Sieben Simple Schritte

1: Welcher Körper wird betrachtet?
2: Geeignetes Inertialsystem als Bezugssystem wählen
3: Alle Kräfte äusseren Kräfte (und Drehmomente) einzeichnen, die auf den Körper wirken
4: Resultierende Kraft (Drehmoment) berechnen
5: Bewegungsgleichung formulieren (z.B. a = F/m)
6: Bewegungsgleichung lösen (z.B. a → v → x) und Plausibilität der Lösung beurteilen
7: Anfangsbedingungen einsetzen
8: Plausibilität prüfen

$\vec{v}_0 = |\vec{v}|(\cos(\alpha°), \sin(\alpha°))$ $F = m\,g\,\mu;\ a = F/m = \mu\,g$

Auftreffwinkel durch Geschwindigkeit V

$\tan\beta = \frac{|v_y|}{|v_x|} = \frac{|v_0 \sin(30°) - g_M t|}{|v_0 \cos(30°)|} = 1.21,\ \beta = 50°$, $F_{Hang} = F_G \cdot \sin(\alpha)$, $F_{Reib} = F_G \cdot \cos(\alpha) \cdot \mu$

Relativer Fehler: $\delta x = \left|\frac{\Delta x}{x}\right|$

Fehlerfortpflanzung: (z=a*b/c) $\delta z = \delta a + \delta b + \delta c$ $z = a \cdot b^3/c^{1/2}$, $\delta z = \delta a + 3 \cdot \delta b + 1/2 \cdot \delta c$

Absoluter Fehler: $\Delta z = z \cdot \delta z$

Standardabweichung: $s = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(\bar{x} - x_i)^2}$

Unsicherheit des Mittelwerts:

$$s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{N}} = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)}\sum_{i=1}^{N}(\bar{x} - x_i)^2}$$

$$a(t) = a_0 = \text{konst.}$$
$$v(t) = \int a(t)\,dt = a_0 t + v_0$$
$$x(t) = \int v(t)\,dt = 1/2\, a_0 t^2 + v_0 t + x_0$$

$\int 0\,dx = C$ $\int 1\,dx = \int dx = x + C$ $\int x^n\,dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} + C \quad (n \neq -1)$

$\int \frac{1}{x}\,dx = \ln|x| + C$ $\int u(x) \cdot v'(x)\,dx = u(x) \cdot v(x) - \int u'(x) \cdot v(x)\,dx$

1. *Aufstellung der Substitutionsgleichungen:*
   $u = g(x), \quad \frac{du}{dx} = g'(x), \quad dx = \frac{du}{g'(x)}$
2. *Durchführung der Integralsubstitution:*
   $\int f(x)\,dx = \int \varphi(u)\,du$
   Das neue Integral enthält nur die „Hilfsvariable“ u und deren Differential du.
3. *Integration (Berechnung des neuen Integrals):*
   $\int \varphi(u)\,du = \Phi(u) \quad (\text{mit } \Phi'(u) = \varphi(u))$
4. *Rücksubstitution:*
   $\int f(x)\,dx = \int \varphi(u)\,du = \Phi(u) = \Phi(g(x)) = F(x)$

x^n	$n x^{n-1}$
$\sin x$	$\cos x$
$\cos x$	$-\sin x$
$\tan x$	$\frac{1}{\cos^2 x} = 1 + \tan^2 x$
e^x	e^x
a^x	$(\ln a) \cdot a^x$
$\ln x$	$\frac{1}{x}$
$\log_a x$	$\frac{1}{(\ln a) \cdot x}$

$y = u(x) \cdot v(x) \quad \Rightarrow \quad y' = u'(x) \cdot v(x) + v'(x) \cdot u(x)$

$\frac{dy}{dx} = \frac{dy}{du} \cdot \frac{du}{dx}$ oder $f'(x) = F'(u) \cdot u'(x)$

Feder Serie: $k_{Serie} = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$ $x_{12} = -\left(\frac{F}{k_1} + \frac{F}{k_2}\right) = -F \cdot \left(\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}\right)$

Feder parallel: $k_{Parallel} = \left|\frac{F}{x}\right| = k_1 + k_2$ $F = F_1 + F_2 = -(k_1 x + k_2 x) = -x(k_1 + k_2)$

$\vec{F} = -(k_1 x + k_3 x^3)$

$E_{pot} = -\int_0^a \vec{F}\,dx = -\int_0^a -(k_1 x + k_3 x^3)\,dx = \frac{1}{2}k_1 a^2 + \frac{1}{4}k_3 a^4$

Impuls

$\frac{m_1}{m_2} = -\frac{\Delta v_2}{\Delta v_1}$
Umgeformt: $m_1 \Delta v_1 = -m_2 \Delta v_2$
$\Delta p_1 = -\Delta p_2$

