

$m = \frac{h}{\Delta x \cdot c}$
 $\hookrightarrow \Delta p \cdot \Delta x = h$
 $p = mc$
 $E = mc^2$

$E = hf = mc^2$
 $p = mc = \frac{h}{\lambda} \Rightarrow m = \frac{h}{\lambda c}$
 1) Skalen der Kern- und Teilchenphysik. Schätzen sie die Größenordnungen wichtiger Kern-Teilchenparameter und geben sie die dazu passenden Einheiten an:

- a) Teilchenmasse (aus Orts-Impuls Unschärfe, $\Delta x \approx 1 \text{ fm}$, $v \approx 0.2 c$, oder de Broglie)
- b) Masse Austauscheteilchen (π -Mesonen aus Reichweite der Kernkräfte)
- c) Wechselwirkungsenergien (starke WW, mittlere Lebensdauer 10^{-23} s)
- d) Bindungsenergien (Massendefekt)

$\hookrightarrow \lambda = \frac{h}{p}$
 $\hookrightarrow B/A$ (Deuteronium = 2)
 \hookrightarrow Nukleonenzahl
 $\hookrightarrow [amu] / m_u$

2) Vergleichen sie folgende Kernparameter mit klassischen Modellen:

- a) Wirkungsquerschnitt (aus geometrischem Teilchenquerschnitt?) $\rightarrow H_7$
- b) Magnetisches Moment (aus Kreisstrom des Protons?)

a) $r = 2,6 \text{ fm} \rightarrow r^2 \pi = 21,2 \text{ fm}^2 = \sigma$
 $\sigma_s = 826$

$\sigma_t = \sigma_a + \sigma_s = 8233 \text{ fm}^2$
 Thermisch: $E_m = 0,025 \text{ eV}$
 $\lambda_m = 1,8 \text{ \AA} = 0,18 \text{ nm}$ | $v_+ = 2200 \text{ m/s}$

3) Wenn sich Elektron- und Protonladung um einen kleinen Betrag unterscheiden,

$e_p = (1 + y)e$ $e_e = -e$

dann ließe sich damit die Expansion des Universums ohne mysteriöse Kräfte allein auf Grund der elektrostatischen Abstoßung erklären. Schätzen sie die minimale Abweichung (y) die zu einer Massenexpansion führt. Dazu betrachten wir ein Wasserstoffatom dass sich auf der Oberfläche einer Kugel mit Radius R und Masse M befindet, die gleich viele Elektronen und Protonen enthält. Durch Vergleich der elektrostatischen Abstoßung und der Gravitationsanziehung lässt sich ein Limit für y ableiten, ab dem die Abstoßung dominiert. Wie lautet der aktuelle experimentelle Befund?

\hookrightarrow sollte $0,15 m_u$ ($140 \frac{\text{GeV}}{c^2}$) sein