## Κεφ. 2. Κινηματική σε μια διάσταση

**Μέση ταχύτητα (μέτρο):** $\dfrac{[\text{διανυθείσα απόσταση}]}{[\text{απαιτηθείς χρόνος}]}$

**Μέση ταχύτητα (διανυσματική):** $\bar{v} = \dfrac{\Delta x}{\Delta t}$

**Στιγμιαία ταχύτητα:** $v = \dfrac{dx}{dt}$

**Μέση επιτάχυνση:** $\bar{a} = \dfrac{\Delta v}{\Delta t}$

**Στιγμιαία επιτάχυνση:** $a = \dfrac{dv}{dt} = \dfrac{d^2 x}{dt^2}$

**Κίνηση υπό σταθερή επιτάχυνση:** $v = v_0 + at$

$$x = x_0 + v_0 t + \tfrac{1}{2} at^2$$

$$a(x - x_0) = \tfrac{1}{2}(v^2 - v_0^2)$$

**Επιτάχυνση βαρύτητας:** $g \cong 9{,}81\ \mathrm{m/s^2}$

$$\cong 32{,}2\ \mathrm{ft/s^2}$$

## Κεφ. 4. Κινηματική σε τρεις διαστάσεις

**Μέση (διανυσματική) ταχύτητα:** $\bar{\mathbf{v}} = \dfrac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}$

**Στιγμιαία (διανυσματική) ταχύτητα:** $\mathbf{v} = \dfrac{d\mathbf{r}}{dt}$

**Μέση επιτάχυνση:** $\bar{\mathbf{a}} = \dfrac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t}$

**Στιγμιαία επιτάχυνση:** $\mathbf{a} = \dfrac{d\mathbf{v}}{dt} = \dfrac{d^2 \mathbf{r}}{dt^2}$

**Κίνηση με σταθερή επιτάχυνση:** $\mathbf{v} = \mathbf{v}_0 + \mathbf{a}t$

$$\mathbf{r} - \mathbf{r}_0 = \mathbf{v}_0 t + \tfrac{1}{2}\mathbf{a}t^2$$

**Κίνηση βλημάτων:** $v_x = v_{0x} = v_0 \cos\theta$

$v_z = v_{0z} - gt = v_0 \sin\theta - gt$

$x = v_{0x} t$

$z = v_{0z} t - \frac{1}{2} g t^2$

**Βεληνεκές, μέγιστο ύψος, και χρόνος πτήσεως (υπεράνω επιπέδου εδάφους):**

$$x_{\max} = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$$

$$z_{\max} = \frac{v_0^2 \sin^2\theta}{2g}$$

$$t_{\text{light}} = \frac{2 v_0 \sin\theta}{g}$$

**Κεντρομόλος Επιτάχυνση (μέτρο) σε ομαλή κυκλική κίνηση:** $a = v^2/r$

**Μετασχηματισμοί Γαλιλαίου:** $t' = t$

$\mathbf{r}' = \mathbf{r} - \mathbf{V}_O t$

$\mathbf{v}' = \mathbf{v} - \mathbf{V}_O$

## Κεφ. 6. Δυναμική – δυνάμεις και η λύση της εξίσωσης κίνησης

**Οι τέσσερις θεμελιώδεις δυνάμεις:** Βαρυτική, "ασθενής", ηλεκτρομαγνητική, "ισχυρή"

**Βάρος:** μέτρο: $w = mg$

φορά: Προς τα κάτω

**Κινητική τριβή:** $f_k = \mu_k N$

**Στατική τριβή:** $f_s \leq \mu_s N$

**Δύναμη επαναφοράς ελατηρίου (Νόμος του Hooke):** $F = -kx$

**Δύναμη που απαιτείται για ομοιόμορφη κυκλική κίνηση:** μέτρο: $mv^2/r$

φορά: Κεντρομόλος

## Κεφ. 7. Έργο και ενέργεια

**Εργο παραγόμενο από σταθερή δύναμη:** $W = \mathbf{F} \cdot \Delta\mathbf{r} = F_x \Delta x + F_y \Delta y + F_z \Delta z$

**Εργο παραγόμενο από μεταβλητή δύναμη:**

$$W = \int_{P_1}^{P_2} \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r} = \int_{P_1}^{P_2} F_x\, dx + \int_{P_1}^{P_2} F_y\, dy + \int_{P_1}^{P_2} F_z\, dz$$

