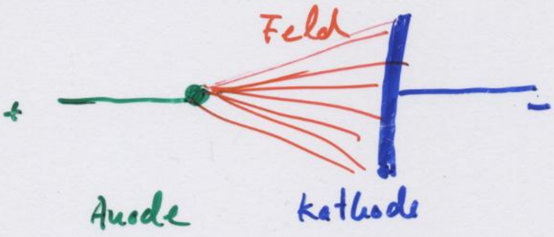
1.1.3 Ladungstrennung

- Mechanisch durch Reibung
- Thermisch durch Glühemission
- Photoeffekt: Energieübertrag Photon → Elektron
- Chemisch durch Dissoziation

1.1.4 Kraftwirkung

Wie Gravitation: Fernwirkung durch EM Felder



Feld symbolisiert durch Feldlinien

1.2 Die fundamentalen Bausteine und Kräfte

Kurzversion; ausführlicher: ~ mullerth

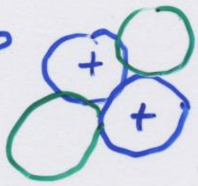
Materie

$\sim 10^{-10}$ m

Atom

Elektronenwolke gebunden an Kern durch EM Kräfte

p



n

$\sim 1 - 10 \times 10^{-15}$ m

fm

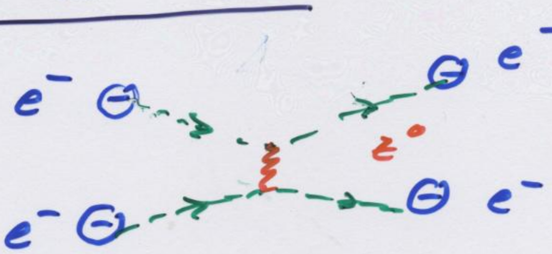
Kern

$< 10^{-19}$ m

Quarks

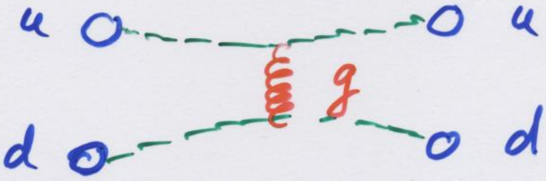
Gebunden durch starke Kraft

Schwache WW



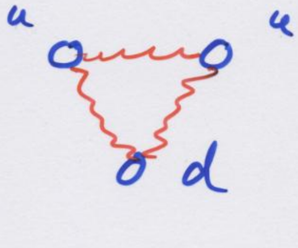
(„schweren Photon)

Starke WW

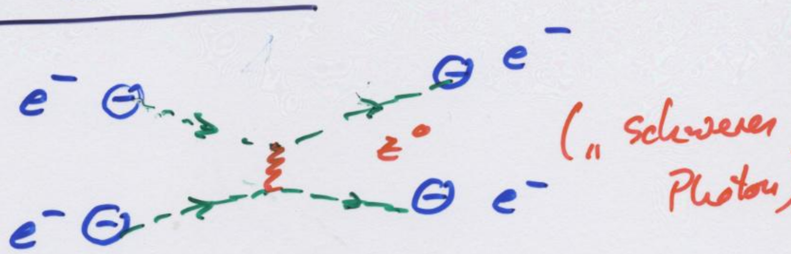


Gebundene Objekte

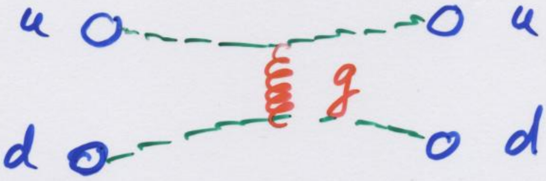
zB Proton



Schwache WW

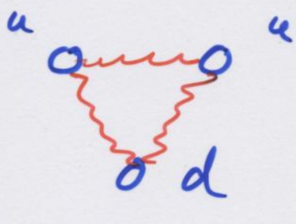


Starke WW



Gebundene Objekte

zB Proton



Zusammenfassung

WW	Rel. Stärke	Reichweite	Boson
Gravitation	10^{-38}	∞	Graviton ?
Schwache	10^{-5}	10^{-18} m	W^+, Z, W^-
EM	10^{-2}	∞	γ
Starke	1	10^{-15} m	Gluon

