

原子核物理学1 (6)

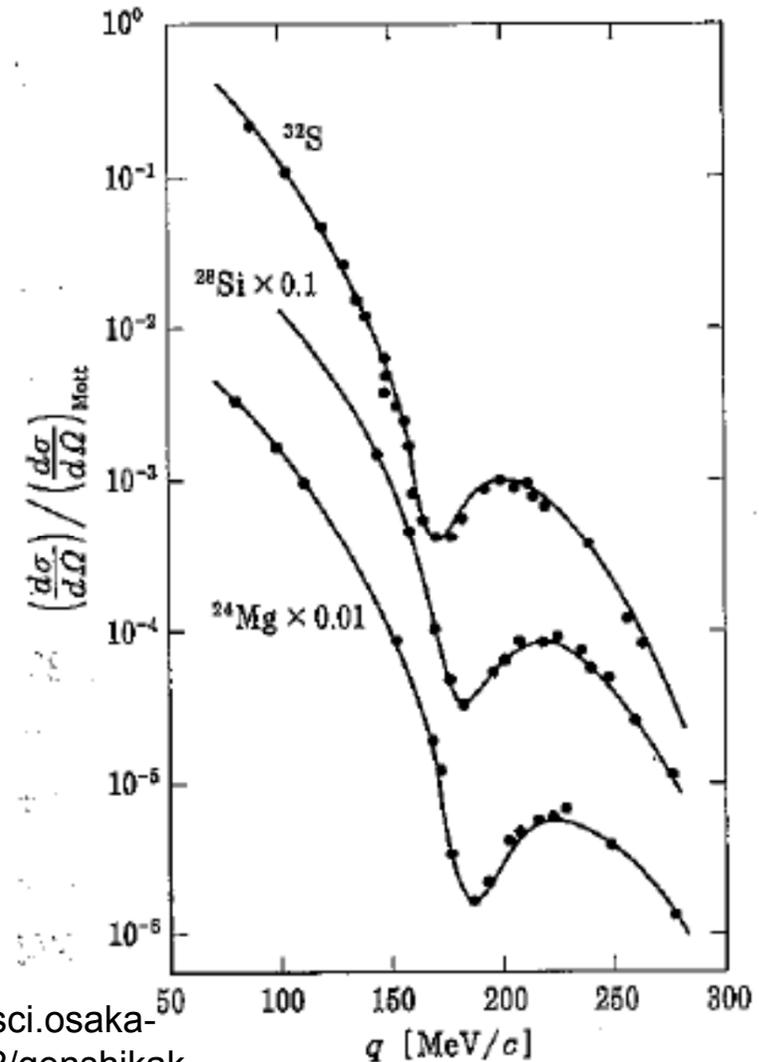
岸本忠史

今後の講義

- 先週(11/16) 野海:中性子星 金森先生
- 既に2回抜けている。(国際会議、野海)
- 今後3回出来ない。(数年にも1回の会議が重なる)
 - 11/30, 12/7, 12/14, 12/21, 1/11, 1/17, 1/25, 2/1, 2/8
- 3回に関して講義の時間を変えます。
 - 木曜3限(B302)
 - 12/6, 12/13, 12/20, 1/24

形状因子(電荷分布)

- 原子核と電子の散乱はモット散乱からずれる。→原子核に大きさがある。→形状因子
- フーリエ変換(座標空間→運動量空間)
 - 逆変換:有限のデータでは無理
 - 分布を仮定して実験にあわせる。

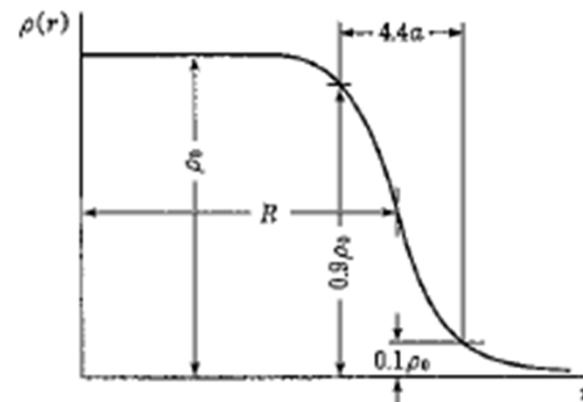


原子核の電荷分布(陽子分布)

