Ladungsabhängigkeit der Kernkraft: Vgl.

n-p-Streuung
p-p-Streuung
n-n-Streuung

Man findet: **Kernkraft unabhängig vom Ladungszustand**

$\Downarrow$

Bzgl. Kernkraft sind Protonen und Neutronen gleiche Teilchen

Der Isospin

Analog zu Elektronen im Atom: Spin S <-> Isospin T (abstrakter Raum)

Proton und Neutron haben Isospin T=1/2

$$\psi_p = \psi_{\text{Nukleon}} \cdot \pi \quad \pi = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ Proton}$$

$$\psi_n = \psi_{\text{Nukleon}} \cdot \nu \quad \nu = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \text{ Neutron}$$

$$\vec{\tau} = \{\tau_1, \tau_2, \tau_3\}$$ **Isospin**

$$\tau_1 = \frac{1}{2}\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \quad \tau_2 = \frac{1}{2}\begin{pmatrix} 0 & i \\ -i & 0 \end{pmatrix} \quad \tau_1 = \frac{1}{2}\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$$

$$\tau_3 \cdot \pi = \frac{1}{2}\pi$$

$$\tau_3 \cdot \nu = -\frac{1}{2}\nu$$

Analog zu Spineinstellung der Elektronen

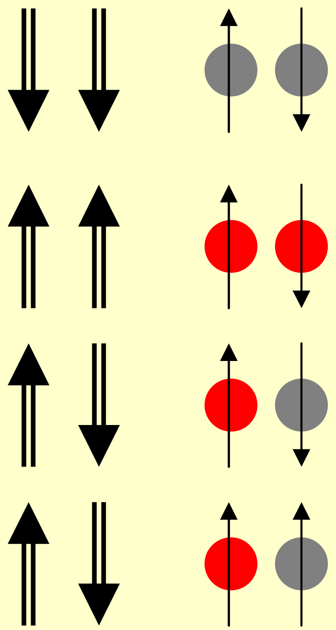
Proton und Neutron zwei Erscheinungsformen desselben Teilchens, die sich nur im Isospin unterscheiden

$$\vec{T} = \sum \vec{\tau}_k$$

für Mehrelektronensysteme,
es gibt **2T+1** Einstellmöglichkeiten

$$T_3 = \sum \tau_{3k} = \frac{1}{2}(Z - N)$$

Isospin beim Zweiteilchensystem



T_3 $\uparrow$ =Spin I

Di-Neutron	n-n	T_3=-1	T=1	I=0
Di-Proton	p-p	T_3=+1	T=1	I=0
Deuteron	n-p	T_3=0	T=1	I=0
Deuteron	n-p	T_3=0	T=0	I=1

Isospin-Triplett

Isospin-Singulett

Isospin-Wellenfunktionen

$$\varphi_{-1}^{1} = \nu(1)\nu(2)$$

$$\varphi_{+1}^{1} = \pi(1)\pi(2)$$

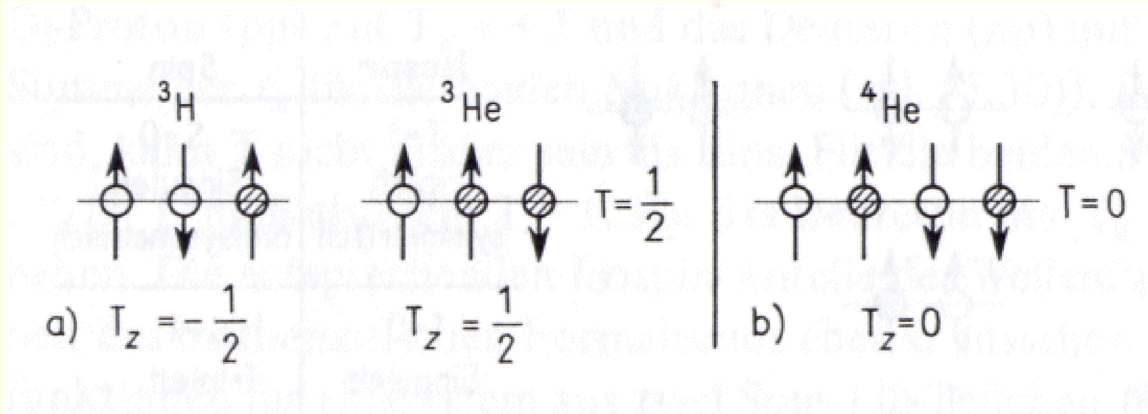
$$\varphi_{0}^{1} = \frac{1}{\sqrt{2}}\left(\pi(1)\nu(2) + \pi(2)\nu(1)\right)$$

