

unbekannte Teile des SM

- Higgs-Boson
gibt den anderen Teilchen Masse
könnte schwer sein; exp. Suche läuft ($E=mc^2$)
- Massenspektrum der Neutrinos ν
könnte Bedeutung für Expansionsrate des Universums haben
viele Experimente zur Massenbestimmung

Fragen, die über das SM hinausgehen

- Quantengravitation?
wichtig z.B. in Zusammenhang von schwarzen Löchern
- (mathematische) Eleganz?
warum drei Familien / verschiedene U(1) / verschiedene Klassen / ...
- SM bricht bei sehr hohen E zusammen:
Problem von "Divergenzen" in QFT-Rechnungen

Ideen jenseits des SM

- Stringtheorie
Teilchen \rightarrow Fäden + Vibrationen \swarrow exp. Nachweis?!
 \exists Quantengrav. (?); \exists zusätzliche Dimensionen
- Supersymmetrie \swarrow exp. Nachweis?!
Teilchen \rightarrow 2x Teilchen; Fermionen \leftrightarrow Bosonen
könnten "Dunkle Materie" sein
- GUT's
mathemat. Struktur des SM vereinheitlichen / herleiten
sagt z.B. Instabilität des Protons voraus \swarrow exp. Nachweis?!

1.2 Inventar des SM

→ offizielle Liste der Elementarteilchen + deren Eigenschaften:
Particle Data Group ; pdg.lbl.gov → [pdg Example Pages. pdf]

Eigenschaften?

- Masse
- Lebensdauer bzw. Zerfallsrate
- Zerfallskanäle (← bestimmt die W's des SM)
- innere Struktur bzw. Quantenzahlen
- Spin (Eigendrehimpuls) J ((Fermionen $\frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \dots$)
 (Bosonen $0, 1, \dots$))
- el. Ladung Q (in Einheiten von e)
- Parität $P = \pm 1$
- Ladungskonjugation $C = \pm 1$
- Flavor-Quantenzahlen
 - Isospin I_3 (= $+\frac{1}{2}$ (u) , $-\frac{1}{2}$ (d))
 - Strangeness S (= -1 (s) , 0 (sonst))
 - Charmness C (= $+1$ (c) , \dots)
 - Bottomness B (= -1 (b) , \dots)
 - Topness T (= $+1$ (t) , \dots)
 - Leptonenzahl L (= $+1$ ($e, \mu, \tau, \nu_e, \nu_\mu, \nu_\tau$) , \dots)
 - Baryonzahl B (= $+\frac{1}{3}$ (u, d, s, b) , \dots)

→ einige der Quantenzahlen sind bei allen Reaktionen exakt erhalten, einige nur in der starken WW.

Antiteilchen?

Masse, Lebensdauer, Spin wie Teilchen
andere Quantenzahlen meist entgegengesetzt
Bezeichnung: z.B. $\bar{p}, \bar{n}, \bar{\nu}_e, e^+, \mu^+, \dots$

Hadronen (unterliegen der starken WW)

Mesonen $q\bar{q}$ -Systeme , z.B. $\pi^+(u\bar{d}), K^0(d\bar{s}), \dots$ } viele!
Baryonen qqq -Systeme , z.B. $p(uud), n(udd), \dots$ } → PDG

Leptonen (spüren starke WW nicht)

e^-, μ^-, τ^- ; ν_e, ν_μ, ν_τ

1.3 Einheiten

früher: CGS (centimeter - gram - second)
 → MKS (Meter - Kilogramm - Sekunde)
 A (Ampere)

nennt man jetzt SI (Système International d'unités)

Energie SI: $J = \frac{kg \cdot m^2}{s^2}$
 Teilchenphys.: $eV = 1.602 \cdot 10^{-19} CV = 1.602 \cdot 10^{-19} J$
 $1 GeV = 10^9 eV$

Impuls SI: $|\vec{p}| = \frac{kg \cdot m}{s}$
 Teilchenphys.: $E = \sqrt{(mc^2)^2 + (\vec{p}c)^2}$
 $\vec{p}_{neu} ; [\vec{p}_{neu}] = GeV$

Masse $\equiv m_{neu} ; [m_{neu}] = GeV$

Geschwindigkeit $v_{neu} = \frac{p_{neu}}{E} = \frac{p_{alt} \cdot c}{E} = \frac{v_{alt}}{c} = \beta_{alt}$

Lebensdauer $[\tau] = s$

Zerfallsrate $\Gamma \equiv \frac{1}{\tau} ; [\Gamma] = \frac{1}{s} \quad (neu \text{ i. s. u.})$

Länge $[l] = fm = \text{fermi} = 10^{-15} m$

wir wissen aus QST: Länge $\hat{=} \text{Impuls}$
 $\vec{p}_{alt} = \hbar \vec{k} = \hbar \frac{2\pi}{\lambda_{alt}} \vec{e}_k ; \hbar = \frac{h}{2\pi}$ ← Plancksche Konst.

$$l_{neu} \hat{=} \frac{\lambda_{alt}}{2\pi} = \frac{1}{k}$$

$$\text{z.B. } \frac{fm}{\hbar c} = \frac{10^{-15} m}{1.0546 \cdot 10^{-34} Js \cdot 2.9979 \cdot 10^8 m/s} = \frac{1}{197.3 MeV}$$

(($\Rightarrow GeV \cdot fm \approx 5 \hbar c$))

Zerfallsrate $\Gamma_{neu} \hat{=} \hbar \Gamma_{alt} ; \text{z.B. } \frac{\hbar}{10^{-23} s} = \frac{10^{23}}{s} \cdot 1.0546 \cdot 10^{-34} Js = 658 MeV$

Temperatur $T_{neu} \hat{=} k_B T_{alt} ; \text{z.B. } 10^4 K \cdot k_B = 10^4 K \cdot 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K} = 0.861 eV$

\Rightarrow ab jetzt: wir schreiben alle Gln. in den neuen Größen
 alles hat Dimension von Energie

"natürliche Einheiten", $\boxed{\hbar = c = k_B = 1}$