

第十五届全国核结构大会

由转移反应 $^{208}\text{Pb}(^7\text{Li}, ^6\text{He})^{209}\text{Bi}$
研究晕核 $^6\text{He} + ^{209}\text{Bi}$ 体系的光学
模型势

杨磊

中国原子能科学研究院

1. 背景简介
2. 实验设置
3. 实验结果及讨论
4. 总结

奇特核体系的光学模型势

- 随着各种放射性束流装置的建成，使奇特核结构与反应的研究成为当前核物理研究的热点之一。
- 核-核相互作用势是核反应研究中首先要确定的基本物理量。而对于晕（皮）核等弱束缚核体系，由于其结构的特点，其光学势与紧束缚体系有着很大的不同

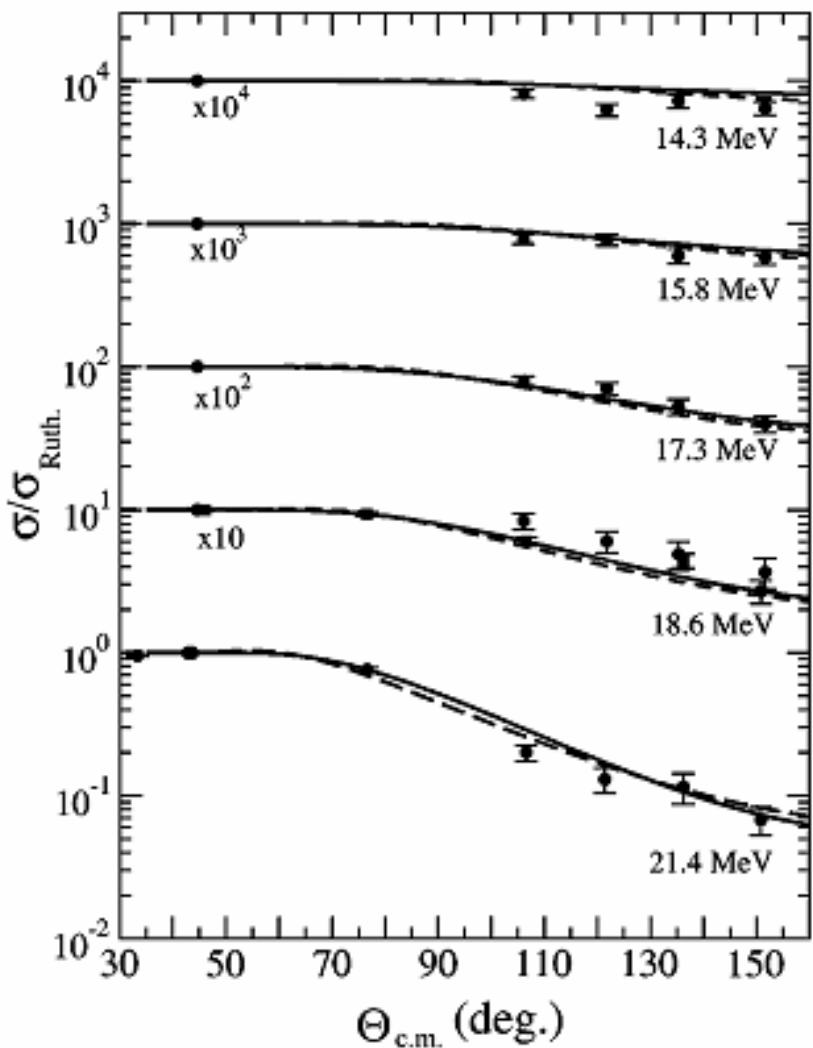
抽取光学势参量的方法

➤ 直接方法

通过实验测量体系的弹性散射角分布，用光学模型计算拟合实验角分布来抽取体系的光学势参数。

由于受到当前放射性束流装置所能提供的束流的种类、强度和品质的限制，实验很难达到较高的统计精度。

1. 背景简介



- 每个能点的截面数据少;
- 数据的统计精度不高。

**E. F. Aguilera et al.,
Phys. Rev. C 63, 061603(R) (2001)**

图: $^6\text{He} + ^{209}\text{Bi}$ 体系的弹散角分布

➤ 间接方法

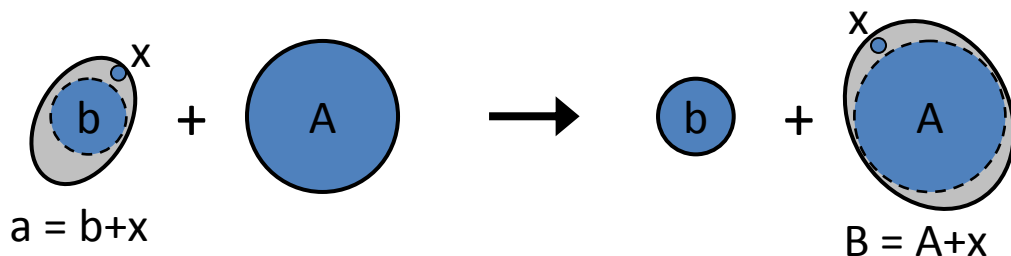
利用稳定核的转移反应作探针，通过拟合转移反应角分布来抽取出射道奇特核体系的光学势参数。

➤ 优点

- 可利用现有的高强度高品质的稳定束流；
- 可区分出射道转移产物不同的核态。

转移反应抽取出射道光学势的基本原理:

转移反应 $A(a,b)B$



反应跃迁幅度:

$$T = J \int d^3 r_b \int d^3 r_a \chi^{(-)}(\vec{k}_f, \vec{r}_b)^* \langle bB | V | aA \rangle \chi^{(+)}(\vec{k}_i, \vec{r}_a),$$

在DWBA计算中牵涉到 4 个状态的光学势, 即

两个散射态光学势: $a + A$ 和 $b + B$

两个束缚态光学势: $b + x$ 和 $A + x$

如果其中 3 个确知, 拟合转移角分布可抽取唯一未知的光学势。

研究对象

本工作选择中子晕核 ${}^6\text{He}$ 为研究对象，测量 ${}^{208}\text{Pb}({}^7\text{Li}, {}^6\text{He}){}^{209}\text{Bi}$ 单质子转移反应的角分布，通过拟合实验数据抽取出射道 ${}^6\text{He}+{}^{209}\text{Bi}$ 体系的光学势。

