

「J-PARC ハドロン物理の将来研究計画を考える研究会」
2008年9月1日 – 2日

中性子過剰ラムダハイパー核における シグマ混合

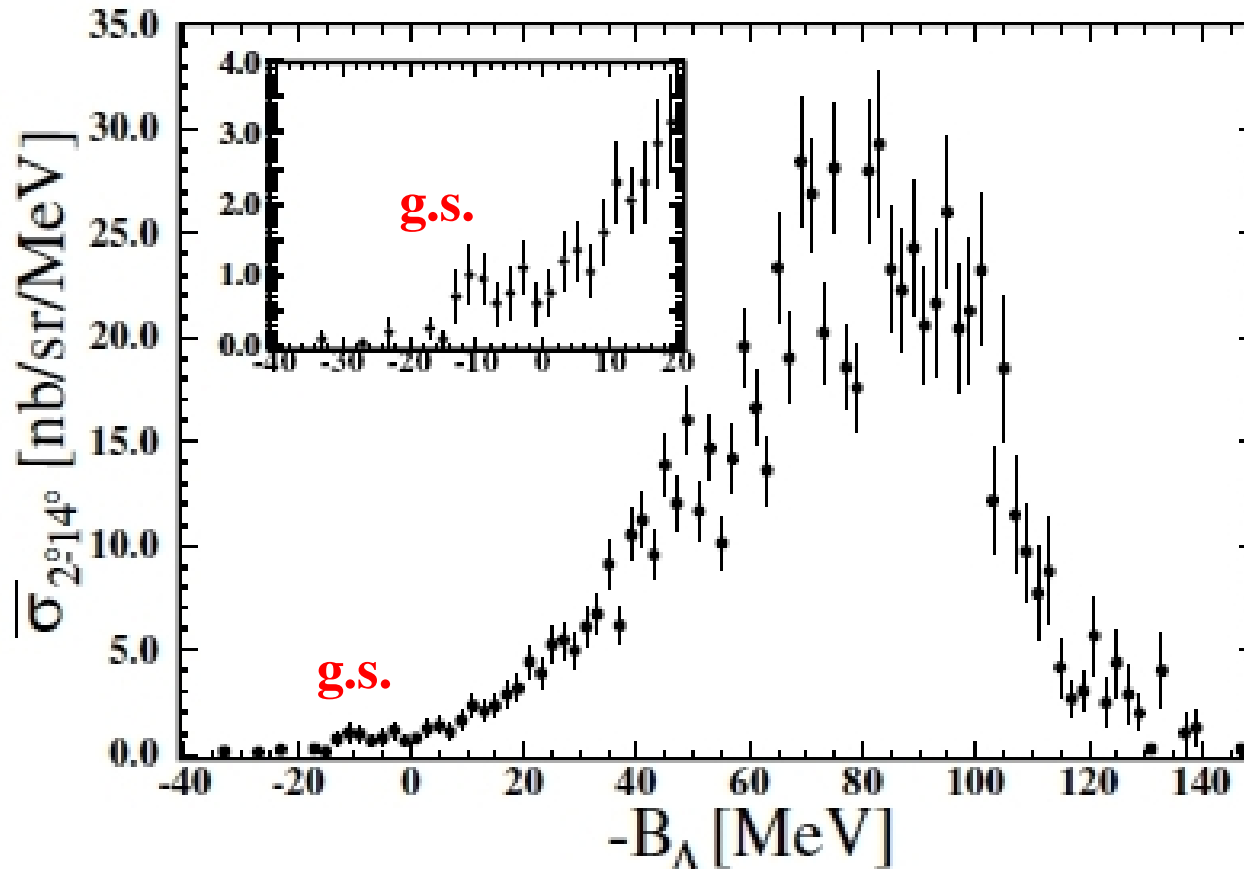
梅谷 篤史 (大阪電気通信大学)

