

原子分子光の素過程とプラズマ分光の研究フロンティア

# 原子衝突による偏極緩和過程と 原子間ポテンシャル

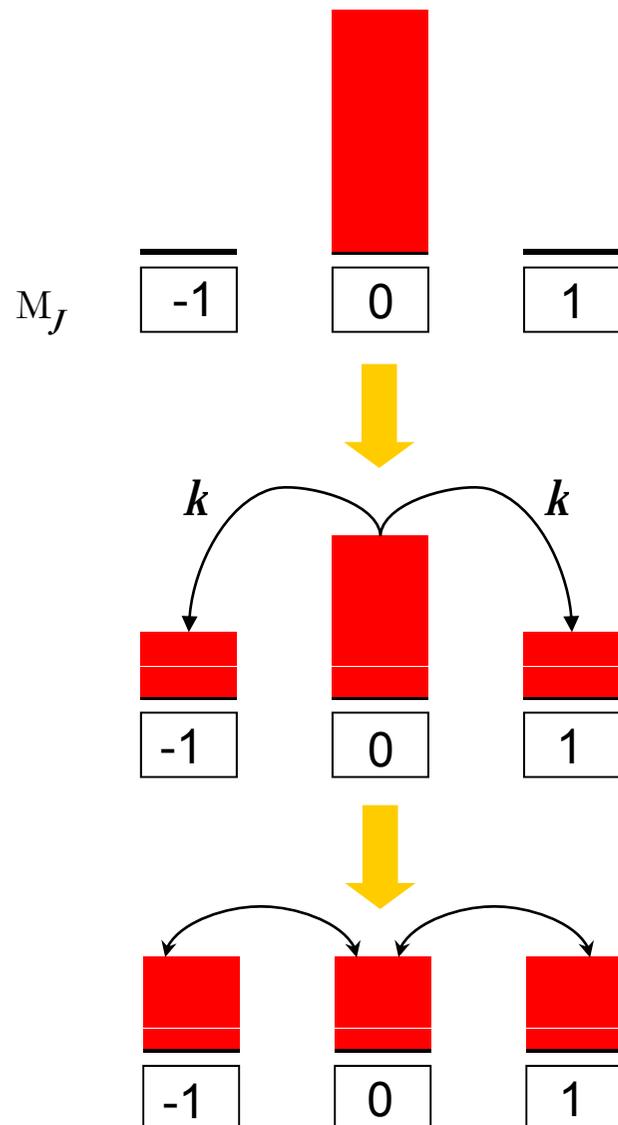
---

*Hiraku MATSUKUMA, Taiichi SHIKAMA,  
Cristian BAHRIM<sup>†</sup> and Masahiro HASUO*

*Optical Engineering Laboratory  
Department of Mechanical Engineering and Science  
Graduate School of Engineering, Kyoto University*

*<sup>†</sup>Department of Physics and Chemistry  
Lamar University*

# 原子の偏極とその緩和



**偏極**：磁気副準位間の占有密度の偏り

時間発展を観測すると...