- ウッズサクソン型

$$\rho_{\text{pro}}(r) = \frac{\rho_0}{1 + \exp\left(\frac{r - R}{a}\right)}$$

- 平均半径 $R = r_0 A^{1/3}$
 - $r_0 = (1.1 \sim 1.2) \text{ fm}$
- 表面付近はぼやけている $a = 0.6 \text{ fm}$
- 中性子分布
 - 強い相互作用をする粒子(陽子等)で探索



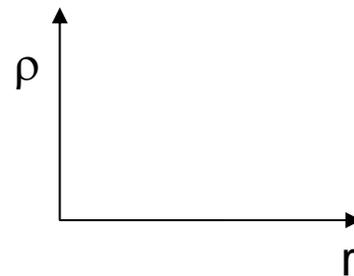
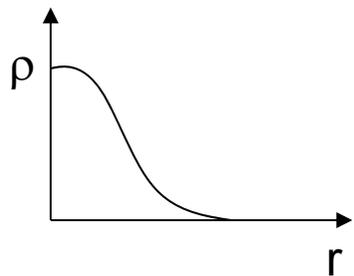
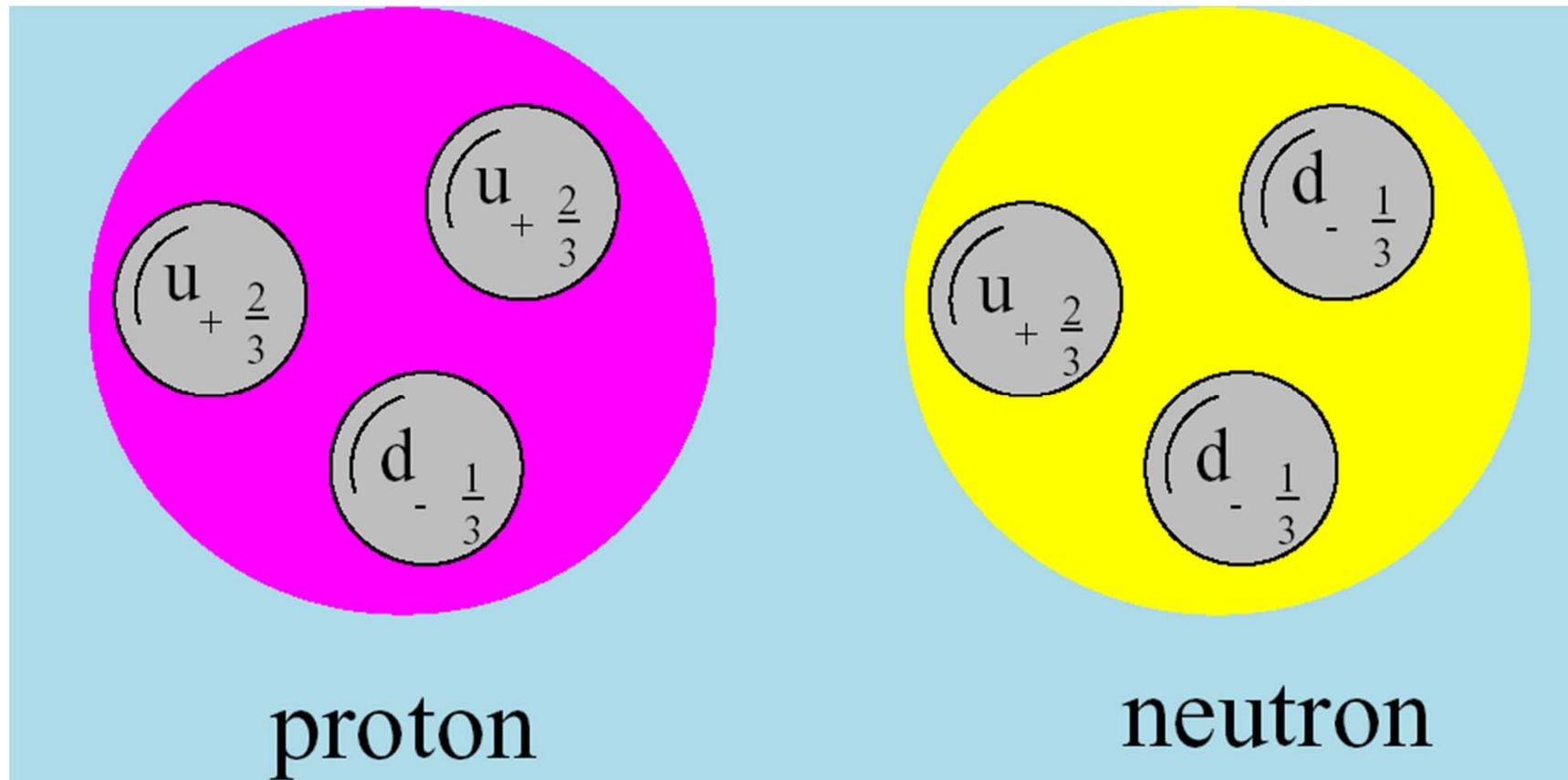
$$V_N(r) = \frac{V_0}{1 + \exp\left(\frac{r - R_N}{a_N}\right)}$$

