

Οδηγός Επιτυχίας
ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ

ΦΥΣΙΚΗ
ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ

νέο φροντιστήριο

Β ΛΥΚΕΙΟΥ

ΘΕΤΙΚΕΣ ΣΠΟΥΔΕΣ

Κεφάλαιο 1 – Καμπυλόγραμμες κινήσεις: Οριζόντια βολή, κυκλική κίνηση

1.1 Οριζόντια βολή

Οριζόντια βολή: είναι η σύνθετη κίνηση που αποτελείται από δύο απλές κινήσεις, μία κατακόρυφη που είναι ελεύθερη πτώση και μία οριζόντια που είναι ευθύγραμμη ομαλή.

Αρχή ανεξαρτησίας των κινήσεων: Όταν ένα σώμα εκτελεί ταυτόχρονα δύο ή περισσότερες κινήσεις, κάθε μία απ' αυτές εκτελείται εντελώς ανεξάρτητα από τις υπόλοιπες και η θέση στην οποία φτάνει το κινητό μετά από χρόνο t , είναι η ίδια είτε οι κινήσεις εκτελούνται ταυτόχρονα, είτε εκτελούνται διαδοχικά, σε χρόνο t κάθε μία. Δηλαδή: $\vec{u} = \vec{u}_1 + \vec{u}_2$ και $\vec{x} = \vec{x}_1 + \vec{x}_2$

Εξισώσεις στην Οριζόντια βολή

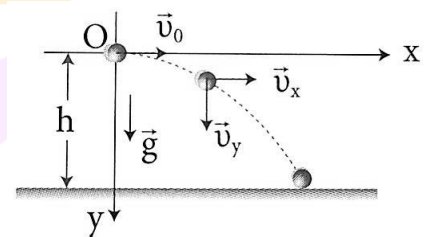
Ορίζουμε ένα ορθογώνιο σύστημα αξόνων Ox και Oy , έτσι ώστε η αρχή O , να ταυτίζεται με το σημείο εκτόξευσης.

Άξονας Ox : Η κίνηση είναι ευθύγραμμη και ομαλή και ισχύουν οι εξισώσεις:

$$u_x = u_0$$

και

$$x = u_0 \cdot t$$



Άξονας Oy : Η κίνηση είναι ελεύθερη πτώση και ισχύουν οι εξισώσεις:

$$u_y = g \cdot t$$

και

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

• Ταχύτητα του σώματος σε οποιαδήποτε θέση

Η ταχύτητα υπολογίζεται από το διανυσματικό άθροισμα των ταχυτήτων: $u_x = u_0$ και $u_y = gt$

Για το μέτρο έχουμε: $u = \sqrt{u_x^2 + u_y^2}$ ή $u = \sqrt{u_0^2 + g^2 t^2}$

και διεύθυνση που σχηματίζει γωνία θ με την διεύθυνση της u_0 . Η γωνία θ υπολογίζεται από την

σχέση: $\epsilon\phi\theta = \frac{u_y}{u_x}$

• **Βεληνεκές** μιας οριζόντιας βολής ονομάζουμε την οριζόντια απόσταση που διανύει το σώμα μέχρι να φτάσει στο έδαφος.

• **Εξίσωση τροχιάς** είναι μία σχέση μεταξύ των συντεταγμένων x και y , και δείχνει το είδος της τροχιάς.

$$\left. \begin{array}{l} x = u_0 t \\ y = \frac{1}{2} g t^2 \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} t = \frac{x}{u_0} \\ y = \frac{1}{2} g t^2 \end{array} \right\} \Rightarrow y = \frac{1}{2} g \left(\frac{x}{u_0} \right)^2 \Rightarrow \boxed{y = \frac{g}{2u_0^2} x^2}$$
 Η εξίσωση παριστάνει μια **παραβολή**.

1.2 Κυκλική κίνηση

Ομαλή κυκλική κίνηση: Μια κυκλική κίνηση ονομάζεται ομαλή, όταν το μέτρο της ταχύτητας του σώματος που εκτελεί την κίνηση αυτή παραμένει σταθερό.

Περίοδος T ονομάζεται ο χρόνος που χρειάζεται το κινητό ώστε να εκτελέσει μία πλήρη περιφορά.

Συχνότητα f ονομάζεται ο αριθμός των περιφορών N που εκτελεί το κινητό στη μονάδα του χρόνου. Η συχνότητα μπορεί να υπολογιστεί από τον τύπο:

$$f = \frac{N}{\Delta t}$$

Η μονάδα μέτρησης της συχνότητας στο σύστημα μονάδων S.I. είναι το 1 Hz (Χερτζ),

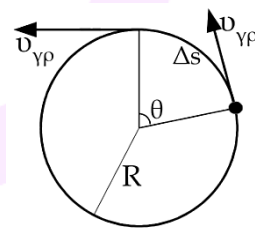
- Σε χρόνο $\Delta t = T$ το σώμα διαγράφει έναν κύκλο ($N=1$), έτσι η σχέση γίνεται: $f = \frac{1}{T}$

Η ομαλή κυκλική κίνηση εντάσσεται σε μια μεγάλη κατηγορία κινήσεων που λέγονται **περιοδικές**.

Ομαλή κυκλική κίνηση

Στην ομαλή κυκλική κίνηση το μέτρο της γραμμικής ταχύτητας είναι σταθερό, έτσι το τόξο που διαγράφει το σώμα είναι ανάλογο του χρόνου κίνησης. Ισχύει η σχέση:

$$u = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$



Η διεύθυνση της γραμμικής ταχύτητας συνεχώς μεταβάλλεται, ώστε να εφάπτεται σε κάθε σημείο του κύκλου.

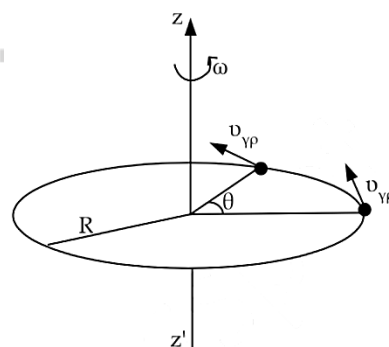
- Σε χρόνο $\Delta t = T$ το σώμα διαγράφει όπως είπαμε έναν ολόκληρο κύκλο δηλαδή διαγράφει τόξο μήκους $S = 2\pi r$ παραπάνω σχέση γίνεται:

$$u = \frac{2\pi r}{T} \quad \text{ή} \quad u = 2\pi r f$$

Γωνιακή Ταχύτητα

Όταν το σώμα κινείται πάνω στην κυκλική τροχιά του, τότε στη διάρκεια του χρόνου Δt η ακτίνα του κύκλου διαγράφει γωνία $\Delta\theta$. Ονομάζουμε γωνιακή ταχύτητα ω του κινητού το πηλίκο της γωνίας $\Delta\theta$ προς το χρόνο αυτό.

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)$$



Το διάνυσμα της γωνιακής ταχύτητας είναι κάθετο στο επίπεδο της κυκλικής τροχιάς του σώματος και η φορά του καθορίζεται από τον πρακτικό κανόνα του δεξιού χεριού.

- Στην ομαλή κυκλική κίνηση η γωνιακή ταχύτητα είναι σταθερή. Σε χρόνο $\Delta t = T$ το σώμα διαγράφει έναν ολόκληρο κύκλο, οπότε η γωνία θ είναι ίση με 2π rad. Έτσι η παραπάνω σχέση γράφεται:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \text{ή} \quad u = 2\pi f$$

➤ Συνδυάζοντας τις σχέσεις $u = 2\pi r f$ και $\omega = 2\pi f$ έχουμε: $u = \omega \cdot r$

Κεντρομόλος επιτάχυνση

Στην ομαλή κυκλική κίνηση το μέτρο της γραμμικής ταχύτητας παραμένει σταθερό αλλά η διεύθυνσή της μεταβάλλεται διαρκώς. Επομένως υπάρχει επιτάχυνση η οποία πιο συγκεκριμένα ονομάζεται κεντρομόλος επιτάχυνση α_k . Το μέτρο της κεντρομόλου επιτάχυνσης είναι ίσο με:

$$\alpha_k = \frac{u^2}{r} \quad \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)$$

Η κεντρομόλος επιτάχυνση έχει διεύθυνση κάθετη στην γραμμική ταχύτητα και φορά προς το κέντρο της κυκλικής τροχιάς.

- Σχέση που συνδέει το μέτρο της κεντρομόλου επιτάχυνσης και της γωνιακής ταχύτητας:

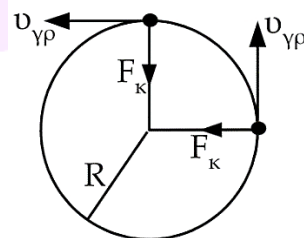
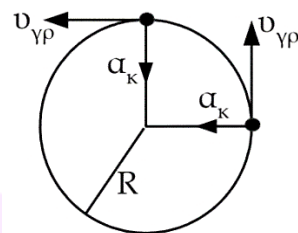
$$\alpha_k = \omega^2 r$$

Κεντρομόλος Δύναμη

Η δύναμη που προκαλεί την κεντρομόλο επιτάχυνση είναι η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα στη διεύθυνση της επιβατικής ακτίνας και ονομάζεται κεντρομόλος δύναμη F_k . Σύμφωνα με το θεμελιώδη νόμο της μηχανικής, για το μέτρο της δύναμης F_k ισχύει:

$$F_k = m\alpha_k \quad \text{ή} \quad F_k = \frac{mu^2}{r}$$

Η κεντρομόλος δύναμη έχει την ίδια κατεύθυνση με την κεντρομόλο επιτάχυνση, δηλαδή έχει κατεύθυνση προς το κέντρο της κυκλικής τροχιάς. Στην ομαλή κυκλική κίνηση η συνισταμένη δύναμη που δέχεται το σώμα είναι η κεντρομόλος.



Κεφάλαιο 2 – Διατήρηση της ορμής

- **Σύστημα σωμάτων:** Ένα σύνολο σωμάτων τα οποία αλληλεπιδρούν αποτελούν ένα σύστημα σωμάτων.
- **Εσωτερικές Δυνάμεις:** Δυνάμεις που ασκούνται ανάμεσα στα σώματα που αποτελούν το σύστημα.
- **Εξωτερικές Δυνάμεις:** Δυνάμεις που ασκούνται σε σώματα του συστήματος, από σώματα που δεν ανήκουν σε αυτό.

- **Μονωμένο σύστημα σωμάτων:** Το σύστημα σωμάτων στο οποίο δεν ασκούνται κα(ι)όλου εξωτερικές δυνάμεις, ή ασκούνται και έχουν συνισταμένη μηδέν.

Ορμή – Μεταβολή της ορμής

Ορμή ενός σώματος είναι το φυσικό διανυσματικό μέγεθος που η τιμή του εξαρτάται από η μάζα και τη ταχύτητα του σώματος. Δίνεται από την σχέση:

$$\vec{P} = m \cdot \vec{u} \quad \left(\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}} \right)$$

Κατεύθυνση: είναι ίδια με την κατεύθυνση της ταχύτητας του σώματος.

- Η σχέση που συνδέει το μέτρο της ορμής με την κινητική του ενέργεια: $K = \frac{p^2}{2m}$
- Η μεταβολή της ορμής δίνεται από την σχέση: $\Delta \vec{P} = \vec{P}_{\text{τελ}} - \vec{P}_{\text{αρχ}} = m\vec{u}_{\text{τελ}} - m\vec{u}_{\text{αρχ}} = m(\vec{u}_{\text{τελ}} + (-\vec{u}_{\text{αρχ}}))$
- Γενικευμένη έκφραση 2^{ου} νόμου Νεύτωνα: $\Sigma \vec{F} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t}$.

Για να αλλάξει η ορμή ενός σώματος απαιτείται η άσκηση δύναμης.

Η διατήρηση της ορμής στις κρούσεις:

Κατά την κρούση δύο (ή περισσότερων) σωμάτων επειδή η διάρκεια της είναι πολύ μικρή οι ωθήσεις εξωτερικών δυνάμεων είναι αμελητέες. Το σύστημα των σωμάτων θεωρούμε ότι είναι μονωμένο. Οι εξωτερικές δυνάμεις είναι μηδενικές σε σχέση με τις εσωτερικές κατά την διάρκεια της κρούσης, Οπότε $\Sigma \vec{F} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t}$. Δηλαδή στη κρούση η ορμή ενός συστήματος σωμάτων διατηρείται σταθερή, οπότε η ορμή του συστήματος πριν τη κρούση είναι ίση με την ορμή του συστήματος μετά την κρούση

$$P_{\text{ολ}} = \text{σταθ.} \quad \text{ή} \quad \vec{P}_{\text{ολ(πριν)}} = \vec{P}_{\text{ολ(μετά)}}$$

Η ενέργεια στις κρούσεις

- **Ελαστική κρούση** καλείται η κρούση στην οποία η κινητική ενέργεια του συστήματος των συγκρουόμενων σωμάτων θα διατηρείται σταθερή, δηλαδή:

$$K_{\text{ολ}} = \text{σταθ.} \quad \text{ή} \quad K_{\text{ολ(πριν)}} = K_{\text{ολ(μετά)}}$$

- **Ανελαστική Κρούση** καλείται η κρούση στην οποία ένα μέρος της αρχικής κινητικής ενέργειάς των συγκρουόμενων σωμάτων μετατρέπεται σε θερμότητα. Στην ανελαστική κρούση είναι:

$$K_{\text{ολ(πριν)}} > K_{\text{ολ(μετά)}}$$

- **Πλαστική Κρούση** καλείται η κρούση στην οποία τα συγκρουόμενα σώματα μετά το πέρας της κρούσης δημιουργούν και κινούνται ως συσσωμάτωμα. Μέρος της αρχικής κινητικής ενέργειας μετατρέπεται σε θερμότητα και το σύστημα των σωμάτων χάνει ενέργεια ίση με:

$$E_{\text{απωλ}} = K_{\text{ολ(πριν)}} - K_{\text{ολ(μετά)}}$$

Κεφάλαιο 3 – Κινητική θεωρία αερίων

Πίεση: Πίεση (P) είναι το μονόμετρο μέγεθος που ορίζεται ως το πηλίκο του μέτρου της δύναμης (F) η οποία ασκείται κάθετα σε μια επιφάνεια εμβαδού A προς το εμβαδόν της επιφάνειας αυτής.

$$P = \frac{F}{A}$$

Μονάδα πίεσης στο S.I. είναι το $1 \frac{N}{m^2}$, που ονομάζεται και Pascal (Pa). Μια πρακτική μονάδα πίεσης είναι η **1 atm** (1 ατμόσφαιρα), η οποία αντιστοιχεί στη μέση πίεση της ατμόσφαιρας στην επιφάνεια της θάλασσας. Η σχέση των μονάδων atm και N/m^2 είναι **$1 \text{ atm} = 1,013 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}$**

Όγκος: Μονάδα μέτρησης του όγκου V στο σύστημα μονάδων S.I. είναι το **$1 m^3$** .

Άλλες μονάδες όγκου που χρησιμοποιούνται είναι το $1 dm^3 = 1 L$ και το $1 cm^3 = 1 mL$.

Θερμοκρασία: Μονάδα μέτρησης της θερμοκρασίας T στο σύστημα μονάδων S.I. είναι το Κέλβιν **K**.

$$T = 273 + \theta$$

Ποσότητα ύλης 1 mole: 1 mole είναι η ποσότητα μιας ουσίας που περιέχει N_A διακεκριμένα σωματίδια (μόρια, άτομα ή ιόντα). Ο αριθμός $N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$ ονομάζεται **αριθμός Avogadro**.

- Ο αριθμός των μορίων (N) μιας ποσότητας αερίου και ο αριθμός των moles αυτής της ποσότητας (n) συνδέονται με τη σχέση: $n = \frac{N}{N_A}$, γι' αυτό και ισχύει: **$N = n \cdot N_A$**
- Η μάζα του 1 mole μιας ουσίας ονομάζεται **γραμμομοριακή μάζα (M)** και είναι ίση με τη σχετική μοριακή μάζα (Mr) της ουσίας σε γραμμάρια (g). Δηλαδή: $M = (Mr) \frac{g}{mol} = (Mr) \cdot 10^{-3} \frac{kg}{mol}$

Αν n είναι ο αριθμός των moles μιας ουσίας και m η μάζα της, τότε ισχύει: **$m = n \cdot M$** ή **$n = \frac{m}{M}$**

NΟΜΟΙ ΑΕΡΙΩΝ

Μακροσκοπική μελέτη: Για τη μελέτη της συμπεριφοράς μιας ποσότητας αερίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν φυσικά που χαρακτηρίζουν ολόκληρο το (αέριο και μπορούν να εκτιμηθούν εύκολα με πειραματικά όργανα. Τέτοια είναι η πίεση η και ο όγκος και λέγονται μακροσκοπικά και μια τέτοια μελέτη λέγεται μακροσκοπική.

