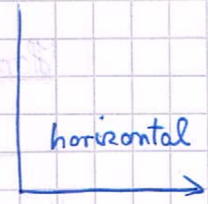



# FS Physik

$10^{9}$ Giga

$10^{6}$ Mega

$10^{3}$ Kilo

$10^{-3}$ milli

$10^{-6}$ mikro

$10^{-9}$ nano

$1\,cm^{n} = (0{,}01)^{n}\,m^{n}$

$1\,m^{n} = (100)^{n}\,cm^{n}$

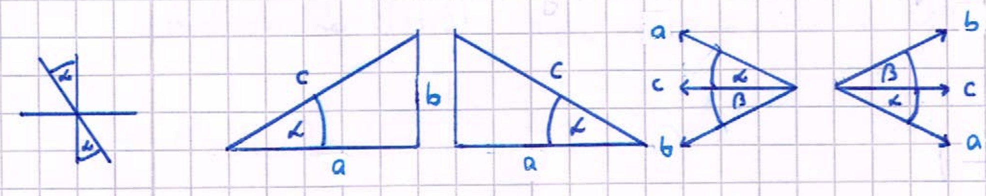
$\cos = -\sin$

$\sin = \cos$

Kreisfläche:

$A = \pi \cdot r^{2}$

## Winkelumformungen (c ist immer der längste Pfeil)




$\sin\alpha = \frac{b}{c}$

$\cos\alpha = \frac{a}{c}$

$\tan\alpha = \frac{b}{a}$

$\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \tan\alpha$

$c = \sqrt{a^2 + b^2}$

$\sin\beta = \frac{a}{c}$

$\cos\beta = \frac{b}{c}$

$\tan\beta = \frac{a}{b}$

## Kinematik

### gleichförmige Bewegung ($v = const$)

$$s(t) = s_0 + v \cdot t$$

### gleichmäßig beschl. Bewegung ($a = const.$)

$s(t) = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a t^2$ — s, a, t

$v(t) = v_0 + a \cdot t$ — v, a, t

$v(t) = \sqrt{2as} + v_0$ — v, a, s

$s(t) = s_0 + \langle v \rangle \cdot t$ — s, v, t

mit $\langle v \rangle = \frac{v_0 + v_1}{2}$

$1 \frac{km}{h} = \frac{1}{3{,}6}$

$1 \frac{m}{s} = 3{,}6 \frac{km}{h}$

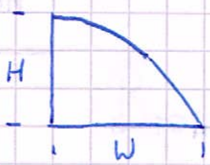
### senkrechter Wurf

h

Wurfhöhe: $h = \frac{v_0^2}{2g}$

Wurfzeit $t = 2 \frac{v_0}{g}$

## Horizontaler Wurf

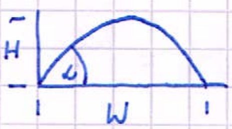



Bahnkurve: $h(W) = \frac{g}{2v_0^2} \cdot W^2$ mit $W = v_0 \cdot t$

Wurfweite: $W = v_0 \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}}$

Wurfzeit: $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

## Schräger Wurf




Bahnkurve: $h(W) = \tan\alpha \cdot W - \frac{g}{2v_0^2\cos^2\alpha} \cdot W^2$ $(W \hat{=} x$ $(h \hat{=} y$

Wurfweite: $W = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$

Scheitel: $H = \frac{v_0^2 \sin^2\alpha}{2g}$

Wurfzeit: $t = 2\frac{v_0 \cdot \sin\alpha}{g}$ $v_A = v_E$

# Dynamik

## Kraft $\left(N = \frac{kg \cdot m}{s^2}\right)$

$F = m \cdot a$

## Haft- / Gleitreibung

$F_R = \mu \cdot F_N$ mit $F_N$ = Kraft der Ebene auf Körper


sobald $F \geq F_{R,H}$ wirkt $F_{R,G}$ $F_N + \sum F_y = 0$

## Federkraft

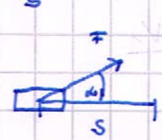
$F = -k \cdot s$ $\left(E_{pot} = \frac{1}{2}kx^2\right)$

