

Formeln und Naturkonstanten

1. Allgemeines

Energieströme

| | |
|----------------------|--|
| $P = v \cdot F$ | Energiestromstärke bei mechanischem Energietransport (Translation) |
| $P = \omega \cdot M$ | Energiestromstärke bei mechanischem Energietransport (Rotation) |
| $P = U \cdot I$ | Energiestromstärke bei elektrischem Energietransport |
| $P = T \cdot I_S$ | Energiestromstärke bei thermischem Energietransport |

Gespeicherte Energie

| | |
|---|---|
| $E = \frac{m}{2} v^2 = \frac{p^2}{2m}$ | Energie eines bewegten Körpers (kinetische Energie) |
| $E = \frac{J}{2} \omega^2 = \frac{L^2}{2J}$ | Energie eines rotierenden Körpers |
| $E = \frac{D}{2} s^2$ | Energie einer gespannten Feder |
| $E = m \cdot g \cdot h$ | Im Gravitationsfeld gespeicherte Energie |
| $E = \frac{C}{2} U^2 = \frac{Q^2}{2C}$ | Energie im elektrischen Feld eines Kondensators |
| $E = \frac{L}{2} I^2$ | Energie im magnetischen Feld einer Spule |

Energieverlust

| | |
|---|---------------------|
| $P_V = T_0 \cdot I_{S \text{ erzeugt}}$ | Verlustenergiestrom |
| $V = \frac{P_V}{P_{\text{hinein}}}$ | Energieverlust |

Zusammenhang Stom - Menge

| | |
|----------------------------------|---|
| $\frac{dp}{dt} = F$ | Änderungsrate des Impulses gleich Impulsstromstärke |
| $\frac{dL}{dt} = M$ | Änderungsrate des Drehimpulses gleich Drehimpulsstromstärke |
| $\frac{dQ}{dt} = I$ | Änderungsrate der elektr. Ladung gleich elektr. Stromstärke |
| $\frac{dS}{dt} = I_S + \Sigma_S$ | Änderungsrate der Entropie gleich Entropiestromstärke plus Erzeugungsrate |

2. Naturkonstanten

| | |
|--|--|
| $k = 9 \cdot 10^{16} \text{ J/kg}$ | Proportionalitätsfaktor zwischen Energie und Masse |
| $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg} \cdot \text{s}^2)$ | Gravitationskonstante |
| $R = 8,3144 \text{ Ct/mol}$ | Gaskonstante |
| $\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$ | magnetische Feldkonstante |
| $\varepsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$ | elektrische Feldkonstante |
| $m_{\text{el}} = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ | Masse des Elektrons |
| $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ | Elementarladung |
| $h = 6,6262 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ | Planck-Konstante |

Ruhenergien

| | |
|----------|-------------|
| Elektron | 0,0819 pJ |
| Proton | 150,3277 pJ |
| Neutron | 150,5349 pJ |

3. Mechanik

Kinematik

$$v = \frac{ds}{dt} \quad \text{Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit und Positionsänderung}$$

$$a = \frac{dv}{dt} \quad \text{Definition der Beschleunigung}$$

$$\omega = \frac{d\alpha}{dt} \quad \text{Zusammenhang zwischen Winkelgeschwindigkeit und Winkeländerung}$$

Mechanische Systeme

$$p = m \cdot v \quad \text{Zusammenhang zwischen Impuls und Geschwindigkeit}$$

$$L = J \cdot \omega \quad \text{Zusammenhang zwischen Drehimpuls und Winkelgeschwindigkeit}$$

$$J = m \cdot r^2 \quad \text{Trägheitsmoment für einen Körper, der sich auf einer Kreisbahn mit Radius } r \text{ bewegt}$$

$$F = D \cdot s \quad \text{Hookesches Gesetz}$$

$$\frac{dp}{dt} = m \frac{v^2}{r} \quad \text{Änderungsrate des Impulses bei Kreisbewegung}$$

Mechanische Schwingungen

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{D}} \quad \text{Periodendauer des Federschwingers}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad \text{Periodendauer des Pendels}$$

Das Gravitationsfeld

$$F = m \cdot g \quad \text{Zusammenhang zwischen Gravitationsfeldstärke und Impulsstrom}$$

$$F = G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{r^2} \quad \text{Gravitationsgesetz}$$

$$\Psi = g \cdot h \quad \text{Zusammenhang zwischen Gravitationspotenzial und Höhe (für homogenes Feld)}$$

Relativistische Mechanik

$$v(p) = \frac{p}{\sqrt{m_0^2 + \left(\frac{p}{c}\right)^2}} \quad \text{Geschwindigkeit als Funktion des Impulses}$$

$$E(p) = \sqrt{c^2 \cdot p^2 + E_0^2} \quad \text{Energie als Funktion des Impulses}$$