$v_{spt} = \frac{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2}{m_1 + m_2}$

$\vec{u}_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\vec{v}_1 + \frac{2 m_2}{m_1 + m_2}\vec{v}_2$ $E_{pot} = E_{kin}:\ m g h = \frac{1}{2} m v^2$

$\vec{u}_2 = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}\vec{v}_2 + \frac{2 m_1}{m_1 + m_2}\vec{v}_1$ $\Delta \vec{p} = \vec{F}\,\Delta t$

Geschwindigkeit nach dem Stoss:
1. V_{spt} von den V_{systm} abziehen
2. V_{system} Vorzeichenwechsel
3. V_{spt} zu u_{system} addieren

Inelastischer Stoss:

$E_{vor} = \frac{1}{2}m_1 v_1^2 + \frac{1}{2}m_2 v_2^2$

$E_{nach} = \frac{1}{2}\frac{(m_1 v_1 + m_2 v_2)^2}{m_1 + m_2}$

Laminare Viskose Reibung

$\vec{F}_R = -6\pi\eta r v \cdot \vec{e}_v$

η: Materialkonstante Viskosität, Einheit Pa·s,
r: Radius der Kugel
v: Geschwindigkeit der Kugel
e_v: Einheitsvektor in Richtung der Geschwindigkeit
Werte [20°]: Luft 17E-6, Wasser 1E-3, Olivenöl 0.1, Rizinusöl 1 [Pa s]

$\vec{F}_R = -\frac{1}{2}\rho A c_w |\vec{v}|^2 \cdot \vec{e}_v$

ρ: Dichte des Mediums
A: Stirnfläche
c_w: Widerstandsbeiwert
v: Geschwindigkeit

$F_G = G\frac{m_1 m_2}{R^2}$

$G = (6{,}674\,30 \pm 0{,}000\,15) \cdot 10^{-11}\ \frac{m^3}{kg \cdot s^2}$

$Re = \frac{\rho v d}{\eta}$

ρ: Dichte, v: Schnelligkeit,
d: Durchmesser, η: dynamische Viskosität

$U(t) = U_0 \exp(-t/\tau)$

$\tau = R \cdot C$
Kondensator C (in Farad)
Widerstand R (in Ohm)

Pendel $\omega = \sqrt{\frac{g}{R}}$ (1/s)

$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}},\ [\omega] = s^{-1}$

$g = 4\pi^2 \frac{R}{T^2} \left(\frac{m}{s^2}\right)$

|a| = |R| ω² → Zentripetalbeschleunigung

[W] = J = kWh = 1000 J/s · 3600 s = 3.6 MJ $E = \int_{t_0}^{t_1} P \cdot dt$

$m g h = \frac{1}{2} m v^2 \rightarrow v = \sqrt{2 g h}$

$W_{AB} = \int_A^B F(x)\,dx = \int_A^B -k x\,dx = -\frac{1}{2}k x^2|_A^B = -\frac{1}{2}k(B^2 - A^2)$

$(\frac{1}{2}m v_2^2) + (-F x_2) = (\frac{1}{2}m v_1^2) + (-F x_1) = const$

$E_{kin2} + E_{pot2} = E_{kin1} + E_{pot1} = E_{mech}$

$W = \int_{x_1}^{x_2} F(x)\,dx = \int_{x_1}^{x_2} -k x^3\,dx = -k\frac{1}{4}[x^4]_{x1}^{x2}$

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

$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n$

$\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| \cdot |\vec{b}| \cdot \cos\varphi$

