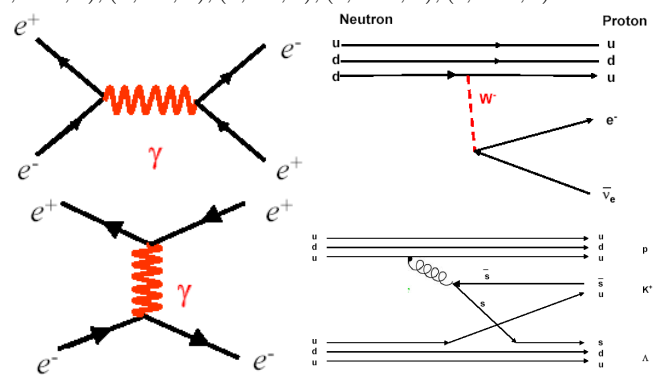
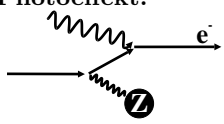
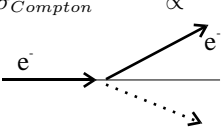



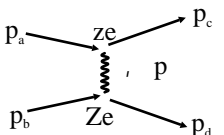
- **DeBroglie:**  $p = \frac{E}{c} = \frac{h}{\lambda} = \hbar k$
- **Photonen:**  $E = h\nu = pc$ ,  $m_\gamma = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda} = \hbar k = mc$ ,  $\omega = 2\pi\nu$ ,  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$
- **Unschärfe:**  $\hbar \approx \Delta p \cdot \Delta x \geq \frac{\hbar}{2}$ ,  $\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{\hbar}{2}$
- **Relativität:**  $E^2 = \vec{p}^2 c^2 + m^2 c^4 = E_{kin}^2 + m^2 c^4$ ,  $E = \gamma mc^2$ ,  $\vec{p} = \gamma m \vec{\beta} c$ ,  $\vec{\beta} = \frac{\vec{v}}{c}$ , CM-System:  $\vec{p}_1 = -\vec{p}_2$ , Schwellenenergie:  $E_{thr} = \sum_i m_i$ , raumartig:  $E^2 - \vec{p}^2 c^2 < 0$ , zeitartig:  $E^2 - \vec{p}^2 c^2 > 0$ ,  $\begin{pmatrix} \gamma & -\beta\gamma \\ -\beta\gamma & \gamma \end{pmatrix}$
- **Mandelstamvariable, 4-Teilchen-Streuung:**  $s = (p_1 + p_2)^2 = (p_3 + p_4)^2$ ,  $t = (p_1 - p_3)^2 = (p_2 - p_4)^2$ ,  $u = (p_1 - p_4)^2 = (p_2 - p_3)^2$ ,  $s + t + u = \sum_i m_i^2$
- **optische Auflösung:**  $\alpha \approx \sin \alpha = 1.22 \frac{\lambda}{D}$  (Abbe,  $D$ : Öffnung); Mit der numerischen Apertur  $\sin(\theta) = \frac{D}{2f}$ ,  $f$  Brennweite, erhält man eine Ortsauflösung  $\Delta x$  von  $\Delta x = \alpha \cdot f = 1.22 \frac{\lambda f}{D} = \frac{\lambda}{n \sin \theta} = \frac{h}{p n \sin \theta}$ . Brechungsindex zwischen Objekt und Objektiv  $n$ .
- **Kerne:** Radius  $R \approx 1.2 \sqrt[3]{A} \text{ fm}$  ( $A$ : Nukleonenzahl)
- **Zerfall:**  $N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda t) = N_0 \cdot \exp(-\frac{t}{\tau})$ , Überlebenswahrscheinlichkeit nach Strecke  $x = vt = \beta ct$ :  $P(x) = \frac{N(x)}{N_0}$
- **Feinman-Graphen:**