Νόμος του Boyle (Ισόθερμη μεταβολή)

Η μεταβολή στην οποία υπόκειται ορισμένη ποσότητα αερίου λέγεται **ισόθερμη**, αν σε **όλη τη διάρκεια** της μεταβολής η **θερμοκρασία του αερίου παραμένει σταθερή**. Ο νόμος του Boyle διατυπώνεται ως εξής:

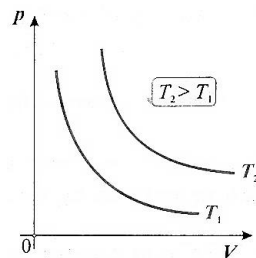
Η **πίεση** ορισμένης ποσότητας αερίου, του οποίου η θερμοκρασία παραμένει σταθερή, είναι **αντιστρόφως ανάλογη με τον όγκο** του αερίου.

Η μαθηματική διατύπωση του νόμου είναι η εξής: $P \cdot V = \text{σταθ.}$ για $T = \text{σταθ.}$

Αν ορισμένη ποσότητα αερίου μεταβαίνει ισόθερμα από μια κατάσταση A (P_A, V_A, T_A) σε μια κατάσταση B (P_B, V_B, T_B), δηλαδή $T_A = T_B$, τότε μπορούμε να γράψουμε:

$$P_A \cdot V_A = P_B \cdot V_B$$

Στο διάγραμμα παριστάνεται γραφικά η πίεση του αερίου σε συνάρτηση με τον όγκο του. Για θερμοκρασίες T_1 και T_2 για τις οποίες ισχύει $T_2 > T_1$.



Νόμος του Charles (ισόχωρη μεταβολή):

Η μεταβολή στην οποία υπόκειται ορισμένη ποσότητα αερίου λέγεται **ισόχωρη**, αν σε **όλη τη διάρκεια** της μεταβολής **ο όγκος του αερίου παραμένει σταθερός**. Ο νόμος του Charles διατυπώνεται ως εξής:

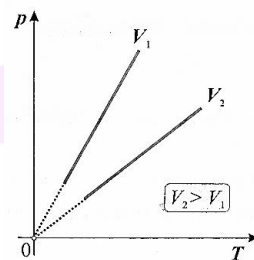
Η **πίεση** ορισμένης ποσότητας αερίου, του οποίου ο όγκος διατηρείται σταθερός, είναι **ανάλογη με την απόλυτη θερμοκρασία** του αερίου.

Η μαθηματική διατύπωση του νόμου είναι η εξής: $\frac{P}{T} = \text{σταθ.}$ για $V = \text{σταθ.}$

Αν ορισμένη ποσότητα αερίου μεταβαίνει από μια κατάσταση A (P_A, V_A, T_A) σε μια κατάσταση B ($P_B,$

V_B, T_B) του ίδιου όγκου ($V_A = V_B$), μπορούμε να γράψουμε: $\frac{P_A}{T_A} = \frac{P_B}{T_B}$

Στο διάγραμμα παριστάνεται γραφικά η μεταβολή της πίεσης σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία, για δύο διαφορετικές τιμές του όγκου V_1 και V_2 με $V_1 < V_2$.



Νόμος του Gay – Lussac (Ισοβαρής μεταβολή)

Η μεταβολή στην οποία υπόκειται ορισμένη ποσότητα αερίου λέγεται **ισοβαρής**, αν σε **όλη τη διάρκεια** της μεταβολής **η πίεση του αερίου παραμένει σταθερή**. Ο νόμος του **Gay – Lussac** διατυπώνεται ως εξής:

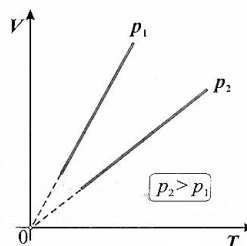
Όταν η πίεση ορισμένης ποσότητας αερίου παραμένει σταθερή, ο **όγκος του αερίου είναι ανάλογος με την απόλυτη θερμοκρασία** του.

Η μαθηματική διατύπωση του νόμου είναι η εξής: $\frac{V}{T} = \text{σταθ.}$ για $P = \text{σταθ.}$

Αν ορισμένη ποσότητα αερίου μεταβαίνει από μια κατάσταση A (P_A, V_A, T_A) σε μια κατάσταση B ($P_B,$

V_B, T_B) της ίδιας πίεσης ($P_A = P_B$), τότε μπορούμε να γράψουμε: $\frac{V_A}{T_A} = \frac{V_B}{T_B}$

Στο διάγραμμα παριστάνεται γραφικά η μεταβολή του όγκου σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία, για δυο τιμές της πίεσης P_1 και P_2 με $P_1 < P_2$.



Συνδυαστικός νόμος: Αν συνδυαστούν οι τρεις νόμοι των αερίων που αναφέρθηκαν προηγουμένα, προκύπτει ο συνδυαστικός νόμος, ο οποίος ισχύει ακόμα και αν όλα τα μεγέθη P , V , T μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια μιας μεταβολής. Ο συνδυαστικός νόμος και οι νόμοι των αερίων που αναφέρθηκαν, ισχύουν μόνο στην περίπτωση όπου **η ποσότητα του αερίου παραμένει σταθερή**.

Η μαθηματική έκφραση του συνδυαστικού νόμου είναι: $\frac{P \cdot V}{T} = \text{σταθ.}$

Για ορισμένη ποσότητα αερίου, σε δύο διαφορετικές καταστάσεις $A (P_A, V_A, T_A)$ και $B (P_B, V_B, T_B)$ γράφουμε:

$$\frac{P_A \cdot V_A}{T_A} = \frac{P_B \cdot V_B}{T_B}$$

ΚΑΤΑΣΤΑΤΙΚΗ ΕΞΙΣΩΣΗ ΤΩΝ ΙΔΑΝΙΚΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

Ιδανικό αέριο ονομάζεται το αέριο που υπακούει στους τρεις νόμους των αερίων σε οποιοδήποτε συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας και αν βρίσκεται.

Η **Καταστατική εξίσωση** είναι μια εξίσωση που συνδέει την πίεση, τον όγκο, την απόλυτη θερμοκρασία και τον αριθμό των moles ενός αερίου σε οποιαδήποτε κατάσταση ισορροπίας του αερίου. Από το συνδυασμό των τριών νόμων για το ιδανικό αέριο προκύπτει η εξίσωση:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

η οποία ονομάζεται **καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων**. Η σταθερά R ονομάζεται **παγκόσμια σταθερά των ιδανικών αερίων** και η τιμή της εξαρτάται από τις μονάδες μέτρησης των P , V και T .

- Στο σύστημα μονάδων S.I., όπου μονάδα μέτρησης της πίεσης είναι το 1 N/m^2 , του όγκου το 1 m^3 και της απόλυτης θερμοκρασίας το 1 K , η σταθερά R ισούται με: $R = 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$
- Αν ως μονάδα μέτρησης της πίεσης χρησιμοποιείται η 1 atm και του όγκου το 1 L , τότε η σταθερά R ισούται με: $R = 0,082 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$

Καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων σε συνάρτηση με την πυκνότητα του αερίου.

Επειδή ισχύει $n = \frac{m}{M}$, όπου n ο αριθμός των moles και M η γραμμομοριακή μάζα, η καταστατική εξίσωση παίρνει τη μορφή: $PV = \frac{m}{M} RT$

Από τη σχέση ορισμού της πυκνότητας $\rho = \frac{m}{V}$ προκύπτει ότι $m = \rho \cdot V$. Άρα $PV = \frac{\rho V}{M} RT$ και τελικά:

$$P = \rho \frac{RT}{M}$$

Η παραπάνω μορφή της καταστατικής εξίσωσης χρησιμοποιείται πολύ συχνά αν δίνεται ή ζητείται η πυκνότητα ενός αερίου σε κάποια πίεση ή θερμοκρασία.

ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ

Η μακροσκοπική συμπεριφορά των αερίων ερμηνεύτηκε ποιητικά με την **κινητική θεωρία των αερίων**. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, υποθέτουμε ότι τα αέρια αποτελούνται από ένα πολύ μεγάλο πλήθος απειροελάχιστων σφαιριδίων, τα οποία κινούνται άτακτα (τυχαία) μέσα στον χώρο που καταλαμβάνει το αέριο. Τα σφαιρίδια είναι στην ουσία τα μόρια του αερίου.

Η κινητική θεωρία στηρίχτηκε στις εξής παραδοχές:

- Τα μόρια του αερίου θεωρούνται μικροσκοπικές, απόλυτα ελαστικές σφαίρες. Ο όγκος που καταλαμβάνουν συνολικά τα μόρια του αερίου σε σχέση με τον όγκο του δοχείου είναι αμελητέος.
- Δεν ασκούνται δυνάμεις αλληλεπίδρασης μεταξύ των μορίων. Δυνάμεις αναπτύσσονται μόνο κατά τη διάρκεια της κρούσης των μορίων με άλλα μόρια ή με τα τοιχώματα του δοχείου.
- Οι κρούσεις των μορίων με τα τοιχώματα του δοχείου είναι ελαστικές, γι' αυτό δε μεταβάλλεται η κινητική ενέργεια των μορίων. Όμως, η διάρκεια κάθε κρούσης είναι αμελητέα.

Η πίεση που ασκεί ένα αέριο που βρίσκεται μέσα σε ένα δοχείο οφείλεται όμως κρούσεις των

μορίων του στα τοιχώματα του δοχείου:
$$P = \frac{1}{3} N \frac{m \bar{u}^2}{V}$$

όπου N αριθμός των μορίων του αερίου, m η μάζα κάθε μορίου, V ο όγκος του αερίου και $\bar{u}^2$ η μέση τιμή των τετραγώνων των ταχυτήτων των μορίων του αερίου.

Η προηγούμενη σχέση μπορεί να πάρει την μορφή αντικαθιστώντας την ολική μάζα του αερίου με

$$m_{\text{ολ}} = N \cdot m \text{ και } m = \rho \cdot V: P = \frac{1}{3} \frac{m_{\text{ολ}} \bar{u}^2}{V} \quad \text{ή} \quad P = \frac{1}{3} \frac{m_{\text{ολ}}}{V} \bar{u}^2 = \frac{1}{3} \rho \bar{u}^2 \quad \text{ή} \quad \boxed{\rho = \frac{3P}{\bar{u}^2}}$$

Όμως η κινητική θεωρία των αερίων συνδέει τη **μέση μεταφορική κινητική ενέργεια των μορίων του αερίου** $K = \frac{1}{2} m \bar{u}^2$, οπότε προκύπτει ότι: $PV = \frac{2}{3} N \bar{K}$

Υπολογίστηκε όμως πιο πάνω ότι $PV = NkT$. Οπότε:
$$\left. \begin{array}{l} PV = \frac{2}{3} N \bar{K} \\ PV = NkT \end{array} \right\} \Rightarrow NkT = \frac{2}{3} N \bar{K} \Rightarrow \bar{K} = \frac{3}{2} kT$$

Επομένως η μέση κινητική ενέργεια των μορίων του ιδανικού αερίου είναι ανάλογη με την απόλυτη

θερμοκρασία μέσω της σχέσης:
$$\boxed{\bar{K} = \frac{3}{2} kT}$$

Η **ενεργός ταχύτητα** συμβολίζεται u_{ev} και είναι ίση με:
$$\boxed{u_{\text{ev}} = \sqrt{\bar{u}^2} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}}$$

Η ενεργός ταχύτητα, αντικαθιστώντας την σταθερά Boltzmann (όπου με $k = R/N_A$

$$\text{με } k = 1,381 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}): \bar{u}^2 = \frac{3kT}{m} \Rightarrow \bar{u}^2 = \frac{3 \frac{R}{N_A} T}{m} \Rightarrow \boxed{\bar{u}^2 = \frac{3RT}{N_A m}} \Rightarrow \boxed{u_{\text{ev}} = \sqrt{\bar{u}^2} = \sqrt{\frac{3RT}{M_r}}}$$

Κεφάλαιο 4 – Θερμοδυναμική

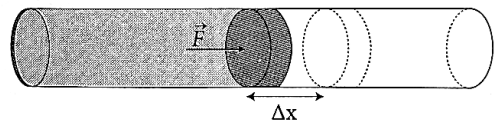
Θερμοδυναμικό σύστημα είναι αυτό που για την περιγραφή του χρησιμοποιούνται θερμοδυναμικά μεγέθη όπως πίεση, όγκος, εσωτερική ενέργεια κλπ.

Θερμοδυναμικά μονωμένο χαρακτηρίζεται ένα σύστημα όταν δεν ανταλλάσσει θερμότητα με το περιβάλλον του.

Μια ποσότητα αερίου βρίσκεται σε κατάσταση **θερμοδυναμικής ισορροπίας** όταν η πίεση (P), η πυκνότητα (ρ) και η θερμοκρασία του (T) έχουν την ίδια τιμή σε όλη την έκταση του αερίου.

Αντιστρεπτή ονομάζεται εκείνη η μεταβολή κατά την οποία υπάρχει η δυνατότητα επαναφοράς του συστήματος και του περιβάλλοντος στην αρχική τους κατάσταση.

Έργο: Το αέριο του σχήματος εκτονώνεται και το έμβολο μετατοπίζεται κατά Δx . Η δύναμη F που ασκεί το αέριο στο έμβολο παράγει έργο ΔW . Τα μόρια του αερίου μέσα στον κύλινδρο συγκρούονται με τα τοιχώματα του κυλίνδρου ασκούν δυνάμεις σ' αυτά. Έστω. Αν το έμβολο μετακινηθεί προς τα έξω κατά την πολύ μικρή απόσταση Δx , το έργο που παράγει η δύναμη που ασκεί το αέριο στο έμβολο είναι:



$$\Delta W = F \cdot \Delta x \quad \xRightarrow{F=P \cdot A} \quad \Delta W = P \cdot A \cdot \Delta x \quad \xRightarrow{P \cdot \Delta x = \Delta P} \quad \Delta W = P \cdot \Delta V$$

- **Υπολογισμός του έργου γραφικά:** Το έργο ενός αερίου σε μια αντιστρεπτή μεταβολή είναι αριθμητικά ίσο με το **εμβαδόν** της επιφάνειας που περικλείεται από τη γραμμή του διαγράμματος και τον άξονα των όγκων V , στο διάγραμμα πίεσης P – όγκου V .

Θερμότητα: Η ενέργεια που μεταφέρεται λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας δύο σωμάτων ονομάζεται θερμότητα και συμβολίζεται με **Q** . Στο S.I. μετριέται σε Joule.

Εσωτερική ενέργεια: Εσωτερική ενέργεια ενός σώματος ονομάζεται το άθροισμα των ενεργειών των σωματιδίων το απαρτίζουν, ως αποτέλεσμα της σχετικής τους κίνησης ως προς το κέντρο μάζας του σώματος και των αλληλεπιδράσεων μεταξύ τους. Επειδή στο ιδανικό αέριο τα μόρια δεν αλληλεπιδρούν μεταξύ τους η εσωτερική ενέργεια οφείλεται μόνο στη μεταφορική κινητική ενέργεια των μορίων

Αν το αέριο περιέχει N μόρια, η εσωτερική του ενέργεια θα είναι:

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

1ος Θερμοδυναμικός νόμος: Το ποσό θερμότητας (Q) που απορροφά ή αποβάλλει ένα θερμοδυναμικό σύστημα είναι ίσο με το αλγεβρικό άθροισμα της μεταβολής της εσωτερικής του ενέργειας και του έργου που παράγει ή δαπανά το σύστημα.

$$Q = \Delta U + W$$

Ο 1ος Θερμοδυναμικός νόμος εκφράζει την **αρχή διατήρησης της ενέργειας στα θερμοδυναμικά συστήματα**

ΑΝΤΙΣΤΡΕΠΤΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΙΔΑΝΙΚΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

Ισόθερμη μεταβολή: Έστω ορισμένη ποσότητα ιδανικού αερίου, η οποία υπόκειται σε ισόθερμη αντιστρεπτή μεταβολή από μια κατάσταση Α σε μια κατάσταση Β. Για τη μεταβολή αυτή ισχύει ο νόμος του Boyle:

$$P \cdot V = \text{σταθερό} \quad \text{ή} \quad P_A V_A = P_B V_B$$

- **Έργο:** Αποδεικνύεται ότι το έργο δίνεται από την σχέση: $W = nRT \ln \frac{V_\tau}{V_\alpha}$
- **Μεταβολή εσωτερικής ενέργειας:** $\Delta U = \frac{3}{2} nR \cdot \Delta T \Rightarrow \Delta U = 0$
αφού $\Delta T = 0$ (στην ισόθερμη μεταβολή η θερμοκρασία δεν μεταβάλλεται).
- **Θερμότητα:** Από τον 1^ο θερμοδυναμικό νόμο: $Q = \cancel{\Delta U}^0 + W \Rightarrow Q = W \Rightarrow Q = nRT \ln \frac{V_\tau}{V_\alpha}$

Ισόχωρη μεταβολή: Έστω ορισμένη ποσότητα ιδανικού αερίου, η οποία υπόκειται σε ισόχωρη αντιστρεπτή μεταβολή από μια κατάσταση Α σε μια κατάσταση Β. Για τη μεταβολή αυτή ισχύει ο νόμος του Charles:

$$\frac{P}{T} = \text{σταθερό} \quad \text{ή} \quad \frac{P_A}{T_A} = \frac{P_B}{T_B}$$

- **Έργο:** Το έργο του αερίου είναι μηδέν. $W = P \cdot \Delta V \Rightarrow W = P \cdot 0 \Rightarrow W = 0$
- **Μεταβολή εσωτερικής ενέργειας:** $\Delta U = \frac{3}{2} nR \cdot \Delta T$
- **Θερμότητα:** Από τον 1^ο θερμοδυναμικό νόμο: $Q = \Delta U + \cancel{W}^0 \Rightarrow Q = W \Rightarrow Q = \frac{3}{2} nR \cdot \Delta T$

Ισοβαρής μεταβολή: Έστω ορισμένη ποσότητα ιδανικού αερίου, η οποία υπόκειται σε ισοβαρή αντιστρεπτή μεταβολή από μια κατάσταση Α σε μια κατάσταση Β. Για τη μεταβολή αυτή ισχύει ο νόμος του Gay - Lussac:

$$\frac{V}{T} = \text{σταθερό} \quad \text{ή} \quad \frac{V_A}{T_A} = \frac{V_B}{T_B}$$

- **Έργο:** $W = P \cdot \Delta V \Rightarrow W = P \cdot (V_\tau - V_\alpha)$ ή $W = nR(T_\tau - T_\alpha)$
- **Μεταβολή εσωτερικής ενέργειας:** $\Delta U = \frac{3}{2} nR \cdot \Delta T$
- **Θερμότητα:** Από τον 1^ο θερμοδυναμικό νόμο: $Q = \Delta U + W \Rightarrow Q = \frac{3}{2} nR \cdot \Delta T + P \cdot \Delta V$

Αδιαβατική μεταβολή: Αδιαβατική ονομάζεται η μεταβολή ορισμένης ποσότητας ιδανικού αερίου κατά τη διάρκεια της οποίας δε συντελείται μεταφορά θερμότητας από το περιβάλλον προς το αέριο ή αντίστροφα ($Q = 0$). Για τη μεταβολή αυτή ισχύει ο **νόμος του Poisson**, σύμφωνα με τον οποίο:

$$P \cdot V^\gamma = \text{σταθερό} \quad \text{ή} \quad P_A V_A^\gamma = P_B V_B^\gamma$$

Η σταθερά γ ονομάζεται αδιαβατικός συντελεστής και για το ιδανικό αέριο είναι ίση με $\frac{5}{3}$.