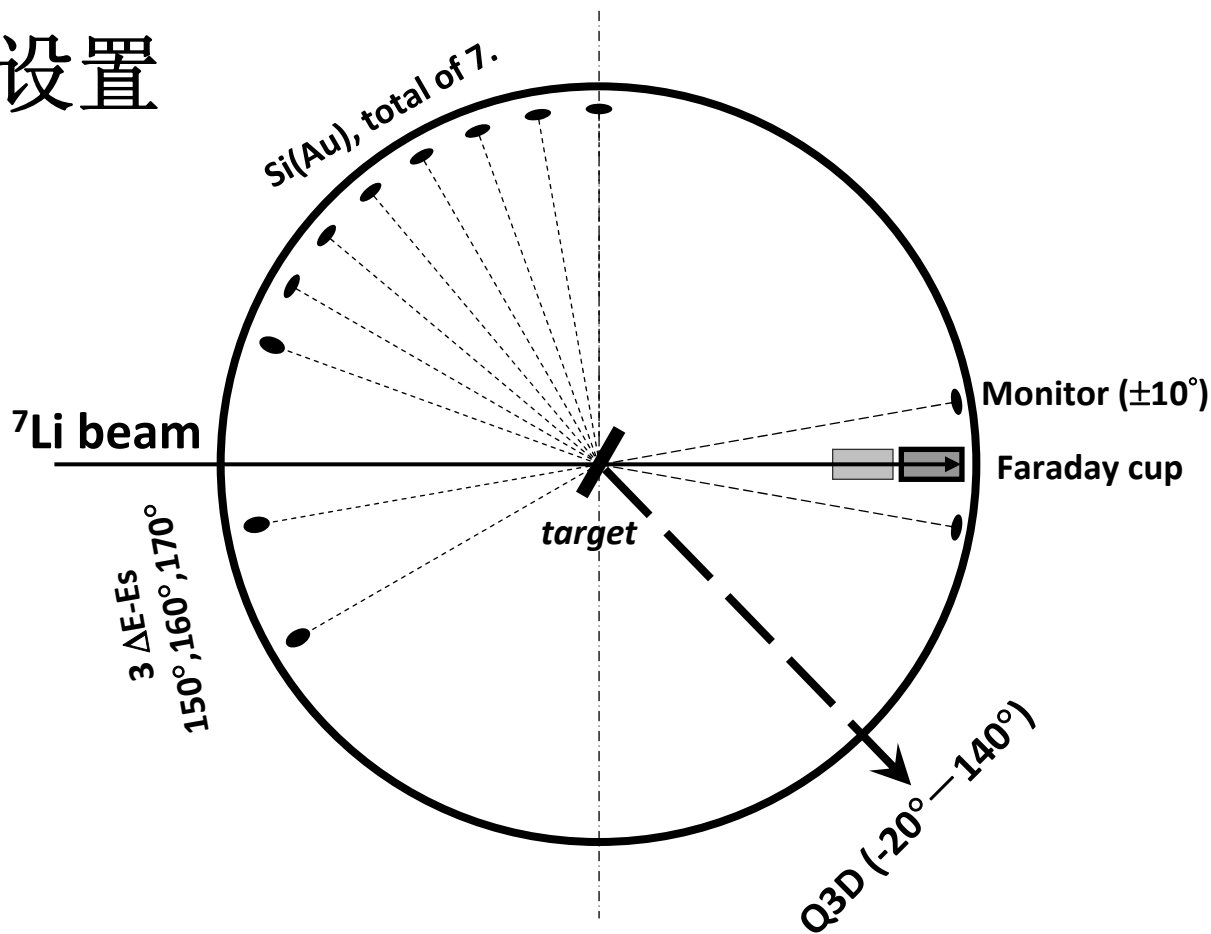
${}^6\text{He}$ 是目前研究较多的一个弱束缚核，已存在相对较多的 ${}^6\text{He}$ 弹散数据，可与本工作的结果进行比较。

本次实验是在中国原子能科学研究院 **HI-13** 串列加速器的Q3D终端完成的。

$$E_{\text{beam}}(^7\text{Li}) = 25.67, 28.55, 32.55, 37.55 \text{ 和 } 42.55 \text{ MeV}。$$