## Leistung $\left(W = \frac{J}{s} = VA = \frac{kg}{s}\right.$

$P = \frac{E}{t} = \frac{W}{t} = F \cdot v$

## Arbeit und Energie $\left(J = Nm = \frac{kg \cdot m^2}{s^2}\right)$

$W = F \cdot s \cdot (\cos\alpha)$




$|W| = |W_1| + |W_2|$

## Energie (Energieerhaltungssatz $E_{Ges,1} = E_{Ges,2}$)

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

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

$E_{ges,t}(t) = E_1(t) + E_2(t)$

## Impuls ( $Ns = \frac{kg \cdot m}{s}$ / Impulserhaltungssatz $\Sigma p_{Ges,1} = \Sigma p_{Ges,2}$ )

$$p = m \cdot v$$

## Kraftstoß

$$p = \langle F \rangle \cdot t$$

bei 2 unbekannten in 2 Glg
I : II

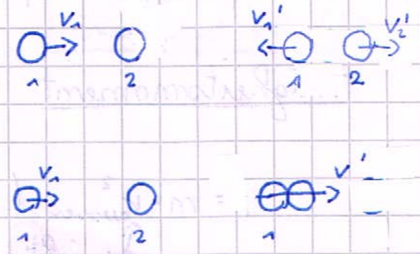
KO-System y-achse auf end-winkel legen

**Bem:**

elastischer Stoß: $E_{ges,1} = E_{ges,2}$

$p_{ges,1} = p_{ges,2}$

inelastischer Stoß: $p_{ges,1} = p_{ges,2}$




## elastischer Stoß:

$$v_{1,E} = \frac{(m_1 - m_2)\, v_{1,A} + 2 m_2 \cdot v_{2,A}}{m_1 + m_2}$$

$$v_{2,E} = \frac{(m_1 - m_2)\, v_{2,A} + 2 m_1 \cdot v_{1,A}}{m_1 + m_2}$$

## inelastischer Stoß

$$v_E = \frac{m_1 \cdot v_{1,A} + m_2 \cdot v_{2,A}}{m_1 + m_2}$$

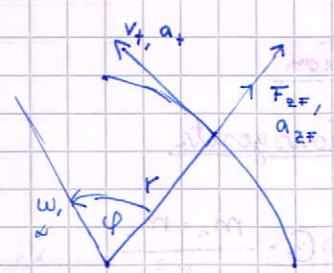
# Kreisbewegungen

## Grundgrößen

$\varphi \leftrightarrow s$

$\omega \leftrightarrow v_t$

$\alpha \leftrightarrow a_t$




## gleichförmige Kreisbewegung ($\omega = const$)

$$\varphi(t) = \varphi_0 + \omega \cdot t \quad \text{mit} \quad \omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$v_t = \omega \cdot r = \frac{2\pi r}{T}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$\boxed{1 \frac{U}{s} = 2\pi \frac{1}{s}}$$

## Zentripetal - / fugalkraft

$$F_{ZP} = m \cdot a = m\omega^2 r = m\frac{v^2}{r}$$

$$a_{ZF} = \frac{F_{ZF}}{m} = \omega^2 r = \frac{v^2}{r}$$

## Drehzahl

$$n \text{ in } 1\frac{U}{t} = 2\pi \cdot \frac{1}{t}$$

$$1\frac{1}{s} = 60 \cdot 1\frac{1}{min} = 60 \cdot 60 \frac{1}{h}$$

## gleichmäßig beschl. Bewegung ($\omega$ in $\frac{1}{s}$, $\alpha$ in $\frac{1}{s^2}$)

$$\varphi(t) = \varphi_0 + \omega_0 \cdot t + \frac{1}{2}\alpha \cdot t^2 \qquad \omega(t) = \omega_0 + \alpha \cdot t$$

$$\alpha = \frac{\omega}{t} = \frac{M}{I} = \frac{a}{r}$$

## Trägheitsmoment (in $kg \cdot m^2$)

$I = m \cdot r_{aussen}^2$ (bei einem Ring)