**Εργο παραγόμενο από τη βαρύτητα:** $W = -\, mg\, \Delta z$

**Κινητική ενέργεια:** $K = \frac{1}{2} mv^2$

$$= \frac{p^2}{2m}$$

**Θεώρημα έργου – ενέργειας:** $\Delta K = W$

**Βαρυτική δυναμική ενέργεια:** $mgz$

**Μηχανική ενέργεια:** $E = K + mgz$

**Διατήρηση μηχανικής ενέργειας:** $E = K + mgz \doteq [\text{σταθερά}]$

## Κεφ. 8. Διατήρηση της ενέργειας

**Διατηρητική δύναμη:** Το έργο που παράγεται από τη δύναμη δεν εξαρτάται από το δρόμο· εξαρτάται μόνο από τη θέση των ακραίων σημείων του δρόμου.

**Δυναμική ενέργεια διατηρητικής δύναμης:**

$$U(P) = -\int_{P_0}^{P} \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r} + U(P_0)$$

**Μηχανική ενέργεια:** $E = K + U$

**Διατήρηση ενέργειας:** $E = K + U = [\text{σταθερά}]$

**Δυναμική ενέργεια ελατηρίου:** $U(x) = \frac{1}{2} kx^2$

**Απώλεια μηχανικής ενέργειας από μη διατηρητικές δυνάμεις:** $\Delta E = W_{\text{μη διατηρητ.}}$

**Δύναμη ως παράγωγος δυναμικής ενέργειας:**

$$F_x = -\frac{\partial U}{\partial x} \qquad F_y = -\frac{\partial U}{\partial y} \qquad F_z = -\frac{\partial U}{\partial z}$$

**Η μάζα είναι μορφή ενέργειας:** $E = mc^2$

**Η ενέργεια έχει μάζα:** $\Delta m = \Delta E / c^2$

**Μέση ισχύς:** $\overline{P} = \dfrac{\Delta W}{\Delta t}$

**Στιγμιαία ισχύς:** $P = \dfrac{dW}{dt}$

**Μηχανική ισχύς προσφερομένη από δύναμη:** $P = \mathbf{F} \cdot \mathbf{v}$

## Κεφ. 9. Βαρύτητα

**Νόμος της παγκόσμιας έλξης:** $F = \dfrac{GMm}{r^2}$

$$G = 6{,}67 \times 10^{-11}\,\mathrm{N \cdot m^2/kg^2}$$

**Επιτάχυνση βαρύτητας στη Γη:** $g = \dfrac{GM_E}{R_E^2}$

**Κυκλική τροχιά γύρω απ' τον Ηλιο:** $v^2 = \dfrac{GM_S}{r}$

**Πρώτος Νόμος του Kepler:** Οι τροχιές των πλανητών είναι ελλείψεις με τον Ηλιο στη θέση της μίας εστίας.

**Δεύτερος Νόμος του Kepler:** Η επιβατική ακτίνα από τον Ηλιο προς τους πλανήτες σαρώνει ίσα εμβαδά σε ίσους χρόνους.

**Τρίτος Νόμος του Kepler:** Το τετράγωνο της περιόδου είναι ανάλογο προς τον κύβο του μεγάλου ημιάξονα της πλανητικής τροχιάς.

**Βαρυτική δυναμική ενέργεια:** $U = -\dfrac{GMm}{r}$

**Ενέργεια κυκλικής τροχιάς γύρω από τον Ηλιο:** $E = -\dfrac{GM_S\, m}{2r}$

**Ταχύτητα διαφυγής από τη Γη:** $v = \sqrt{2GM_E/R_E}$

## Κεφ. 10. Συστήματα σωματιδίων

**Ορμή συστήματος σωματιδίων:** $\mathbf{P} = \mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2 + \cdots + \mathbf{p}_n$