Übergangsimp.:  $M_{fi} \propto \text{Ladung}_{V1} \cdot \text{Propagator} \cdot \text{Ladung}_{V2}$   
 Photon: Propagator:  $\frac{1}{\Delta p^2}$ , Ladung  $\propto \sqrt{\alpha} = \sqrt{\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 \hbar c}}$   
 $\Rightarrow M_{fi} \propto \frac{\alpha}{\Delta p^2}$   
 Fermi's Golden Rule:  $W_{fi} = \frac{2\pi}{\hbar} |M_{fi}|^2 \rho_f^2$ ,  $M_{fi} = \langle \psi_f | \hat{H} | \psi_i \rangle$ , Endzustandsdichte  $\rho_f = \frac{dn(E)}{dE}$   
 Phasenraumvolumen: 1-Teilchen-Zustand  $V = h^3 = (2\pi\hbar)^3$ ,  $\rho_1(E) = \frac{V p E}{2\pi^2 \hbar^3 c^2}$   
 starke WW: Propagator:  $\frac{1}{\Delta p^2 + M^2 c^2}$  elem. Vertex: (Quark,  $g$ , Quark)  
 schwache WW: Ladung:  $g=0.65$ ; mögliche elem. Vertizes:  $(e^-, W^-, \nu_e)$ ,  $(e^-, Z^0, e^-)$ ,  $(\nu_e, Z^0, \nu_e)$ ,  $(d, W^-, u)$ ,  $(u, W^+, d)$ ,  $(u, Z^0, u)$ ,  $(d, Z^0, d)$ ,  $(s, W^-, u)$ ,  $(c, W^+, s)$

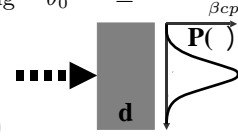


- **Wirkungsquerschnitt:**  $\sigma = \frac{\# \text{Reaktionen/Zeiteinheit}}{\text{Teilchenfluss} \cdot \# \text{Streuzentren}} = \frac{N_{Reac}}{N_{Beam} \cdot n_{Tar}}$ ,  $\sigma = \int \frac{d\sigma}{d\Omega} d\Omega$   
 Fluss:  $\Phi = \frac{N_{Beam}}{A \cdot \Delta t} [\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}]$ ,  $W_{fi} = \Phi \cdot \sigma$   
 Reaktionswahrsch.:  $P = n_{Tar} \cdot d \cdot \sigma$   
 ( $d$ : Dicke d. Targets;  $n_{Tar} = N_A \cdot \frac{\rho}{m_{mol}}$ )
- **freie Weglänge:**  $\lambda = \frac{1}{\sigma \cdot n_{Tar}}$ ,  $N(x) = N_0 \cdot \exp(-x/\lambda)$   
 Reakt.-Rate:  $R(x) = N_0 - N(x) \frac{x \ll \lambda}{x} \approx N_0 \frac{x}{\lambda} = N_0 n_{Tar} \sigma x$   
 Reakt.-Wahrsch.:  $P(x) = 1 - \exp(-x/\lambda) \frac{x \ll \lambda}{x} \approx n_{Tar} \sigma x$
- **Luminosität  $L [\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}]$ :**  $L = N_{Beam} \cdot n_{Tar} \cdot d$ ,  $N_{Reac} = L \cdot \sigma$ , Collider:  $L = \frac{N_+ N_- \nu}{A}$  ( $\nu$ : Umlauffrequ.;  $A$ : Querschnitt)
- **Zerfallsbreite  $\Gamma$ , Lebensdauer  $\tau$ :**  
 $\Gamma = \frac{\hbar}{\tau} = \hbar W_{fi} = 2\pi |M_{fi}|^2 \int \rho_f d\Omega$   
 mehrere Kanäle  $i$ :  $\Gamma = \sum_i \Gamma_i$ , branching ration:  $B_i = \Gamma_i / \Gamma$   
 Breit-Wigner:  $\sigma(E) = \sigma_0 \frac{\Gamma^2}{(E-M)^2 + \frac{\Gamma^2}{4}}$
- **Synchrotron-Strahlung:** geladene Teilchen im Magnetfeld  
 $P = \frac{2\alpha}{3R^2} \beta^4 \gamma^4 \frac{\beta \rightarrow 1}{3R^2} \left(\frac{E}{m}\right)^4$  (nat. Einh.),  
 $\frac{\Delta E}{\text{Umlauf}} = 8.85 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}}{\text{GeV}^3} \cdot \frac{E^4}{R} \frac{\Delta E(e^-)}{\Delta E(x)} = \left(\frac{m_x}{m_e}\right)^4 \approx 10^{13}$  (für  $p$ )
- **WW von Photonen mit Materie**

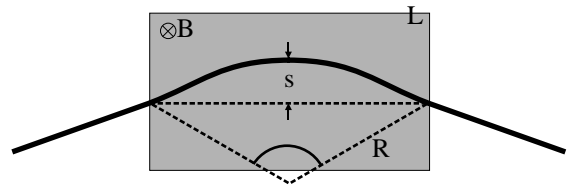
- **Photoeffekt:** 
- **Compton-Streuung:**  $E'_\gamma = E_\gamma \frac{1}{1 + \frac{m_e c^2}{E_\gamma} (1 - \cos \theta)}$ ,  $\sigma_{Compton} \propto \frac{\ln \epsilon}{\epsilon}$  ( $\epsilon = \frac{E_\gamma}{m_e c^2}$ )  