$m\frac{d^2 x}{dt^2} + b\frac{dx}{dt} + k x = 0$

gedämpfte Frequenz

$|F_{Zentripetal}| = m R \omega^2 = \frac{m v^2}{R}$

Translation		Rotation	
Weg	$\vec{x}$	Winkel	$\vec{\phi}$
Geschwindigkeit	$\vec{v} = \frac{d\vec{x}}{dt}$	Winkelgeschwindigkeit	$\vec{\omega} = \frac{d\vec{\phi}}{dt}$
Beschleunigung	$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{x}}{dt^2}$	Winkelbeschleunigung	$\vec{\alpha} = \frac{d\vec{\omega}}{dt} = \frac{d^2\vec{\phi}}{dt^2}$
Kraft	$\vec{F}$	Drehmoment	$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$
Bewegungsgleichung der Translation	$\vec{F} = m\vec{a}$	Grundgleichung der Rotation	$\vec{M} = J\vec{\alpha}$
Masse	m	Massenträgheitsmoment	$J_{diskret} = \sum_i m_i r_{\perp i}^2$ $J_{kont} = \iiint_V r_\perp^2 \, dm$
Impuls	$\vec{p} = m\vec{v}$	Drehimpuls	$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p} = J\vec{\omega}$
Impulsänderung = Kraftstoss	$d\vec{p} = \vec{F}\,dt$	Drehimpuls-Änderung	$d\vec{L} = \vec{M}\,dt$
Kinetische Energie	$T = \frac{1}{2}m\lvert\vec{v}\rvert^2$	Rotations-Energie	$T = \frac{1}{2}J\lvert\vec{\omega}\rvert^2$
Arbeit	$dW = \vec{F} \circ d\vec{x}$	Arbeit	$dW = \vec{M} \circ d\vec{\phi}$
Leistung	$P = \vec{F} \circ \vec{v}$	Leistung	$P = \vec{M} \circ \vec{\omega}$
Impulserhaltung, Summe aller äusseren Kräfte = 0	$\vec{p}_{tot} = \sum_i \vec{p}_i = \text{const.}$	Drehimpulserhaltung, Summe aller äusseren Drehmomente = 0	$\vec{L}_{tot} = \sum_i \vec{L}_i = \text{const.}$

$$\Psi(x, t=0) = \Psi_M \sin(kx - \omega t)$$

rechtslaufende Welle

$$x = \frac{1}{k}\omega t = 0$$

sin Ausdruck nach x

$$\frac{2\pi}{\lambda}c = 2\pi\frac{c}{\lambda} = 2\pi f = \omega$$

f = Frequenz; ω = Kreisfrequenz;
λ = Wellenlänge; c = Ausbreitungsgeschw

$$c = \frac{dx}{dt} = \frac{\omega}{k} = \lambda \cdot f$$

$$\lambda = \frac{a \cdot g}{k \cdot d_k}$$

Formel Interferenz Gitterspalt
a = Abstand Gitter zu Schirm;
g = Spaltabstand Gitterstäbe
k = Maximum Interferenzstelle 1, 2,…
d_k = Distanz Stelle k zum Ursprung

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (1/\text{m})$$

Wellenzahl

$$\phi(t) = kx - \omega t$$

Phase (Winkel) der Welle

$$\left|\frac{d\phi(x,t)}{dt}\right| = \omega \qquad \frac{d\phi(x,t)}{dx} = k$$

Änderungsrate t *Änderungsrate x*

$$\boxed{y(t) = y_0 \sin(\omega t)\,, \quad \frac{d^2y}{dt^2} = -\omega^2 y_0 \sin(\omega t)}$$

Wellenart		Medium	Phasen-geschwindig-keit c
Longitudinal		Festkörper	$\sqrt{\frac{E}{\rho}}$
Longitudinal		Flüssigkeiten	$\sqrt{\frac{K}{\rho}}$
Longitudinal		Gase	$\sqrt{\gamma\frac{RT}{M}}$
Transversal	Scherwelle Torsionswelle	Festkörper	$\sqrt{\frac{G}{\rho}}$
Transversal	Saitenwelle Seilwelle	Gespannte(s) Saite, Seil	$\sqrt{\frac{\sigma}{\rho}}$
Transversal	elektromagnetische Welle	—	c_0
Transversal	elektromagnetische Welle	Idealer Isolator	$\frac{c_0}{\sqrt{\varepsilon_r\mu_r}} = \frac{1}{n}$
Transversal	elektromagnetische Welle	Metall	$\sqrt{\frac{2\omega}{\mu_0\mu_r\kappa}}$

Legende

G	Schubmodul	N/m^2
E	Elastizitätsmodul	N/m^2
K	Kompressionsmodul	N/m^2
ρ	Dichte	kg/m^3
γ	Verhältnis der spezifischen Wärmekapazitäten (Adiabatenexponent)	—
R	molare Gaskonstante	J/(mol K)
T	Temperatur	K
M	molare Masse (Molmasse)	kg/mol
σ	Zugspannung	N/m^2
ω	Kreisfrequenz	rad/s
c_0	Vakuumlichtgeschwindigkeit	m/s
μ_0	magnetische Feldkonstante	H/m
μ_r	relative Permeabilität	—
ε_r	relative Permittivität	—
κ	elektrische Leitfähigkeit	S/m
n	Brechzahl	—

	0°	30°	45°	60°	90°
sin	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{3}$	1
cos	1	$\frac{1}{2}\sqrt{3}$	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	$\frac{1}{2}$	0
tan	0	$\frac{1}{3}\sqrt{3}$	1	$\sqrt{3}$	$\to\infty$
cot	$\to\infty$	$\sqrt{3}$	1	$\frac{1}{3}\sqrt{3}$	0

$$F=\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r^2}$$

ϵ_0 (Dielektrizitätskonstante) = 8.854E-12 $AsV^{-1}m^{-1}$
q_1 [C], q_2 [C], r[m]
Elementarladung:
e = 1.6E-19 Coulomb
$m_{Elektron}$ = 9.1E-31 kg
m_{Proton} = 1.7E-24 kg

$$\vec{E}=\frac{\vec{F}}{q_2}=\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1}{r^2}$$

