

プロジェクト

CDCC による不安定核分解反応の研究

メンバー

小沢 顕、青木 保夫、飯島 正史

目的

1) 重イオン核反応を対象とした

CDCC プログラム開発

2) $^{23}\text{Al} + ^{12}\text{C}$ 反応への適用

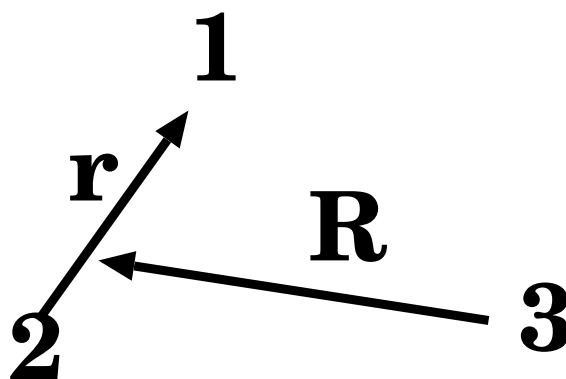
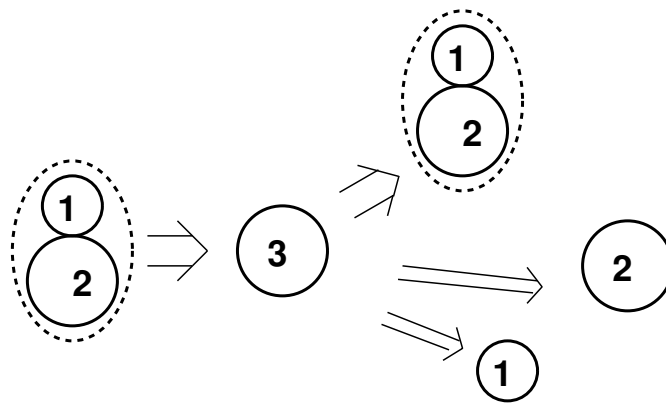
3) 付帯的プログラムの開発

弾性散乱、三重微分断面積

運動量分布

CDCC ? Continuum Discretized Coupled Channel

内部構造の無い粒子 1、2、3 を想定
弱束縛粒子の
弾性散乱に分解過程を取り込んだ
三体的散乱問題の解法



Hamiltonian H:

$$H = T_r + V_{12}(r) \\ + T_R + V_{13}(r_{13}) + V_{23}(r_{23})$$

$\phi(r)$ を定義

$$\{T_r + V_{12}(r) - E_c\} \phi_c(r) = 0$$

上限設定 波数 k とスピン

離散化 k

$$\hat{\phi}_{c j} = \frac{1}{\sqrt{k_j - k_{j-1}}} \int_{k_{j-1}}^{k_j} \phi_c(k, r) dk$$

規格・直交性

$$\langle \hat{\phi}_{c j} | \hat{\phi}_{c' j'} \rangle_r = \delta_{c c'} \delta_{j j'}$$

位相のずれ $\rightarrow \delta_{l j}(k_c)$

H の固有状態 全角運動量 J, M を指定

$$\Psi_{JM} = \frac{1}{R} \sum_{c,j} \chi_{L_{cj}}^J(R) \times [\hat{\phi}_{cj}(r) i^{l_c} Y_{l_c}(\hat{r}) i^{L_{cj}} Y_{L_{cj}}(\hat{R})]_{JM}$$

動径部分 $\chi_{L_{cj}}^J(R)$ が満足する

連立二階微分方程式

$$\begin{aligned} (T_R - E_{cj}) \chi_{L_{cj}}^J(R) \\ = - \sum_{c'j'} \langle [cj]_J | (V_{13} + V_{23}) | [c'j']_J \rangle \\ \times \chi_{L_{c'j'}}^J(R) \end{aligned}$$