(π^-, K^+) DCX reaction による Λ spectrum

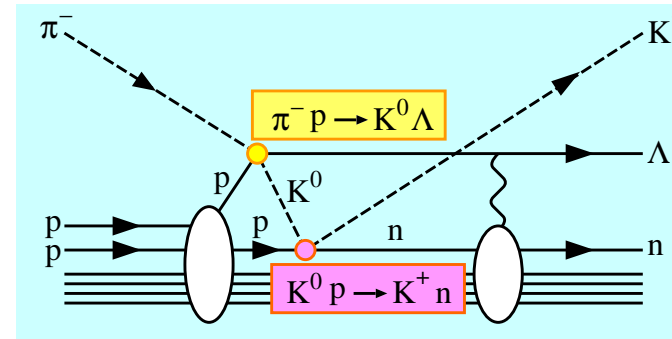
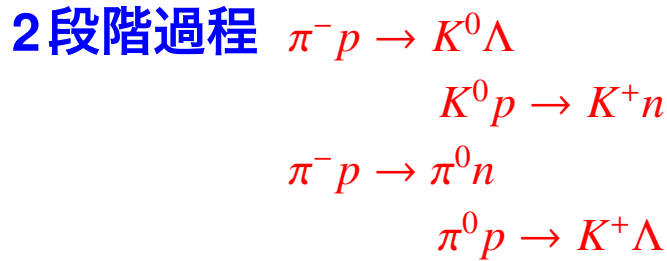


First successful measurements

KEK-PS-E521 P. K. Saha *et al.*, PRL94 (2005) 052502. (図は 1.2 GeV/c の場合)



Cross Section: 11.3 ± 1.9 nb/sr ($p_{\pi^-} = 1.20$ GeV/c) (π^+, K^+) 反応の 1/1000
 5.8 ± 2.2 nb/sr ($p_{\pi^-} = 1.05$ GeV/c)



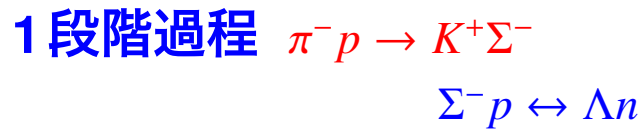
DWIA による理論計算 T. Yu. Tretyakova, D. E. Lansky, Phys. At. Nucl. 66 (2003) 1651.

→ 2段階過程の寄与がほとんどであると主張

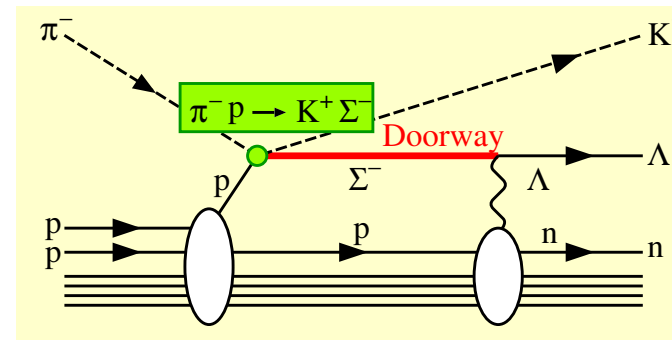
22 nb/sr for $p_{\pi^-} = 1.20 \text{ GeV}/c$ (Exp.: $11.3 \pm 1.9 \text{ nb/sr}$)

38 nb/sr for $p_{\pi^-} = 1.05 \text{ GeV}/c$ (Exp.: $5.8 \pm 2.2 \text{ nb/sr}$)

Cross section の大きさと入射運動量に対する依存性が実験値とあっていない。



Σ - Λ coupling



Λ - Σ 結合の相互作用によって Λ -hypernuclei の中に Σ 混合が起こる。(核内で $\Sigma^- p \leftrightarrow \Lambda n$ が起こる。)

