

# Formelsammlung

## Physik

### 1 Mechanik

#### 1.1 Kinematik und Kräfte

##### Kinematik

Erstes Newtonsches Axiom (Axio/Reaxio)

$$\vec{F}_{\text{axio}} = -\vec{F}_{\text{reaxio}}$$

Zweites Newtonsches Axiom

$$\vec{F} = m \vec{a} \quad [F] = \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} = \text{N} \quad (\text{Newton})$$

Translationsbewegungen

$$v = \dot{s} = \frac{ds}{dt} \quad [v] = \text{m/s}$$

$$a = \dot{v} = \ddot{s} = \frac{d^2s}{dt^2} \quad [a] = \text{m/s}^2$$

Konstante Beschleunigung

$$v = a t$$

$$s = \frac{1}{2} a t^2 = \frac{v^2}{2a}$$

##### Gewichtskraft/Schiefe Ebene

Gewichtskraft

$$G = F_G = m g$$

Normalkraft

$$F_N = G \cos \alpha = m g \cos \alpha$$

Hangabtriebskraft

$$F_H = G \sin \alpha = m g \sin \alpha$$

##### Reibung

Haft/Gleitreibung

$$F_R = \mu_h F_N = \mu_h m g \cos \alpha$$

Maximaler Steigungswinkel (bevor Körper rutscht)

$$\tan \alpha_0 = \mu_h$$

Luftreibung

$$F_L = \frac{1}{2} c_w \rho A v^2$$

## 1.2 Erhaltungssätze

### Energieerhaltungssatz

Kinetische Energie eines Körpers

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{p^2}{2m}$$

Potentielle Energie eines Körpers

$$E_{\text{pot}} = m g h$$

Spannenergie einer Feder

$$E_{\text{spa}} = \frac{1}{2} D s^2$$

Leistung

$$P = \dot{W} = \frac{dW}{dt}$$

Leistung bei Translationsbewegung

$$P = \vec{F} \vec{s}$$

### Impulserhaltungssatz

Impuls eines Körpers

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

Beziehung zu Kraft

$$\vec{F} = \dot{\vec{p}} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

Endgeschwindigkeiten zweier Körper nach vollständig elastischem Stoß (vor dem Stoß: Körper 1  $p_{1,a} = m_1 v_{1,a}$ , Körper 2  $p_{2,a} = m_2 v_{2,a}$ )

$$v_{1,e} = \frac{p_{1,a} + 2p_{2,a} - v_{1,a} m_2}{m_1 + m_2}$$

### RAKETENANTRIEB

Schubkraft einer Rakete

$$F_{\text{schub}} = u_{\text{aus}} \left| \frac{dm}{dt} \right|$$

Raketengleichung

$$m \frac{dv}{dt} = u_{\text{aus}} \left| \frac{dm}{dt} \right| + F_{\text{ext}}$$

Endgeschwindigkeit ( $t_v$  Ausbrennzeit)

$$v_e = u_{\text{aus}} \cdot \ln \frac{m_a}{m_e} - g t_v$$

## 1.3 Drehbewegungen

Drehgeschwindigkeit

$$\omega = \dot{\varphi} \quad [\omega] = 1 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{\text{U}}{\text{min}}$$

Drehbeschleunigung

$$\alpha = \dot{\omega} = \ddot{\varphi} \quad [\alpha] = \text{rad/s}^2$$

Konstante Drehgeschwindigkeit

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

Zentripetalkraft

$$F_z = \frac{m v^2}{r} = m r \omega^2$$

Drehmoment (durch wirkende Kraft)

$$M = F_{\text{tan}} l = F l_{\text{rad}}$$

Drehmoment (Zweites Newtonsches Axiom für Drehbewegungen)

$$M = I \alpha$$

Kinetische Rotationsenergie

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} I \omega^2 = \frac{L^2}{2I}$$

Leistung einer Drehbewegung

$$P = M \omega$$

Trägheitsmoment eines Körpers (mit diskreter Massenverteilung)

$$I = \sum_i m_i r_i^2$$

Trägheitsmoment eines Körpers (mit kontinuierlicher Massenverteilung)

$$I = \int r^2 dm$$

Drehimpuls eines Teilchens (relativ zum Ursprung  $O$ )

$$L = m v r_{\perp}$$

Drehimpuls eines Drehkörpers

$$L = I \omega$$

Zweites Newtonsches Axiom für Drehbewegungen

$$M = \dot{L} = \frac{dL}{dt}$$

### Vektorgestalt der Drehgrößen

Drehmoment

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

Drehimpuls

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$$

Drehimpuls (Drehachse ist Hauptträgheitsachse)

$$\vec{L} = I \vec{\omega}$$

## 1.4 Gravitation

Gravitationskraft zwischen zwei Körpern

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

Keplersches Gesetz ( $a$  große Halbachse,  $T$  Umlaufzeit)

$$\frac{a^3}{T^2} = \text{const.}$$

Potentielle Energie eines Körpers ( $E_{\text{pot}} = 0$  für  $r = \infty$ )

$$E_{\text{pot}} = -\frac{G m_1 m_2}{r}$$

## 2 Elektrizität und Magnetismus

### 2.1 Elektrisches Feld

#### Feldstärke und Spannung

Definition des elektrischen Feldes

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad [E] = \frac{N}{C} = \frac{V}{m}$$