S 行列要素 $\rightarrow S_{L_f L_i}^J(k_c)$

$\delta_{lj}(k_c)$ と $S_{L_f L_i}^J(k_c)$ を用いて、

弾性散乱微分断面積

三重微分断面積

二重微分断面積

等を評価する。

三重微分断面積

粒子 1 と 2 の放出方向 $d\Omega_1, d\Omega_2$

粒子 1 の運動エネルギー dE_1

重イオン問題の特徴

大きな角運動量

大きな波数

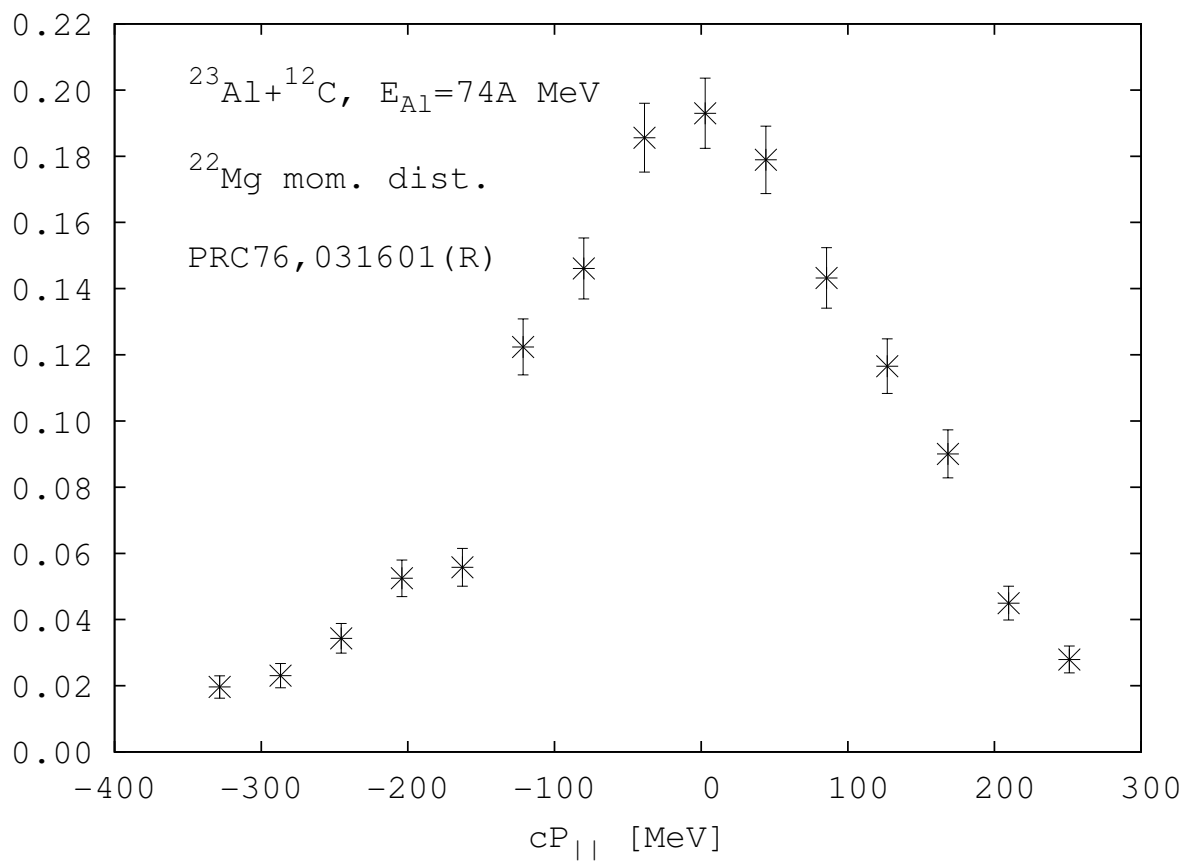
数値的に非常に広い dynamic range

具体的問題の設定

$^{23}\text{Al} + ^{12}\text{C}$ 反応

^{23}Al 生成と ^{12}C への照射

0° での ^{22}Mg の識別、運動量分析と検出



核子スピンの無視 ← 計算資源からの制約

^{23}Al : 陽子 + ^{22}Mg

束縛状態 d 状態 $E_c = 125 \text{ keV}$

散乱状態 角運動量 $l = 0 \sim 4 \hbar$

