποιος είναι ο συντελεστής απόδοσης;

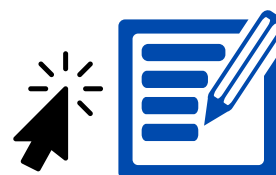
Ο συντελεστής απόδοσης είναι: $e = 1 - \frac{|Q_c|}{Q_h} \Rightarrow e = 1 - \frac{5000}{8000} \Rightarrow e = 0.375$

και αν θέλουμε να το κάνουμε %, θα ισχύει πως η θερμική μηχανή αποδίδει στο 37,5%.





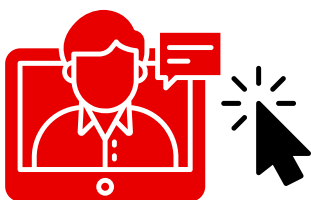
12. Ο Δεύτερος θερμοδυναμικός νόμος.



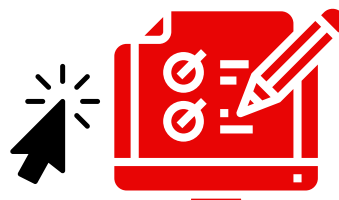
ΛΥΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ
ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Ο δεύτερος θερμοδυναμικός νόμος μας λέει πως, δεν μπορεί να κατασκευαστεί μηχανή η οποία να μπορεί να μετατρέψει όλη την θερμότητα που έχει σε ωφέλιμο έργο. Άρα δεν υπάρχει μηχανή που να έχει συντελεστή απόδοσης στο 100%.

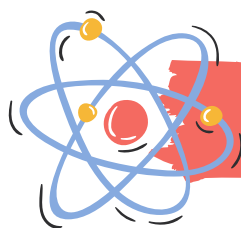
Λέει επίσης πως είναι αδύνατο να μεταφερθεί θερμότητα από ένα ψυχρό σε ένα θερμότερο σώμα, χωρίς να δαπανηθεί ενέργεια για την επίτευξη του παραπάνω στόχου.



VIDEO  ΜΑΘΗΜΑ



ONLINE  TEST



13 Η μηχανή του Carnot



ΛΥΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

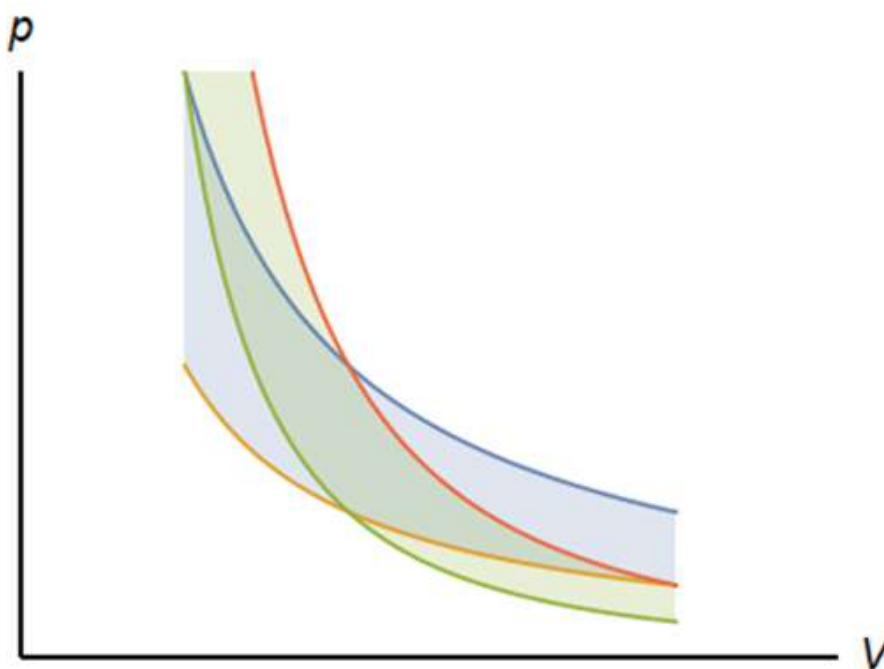
Όπως αναφέραμε και πριν, καμία μηχανή δεν μπορεί να έχει απόδοση 100%. Υπάρχει όμως μια τιμή απόδοσης, από την οποία και πάνω μια μηχανή δεν μπορεί να έχει.

Ποια είναι η ανώτερη τιμή απόδοσης μιας θερμικής μηχανής;

Η ανώτερη τιμή που μπορεί να υπάρξει, είναι αυτή που έχει μια μηχανή Carnot, η οποία λειτουργεί στις ίδιες θερμοκρασίες.

Τι είναι ο κύκλος Carnot;

Ο κύκλος Carnot αποτελείται από τέσσερις θερμικές μεταβολές, δύο ισόθερμες και δύο αδιαβατικές. Εμείς θα μελετήσουμε τον κύκλο Carnot για ιδανικό αέριο που βρίσκεται μέσα σε έμβολο. Σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα.

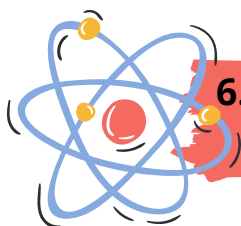


- Όπως φαίνεται η μπλε γραμμή είναι η πρώτη ισόθερμη μεταβολή κατά την οποία το αέριο βρίσκεται σε επαφή με την θερμή δεξαμενή και εκτονώνεται με θερμοκρασία T_h και απορροφώντας θερμότητα Q_h .
- Η κόκκινη γραμμή είναι αδιαβατική μεταβολή κατά την οποία το αέριο εκτελεί αδιαβατική μεταβολή και εκτονώνεται μέχρι η θερμοκρασία του να φτάσει στο T_c .
- Η πορτοκαλί μεταβολή είναι και αυτή ισόθερμη, θερμοκρασίας T_c και συμπιέζεται αποβάλλοντας θερμότητα Q_c .
- Η πράσινη μεταβολή είναι και αυτή αδιαβατική και στη διάρκειά της το αέριο συμπιέζεται μέχρι να επανέλθει στην αρχική του κατάσταση.