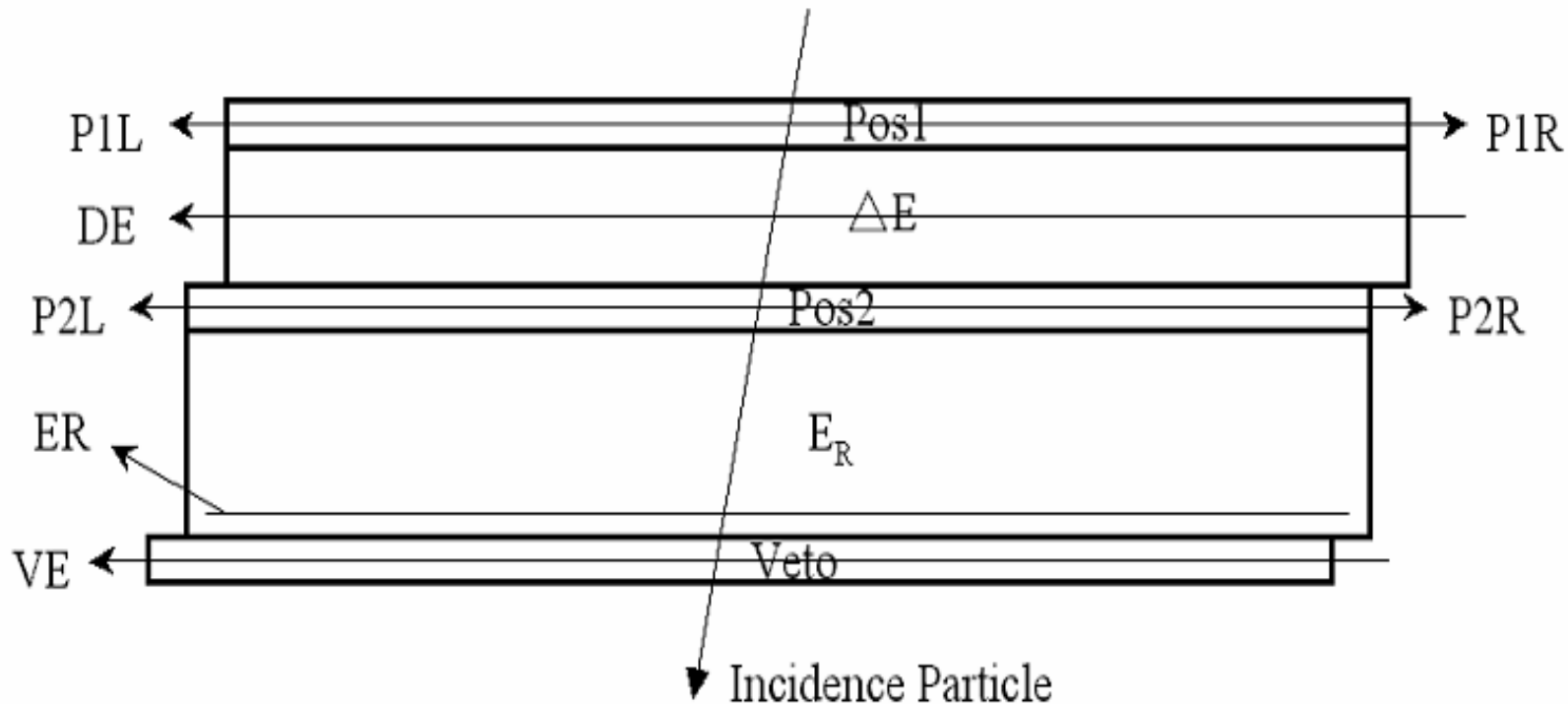
我们对入射道的弹散角分布和出射道的转移角分布分别进行了测量。

实验设置



靶室内设置示意图

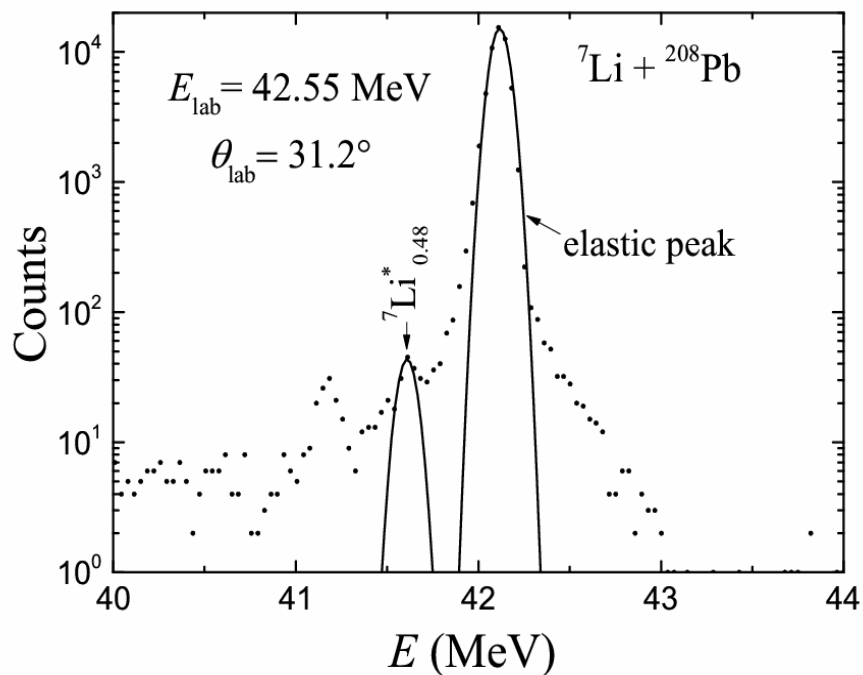
实验设置