原子衝突などにより緩和

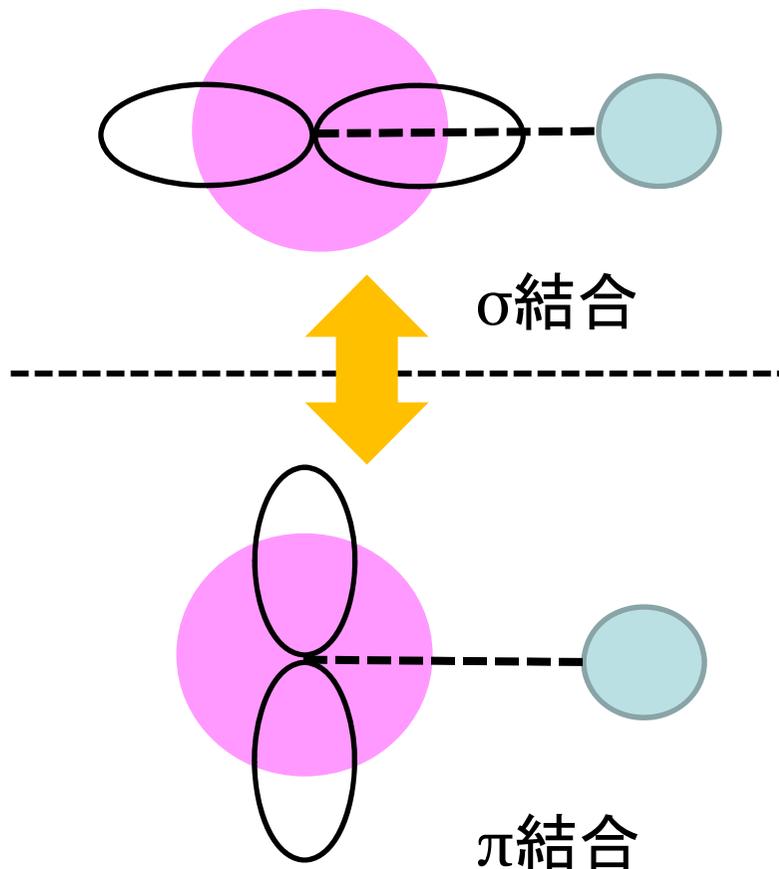
原子衝突による偏極緩和の測定は  
原子間ポテンシャルの  
非等方性を評価するのに有効

# 偏極緩和とポテンシャル非等方性

衝突原子対=準分子

例えばtargetの価電子がp軌道  
perturberが球対称の衝突では...