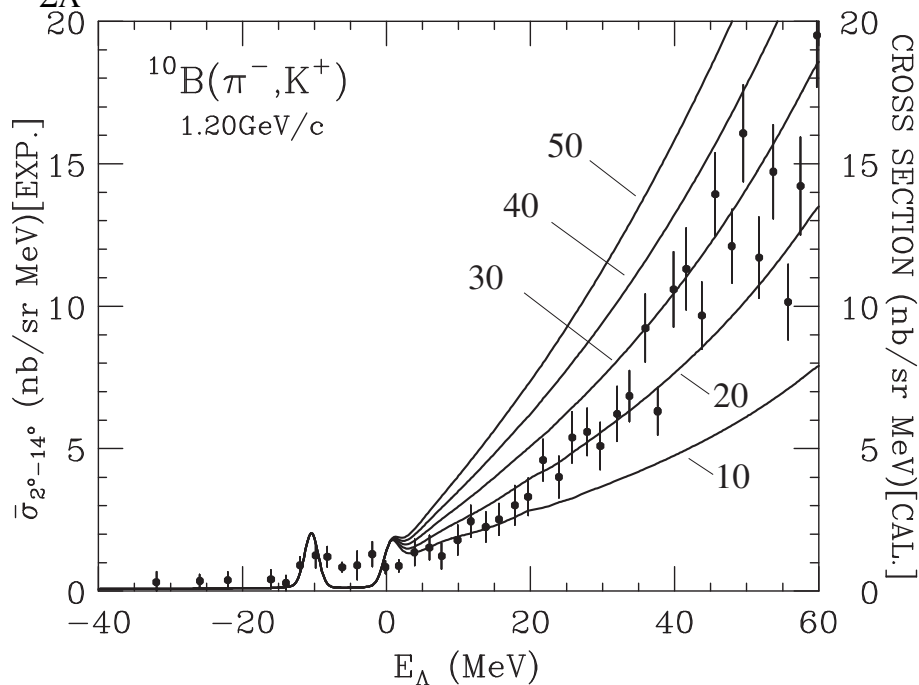
Σ 混合は, DCX 反応において, 1段階過程 $\pi^- p \rightarrow K^+ \Sigma^-$ による Λ 生成を可能にする。

もし1段階過程の理論計算が $^{10}_{\Lambda}\text{Li}$ の実験スペクトルを説明できれば (例えば cross section の入射運動量依存), Σ 混合を含んだ波動関数の良い検証となる。

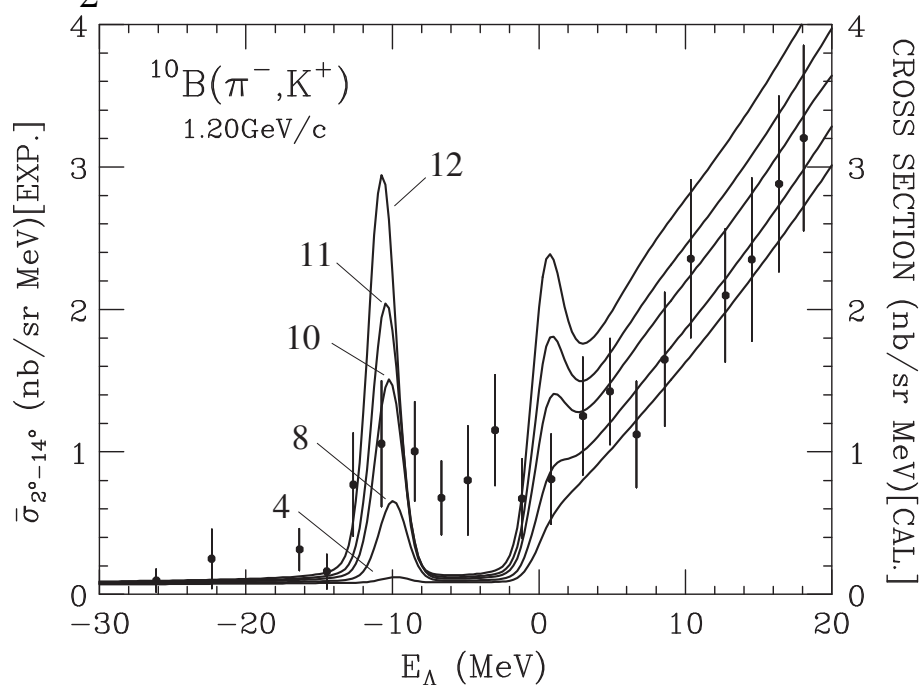
結合チャンネルDWIAを用いた1段階過程の理論計算 (原田・梅谷・平林)