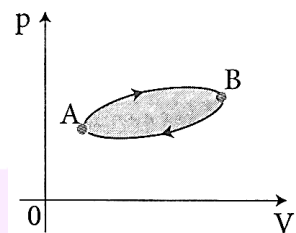
- **Έργο:** Αποδεικνύεται ότι το έργο δίνεται από την σχέση:
$$W = \frac{P_\tau V_\tau - P_\alpha V_\alpha}{1 - \gamma}$$

- **Μεταβολή εσωτερικής ενέργειας:**
$$\Delta U = \frac{3}{2} nR \cdot \Delta T$$

- **Θερμότητα:** Έχουμε: $Q = 0$

Οπό Από τον 1^ο θερμοδυναμικό νόμο: $Q = \Delta U + W \Rightarrow W = -\Delta U \Rightarrow$
$$W = -\frac{3}{2} nR \cdot \Delta T$$

Κυκλική μεταβολή: Κυκλική ονομάζεται η μεταβολή κατά την οποία το σύστημα, έπειτα από μια διεργασία, επιστρέφει στην ίδια κατάσταση. Σε μια κυκλική μεταβολή, επειδή το αέριο επιστρέφει στην αρχική του κατάσταση, η μεταβολή στην εσωτερική του ενέργεια είναι ίση με μηδέν ($\Delta U = 0$).



Εφαρμόζοντας τον 1^ο θερμοδυναμικό νόμο, έχουμε: $Q = W$

Θερμικές μηχανές: Θερμικές μηχανές ονομάζουμε τις διατάξεις που μετατρέπουν τη θερμότητα σε μηχανικό έργο. Επειδή η μηχανή μετατρέπει συνεχώς τη θερμότητα σε έργο πρέπει η μεταβολή στην οποία υποβάλλεται το μέσον να είναι κυκλική,

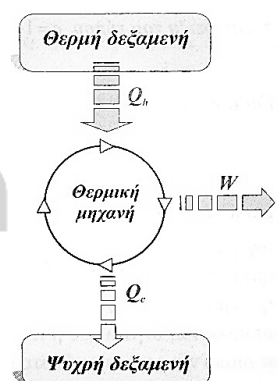
Η μηχανή η οποία δέχεται ποσό θερμότητας Q_h από τη θερμή δεξαμενή, παράγει έργο W αποβάλλει θερμότητας Q_c στην δεξαμενή.

Κατά τη διάρκεια της κυκλικής μεταβολής του μέσου, η μηχανή:

A. απορροφά θερμότητα (Q_h) από μια δεξαμενή υψηλής θερμοκρασίας T_h ,

B. παράγει έργο.

Γ. αποβάλλει θερμότητα (Q_c) σε μια δεξαμενή χαμηλότερης θερμοκρασίας T_c .



Συντελεστής απόδοσης e μιας θερμικής μηχανής ονομάζεται το πηλίκο του ωφέλιμου έργου που παράγει η μηχανή προς τη θερμότητα που απορροφήθηκε κατά τη διάρκεια ενός κύκλου και δίνεται

από την σχέση:
$$e = \frac{W}{Q_h} \Rightarrow e = 1 - \frac{|Q_c|}{Q_h} \quad \text{όπου} \quad W = Q_h - |Q_c|$$

Δεύτερος θερμοδυναμικός νόμος

- **Kelvin Planck:** Είναι αδύνατο οποιοδήποτε σύστημα να απορροφήσει θερμότητα από σώμα ορισμένης θερμοκρασίας και να την μετατρέψει όλη σε έργο, εκτελώντας κυκλική μεταβολή. (Βρίσκει εφαρμογή στις θερμικές μηχανές).
- **Clausius:** Είναι αδύνατο, χωρίς δαπάνη ενέργειας, να μεταφερθεί θερμότητα από ένα σώμα προς σώμα υψηλότερης θερμοκρασίας. (Βρίσκει εφαρμογή στις Ψυκτικές μηχανές).

Ο πρώτος θερμοδυναμικός νόμος δεν θέτει περιορισμούς στις μετατροπές της ενέργειας. Σύμφωνα με το δεύτερο, όμως, η φύση θέτει περιορισμούς στη μετατροπή ενέργειας από τη μια στην άλλη. Η θερμότητα δε μπορεί να μετασχηματιστεί κατά 100% σε μηχανική ενέργεια.

Ο δεύτερος θερμοδυναμικός νόμος, καθορίζοντας ότι η θερμότητα μεταφέρεται πάντα από τα θερμότερα προς τα ψυχρότερα σώματα, καθορίζει την κατεύθυνση προς την οποία τα φαινόμενα συμβαίνουν αυθόρμητα στη φύση.

Ο Carnot περιέγραψε μία κυκλική διεργασία γνωστή ως κύκλο (ή μηχανή) Carnot, Είναι ιδανική μηχανή και αποτελεί το ανώτατο όριο για την απόδοση των άλλων μηχανών.

Το συμπέρασμα αυτό είναι γνωστό ως Carnot:

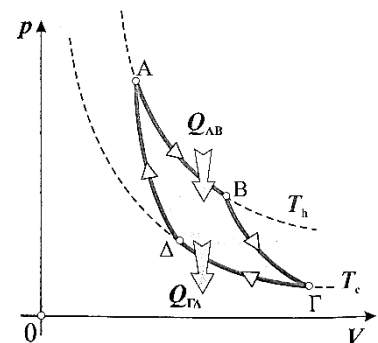
Δεν μπορεί να υπάρξει θερμική μηχανή που να έχει μεγαλύτερη απόδοση από μια μηχανή Carnot η οποία λειτουργεί ανάμεσα στις ίδιες θερμοκρασίες.

Ο συντελεστής για την Carnot είναι:
$$e = \frac{W}{Q_h} \Rightarrow e = 1 - \frac{|Q_c|}{Q_h} \Rightarrow \boxed{e = 1 - \frac{|T_c|}{T_h}}$$

κύκλος Carnot αποτελείται από τέσσερις μεταβολές, δύο ισόθερμες και δύο αδιαβατικές όπως φαίνεται στο σχήμα στο οποίο Το αέριο βρίσκεται σε δοχείο που κλείνεται με έμβολο. Το έμβολο και τα πλευρικά τοιχώματα είναι αδιαβατικά ενώ η βάση του δοχείου διαθερμική.

1. Κατά τη μεταβολή $A \rightarrow B$, το αέριο βρίσκεται σε επαφή με τη θερμή δεξαμενή και εκτονώνεται ισόθερμα σε θερμοκρασία T_h , απορροφώντας θερμότητα Q_h .
2. Κατά τη μεταβολή $B \rightarrow \Gamma$, το αέριο είναι θερμικά μονωμένο και εκτονώνεται αδιαβατικά μέχρι η θερμοκρασία του να πάρει την τιμή T_c .
3. Κατά τη μεταβολή $\Gamma \rightarrow \Delta$, το αέριο βρίσκεται σε επαφή με τη δεξαμενή χαμηλής θερμοκρασίας και συμπιέζεται ισόθερμα σε θερμοκρασία T_c , αποβάλλοντας θερμότητα Q_c .
4. Κατά τη μεταβολή $\Delta \rightarrow A$, το αέριο είναι θερμικά μονωμένο και συμπιέζεται αδιαβατικά ώστε να στην αρχική του κατάσταση.

Το **διάγραμμα $P - V$** για τον κύκλο Carnot φαίνεται στο επόμενο σχήμα στο οποίο το παραγόμενο έργο W , είναι ίσο με $W = Q_h - |Q_c|$ που απορροφά το μέσον σε ένα Κύκλο και αποτελείται από δύο αδιαβατικές και δύο καμπύλες.



Κεφάλαιο 5 – Ηλεκτρικό πεδίο

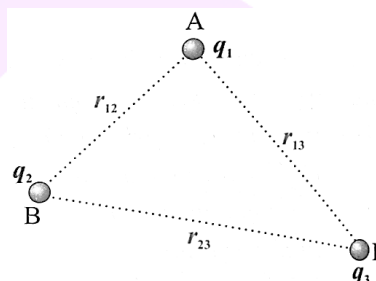
Δυναμική ενέργεια: Έστω ότι έχουμε ένα σύστημα δύο σημειακών φορτίων, και που βρίσκονται στις θέσεις Α και Β, αντίστοιχα, και απέχουν μεταξύ τους απόσταση r . Επειδή τα φορτία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, το σύστημα έχει δυναμική ενέργεια U , η οποία υπολογίζεται από τη σχέση:

$$U = k_c \frac{q_1 \cdot q_2}{r}$$

όπου k_c είναι η ηλεκτρική σταθερά που έχει τιμή στο S.I.: $k_c = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$

- Αν τα φορτία βρίσκονταν σε άπειρη απόσταση μεταξύ τους, δεν θα αλληλεπιδρούσαν και δεν θα είχαν ενέργεια.
- Όταν τα φορτία q_1 και q_2 είναι ομώνυμα η δυναμική ενέργεια του ζεύγους είναι θετική.
- Όταν τα φορτία q_1 και q_2 είναι ετερόνυμα η δυναμική ενέργεια του ζεύγους είναι αρνητική.
- Στην περίπτωση όπου έχουμε ένα σύστημα με περισσότερα από δύο σημειακά φορτία, για να υπολογίσουμε τη δυναμική ενέργεια του συστήματος, αθροίζουμε τις δυναμικές ενέργειες αλληλεπίδρασης των φορτίων ανά δύο.

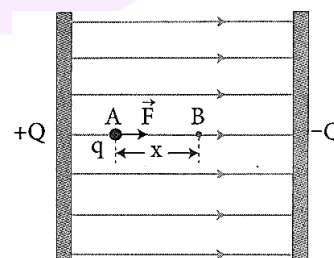
$$U = k_c \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r_{12}} + k_c \cdot \frac{q_2 \cdot q_3}{r_{23}} + k_c \cdot \frac{q_1 \cdot q_3}{r_{13}}$$



Σχέση έντασης και διαφοράς δυναμικού στο ομογενές ηλεκτροστατικό πεδίο:

Θετικό σημειακό φορτίο q αφήνεται στο σημείο Α ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου. Το πεδίο ασκεί δύναμη που έχει την κατεύθυνση των δυναμικών γραμμών.

Το φορτίο θα δεχθεί δύναμη $\mathbf{F} = \mathbf{E} \cdot \mathbf{q}$ στην κατεύθυνση των δυναμικών γραμμών και θα κινηθεί κατά μήκος της δυναμικής γραμμής στην οποία βρίσκεται. Έστω ότι Β είναι ένα άλλο σημείο, πάνω στην ίδια δυναμική γραμμή που απέχει από το σημείο Α απόσταση x . Το έργο της δύναμης F κατά τη μετακίνηση του φορτίου από το σημείο Α στο σημείο Β είναι $\mathbf{W} = \mathbf{F} \cdot \mathbf{x} = \mathbf{E} \cdot \mathbf{q} \cdot \mathbf{x}$ Όμως $\mathbf{W} = \mathbf{q} \cdot (\mathbf{V}_A - \mathbf{V}_B)$.



Τότε εξισώνοντας, προκύπτει: $q \cdot (\mathbf{V}_A - \mathbf{V}_B) = \mathbf{E} \cdot \mathbf{q} \cdot \mathbf{x}$ ή $\mathbf{E} = \frac{\mathbf{V}_A - \mathbf{V}_B}{\mathbf{x}}$ ή $\mathbf{E} = \frac{\mathbf{V}}{\mathbf{x}}$ (V/C)

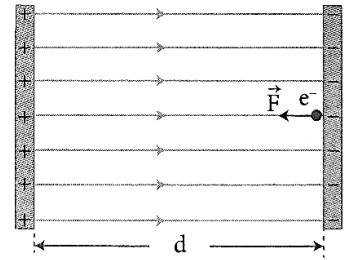
Κινήσεις φορτισμένων σωματιδίων σε ομογενές ηλεκτροστατικό πεδίο:

Δύο παράλληλες μεταλλικές πλάκες φορτισμένες με αντίθετα φορτία δημιουργούν ανάμεσά τους ομογενές ηλεκτρικό πεδίο. Όταν το πεδίο είναι ομογενές και στο φορτίο ασκείται μόνο η σταθερή δύναμη του πεδίου ($F = E \cdot q$), τότε το φορτίο αποκτά σταθερή επιτάχυνση πάντα στη διεύθυνση των

δυναμικών γραμμών με μέτρο ίση με $\mathbf{a} = \frac{\mathbf{F}}{\mathbf{m}} = \frac{\mathbf{E} \cdot \mathbf{q}}{\mathbf{m}}$.

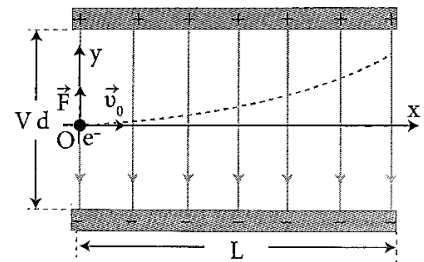
- Όταν το φορτισμένο σωματίδιο (ηλεκτρόνιο) αφεθεί χωρίς αρχική ταχύτητα να κινηθεί εντός ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου παράλληλα στις δυναμικές του γραμμές:

$$\begin{cases} \alpha = \frac{F}{m} = \frac{E \cdot q}{m} \\ u = \alpha \cdot t = \frac{E \cdot q}{m} \cdot t \\ x = \frac{1}{2} \alpha t^2 = \frac{1}{2} \frac{E \cdot q}{m} t^2 \end{cases}$$



- Όταν το φορτισμένο σωματίδιο (ηλεκτρόνιο) κινείται με αρχική ταχύτητα κάθετα στις δυναμικές γραμμές του ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου:

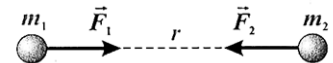
$$\text{Οx: } \begin{cases} \Sigma F_x = 0 \text{ και } \alpha_x = 0 \\ u_x = u_0 \\ x = u_0 t \end{cases} \quad \text{Οy: } \begin{cases} \Sigma \vec{F}_y = \vec{F}_{\eta\lambda} \text{ και } \alpha_y = \frac{E|q|}{m} = \frac{V|q|}{dm} \\ u_y = \alpha t \\ y = \frac{1}{2} \alpha t^2 \end{cases}$$



Βαρυτικό πεδίο

Η **βαρυτική δύναμη** $\vec{F}$ που ασκείται μεταξύ των σημειακών μαζών είναι πάντοτε ελκτική, έχει διεύθυνση την ευθεία που ενώνει τις σημειακές μάζες και μέτρο:

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

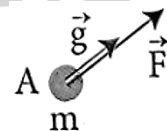


όπου **G** η σταθερά της παγκόσμιας έλξης $G = 6,673 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$.