Ο συντελεστής απόδοσης της μηχανής Carnot είναι κατά τα γνωστά $e = 1 - \frac{|Q_c|}{Q_h}$
 όμως παράλληλα ισχύει ότι $\frac{|Q_c|}{Q_h} = \frac{T_c}{T_h}$, οπότε θα ισχύει: $e_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{T_c}{T_h}$

5

Ηλεκτρικό πεδίο

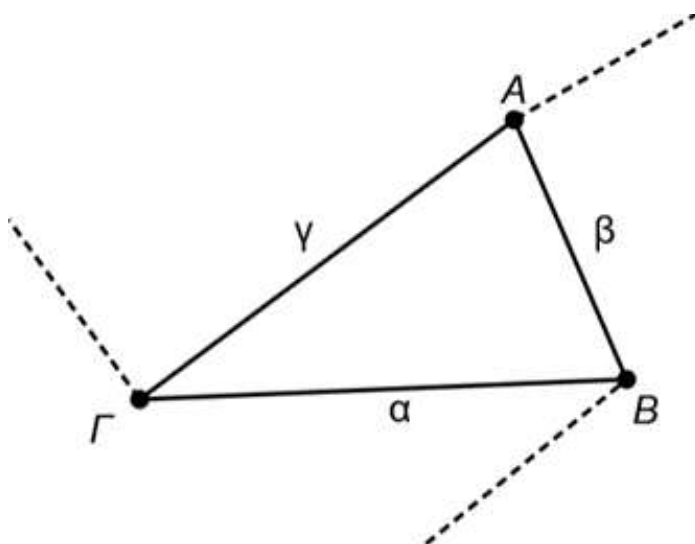
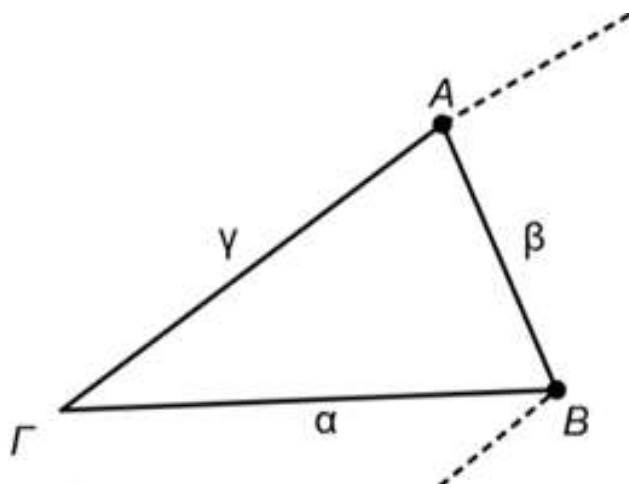
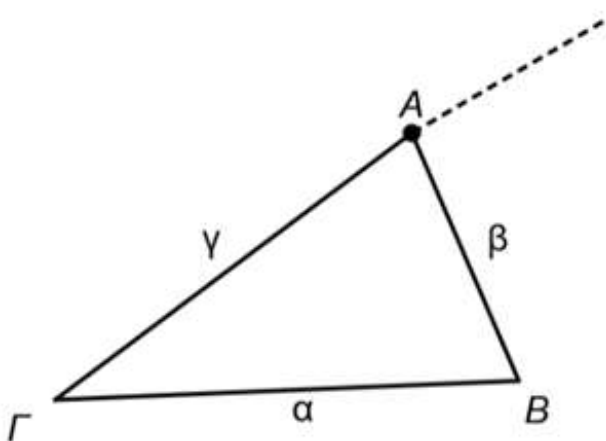


6. Η δυναμική ενέργεια πολλών σημειακών φορτίων.



ΛΥΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Έστω τρία σημειακά φορτία q_1 , q_2 και q_3 , τα οποία βρίσκονται σε συγκεκριμένες θέσεις και αποστάσεις μεταξύ τους. Κάθε φορτίο ασκεί στα γειτονικά φορτία ηλεκτρικής δύναμη και άρα υπάρχει δυναμική ενέργεια. Η συνολική δυναμική ενέργεια είναι ουσιαστικά το έργο που χρειάζεται για να μεταφερθεί το κάθε φορτίο από μια πολύ μακρινή απόσταση στο σημείο. Όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Το πρώτο φορτίο μπορεί να μεταφερθεί χωρίς να δαπανηθεί καθόλου ενέργεια καθώς, δεν υπάρχει κάτι από πριν ώστε να αλληλοεπιδράσουν. Έπειτα φέρνουμε το δεύτερο φορτίο, το οποίο ακριβώς επειδή υπάρχει ήδη ένα φορτίο μέσα στον χώρο, αναγκαστικά αλληλεπιδρά μαζί του, οπότε χρειάζεται η δαπάνη ενέργειας έργου:

$$W_{\infty \rightarrow B} = W_{B \rightarrow \infty} = K_c \frac{q_1 q_2}{r_3}.$$

Για να μεταφέρουμε το τρίτο φορτίο θα χρειαστεί να υπολογίσουμε τα έργα ανάλογα, όμως τώρα θα πρέπει να ληφθεί υπόψη πως υπάρχει αλληλεπίδραση με τα άλλα δύο σημειακά φορτία, άρα θα ισχύει:

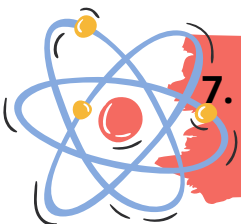
$$W_{\infty \rightarrow \Gamma} = W_{\Gamma \rightarrow \infty} = K_c \frac{q_1 q_3}{r_2} + K_c \frac{q_2 q_3}{r_1}.$$

Άρα το συνολικό έργο που δαπανήθηκε για να φέρουμε τα τρία φορτία σε αυτή τη θέση ήταν:

$$W = K_c \frac{q_1 q_2}{r_3} + K_c \frac{q_1 q_3}{r_2} + K_c \frac{q_2 q_3}{r_1}.$$

Ακριβώς τόση είναι και η δυναμική τους ενέργεια $U=W$, οποία ανήκει στο **σύστημα** των φορτίων και όχι στο καθένα ξεχωριστά.





7. Σχέση έντασης και διαφοράς δυναμικού στο ομογενές ηλεκτροστατικό πεδίο.