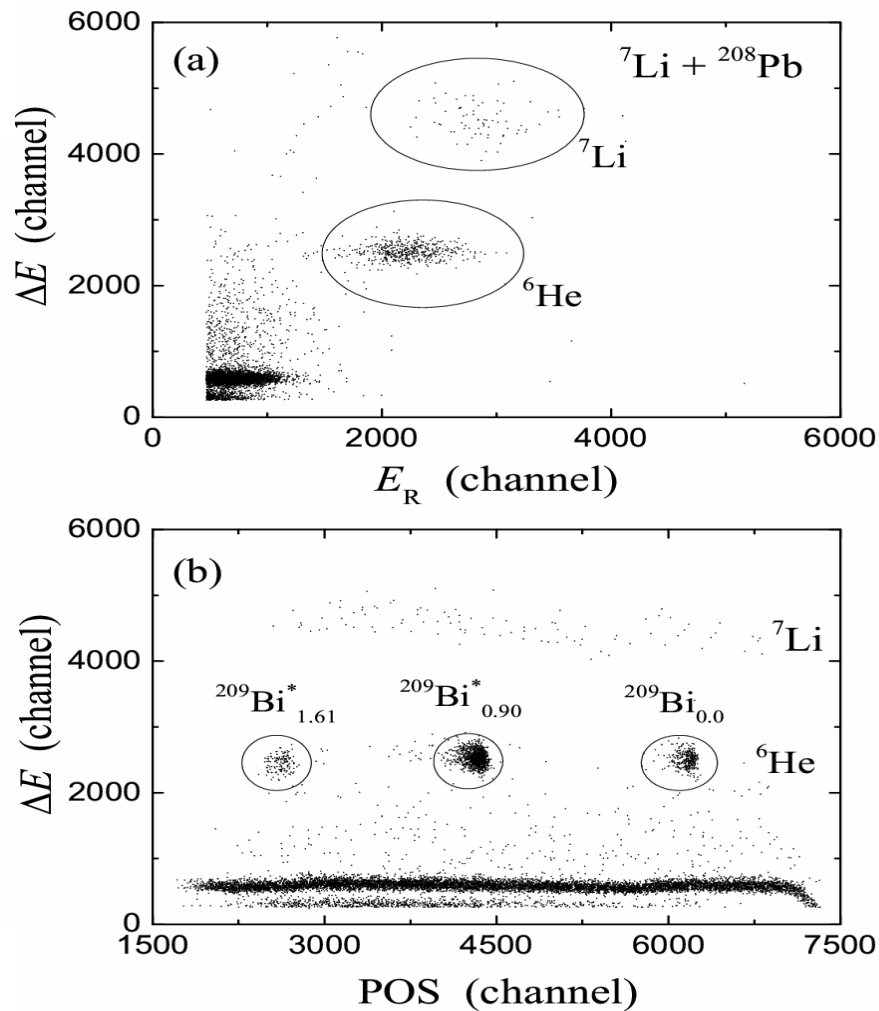
Q3D焦面探测器示意图

3. 实验结果及讨论

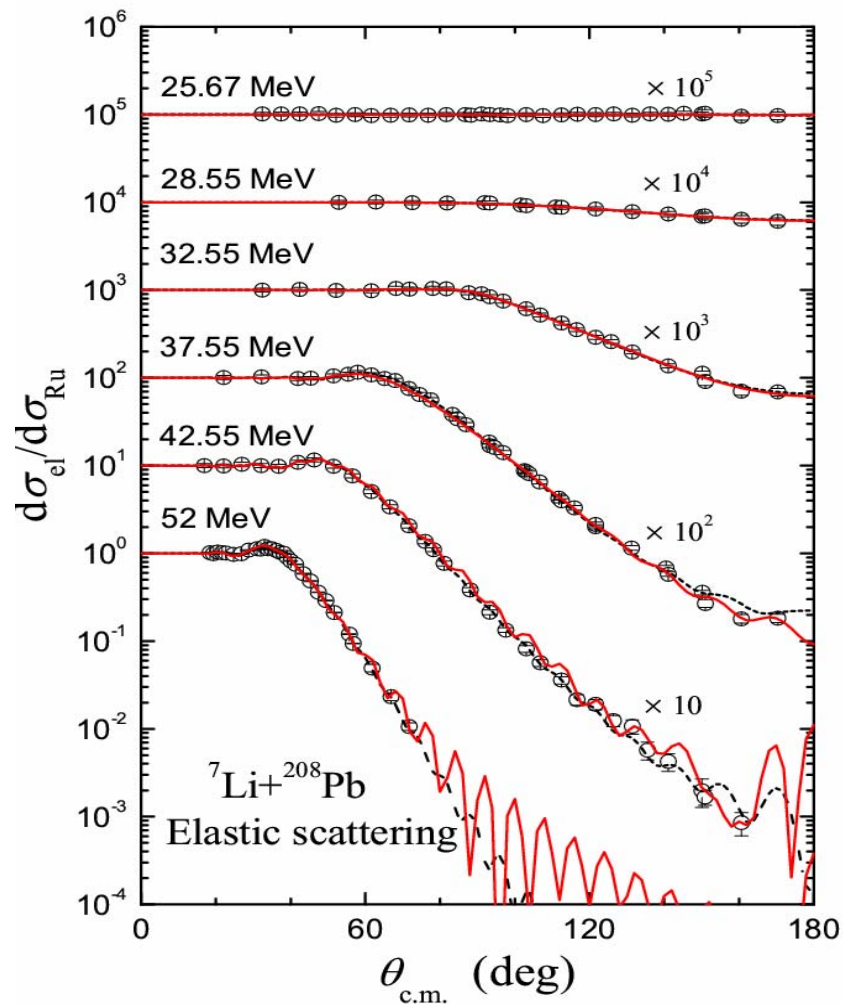
$^{208}\text{Pb}(^7\text{Li}, ^6\text{He})^{209}\text{Bi}$