Βαρυτικό πεδίο: Κάθε μάζα M δημιουργεί γύρω της ένα πεδίο (βαρυτικό πεδίο). Αν κάποια άλλη μάζα m βρεθεί μέσα στο πεδίο, το πεδίο της ασκεί μια δύναμη. Επομένως, **βαρυτικό πεδίο** ονομάζεται ο χώρος εκείνος στον οποίο κάθε μάζα δέχεται δύναμη.

Ένταση του πεδίου βαρύτητας σε ένα σημείο του βαρυτικού πεδίου: Ένταση $\vec{g}$ του βαρυτικού πεδίου στο σημείο A ονομάζεται το σταθερό πηλίκο της δύναμης

που θα δεχτεί η μάζα m προς τη μάζα αυτή. Δηλαδή: $\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m}$



Η μονάδα μέτρησής της είναι το $1 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ ή $1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Δυναμικό του πεδίου βαρύτητας σε ένα σημείο του A: Το βαρυτικό πεδίο είναι διατηρητικό και για την περιγραφή του είναι χρήσιμο το μέγεθος δυναμικό. **Δυναμικό V** του πεδίου βαρύτητας, σε ένα

σημείο του A, ονομάζεται το σταθερό πηλίκο του έργου της δύναμης του πεδίου, όταν μια μάζα m μεταφέρεται από το σημείο A στο άπειρο, προς τη μάζα m . Δηλαδή: $V_A = \frac{W_{A \rightarrow \infty}}{m}$

Το δυναμικό του βαρυτικού πεδίου είναι μονόμετρο μέγεθος και η μονάδα μέτρησής του στο S.I. είναι το **1 J/kg**.

Διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο σημείων A και B του πεδίου βαρύτητας: Διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο σημείων, A και B, του πεδίου βαρύτητας ονομάζεται το πηλίκο του έργου της δύναμης του πεδίου, κατά τη μετακίνηση μιας μάζας m από το σημείο A στο σημείο B, προς τη μάζα m .

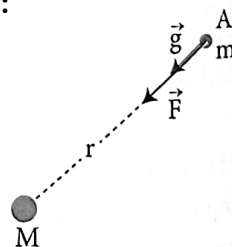
Δηλαδή: $V_A - V_B = \frac{W_{A \rightarrow B}}{m}$

Η διαφορά δυναμικού εκφράζει το έργο της δύναμης του πεδίου ανά μονάδα μάζας, κατά τη μετακίνηση μιας μάζας από ένα σημείο A του πεδίου σε ένα άλλο σημείο B.

Ένταση του βαρυτικού πεδίου, που δημιουργείται από μια σημειακή μάζα M:

Η ένταση του βαρυτικού πεδίου που δημιουργεί μια σημειακή μάζα M σε σημείο A το οποίο απέχει απόσταση r από αυτή, έχει τη διεύθυνση της ευθείας που ενώνει τη σημειακή μάζα M και το σημείο A, φορά προς τη σημειακή μάζα

M και μέτρο που υπολογίζεται από τον τύπο: $g = G \frac{M}{r^2}$



Δυναμικό βαρυτικού πεδίου, που δημιουργείται από μια σημειακή μάζα M: Η τιμή του δυναμικού του βαρυτικού πεδίου που δημιουργεί η μάζα M στο σημείο A, το οποίο απέχει απόσταση r από

αυτή, είναι: $V = -G \frac{M}{r}$

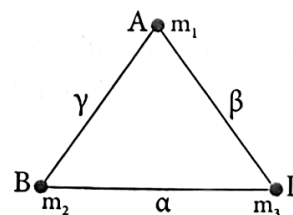
Δυναμική ενέργεια ενός συστήματος δύο σημειακών μαζών: Η δυναμική ενέργεια U ενός συστήματος δύο υλικών σημείων, με μάζες m_1 και m_2 που απέχουν μεταξύ τους απόσταση r , είναι ίση με το έργο που απαιτείται για να μεταφερθούν οι μάζες από πολύ μακριά και να τοποθετηθούν

στις θέσεις τους. Υπολογίζεται από τη σχέση: $U = -G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r}$

Το αρνητικό πρόσημο της παραπάνω σχέσης δηλώνει ότι, για να γίνει άπειρη η απόσταση των δύο μαζών (από r που είναι αρχικά), πρέπει να προσφερθεί ενέργεια στο σύστημα.

Στην περίπτωση ενός συστήματος τριών υλικών σημείων, όπως φαίνεται στο σχήμα, η δυναμική ενέργεια του συστήματος είναι το άθροισμα των δυναμικών ενεργειών αλληλεπίδρασης όλων των υλικών σημείων ανά δύο. Ισχύει:

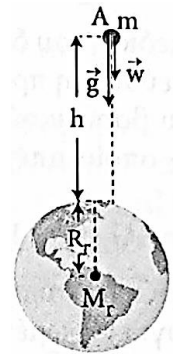
$$U = -G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{\gamma} - G \cdot \frac{m_1 \cdot m_3}{\beta} - G \cdot \frac{m_2 \cdot m_3}{\alpha}$$



Ένταση και Δυναμικό στο πεδίο βαρύτητας της Γης (εξωτερικό της Χώρα):

Θεωρούμε ότι η Γη είναι σφαιρικό και ομογενές σώμα μάζας M_r και ακτίνας R_r . Η ένταση του βαρυτικού πεδίου της Γης σε σημείο A, που βρίσκεται σε ύψος h από την επιφάνειά της, είναι ένα διάνυσμα που έχει τη διεύθυνση της ευθείας που ενώνει το σημείο A με το κέντρο K της Γης, φορά προς το κέντρο της Γης και μέτρο που

υπολογίζεται από τον τύπο:
$$g = G \frac{M_r}{(R_r + h)^2}$$



Για το **δυναμικό του βαρυτικού πεδίου της Γης στο σημείο A**, υπολογίζεται από τον τύπο:

$$V_A = -G \frac{M_r}{R_r + h}$$

- **Μέτρο της έντασης του πεδίου βαρύτητας στην επιφάνεια της Γης:**

Θέσουμε $h = 0$, προκύπτει ότι το μέτρο της έντασης του πεδίου βαρύτητας στην επιφάνεια της

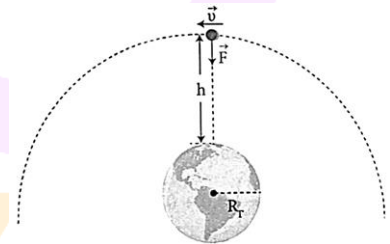
Γης υπολογίζεται από τον τύπο:
$$g_o = G \frac{M_r}{R_r^2}$$

➤ προκύπτει η τιμή $g_o = 9,8 \text{ m/s}^2$.

- **Μέτρο της ταχύτητας ενός δορυφόρου** που περιφέρεται σε κυκλική τροχιά γύρω από τη Γη σε ύψος h από την επιφάνειά της:

Η βαρυτική δύναμη $\vec{F}$ αποτελεί την απαραίτητη κεντρομόλο δύναμη ώστε να διαγράφει ο δορυφόρος κυκλική τροχιά. Ισχύει:

$$F = F_k \quad \text{ή} \quad g = G \cdot \frac{M_r \cdot m}{(R_r + h)^2} = m \cdot \frac{u^2}{R_r + h} \quad \text{ή} \quad u = \sqrt{\frac{G \cdot M_r}{R_r + h}}$$



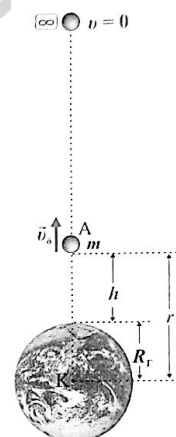
Η Γη θεωρείται ως ένα ομογενές και σφαιρικό σώμα μάζας M_r και ακτίνας R_r .

- Η **περίοδος** της ομαλής κυκλικής κίνησης που εκτελεί ένας δορυφόρος, ο οποίος περιφέρεται σε ύψος h πάνω από την επιφάνεια της Γης με κέντρο της κυκλικής του τροχιάς το κέντρο της Γης, υπολογίζεται από τον τύπο:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{(R_r + h)^3}{GM_r}}$$

- **Ταχύτητα διαφυγής από την επιφάνεια της Γης:** Η ελάχιστη κατά μέτρο ταχύτητα με την οποία πρέπει να εκτοξευτεί ένα σώμα από ύψος h πάνω από την επιφάνεια της Γης ώστε να διαφύγει από το βαρυτικό πεδίο της Γης ονομάζεται ταχύτητα διαφυγής και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$u_\delta = \sqrt{\frac{2GM_r}{R_r + h}}$$



Ακτίνα Schwarzschild – Μαύρες τρύπες:

Θεωρούμε ένα υποθετικό σφαιρικό και ομογενές σώμα μάζας M για το οποίο η ταχύτητα διαφυγής από την επιφάνειά του ισούται με την ταχύτητα του φωτός ($c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$). Η ακτίνα αυτού του

σώματος ονομάζεται ακτίνα Schwarzschild. Είναι: $u_\delta = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$ ή $R = \frac{2GM}{u_\delta^2}$ ή $R_s = \frac{2GM}{c^2}$

Ένα ουράνιο σώμα μάζας M με ακτίνα μικρότερη από την ακτίνα R , δεν επιτρέπει σε τίποτα να διαφύγει από το πεδίο βαρύτητάς του, ούτε καν στο φως. Τέτοιου είδους σώματα δεν είναι άμεσα παρατηρήσιμα και αντιλαμβανόμαστε την παρουσία τους από τις ισχυρότατες βαρυτικές έλξεις που ασκούν στον περίγυρό τους. Τέτοια σώματα, στη σύγχρονη φυσική, ονομάζονται **μαύρες τρύπες**.

Ομοιότητες και ποιες οι διαφορές μεταξύ του ηλεκτροστατικού και του βαρυτικού πεδίου:

Ομοιότητες:

- α) Οι βαρυτικές και οι ηλεκτροστατικές δυνάμεις είναι κεντρικές δυνάμεις.
- β) Το μέτρο της δύναμης μεταξύ δύο σημειακών φορτίων ή μεταξύ δύο σημειακών μαζών είναι αντιστρόφως ανάλογο του τετραγώνου της απόστασής τους και ανάλογο με το γινόμενο των φορτίων ή των σημειακών μαζών αντίστοιχα.
- γ) οι βαρυτικές και οι ηλεκτροστατικές δυνάμεις είναι διατηρητικές δυνάμεις.

Διαφορές:

- α) Οι βαρυτικές δυνάμεις είναι ελκτικές, ενώ οι ηλεκτροστατικές δυνάμεις είναι άλλοτε ελκτικές και άλλοτε απωστικές.
- β) Υπάρχουν δύο είδη ηλεκτρικών φορτίων, ενώ υπάρχει ένα είδος μάζας.
- γ) οι ηλεκτροστατικές δυνάμεις εξαρτώνται από το υλικό που υπάρχει ανάμεσα στα φορτία, ενώ δε συμβαίνει κάτι τέτοιο με τις βαρυτικές δυνάμεις.
- δ) οι ηλεκτροστατικές δυνάμεις κυριαρχούν στο μικρόκοσμο, ενώ οι βαρυτικές δυνάμεις κυριαρχούν στο μακρόκοσμο.

νέο φροντιστήριο

ΘΕΜΑ 2

1. Σώμα μάζας m εκτοξεύεται οριζόντια με ταχύτητα μέτρου u_0 από μικρό ύψος h . Η τροχιά που θα διαγράψει το σώμα θα είναι παραβολή εάν:

(α) στο σώμα ασκούνται η βαρυτική δύναμη και η αντίσταση του αέρα.

(β) η μόνη δύναμη που ασκείται στο σώμα είναι το βάρος του.

(γ) η συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο σώμα είναι μηδενική.

Να επιλέξετε την ορθή πρόταση.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

2. Μικρή σφαίρα μάζας m είναι δεμένη από την άκρη νήματος μήκους d και περιστρέφεται σε κατακόρυφο κύκλο κέντρου K . Έστω u το μέτρο της ταχύτητας της σφαίρας όταν διέρχεται από το ανώτερο σημείο της τροχιάς της.

Αν το σώμα βρίσκεται στην κατώτερη θέση της τροχιάς του και το νήμα κοπεί, το όριο θραύσης του νήματος δίνεται από την σχέση:

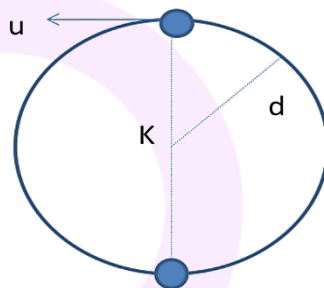
(α) $T_{op} = m \cdot \frac{u^2}{d}$

(β) $T_{op} = m \cdot \left(\frac{u^2}{d} - 5g \right)$

(γ) $T_{op} = m \cdot \left(\frac{u^2}{d} + 5g \right)$

Να επιλέξετε την ορθή πρόταση.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.



3. Ένα παιδί ανεβαίνει στην «Ρόδα» ενός Λούνα Πάρκ, η οποία εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση στην φορά των δεικτών του ρολογιού (δεξιόστροφα):

Την στιγμή που βρίσκεται στο υψηλότερο σημείο της τροχιάς του απλώνει το χέρι του και αφήνει μία μπάλα να πέσει ελεύθερα. Αν αγνοήσουμε την ύπαρξη αέρα και θεωρήσουμε μικρό το ύψος της «Ρόδας», τότε η μπάλα θα πέσει:

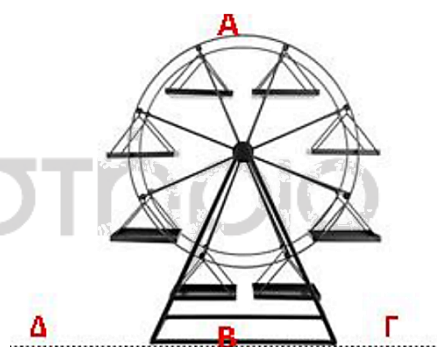
(α) στη βάση Β της «Ρόδας».

(β) σε ένα σημείο Γ, δεξιά του Β που απέχει απόσταση x από την βάση Β της «Ρόδας».

(γ) σε ένα σημείο Δ, αριστερά του Β που απέχει απόσταση x από την βάση Β της «Ρόδας».

Να επιλέξετε την ορθή πρόταση.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.



4. Την ίδια στιγμή (όταν το παιδί κάθεται στο κάθισμά του στο υψηλότερο σημείο Α της τροχιάς της «Ρόδας»), και η ρόδα στρέφεται, η κάθετη αντίδραση Ν που δέχεται από το κάθισμα ανά μονάδα μάζας του παιδιού (N/m), είναι:

(α) $\frac{u^2}{R} - g$

(β) $\frac{u^2}{R} + g$

(γ) $g - \frac{u^2}{R}$

Να επιλέξετε την ορθή πρόταση.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

5. Μια θερμική μηχανή απορροφά θερμότητα $Q_h = 1000 \text{ J}$ από μια θερμή δεξαμενή θερμοκρασίας $T_h = 400 \text{ K}$. Η μηχανή αυτή θα μπορεί να αποβάλλει, σε μια Ψυχρή δεξαμενή θερμοκρασίας $T_c = 300 \text{ K}$ θερμότητα

(α) μικρότερη ή ίση με 500 J

(β) ανάμεσα σε 501 και 749 J

(γ) 750 J ή μεγαλύτερη

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση .

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

6. Σε οριζόντιο επίπεδο βρίσκεται ακίνητο σώμα μάζας M . Βλήμα μάζας $m = \frac{M}{1000}$ κινείται οριζόντια με ταχύτητα u_1 , χτυπά το σώμα με αποτέλεσμα να το διαπεράσει. Το βλήμα εξέρχεται από το σώμα οριζόντια με ταχύτητα $\frac{u_1}{9}$.

Αν τα μέτρα της μεταβολής της ορμής του βλήματος και του σώματος είναι $|\Delta P_1|$ και $|\Delta P_2|$ αντίστοιχα τότε:

(α) $|\Delta P_1| = \frac{9}{1000} |\Delta P_2|$

(β) $|\Delta P_1| = \frac{1000}{9} |\Delta P_2|$

(γ) $|\Delta P_1| = |\Delta P_2|$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση .

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

7. Δύο μαθητές, ο Πέτρος και ο Μάνος, συζητούν για το βαρυτικό πεδίο της Γης. Ο Πέτρος θεωρεί ότι η ένταση του πεδίου, σε οποιοδήποτε σημείο του, έχει μέτρο $10 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ ενώ ο Μάνος υποστηρίζει

ότι η ένταση του πεδίου μεταβάλλεται με το ύψος και ότι το μέτρο της μειώνεται καθώς το ύψος αυξάνεται. Τελικά,

(α) ο Μάνος έχει δίκιο, διότι το μέτρο της έντασης σε σημείο του πεδίου βαρύτητας της Γης, μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με το τετράγωνο της απόστασης του σημείου από το κέντρο της Γης.

(β) ο Μάνος έχει δίκιο, διότι το μέτρο της έντασης σε σημείο του πεδίου βαρύτητας της Γης μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με το τετράγωνο του ύψους από την επιφάνεια της Γης.