Vorsicht

Steinersche Satz:

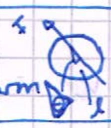
$$I = I_s + m \cdot l^2$$


$I_s = I$ im Mittelpun[kt]
→ Achse durch Schw[erpunkt]
$l$ = Abstand Dreh-punkt <-> Schwerpun[kt]

## Drehmoment (in $kg \cdot \frac{m^2}{s^2} = Nm$)

$$M = F_x \cdot r_x = I \cdot \alpha$$

bei einer Achse
$M = F \cdot r \cdot \sin\theta = F \cdot l$ (Hebelarm)




## Drehimpuls (in $kg \frac{m^2}{s}$) (Drehimpulserhaltung $L_{ges,1} = L_{ges,2}$)

$$L = p \cdot r = m \cdot v \cdot r = m \cdot \omega \cdot r^2 = I \cdot \omega = \frac{M}{t}$$

## Energie ($E = E_{rot} + E_{kin}$)

$$E_{rot} = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2 =$$

## Leistung

$$P = M \cdot \omega$$

# Gravitation

## Gravitationsgesetz

$$F_G = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \quad \text{mit} \quad G = 6{,}672 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{kg \cdot s^2}$$

# Mechanische Schwingungen

## Federpendel (harmonische Schwingung)

(Ansatz $F_g = F_R$)

mit $f = \frac{1}{2\pi}\omega$

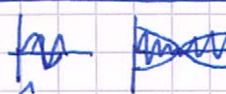
$$F = -k \cdot s = m \cdot a \qquad \text{mit } k = m \cdot \omega^2$$

$$s(t) = A \cdot \cos(\omega t + \varphi_0) \qquad \text{mit } \omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$v(t) = -\omega A \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$a(t) = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

**Schwebung**



$f_{Schwebung} = \Delta f$

x pro Sek. $\hat{=}$ x He

Tonabstand $f1 / f2$

## Energie

$$E_{Mech} = E_{pot} + E_{kin}$$

$$E_{pot} = \frac{1}{2} k s^2 = \frac{1}{2} k A^2 \cos^2(\omega t + \varphi_0)$$

$$E_{kin} = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} k A^2 \sin^2(\omega t + \varphi_0)$$

$$E_{Mech} = \frac{1}{2} k \cdot A^2$$

## math. Pendel (ballistisches Pendel) (Impulserhaltung) (Energieerhaltungssatz)

$$F_t = -m \cdot g \cdot \sin\Theta = m \cdot a_t$$

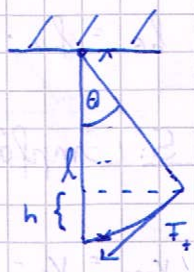
$$\Theta(t) = A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$h = l - l\cos\Theta$$




# Wellen

$$v = \lambda \cdot f$$

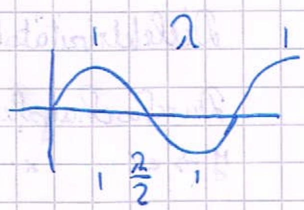
Schallgeschwind. $c_L = 343 \frac{m}{s}$

Wasser $c_W = 1484 \frac{m}{s}$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$\omega = 2\pi f$$

$\lambda$ = Wellenlänge



# Mechanische Schwingungen

## Federpendel (harmonische Schwingung)

(Ansatz $F_g = F_k$)

$$F = -k \cdot s = m \cdot a$$

$$s(t) = A \cdot \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$v(t) = -\omega A \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$a(t) = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

mit $f = \frac{1}{2\pi} \omega$

mit $k = m \cdot \omega^2$

mit $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$

**Schwebung**

$f_{Schwebung} = \Delta f$

x pro Sek $\hat{=}$ x Hz

Tonabstand f1 / f2

## Energie

$$E_{Mech} = E_{pot} + E_{kin}$$

$$E_{pot} = \frac{1}{2} k s^2 = \frac{1}{2} k A^2 \cos^2(\omega t + \varphi_0)$$

$$E_{kin} = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} k A^2 \sin^2(\omega t + \varphi_0)$$