$$r_N = (1.2 \sim 1.3) \text{ fm}$$

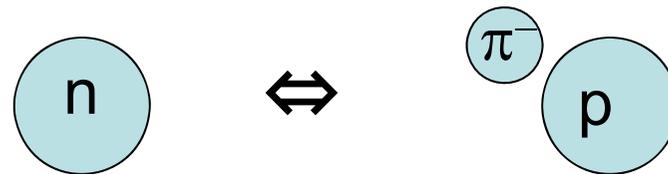
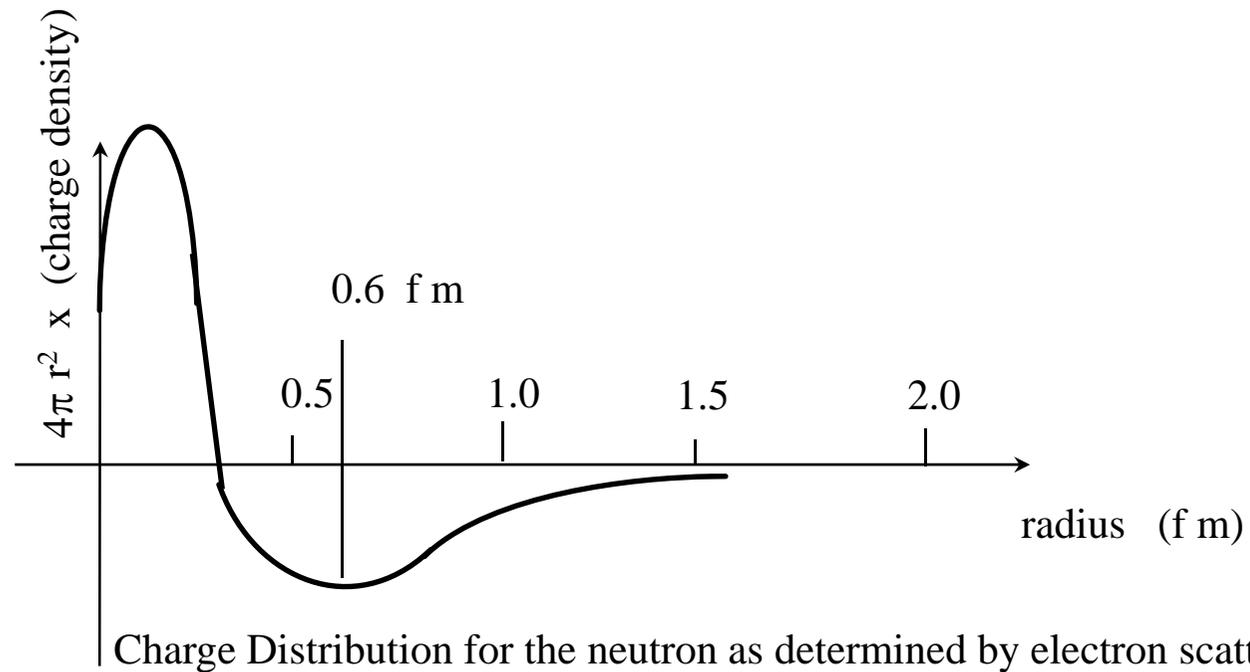
$$a = 0.5 \sim 0.6 \text{ fm}$$