(γ) ο Πέτρος έχει δίκιο, αφού το πεδίο βαρύτητας της Γης είναι ομογενές και η έντασή του διατηρεί σταθερό μέτρο και ίσο με $10 \frac{N}{m}$ σε κάθε σημείο του.

Να επιλέξετε την ορθή πρόταση.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

8. Δύο σώματα με μάζες $m_1 = 2 \cdot m$ και $m_2 = m$, που κινούνται σε αντίθετες κατευθύνσεις με ταχύτητες ίσου μέτρου $u_1 = u_2 = u$ συγκρούονται πλαστικά.

Αν K_1 η κινητική ενέργεια του σώματος μάζας m_1 και K_o η κινητική ενέργεια του συσσωματώματος που δημιουργείται, τότε ο λόγος $\frac{K_1}{K_o}$ είναι ίσος με:

(α) $\frac{1}{3}$

(β) 3

(γ) 6

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση .

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

9. Να μελετήσετε τις παρακάτω προτάσεις:

(α) Η δυναμική ενέργεια ενός σώματος αυξάνεται καθώς αυτό πλησιάζει την επιφάνεια της Γης .

(β) Η δυναμική ενέργεια στο βαρυτικό πεδίο της Γης έχει αρνητικό πρόσημο, διότι η ελκτική δύναμη μεταξύ Γης και σωμάτων είναι μικρού μέτρου.

(γ) Ένα σώμα το οποίο αφήνεται ελεύθερο σε βαρυτικό πεδίο, κινείται από υψηλότερη δυναμική ενέργεια σε χαμηλότερη .

Να επιλέξετε την ορθή πρόταση.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

- 10.** Δύο δορυφόροι έχουν την ίδια μάζα και περιστρέφονται γύρω από τη Γη σε ύψη $h_1 = R_r$ και $h_2 = 2R_r$, αντίστοιχα, όπου R_r η ακτίνα της Γης. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστή;

(1). Ο λόγος των μέτρων των ταχυτήτων τους είναι: $\frac{u_1}{u_2} = \sqrt{3}$

(2). Ο λόγος των κινητικών ενεργειών τους είναι: $\frac{K_1}{K_2} = \frac{2}{3}$

(3). Ο λόγος των κινητικών ενεργειών τους είναι: $\frac{K_1}{K_2} = \frac{3}{2}$

(α) η πρόταση 1

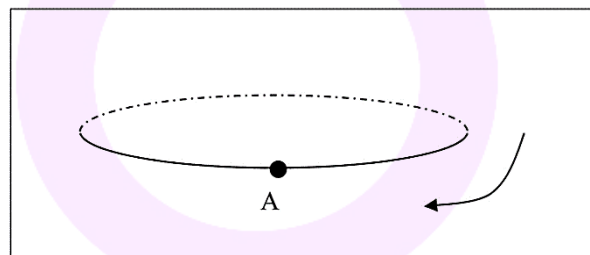
(β) η πρόταση 2

(γ) η πρόταση 3

Να επιλέξετε την ορθή πρόταση.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

- 11.** Ένα σώμα εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση στην τροχιά που εικονίζεται στο παρακάτω σχήμα. Η κυκλική τροχιά του σχήματος είναι κάθετη στο επίπεδο της σελίδας, και το σώμα περιστρέφεται κατά τη φορά που δείχνει το βέλος.



A. Να μεταφέρετε το σχήμα στο τετράδιό σας και να σχεδιάσετε το διάνυσμα της γωνιακής και γραμμικής του ταχύτητας, όταν το σώμα βρίσκεται στο σημείο A.

B. Η διεύθυνση της συνισταμένης δύναμης που ασκείται στο σώμα του σχήματος είναι κάθετη ή όχι στη διεύθυνση της γραμμικής ταχύτητάς τους σε κάθε χρονική στιγμή;

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

- 12.** Ορισμένη ποσότητα ιδανικού αερίου τοποθετείται σε οριζόντιο κυλινδρικό δοχείο που έχει τη μία του βάση ακλόνητη ενώ η άλλη φράσσεται με έμβολο που μπορεί να κινείται χωρίς τριβές και θερμαίνεται ισοβαρώς. Η θερμότητα που μεταβιβάζεται στο αέριο είναι 500 J ενώ η εσωτερική του ενέργεια αυξάνεται κατά 400 J. Στο έμβολο ασκείται δύναμη 2000 N από το αέριο.

Το έμβολο μετατοπίζεται κατά

(α) 5 cm

(β) 5 mm

(γ) 0,05 cm

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

13. Δύο παγοδρόμοι, με μάζες m_1 και m_2 ($m_1 > m_2$) βρίσκονται ακίνητοι σε μια οριζόντια πίστα πάγου, ο ένας απέναντι από τον άλλο, και κάποια στιγμή σπρώχνει ο ένας τον άλλο.

Για τα μέτρα των ορμών (P_1 και P_2) και των ταχυτήτων (u_1 και u_2) που θα αποκτήσουν οι παγοδρόμοι θα ισχύει:

(α) $P_1 > P_2$ και $u_1 = u_2$

(β) $P_1 = P_2$ και $u_1 > u_2$

(γ) $P_1 = P_2$ και $u_1 < u_2$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

14. Η διαφορά δυναμικού V μεταξύ δύο οριζόντιων φορτισμένων μεταλλικών πλακών που απέχουν απόσταση ίση με $d = 4 \text{ cm}$ είναι ίση με 400 V . Στο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργείται μεταξύ των πλακών, ισορροπεί φορτισμένο σωματίδιο Σ μάζας $m = 2 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$.

Αν θεωρήσουμε την επιτάχυνση της βαρύτητας ίση με 10 m/s^2 , τότε το φορτίο που φέρει το σωματίδιο είναι ίσο με:

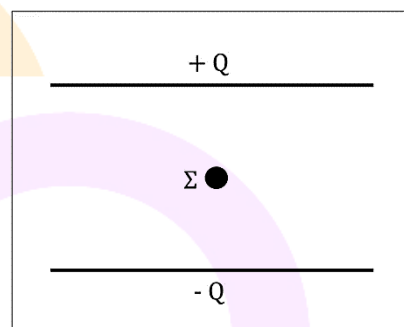
(α) $-4 \cdot 10^{-9} \text{ C}$

(β) $-2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$

(γ) $2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.



15. Ένας δορυφόρος κινείται κυκλικά γύρω από τη Γη και η απόστασή του από την επιφάνεια της Γης, σταδιακά μειώνεται. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές;

(α) Το μέτρο της επιτάχυνσης του δορυφόρου μειώνεται .

(β) Η κινητική ενέργεια του δορυφόρου αυξάνεται.

(γ) Η δύναμη που ασκείται στον δορυφόρο από τη Γη μειώνεται.

Να επιλέξετε την ορθή πρόταση.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

16. Έστω δύο σημειακά φορτία q_1 , q_2 που έχουν απόσταση $d = 20 \text{ cm}$. Αν η δυναμική ενέργεια του συστήματος των δύο φορτίων είναι $U = -10 \text{ J}$, η δύναμη που ασκείται μεταξύ τους έχει μέτρο:

(α) $F = 10 \text{ N}$

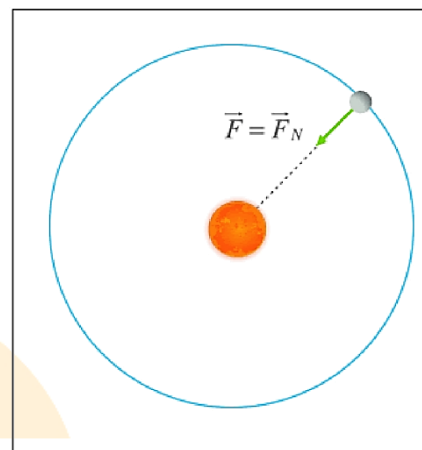
(β) $F = 5 \text{ N}$

(γ) $F = 50 \text{ N}$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

17. Ένα σώμα μάζας m εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση γύρω από ένα άλλο μάζας M λόγω της βαρυτικής έλξης μεταξύ των δύο σωμάτων. Αν τετραπλασιάσουμε την μάζα του σώματος M χωρίς να μεταβάλλουμε την μεταξύ τους απόσταση, για να συνεχίσει να εκτελεί την ίδια τροχιά το σώμα m , η γραμμική ταχύτητά του:



(α) Θα πρέπει να παραμείνει η ίδια.

(β) Θα πρέπει να διπλασιαστεί.

(γ) Θα πρέπει να υποδιπλασιαστεί

Να επιλέξετε την ορθή πρόταση.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

18. Υποτριπλασιάζουμε την απόσταση των δύο σωμάτων. Πόσο πρέπει να μεταβληθεί η μάζα του m , χωρίς να αλλάξει η μάζα M του άλλου σώματος, ώστε για την μεταξύ τους βαρυτική δύναμη να ισχύει $F' = 27 \cdot F$:

(α) 100%

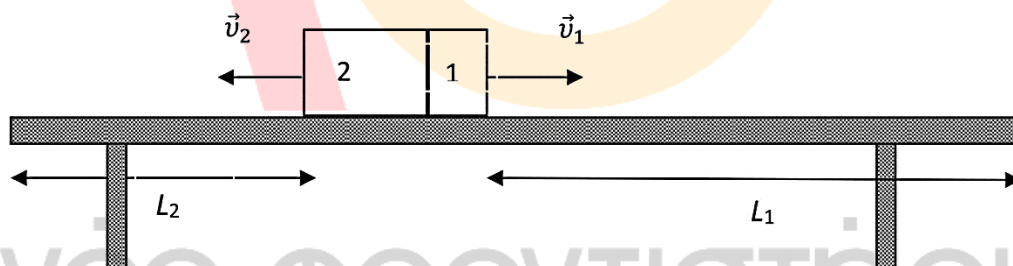
(β) 200%

(γ) 300%

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

19.



Σώμα βρίσκεται αρχικά ακίνητο και απέχει αποστάσεις L_1 και L_2 από τις άκρες ενός λείου, οριζόντιου τραπέζιου. Κάποια στιγμή το σώμα εκρήγνυται σε δύο κομμάτια με μάζες $m_2 = 4 \cdot m_1$. Αν τα δύο κομμάτια φτάνουν ταυτόχρονα στις άκρες του τραπεζιού) τότε ισχύει:

(α) $L_1 = \frac{L_2}{4}$

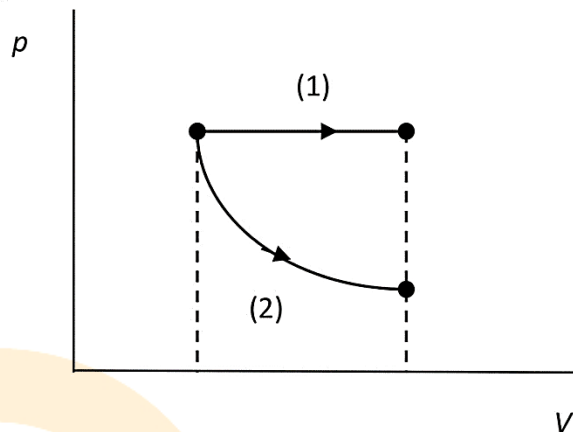
(β) $L_1 = 4 \cdot L_2$

(γ) $L_1 = 2 \cdot L_2$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

- 20.** Ορισμένη ποσότητα ιδανικού αερίου εκτονώνεται με τους δύο διαφορετικούς τρόπους που φαίνονται στο σχήμα: (1) με ισοβαρή αντιστρεπτή μεταβολή και (2) με ισόθερμη αντιστρεπτή μεταβολή. Για τη θερμότητα που απορροφά το αέριο σε κάθε περίπτωση ισχύει:



(α) $Q_1 > Q_2$

(β) $Q_1 < Q_2$

(γ) $Q_1 = Q_2$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

- 21.** Μία θερμική μηχανή Carnot έχει συντελεστή απόδοσης $e_c = 0,5$ και η θερμή δεξαμενή της έχει θερμοκρασία 600 K. Εάν γνωρίζετε ότι το ποσό θερμότητας που απορροφά η μηχανή από τη θερμή δεξαμενή ανά κύκλο λειτουργίας της είναι 1500 J.

Να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα:

T_c (K)	W (J)	$ Q_c $ (J)	Q_h (J)
			1500

Να αιτιολογήσετε τις επιλογές σας στην συμπλήρωση του πίνακα.

- 22.** Ηλεκτρόνιο εισέρχεται τη χρονική στιγμή $t = 0$ σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο έντασης $\vec{E}$ με αρχική ταχύτητα $\vec{u}_0$ ίδιας κατεύθυνσης με αυτήν των δυναμικών γραμμών. Θεωρήστε αμελητέες τις βαρυτικές αλληλεπιδράσεις.

Δίνονται: m η μάζα του ηλεκτρονίου και e το στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο.

Η ταχύτητα του ηλεκτρονίου θα μηδενιστεί στιγμιαία τη χρονική στιγμή t , που είναι ίση με:

(α) $\frac{m \cdot u_0}{E \cdot e}$

(β) $\frac{m \cdot u_0}{2 \cdot E \cdot e}$

(γ) $\frac{2 \cdot m \cdot u_0}{E \cdot e}$

Να επιλέξετε την ορθή πρόταση.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

- 23.** Σώμα Σ_1 μάζας m_1 κινείται πάνω σε οριζόντιο, ακλόνητο, λείο δάπεδο και συγκρούεται μετωπικά με άλλο ακίνητο σώμα Σ_2 μάζας m_2 . Η κρούση είναι πλαστική, ασήμαντης χρονικής διάρκειας και το συσσωμάτωμα που δημιουργείται έχει κινητική ενέργεια ίση με το 20% της κινητικής ενέργειας που είχε το σώμα Σ_1 ακριβώς πριν την κρούση. Για τις μάζες των δύο σωμάτων ισχύει η σχέση:

(α) $\frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{4}$

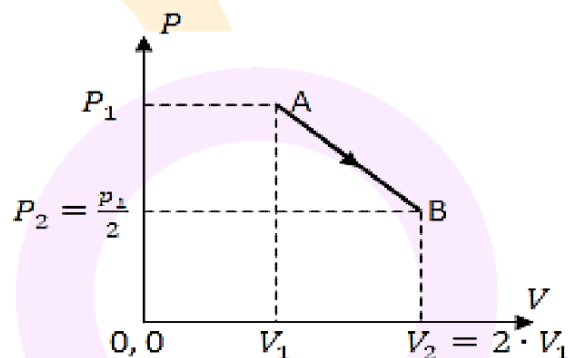
(β) $\frac{m_2}{m_1} = \frac{1}{4}$

(γ) $\frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{5}$

Να επιλέξετε την ορθή πρόταση.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

- 24.** Ορισμένη ποσότητα ιδανικού μονοατομικού αερίου, βρίσκεται αρχικά σε κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας με όγκο V_1 και πίεση P_1 (κατάσταση Α). Με μια αντιστρεπτή εκτόνωση το αέριο μεταβαίνει σε κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας με όγκο $V_2 = 2 \cdot V_1$ και πίεση $P_2 = \frac{P_1}{2}$ (κατάσταση Β).



Στο διάγραμμα πίεσης – όγκου αποδίδονται οι καταστάσεις ισορροπίας Α και Β του αερίου και η αντιστρεπτή μεταβολή (ΑΒ). Κατά τη διάρκεια της αντιστρεπτής μεταβολής (ΑΒ), το αέριο απορροφά θερμότητα Q από το περιβάλλον, η οποία είναι ίση με:

(α) $Q = P_1 \cdot V_1$

(β) $Q = \frac{1}{2} \cdot P_1 \cdot V_1$

(γ) $Q = \frac{3}{4} \cdot P_1 \cdot V_1$

Να επιλέξετε την ορθή πρόταση.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας

- 25.** Ο συντελεστής απόδοσης μιας μηχανής Carnot είναι $e = 0,75$.

Αν διατηρήσουμε σταθερή τη θερμοκρασία της ψυχρής δεξαμενής (T_c) της μηχανής, για να μειώσουμε το συντελεστή απόδοσης σε $e' = 0,5$ πρέπει:

(α) να αυξήσουμε τη θερμοκρασία (T_h) της θερμής δεξαμενής κατά 50%

(β) να ελαττώσουμε τη θερμοκρασία (T_h) της θερμής δεξαμενής κατά 50%

(γ) να αυξήσουμε τη θερμοκρασία (T_h) της θερμής δεξαμενής κατά 75%

Να επιλέξετε την ορθή πρόταση.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας

26. Δύο φορτισμένα σωματίδια, με το ίδιο φορτίο, συγκρατούνται αρχικά ακίνητα σε απόσταση r και η δυναμική ενέργεια ηλεκτρικής αλληλεπίδρασης του συστήματος των δύο σωματιδίων είναι U . Αφήνουμε ταυτόχρονα ελεύθερα τα δύο σωματίδια να κινηθούν εξαιτίας των απωστικών δυνάμεων που ασκεί το ένα στο άλλο, χωρίς να παίζουν κάποιο ρόλο οι τριβές ή η βαρυτική δύναμη.

