Formelsammlung HS16

Physik für Human-, Zahn- und Veterinärmediziner

Kinematik

Geschwindigkeit: $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$ Winkelgeschwindigkeit: $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$ Bahngeschwindigkeit: $v = r\omega$

Beschleunigung: $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ Zentripetalbeschleunigung: $a_Z = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$ Tangentialbeschleunigung: $a_T = \frac{d|\vec{v}|}{dt}$

Dynamik

Impuls: $\vec{p} = m\vec{v}$

II. Newtonsches Axiom: $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = m\vec{a}$ III. Newtonsches Axiom: $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$

Gravitationskraft: $F_G = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$ in Erdnähe: $\vec{F}_G = m\vec{g}$

Federkraft: $F_F = -Dx$

Haftreibung: $0 \le F_R^H \le \mu_H F_N$ Gleitreibung: $F_R^G = \mu_G F_N$ Reibungskoeffizienten: $\mu_G < \mu_H$

Kraftstoss: $\Delta p = \int_0^\tau F(t)dt = \langle F \rangle \tau$

Drehmoment: $\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$

Gleichgewichtsbedingungen: $\sum_i \vec{F}_i = 0$ und $\sum_i \vec{M}_i = 0$

Schwerpunkt einer diskreten Massenverteilung: $\vec{r}_S = \frac{1}{m_{tot}} \sum_{i=1} m_i \vec{r}_i$

Festigkeitslehre

Normalspannung: $\sigma = \frac{dF_N}{dA}$ wobei: $dF_N \perp dA$

Dehnung/Stauchung: $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$

Hookesches Gesetz: $\frac{\sigma}{\varepsilon} = konst. \equiv E$ (dabei ist E der Elastizitätsmodul)

Schubspannung: $\tau = \frac{dF_T}{dA}$ wobei: $dF_T \parallel dA$

Scherung: $\gamma = \frac{\tau}{G}$ (dabei ist G der Schubmodul)

Arbeit, Energie, Leistung

Arbeit allgemein: $W_{1\to 2} = \int_1^2 \vec{F} d\vec{r}$

Hubarbeit: $W_{0\to h} = mgh$ Federspannarbeit: $W_{0\to x} = \frac{1}{2}Dx^2$ Beschleunigungsarbeit: $W_{0\to v} = \frac{1}{2}mv^2$

Potentielle Energie: $E_p(2) - E_p(1) = -\int_1^2 \vec{F} d\vec{r}$ Kinetische Energie: $E_k = \frac{1}{2}mv^2$

Energieerhaltungssatz (Mechanik): $E_k + E_p = konst.$

Leistung: $P = \frac{dW}{dt}$

Mechanik der Flüssigkeiten und Gase

Druck: $p = \frac{dF}{dA}$

Druckverteilung in Flüssigkeiten: $p(z) = p_0 + \rho g z$

Barometerformel (Gase): $p(h) = p_0 e^{-\left(\frac{\rho_0 g h}{p_0}\right)} = p_0 e^{-\left(\frac{mgh}{k_B T}\right)}$

Auftrieb: $F_A = \rho_{Fl} g \Delta V$

Volumenstromstärke: $I_V = \frac{dV}{dt}$

Volumenstromdichte: $j_V = \frac{I_V}{A}$

Kontinuitätsgleichung: $I_V = Av = konst.$

Bernoulli-Gleichung: $p + \rho g h + \frac{1}{2}\rho v^2 = konst.$

Druckabfall mit innerer Reibung: $\frac{dp}{dl} = -\frac{\Delta p}{L} = konst.$

Newtonsches Reibungsgesetz: $\tau = \eta \frac{dv}{dx}$

Gesetz von Hagen-Poisseuille: $I_V = \frac{\Delta p}{R_V} = \Delta p \frac{\pi r^4}{8\eta L}$

Strömungswiderstand (Rohr): $R_V = \frac{8\eta L}{\pi r^4}$

Strömungswiderstand:

Serieschaltung: $R_{V_{tot}} = \sum_i R_{V_i}$

Parallelschaltung: $\frac{1}{R_{V_{tot}}} = \sum_i \frac{1}{R_{V_i}}$

Reynolds-Zahl: $\mathrm{Re} = \frac{v \rho_{Fl} l}{\eta}$

Kritische Reynolds-Zahl (Rohr): $\mathrm{Re}_{krit} = \frac{v \rho_{Fl} d}{\eta} \cong 2300$

Stokes-Formel (Reibungskraft auf eine Kugel): $F_R = 6\pi\eta r v$

Sedimentationsgeschwindigkeit (Kugel): $v_S = \frac{2(\rho_K - \rho_{Fl}) g r^2}{9\eta}$

Thermodynamik

Diffusion:

bei Dichtegradient: $j_x = -D \frac{dn}{dx}$

im Gleichgewicht: $\langle \Delta r^2 \rangle = D\tau$

Osmotischer Druck: $p_{osm} = \frac{\nu}{V_{Fl}} RT = cRT$

dabei ist c die Konzentration: $c = \frac{\nu}{V_{Fl}}$

Löslichkeit von Gas in Flüssigkeit: $\alpha = \frac{n_{FL}}{n_{Gas}}$

Temperaturänderung: $Q = \Gamma \Delta T = c_{spez} m \Delta T = c_{mol} \nu \Delta T$

Phasenumwandlung:

latente Schmelzwärme: $Q = m q_s$

latente Verdampfungswärme: $Q = m q_v$

Wärmestrom: $I_W = \frac{dQ}{dt}$

Wärmestromdichte: $j_x = \frac{I_W}{A} = -\lambda \frac{dT}{dx}$

1. Hauptsatz der Thermodynamik: $\Delta U = Q + W$

Entropie: $S = k_B \ln W$

irreversibler Prozess: $\Delta S > 0$

reversibler Prozess: $\Delta S = 0$

Das ideale Gas im thermodynamischen Gleichgewicht

Zustandsgleichung: $pV = \nu RT = nk_B T$

Innere Energie: $U = n\langle \frac{1}{2} m v^2 \rangle$

Mittlere Energie eines Gasatoms: $\langle E \rangle = \frac{1}{2} m \langle v^2 \rangle = \frac{3}{2} k_B T$

Druck: $p = \frac{2}{3}\frac{U}{V}$

Druck bei Gasgemisch: $p = \sum_{i=1}^{n} p_i$

Geschwindigkeitsverteilung: $n(v) = konst. \left(\frac{m}{T}\right)^{3/2} v^2 e^{-\left(\frac{mv^2}{2k_B T}\right)}$

Isotherme Expansion: $W_{isotherm} = -\int_{V_1}^{V_2} p dV = -\nu RT \ln \frac{V_2}{V_1} = -Q$

Elektrostatik

Coulombkraft: $F_C = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r^2}$

Elektrisches Dipolmoment: $\vec{p}_e = Q\vec{d}$

E-Feld allgemein: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$

E-Feld einer Punktladung q: $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}$

E-Feld eines el. Dipols p_e: $E = konst.\frac{p_e}{r^3}$

Homogenes E-Feld innerhalb des Plattenkondensators: $E = \frac{U}{d}$

Elektrische Spannung: $U_{21} = \varphi(2) - \varphi(1) = \frac{W_{1\to 2}}{q} = -\int_1^2 \vec{E}d\vec{s}$

Kapazität allgemein: $C = \frac{Q}{U}$

Kapazität (Plattenkondensator): $C_{Kond} = \varepsilon_0 \frac{A}{d}$

Elektrische Ströme und Schaltkreise

Stromstärke: $I = \frac{dQ}{dt}$

Stromdichte: $\left|\vec{j}\right| = \frac{I}{A}$ und $\vec{j} = \rho\vec{v} = qn\vec{v}$