**Ρυθμός μεταβολής της ορμής:**

$$\frac{d\mathbf{P}}{dt} = \mathbf{F}_{\text{ext}}$$

**Διατήρηση ορμής (απουσία εξωτερικών δυνάμεων):**

$$\mathbf{P} = [\text{σταθερά}]$$

**Κέντρο μάζας:** $\mathbf{r}_{\text{CM}} = \dfrac{m_1\mathbf{r}_1 + m_2\mathbf{r}_2 + \cdots + m_n\mathbf{r}_n}{M}$

$$\mathbf{r}_{\text{CM}} = \frac{1}{M}\int \mathbf{r}\,\rho\,dV$$

**Ορμή συστήματος σωματιδίων:** $\mathbf{P} = M\mathbf{v}_{\text{CM}}$

**Κίνηση κέντρου μάζας:** $M\mathbf{a}_{\text{CM}} = \mathbf{F}_{\text{ext}}$

**Κινητική ενέργεια συστήματος σωματιδίων:**

$$K = K_{\text{int}} + \tfrac{1}{2}Mv_{\text{CM}}^2$$

**Εξίσωση ρουκέτας:** $v - v_0 = u\ln\left(\dfrac{M_0}{M}\right)$

## Κεφ. 11. Συγκρούσεις

**Ωση (Ωθηση):** $\mathbf{I} = \displaystyle\int_0^{\Delta t}\mathbf{F}\,dt$

$$= \mathbf{p}' - \mathbf{p}$$

**Ελαστική κρούση:** Η κινητική ενέργεια διατηρείται.

**Τελείως ανελαστική κρούση:** Η μέγιστη ποσότητα της κινητικής ενέργειας χάνεται· τα σωματίδια παραμένουν ενωμένα.

**Ταχύτητες στις μονοδιάστατες ελαστικές κρούσεις:**

πριν: $v_1 \neq 0 \quad v_2 = 0$

μετά: $v_1' = \dfrac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}v_1, \quad v_2' = \dfrac{2m_1}{m_1 + m_2}v_1$

**Μεταβολή της ενέργειας μάζας ηρεμίας σε ανελαστικές κρούσεις:**

$$Q = (m_1 + m_2 + \cdots + m_n)c^2 - (m_1' + m_2' + \cdots + m_r')c^2$$

# Κεφ. 12. Κινηματική του στερεού σώματος

**Μέση γωνιακή ταχύτητα:** $\overline{\omega} = \dfrac{\Delta\phi}{\Delta t}$

**Στιγμιαία γωνιακή ταχύτητα:** $\omega = \dfrac{d\phi}{dt}$

**Μέση γωνιακή επιτάχυνση:** $\overline{a} = \dfrac{\Delta\omega}{\Delta t}$

**Στιγμιαία γωνιακή επιτάχυνση:** $\alpha = \dfrac{d\omega}{dt}$

**Ταχύτητα σωματιδίου περιστρεφόμενου σώματος:** $v = R\omega$

**Επιτάχυνση σωματιδίου περιστρεφόμενου σώματος:**

$$a_{\tan} = R\alpha$$
$$a_{\text{cent}} = R\omega^2$$

**Κίνηση με σταθερή γωνιακή επιτάχυνση:**

$$\omega = \omega_0 + \alpha t$$
$$\phi - \phi_0 = \omega_0 t + \tfrac{1}{2}\alpha t^2$$
$$\alpha(\phi - \phi_0) = \tfrac{1}{2}(\omega^2 - \omega_0^2)$$

**Ροπή αδρανείας:** $I = \sum_{i=1}^{n} m_i R_i^2$

$$I = \int \rho R^2 \, dV$$

**Κινητική ενέργεια περιστροφής:** $K = \frac{1}{2} I\omega^2$

**Θεώρημα των παράλληλων αξόνων:** $I = I_{\text{CM}} + Md^2$

**Θεώρημα των κάθετων αξόνων (για επίπεδη πλάκα στο επίπεδο x – y):**

$$I_z = I_x + I_y$$

**Εξωτερικό (διανυσματικό) γινόμενο:**

Το μέτρο του $\mathbf{A} \times \mathbf{B}$ ισούται με $AB\sin\beta$
η φορά δίνεται από τον κανόνα του δεξιού χεριού.

**Στροφορμή σωματιδίου:** $\mathbf{L} = \mathbf{r} \times \mathbf{p} = m\mathbf{r} \times \mathbf{v}$

**Στροφορμή ομαλής κυκλικής κίνησης:** $L = mrv$

**Στροφορμή στερεού σώματος περιστρεφόμενου περί τον άξονα z:** $L_z = I\omega$

## Κεφ. 13. Δυναμική του στερεού σώματος

**Ροπή:** $\boldsymbol{\tau} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$

**Εξίσωση περιστροφικής κίνησης (σταθερός άξονας ή άξονας διερχόμενος από το κέντρο μάζας):**

$$I\alpha = \tau_z$$

**Εργο παραγόμενο από ροπή:** $W = \int \tau_z \, d\phi$

**Διατήρηση ενέργειας:** $E = \frac{1}{2} I\omega^2 + U =$ [σταθερά]

**Ισχύς μεταφερόμενη από ροπή:** $P = \tau_z \omega$

**Διατήρηση στροφορμής:** $I\omega =$ [σταθερά]

**Κύλιση (χωρίς ολίσθηση):** Ο άξονας που διέρχεται από το σημείο επαφής είναι στιγμιαία σταθερός άξονας.

**Μετάπτωση γυροσκοπίου:** $\omega_p = rMg/L$

## Κεφ. 14. Στατική και ελαστικότητα

**Στατική ισορροπία:** Τα αθροίσματα των εξωτερικών δυνάμεων και των εξωτερικών ροπών που ασκούνται σε στερεό σώμα είναι ίσα με το μηδέν. Η βαρύτητα δρα στο κέντρο μάζας.