Λ spectrum by (π^-, K^+) DCX reaction at 1.2 GeV/c

$V_{\Sigma\Lambda} = 11$ MeV に固定した場合



$-W_{\Sigma} = 20$ MeV に固定した場合



→ $-W_{\Sigma} = 20-30$ MeV は Σ^- 生成の解析と矛盾しない。

→ $V_{\Sigma} = 10-12$ MeV あたりが妥当。

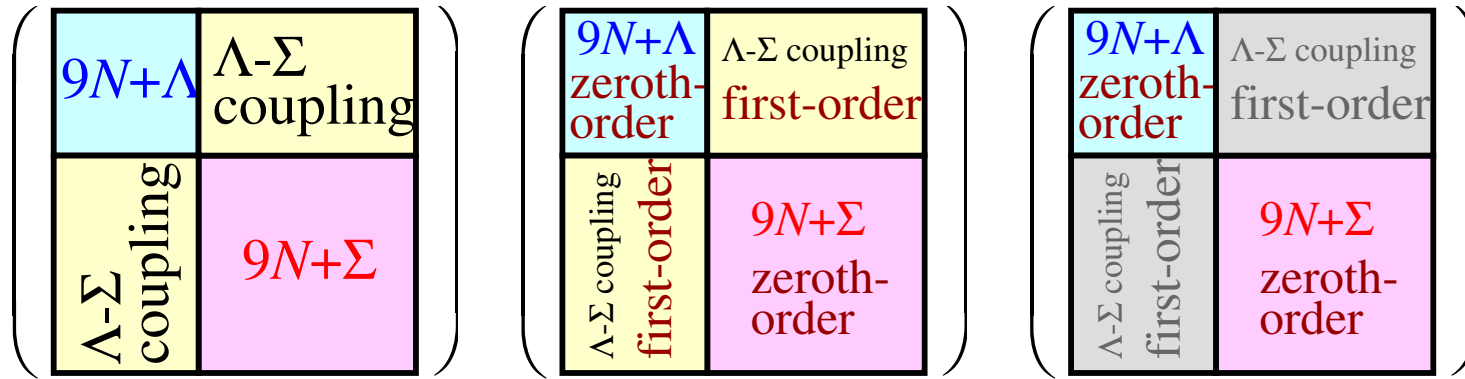
→ Σ^- 混合の割合は $P_{\Sigma} = 0.47-0.68$ %。

→ 波動関数にはシンプルなものを用いているため、 -5 MeV 付近の細かい構造をあらわしていない。

殻模型による Σ 混合の計算

$^{10}_{\Lambda}\text{Li}$: 核子 (N) 9体系 + ハイペロン (Λ or Σ)

$$|^{10}_{\Lambda}\text{Li}; TJ\rangle = \sum_h \alpha_h |N[(0s)^4(0p)^5] \otimes \Lambda(0s); h TJ\rangle + \sum_k \beta_k |N[(0s)^4(0p)^5] \otimes \Sigma(0s); k TJ\rangle$$



ハミルトニアン $H = H_{\Lambda} + H_{\Sigma} + H_{\Lambda\Sigma} + H_{\Sigma\Lambda}$ において Λ - Σ 結合を摂動項として扱う。

(1) $H|\phi_n; \Lambda\rangle = E_{\Lambda;n}|\phi_n; \Lambda\rangle$ を解く $\Rightarrow \Lambda$ が結合した固有状態 $|\phi_n; \Lambda\rangle = \sum_h C_{hn}|h; \Lambda\rangle$

(2) $H|\psi_m; \Sigma\rangle = E_{\Sigma;m}|\psi_m; \Sigma\rangle$ を解く $\Rightarrow \Sigma$ が結合した固有状態 $|\psi_m; \Sigma\rangle = \sum_k D_{km}|k; \Sigma\rangle$