波数 $k_{max} = 1.5$ 又は 2.5 fm^{-1}

入射エネルギーは 80 A MeV

V_{12} : 中心力ポテンシャル

V_{13}, V_{23} : 経験的な複素ポテンシャル

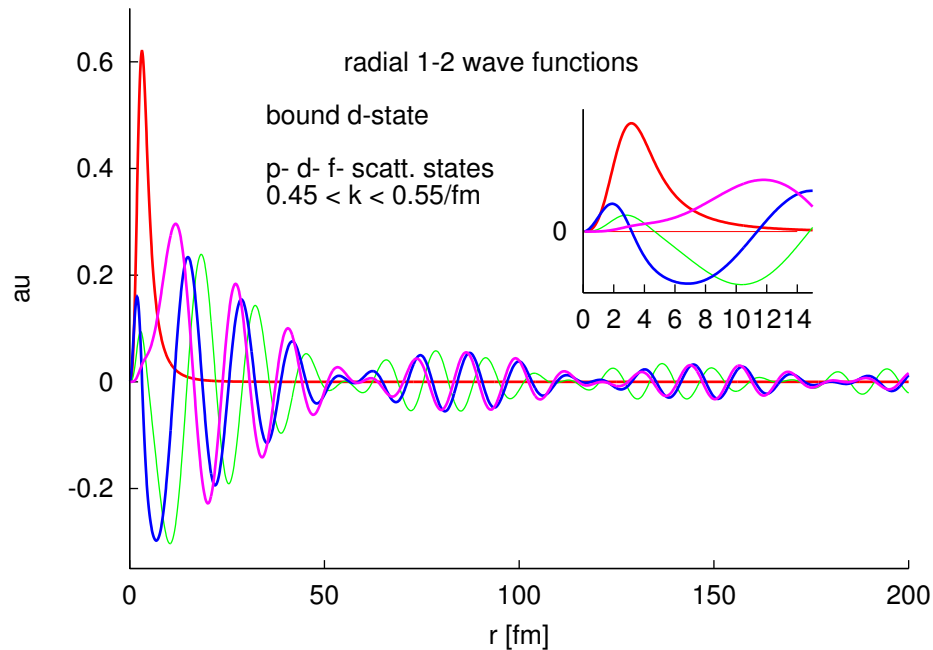
分解過程を考慮

核力/クーロン力の潮汐力による

$\hat{\phi}(r)$, the 1-2 base

real, even for scatt. states

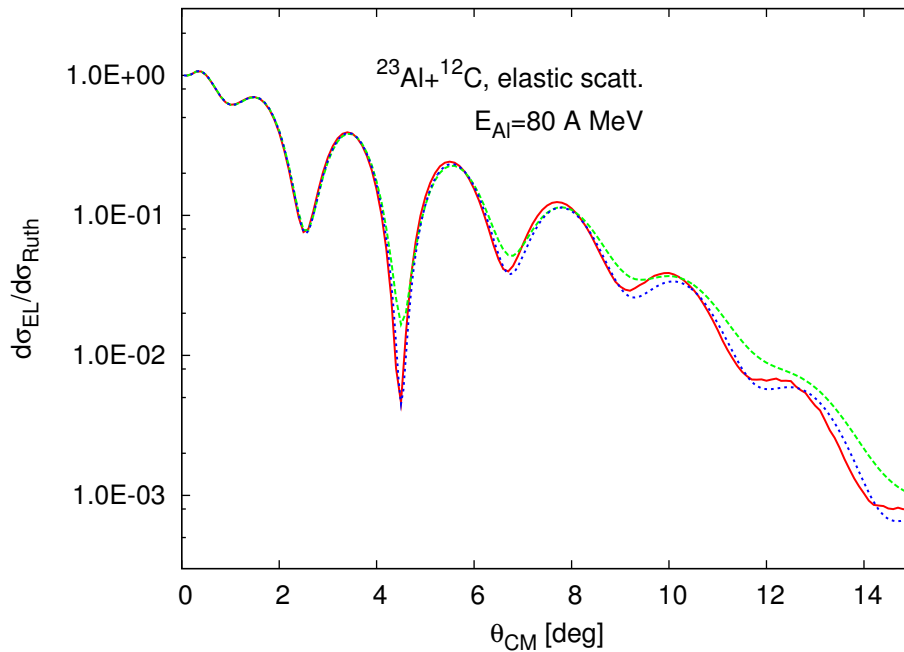
d -, p -, f -state (bound/ scatt.) wf.
 $0.45 < k < 0.55 \text{fm}^{-1}$



dumps at large r , which is a
large merit of binning

s , p , d -states have a node $r < 4$ fm
but not for f -state(No bond states)