- **Paarbildung:**  $E_\gamma > 2m_e c^2$ ,  $\sigma_{paar} = \frac{7}{9} \frac{A}{N_A} \frac{1}{X_0}$ ,  $\lambda_{paar} = \frac{9}{7} X_0$   


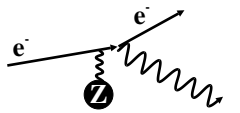
- **elastische Streuung geladener Teilchen:**
- **Rutherford-Streuung I:**  $M_{fi} = (ze) \frac{1}{\Delta p^2} (Ze)$ ,  $\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{1}{(2\pi)^2} |M_{fi}|^2 \frac{|\vec{p}_c|^2}{\beta_i \beta_f}$ , aus Kinematik:  $\Delta p^2 = -4|\vec{p}|^2 \sin^2 \frac{\theta}{2}$ ;  
 $\Rightarrow \frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{4E^2 (zZ\alpha)^2}{\Delta p^2}$   


- **Rutherford II:** Winkelverteilung:  $\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{(zZ\alpha)^2}{4|\vec{p}|^2 \beta^2 \sin^4(\theta/2)}$ , nicht-rel:  $\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{(zZ\alpha)^2}{16E_{kin}^2 \sin^4(\theta/2)}$   
 Impulsübertrag:  $\frac{d\sigma}{d(\Delta p)^2} = 4\pi (zZ\alpha)^2 \frac{1}{\beta^2 \Delta p^4}$ , nicht-rel.:  $\beta \equiv 1$
- **Mott-Streuung:** Modifikation der Rutherford-Streuformel aufgrund des Elektronenspins:  
 bisher:  $\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{4E_c^2 (zZ\alpha)^2}{\Delta p^4}$ ,  
 jetzt:  $\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{Mott} = \left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{Rutherford} \frac{E'}{E} (1 - \beta^2 \sin^2 \frac{\theta}{2})^{\beta=1} = \frac{4E_c^2 (zZ\alpha)^2}{\Delta p^4} \frac{E'}{E} \cos^2 \frac{\theta}{2}$ ,  $E'/E$  berücksichtigt den Rückstoß,  $\cos^2(\theta/2)$  bedeutet vollkommene Unterdrückung der Rückstreuung;

- **Vielfachstreuung:** Gaußverteilung über Streuwinkel  $\theta$ ; Streuwahrscheinlichkeit:  $P(\theta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\theta_0} \exp\left(-\frac{\theta^2}{2\theta_0^2}\right)$ , mit Standardabweichung  $\theta_0 = \frac{13.6 \text{ MeV}}{\beta c p} \cdot z$   


- **Impulsmessung**  $\frac{mv^2}{R} \vec{e}_r = q \cdot (\vec{v} \times \vec{B}) \Rightarrow p_{trans.} = q \cdot B \cdot R \rightarrow 0.3B [T] \cdot R [m] = p_T [GeV/c]$ ;  $\theta \approx \frac{0.3L \cdot E}{p_T}$ ; Sagitta  $s = R(1 - \cos \theta/2) \approx \frac{R\theta^2}{8} \approx \frac{0.3}{8} \frac{L^2 B}{p_T}$



- **Strahlungslänge (WW von  $e^-$  mit Materie):**  $X_0 = \frac{716.4 \text{ g cm}^{-2} \cdot A}{Z(Z+1) \ln(287/\sqrt{Z})}$ ,  $\frac{1}{X_0} = \sum_i w_i \left(\frac{1}{X_0}\right)_i$ , nach der Länge  $X_0$  ist die Energie um 37% reduziert
- **Bremsstrahlung:**  $\frac{dE}{dx} = \frac{E}{X_0}$ ;  $E = E_0 \cdot \exp(-x/X_0)$  mit Strahlungslänge  $X_0 = \frac{A}{4\alpha N_A Z^2 r_e^2 \ln \frac{183}{\sqrt{Z}}} [\text{gcm}^2]$   