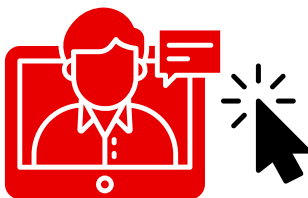


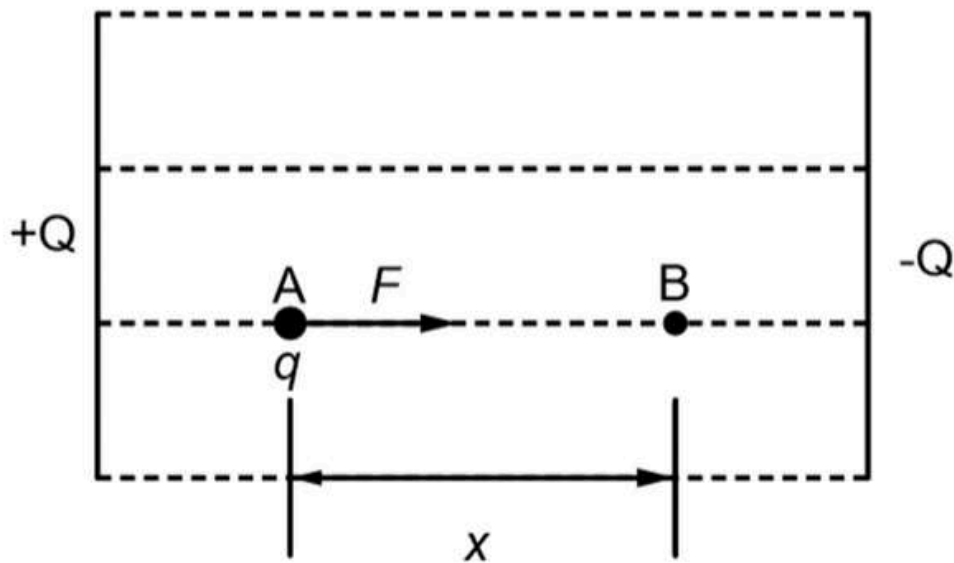
ΛΥΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ
ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Το ηλεκτρικό πεδίο εκφράζεται από την ένταση και το δυναμικό, τα οποία είναι μεγέθη που σχετίζονται μεταξύ τους. Αν και ο συσχετισμός αυτός είναι πολύπλοκος, εμείς θα ασχοληθούμε μόνο με την περίπτωση που το πεδίο είναι ομογενές και έτσι ο συσχετισμός θα απλοποιηθεί σημαντικά.

Ανάμεσα σε δύο ομοιόμορφα φορτισμένες πλάκες με αντίθετο φορτίο, δημιουργείται ομογενές ηλεκτρικό πεδίο. Αν αφεθεί φορτίο από ένα τυχαίο σημείο το πεδίου, η δύναμη που θα δεχτεί το φορτίο είναι $F = Eq$, το οποίο θα κινηθεί στην κατεύθυνση των δυναμικών γραμμών αν είναι θετικό και αντίθετα με αυτή αν είναι αρνητικό. Το έργο που θα παραχθεί από την παραπάνω κίνηση σε μία τυχαία απόσταση x θα είναι $W = F \cdot x = E \cdot q \cdot x$, γνωρίζουμε ταυτόχρονα πως ισχύει $W = (V_A - V_B)q$ άρα συνδυάζοντας τις παραπάνω σχέσεις θα ισχύει: $E \cdot q \cdot x = (V_A - V_B)q \Rightarrow E = \frac{V_A - V_B}{x}$.

Αν κανείς θεωρήσει πως $V_A - V_B$, είναι η διαφορά δυναμικού που έχουν τα σημεία A και B που αποτελούν την αρχή και το πέρας της απόστασης x , τότε σύμφωνα με τα παραπάνω θα ισχύει: $E = \frac{V}{x}$.





Τι συμβαίνει στην περίπτωση που δεν έχουμε κίνηση στην ίδια δυναμική γραμμή;

Αν το φορτίο κάνει την κίνηση που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα το έργο που θα δαπανηθεί θα είναι:

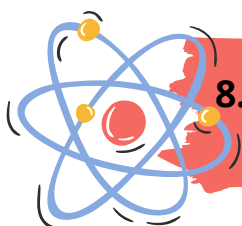
$$W = F(AB) \cdot \cos\theta = F(AB) \frac{A\Gamma}{AB} = F(A\Gamma) = E \cdot q \cdot x, \text{ ταυτόχρονα γνωρίζουμε πως}$$

$$W = (V_A - V_B)q, \text{ άρα αν συνδυάσουμε τις παραπάνω σχέσεις θα ισχύει: } E = \frac{V}{x}.$$

Άρα συμπεραίνουμε πως η ένταση του ομογενούς μαγνητικού, εξαρτάται αποκλειστικά από την διαφορά δυναμικού δύο οποιονδήποτε σημείων, προς την απόσταση που έχουν αν τα προβάλουμε πάνω στην δυναμική γραμμή.



Ενότητα 5η - Φυσική Β' Λυκείου - ΘΕΩΡΙΑ



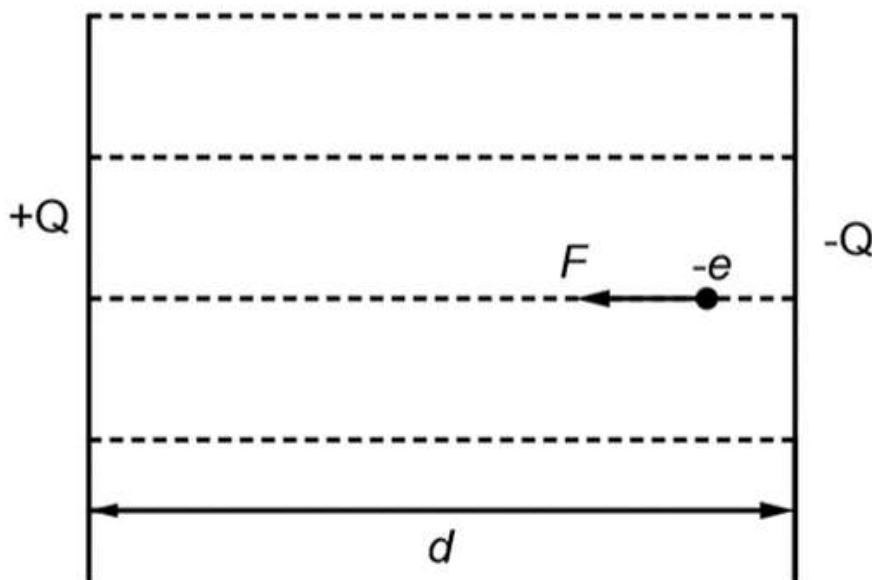
8. Κινήσεις φορτισμένων σωματιδίων σε ομογενές ηλεκτροστατικό πεδίο.



ΛΥΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Έστω δύο παράλληλες μεταλλικές πλάκες φορτισμένες με αντίθετα φορτία, όπως φαίνεται στο σχήμα, οι οποίες δημιουργούν ομογενές ηλεκτρικό πεδίο ανάμεσά τους. Γνωρίζουμε από την προηγούμενη ενότητα πως η δύναμη θα είναι $F = Eq$ και άρα σύμφωνα με τον 2ο νόμο του Νεύτωνα η επιτάχυνση θα είναι $a = \frac{F}{m} \Rightarrow a = \frac{E \cdot q}{m}$.

Παρακάτω θα μελετήσουμε τις περιπτώσεις κίνησης των φορτίων μέσα στο πεδίο.