$$E_{Mech} = \frac{1}{2} k \cdot A^2$$

## math. Pendel (ballistisches Pendel) (Impulserhaltung) (Energieerhaltungssatz)

$$F_t = -m \cdot g \cdot \sin\Theta = m \cdot a_t$$

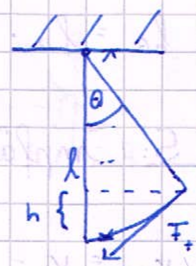
$$\Theta(t) = A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$h = l - l\cos\Theta$$




# Wellen

$$v = \lambda \cdot f$$

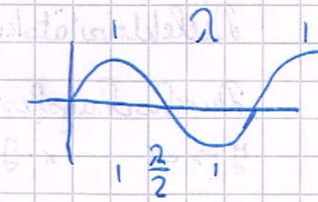
Schallgeschwind. $c_L = 343 \frac{m}{s}$

Wasser $c_W = 1484 \frac{m}{s}$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$\omega = 2\pi f$$

$\lambda$ = Wellenlänge



## Doppler-Effekt ($v_0$ = Wellengeschw. ($c_L$, $c_W$))

**Fall 1:** Empfänger in Ruhe, Quelle in Ruhe  Ⓔ  Ⓠ

$$f_E = f_Q = f_0$$

– bei refl. E wird Q, $f_E = f_{Q,neu}$

**Fall 2:** Quelle bewegt sich auf Empfänger zu  Ⓔ  ←Ⓠ

$$\lambda_{eff} = \lambda_0 - \Delta\lambda = \lambda_0 - \frac{v_Q}{f_Q} = \lambda_0 - T_Q \cdot v_Q \quad , \quad f_E = \frac{v_0}{\lambda_{eff}}$$

$$f_E = f_Q \cdot \frac{v_0}{v_0 - v_Q}$$

**Fall 3:** Quelle bewegt sich vom Empfänger weg  Ⓔ  Ⓠ→

$$\lambda_{eff} = \lambda_0 + \Delta\lambda = \lambda_0 + \frac{v_Q}{f_Q} \quad , \quad f_E = \frac{v_0}{\lambda_{eff}}$$

$$f_E = f_Q \cdot \frac{v_0}{v_0 + v_Q}$$

**Fall 4:** Empfänger bewegt sich auf Quelle zu  Ⓔ→  Ⓠ

$$v_{eff} = v_0 + v_E \quad , \quad f_E = \frac{v_{eff}}{\lambda_0}$$

$$f_E = f_Q \cdot \frac{v_0 + v_E}{v_0}$$

**Fall 5:** Empfänger bewegt sich von Quelle weg  ←Ⓔ  Ⓠ

$$v_{eff} = v_0 - v_E \quad , \quad f_E = \frac{v_{eff}}{\lambda_0}$$

$$f_E = f_Q \cdot \frac{v_0 - v_E}{v_E}$$

Mach-Winkel: $\sin\theta = \frac{v_0 \cdot t}{\ldots}$

Ende – …

$\Delta f = f_1 - f\ldots$

Refl. bei wegf. Empfängern:

$f_Q$ O ) ) 
$f_Q'$ O ( ( , O→ $f_Q' = \frac{v - v_E}{v + v_E} f_Q$

$f_Q$ O ) ) 
$f_Q'$ O ( ( ( ←O $f_Q' = \frac{v_0 + \ldots}{v_0 - \ldots}$

## Elektrodynamik

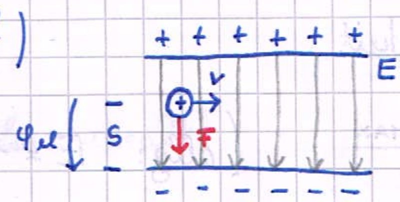
### Konstanten

| | | |
|---|---|---|
| Elementarladung | $e = \pm 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C | |
| Masse Elektron | $m_e = 9{,}11 \cdot 10^{-31}$ kg | |
| Masse Prot./Neut. | $m = 1{,}67 \cdot 10^{-27}$ kg | |
| Dielektrizitätskonst. | $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ $\frac{C^2}{Nm^2} = \frac{F}{m}$ | |
| Durchschlagsfest. | $E_{Luft} = 3 \cdot 10^6$ $\frac{V}{m}$ | |
| J → eV | $x \cdot J = x \cdot 6{,}24 \cdot 10^{18}$ eV | |
| eV → J | $x \cdot eV = x \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ J | |