E = elektrisches Feld [N/C] oder [V/m]

$$\Phi=\oint_A \vec{E}\,d\vec{A}=\frac{Q_{encl}}{\epsilon_0}$$

Fluss (PSI) [Vm];
E (E-Feld) [N/C];
A (Fläche) [m^2]
Q (eingeschl. Ladung) [C]
ϵ_0 (Dieel. Konst.)

$$\Phi_{A\to B}=\frac{\Delta E_{pot}}{q}$$

PSI (Potenzial) [V]
ΔE [J]
q (Probeladung) [C]

Symbol	Name	Ursprung	
Y	Yotta	ital. *otto* = acht	10^{24}
Z	Zetta	ital. *sette* = sieben	10^{21}
E	Exa	gr. *héx* = sechs	10^{18}
P	Peta	gr. *petannýnai* = alles umfassen / gr. *pénte* = fünf	10^{15}
T	Tera	gr. *téras* = Ungeheuer / gr. *tetrákis* = viermal	10^{12}
G	Giga	gr. *gígas* = Riese	10^{9}
M	Mega	gr. *méga* = groß	10^{6}
k	Kilo	gr. *chílioi* = tausend	10^{3}
h	Hekto	gr. *hekatón* = hundert	10^{2}
da	Deka	gr. *déka* = zehn	10^{1}
—	—	—	10^{0}
d	Dezi	lat. *decimus* = Zehnter	10^{-1}
c	Zenti	lat. *centum* = hundert	10^{-2}
m	Milli	lat. *mille* = tausend	10^{-3}
µ	Mikro	gr. *mikrós* = klein	10^{-6}
n	Nano	gr. *nános* = Zwerg	10^{-9}
p	Piko	span. *pico* = Spitze / ital. *piccolo* = klein	10^{-12}
f	Femto	skand. *femton/femten* = fünfzehn	10^{-15}
a	Atto	skand. *arton/atten* = achtzehn	10^{-18}
z	Zepto	lat. *septem* = sieben	10^{-21}
y	Yokto	lat. *octo* = acht	10^{-24}

$$E_{pot} = -W_{A\to B} = -\int_A^B \vec{F}\circ d\vec{r}$$

E (Energie pot) [J]
W (Arbeit) entgegengesetzt E
F (Kraft) [N]; dr (Weg) [m]

$$\Delta E_{pot}= -\int_A^B \vec{F}\circ d\vec{r}= -\int_A^B \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Qq}{r^2}dr= -\frac{Qq}{4\pi\epsilon_0}\left[-\frac{1}{B}-\left(-\frac{1}{A}\right)\right]$$

$$\Phi_{A\to B}=\frac{\Delta E_{pot}}{q} = +\frac{Q}{4\pi\epsilon_0}\left[\frac{1}{B}-\frac{1}{A}\right]$$

Energie [J] & Potenzial [V]bei Punktladung

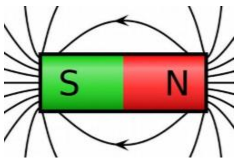
$$\Delta E_{pot}= -\int_A^B \vec{F}\circ d\vec{r}= -\int_A^B \vec{E}q\circ d\vec{r} = -\vec{E}q(B-A)$$

$$\Phi_{A\to B} = \frac{\Delta E_{pot}}{q} = -\vec{E}(B-A)$$

Energie [J] & Potenzial [V]bei konstantem Feld
B & A sind Positionen der konstanten Felder

$$\Phi_{\infty\to B} = \Phi_B = +\frac{Q}{4\pi\epsilon_0}\frac{1}{B}$$

Potenzial [V] Abs. Potenzial gegenüber Unendlich



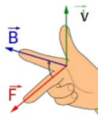
Nordpol = Rot; B-Feld von N --> S

$$[\Phi_B] = B_\perp A = BA\cos\theta = \vec{B}\circ\vec{A}$$

$$\Phi_{mag} = \int \vec{B}\circ d\vec{A}$$

Magnetischer Fluss (Weber)[Vs/Wb] or [kgm^2/As^2]
B (Magnetisches Feld) [T] (Tesla)
A (Fläche)[m^2]
Erdmagnetfeld 0.5E-3T

$$\vec{F}_L = q(\vec{E}+\vec{v}\times\vec{B})$$



F_L (Lorenzkraft) [N]
q^+ (Ladung) [C]; E (E-Feld) [N/C]
v (Geschw.) [m/s]; B (Mag. Feld) [T]