Κίνηση χωρίς αρχική ταχύτητα



VIDEO ΜΑΘΗΜΑ

Αν αφεθεί ένα αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο πολύ κοντά στην αρνητικά φορτισμένη πλάκα, άρα θα δεχτεί από το ηλεκτρικό πεδίο μια δύναμη μέτρου $F = Eq$, η οποία επειδή το φορτίο είναι αρνητικό θα είναι αντίρροπη στο ηλεκτρικό πεδίο. Η επιτάχυνση θα είναι $a = \frac{F}{m} \Rightarrow a = \frac{E \cdot q}{m}$ άρα οι εξισώσεις κίνησης θα δίνονται από τις σχέσεις:

$$a = \frac{F}{m} \Rightarrow a = \frac{E \cdot q}{m}$$

$$v = a \cdot t$$

$$x = \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

Τι μπορούμε να συμπεράνουμε από τις παραπάνω σχέσεις;

Σύμφωνα με τις παραπάνω σχέσεις είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε δύο πράγματα για την κίνηση του φορτίου.

1. Είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε τον χρόνο που θα χρειαστεί ένα ηλεκτρόνιο για να διανύσει την απόσταση των πλακών

Αν η απόσταση ανάμεσα στις φορτισμένες πλάκες είναι d , τότε θα ισχύει:

$$d = \frac{1}{2} a \cdot t_1^2 \Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{2d}{a}}$$

2. Την ταχύτητα με την οποία φτάνει το φορτίο στην πλάκα.

Κάνοντας χρήση της παραπάνω σχέσης, αντικαθιστώντας της στην ταχύτητα θα ισχύει:

$$v = a \cdot t_1 \Rightarrow v = a \cdot \sqrt{\frac{2d}{a}} \Rightarrow v = \sqrt{2a \cdot d}.$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Έστω ότι στις φορτισμένες πλάκες αναπτύσσεται διαφορά δυναμικού $V=4V$ και η απόσταση μεταξύ τους είναι $d=12mm$ και ένταση ηλεκτρικού πεδίου

$$E = 4 \cdot 10^5 N/C.$$

Αν αφήσουμε ένα ηλεκτρόνιο από την αρνητικά φορτισμένη πλάκα, πόσος είναι ο χρόνος που χρειάστηκε για να ολοκληρωθεί η κίνηση; Με τι ταχύτητα ολοκληρώθηκε η κίνηση;

Δίνεται η μάζα του ηλεκτρονίου $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} kg$

και το φορτίο του ηλεκτρονίου είναι $e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$.

Σύμφωνα με τα παραπάνω θα ισχύει πως:

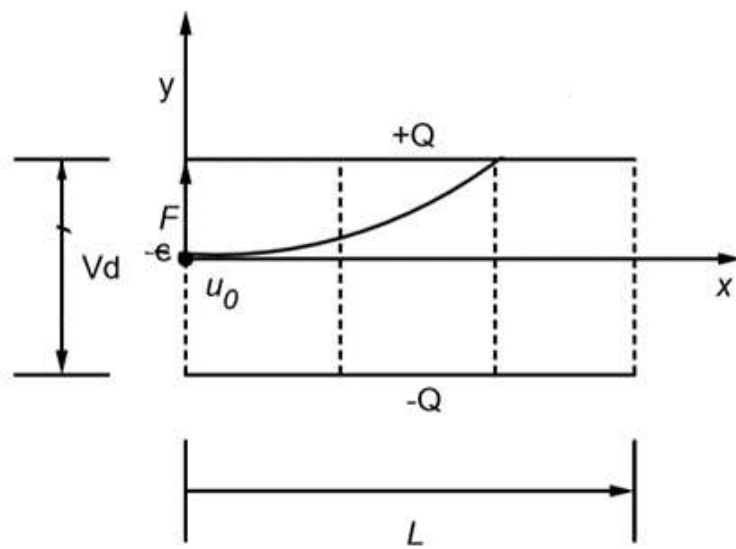
$$a = \frac{F}{m} \Rightarrow a = \frac{E \cdot e}{m_e} \Rightarrow a = \frac{4 \cdot 10^5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{9,1 \cdot 10^{-31}} \Rightarrow a = 7 \cdot 10^{16} m/s^2$$

$$t_1 = \sqrt{\frac{2d}{a}} \Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot 12 \cdot 10^{-3}}{7 \cdot 10^{16}}} \Rightarrow t_1 = 5,8 \cdot 10^{-9} s$$

$$u = \sqrt{2a \cdot d} \Rightarrow u = \sqrt{2 \cdot 7 \cdot 10^{16} \cdot 2 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow u = 16,6 \cdot 10^7 m/s$$

**Κίνηση με αρχική ταχύτητα κάθετη στις
δυναμικές γραμμές**

Έστω ότι έχουμε την ίδια διάταξη φορτισμένων πλακών, μόνο που αυτή τη φορά το φορτίο θα έχει αρχική ταχύτητα, με κατεύθυνση κάθετη στις δυναμικές γραμμές, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Όσο το ηλεκτρόνιο κινείται μέσα στο ηλεκτρικό πεδίο, θα δέχεται σταθερή δύναμη F . Το ηλεκτρόνιο θα κάνει δύο κινήσεις και θα ισχύει η **αρχή ανεξαρτησίας των κινήσεων**.

Ξέρουμε πως το ηλεκτρικό πεδίο ισχύει $E = \frac{V}{d}$, καθώς το πεδίο είναι ομογενές.

Οπότε συμπεραίνουμε πως η δύναμη θα ασκείται στον άξονα y και θα έχει μέτρο

$$F = E \cdot e \Rightarrow F = \frac{Ve}{d}.$$

Άρα και το ηλεκτρόνιο θα εκτελέσει επιταχυνόμενη κίνηση σε αυτό τον άξονα και επειδή δεν ασκείται καμία δύναμη, θα ισχύει ο 1ος νόμος του Νεύτωνα και έτσι η ταχύτητα θα είναι σταθερή. Άρα αναλύοντας τις κινήσεις στους άξονες θα ισχύει πως:

- **Στον άξονα y :**

$$a_y = \frac{F}{m_e} = \frac{E \cdot e}{m_e} = \frac{V \cdot e}{d \cdot m_e}$$

$$u_y = a_y \cdot t$$

$$y = \frac{1}{2} a_y \cdot t^2$$

- Στον άξονα x:

$$U_x = U_0$$

$$x = U_0 t$$

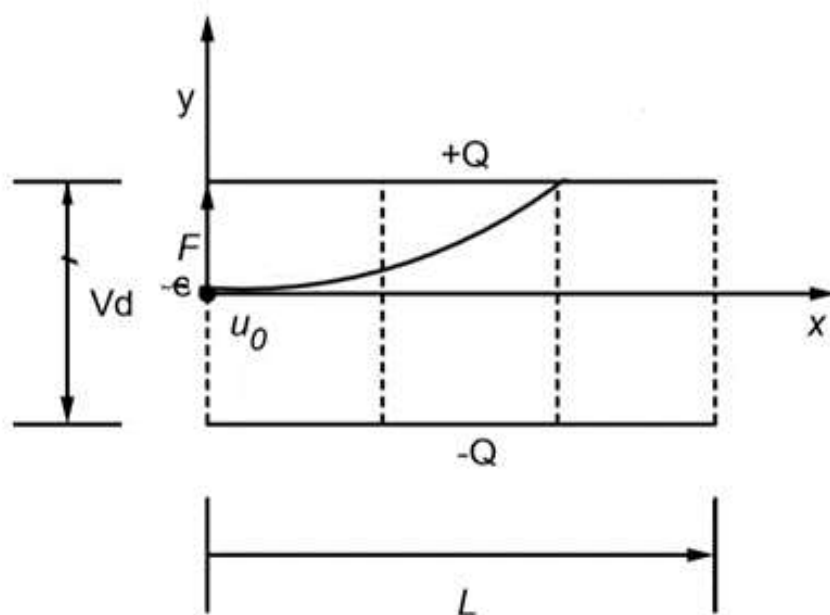
Σύμφωνα με τις παραπάνω σχέσεις είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε τέσσερα πράγματα για την κίνηση του φορτίου.

1. Είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε πόσο χρόνο παρέμεινε το ηλεκτρόνιο στο πεδίο.

Εφόσον το ηλεκτρόνιο κάνει ομαλή κίνηση στον άξονα x όταν το ηλεκτρόνιο εξέλθει θα έχει μετατοπιστεί κατά L, άρα θα ισχύει:

$$t_1 = \frac{L}{U_0}.$$

2. Είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε την απόκλιση από την αρχική διεύθυνση κίνησης στην έξοδο.



Αν αντικαταστήσουμε τον χρόνο στην απόσταση y_1 που θα διανύσει το ηλεκτρόνιο στον κάθετο άξονα, θα έχουμε:

$$y_1 = \frac{1}{2} a_y \cdot t^2 \Rightarrow y_1 = \frac{1}{2} a_y \cdot \frac{L^2}{u_0^2}$$

3. Είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε την ταχύτητα εξόδου από το πεδίο.

Όταν το ηλεκτρόνιο βγαίνει από το πεδίο, η ταχύτητά του θα έχει δύο συνιστώσες, την u_x και την u_y για τις οποίες ισχύει πως:

$$u_x = u_0$$

$$u_y = at_1 \Rightarrow u_y = \frac{V \cdot e}{d \cdot m_e} \cdot \frac{L}{u_0}$$

Άρα η ταχύτητα θα είναι στο σύνολο: $u = \sqrt{u_x^2 + u_y^2} \Rightarrow u = \sqrt{u_0^2 + \left(\frac{V \cdot e}{d \cdot m_e} \cdot \frac{L}{u_0}\right)^2}$.

Και η γωνία του θα είναι: $\epsilon\phi\phi = \frac{u_y}{u_x} = \frac{V \cdot e}{d \cdot m_e} \cdot \frac{L}{u_0^2}$.

4. Είμαστε σε θέση να γράψουμε την εξίσωση της τροχιάς του ηλεκτρονίου.

Η εξίσωση της τροχιάς συνδέει την μετατόπιση στον άξονα x με αυτή στον άξονα y . Άρα η εξίσωση της τροχιάς θα γίνεται:

$$y = \frac{V \cdot e}{2 \cdot d \cdot m_e} \cdot \frac{L}{u_0^2} x^2.$$

Όπως βλέπουμε η τροχιά θα είναι παραβολική καθώς έχουμε εξίσωση της μορφής

$$y = ax^2.$$

Δεν λαμβάνουμε ποτέ υπόψη το βάρος του ηλεκτρονίου καθώς είναι αμελητέα μικρό.

Ο καθοδικός σωλήνας

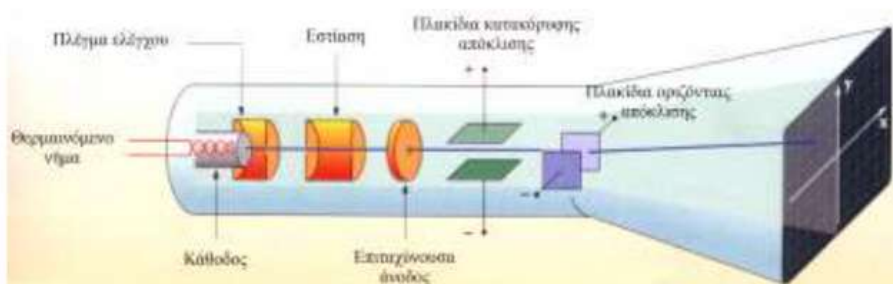
Τι είναι ο καθοδικός σωλήνας;

Ο καθοδικός σωλήνας είναι μια γυάλινη διάταξη, η οποία στο εσωτερικό της βρίσκεται σε υψηλό κενό, έχοντας μέσα τρεις διαδοχικές διατάξεις.