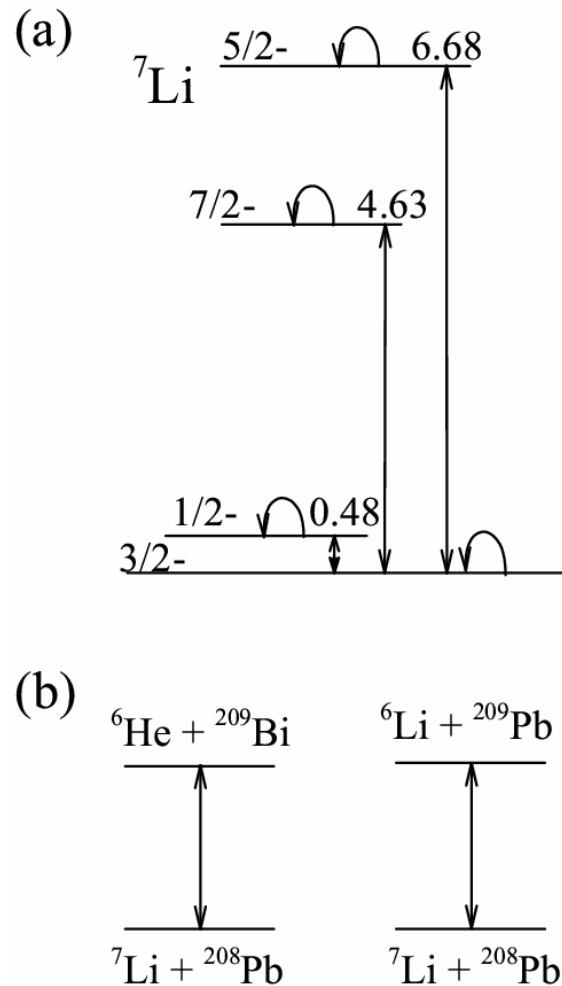
图：Si(Au)探测器得到的典型能谱



图：焦面探测器得到的典型能谱

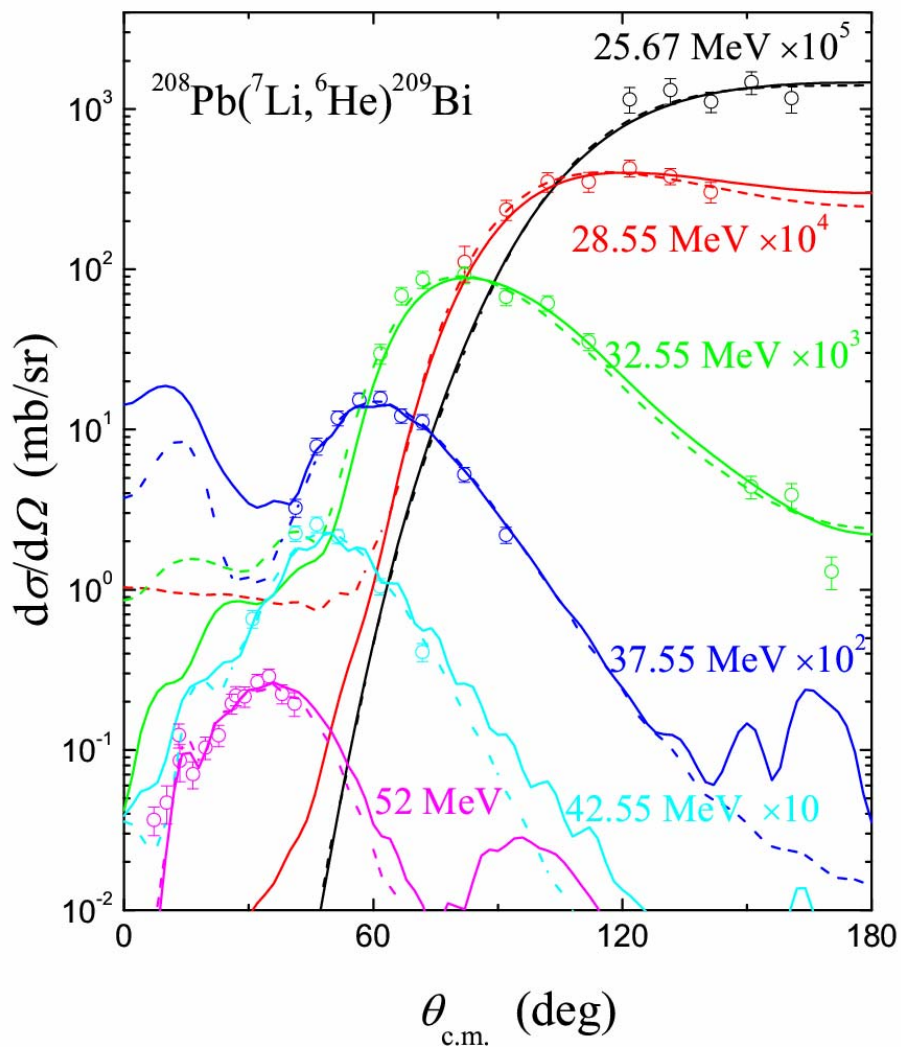


图： ${}^7\text{Li} + {}^{208}\text{Pb}$ 弹散角分布及 CRC&OM 拟合结果



图：CRC 计算框架

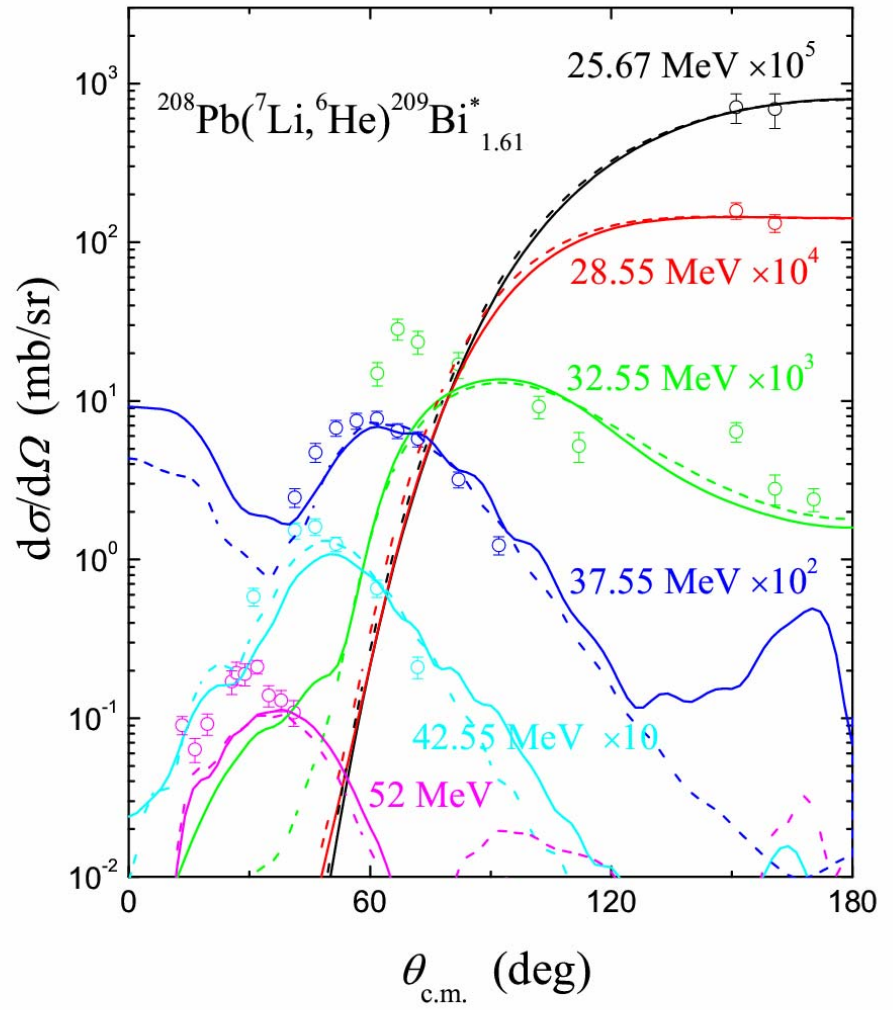
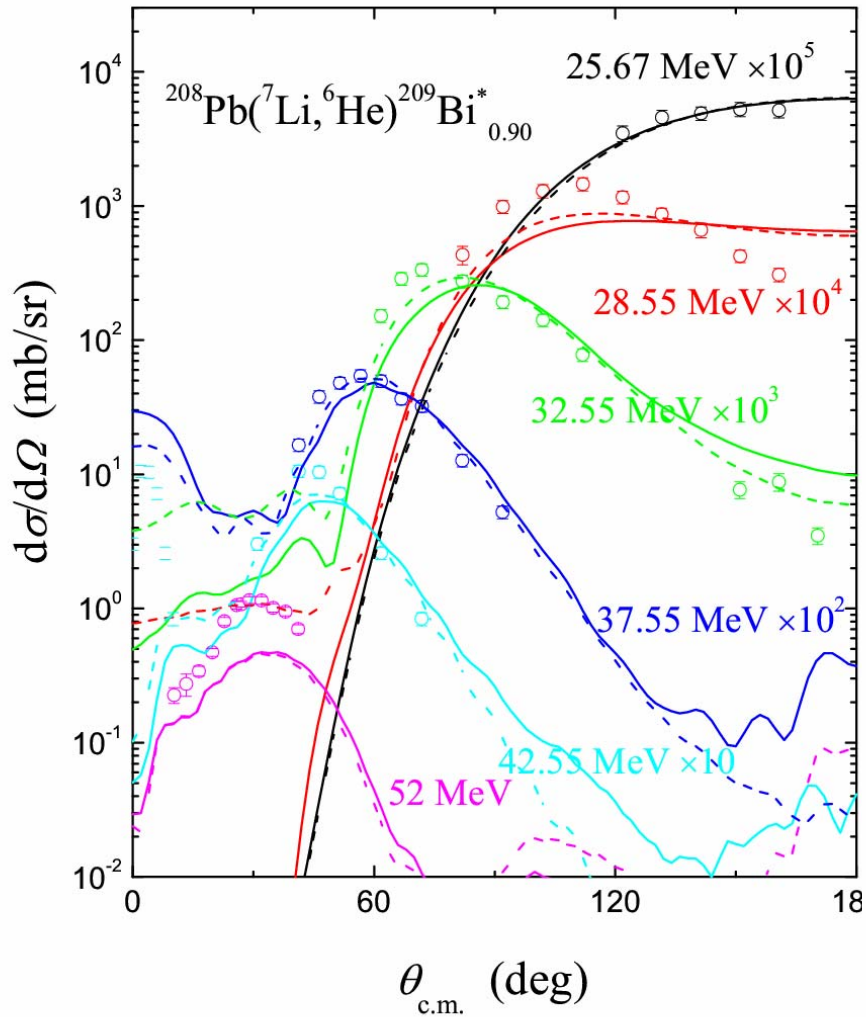
3. 实验结果及讨论



$$\begin{aligned} R_\nu &= 1.021 \text{ fm} & A_\nu &= 0.7 \text{ fm} \\ R_\omega &= 1.25 \text{ fm} & A_\omega &= 0.95 \text{ fm} \end{aligned}$$