1.3

Physikalische Konstanten

Lichtgeschwindigkeit im Vakuum	$c = 2{,}998 \cdot 10^{10}$ cm/sec
Plancksches Wirkungsquantum	$h = 6{,}626 \cdot 10^{-27}$ erg·sec
	$\hbar = h/2\pi$
Gravitationskonstante	$\gamma = 6{,}670 \cdot 10^{-8}\ g^{-1}\ cm^3\ s^{-2}$
Loschmidtsche Zahl	$L = 6{,}0250 \cdot 10^{23}$/Mol
Molvolumen bei Normalbedingungen	$V_o = 22{,}41 \cdot 10^3\ cm^3$/Mol
Boltzmann-Kostn.	$K = 1{,}38 \cdot 10^{-16}$ erg/Grdk
Bohrscher Radius (≈ Atomradius)	$r = 0{,}529 \cdot 10^{-8}$ cm
Atomkernradius	$R = 1{,}2 \cdot 10^{-13} \cdot \sqrt[3]{A}$ cm
	(A = Atomgewicht)
Ruhemasse des Elektrons	$m_e = 9{,}11 \cdot 10^{-28}$ g
Ruhemasse des Protons	$m_p = 1{,}672 \cdot 10^{-24}$ g
Ruhemasse des Neutrons	$m_n = 1{,}675 \cdot 10^{-24}$ g
Dielektrizitätskonst.d.Vakuums	$\varepsilon_o = 8{,}854 \cdot 10^{-12}\ C^2/Nm^2$
Induktionskonst.	$\mu_o = 1{,}256 \cdot 10^{-6}$ Vsec/Am
Elementarladung	$e = 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ Coul
Elektronenvolt (Energie-Einheit)	$e \cdot V = 1{,}602 \cdot 10^{-12}$ erg
Ruheenergie des Elektrons	$m_e \cdot c^2 = 0{,}511 \cdot 10^6$ eV
Ruheenergie des Protons	$m_p \cdot c^2 = 938{,}26 \cdot 10^6$ eV
Ruheenergie des Neutrons	$m_n \cdot c^2 = 938{,}55 \cdot 10^6$ eV
~~Lebensdauer des Elektrons~~	~~$\tau_e > 4{,}6 \cdot 10^{24}$ Jahre~~
Lebensdauer des Protons	$\tau_p \geq 10^{33}$ Jahre
Lebensdauer des freien Neutrons	$\tau_n \approx 15{,}5$ Min
Antiproton	$\tau_{\bar{p}} > 10^6$ Jahre

1.4. Rechenregeln für den Nabla-Operator

$$\vec{\nabla} = \left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z}\right)$$

$$\vec{\nabla}\varphi \equiv \operatorname{grad}\varphi = \left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}, \frac{\partial\varphi}{\partial y}, \frac{\partial\varphi}{\partial z}\right)$$

$$\vec{\nabla}\cdot\vec{E} \equiv \operatorname{div}\vec{E} = \frac{\partial E_x}{\partial x} + \frac{\partial E_y}{\partial y} + \frac{\partial E_z}{\partial z}$$

$$\vec{\nabla}\times\vec{B} \equiv \operatorname{rot}\vec{B} = \left(\frac{\partial B_z}{\partial y} - \frac{\partial B_y}{\partial z}, \frac{\partial B_x}{\partial z} - \frac{\partial B_z}{\partial x}, \frac{\partial B_y}{\partial x} - \frac{\partial B_x}{\partial y}\right)$$

$$\left.\begin{aligned}\vec{\nabla}\cdot(\vec{A}\varphi) &= \varphi\vec{\nabla}\cdot\vec{A} + \vec{A}\cdot\vec{\nabla}\varphi\\ \operatorname{div}(\vec{A}\varphi) &= \varphi\operatorname{div}\vec{A} + \vec{A}\cdot\operatorname{grad}\varphi\end{aligned}\right\}$$