$$\vec{F} = \oint_s d\vec{F} = I\oint_s d\vec{s}\times\vec{B}$$

F (Lorenzkraft) [N] ; I (Strom) [A]
s (gesamt Strecke) [m] ; B (Mag. Feld) [T]

$$B_{ab} = \mu_0 \frac{n}{(b-a)} I$$

(B- Feld einer langen SPULE) [T]
μ_0 (4πE-7) [N/A^2]
I (Strom) [A]
n (Anzahl Wicklungen)

$$1/(\varepsilon_0\mu_0) = c^2$$

ϵ_0 (Dielektrizitätskonstante) 8.854E-12 AsV-1m-1
μ_0 (4πE-7) [N/A^2]
c (Lichtgeschwindigkeit) 2.998E8 [m/s]

$$\oint \vec{B}\circ d\vec{s} = B\cdot 2\pi r = \mu_0 I \quad\Rightarrow\quad B(r) = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I}{r}$$

B-Feld; I (Strom) [A]; R (Abstand) [m]

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{2}\frac{I}{r}$$

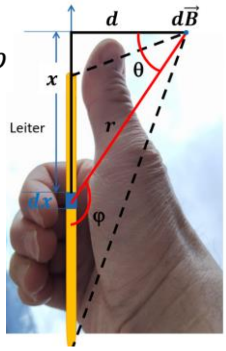
B-Feld im Zentrum kreisförmigen Leiterschleife

$$dB_z = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Idx}{r^2}\sin\varphi$$

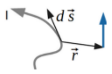
endlich langer Draht

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I}{d}$$

unendlich langer Draht



$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{d\vec{s}\times\vec{r}}{|\vec{r}|^3} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{d\vec{s}\times\vec{e}_r}{|\vec{r}|^2}$$



Beliebig geformter Leiter

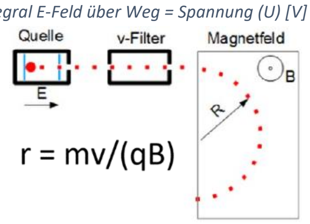
$$\oint_s \vec{E}\circ d\vec{s} = U_{ind} = -\frac{d\Phi_{Mag}}{dt}$$

Faraday Gesetz
Integral E-Feld über Weg = Spannung (U) [V]

$$\oint_S \vec{B}d\vec{s} = \mu_0 I_{encl} + \mu_0\epsilon_0 \oiint_A \vec{E}d\vec{A}$$

Ampere Gesetz, μ_0 (4πE-7) [N/A^2]
ϵ_0 (Dielektrizitätskonstante) 8.854E-12 $AsV^{-1}m^{-1}$

$$\vec{S}=\frac{1}{\mu_0}\vec{E}\times\vec{B}$$

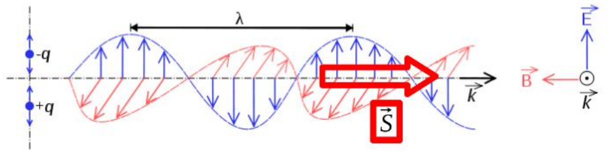


r = mv/(qB)

Radius; Masse; Ladung; Mag-Feld wegen Zentripetalkraft

$$w=\frac{B^2}{\mu_0}=\frac{E}{\mu_0 c}B=E\frac{\sqrt{\mu_0\epsilon_0}}{\mu_0}B=\sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}}EB$$

Energiedichte [W]
ϵ_0 (Dielektrizitätskonstante) 8.854E-12 AsV-1m-1
μ_0 (4πE-7) [N/A^2]
c (Lichtgeschwindigkeit) 2.998E8 [m/s]



$\vec{E}(x,t) = \vec{E}_0\sin(kx-\omega t)$
$\vec{B}(x,t) = \vec{B}_0\sin(kx-\omega t)$
Ausbreitungsrichtung $\vec{e}_E\times\vec{e}_B$

$$B=\frac{E}{c}$$

E-Feld, B-Feld

$$E_{eff}=\frac{\hat{E}}{\sqrt{2}},\; B_{eff}=\frac{\hat{B}}{\sqrt{2}}$$

Effektiv Werte und nicht Amplituden Werte

$$\bar{S} = \frac{1}{2}\epsilon_0 c\hat{E}^2$$

Mittlere Intensität

S (Intensität) = Leistung / Fläche

A*dx: W = w A dx = w A c dt

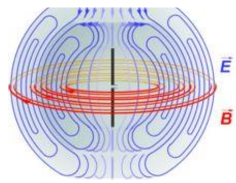
Energie im Volumen

$$k=\frac{2\pi}{\lambda}\quad(1/m)$$

Wellenzahl

$$I = \frac{P}{A} = \frac{1}{2\mu_0}E_0 B_0$$

I(Intensität) [W/m^2]
E-Feld [N/C], B-Beld [T]
E_0, B_0 → Amplitude



Dipolantenne Ausbreitung

$$\sqrt{\frac{\omega_0^2}{k^2}} = \frac{2\pi f}{2\pi/\lambda} = f\lambda = c = \sqrt{\frac{1}{\mu_0\epsilon_0}}$$