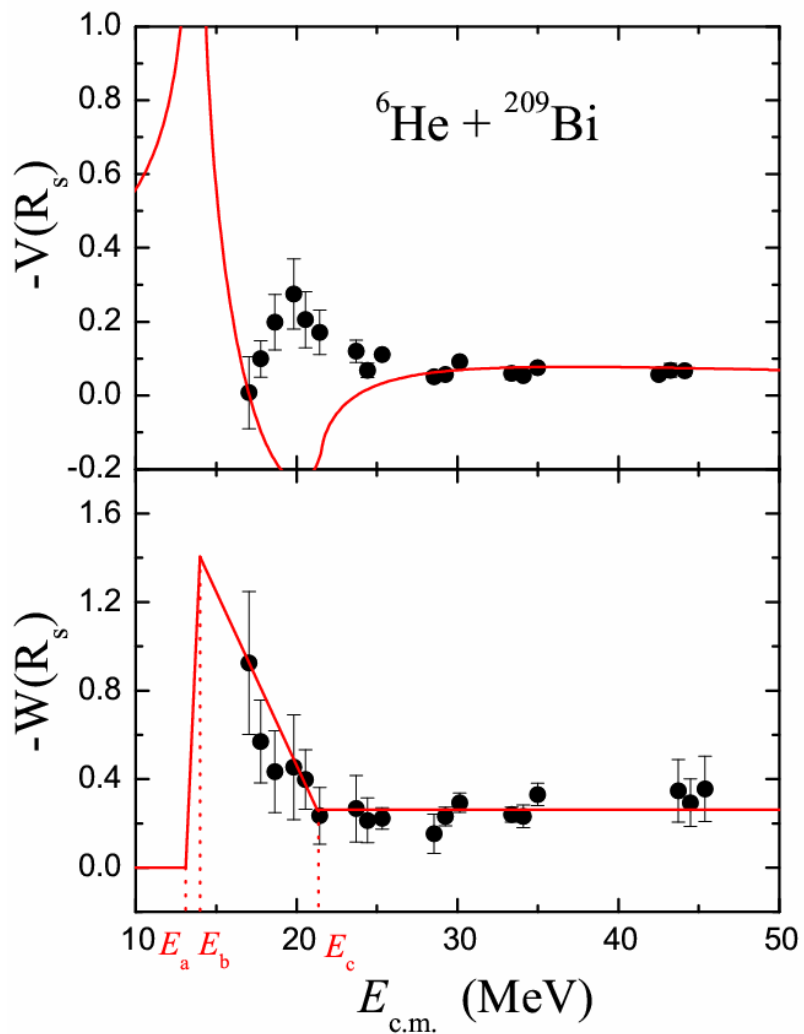
图： $^{208}\text{Pb}(^7\text{Li}, ^6\text{He})^{209}\text{Bi}$ 转移角分布及 CRC&DWBA 拟合结果

3. 实验结果及讨论

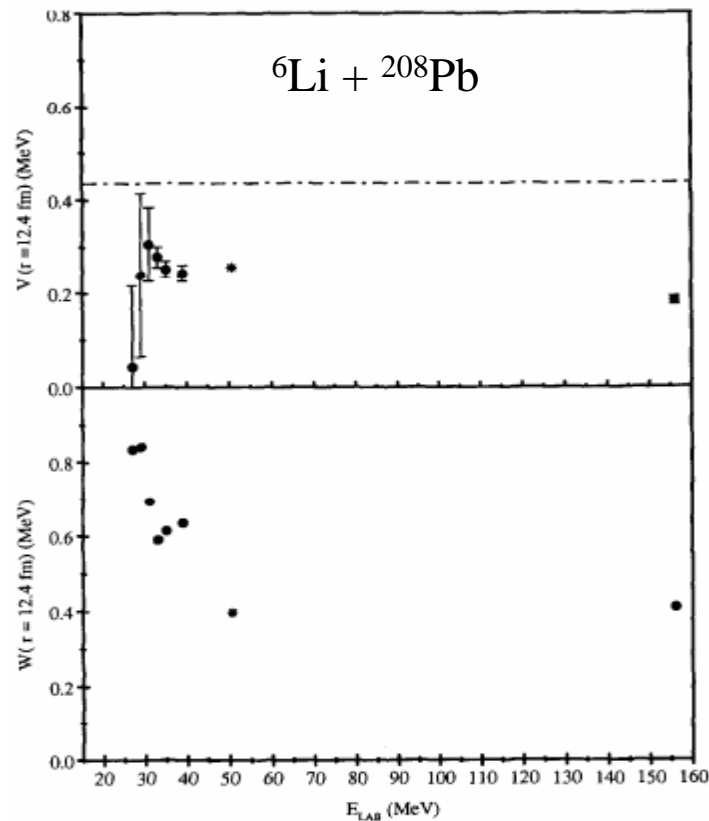


图： $^{208}\text{Pb}(^7\text{Li}, ^6\text{He})^{209}\text{Bi}$ 转移角分布及 CRC&DWBA 拟合结果