Ohmsches Gesetz: $I = GU = \frac{1}{R}U$

Widerstand eines Drahtes: $R = \rho_{spez}\frac{l}{A}$

Serieschaltung: $R_{tot} = \sum_i R_i$

Parallelschaltung: $\frac{1}{R_{tot}} = \sum_i \frac{1}{R_i}$

Kirchhoffsche Knotenregel: $\sum_{Knoten} I_n = 0$

Kirchhoffsche Maschenregel: $\sum_{Masche} U_{Q_m} = \sum_{Masche} I_n R_n$

Elektrische Leistung: $P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$

Magnetfeld eines Stromes: gerader Leiter: $B = \mu_0 \frac{I}{2\pi r}$ im Innern einer Spule: $B = \mu_0 \frac{NI}{l}$

Lorentz-Kraft: allgemein: $\vec{F}_L = q\vec{v}\times\vec{B}$ und: $F_L = qvB$ falls $\vec{v}\perp\vec{B}$

Magnetischer Fluss: allgemein: $\Phi_m = \int_A \vec{B}d\vec{A}$ und: $\Phi_m = B_n A$ wobei $B_n \perp A$

Induktionsgesetz: $U = -\frac{d\Phi_m}{dt}$

Transformator-Gleichung: $U_2 = \frac{N_2}{N_1}U_1$

Schwingungen und Wellen

Harmonische Schwingung: $x(t) = \hat{x}\sin(\omega t + \varphi_0)$ dabei ist: ω die Kreisfrequenz und φ_0 die Phase

Frequenz: $f = \frac{\omega}{2\pi}$

Schwingungsdauer (Periode): $T = \frac{1}{f}$

Federpendel: Eigen(kreis)frequenz: $\omega = \sqrt{\frac{D}{m}}$ Energie: $W = \frac{1}{2}Dx^2 + \frac{1}{2}mv^2$

Eindimensionale, harmonische Welle: $u(x,t) = u_0\sin(kx - \omega t)$ dabei ist k die (Kreis-) Wellenzahl

Wellenlänge: $\lambda = \frac{2\pi}{k}$

Wellengeschwindigkeit: $c = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$

Schallwellen:

Schallgeschwindigkeit (in Gasen): $c = \sqrt{\frac{\kappa RT}{M_{Mol}}} = \sqrt{\frac{\kappa p_0}{\rho}}$ in Luft (bei 20°C): $c = 343 m/s$

Intensität allgemein: $I = \frac{\langle P \rangle}{A}$ Intensität einer Punktquelle: $I = \frac{\langle P \rangle}{4\pi r^2}$

Lautstärke (in dB): $\beta = 10 \log_{10} \frac{I}{I_0}$ dabei ist I_0 = 10^{-12} W/m² (Hörschwelle bei 1kHz)

Doppler-Effekt: bewegte Quelle: $f' = \frac{f_0}{1 \mp \frac{v_Q}{c}}$ bewegter Empfänger: $f' = f_0 (1 \pm \frac{v_B}{c})$

Strahlenoptik:

Reflexionsgesetz: $\theta_{ein} = \theta_{refl}$

Brechungsgesetz: $n_1 \sin\theta_{ein} = n_2 \sin\theta_{gebr}$ Brechzahl von Medium i: $n_i = \frac{c}{c_i}$ mit $c = 3 \times 10^8 m/s$

Totalreflexion (bei $n_2 < n_1$): $\sin\theta_{krit} = \frac{n_2}{n_1}$

Brennweite: Hohlspiegel: $f = \frac{r}{2}$ dünne Linse: $f = \frac{n_M}{(n_L - n_M)} \frac{r_1 r_2}{(r_2 - r_1)}$

Abbildungsgleichung: $\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$ $\frac{1}{f}$ ist die Brechkraft

Vergrösserung: $m = \frac{B}{G} = -\frac{b}{g}$

Röntgenstrahlen:

Energie eines Röntgenquants: $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$ wobei $h = 6.6 \times 10^{-34} Js$ (Planck'sches Wirkungsquantum)

Impuls eines Röntgenquants: $p = \frac{hf}{c}$

Minimale Wellenlänge: $\lambda_{\min} = \frac{hc}{eU}$

Absorption: $I(x) = I_0 e^{-\mu x}$ dabei ist μ der Absorptionskoeffizient

Halbwertsdicke: $d_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu}$