**Μηχανικό όφελος μοχλού:** $\dfrac{F'}{F} = \dfrac{l}{l'}$

**Επιμήκυνση ελαστικού υλικού:** $\dfrac{\Delta L}{L} = \dfrac{1}{Y}\dfrac{F}{A}$

**Διάτμηση:** $\dfrac{\Delta x}{h} = \dfrac{1}{S}\dfrac{F}{A}$

**Συμπίεση όγκου:** $\dfrac{\Delta V}{V} = \dfrac{1}{B}\dfrac{F}{A}$

## Κεφ. 15. Ταλαντώσεις

**Απλή αρμονική κίνηση:** $x = A\cos(\omega t + \delta)$

**Περίοδος:** $T = 2\pi/\omega$

**Συχνότητα:** $\nu = 1/T = \omega/2\pi$

**Εξίσωση κίνησης απλού αρμονικού ταλαντωτή:**

$$m\,\frac{d^2x}{dt^2} = -kx$$

**Κυκλική συχνότητα απλού αρμονικού ταλαντωτή:** $\omega = \sqrt{k/m}$

**Ενέργεια απλού αρμονικού ταλαντωτή:** $E = \frac{1}{2}kA^2$

$$= \frac{1}{2}mv^2_{\max}$$

**Κυκλική συχνότητα και περίοδος απλού εκκρεμούς:**

$$\omega = \sqrt{g/l} \qquad T = 2\pi\sqrt{l/g}$$

**Κυκλική συχνότητα φυσικού εκκρεμούς:** $\omega = \sqrt{Mgl/I}$

**Κυκλική συχνότητα στρεπτικού εκκρεμούς:** $\omega = \sqrt{\kappa/I}$

**Κλασματική απώλεια ενέργειας ανά περίοδο ταλαντωτή με απόσβεση:**

$$\frac{\Delta E}{E} = -2\pi\,\frac{\gamma}{\omega}$$

**Το $Q$ ταλαντωτή με απόσβεση:** $Q = \omega/\gamma$

## Κεφ. 20. Θερμότητα

**Ειδική θερμότητα νερού:** $c = 1\ \mathrm{kcal/kg\cdot{}^\circ C}$

**Μηχανικό ισοδύναμο θερμότητας:** $1\ \mathrm{cal} = 4{,}186\ \mathrm{J}$

**Θερμική διαστολή:** $\Delta L = \alpha L\,\Delta T$

$\Delta V = \beta V\,\Delta T$

**Θερμική Αγωγιμότητα:** $\dfrac{\Delta Q}{\Delta t} = -kA\,\dfrac{dT}{dx}$

**Σχέση μεταξύ των ειδικών θερμοτήτων ιδανικών αερίων:** $C_p - C_V = R$

**Αδιαβατική εξίσωση αερίων:** $pV^{\gamma} = [\text{σταθερά}]$

$\gamma = C_p/C_V$

# Κεφ. 21. Θερμοδυναμική

**Πρώτος Νόμος Θερμοδυναμικής:** $\Delta E = \Delta Q - \Delta W$

**Απόδοση θερμικής μηχανής:** $e = 1 - \dfrac{Q_2}{Q_1}$

**Απόδοση μηχανής Carnot:** $e = 1 - \dfrac{T_2}{T_1}$

**Θεώρημα του Carnot:** Η απόδοση οποιασδήποτε μηχανής δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερη από την απόδοση μιας μηχανής Carnot· η απόδοση οποιασδήποτε αντιστρεπτής μηχανής ισούται με την απόδοση της μηχανής Carnot.

**Θεώρημα του Clausius (αντιστρεπτός κύκλος):** $\displaystyle\int \frac{dQ}{T} = 0$

**Ορισμός εντροπίας:** $\displaystyle S(A) = \underset{(\text{αντιστρεπτή})}{\int_{A_0}^{A}} \frac{dQ}{T} + S(A_0)$