3. 实验结果及讨论

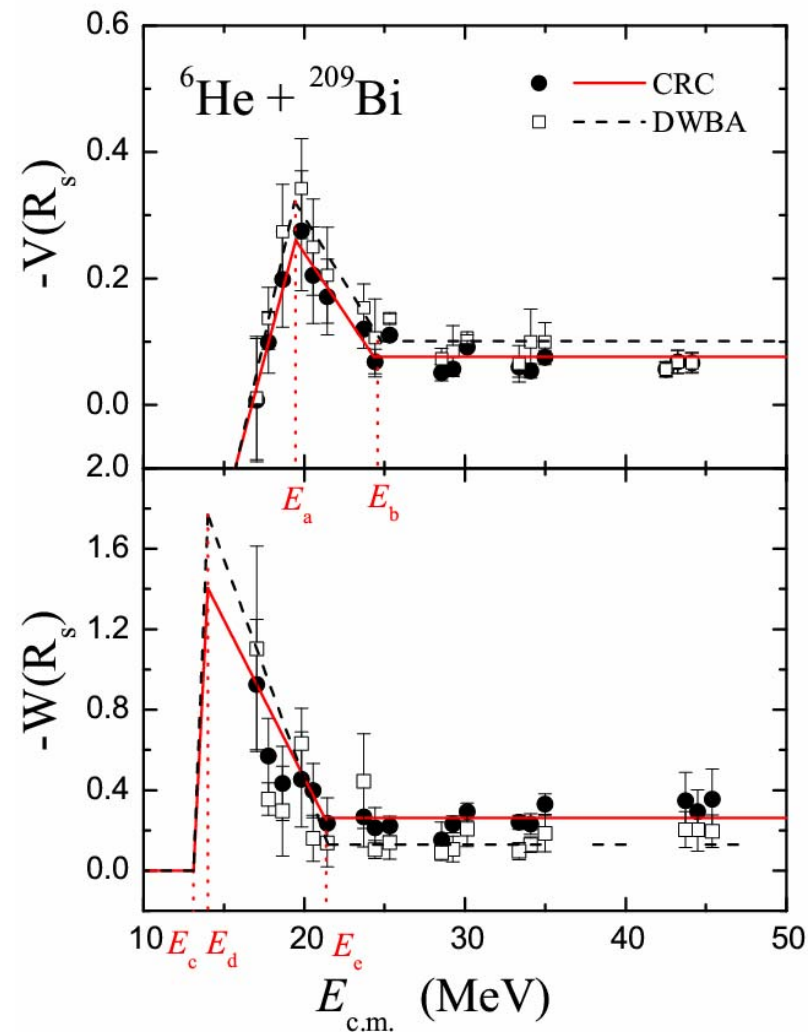


图： ${}^6\text{He} + {}^{209}\text{Bi}$ 体系光学势的能量相依性



色散关系在弱束缚体系中不适用!
C. Hahaux
Nucl. Phys. A449, 354 (1986)

3. 实验结果及讨论



图： ${}^6\text{He} + {}^{209}\text{Bi}$ 体系光学势的能量相异性

CRC:

$$V(E_{c.m.}) = \begin{cases} 0.095E_{c.m.} - 1.60 & E_{c.m.} \leq E_a \\ -0.039E_{c.m.} + 1.02 & E_a \leq E_{c.m.} \leq E_b \\ 0.076 & E_{c.m.} \geq E_b \end{cases}$$

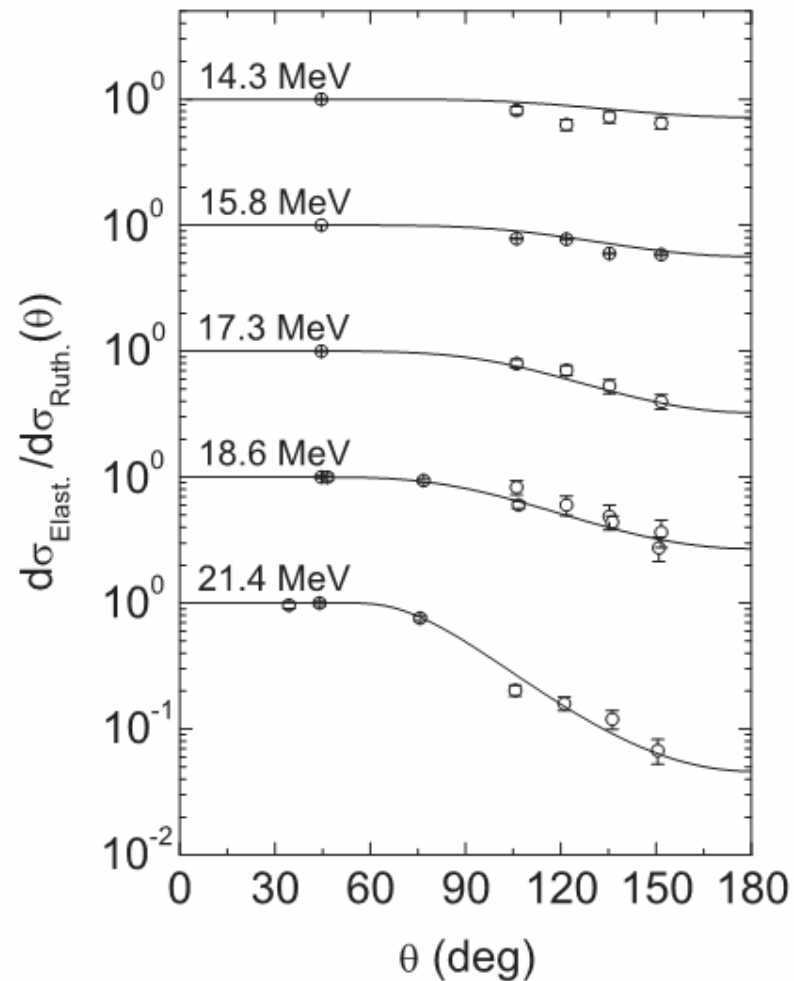
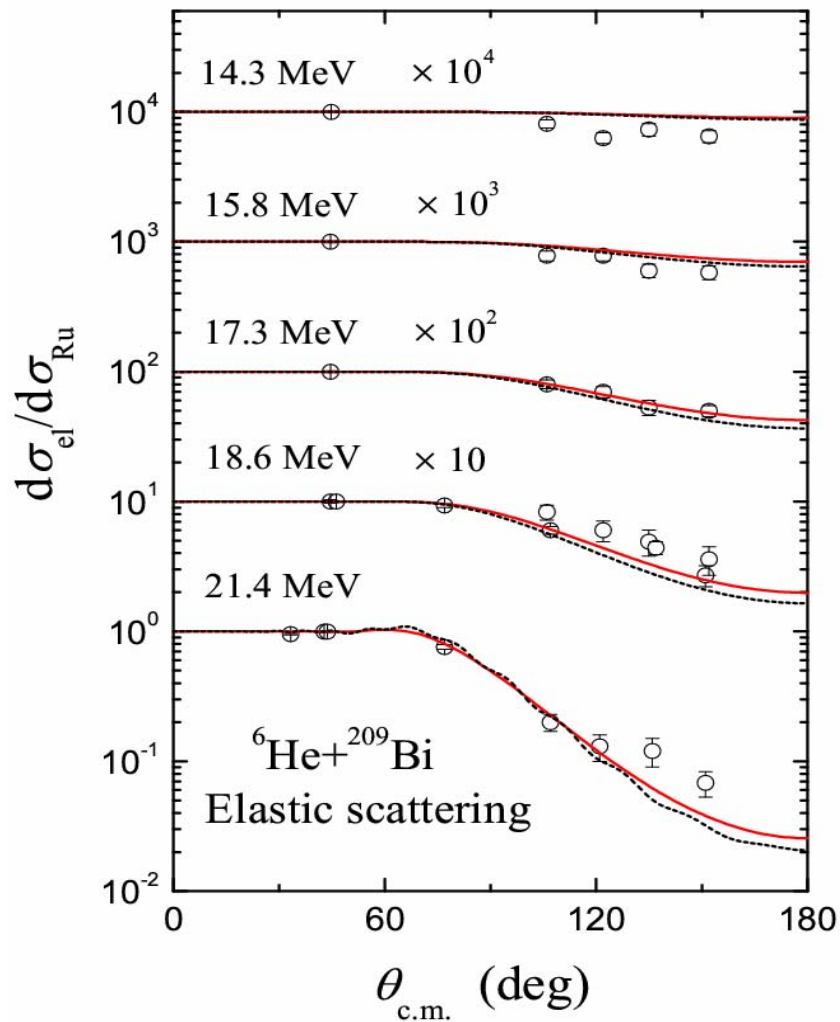
$$W(E_{c.m.}) = \begin{cases} 0 & E_{c.m.} \leq E_c \\ 0.33E_{c.m.} - 4.28 & E_c \leq E_{c.m.} \leq E_d \\ -0.16E_{c.m.} + 3.60 & E_d \leq E_{c.m.} \leq E_e \\ 0.26 & E_{c.m.} \geq E_e \end{cases}$$