!! Frequenz bleibt konstant egal in welches Medium !!

$$\omega=\frac{2\pi}{T}=2\pi f \qquad T=\frac{1}{f}$$

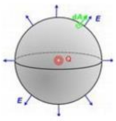
$$\omega = 2\cdot\pi\cdot n$$

1 eV = 1.602E-19 Joule

eV (Elektronenvolt) [Energy]

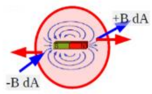
(1) Das elektrische Feld hat Quellen

$$\oiint_A \vec{E}d\vec{A} = \frac{Q_{encl}}{\epsilon_0}$$



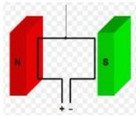
(2) Das magnetische Feld hat keine Quellen

$$\oiint_A \vec{B}d\vec{A} = 0$$



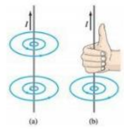
(3) Bewegen eines Magneten gibt Strom

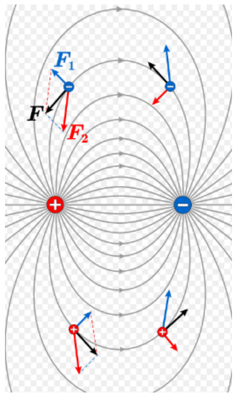
$$\oint_S \vec{E}d\vec{s} = U_{ind} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$



(4) Ein Strom erzeugt einen Magneten

$$\oint_S \vec{B}d\vec{s} = \mu_0 I_{encl} + \mu_0\epsilon_0 \oiint_A \vec{E}d\vec{A}$$

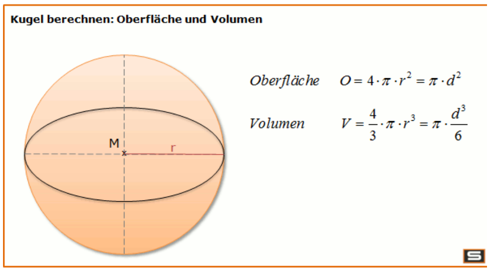




E-Feldlinien
zB. Erde(+) Gewitter (-),
Ladung von + nach -

$$\frac{d\Phi_{mag}}{dt} = LvB = U_{ind}$$

Bewegter Stab der Länge L mit v nach Y-Axis, B Feld ins Papier rein



$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi s^2}$$

I (Intensität einer Punktquelle)
P (Leistung) [W]
A (Fläche) [m^2]

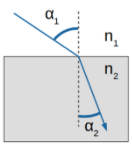
$$E = mc^2 = hf = \frac{hc}{\lambda} \qquad m = \frac{h \cdot f}{c^2} \qquad m = \frac{h}{c \cdot \lambda}$$

E (Energie) [J oder Nm]; m (Masse) [kg];
c (Lichtgeschwindigkeit) 2.998E8 [m/s]
h (Planck'sches Wirkungsquantum) [Js]
h = 6.626E-34 Js
f (Frequenz) [Hz oder 1/s]
λ (Wellenlänge) [m]

Reelle Bilder werden durch **konvergierende** Strahlen gebildet.	Virtuelle Bilder werden durch **divergierende** Strahlen erzeugt.
Reelle Bilder können projiziert oder auf einem Bildschirm gesehen werden.	Virtuelle Bilder nicht auf einem Bildschirm gesehen oder projiziert werden.
Reelle Bilder werden immer durch konvexe Linsen gebildet.	Virtuelle Bilder werden **auch** durch konkave Linsen gebildet.
Ein reelles Bild wird immer invertiert. (gegenüber dem Gegenstand oder einem Zwischenbild)	Ein virtuelles Bild ist immer aufrecht. (gegenüber dem Gegenstand oder einem Zwischenbild)

Optik

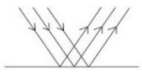
$$\frac{\sin(\alpha_1)}{\sin(\alpha_2)} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \sin(\alpha_1)n_1 = \sin(\alpha_2)n_2 \quad \text{mit: } n = \frac{c}{v}$$

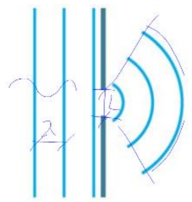


Brechung; v (Geschw.) [m/s]
Totalreflexion von Dichtem in Dünnes Medium, α_2 max 90°.