Όταν η μεταξύ τους απόσταση είναι διπλάσια της αρχικής ($r' = 2 \cdot r$), η κινητική ενέργεια κάθε σωματιδίου είναι K και ισχύει:

(α) $K = U$

(β) $K = \frac{U}{4}$

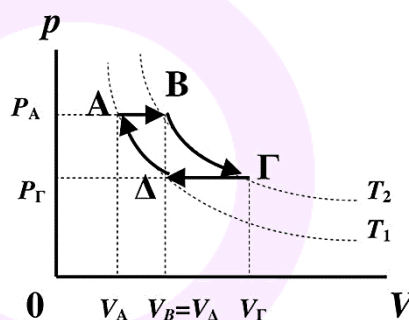
(γ) $K = 4 \cdot U$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

27. Το ιδανικό αέριο μιας θερμικής μηχανής εκτελεί το θερμοδυναμικό κύκλο που φαίνεται στο διάγραμμα του διπλανού σχήματος και αποτελείται από δύο ισόθερμες και δύο ισοβαρείς μεταβολές. Αν μια μηχανή Carnot λειτουργούσε μεταξύ των ίδιων θερμοκρασιών T_1, T_2 με τον κύκλο αυτό, θα είχε συντελεστή απόδοσης $e = 0,5$.

Αν γνωρίζετε ότι για το αέριο στο δεδομένο κύκλο είναι $V_B = V_\Delta$, όπως φαίνεται και στο σχήμα, τότε ισχύει:



(α) $V_\Gamma = 3V_A$

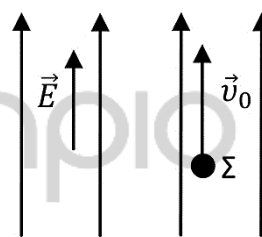
(β) $V_\Gamma = 4V_A$

(γ) $V_\Gamma = 6V_A$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

28. Σε σημείο Σ ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου, έντασης E , εκτοξεύεται κάποια στιγμή ηλεκτρόνιο με αρχική ταχύτητα u_0 παράλληλη και ομόρροπη με τις δυναμικές γραμμές του πεδίου όπως στο σχήμα. Οι βαρυτικές δυνάμεις και κάθε μορφής αντιστάσεις στη κίνηση του ηλεκτρονίου μπορούν να αγνοηθούν. Το ηλεκτρόνιο επιστρέφει στο αρχικό σημείο μετά από χρονικό διάστημα Δt_1 από τη στιγμή που εκτοξεύτηκε.



Αν η ένταση του πεδίου ήταν διπλάσια, και το ηλεκτρόνιο εκτοξευόταν με την ίδια αρχική ταχύτητα u_0 , θα επέστρεφε στο αρχικό σημείο εκτόξευσης, μετά από χρονικό διάστημα από τη στιγμή της εκτόξευσης του, για το οποίο ισχύει:

(α) $\Delta t_2 = \Delta t_1$

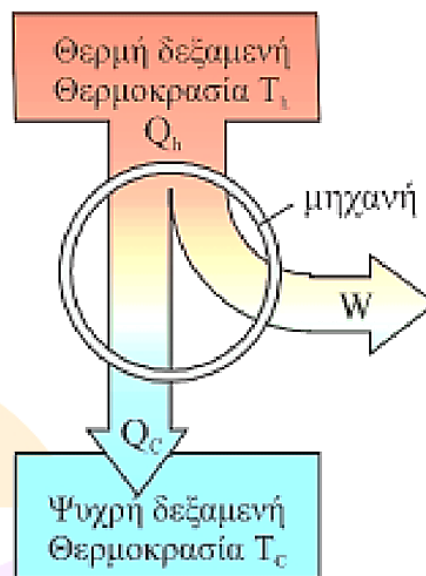
(β) $\Delta t_2 = 2\Delta t_1$

(γ) $\Delta t_1 = 2\Delta t_2$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

29. Μία θερμική μηχανή λειτουργεί σύμφωνα με το σχεδιάγραμμα, το οποίο απεικονίζεται στο επόμενο σχήμα. Η θερμή δεξαμενή βρίσκεται σε θερμοκρασία T_h και η ψυχρή δεξαμενή βρίσκεται σε θερμοκρασία $T_c < T_h$ με $T_c > 0\text{ K}$. Αν η θερμική μηχανή απορροφά θερμότητα Q_h από την θερμή δεξαμενή, αποβάλλει θερμότητα Q_c στην ψυχρή δεξαμενή και παράγει έργο W , τότε



(α) το ποσό θερμότητας Q_h είναι πάντα μεγαλύτερο από το ποσό θερμότητας $|Q_c|$.

(β) το ποσό θερμότητας Q_h είναι πάντα μικρότερο από το ποσό θερμότητας $|Q_c|$.

(γ) το ποσό θερμότητας Q_h είναι πάντα ίσο με το ποσό θερμότητας $|Q_c|$.

Να επιλέξετε την ορθή πρόταση.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

30. Δύο μάζες m_1 και $m_2 = 3 m_1$ κινούνται σε λείο οριζόντιο επίπεδο με ταχύτητες αντίθετης κατεύθυνσης και μέτρου u_1 και $u_2 = 4 u_1$ αντίστοιχα. Οι μάζες συγκρούονται μετωπικά και πλαστικά. Η ταχύτητα που αποκτά το συσσωμάτωμα, το οποίο δημιουργείται στην κρούση, έχει μέτρο:

(α) $\frac{3u_1}{4}$

(β) $\frac{4u_1}{5}$

(γ) $\frac{11u_1}{4}$

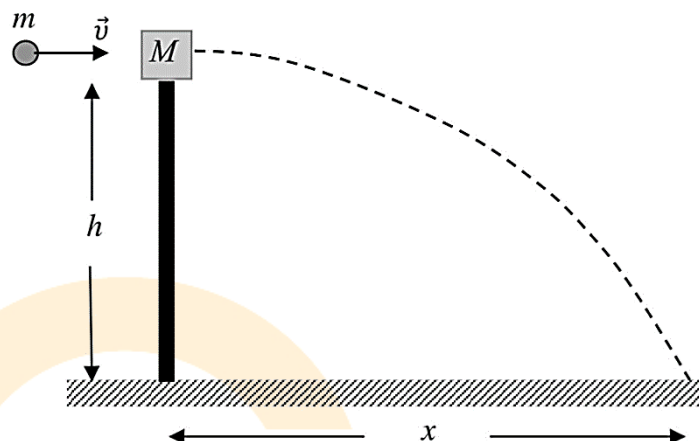
Να επιλέξετε την ορθή πρόταση.

Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας

ΝΕΟ ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΟ

ΘΕΜΑ 4

1. Ο καθηγητής Φυσικής σε μία σχολή αξιωματικών του στρατού θέτει ένα πρόβλημα σχετικά με το πώς οι φοιτητές, αξιοποιώντας τις γνώσεις τους από το μάθημα, θα μπορούσαν να υπολογίσουν την ταχύτητα $\vec{u}$ του βλήματος ενός πιστολιού. Ο καθηγητής υποδεικνύει στους φοιτητές την παρακάτω διαδικασία: Το βλήμα μάζας m εκτοξεύεται οριζόντια και σφηνώνεται σε ένα κομμάτι ξύλου, μάζας M , που ισορροπεί ελεύθερο στην κορυφή

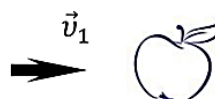


ενός στύλου ύψους h . Οι μάζες m και M μετρώνται με ζύγιση και το ύψος h μετριέται με μετροταινία. Το συσσωμάτωμα αμέσως μετά την κρούση εκτελεί οριζόντια βολή και χτυπάει στο έδαφος σε οριζόντια απόσταση x από τη βάση του στύλου, αφήνοντας ένα σημάδι στο χώμα ώστε να είναι δυνατή η μέτρηση αυτής της απόστασης x . Οι φοιτητές ακολούθησαν τη διαδικασία και έλαβαν μετρήσεις ακολουθώντας τη διαδικασία που τους υπέδειξε ο καθηγητής τους και κατέγραψαν τις τιμές $m = 0,1 \text{ kg}$, $M = 1,9 \text{ kg}$, $h = 5 \text{ m}$ και $x = 10 \text{ m}$. Λαμβάνοντας υπόψη τις προηγούμενες τιμές των μεγεθών που μετρήθηκαν από τους φοιτητές, και θεωρώντας την αντίσταση του αέρα αμελητέα, να υπολογίσετε:

- 4.1. Το χρονικό διάστημα που πέρασε από την στιγμή της κρούσης μέχρι το συσσωμάτωμα να αγγίξει το έδαφος.
- 4.2. Το μέτρο της οριζόντιας ταχύτητας $\vec{V}$ την οποία απέκτησε το συσσωμάτωμα αμέσως μετά την κρούση.
- 4.3. Το μέτρο της ταχύτητας $\vec{u}$ του βλήματος πριν σφηνωθεί στο ξύλο.
- 4.4. Την απώλεια της μηχανικής ενέργειας του συστήματος βλήμα – ξύλο κατά την κρούση.

Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας στην επιφάνεια της Γης $g = 10 \text{ m/s}^2$.

2. Σε οριζόντιο επίπεδο βρίσκεται ακίνητο ένα μήλο μάζας $M = 200 \text{ g}$. Ένα μικρό βέλος μάζας $m = 50 \text{ g}$ κινείται οριζόντια με ταχύτητα μέτρου,



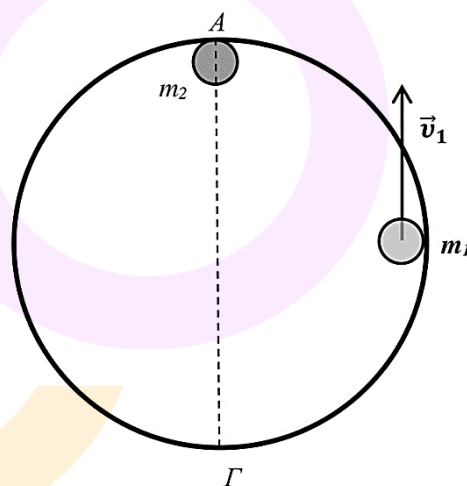
$u_1 = 10 \text{ m/s}$, χτυπά το μήλο με αποτέλεσμα να το διαπεράσει. Αν γνωρίζετε ότι η χρονική διάρκεια

της διάτρησης είναι $\Delta t = 0,1 \text{ s}$ και ότι το βέλος εξέρχεται από το μήλο με ταχύτητα, μέτρου $u_2 = 8 \text{ m/s}$, να υπολογίσετε :

- 4.1. το μέτρο της ορμής του μήλου ακριβώς μετά την έξοδο του βέλους από αυτό,
- 4.2. τη μεταβολή της ορμής του βέλους εξαιτίας της διάτρησης (μέτρο και κατεύθυνση),
- 4.3. τη μέση δύναμη που ασκείται από το βέλος στο μήλο κατά τη χρονική διάρκεια της διάτρησης καθώς και τη μέση δύναμη που ασκείται από το μήλο στο βέλος στην ίδια χρονική διάρκεια,
- 4.4. την απώλεια μηχανικής ενέργειας του συστήματος βέλους – μήλου κατά τη διάρκεια της διάτρησης.

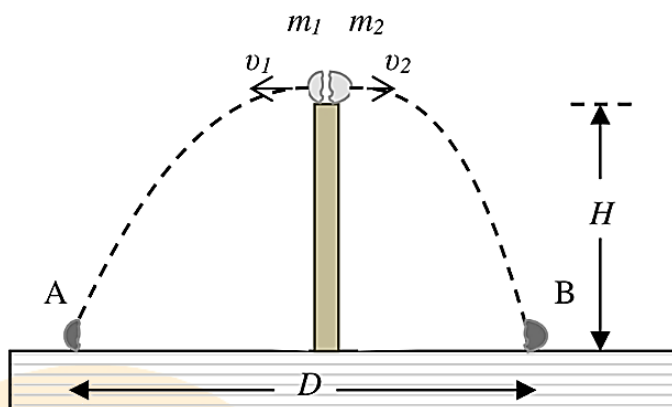
Για την επίλυση του προβλήματος θεωρήστε το βέλος αλλά και το μήλο ως υλικά σημεία.

3. Δύο σφαιρίδια Σ_1 και Σ_2 με λείες επιφάνειες και μάζες $m_1 = 4 \text{ kg}$ και $m_2 = 6 \text{ kg}$ αντίστοιχα μπορούν να κινούνται στο εσωτερικό κυκλικού δακτυλίου ακτίνας $R = 2 \text{ m}$ που είναι ακλόνητα στερεωμένος σε λείο οριζόντιο τραπέζι (κάτοψη του οποίου εικονίζεται στο σχήμα). οι τριβές μεταξύ των σφαιριδίων και του κυκλικού δακτυλίου θεωρούνται αμελητέες, όπως και οι διαστάσεις τους. Αρχικά το σφαιρίδιο Σ_2 είναι ακίνητο, ενώ το Σ_1 εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση με φορά αντίθετη εκείνης των δεικτών του ρολογιού με ταχύτητα, μέτρου $u_1 = 5 \text{ m/s}$. Αν τα σφαιρίδια Σ_1 και Σ_2 συγκρουστούν πλαστικά, να υπολογίσετε:



- 4.1. Το μέτρο της ταχύτητας του συσσωματώματος αμέσως μετά την κρούση καθώς και την περίοδο της κίνησης του.
 - 4.2. Το μέτρο της μεταβολής της ορμής του σφαιριδίου Σ_1 κατά την πλαστική κρούση.
 - 4.3. Την απώλεια της μηχανικής ενέργειας κατά την πλαστική κρούση.
 - 4.4. Το μέτρο της μεταβολής της ορμής του μεταξύ της θέσης κρούσης A και της αντιδιαμετρικής της Γ.
4. Μικρή σφαίρα μάζας $m = 300 \text{ g}$ είναι τοποθετημένη πάνω σε κατακόρυφο στύλο μεγάλου ύψους H. Ξαφνικά μια έκρηξη διασπά τη σφαίρα σε δύο κομμάτια που αμέσως μετά την έκρηξη κινούνται σε οριζόντια διεύθυνση. οι μάζες των δύο κομματιών είναι m_1 και m_2 , για τις οποίες ισχύει: $m_2 = 2 \cdot m_1$.

Τα δύο κομμάτια m_1 , m_2 , εκτελούν οριζόντιες βολές και πέφτουν στο οριζόντιο δάπεδο που βρίσκεται στη βάση του στύλου, μετά από χρόνο 3 s από τη στιγμή της έκρηξης, στα σημεία Α και Β αντίστοιχα, που απέχουν μεταξύ τους $D = 180$ m, όπως φαίνεται και στο σχήμα. Δίνεται το μέτρο της επιτάχυνσης βαρύτητας $g = 10 \text{ m/s}^2$ και ότι η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα. Να υπολογίσετε:



4.1. Το ύψος του στύλου.

4.2. Τα μέτρα των ταχυτήτων που έχουν τα δύο κομμάτια, αμέσως μετά την έκρηξη.

4.3. Ποια η ταχύτητα (μέτρο, κατεύθυνση) με την οποία φτάνει η μάζα m_1 στο έδαφος.

4.4. Την απόσταση μεταξύ των δύο κομματιών 2 s μετά από τη στιγμή της έκρηξης.

5. Δύο αυτοκινητάκια από παιδικό παιχνίδι, με μάζες $m_1 = 250$ g και $m_2 = 300$ g αντίστοιχα, κινούνται σε κυκλική πίστα ακτίνας $R = \frac{200}{\pi}$ cm και πραγματοποιούν ομαλή κυκλική κίνηση με ταχύτητες μέτρου $u_1 = 40$ cm/s και $u_2 = 50$ cm/s αντίστοιχα. Η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα. Να υπολογίσετε:

4.1. Τις περιόδους περιστροφής των δύο αυτοκινήτων T_1 και T_2 .

4.2. Το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών συναντήσεων των αυτοκινήτων, δεδομένου ότι κινούνται κατά την ίδια φορά.

Ξαφνικά, το δεύτερο αυτοκινητάκι ξεφεύγει από την πορεία του. Κινούμενο ευθύγραμμα προσκρούει κάθετα στον προστατευτικό ελαστικό τοίχο της πίστας και γυρίζει προς τα πίσω με ταχύτητα μέτρου $u_3 = 20$ cm/s. Αν η πρόσκρουση διαρκεί $\Delta t = 0,07$ s να υπολογιστούν:

4.3. Η μέση δύναμη κατά μέτρο, διεύθυνση και φορά που δέχθηκε το αυτοκινητάκι από τον προστατευτικό τοίχο της πίστας κατά την πρόσκρουση.

4.4. Το ποσοστό της κινητικής ενέργειας που μετατράπηκε σε θερμική ενέργεια κατά την πρόσκρουση.

6. Δύο όμοιοι δορυφόροι μάζας $m = 100 \text{ kg}$ κινούνται σε ύψος $h = 3 R_T$ πάνω από την επιφάνεια της Γης, στην ίδια κυκλική τροχιά, με αντίθετες ταχύτητες. Αν οι δύο δορυφόροι ξεκινούν τη χρονική στιγμή από το ίδιο σημείο.

4.1. Να υπολογίσετε τα μέτρα των ταχυτήτων τους.

4.2. Να υπολογίσετε τις περιόδους τους.