弾性散乱微分断面積



緑 分解過程を無視

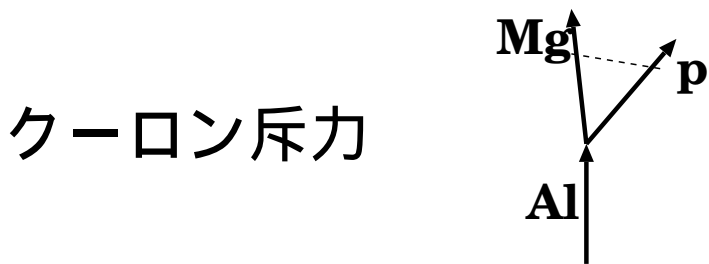
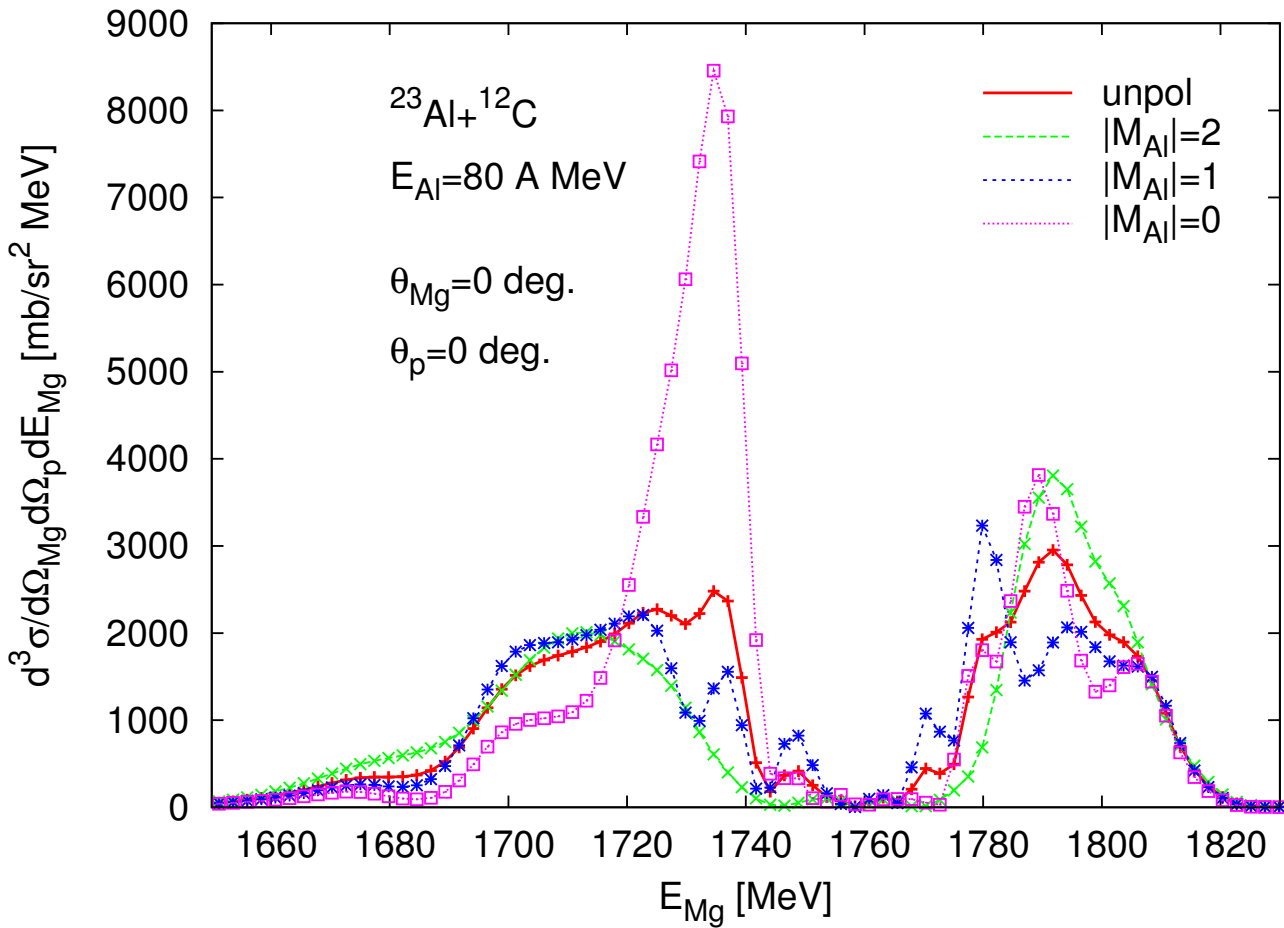
青 核力による分解を考慮