少し大きめ

核子(陽子と中性子)の電荷分布



中性子の電荷分布

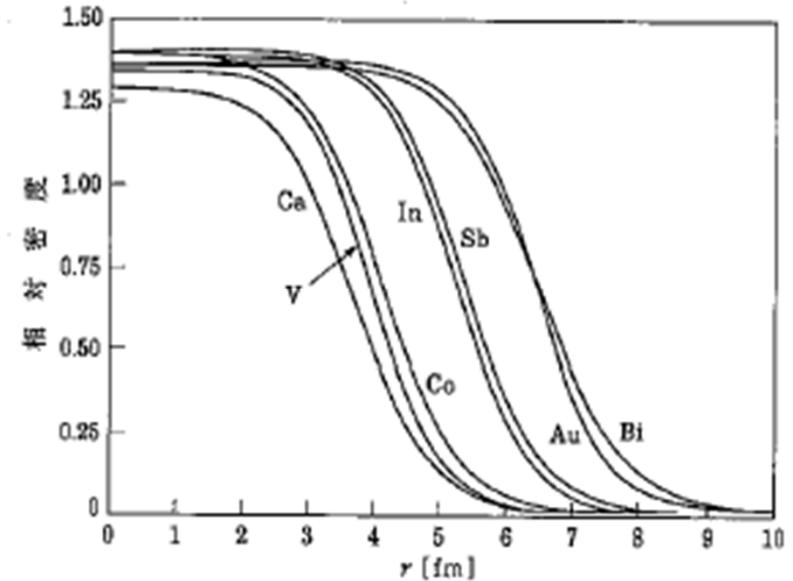


原子核の密度

- 核半径 $\sim A^{1/3}$
 - 核の体積 $\sim A$ に比例
 - 密度一定

$$\langle \rho_N \rangle = \frac{A}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{3}{4\pi} r_N^{-3}$$

- $\langle \rho_N \rangle \sim 0.17$ 個/ fm^3
 - For $r_N = 1.1$ fm
 - 核子間距離: 1.8 fm
- 原子核密度の飽和性



核子の大きさ $r_N \sim 0.8$ fm
より高いエネルギーの電子散乱

ノート

原子核の大きさ(散乱以外)

- 鏡映核のクーロンエネルギー

$$E_c = \frac{3}{5} \frac{Z^2 e^2}{R}$$

- 核子間の力は同じ
- 陽子数 \leftrightarrow 中性子数
- エネルギー差:クーロンエネルギー $r_0 \sim 1.2 \text{ fm}$

$$\Delta E_c = \frac{3e^2}{5R} [(Z+1)^2 - Z^2] = \frac{3(2Z+1)e^2}{5R}$$

- ミューオン原子の準位構造

- 原子構造(重い電子)
- ボーア半径
- $m_e/m_\mu \sim 1/200$

核種	遷移エネルギー (MeV)	r (fm)
Ti	0.955	1.17
Cu	1.55	1.21
Sb	3.50	1.22
Pb	6.02	1.17

エキゾチック原子とアイソトープシフト

- 原子核の周りに電子の代わりに $-$ の電荷を電荷をもつ粒子が回る原子
 - Exotic atom と呼ばれる
- 電子のボーア半径
- エネルギー準位への影響