- Bethe-Bloch:** Ionisationsverluste  $\left\langle \frac{dE}{dx} \right\rangle = -Kz^2 \frac{Z}{A} \frac{1}{\beta^2} \left[ \frac{1}{2} \ln \frac{2m_e c^2 \beta^2 \gamma^2 T_{max}}{I^2} - \beta^2 - \frac{\delta}{2} \right]$ ; mit  $K = 0.307 \text{ MeV g}^{-1} \text{ cm}^2$ ; Einfallendes Teilchen:  $m, z$ ; Maximale übertragbare Energie in einem Stoß  $T_{max} = \frac{2m_e c^2 \beta^2 \gamma^2}{1 + 2\gamma m_e/m + (m_e/m)^2}$ ; Mittlere Anregungsenergie des Mediums  $I$ ; Dichtekorrekturen  $\delta$ ; Fr Elektronen  $T_{max} = \frac{1}{2} T_{in}$

- Photo-Absorptions-Ionisations-Modell:**

- **Čerenkov-Strahlung:** Öffnungswinkel:  $\cos(\theta_c) = \frac{1}{n\beta} = \frac{c_{medium}}{v}$ ; Dispersionsrelation:  $\frac{\omega}{k} = c_{medium} = \frac{c}{n}$ ; Anzahl der emittierten Photonen:  $\frac{d^2 N}{d\lambda dx} = \frac{2\pi z^2 \alpha}{\lambda^2} \sin^2(\theta_c)$ ; Energiedisposition:  $\frac{d^2 N}{dE dx} = \frac{z^2 \alpha}{\hbar c} \sin^2(\theta_c) = const.$  fr  $z=1$ :  $\frac{d^2 N}{dE dx} = 370 \sin^2(\theta_c) \text{ eV}^{-1} \text{ cm}^{-1}$
- **Übergangsstrahlung** wird an Grenzflächen zwischen Medien emittiert. Totale abgestrahlte Energie an Grenzfläche zu Vakuum:  $W = \frac{1}{3} a \hbar \omega_P \gamma$  mit Plasmafrequenz  $\omega_P = \sqrt{\frac{4\pi n e^2}{m_e}} = 28.8 \sqrt{\rho \frac{Z}{A}} \text{ eV}$

- Hadronische Schauer (incl. WW von Neutronen mit Materie):** Absorptionslänge:  $\lambda_{had} = \frac{A}{N_A \sigma_{inel}}$ , mit  $\sigma_{inel} \approx 35 \text{ mb} \cdot A^{0.7}$ , z.B.:  $n + p \rightarrow n + p, n + {}^6\text{Li} \rightarrow \alpha + {}^3\text{H}, n + {}^{10}\text{B} \rightarrow \alpha + {}^7\text{Li}, n + {}^3\text{He} \rightarrow p + {}^3\text{H}$

- Erhaltungssätze in QM:**  $i\hbar \frac{d\langle \hat{O} \rangle}{dt} = \langle [\hat{O}, \hat{H}] \rangle$

Also gilt:  $[\hat{H}, \hat{O}] = 0 \Rightarrow \frac{d\langle \hat{O} \rangle}{dt} = 0$ , also  $\hat{O}$  erhalten

- Paritätsoperator  $\hat{\Pi}$ :**  $\vec{x} \rightarrow -\vec{x}, \hat{\Pi}\psi(\vec{x}) = \psi(-\vec{x}), \hat{\Pi}^2 = 1$ , in Kugelkoordinaten:  $(\theta \rightarrow \pi - \theta, \phi \rightarrow \pi + \phi, r \rightarrow r)$

- Zeitumkehr  $\hat{T}$ :**  $t \rightarrow -t$

- Ladungskonjugation  $\hat{C}$ :** Teilchen  $\rightarrow$  Antiteilchen

- CPT-Theorem:** Alle Naturgesetze sind unter Anwendung von  $\hat{C}\hat{\Pi}\hat{T}$  invariant

- Translation  $\hat{U}$ :**  $\hat{U}\phi(x) = \phi(x + \Delta x) = \exp(i \frac{\Delta x}{\hbar} p_x) \psi(x)$

- Drehimpulskopplung:** Zusammensetzung eines 2-Teilchenzustandes  $|JM\rangle$  aus Einteilchenzuständen  $|j_1 m_1\rangle, |j_2 m_2\rangle$ :  $\vec{J} = \vec{j}_1 + \vec{j}_2, J = |j_1 - j_2|, \dots, |j_1 + j_2|, M = -J, \dots, +J$

- Additive Erhaltungsgrößen:** Viererimpuls, Drehimpuls, Spin, Ladung, Leptonenzahlen (Generationsweise,  $L = 1$  für Leptonen/Neutrinos,  $L = -1$  für Antiteilchen), Baryonenzahl bei starker WW: Strangeness (Charm, Bottom, Top), Isospin Bsp:  $\mu^- \leftrightarrow e^- + \gamma, p \leftrightarrow e^+ + \pi^0$

- Helizität (Pseudoskalar):**  $H := \frac{\vec{s} \cdot \vec{\beta}}{|\vec{s}| \cdot |\vec{\beta}|}$ , alle Neutrinos sind linkshändig ( $H = -1$ ), alle Antineutrinos sind rechtshändig ( $H = +1$ ), für relativistische Teilchen ist  $H$  erhalten!