4.3. Να βρείτε μετά από πόσο χρόνο θα συγκρουστούν.

4.4. Εάν οι δορυφόροι συγκρουσθούν κεντρικά και πλαστικά να υπολογίσετε την απώλεια στην κινητική ενέργεια του συστήματος λόγω της κρούσης.

Δίνονται η ακτίνα της Γης $R_T = 6400 \text{ km}$ και η επιτάχυνση της βαρύτητας στην επιφάνεια της Γης $g_0 = 10 \text{ m/s}^2$. Προσεγγιστικά να θεωρηθούν συγκεκριμένοι δορυφόροι ως συγκρουόμενες σφαίρες.

7. Ένα σώμα βάλλεται κατακόρυφα τη χρονική στιγμή $t_0 = 0$ προς τα πάνω από εξώστη ύψους $H = 25 \text{ m}$. Η αλγεβρική τιμή της ορμής του σε συνάρτηση με το χρόνο δίνεται από τη σχέση $P = 30 - 15t \text{ (S.I.)}$. Η βαρυτική επιτάχυνση έχει μέτρο $g = 10 \text{ m/s}^2$.

4.1. Να υπολογίσετε το ρυθμό μεταβολής της ορμής και τη μάζα του σώματος.

4.2. Να υπολογίσετε τη χρονική άφιξη του σώματος στο μέγιστο ύψος.

4.3. Να βρείτε το μέγιστο ύψος, μετρημένο από το έδαφος, που φθάνει το σώμα.

4.4. Να υπολογίσετε τη συνολική μεταβολή της ορμής του σώματος από τη στιγμή της εκτόξευσης μέχρι τη στιγμή της προσεδάφισής του.

Αντιστάσεις από τον αέρα παραλείπονται.

8. Δύο σώματα με την ίδια μάζα $m = 0,2 \text{ kg}$, κινούνται ευθύγραμμα και ομαλά σε λείο οριζόντιο επίπεδο σε αντίθετες κατευθύνσεις (το ένα κινείται με κατεύθυνση προς το άλλο). Το μέτρο της ταχύτητας του πρώτου σώματος είναι $u_1 = 6 \text{ m/s}$ και του δεύτερου $u_2 = 2 \text{ m/s}$. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ απέχουν μεταξύ τους 4 m .

4.1. Υπολογίστε και σχεδιάστε τις ορμές των δύο σωμάτων τη χρονική στιγμή $t = 0$.

4.2. Ποια χρονική στιγμή θα συγκρουστούν τα δύο σώματα μεταξύ τους;

4.3. Αν η κρούση τους είναι πλαστική και η χρονική της διάρκεια είναι αμελητέα, ποιο θα είναι το μέτρο της ταχύτητας του συσσωματώματος αμέσως μετά την κρούση;

4.4. Σχεδιάστε (σε κοινό διάγραμμα) τις γραφικές παραστάσεις για τις τιμές των ταχυτήτων των δύο σωμάτων και του συσσωματώματος σε συνάρτηση με το χρόνο, για το χρονικό διάστημα από 0 μέχρι 1 s.

Να θεωρήσετε ως θετική την αρχική φορά κίνησης του σώματος με ταχύτητα u_1 .

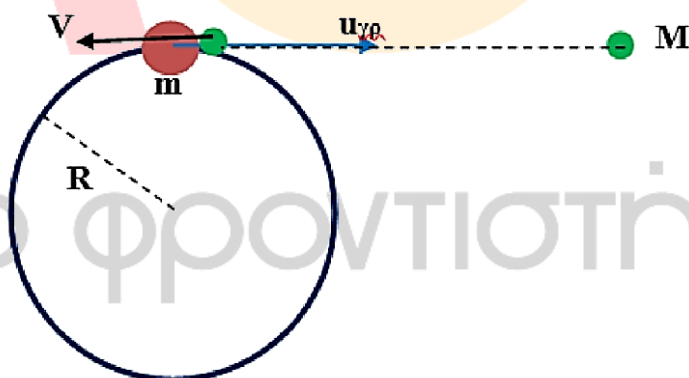
9. Ένα σώμα μάζας $m = 1,2 \text{ kg}$ κινείται πάνω σε οριζόντια κυκλική τροχιά ακτίνας $R = 0,2 \text{ m}$. Η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα έχει μέτρο $\Sigma F = 600 \text{ N}$ και κατεύθυνση προς το κέντρο της κυκλικής τροχιάς. Να υπολογίσετε:

4.1. Την κεντρομόλο επιτάχυνση του σώματος.

4.2. Την γωνιακή ταχύτητα του σώματος.

4.3. Το μήκος του τόξου που θα διαγράψει, σε χρόνο ίσο με το χρόνο κίνησης δεύτερου σώματος που εκτελεί ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση χωρίς αρχική ταχύτητα και αποκτά ταχύτητα $u = 54 \text{ m/s}$ έχοντας επιτάχυνση $a = 12 \text{ m/s}^2$.

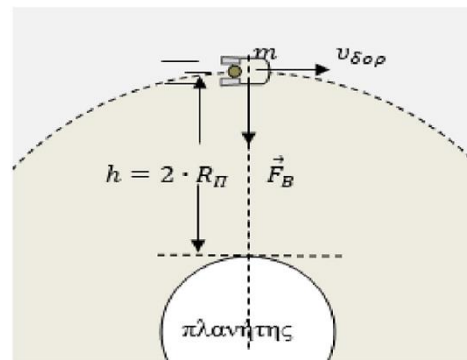
4.4. Το δεύτερο σώμα μάζας $M = m/2$ συγκρούεται τελικά με το πρώτο σώμα σε κάποιο σημείο της κυκλικής τροχιάς του, έχοντας ταχύτητα V με κατεύθυνση αντίρροπη της γραμμικής ταχύτητας του πρώτου σώματος τη στιγμή της κρούσης.



Αν η κρούση είναι πλαστική, να υπολογίσετε την ταχύτητα V του σώματος μάζας M ώστε το συσσωμάτωμα να έχει μηδενική κινητική ενέργεια μετά την κρούση.

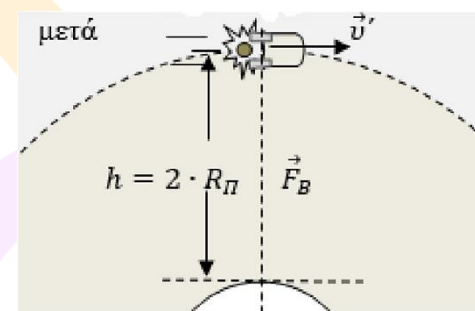
10. Ένας υποθετικός πλανήτης έχει μάζα $M_{\pi} = \frac{M_{\Gamma}}{3}$, όπου M_{Γ}

η μάζα της Γης και ακτίνα $R_{\pi} = R_{\Gamma}$, όπου R_{Γ} η ακτίνα της Γης και δεν έχει ατμόσφαιρα. Ένα διαστημικό όχημα μάζας m , έχει τεθεί σε δορυφορική τροχιά γύρω από τον πλανήτη αυτό και σε ύψος $h = 2 \cdot R_{\pi}$ από την επιφάνειά του.



- 4.1. Να υπολογίσετε την περίοδο περιστροφής του οχήματος γύρω από τον πλανήτη.

Κάποια στιγμή από το δορυφορικό όχημα εκτοξεύεται ένα σώμα μάζας $m_1 = \frac{m}{3}$, με τέτοιο τρόπο ώστε το σώμα αυτό, αμέσως μετά την εκτόξευσή του να έχει ταχύτητα μηδέν, ώστε να πέσει προς την επιφάνεια του πλανήτη, κινούμενο σε διεύθυνση που περνάει από το κέντρο του.



- 4.2. Να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας του υπόλοιπου οχήματος μετά την εκτόξευση του σώματος.
- 4.3. Αν η αρχική μάζα του δορυφορικού οχήματος πριν διασπαστεί ήταν $m = 900 \text{ kg}$, πόση μηχανική ενέργεια αποδόθηκε στο σύστημα εξαιτίας αυτής της εκτόξευσης του σώματος;
- 4.4. Να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας με την οποία το σώμα που εκτοξεύτηκε φτάνει στην επιφάνεια του πλανήτη.

Δίνονται η ακτίνα της Γης $R_{\Gamma} = 6400 \text{ km}$ και η επιτάχυνση της βαρύτητας στην επιφάνειά της Γης $g_0 = 10 \text{ m/s}^2$.

11. Ένα σώμα εκτοξεύεται από την επιφάνεια της Γης με αρχική ταχύτητα $\vec{u}_0$, στη διεύθυνση της ακτίνας της Γης που περνάει από το σημείο εκτόξευσης και φορά τέτοια ώστε να απομακρύνεται από την επιφάνειά της. Το σώμα καταφέρνει να φτάσει σε ύψος h ίσο με την ακτίνα της Γης ($h = R_{\Gamma}$).

- 4.1. Να υπολογίσετε το μέτρο u_0 της αρχικής ταχύτητας με την οποία εκτοξεύθηκε το σώμα.
- 4.2. Να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας διαφυγής ενός σώματος από σημείο που βρίσκεται σε ύψος $h = R_{\Gamma}$ από την επιφάνεια της Γης.

Τη στιγμή που μηδενίζεται η ταχύτητα του σώματος στο ύψος $h = R_{\Gamma}$ μια ξαφνική έκρηξη διασπά το σώμα σε δύο άλλα σώματα ίσων μαζών ($m_1 = m_2$), τα οποία κινούνται στην αρχική διεύθυνση

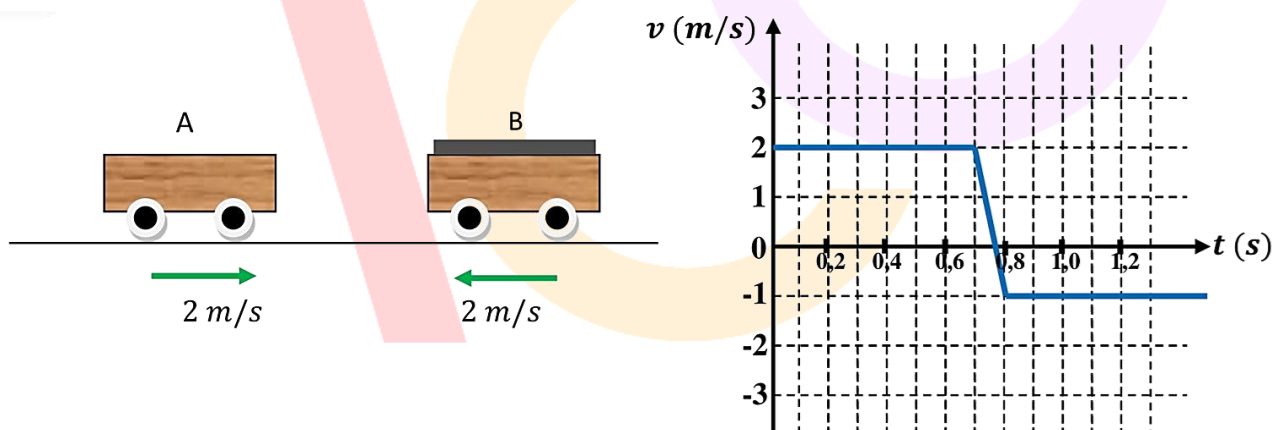
κίνησης του σώματος. Το σώμα μάζας m_1 αμέσως μετά την έκρηξη κινείται προς τη Γη και φτάνει στην επιφάνειά της με ταχύτητα $\bar{u}_1'$ μέτρου $u_1' = 16 \text{ m/s}$.

4.3. Να αποδείξετε ότι το σώμα μάζας m_2 θα διαφύγει από την έλξη της Γης προς το διάστημα.

4.4. Να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας του σώματος μάζας m_2 με την οποία διαφεύγει στο διάστημα.

Η Γη θεωρείται σφαίρα ακίνητη και ομογενής ακτίνας $R_T = 6400 \text{ km}$ και το μέτρο της έντασης του πεδίου βαρύτητας στην επιφάνειά της $g_0 = 10 \text{ m/s}^2$. Θεωρούμε επίσης ότι οι αντιστάσεις από την ατμόσφαιρα της Γης μπορούν να αγνοηθούν.

- 12.** Στο παρακάτω σχήμα, το εργαστηριακό αμαξίδιο Α, μάζας 1 kg , κινείται οριζόντια με αρχική ταχύτητα 2 m/s . Συγκρούεται με το εργαστηριακό αμαξίδιο Β μάζας 2 kg το οποίο κινείται στην αντίθετη κατεύθυνση με ταχύτητα μέτρου 2 m/s . Η γραφική παράσταση που ακολουθεί, μας δείχνει την μεταβολή της ταχύτητας του αμαξιδίου Α (πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την κρούση).



4.1. Υπολογίστε τη μεταβολή της ορμής του αμαξιδίου Α κατά την κρούση.

4.2. Υπολογίστε την ταχύτητα του αμαξιδίου Β μετά την κρούση.

4.3. Υπολογίστε τη δύναμη που ασκήθηκε στο αμαξίδιο Β κατά την κρούση.

4.4. Υπολογίστε την μεταβολή της κινητικής ενέργειας του συστήματος των δύο αμαξιδίων κατά την κρούση.

13. Διαστημικό όχημα, μάζας $m = 300 \text{ kg}$, εκτοξεύεται από την επιφάνεια της Γης, κατακόρυφα. Η αρχική του ταχύτητα είναι μηδενική, ενώ ο προωθητικός του μηχανισμός το αναγκάζει να κινείται με σταθερή επιτάχυνση $\vec{a}$. Όταν το όχημα φτάνει σε ύψος ίσο με την ακτίνα της Γης ($h = R_T$) από την επιφάνειά της, ο προωθητικός μηχανισμός σταματάει να λειτουργεί και το όχημα κινείται πλέον ελεύθερα, λόγω της ταχύτητας που απέκτησε ως τότε. Αν το διαστημικό όχημα δε δέχεται αντιστάσεις και καταφέρνει μόλις να διαφύγει για πάντα από την έλξη της Γης, να υπολογίσετε:

4.1. Το μέτρο της ταχύτητας που είχε το διαστημικό όχημα, τη στιγμή που έπαψε να λειτουργεί ο προωθητικός μηχανισμός, δηλαδή την ταχύτητα διαφυγής από το συγκεκριμένο ύψος πάνω από την επιφάνεια της Γης.

4.2. Το μέτρο της σταθερής επιτάχυνσης του διαστημικού οχήματος, όσο λειτουργούσε ο προωθητικός του μηχανισμός.

4.3. Τη χρονική διάρκεια λειτουργίας του προωθητικού μηχανισμού.

4.4. Τη βαρυτική δυναμική ενέργεια του οχήματος μετά από χρονική διάρκεια $\Delta t = 800 \cdot \sqrt{2} \text{ s}$ από την εκκίνησή του.

Δίνονται η ακτίνα της Γης $R_T = 6400 \text{ km}$ και η επιτάχυνση της βαρύτητας στην επιφάνειά της Γης $g_0 = 10 \text{ m/s}^2$.

14. Ένας τεχνητός δορυφόρος της Γης εκτελεί κυκλική κίνηση με κέντρο το κέντρο της Γης, σε ύψος $h = 3R_T$ από την επιφάνειά της.

4.1. Να υπολογιστεί η ένταση του πεδίου βαρύτητας σε ύψος $h = 3R_T$ από την επιφάνεια της Γης.

4.2. Να υπολογιστεί η ταχύτητα του δορυφόρου.

4.3. Να υπολογιστεί η μηχανική ενέργεια ενός σώματος Σ μάζας $m = 4 \text{ kg}$ μέσα στο δορυφόρο, με δεδομένο ότι η δυναμική του ενέργεια είναι μηδέν στο άπειρο.

4.4. Πόση είναι η ελάχιστη ενέργεια η οποία πρέπει να δοθεί στο παραπάνω σώμα Σ, προκειμένου να εγκαταλείψει τον δορυφόρο και να φτάσει σε άπειρη απόσταση από τη Γη.

Η Γη θεωρείται το μοναδικό σώμα στο διάστημα, η επίδραση της ατμόσφαιρας είναι αμελητέα, ενώ $R_T = 6400 \text{ km}$ και $g_0 = 10 \text{ m/s}^2$.

15. Δύο σφαιρικοί πλανήτες Π_1 και Π_2 με μάζες M_1 και $M_2 = 9 M_1$ έχουν ακτίνες $R_1 = 10^5 \text{ m}$ και $R_2 = 10 R_1$ αντίστοιχα. Τα κέντρα των δύο πλανητών απέχουν απόσταση $l = 40 R_1$. Η ένταση του βαρυτικού πεδίου του πλανήτη Π_1 στην επιφάνειά του έχει μέτρο $g_{0,1} = 6 \text{ m/s}^2$. Να υπολογίσετε:

4.1. Την απόσταση X , από το κέντρο του πλανήτη Π_1 , του σημείου Σ της διακέντρου των δύο πλανητών στο οποίο η συνολική ένταση του βαρυτικού τους πεδίου είναι μηδέν.

4.2. Το συνολικό δυναμικό του βαρυτικού πεδίου των δύο πλανητών στο σημείο Σ .