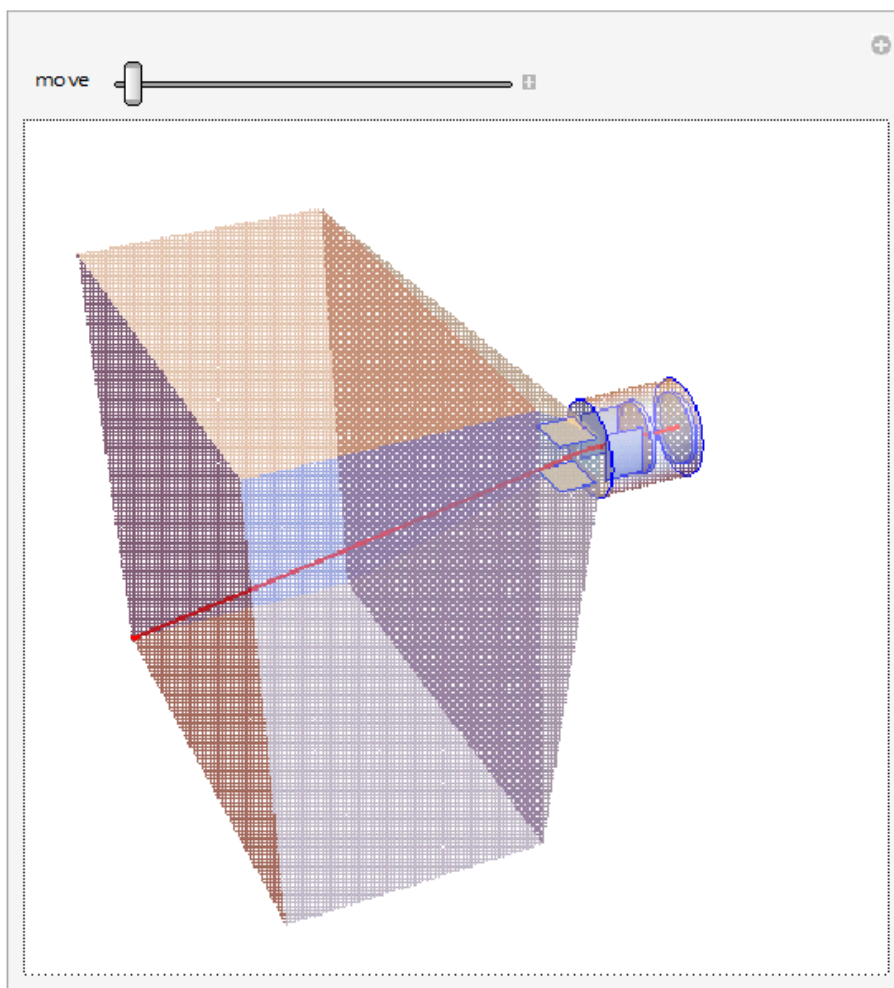
Η πρώτη είναι το τηλεβόλο ηλεκτρονίων και στην ουσία επιταχύνει και εστιάζει μια δέσμη ηλεκτρονίων. Η δεύτερη είναι ένας συνδυασμός ομογενών πεδίων, τα οποία μεταβάλουν την δέσμη των ηλεκτρονίων και η τρίτη είναι η οθόνη στην οποία βλέπουμε τα προσπίπτοντα ηλεκτρόνια.

Ο σωλήνας απέναντι από την διάταξη είναι επιστρωμένος με φθορίζον υλικό, ώστε να εκπέμπει φως όταν πέφτουν πάνω του σωματίδια με μεγάλη ταχύτητα.

Η παραπάνω διάταξη φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα από το σχολικό βιβλίο.



Στο αριστερό άκρο του παραπάνω σχήματος φαίνεται στο τηλεβόλο, το οποίο παράγει ηλεκτρόνια θερμαίνοντας ένα μεταλλικό νήμα το οποίο ονομάζεται κάθοδος. Μέσω αυτής της θέρμανσης δίνουμε αρκετή ενέργεια στα ελεύθερα ηλεκτρόνια ώστε να εγκαταλείψουν την κάθοδο και στη συνέχεια να επιταχυνθούν από το ηλεκτρικό πεδίο το οποίο έχει δημιουργηθεί ανάμεσα στην άνοδο και την κάθοδο. Η άνοδος βρίσκεται σε δυναμικό υψηλότερο από το δυναμικό της καθόδου και φέρει οπή, πάνω στην οποία προσκρούει η πλειονότητα των ηλεκτρονίων και όσα από αυτά περνάνε την οπή, μετά κινούνται προς την οθόνη με την ταχύτητα που απέκτησαν. Ακριβώς επειδή η διαφορά δυναμικού είναι κάποια kV, η ταχύτητα που αποκτούν είναι της τάξης του 107m/s.

Μέσα στο τηλεβόλο υπάρχουν διατάξεις που ελέγχουν τον αριθμό των ηλεκτρονίων που κατευθύνονται προς την οθόνη και την εστίαση της δέσμης.

Επειδή έχουμε συνθήκες κενού τα ηλεκτρόνια δεν κάνουν πολλές σκεδάσεις (συγκρούσεις) με τα μόρια του αέρα.

Η δέσμη των διερχόμενων ηλεκτρονίων μέσα από δύο ζεύγη μεταλλικών πλακιδίων τα οποία ονομάζονται πλακίδια απόκλισης. Στο πρώτο ζεύγος τα μεταλλικά πλακίδια είναι οριζόντια και άρα εκτρέπουν τη δέσμη κατακόρυφα και το επόμενο ζεύγος είναι τοποθετημένο κατακόρυφα και εκτρέπει την δέσμη των ηλεκτρονίων κατακόρυφα.

Τα παραπάνω μας βοηθάν να μετρήσουμε την διαφορά δυναμικού μέσω της εκτροπής.

Μια εφαρμογή της παραπάνω διάταξης είναι ο παλμογράφος.

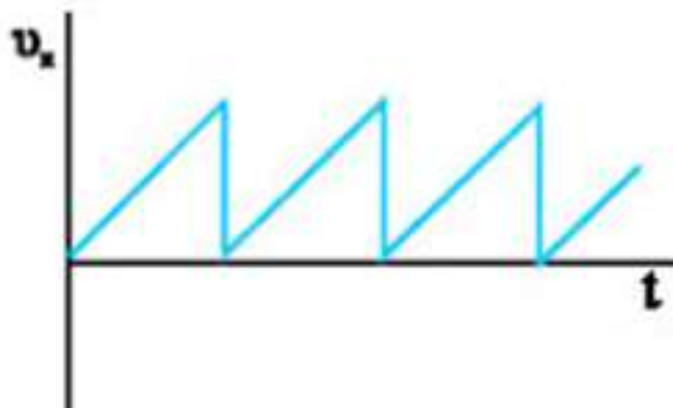
Ο παλμογράφος

Τι είναι ο παλμογράφος;

Ο παλμογράφος είναι ένα κουτί με μια οθόνη, η οποία είναι χωρισμένη σε δύο βαθμονομημένους άξονες. Και διάφορα κουμπιά τα οποία λειτουργούν ως ρυθμιστές, οι οποίοι φτιάχνουν την φωτεινότητας της κηλίδας, να ρυθμίζουν την τάση σάρωσης την οποία θα δούμε παρακάτω, να εφαρμόζεται εξωτερικά τάση στα πλακίδια οριζόντιας και κατακόρυφης απόκλισης, να εστιάζεται η δέσμη ώστε η κηλίδα να γίνεται μικρότερη και να ξεχωρίζει καθαρά.

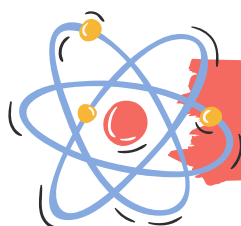
Τι είναι η τάση σάρωσης;

Εάν ανάμεσα στα πλακίδια οριζόντιας εκτροπής εφαρμοστεί τάση u η οποία αυξάνεται γραμμικά και στη συνέχεια μηδενίζεται κατευθείαν η κηλίδα της οθόνης θα κάνει μια οριζόντια και ισοταχή δύναμη από τα αριστερά προς τα δεξιά και θα επιστρέφει απότομα προς τα πίσω, ώστε να επαναλάβει την ίδια κίνηση. Αυτή η παλινδρομική οριζόντια κίνηση της κηλίδας ονομάζεται σάρωση της οθόνης. Την τάση σάρωσης την εφαρμόζει ο ίδιος ο παλμογράφος και μπορούμε να ρυθμίσουμε αν αυτή η σάρωση θα είναι αργή ή γρήγορη.