DWBA:

$$V(E_{c.m.}) = \begin{cases} 0.11E_{c.m.} - 1.90 & E_{c.m.} \leq E_a \\ -0.041E_{c.m.} + 1.11 & E_a \leq E_{c.m.} \leq E_b \\ 0.10 & E_{c.m.} \geq E_b \end{cases}$$

$$W(E_{c.m.}) = \begin{cases} 0 & E_{c.m.} \leq E_c \\ 0.24E_{c.m.} - 3.11 & E_c \leq E_{c.m.} \leq E_d \\ -0.22E_{c.m.} + 4.85 & E_d \leq E_{c.m.} \leq E_e \\ 0.13 & E_{c.m.} \geq E_e \end{cases}$$

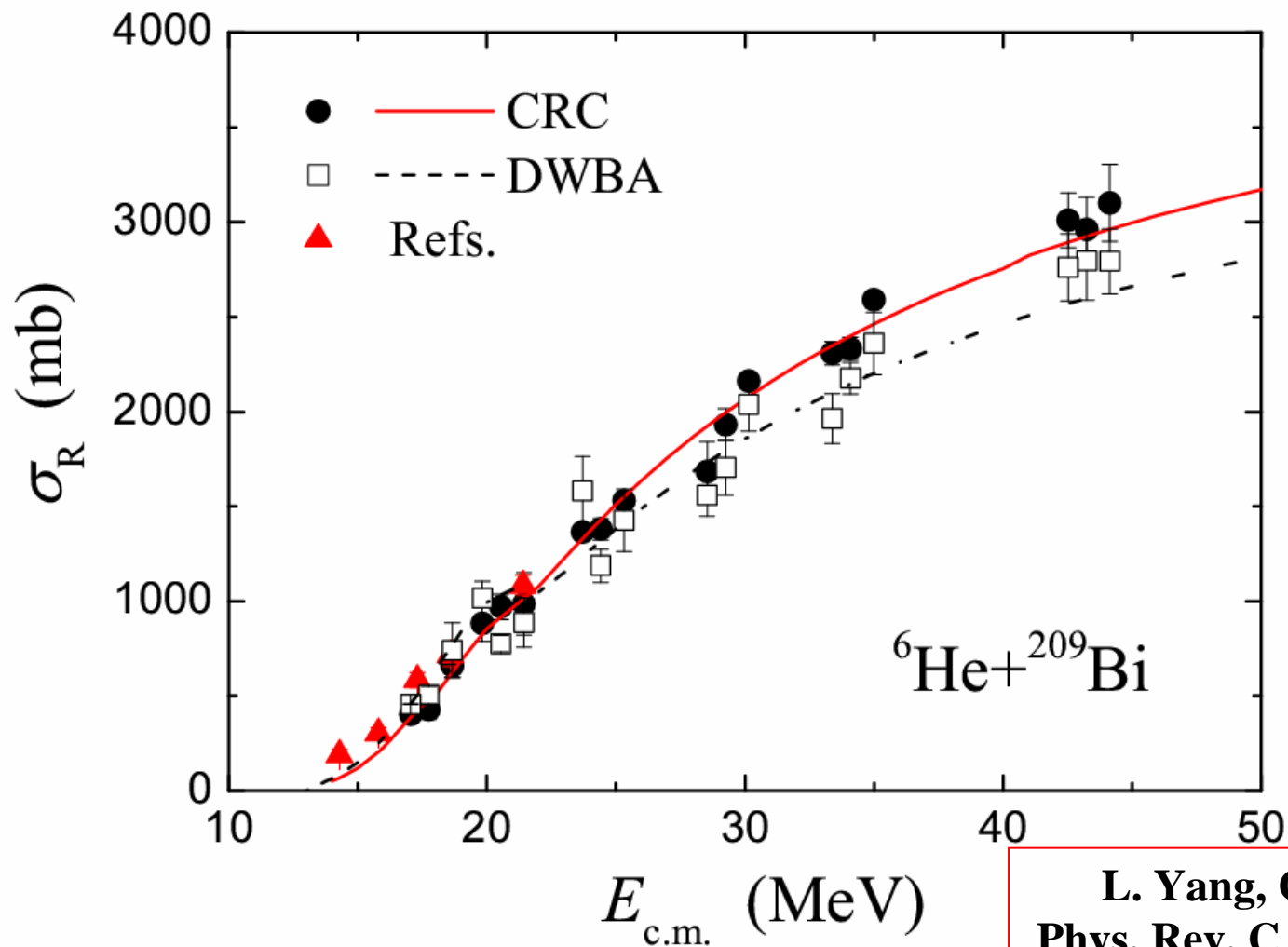
3. 实验结果及讨论



图：利用抽取的光学势计算 ${}^6\text{He} + {}^{209}\text{Bi}$ 体系弹性散射角分布

A.R.Garcia et al. ,
Phys. Rev. C 76, 067603 (2007)

3. 实验结果及讨论



图：利用抽取的光学势计算 ${}^6\text{He} + {}^{209}\text{Bi}$ 体系的激发函数

利用转移反应 $^{208}\text{Pb}(^7\text{Li}, ^6\text{He})^{209}\text{Bi}$ 抽取出射道晕核 $^6\text{He} + ^{209}\text{Bi}$ 体系的光学势。

结果表明：

1. 这种转移方法可以很好的重现已有的实验数据。为研究弱束缚体系的光学势提供了新的方法；
2. 在更高的精度水平上验证了色散关系在弱束缚体系中并不适用。

谢谢！