2つの結合状態に対して  
分極率の違いにより  
ポテンシャルに非等方性が生じる



非断熱遷移確率

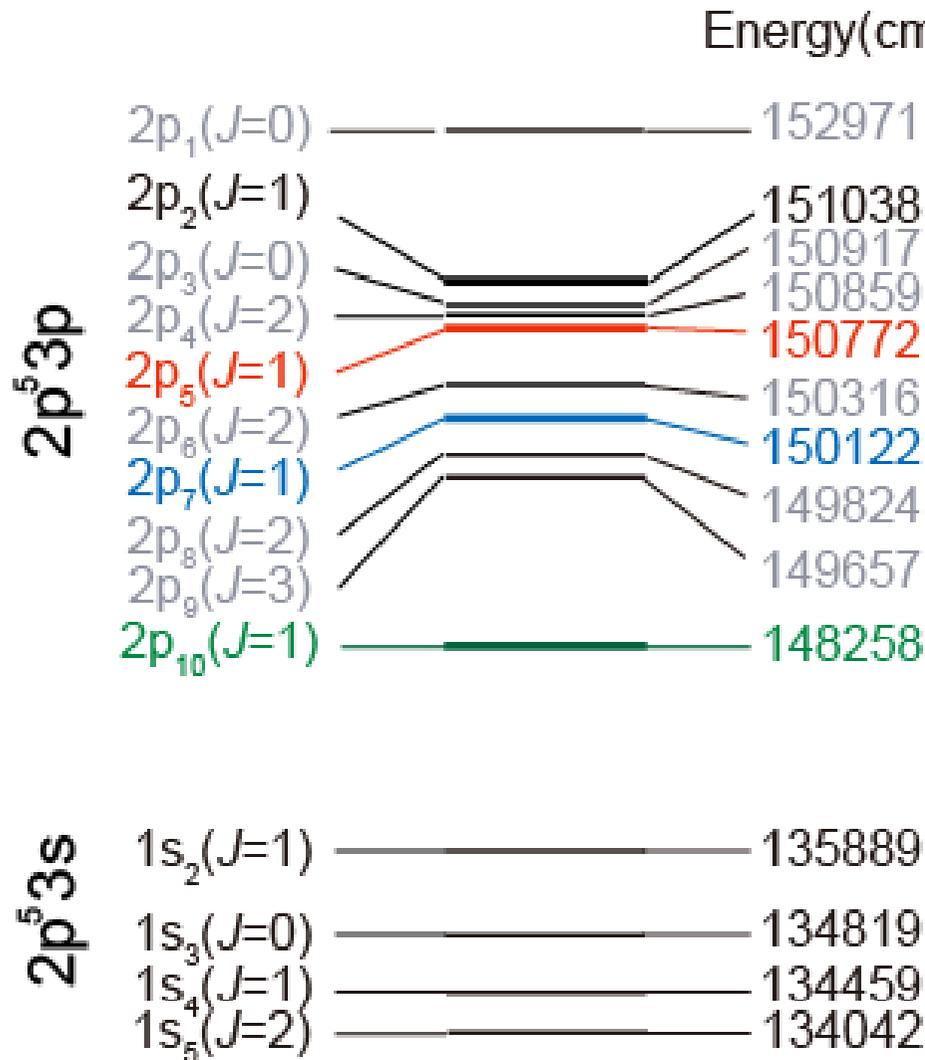
$$P \propto \sin^2 \tau$$

(Stückelberg)

$\tau$  : ポテンシャル間の  
エネルギー差にともなう  
位相の進みの差

$$\tau = \frac{1}{\hbar} \int_0^t (V_2 - V_1) dt$$

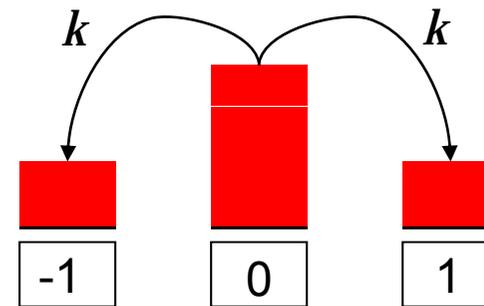
# 実験対象



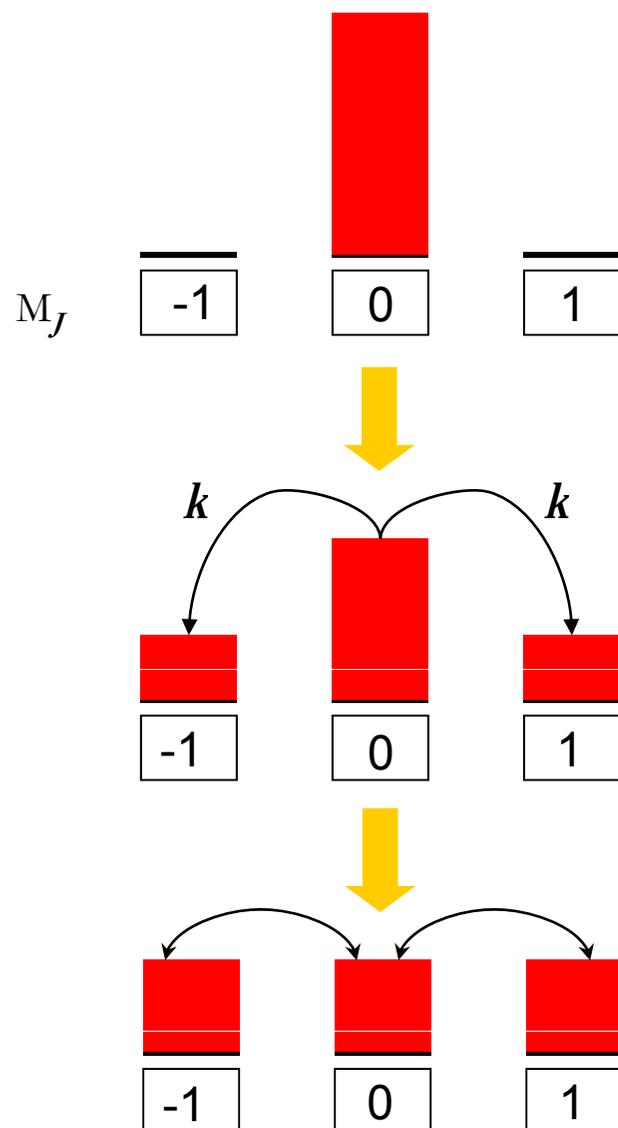
Ne 2p<sup>5</sup>3p電子配置 (J=1)  
 2p<sub>2</sub>, 2p<sub>5</sub>, 2p<sub>7</sub>, 2p<sub>10</sub> 準位の  
 ヘリウム原子衝突による  
 アライメント緩和速度係数を測定