Με τον παλμογράφο μπορούμε να μετρήσουμε συνεχής, εναλλασσόμενη τάση και κυματομορφές.





12. Το βαρυτικό πεδίο.

Δύο οποιαδήποτε σώματα με μάζες m_1 και m_2 τα οποία έχουν απόσταση r μεταξύ τους θα ασκούν μεταξύ τους μια ελκτική δύναμη μέτρου:

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$



ΛΥΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ
ΑΣΚΗΣΕΩΝ

όπου το G είναι η σταθερά της παγκόσμιας έλξης για την οποία ισχύει:

$$G = 6.673 \cdot 10^{-13} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$$

Η δύναμη αυτή είναι διατηρητική και κεντρική.

Η βαρυτική έλξη ανάμεσα σε δύο σώματα, συγκαταλέγεται στην κατηγορία των δυνάμεων από απόσταση. Γίνεται αντιληπτό πως οι δυνάμεις αυτές δημιουργούν ένα πεδίο και οποιαδήποτε μάζα βρεθεί μέσα σε αυτό, της ασκείται μια δύναμη. Το πεδίο αυτό ονομάζεται βαρυτικό και είναι το ο χώρος στον οποίο κάθε μάζα δέχεται ελκτική βαρυτική δύναμη.

Πως περιγράφουμε το βαρυτικό πεδίο;



VIDEO ΜΑΘΗΜΑ

Το βαρυτικό πεδίο για να περιγραφεί, χρειάζεται να γνωρίζουμε την ένταση του και το δυναμικό του.

Η ένταση του πεδίου βαρύτητας είναι το μέγεθος g και είναι η διαίρεση της δύναμης προς την μάζα του σώματος, δίνεται από τον τύπο:

$$g = \frac{F}{m}$$

και έχει μονάδα μέτρησης ίδια με την επιτάχυνση (m/s^2). Από τον 2ο νόμο του Νεύτωνα ισχύει πως

$$a = g = \frac{F}{m}$$

Το δυναμικό του πεδίου βαρύτητας είναι η διαίρεση του έργου της δύναμης του πεδίου όταν μεταφέρεται μάζα m από το σημείο A στο άπειρο προς την μάζα αυτή, δίνεται από τον τύπο:

$$V_A = \frac{W_{A \rightarrow \infty}}{m}$$

και η μονάδα μέτρησής του είναι το $1J/K$.

Η διαφορά δυναμικού δύο σημείων A και B θα δίνεται από τον τύπο

$$V_A - V_B = \frac{W_{A \rightarrow B}}{m}.$$

Η διαφορά δυναμικού εκφράζει το έργο μιας δύναμης του πεδίου ανά μονάδα μάζας κατά τη μετακίνηση μιας μάζας από το A στο B .

Πεδίο το οποίο δημιουργείται από σημειακή μάζα.

Ποια είναι η ένταση του βαρυτικού πεδίου που δημιουργεί σημειακή μάζα;

Αν έχουμε μια σημειακή μάζα, δηλαδή ένα υλικό σημείο χωρίς διαστάσεις αλλά με μάζα. Για να βρεθεί η ένταση του βαρυτικού του πεδίου σε ένα τυχαίο σημείο A το οποίο απέχει απόσταση r , θα χρειαστεί να τοποθετήσουμε ένα σώμα στο συγκεκριμένο σημείο και να υπολογίζουμε την συμπεριφορά του.

Θεωρητικά η δοκιμαστική μάζα, θα δεχτεί μια ελκτική δύναμη F από το υλικό σημείο η οποία θα είναι:

$$F = G \frac{M \cdot m}{r^2}$$

όπου η M είναι η μάζα του μελετούμενου υλικού σημείου και m είναι η μάζα του δοκιμαστικού υλικού σημείου.

Άρα σύμφωνα με τον 2ο νόμο του Νεύτωνα η ένταση θα δίνεται από τον τύπο:

$$g = \frac{F}{m}$$

Αν σε αυτόν αντικαταστήσουμε την δύναμη που γράψαμε παραπάνω θα έχουμε:

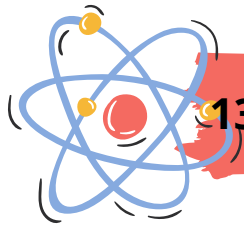
$$g = \frac{G \cdot M}{r^2}$$

Ποιο είναι το δυναμικό του;

Το δυναμικό που θα δημιουργεί το υλικό σημείο θα είναι: $V_A = -\frac{G \cdot M}{r}$.

Ποια είναι η δυναμική του ενέργεια;

Η δυναμική ενέργεια δίνεται από τον τύπο: $U = -\frac{G \cdot M \cdot m}{r}$.



13. Το βαρυτικό πεδίο της Γης.

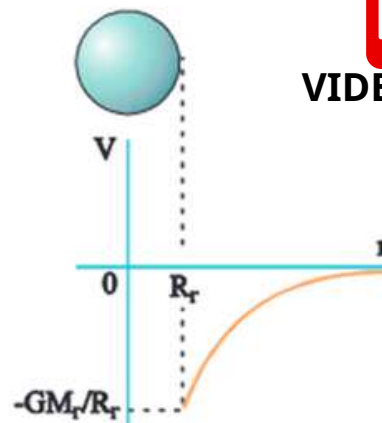
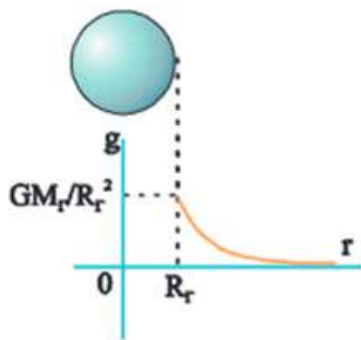


ΛΥΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Η Γη έχει πολύ μικρό μέγεθος σε σχέση με τον σύμπαν, οπότε θεωρητικά μπορούμε να πούμε πως η Γη είναι μια ομογενής σφαίρα, με ακτίνα $R_{\text{Γης}} = 6,38$ και η μάζα της είναι $M_{\text{Γης}} = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$.