- Eigenschaften des Elektrons:** Elektron hat magnetisches Moment:  $\vec{\mu} = g\mu_B \vec{s}$  Bohrsches Magneton:  $\mu_B = \frac{e\hbar}{2m_e c} = 5.788 \cdot 10^{-11} \frac{\text{MeV}}{\text{T}}$ ; fr Dirac-Teilchen:  $g = 2$ ;

- Teilchenbezeichnungen:** Fermionen: Spin halbzahlig; Bosonen: Spin ganzzahlig; Hadronen: Teilchen mit starker WW, unterteilt in Baryonen und Mesonen; Baryonen: schwere Teilchen wie:  $p, n$ , bestehen aus 3 Quarks; Mesonen: mittelschwere Teilchen wie:  $\pi, K, \dots$  bestehen aus 2 Quarks; Leptonen: leichte Teilchen wie:  $e, e^+, \nu, \bar{\nu}$ , haben keine starke WW; Bosonen: Wechselwirkungsteilchen: em WW:  $\gamma$ ; schwache WW:  $W^{\pm}, Z^0$ ;  $g, G$

- Quarks:** Alle Quarks haben Spin  $J = \frac{1}{2}$  und Baryonenzahl  $By = \frac{1}{3}$  (bzw. Anti-Quarks:  $By = -\frac{1}{3}$ ), sind also *Fermionen*. Isospin  $I, I_3$  - Ladung  $Q$  - Strangeness  $S$  - Charm  $C$  - Bottom/Beauty  $B$  - Top/truth  $T$

Name	$I$	$I_3$	$Q$	$S$	$C$	$B$	$T$	$m[\frac{\text{GeV}}{c^2}]$
up	$\frac{1}{2}$	$+\frac{1}{2}$	$+\frac{2}{3}$	0	0	0	0	$\approx 350$
	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{3}$	0	0	0	0	$\approx 350$
down	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{3}$	0	0	0	0	$\approx 350$
	$\frac{1}{2}$	$+\frac{1}{2}$	$+\frac{2}{3}$	0	0	0	0	$\approx 350$
strange	0	0	$-\frac{1}{3}$	-1	0	0	0	$\approx 550$
	0	0	$+\frac{1}{3}$	+1	0	0	0	$\approx 550$
charm	0	0	$+\frac{2}{3}$	0	+1	0	0	$\approx 1800$
	0	0	$-\frac{2}{3}$	0	-1	0	0	$\approx 1800$
bottom	0	0	$-\frac{1}{3}$	0	0	-1	0	$\approx 4500$
top	0	0	$+\frac{2}{3}$	0	0	0	+1	$\geq 78000$

Es gilt:

$$Q = I_3 + \frac{1}{2} (B + S + C + By + T)$$

- Standardmodell:**

Fermionen	Familie			$Q$	WWs			
	1	2	3		$G$	$\gamma$	$W, Z$	$g$
Leptonen	$e^-$	$\mu^-$	$\tau^-$	-1	x	x	x	
Lepton-Neutrinos	$\nu_e$	$\nu_\mu$	$\nu_\tau$	0	x		x	
Quarks	$u$	$c$	$t$	$+\frac{2}{3}$	x	x	x	x
	$d$	$s$	$b$	$-\frac{1}{3}$	x	x	x	x

- Barionen:** Allgemeiner Aufbau aus drei Quarks:  $(QQQ)$ , mit halbzahligen Spin (Fermionen)  $J = \frac{1}{2}, \frac{3}{2}$

Name	Quarks	$m[\text{GeV}/c^2]$	$J$	$Q$	$S$	$I$	$I_3$
Proton	$(uud)$	0.938	$\frac{1}{2}$	1	0	$\frac{1}{2}$	$+\frac{1}{2}$
Neutron	$(udd)$	0.940	$\frac{1}{2}$	0	0	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$
Lambda	$(uds)$	1.116	$\frac{1}{2}$	0	-1	0	0

- Mesonen:** Allgemeiner Aufbau aus Quark-Antiquark-Paar:  $(Q\bar{Q})$ , mit ganzzahligem Spin  $J = 0, 1$ .