$$\left.\begin{aligned}\vec{\nabla}\times(\vec{A}\varphi) &= \varphi\vec{\nabla}\times\vec{A} - \vec{A}\times\vec{\nabla}\varphi\\ \operatorname{rot}(\vec{A}\varphi) &= \varphi\operatorname{rot}\vec{A} - \vec{A}\times\operatorname{grad}\varphi\end{aligned}\right\}$$

$$\left.\begin{aligned}\vec{\nabla}\cdot(\vec{A}\times\vec{B}) &= \vec{B}\cdot(\vec{\nabla}\times\vec{A}) - \vec{A}\cdot(\vec{\nabla}\times\vec{B})\\ \operatorname{div}(\vec{A}\times\vec{B}) &= \vec{B}\cdot\operatorname{rot}\vec{A} - \vec{A}\cdot\operatorname{rot}\vec{B}\end{aligned}\right\}$$

$$\left.\begin{aligned}\vec{\nabla}\times(\vec{A}\times\vec{B}) &= (\vec{B}\cdot\vec{\nabla})\vec{A} - (\vec{A}\cdot\vec{\nabla})\vec{B} + \vec{A}(\vec{\nabla}\cdot\vec{B}) - \vec{B}(\vec{\nabla}\cdot\vec{A})\\ \operatorname{rot}(\vec{A}\times\vec{B}) &= (\vec{B}\cdot\operatorname{grad})\vec{A} - (\vec{A}\cdot\operatorname{grad})\vec{B} + \vec{A}\operatorname{div}\vec{B} - \vec{B}\operatorname{div}\vec{A}\end{aligned}\right\}$$

$$\left.\begin{aligned}\vec{\nabla}(\vec{A}\cdot\vec{B}) &= (\vec{B}\cdot\vec{\nabla})\vec{A} + (\vec{A}\cdot\vec{\nabla})\vec{B} + \vec{A}\times(\vec{\nabla}\times\vec{B}) + \vec{B}\times(\vec{\nabla}\times\vec{A})\\ \operatorname{grad}(\vec{A}\cdot\vec{B}) &= (\vec{B}\cdot\operatorname{grad})\vec{A} + (\vec{A}\cdot\operatorname{grad})\vec{B} + \vec{A}\times\operatorname{rot}\vec{B} + \vec{B}\times\operatorname{rot}\vec{A}\end{aligned}\right\}$$

$$\vec{\nabla}\cdot(\vec{\nabla}\varphi) \equiv \operatorname{div}(\operatorname{grad}\varphi) \equiv \Delta\varphi = \frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial z^2}, \quad \Delta = \text{Laplace-Operator}$$

$$\vec{\nabla}\cdot(\vec{\nabla}\times\vec{A}) \equiv \operatorname{div}(\operatorname{rot}\vec{A}) = (\vec{\nabla}\times\vec{\nabla})\cdot\vec{A} \equiv 0$$

$$\vec{\nabla}\times(\vec{\nabla}\varphi) \equiv \operatorname{rot}\operatorname{grad}\varphi = (\vec{\nabla}\times\vec{\nabla})\varphi \equiv 0$$

$$\vec{\nabla}\times(\vec{\nabla}\times\vec{A}) \equiv \operatorname{rot}\operatorname{rot}\vec{A} = \vec{\nabla}(\vec{\nabla}\cdot\vec{A}) - (\vec{\nabla}\cdot\vec{\nabla})\vec{A} \equiv \operatorname{grad}\operatorname{div}\vec{A} - \Delta\vec{A}$$

Gauß: $\displaystyle\int_{\text{Oberfläche}} \vec{E}\cdot d\vec{f} = \int_{\text{Volumen}} \operatorname{div}\vec{E}\, dv$ Stokes: $\displaystyle\oint_{\text{Weg}} \vec{E}\cdot d\vec{s} = \int_{\text{Fläche}} \operatorname{rot}\vec{E}\cdot d\vec{f}$