Definition der Spannung

$$U = \frac{W}{Q} \quad [U] = \frac{J}{C} = V \quad (\text{Volt})$$

Potentielle Energie einer Probeladung

$$E_{\text{pot}} = qU$$

Klassische Geschwindigkeit eines Teilchens nach Durchlaufen der Spannung  $U$

$$v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$$

Kraft zwischen zwei Punktladungen (Coulombsches Gesetz)

$$F_{\text{el}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Potential eines Punktes im Radialfeld der Ladung  $Q$

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r}$$

#### Kondensatoren

ALLGEMEIN

Definition der Kapazität eines Kondensators

$$C = \frac{Q}{U} \quad [C] = \frac{C}{V} = F \quad (\text{Farad})$$

Definition der Flächendichte eines Kondensators

$$\sigma = \frac{Q}{A} \quad [\sigma] = \frac{C}{m^2}$$

Reihenschaltung von Kondensatoren

$$C_{\text{ges}}^{-1} = \sum_i C_i^{-1}$$

Parallelschaltung von Kondensatoren

$$C_{\text{ges}} = \sum_i C_i$$

Entladungsfunktion eines Kondensators im  $RC$ -Kreis

$$Q = Q_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}} \quad I = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

PLATTENKONDENSATOR

Homogene Feldstärke

$$E = \frac{U}{d}$$

Flächendichte

$$\sigma = \epsilon_0 E$$

Elektrostatistische Energie eines Plattenkondensators

$$E_{el} = \frac{1}{2} C U^2 = \frac{1}{2} Q U$$

Energiedichte des Feldes eines Plattenkondensators

$$e_{el} = \frac{1}{2} \varepsilon_0 \varepsilon_r E^2$$

Anziehungskraft zweier Kondensatorplatten

$$F_{el} = \frac{1}{2} \varepsilon_0 \varepsilon_r E^2 A$$

## 2.2 Magnetfeld und Induktion

### Magnetfeld

Definition der magnetischen Flussdichte

$$B = \frac{F}{I s} \quad [B] = \frac{N}{A m} = T \quad (\text{Tesla})$$

Definition des Magnetischen Flusses

$$\phi = B A_{\perp} \quad [\phi] = T m^2 = V s$$

Magnetische Flussdichte einer schlanken Spule

$$B = \mu_0 \mu_r \frac{n}{l} I$$

Lorentzkraft auf eine Probeladung

$$F_L = B v_{\perp} q$$

Radius der Kreisbahn einer Probeladung

$$r = \frac{v_{\perp}}{B q / m}$$

Energiedichte des Magnetfeldes

$$e_{mag} = \frac{B^2}{\mu_0 \mu_r}$$

### Induktion

INDUKTION

Induktionsspannung eines Leiterstabes

$$U_{ind} = B d v_{\perp}$$

Induktionsgesetz

$$U_{ind} = -\dot{\phi} = -(\dot{B} A_{\perp} + B \dot{A}_{\perp})$$

SELBSTINDUKTION

Definition der Selbstinduktion

$$L = \frac{U_{ind}}{\dot{I}} \quad [L] = \frac{V s}{A} = H \quad (\text{Henry})$$

Induktivität einer schlanken Spule

$$L = \mu_0 \mu_r n^2 \frac{A}{l}$$

Energie des Magnetfeldes einer Spule

$$E_{mag} = \frac{1}{2} L I^2$$

Differentialgleichung des Einschaltstroms

$$\dot{I} = \frac{U - R I}{L}$$

Lösung der Differentialgleichung  $\left( \lim_{t \rightarrow \infty} I = I_0 = \frac{U}{R} \right)$

$$I = -\frac{U}{R} \cdot e^{-\frac{R}{L}t} + \frac{U}{R} = -I_0 \cdot e^{-\frac{R}{L}t} + I_0 = I_0 \left( 1 - e^{-\frac{R}{L}t} \right)$$

## 2.3 Wechselspannung

### Definition

SINUSSPANNUNG

Scheitelspannung eines rotierenden Stabs

$$\hat{U} = 2 n B d v$$

Scheitelspannung einer rotierenden Spule

$$\hat{U} = n B A \omega$$

Effektivwert

$$U_{\text{eff}} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}}$$

Durchschnittsleistung

$$\bar{P} = U_{\text{eff}} I_{\text{eff}} \cos \varphi_0$$

### Schaltelemente

Scheinwiderstand eines Wechselstromkreises

$$Z = \frac{U_{\text{eff}}}{I_{\text{eff}}}$$

Kapazitiver Widerstand eines Kondensators

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

Induktiver Widerstand einer Spule

$$X_L = \omega L$$

Scheinwiderstand einer Spule

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$$

Scheinwiderstand einer Siebkette (Reihenschaltung  $R, L, C$ )

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}$$

Phasenverschiebung einer Siebkette

$$\tan \varphi_0 = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$$

Resonanzfrequenz einer Siebkette/Sperrschaltung

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$