Medium	*n (sichtbares Licht)*
Vakuum	1.0000
Luft	1.0003
Wasser	1.33 v im Wasser = 3E8/1.33 = 2.3E8 m/s
Äthylalkohol	1.36
Glas	1.46-1.58
Plexiglas	1.51
Diamant	2.42

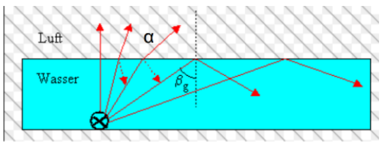
(1) Spiegel
Einfallswinkel = Ausfallswinkel





$$\theta = \frac{L}{\lambda}$$

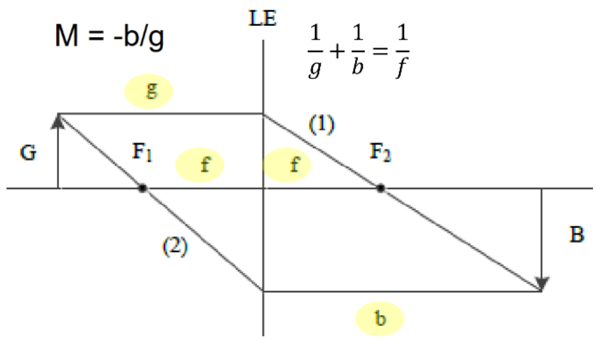
Beugung



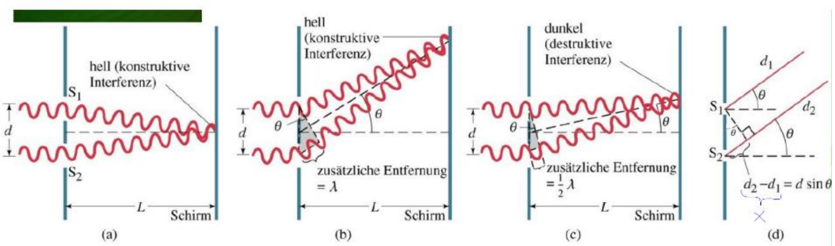
Totalreflexion

M = -b/g

$$\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$



dünne Linse; g (Abstand Gegenstand zu Linse) [m]
b (Abstand „Bild" zu Linse) [m]; f (Abstand Brennpunkt /-weite zu Linse) [m]
M (Vergrösserungfaktor) !!ACHTUNG VORZEICHEN!!
falls g < f → Vergrösserung (Virtuelles Bild); falls g > f → verdreht & verkleinert (reelles Bild)
Dioptrie = 1/ Brennweite → Dioptrie 5 = 1/5m = 20cm



Helle Streifen (Maxima): ΔL = d*sinθ = mλ mit m=0,1,2…

Dunkle Streifen (Minima): ΔL = d*sinθ = (m+1/2)*λ mit m=0,1,2…

$m \in N_0$

Interferenz; m = ganze Zahl; L = Abstand zum Schirm [m]; d = Abstand der Löcher [m]

$$\sqrt{\frac{\omega_0^2}{k^2}} = \frac{2\pi f}{2\pi/\lambda} = f\lambda = c = \sqrt{\frac{1}{\mu_0\epsilon_0}}$$

!! Frequenz bleibt konstant egal in welches Medium !!

$$1\,\mathrm{K} \;\hat{=}\; 8{,}61735 \cdot 10^{-5}\,\mathrm{eV}$$
$$1\,\mathrm{eV} \;\hat{=}\; 1{,}16045 \cdot 10^{4}\,\mathrm{K}$$
$$1\,\mathrm{K} \;\hat{=}\; 1{,}38066 \cdot 10^{-23}\,\mathrm{J}$$
$$1\,\mathrm{J} \;\hat{=}\; 7{,}24290 \cdot 10^{22}\,\mathrm{K}$$

- Gesamtausgangsleistung einer Quelle ist der Strahlungsfluss in Watt:
  Intensität = Betrag des Poynting-Vektors in W/m2
- visuelle Wahrnehmung von Licht (Helligkeit) ist «menschlich» (Empfindlichkeit des Auges): Max. im zentralen Bereich (bei λ=550nm - gelb)
  Lichtstrom Φ mit der Einheit Lumen (lm)
  1 lm = 1/683 Watt bei λ = 555 nm
- Quelle ist oft gerichtet (Taschenlampe):
  Lichtstärke = Lichtstrom pro Raumwinkel mit der Einheit Candela (cd) wobei 1 cd = 1 lm/sr
- **Beleuchtungsstärke**:
  E = Lichtstrom pro Fläche, also E = Φ/A mit der Einheit lm/m^2

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$T_{1/2} = \frac{-\ln(0.5)}{\lambda}$$