## Ladung q im el. Feld

el. Feldstärke $\left( \frac{V}{m} = \frac{N}{C} \right)$

$$E = \frac{F}{q}$$




## Kraft im el Feld

$$F = q \cdot E$$

## Potential $\left( V = \frac{J}{C} \right)$

$$\varphi_{el} = E \cdot s$$

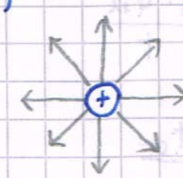
## Energie

$$E_{el} = E \cdot q \cdot s = \varphi_{el} \cdot q$$

## Punktladung

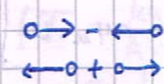
Feld einer Punktladung (v kann = 0 sein)

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2}$$




Coulombsches Gesetz (Kraft zw. 2 Punktl.)

$$\pm|F| = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{\pm|q_1 \cdot q_2|}{r^2}$$



Potential einer Punktladung

$$\varphi_{el} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r} = E \cdot r$$

Energie (zw. 2 Punktladungen)

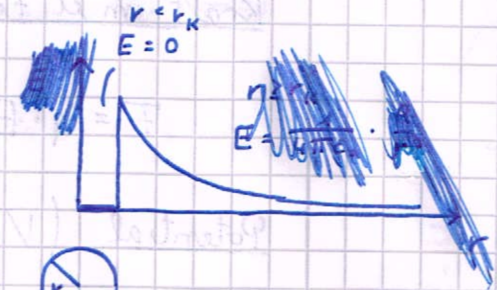
$$E_{el} = q_2 \cdot \varphi_{el} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r}$$

## Van - de - Graaf - Generator

## Durchschlagsfestigkeit

$$r_{K,min} = \frac{\varphi_{el,MAX}}{E_{MAX}} \qquad \left(\text{allg: } E = \frac{U}{l}\right) \qquad \text{Luft } E = 3 \cdot 10^6 \, \frac{V}{m}$$

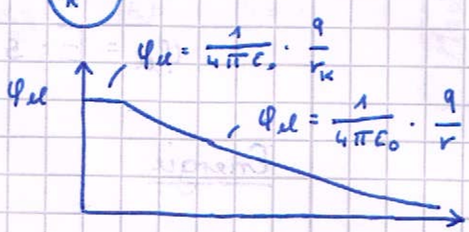
## Feld auf der Kugeloberfl.




$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \qquad \sigma = \frac{q}{A} \, , \quad A_{Kugel} = 4\pi r^2$$

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r_K^2} \qquad / \; \underline{q_{Max} = A \cdot \sigma_{Max}} \text{ (max Lad.)}$$

## Potential auf der Kugeloberfl.




$$\varphi_{el} = E \cdot r_K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r_K}$$

## Leistung

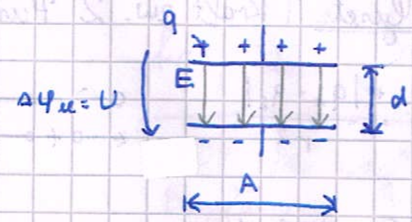
$$P = \frac{W}{t} \qquad \text{mit } W = \varphi_{el} \cdot q$$