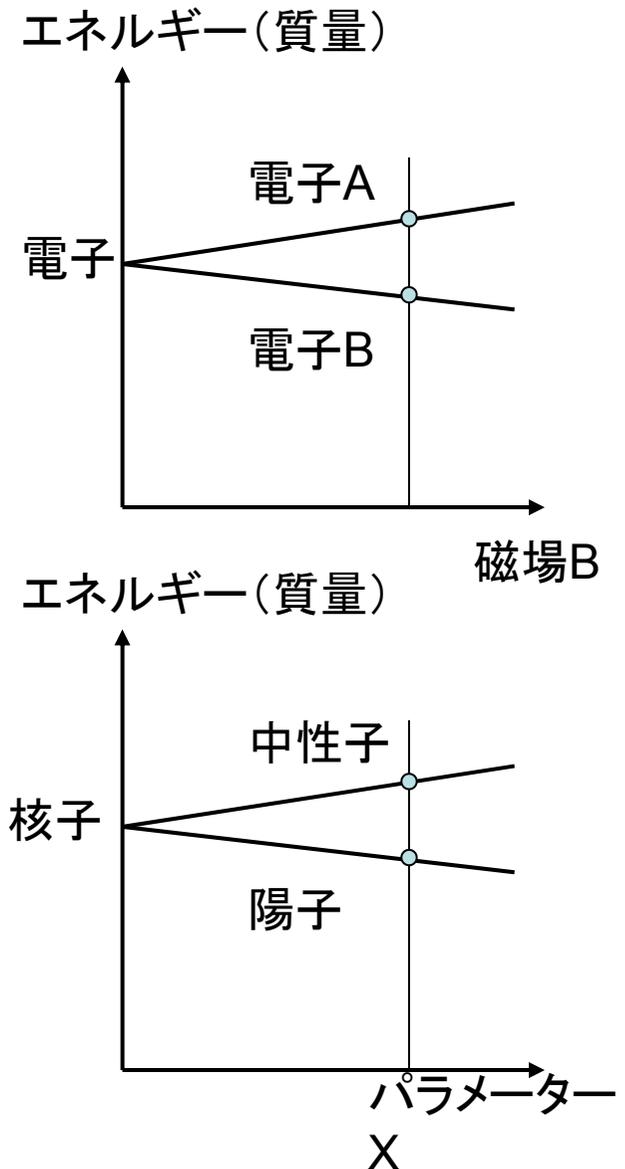
原子核の構成要素とアイソスピン

- 核子

	陽子	中性子
– 質量	938.2723 MeV	939.56563 MeV
– 電荷	+1	0
– スピン(~)	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
– 磁気能率(μ_N)	2.7928	-1.9130
- 陽子と中性子は電荷と磁気能率を除いて同じ性質
- 原子核の性質
 - 陽子と中性子を入れ替えてもほぼ同じ。鏡映核
- 陽子と中性子が全く同じ粒子(核子) 2核子系
 - アイソスピン

アイソスピン

- ハイゼンベルグ
 - 陽子と中性子: 同じ粒子?
 - 荷電空間(仮想空間)のスピンの(アイソスピン)
 - 向きだけ違う(同じ粒子)
 - **核子**
- もし我々が磁場が消せない世界に住んでいると
 - 電子Aと電子B(同じとしか思えないが、エネルギーが少し違う)

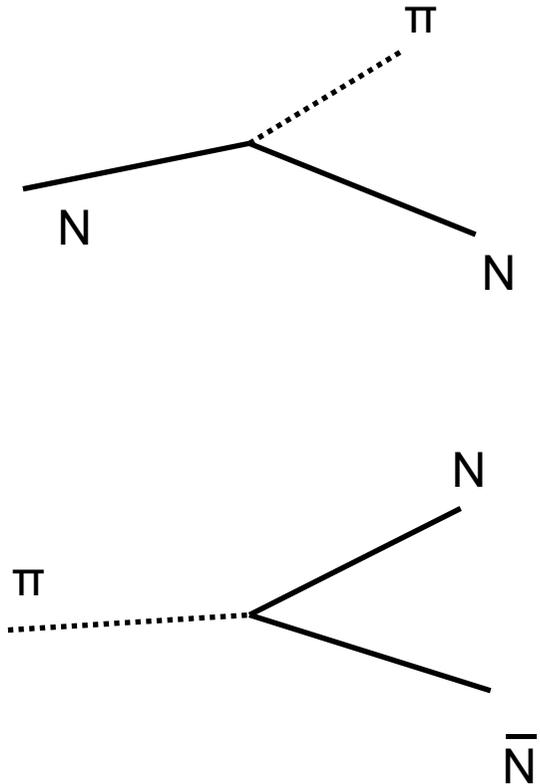


反対称化とアイソスピン

- 多粒子系の波動関数 >>ノート
 - (J, J_z) を決めれば決まる
 - スピン $\frac{1}{2}$ のフェルミオン (s, s_z)
- 2フェルミオン系
 - 全スピンと反対称化
 - アイソスピン空間も含めた反対称化
- 多フェルミオン系
 - ヤング図 >>ノート