	Quarks	$m[\text{GeV}/c^2]$	$J$	$Q$	$S$	$I$	$I_3$
$\pi^+$	$(u\bar{d})$	0.140	0	+1	0	1	1
$\pi^0$	$(u\bar{u} + d\bar{d})$	0.135	0	0	0	1	0
$\pi^-$	$(\bar{u}d)$	0.140	0	-1	0	1	-1
$K^+$	$(u\bar{s})$	0.494	0	+1	+1	$\frac{1}{2}$	
$K^0$	$(d\bar{s})$	0.498	0	0	+1	$\frac{1}{2}$	
$K^-$	$(\bar{u}s)$	0.494	0	-1	-1	$\frac{1}{2}$	

- Isospin und Strangeness** die bei schwacher und EM-WW zerfallen:

		$I_3$					
$By$	$S$	$I$	-1	$-\frac{1}{2}$	0	$+\frac{1}{2}$	+1
1	0	$\frac{1}{2}$		$n$		$p$	
1	-1	0			$\Lambda$		
0	0	1	$\pi^-$		$\pi^0$		$\pi^+$
0	+1	$\frac{1}{2}$		$K^0$		$K^+$	
0	-1	$\frac{1}{2}$		$K^-$		$\bar{K}^0$	
1	-1	1	$\Sigma^-$		$\Sigma^0$		$\Sigma^+$
1	-2	$\frac{1}{2}$		$\Xi^-$		$\Xi^0$	
1	-3	0			$\Omega^-$		
0	0	0			$\eta$		

- Konstanten:**

- klassischer Elektronenradius:  $r_e = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 m_e c^2} = 2.8 \text{ fm}$
- Lichtgeschw.:  $c = 2.99792458 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- Planck:  $h = 6.6260755 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$
- $\hbar = 1.0545726 \cdot 10^{-34} \text{ J s} = 197.3 \frac{\text{MeV}}{c \cdot \text{fm}}$
- $\hbar c = 0.197 \text{ GeV fm} = 197.3 \text{ MeV fm} = 197.3 \text{ eV nm}$
- $(\hbar c)^2 = 0.389 \text{ GeV}^2 \text{ mb}$
- Boltzmann:  $k = \frac{R}{N_A} = 1.380658 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$
- Avogadro:  $N_A = 6.0221367 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- Molvolumen:  $V_M = 22.41410 \frac{1}{\text{mol}}$
- AME:  $\frac{1}{12} m({}^{12}\text{C}) = 1.6605402 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
- Elektron:  $e = 1,60217733 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- $m_e = 9.1093897 \cdot 10^{-31} \text{ kg} = 510.998918 \text{ keV}/c^2$
- Proton:  $m_p = 1.6726231 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 938.272029 \text{ MeV}/c^2$
- Neutron:  $m_n = 1.6749286 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 939.565360 \text{ MeV}/c^2$
- Nukleon:  $r_{\text{Nukleon}} = 1.2 \cdot 10^{-15} \text{ m} = 1.2 \text{ fm}$
- B.-Magneton:  $a_0 = \frac{e_0 \hbar^2}{\pi m_e e^2} = 5,2917 \cdot 10^{-11} \text{ m} \approx 0.5 \text{ \AA}$
- Dielek.:  $\epsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 c^2} = 8,854187817 \cdot 10^{-12} \frac{\text{A s}}{\text{V m}}$
- Permeabil.:  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{V s}}{\text{A m}} = 1.25663706 \cdot 10^{-6} \frac{\text{V s}}{\text{A m}}$

- Einheiten:**

$1 \text{ mb} = 2.57 \text{ GeV}^{-2} = 10^{-27} \text{ cm}^2$

- Natürliche Einheiten:**

SI	Nat.	SI	Nat.
$E' = e \cdot E$	$E[\text{GeV}]$	$t' = t\hbar$	$t[\text{GeV}^{-1}]$
$m' = m/c^2$	$m[\text{GeV}]$	$L' = L\hbar c$	$L[\text{GeV}^{-1}]$
$p' = p/c$	$p[\text{GeV}]$	$\sigma'[\text{mb}] = 2.57\sigma$	$\sigma[\text{GeV}^{-2}]$