赤 クーロン力による分解も考慮

弾性散乱では、クーロン分解は見えない

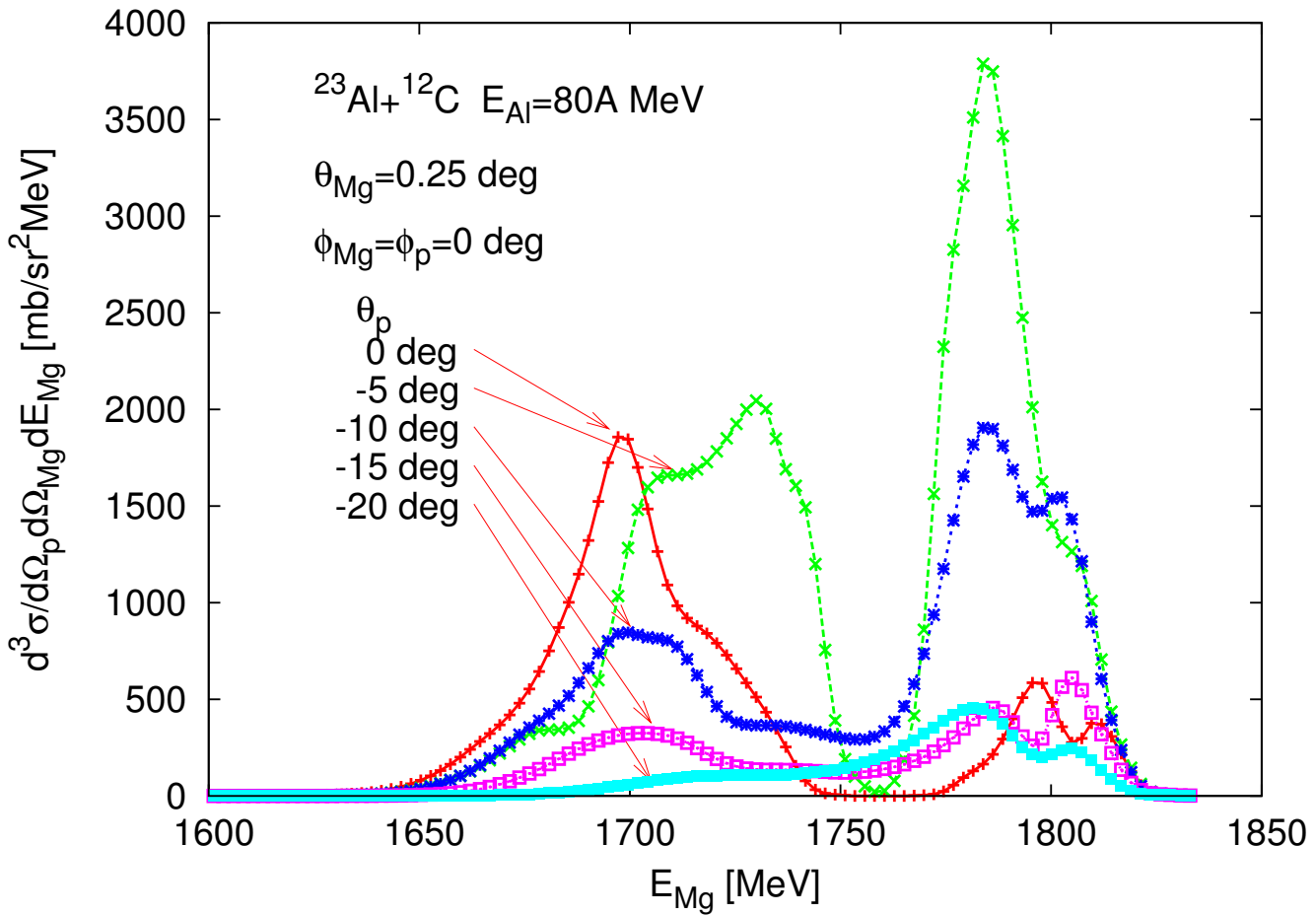
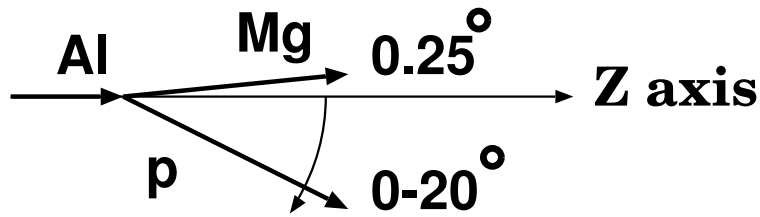
但し、実験値未だ入手出来ない