symmetrisch

$$\varphi_{0}^{0} = \frac{1}{\sqrt{2}}\left(\pi(1)\nu(2) - \pi(2)\nu(1)\right)$$

antisymmetrisch

Isospin bei Mehrteilchensystemen



Im Grundzustand:

$$T = \left|\vec{T}\right| = T_3$$

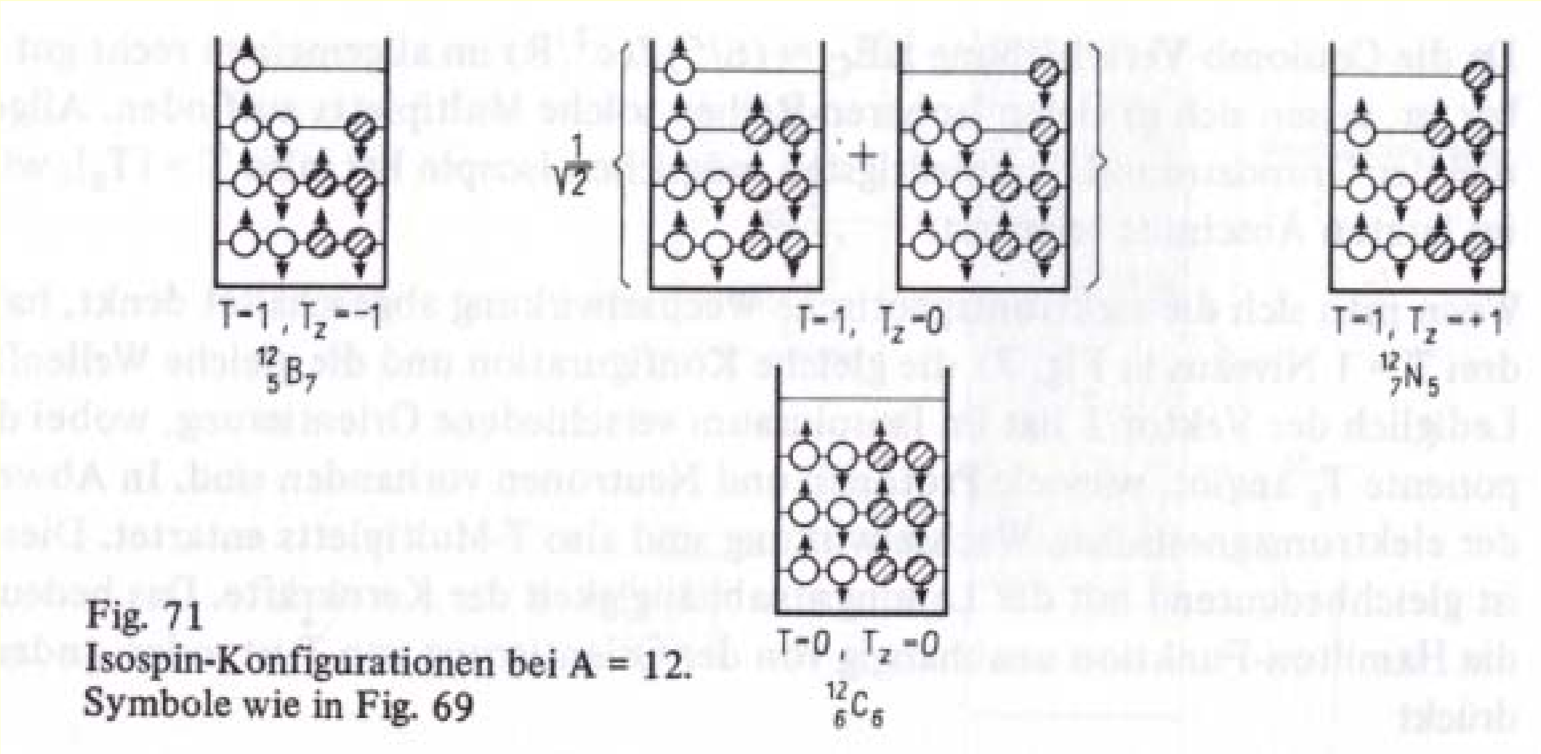
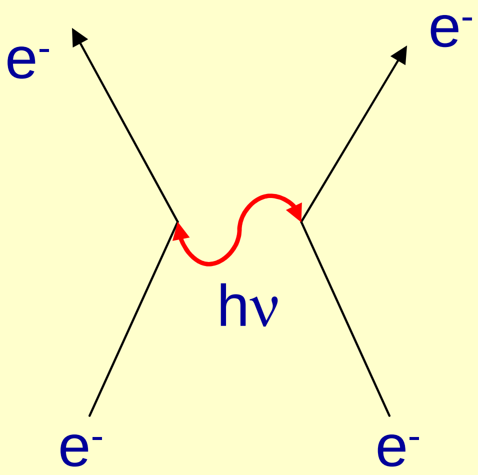