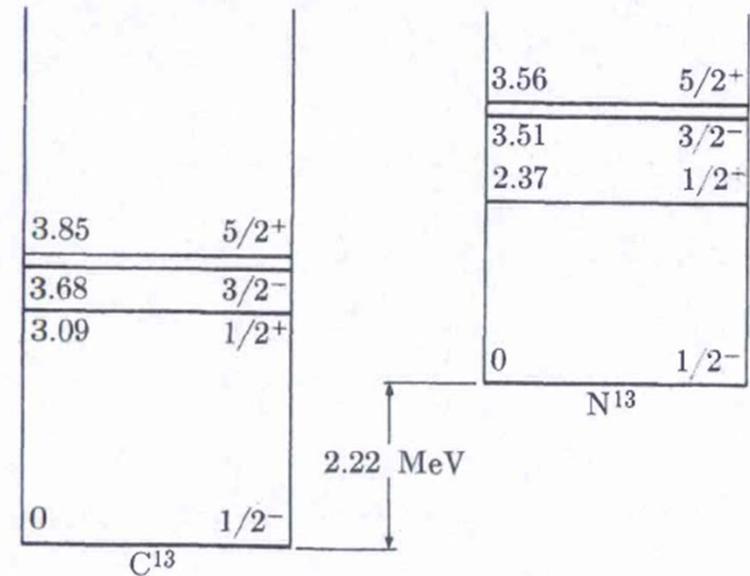
核力の π 中間子論とアイソスピン

- 核子が π 中間子を放出する。
- π 中間子は核子と反核子の複合体としての性質を持つ
- π 中間子交換力 >>>板書

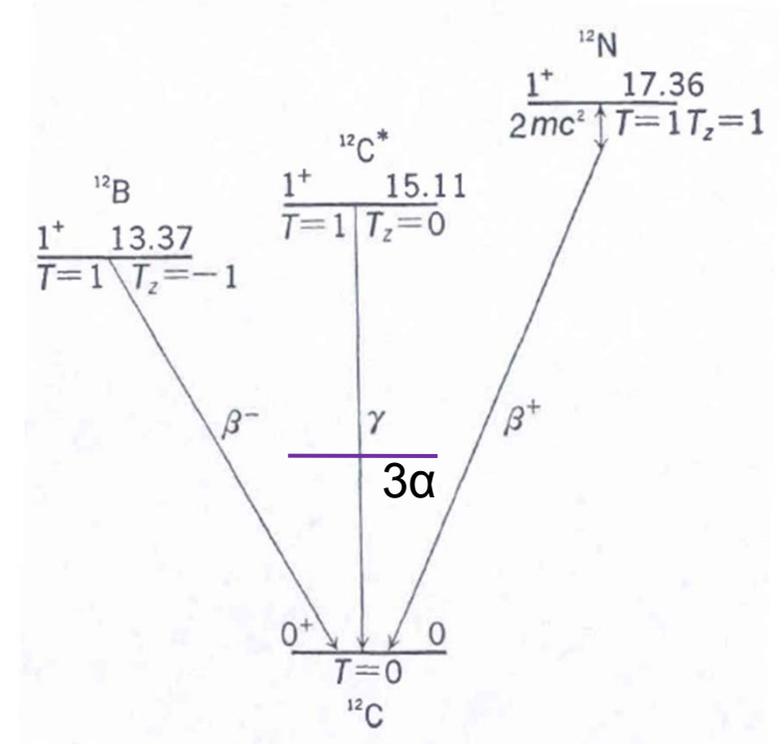


アイソスピン多重項

- 2重項(doublet) $I=1/2$
 - 鏡映核



- 3重項(triplet) $I=1$
- Isobaric analogue state
 - 高い励起状態
 - 崩壊



核力の中間子論

- 力: 電磁気学
 - クーロン力
- 核力: 湯川力
 - クライン・ゴールドン方程式
 - 特殊相対論 $E^2 = p^2c^2 + mc^4$
- 井戸型ポテンシャル



板書

重水素

- 陽子 + 中性子
- 束縛エネルギー 2.22 MeV
- スピン 1
- 磁気能率: $0.8574 \mu_N$
– $2.7928(\mu_p) - 1.9130(\mu_n) = 0.8798$
- 4重極能率: 0.00286 efm^2