Οπότε σύμφωνα με τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό πως η Γη δημιουργεί βαρυτικό πεδίο. Επειδή ακριβώς η Γη είναι πολύ μικρή όπως είπαμε πριν θα κάνουμε χρήση των τύπων του υλικού σημείου, μόνο που στην απόσταση θα προσθέτουμε την ακτίνα της δηλαδή, η ένταση της και το δυναμικό της θα γίνουν:

$$g = \frac{G \cdot M}{(R_{\text{Γης}} + r)^2} \quad V_A = -\frac{G \cdot M}{R_{\text{Γης}} + r} \quad \text{και τα γραφήματά τους θα είναι:}$$

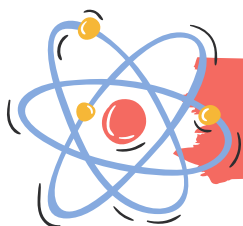


Σχήμα από το σχολικό βιβλίο.

Τι θα γίνει αν θέσω $r=0$ στην παραπάνω θέση;

Θα πάρω την επιτάχυνση της βαρύτητας στην επιφάνεια της Γης, δηλαδή:

$$g = \frac{G \cdot M}{(R_{\text{Γης}})^2} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2.$$



14. Ταχύτητα Διαφυγής- Μαύρες τρύπες



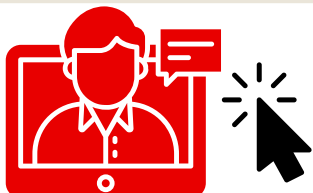
ΛΥΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ
ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Αντίθετα με την διαίσθησή μας, δεν μπορεί κάποιος να βγει από την ατμόσφαιρα της Γης και το μαγνητικό της πεδίο χωρίς να αναπτύξει μια συγκεκριμένη ταχύτητα, την οποία ονομάζουμε ταχύτητα διαφυγής.

Για να υπολογίσουμε αυτή την ταχύτητα, θα πρέπει να απλουστεύσουμε κάπως τα πράγματα, οπότε δεν θα λάβουμε υπόψη την περιστροφή της Γης γύρω από τον Ήλιο και τον εαυτό της, τις βαρυτικές αλληλεπιδράσεις με άλλα ουράνια σώματα και την αντίσταση του αέρα.

Η βαρυτική δύναμη γνωρίζουμε πως είναι συντηρητική, οπότε θα ισχύει η αρχή διατήρησης της μηχανικής ενέργειας. Άρα ανάμεσα στα δύο σημεία που θα μελετήσουμε θα ισχύει $K_1 + U_1 = K_2 + U_2$.

Αν μηδενίσουμε την U_2 , καθώς στο σημείο αυτό δεν υπάρχει πλέον βαρυτική αλληλεπίδραση και την K_2 καθώς θα φτάσει εκεί με μηδενική ταχύτητα, θα ισχύει ότι:



$$K_1 + U_1 = 0 \Rightarrow \frac{1}{2} m u_\delta^2 - \frac{G \cdot M_{\text{r\eta\varsigma}}}{R_{\text{r\eta\varsigma}}} \Rightarrow u_\delta = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot M_{\text{r\eta\varsigma}}}{R_{\text{r\eta\varsigma}}}} \cdot 40320 \text{ m/s}$$

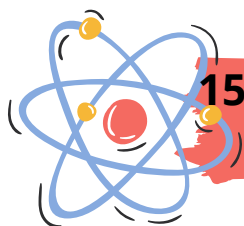
Η παραπάνω ταχύτητα ονομάζεται ταχύτητα διαφυγής. Και με την ίδια διαδικασία θα βρίσκετε για οποιοδήποτε ουράνιο σώμα η **ταχύτητα διαφυγής**. Αν έχουμε συγκεκριμένο ύψος από το οποίο εκτοξεύεται το σώμα τότε η ταχύτητα διαφυγής θα δίνεται από τον τύπο:

$$u_\delta = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot M_{\text{r\eta\varsigma}}}{R_{\text{r\eta\varsigma}} + h}}, \text{ όπου } h \text{ είναι το ύψος.}$$

Η μεγαλύτερη ταχύτητα που μπορεί να επιτευχθεί είναι αυτή του φωτός και είναι $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

Αν κάνουμε αυτή την ταχύτητα αντικατάσταση στον τύπο της ταχύτητας διαφυγής θα βρούμε την ακτίνα Schwarzschild.

Η ακτίνα αυτή μας λέει πως μέσα σε αυτή την απόσταση δεν μπορεί να διαφύγει τίποτα, ούτε καν το φως. Τα σώματα με τόσο ισχυρό βαρυτικό πεδίο, ονομάζονται μελανές οπές ή μαύρες τρύπες.



15. Σύγκριση ηλεκτροστατικού και βαρυτικού πεδίου.



ΛΥΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Οι ομοιότητες στους τύπους της παγκόσμιας έλξης και στο νόμο του Coulomb, μπορεί να μας οδηγήσει στην σκέψη πως υπάρχουν αναλογίες ανάμεσα στα πεδία. Αυτό δεν είναι ακριβώς αλήθεια καθώς έχουν πολύ περισσότερες διαφορές από ότι ομοιότητες.

Οι βασικές διαφορές είναι πως:



- υπάρχουν δύο είδη ηλεκτρικού φορτίο αλλά μόνο ένα είδος μάζας
- οι ηλεκτροστατικές δυνάμεις μπορούν να γίνουν αποστικές ενώ οι βαρυτικές είναι αποκλειστικά ελκτικές
- οι ηλεκτροστατικές δυνάμεις έχουν σχέση με το είδος του υλικού, ενώ οι βαρυτικές δεν έχουν.



ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΕΚΔΟΣΗΣ:
Πρόδρομος Μιχαλάκης

© ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΛΥΣΑΡΙ | LISARI.GR
& Πρόδρομος Μιχαλάκης



Πανόρμου 14 & Σμύρνης,
12242, Αιγάλεω
τηλ.: 210 5982 614
e-mail: info@lisari.gr
www.lisari.gr

Το παρόν έργο πνευματικής ιδιοκτησίας προστατεύεται από τις διατάξεις της ελληνικής νομοθεσίας (Ν 2121/1993 όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει σήμερα) και από τις διεθνείς συμβάσεις περί πνευματικής ιδιοκτησίας. Απαγορεύεται απολύτως η χωρίς γραπτή άδεια του εκδότη κατά οποιονδήποτε τρόπο ή οποιοδήποτε μέσο (ηλεκτρονικό, μηχανικό ή άλλο) αντιγραφή, φωτοανατύπωση και εν γένει αναπαραγωγή, εκμίσθωση ή δανεισμός, μετάφραση, διασκευή, αναμετάδοση στο κοινό σε οποιαδήποτε μορφή και η εν γένει εκμετάλλευση του συνόλου ή μέρους του έργου.