Fig. 71
Isospin-Konfigurationen bei A = 12.
Symbole wie in Fig. 69

Austauschmodell der Kernkraft

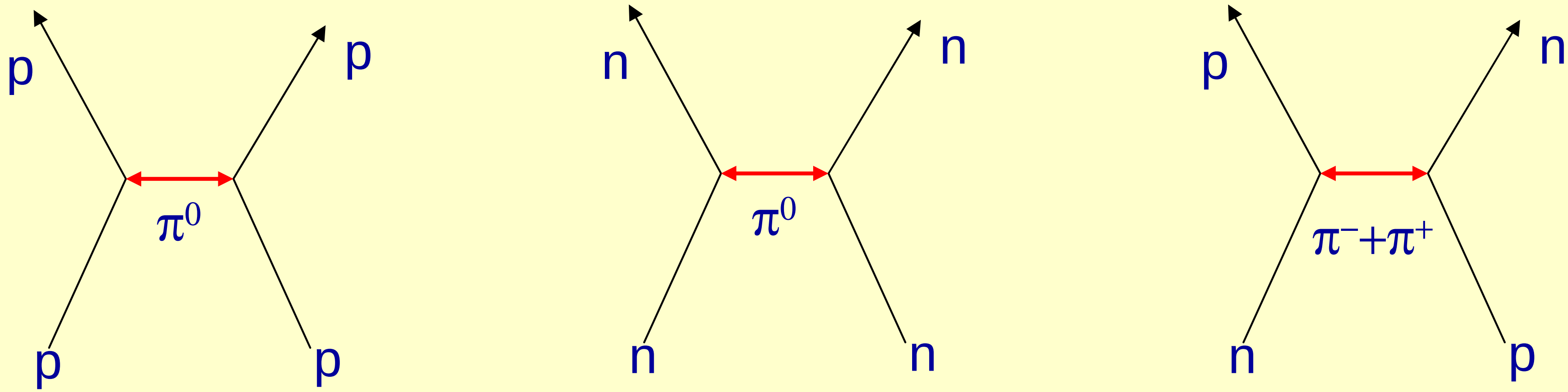


$$\Delta t \le \frac{\hbar}{E} = \frac{\hbar}{h\nu} = \frac{1}{2\pi\nu}$$

$$\Delta t = r / c$$

Ww-Energie proportional zur Energie der Austauschteilchen

V(r) ~ 1/r (Coulomb)



$$\Delta t \le \frac{\hbar}{E} = \frac{\hbar}{m_\pi c^2}$$

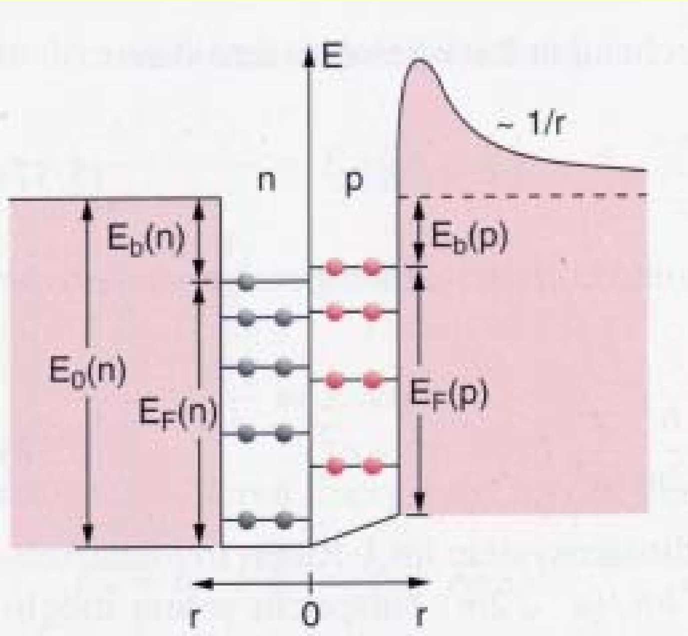
$$\Delta t = r / c$$

$$r \le \frac{\hbar}{m_\pi c} = r_0$$

$$V(r) = \frac{g}{r} e^{-(m_\pi c / \hbar) r}$$

Yukawa 1936

Nukleonen als Fermigas



$$E_F = \frac{1}{2m}\left(\frac{3n\pi\hbar^3}{2V}\right)^{2/3}$$

Fermi-Energie

Da n/V etwa 0.15 Nukleonen / fm^3 (siehe Teilchenzahldichte) folgt **E_F=35 MeV** unabhängig vom Kern.

Mit **E_b=10 MeV** typisch ist E_0=40-50 MeV (unabhängig vom Kern).