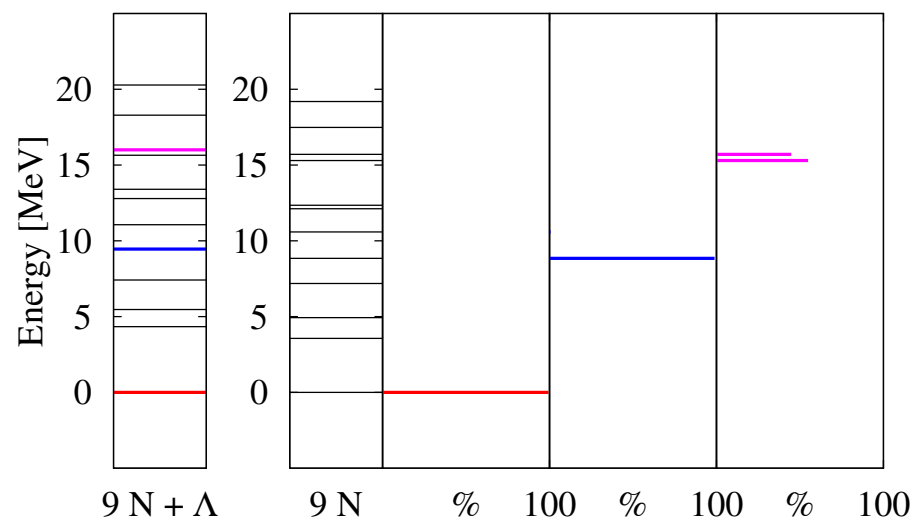
摂動の1次までを考えると, $^{10}_{\Lambda}\text{Li}$ の基底状態は

$$|^{10}_{\Lambda}\text{Li}; \text{g.s.}\rangle = |\phi_0; \Lambda\rangle + \sum_m \frac{\langle \psi_m; \Sigma | V_{\Sigma\Lambda} | \phi_0; \Lambda \rangle}{E_{\Lambda;0} - E_{\Sigma;m}} |\psi_m; \Sigma\rangle$$

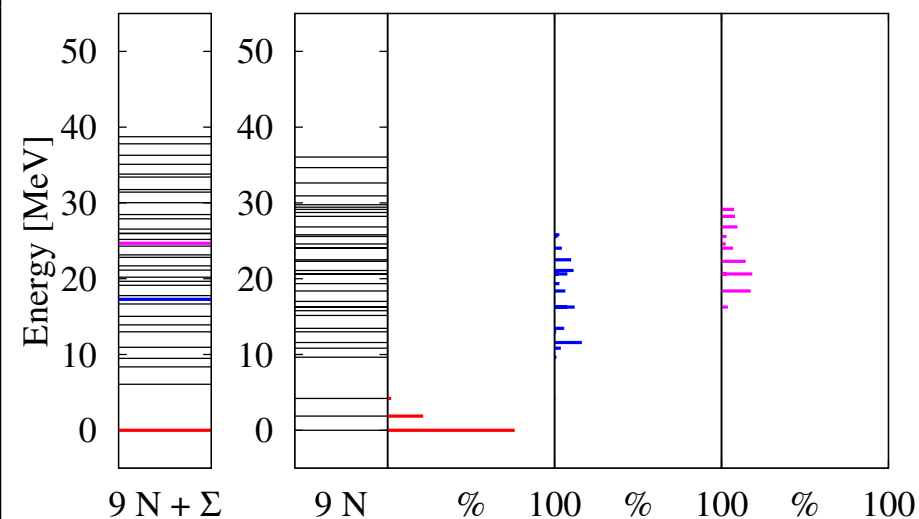
殻模型による Σ 混合の計算

結果：エネルギー準位 ($^{10}_{\Lambda}\text{Li}; T = 3/2, J = 1^-$)

Λ が結合した固有状態 (摂動0次)



Σ が結合した固有状態 (摂動0次)



Λ 粒子については1粒子描像がよく成り立つ。

Σ 粒子が加わると核子9体系の固有状態が混ざりあう。

核子側の配位混合が大きく変わる。

殻模型による Σ 混合の計算

$$|{}^{10}_{\Lambda}\text{Li}; \text{g.s.}\rangle = |\phi_0; \Lambda\rangle + \sum_m \frac{\langle \psi_m; \Sigma | V_{\Sigma\Lambda} | \phi_0; \Lambda \rangle}{E_{\Lambda;0} - E_{\Sigma;m}} |\psi_m; \Sigma\rangle$$

結果 : Σ -mixing probability

$$P_{\Sigma} = 0.48\%, \quad P_{\Sigma} = \sum_m P_{\Sigma,m}, \quad P_{\Sigma,m} = \left| \frac{\langle \psi_m; \Sigma | V_{\Sigma\Lambda} | \phi_0; \Lambda \rangle}{E_{\Lambda;0} - E_{\Sigma;m}} \right|^2$$

結果 : Λ - Σ -coupling strengths