triple diff. Xsec.



No Xsec. for $k_{12} = 0 \text{ fm}^{-1}$

triple diff. Xsec.

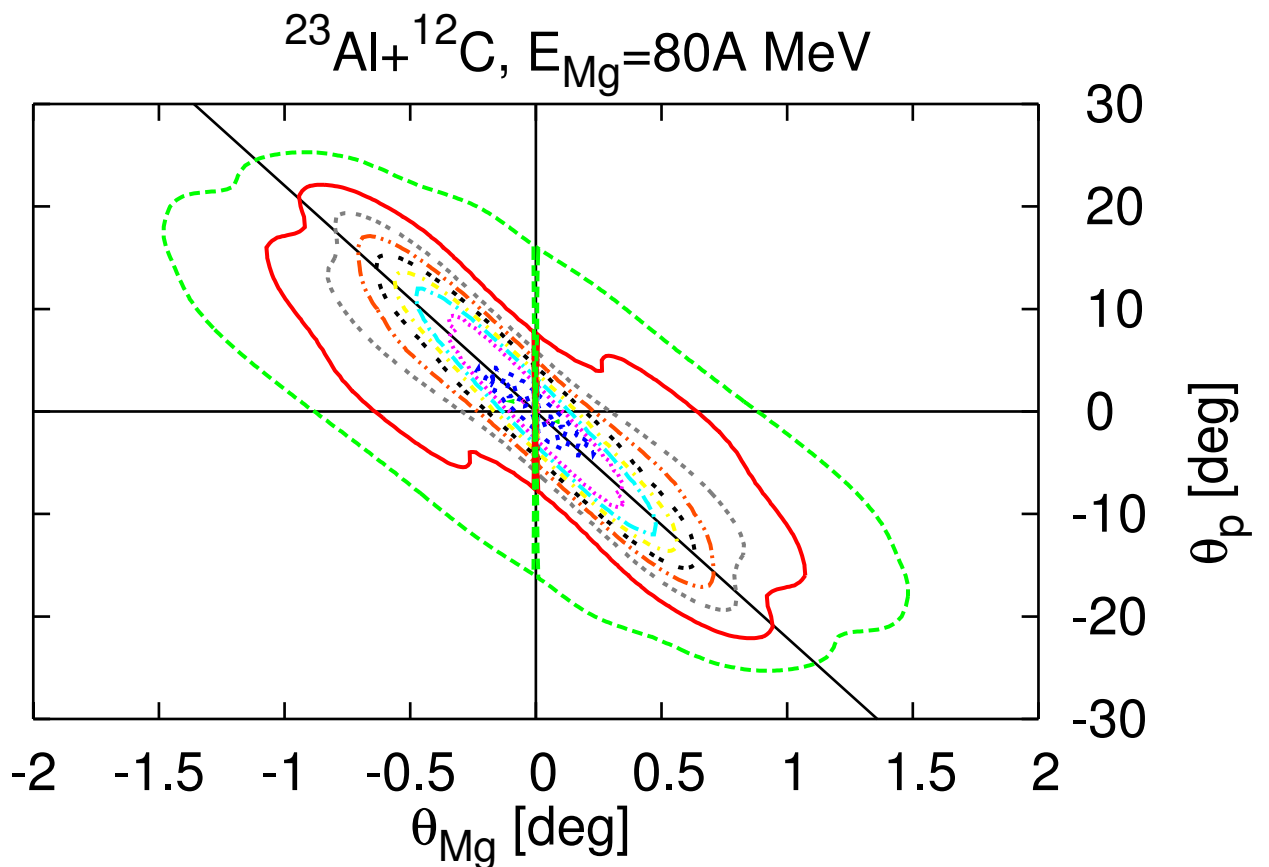


Mg と p が入射粒子に関して、逆方向ならば $k_{12} = 0 \text{ fm}^{-1}$ の谷は消える

Double diff. Xsec. 1