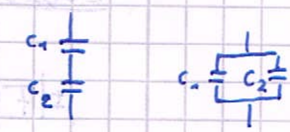
$$P = \frac{q \cdot \varphi_{el}}{t}$$

## Kondensator

## Kapazität $\left(F = \frac{C}{V}\right)$

$$C = \frac{q}{U} = \frac{\varepsilon_0 \cdot A}{d}$$




$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}} \qquad C = C_1 + C_2$$

$$(q_1 + q_2) = (C_1 + C_2) \cdot U$$

## Potentialdifferenz / Spannung

$$\Delta\varphi_{el} = U = \frac{q \cdot d}{\varepsilon_0 \cdot A} = E \cdot d$$

- wenn der Kondensator an der Spannungsquelle ist, ist $U = const$, sonst $q = const$

## Feld im Kondensator

$$E = \frac{q}{\varepsilon_0 \cdot A}$$

## Energie

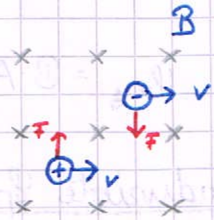
$$E_{el} = \frac{q^2}{2C} = \frac{1}{2} q \cdot U = \frac{1}{2} C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \varepsilon_0 \cdot A \cdot d \cdot E^2$$

# Magnetismus

## Ladung q im mag. Feld

### Kraft auf Ladung (Lorentzkraft)

$$F_L = q\cdot v \times B$$

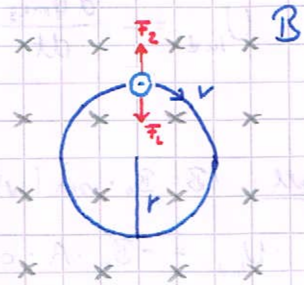



bei + RHR
bei - LHR

D=
Z=
M=

### Bewegung einer Punktl. ($F_L = F_Z$)

$$\frac{q}{m}\cdot v\cdot B = \frac{v^2}{r} \quad \text{mit } \omega = \frac{v}{r}$$




### Zentrifugalbeschl.

$$a = \frac{F}{m} = \frac{q\cdot v\cdot B}{m}$$

### Radius

$$r = \frac{m\cdot v}{q\cdot B}$$

### Periodendauer

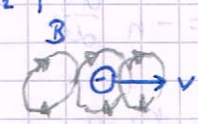
$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{q\cdot B}$$

## Punktladung ($v \neq 0$)

### Magnetfeld einer Punktladung ($T = \frac{kg}{A s^2}$)

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi}\,\frac{q\cdot v}{r^2}$$

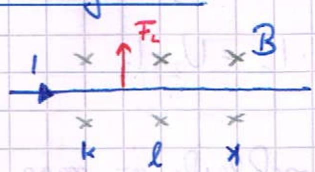
$$\boxed{\mu_0 = 4\pi\cdot 10^{-7}\,\frac{Tm}{A}\ \ \frac{N}{A^2}}$$




bei + RHR D=
bei - LHR Fi=

### Kraft auf Stromdurchfl. Leiter im mag. Feld

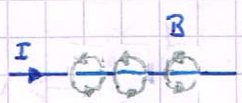
$$F_L = I\cdot l\cdot B$$




RHR D = I
Z = B
M = F

### mag. Feld eines Stromdurchfl. Leiters

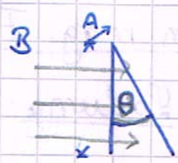
$$B = \frac{\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{I\cdot l}{r^2}$$