4.3. Την ελάχιστη ταχύτητα u_δ με την οποία πρέπει να εκτοξεύσουμε ένα σώμα μάζας $m = 3 \text{ Kg}$ από την επιφάνεια του πλανήτη Π_2 για να φτάσει στον πλανήτη Π_1 .

4.4. Το ρυθμό μεταβολής της ορμής του σώματος μάζας m αμέσως μετά την εκτόξευσή του από τον πλανήτη Π_2 .

16. Μικρή σφαίρα μάζας $m = 200 \text{ g}$ κρέμεται δεμένη στο κάτω άκρο αβαρούς μη ελαστικού νήματος, μήκους l . Το πάνω άκρο του νήματος είναι δεμένο σε ακλόνητο σημείο O , το οποίο απέχει από οριζόντιο δάπεδο (δ), ύψος $H = 1,25 \text{ m}$.

Θέτουμε το σύστημα σε αιώρηση με τέτοιο τρόπο ώστε τελικά το σώμα να κινείται σε κατακόρυφο επίπεδο με το νήμα τεντωμένο.

Τη στιγμή που η σφαίρα περνάει από την κατώτερη θέση Γ της κυκλικής τροχιάς της, με το νήμα τεντωμένο και κατακόρυφο, η κεντρομόλος επιτάχυνσή της έχει μέτρο 20 m/s^2 . Ακριβώς τη στιγμή που διέρχεται από τη θέση Γ , το νήμα κόβεται και η σφαίρα με την ταχύτητα που είχε, πραγματοποιεί οριζόντια βολή μέχρι να χτυπήσει στο οριζόντιο δάπεδο. Η σφαίρα φτάνει στο δάπεδο μετά από χρόνο $0,3 \text{ s}$ από τη στιγμή που κόπηκε το νήμα. Δίνεται το μέτρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας $g = 10 \text{ m/s}^2$ και ότι η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα.

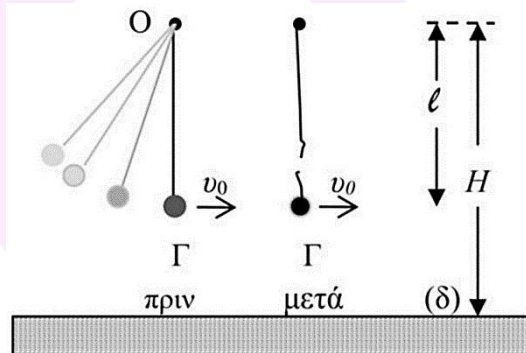
Να υπολογίσετε:

4.1. Το μήκος l του νήματος.

4.2. Την οριζόντια απόσταση από το σημείο Γ , του σημείου στο οποίο θα χτυπήσει η σφαίρα στο δάπεδο.

4.3. Τη βαρυτική δυναμική ενέργεια της σφαίρας ως προς το οριζόντιο δάπεδο (δ) μετά από χρόνο $0,2 \text{ s}$ από τη στιγμή που κόπηκε το νήμα.

4.4. Το μέτρο της ταχύτητας καθώς και την εφαπτομένη της γωνίας που σχηματίζει το διάνυσμα της ταχύτητας με το οριζόντιο δάπεδο, ελάχιστα πριν η σφαίρα προσκρούσει στο δάπεδο.



17. 4.1. Να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας διαφυγής ενός σώματος από το βαρυτικό πεδίο της Γης, όταν αυτό εκτοξεύεται από ύψος $h = R_T$.

4.2. Σώμα Σ εκτοξεύεται προς το διάστημα, από ύψος $h = R_T$ από την επιφάνεια της Γης. Τη στιγμή της εκτόξευσης, η κινητική ενέργεια του σώματος Σ είναι δεκαέξι φορές μεγαλύτερη από την απόλυτη τιμή της δυναμικής ενέργειας του συστήματος σώμα $\Sigma - Γη$. Να αποδείξετε ότι το σώμα Σ θα διαφύγει από το βαρυτικό πεδίο της Γης.

4.3. Να υπολογίσετε την κινητική ενέργεια του σώματος Σ , τη στιγμή που διαφεύγει από το βαρυτικό πεδίο της Γης, αν εκτοξεύτηκε από το ύψος h προς το διάστημα, με την ταχύτητα που προσδιορίσατε στο προηγούμενο ερώτημα. Η μάζα του σώματος Σ είναι $m = 4 \text{ kg}$.

4.4. Να υπολογίσετε το έργο της βαρυτικής δύναμης που δέχεται το σώμα Σ από τη στιγμή της εκτόξευσης, μέχρι τη διαφυγή του από το πεδίο βαρύτητας της Γης, αν η μάζα του είναι $m = 4 \text{ kg}$.

Δίνονται η ακτίνα της Γης $R_T = 6400 \text{ km}$ και το μέτρο της έντασης του πεδίου βαρύτητας της Γης στην επιφάνειά της $g_0 = 10 \text{ m/s}^2$. Να θεωρήσετε ότι στο σώμα, μετά την εκτόξευσή του ασκείται μόνο η βαρυτική έλξη από τη Γη.

18. Μπαλάκι του τένις, μάζας m , αφήνεται να πέσει από ύψος h_1 από την επιφάνεια του εδάφους. Αφού χτυπήσει στο έδαφος αναπηδά και φτάνει σε ύψος h_2 από την επιφάνεια του εδάφους. Να υπολογίσετε:

4.1. το μέτρο της ταχύτητας που έχει το μπαλάκι ακριβώς πριν προσκρούσει στο έδαφος,

4.2. τη μεταβολή της ορμής (μέτρο και κατεύθυνση) κατά τη διάρκεια της αναπήδησής του στο έδαφος.

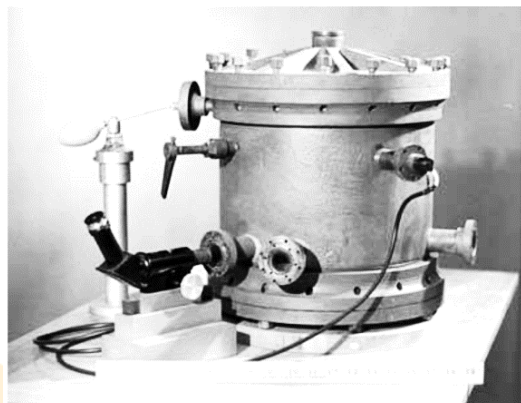
4.3. Αν η μέση συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο μπαλάκι κατά τη διάρκεια της πρόσκρουσης έχει μέτρο 6 N να υπολογιστεί η χρονική διάρκεια της πρόσκρουσης.

Στη συνέχεια το μπαλάκι αναπηδά στο έδαφος για δεύτερη φορά.

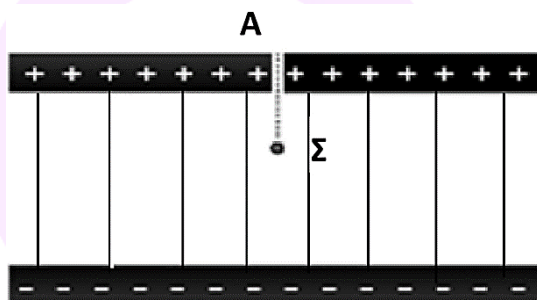
4.4. Εάν γνωρίζετε ότι κατά τη διάρκεια της δεύτερης αυτής πρόσκρουσης χάνεται στο περιβάλλον το 50% της ενέργειας που είχε το μπαλάκι πριν την πρόσκρουση, να υπολογίσετε το νέο μέγιστο ύψος από το έδαφος, h_3 , στο οποίο θα ανέβει.

Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας στην επιφάνεια της Γης $g_0 = 10 \text{ m/s}^2$, $m = 200 \text{ g}$, $h_1 = 80 \text{ cm}$, $h_2 = 20 \text{ cm}$. Η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα.

19. Το πείραμα του Millikan, γνωστό και ως πείραμα της σταγόνας λαδιού, είναι από τα πιο διάσημα πειράματα στην ιστορία της Φυσικής και είχε ως αποτέλεσμα την ακριβή μέτρηση για πρώτη φορά του στοιχειώδους φορτίου (φορτίου του ηλεκτρονίου) το 1909. Η συσκευή με την οποία πραγματοποιήθηκε το πείραμα φαίνεται στη φωτογραφία. Στο κάτω μέρος της συσκευής υπάρχει ομογενές ηλεκτρικό πεδίο (επίπεδος πυκνωτής με τους οπλισμούς – πλάκες τοποθετημένους οριζόντια). Αρνητικά φορτισμένες σταγόνες λαδιού εισέρχονται από την οπή A που υπάρχει στο θετικό οπλισμό του οριζόντιου επίπεδου πυκνωτή. Όλο το σύστημα βρίσκεται σε κενό. Η σταγόνα Σ, με μάζα $m = 0,1 \text{ g}$ και φορτίο $q = 1,5 \cdot 10^{-8} \text{ C}$, κινείται ήδη εντός του ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου του πυκνωτή, που έχει ένταση $E = 60 \text{ kV/m}$. Η απόσταση μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή είναι $d = 10 \text{ mm}$.



4.1. Να σχεδιάσετε τη φορά των δυναμικών γραμμών του ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου του πυκνωτή, και να υπολογίσετε την ηλεκτρική δύναμη που δέχεται η σταγόνα Σ.



4.2. Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που δέχεται η σταγόνα, καθώς και την κατεύθυνση της κίνησής της. Υπολογίστε την επιτάχυνση με την οποία κινείται.

4.3. Να υπολογίσετε το έργο της ηλεκτρικής δύναμης κατά τη μετακίνηση της σταγόνας λαδιού από τον θετικό στον αρνητικό οπλισμό του πυκνωτή.

4.4. Να υπολογίσετε τη μεταβολή της κινητικής ενέργειας της σταγόνας κατά την κίνησή της από τον θετικό στον αρνητικό οπλισμό του πυκνωτή.

Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας στην επιφάνεια της Γης $g_0 = 10 \text{ m/s}^2$. Η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα.

20. Τα σωματίδια A και B συγκρατούνται ακίνητα σε λείο οριζόντιο επίπεδο κατασκευασμένο από μονωτικό υλικό, όπως φαίνεται στο σχήμα. Τα σωματίδια έχουν ίσα θετικά φορτία $Q = q$ μάζες m_A και m_B αντίστοιχα, το σύστημα των δύο ηλεκτρικών φορτίων έχει ηλεκτρική δυναμική ενέργεια U και αφήνονται να κινηθούν.



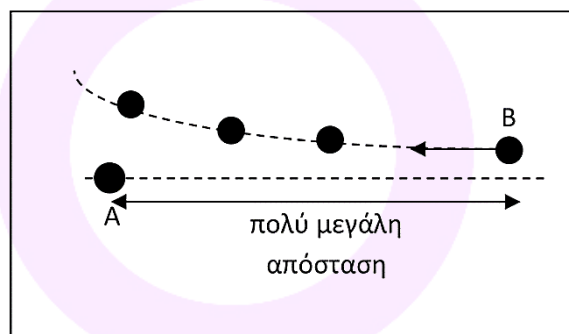
4.1. Να δείξετε ότι ο λόγος των μέτρων των ταχυτήτων που έχουν κάθε χρονική στιγμή τα δύο σωματίδια είναι αντιστρόφως ανάλογος με τον λόγο των μαζών τους.

4.2. Να δείξετε ότι η κινητική ενέργεια του B, σε πολύ μεγάλη απόσταση από το A (σε απόσταση τόσο ώστε τα σωματίδια πρακτικά δεν αλληλεπιδρούν), δίνεται από τη σχέση:

$$K_B = \frac{m_A}{m_A + m_B} U$$

4.3. Για αυτό το ερώτημα υποθέτουμε πως η μάζα του A είναι πολύ μεγαλύτερη της μάζας του B ($m_A \gg m_B$), ώστε στους υπολογισμούς η μάζα του B να θεωρείται αμελητέα σε σχέση με τη μάζα του A. Να υπολογίσετε, αξιοποιώντας το αποτέλεσμα του ερωτήματος 4.2. ή με όποιον άλλο τρόπο σκεφτείτε, τις κινητικές ενέργειες των A και B όταν βρίσκονται σε πολύ μεγάλη απόσταση μεταξύ τους.

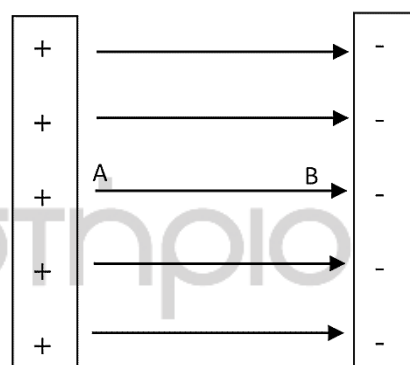
4.4. Όταν το B φθάνει σε μεγάλη απόσταση από το A, το εκτοξεύουμε και πάλι προς τα πίσω, όχι όμως ακριβώς στην ευθεία που ενώνει τα δύο σωματίδια αλλά λίγο έκκεντρα, όπως φαίνεται στο σχήμα που αποτελεί κάτοψη του επιπέδου στο οποίο γίνεται η κίνηση. Εξηγήστε γιατί το B θα ακολουθήσει μια τροχιά όπως αυτή που φαίνεται στο σχήμα. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε κατάλληλο σχήμα.



21. Δύο παράλληλες μεταλλικές πλάκες φορτισμένες με αντίθετα φορτία, όπως στο σχήμα, δημιουργούν ανάμεσά τους ομογενές ηλεκτρικό πεδίο.

Η διαφορά δυναμικού των δύο πλακών είναι $V = 1 \text{ kV}$ και η απόσταση μεταξύ τους $d = 5 \text{ mm}$.

Τη χρονική στιγμή $t_0 = 0$, από το σημείο A του πεδίου, ένα θετικό φορτίο q_1 επιταχύνεται από την ηρεμία χωρίς αντιστάσεις, μόνο με την επίδραση του ηλεκτρικού πεδίου και φτάνει στο σημείο B. Η απόσταση (AB) είναι ίση $(AB) = d = 5 \text{ mm}$.



Γνωρίζετε ότι: το φορτίο του ηλεκτρονίου είναι ίσο με $-e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, η μάζα του ίση με $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ενώ για το θετικό φορτίο q_1 ισχύει η σχέση $q_1 = e$ και η μάζα του είναι ίση με $m_1 = 2 \cdot m_2$.

4.1. Να προσδιορίσετε την ένταση του ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου.

4.2. Αν από το σημείο B, επιταχυνθεί από την ηρεμία ένα ηλεκτρόνιο τότε να βρείτε το λόγο των μέτρων των επιταχύνσεων που αποκτά καθένα από τα σωματίδια.

4.3. Να προσδιορίσετε το μέτρο της επιτάχυνσης που αποκτά το φορτίο q_1 και στη συνέχεια να υπολογίσετε το έργο για τη μετακίνηση του φορτίου q_1 μεταξύ των σημείων A και B. Το αποτέλεσμα για το έργο να δοθεί σε eV.

4.4. Να κατασκευάσετε τη γραφική παράσταση της θέσης του φορτίου q_1 σε συνάρτηση με το τετράγωνο του χρόνου ($x - t^2$), ορίζοντας έναν άξονα $x'x$, με $x_0 = 0$ στο σημείο A, δηλαδή στο σημείο στο οποίο αρχίζει να κινείται το φορτίο αυτό.

22. Δύο υλικά σημεία, που έχουν ίσες μάζες και φέρουν ηλεκτρικά φορτία $q_1 = +1 \mu\text{C}$ και $q_2 = +2 \mu\text{C}$ συγκρατούνται ακίνητα στο κενό και σε απόσταση $r = 2 \text{ cm}$.

4.1. Να υπολογίσετε την ηλεκτρική δυναμική τους ενέργεια.

Τα υλικά σημεία αφήνονται ελεύθερα να κινηθούν την χρονική στιγμή $t_0 = 0$

4.2. Αν u_1 , u_2 είναι τα αντίστοιχα μέτρα των ταχυτήτων τους, να υπολογίσετε τον λόγο $\frac{u_1}{u_2}$ όταν η απόστασή τους γίνει αρκετά μεγάλη ώστε η μεταξύ τους ηλεκτρική αλληλεπίδραση να θεωρείται ασήμαντη.

4.3. Αν η μάζα κάθε υλικού σημείου είναι $m = 0,1 \text{ kg}$, να υπολογίσετε τα μέτρα u_1 και u_2 των ταχυτήτων του προηγούμενου ερωτήματος.

4.4. Για την χρονική διάρκεια από t_0 μέχρι την χρονική στιγμή που η απόστασή τους γίνει αρκετά μεγάλη, ώστε η μεταξύ τους ηλεκτρική αλληλεπίδραση να θεωρείται ασήμαντη, να υπολογίσετε το έργο της δύναμης που δέχεται το πρώτο υλικό σημείο από το δεύτερο.

Δίνεται: $k_{\eta\lambda} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N}^2 \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$. Να θεωρήσετε αμελητέα την βαρυτική αλληλεπίδραση των υλικών σημείων τόσο μεταξύ τους όσο και με άλλα σώματα.



νέο φροντιστήριο