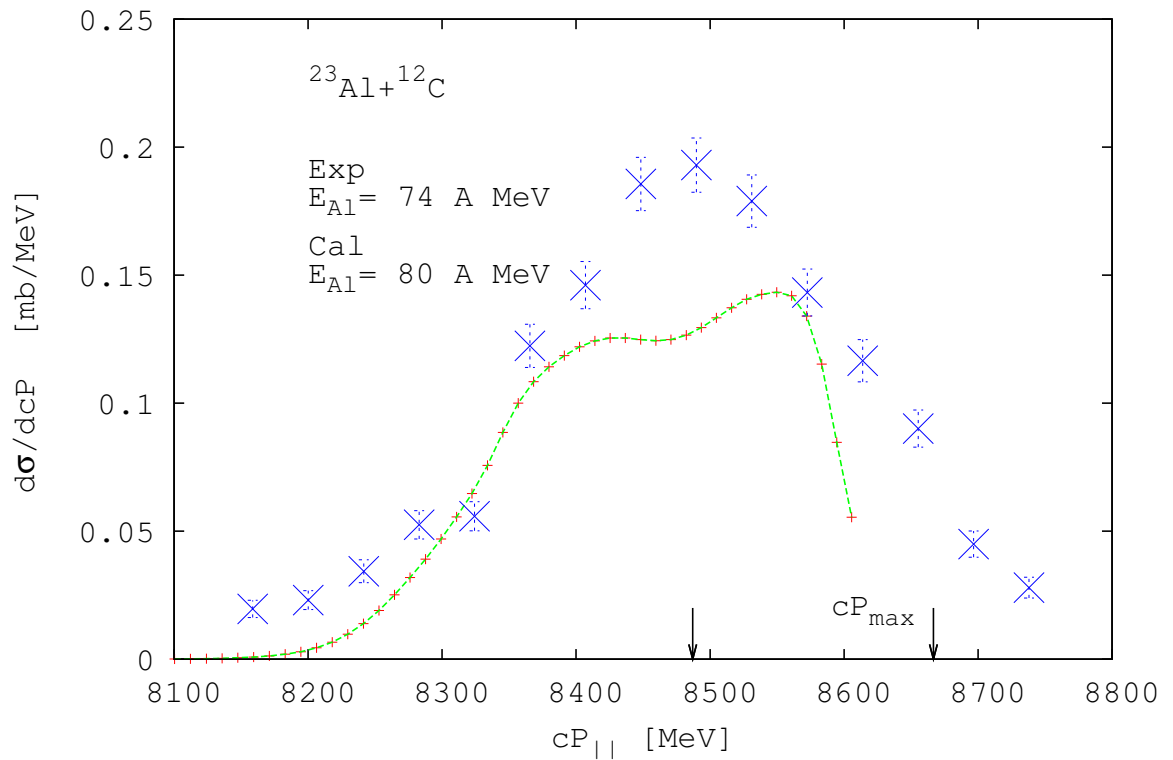
$$\sum_{E_{Mg}} \frac{d^3\sigma}{d\Omega_{Mg}d\Omega_p dE_{Mg}}$$

where, $\phi_{Mg} = \phi_p = 0^\circ$



対角線の傾きは 陽子と ^{22}Mg の質量比

三重微分断面積の立体角積分



一応絶対値を比較しているが、計算値はこれから幾らか変更される可能性がある。