N (Anzahl), $T_{1/2}$ (Halbwertszeit) [s]
*{Jahre*365.26*24*3600}*
λ (Zerfallsrate / -konstante) [1/s]

$$\frac{R(t_0)}{R(t_1)} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{Ne^{-\lambda t_1}}{Ne^{-\lambda t_2}} = e^{\lambda(t_2 - t_1)}$$

$$\lambda = \frac{\ln(R(t_0)/R(t_1))}{t_1 - t_0} = \frac{\ln(R_1/R_2)}{(t_2 - t_1)}$$

STEFAN-BOLTZMANN'SCHES GESETZ

$$P = \epsilon\sigma A T^4$$

P (Leistung) [W], ε (Emissionsgrad) 0 < ε < 1
σ (Boltzmann Konstante) 5.67E-8 [W/m²K⁴]
A (Oberfläche) [m²], T (Absolut Temperatur) [K]

$$\{T\}_{\mathrm{K}} = \{\vartheta\}_{^\circ\mathrm{C}} + 273{,}15$$
$$\{\vartheta\}_{^\circ\mathrm{C}} = \{T\}_{\mathrm{K}} - 273{,}15$$

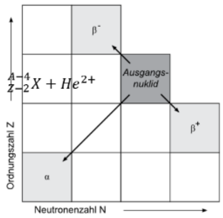
$$D = \frac{P\cancel{c}}{\cancel{c}A} = \frac{SA}{Ac} = \frac{S}{c} \quad (\mathrm{Pa})$$

D (Druck) [Pa], P (Leistung) [W]
S (Intensität) [W/m²], A (Fläche) [m²]
c (Lichtgeschwindigkeit) 2.998E8 [m/s]

- Kerne können nicht-rund sein und haben Energiezustände
- Kerne werden durch die starke Kernkraft zusammengehalten
- Die starke Kernkraft kompensiert die abstossende Coulomb-Kraft zwischen den Protonen
- Beim Zusammensetzen leichter Kerne und beim Zerfall schwerer Kerne wird Energie frei gemäss E=mc²

$$\beta^-: \; {}^A_Z X \Rightarrow {}^{A}_{Z+1}X + e^- + \bar{\nu}_e$$

$$\alpha: \; {}^A_Z X \Rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}X + He^{2+}$$



$$\beta^+: \; {}^A_Z X \Rightarrow {}^{A}_{Z-1}X + e^+ + \nu_e$$

$$\frac{A(0)}{A(t)} = \exp(-\lambda t)$$

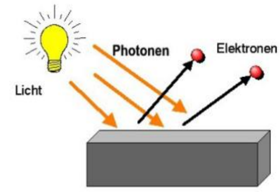
$$A_0 = N_0\lambda$$

A (Aktivität) [1/s]

<u>Deponierte Energie</u>: E = $N_{(1)}$ * E_α * p
E (Energy) [J or MeV], N (Anzahl Teilchen zum Messzeitpunkt),
E_α (Energie Alpha Teilchen)[MeV],
p = Prozent der Deponierten Teilchen)

WIEN'SCHES VERSCHIEBUNGSGESETZ

$$\lambda_{\max} = \frac{2.9 \cdot 10^{-3}\mathrm{m}\cdot\mathrm{K}}{T}$$



Photoeffekt

Häufige Zerfallsarten

- **Alpha-Zerfall**: Der Kern emittiert einen He-Kern (2p, 2n)

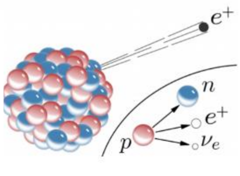
$$\alpha: \; {}^A_Z X \Rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}X + He^{2+}$$

- **Beta+** - Zerfall: Ein Proton wird ein Neutron und sendet ein Positron aus
- **Beta-** - Zerfall: Ein Neutron wird ein Proton und sendet ein Elektron aus

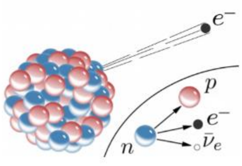
$$\beta^+: \; {}^A_Z X \Rightarrow {}^{A}_{Z-1}X + e^+ + \nu_e \qquad \beta^-: \; {}^A_Z X \Rightarrow {}^{A}_{Z+1}X + e^- + \bar{\nu}_e$$

- **Gamma-Emission**: Ein angeregter Kern sendet ein Photon aus.

$$\beta^+: \; {}^A_Z X \Rightarrow {}^{A}_{Z-1}X + e^+ + \nu_e \qquad \beta^-: \; {}^A_Z X \Rightarrow {}^{A}_{Z+1}X + e^- + \bar{\nu}_e$$



nicht spontan, weil m_n>m_p



spontan, weil m_n>m_p

<u>Äquivalenzdosis:</u> D = D_E * 13
D [Sv], D_E (Energiedosis) [Gy]

<u>Energiedosis</u>: D_E = E / M
E (Energy) [J], M (Masse) [kg],
D_E (Energiedosis)[Gy]