RHR D = I
Fi = B

# Induktion

## magn. Fluss ($Wb = Tm^2$)




$$\varphi_{mag} = B \cdot A \cdot (n) \cdot (\cos\theta)$$

## Induzierte Spannung (Faradaysches Gesetz)

$$U_{Ind} = - \frac{d\varphi_{mag}}{dt}$$

**1 Fall:** $B = B_0 \cdot \sin(\omega t)$

$$U_{Ind} = - B_0 \cdot A \cdot \cos\Theta \, \frac{d}{dt} \sin(\omega t)$$

**2 Fall:** $A = b \cdot \ell(t)$ , $\ell(t) = v \cdot t$

$$U_{Ind} = - B \cdot b \cdot \cos\Theta \, \frac{d}{dt} \ell(t)$$

**3. Fall:** $\theta = \theta_0 + \omega t$ $\qquad \theta_0 = 0$

$$U_{Ind} = - B \cdot A \, \frac{d}{dt} \cos(\omega t)$$

$R = \frac{U}{I}$ $\quad I = \frac{U}{R}$

$P = U \cdot I$

$P = \frac{U^2}{R}$

## Strom

$$I = \frac{dq}{dt}$$

## Transformator

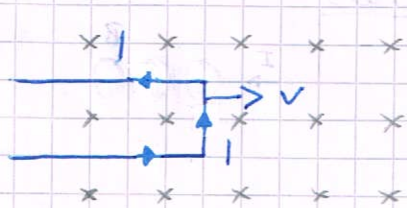
$$U = -n \frac{d\varphi}{dt}$$

$$U_2 = \frac{n_2}{n_1} U_1$$

$$n_1 I_1 = - n_2 I_2$$

$$U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$$

## Leiterschleife im mag. Feld




Induz. Strom I: RHR

$D = v$
$Z = B$
$M = I$

# Zyklotron

## Frequenz $(F_z = F_L)$

$$\frac{q}{m} \cdot v \cdot B = \frac{v^2}{r} \qquad v = \omega r$$

$$f = \frac{q \cdot B}{2\pi m} \qquad \omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

## Austrittsgeschw.

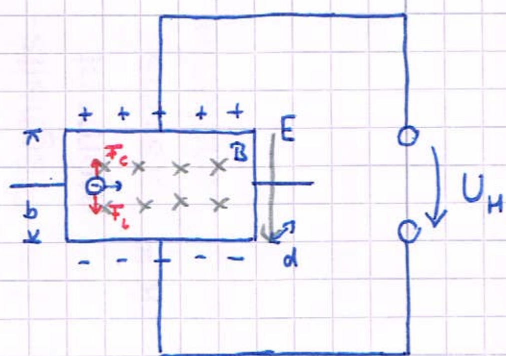
$$v = \frac{q \cdot B \cdot r}{m}$$

## Energie

$$E = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m \omega^2 r^2$$

# Hall - Sensor

## Hall - Spannung




$$U_H = E \cdot b = v_d \cdot q \cdot B$$

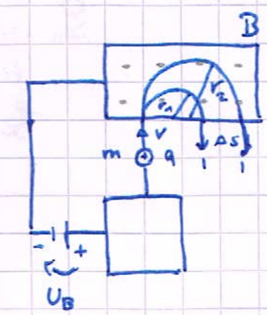
$$U_H = \frac{I}{\left(\frac{n}{V}\right) \cdot d \cdot q}$$

$$\left(\frac{n}{V}\right) = \frac{I}{d \cdot b \cdot q \cdot v_d}$$

$$\left(\frac{n}{V}\right) = \frac{I \cdot B}{d \cdot q \cdot U_H}$$

# Massenspektrometer $(E_{el} = E_{kin})$

## Beschl. Spannung $(F_z = F_L)$




$$U_B = \frac{q \cdot B^2 \cdot r^2}{2m}$$

$$U_B = \frac{m \cdot v^2}{2q}$$

$$\Delta s = (r_2 - r_1) 2$$

$$\Delta s = 2r \Leftrightarrow r = \frac{\Delta s}{2}$$

Überlagerung von Magnetfeldern

$$B_{res} = B_{aus} + B_{mag}$$

$$B_{mag} = \mu_0 \cdot M$$

$M$ = Magnetisierung $\left(\frac{d\mu}{dV}\right)$

$B_{mag}$ = Feld im Material

$B_{aus}$ = Feld der Spule

$$M = \chi_{mag} \cdot H_{aus} = \chi_{mag} \cdot \frac{B_{aus}}{\mu_0}$$

Newton 1: $\vec{F} = \sum \vec{F}_i = 0 \iff \vec{v} = const$

Newton 2: $\vec{F} = \sum \vec{F}_i = m \cdot \vec{a}$

Newton 3: Wechselwirkungsprinzip

$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$$