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{\Delta \Psi}{k} \quad \text{Frequenzänderung im Gravitationsfeld}$$

$$v = \frac{v' + v_0}{1 + \frac{v'v_0}{c^2}} \quad \text{Geschwindigkeit bei Bezugssystemwechsel}$$

4. Elektrodynamik

| | |
|--|--|
| $F = Q \cdot \vec{E} $ | Impulsstrom in elektrisch geladenes Teilchen im elektrischen Feld |
| $F = Q_m \cdot \vec{H} $ | Impulsstrom in einen Magnetpol in magnetischen Feld |
| $F = \mu_0 \cdot H \cdot v \cdot Q$ | Impulsstrom in elektrisch geladenes Teilchen im magnetischen Feld |
| $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_A \cdot Q_B}{r^2}$ | Coulombsches Gesetz |
| $ \vec{E} = \frac{U}{d}$ | Zusammenhang zwischen elektrischer Feldstärke und Potenzialdifferenz |
| $E = e \cdot U$ | Energiezunahme eines Elektrons beim Durchlaufen einer Potenzialdifferenz |
| $H = I \cdot \frac{n}{\ell}$ | Feldstärke des magnetischen Feldes in einer Spule |
| $H = \frac{I}{\ell}$ | Feldstärke des Feldes eines elektrischen Leiters (ℓ = Kreisumfang) |
| $B = \mu_0(H + M)$ | Zusammenhang zwischen magn. Flussdichte, Feldstärke und Magnetisierung |
| $\Phi = B \cdot A$ | Definition des magnetischen Flusses |
| $U = n \cdot \frac{d\Phi}{dt}$ | Induktionsgesetz |
| $F = \sigma \cdot A$ | Zusammenhang zwischen Impulsstromstärke und mechanischer Spannung |
| $\sigma_{\perp} = \frac{\mu_0}{2} \vec{H} ^2$ | mechanische Spannung quer zu den magnetischen Feldlinien |
| $\sigma_{\parallel} = -\frac{\mu_0}{2} \vec{H} ^2$ | mechanische Spannung parallel zu den magnetischen Feldlinien |
| $\sigma_{\perp} = \frac{\epsilon_0}{2} \vec{E} ^2$ | mechanische Spannung quer zu den elektrischen Feldlinien |
| $\sigma_{\parallel} = -\frac{\epsilon_0}{2} \vec{E} ^2$ | mechanische Spannung parallel zu den elektrischen Feldlinien |
| $\rho_E = \frac{\epsilon_0}{2} \vec{E} ^2$ | Energiedichte im elektrischen Feld |
| $\rho_H = \frac{\mu_0}{2} \vec{H} ^2$ | Energiedichte im magnetischen Feld |
| $U = R \cdot I$ | Ohmsches Gesetz |
| $Q = C \cdot U$ | Kondensator |
| $n \cdot \Phi = L \cdot I$ | Spule |
| $C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$ | zur Berechnung der Kapazität |
| $L = n^2 \mu_0 \frac{A}{\ell}$ | zur Berechnung der Induktivität |
| $j = \frac{I}{A}$ | Definition der elektrischen Stromdichte |
| $\vec{j} = \sigma \cdot \vec{E}$ | Zusammenhang zwischen elektrischer Feldstärke und Stromdichte |
| $R = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{\ell}{A}$ | zur Berechnung des Widerstandes (σ = elektrische Leitfähigkeit) |
| $T = 2\pi\sqrt{L \cdot C}$ | Periodendauer eines elektrischen Schwingkreises |

5. Thermodynamik

$$I_s = \sigma_s \frac{A}{d} \Delta T$$

Wärmeleitung (σ_s = Entropieleitfähigkeit)

$$\Delta T = \alpha \frac{\Delta S}{n}$$

Temperaturänderung bei Entropiezufuhr (α = Erwärmbarkeit)

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

Gasgleichung

$$\frac{T}{T_0} = \left(\frac{V_0}{V} \right)^\beta$$

Temperaturänderung bei Volumenänderung für $S = \text{const}$

$$\frac{T}{T_0} = \left(\frac{p}{p_0} \right)^{\frac{\beta}{1+\beta}}$$

Temperaturänderung bei Druckänderung für $S = \text{const}$

| | β |
|-----------------|---------|
| Luft | 0,4 |
| Wasserdampf | 0,3 |
| CO ₂ | 0,29 |
| Helium | 0,63 |

Molvolumen eines Gases bei $p = 1$ bar und $T = 298$ K: $\frac{V}{n} = 25$ Liter/mol

1 bar = 100 000 Pa