## アライメント

特に偏極が量子化軸に対して  
 対称なとき



# 原子の偏極とその緩和



**偏極**：磁気副準位間の占有密度の偏り

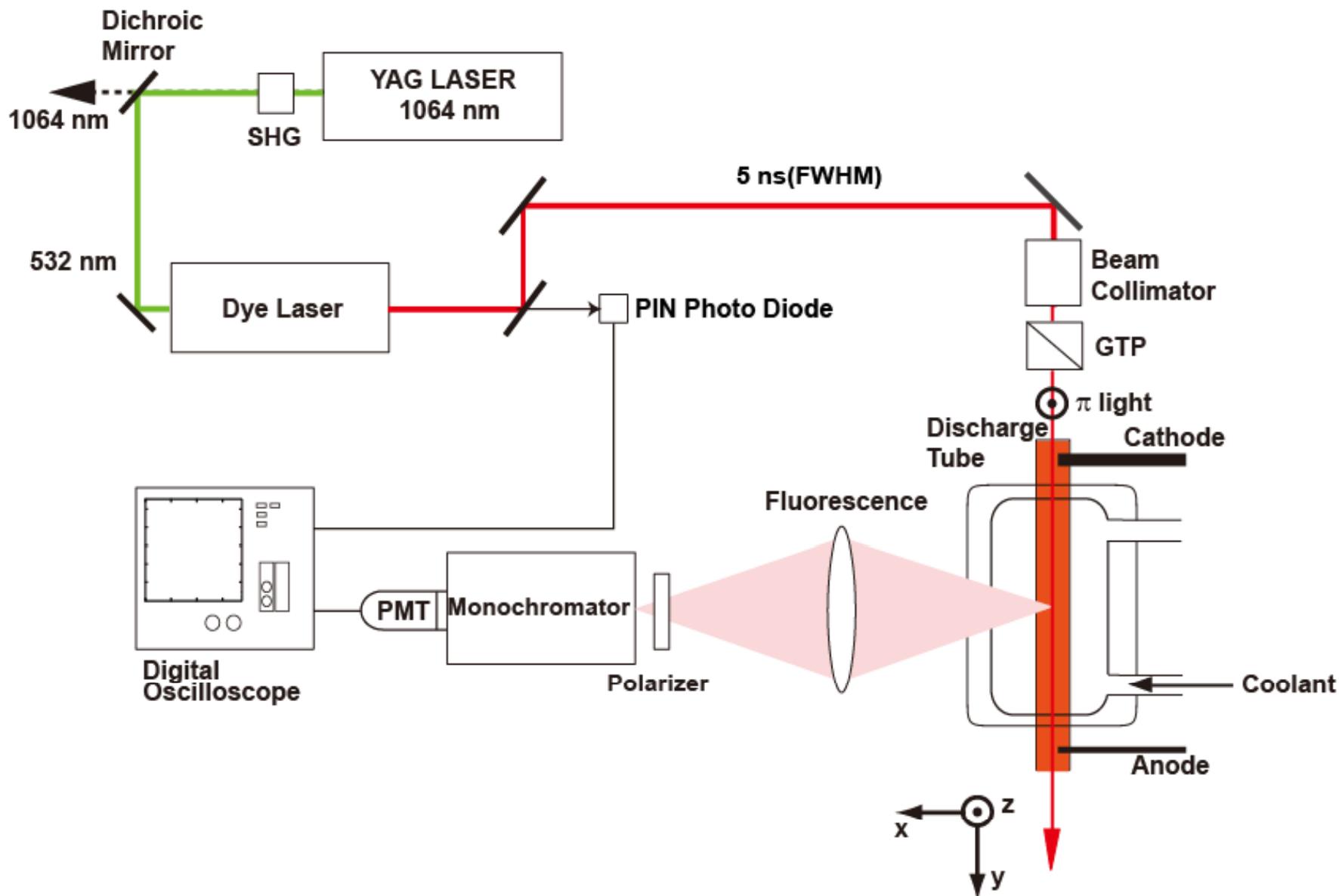
時間発展を観測すると...

原子衝突などにより緩和

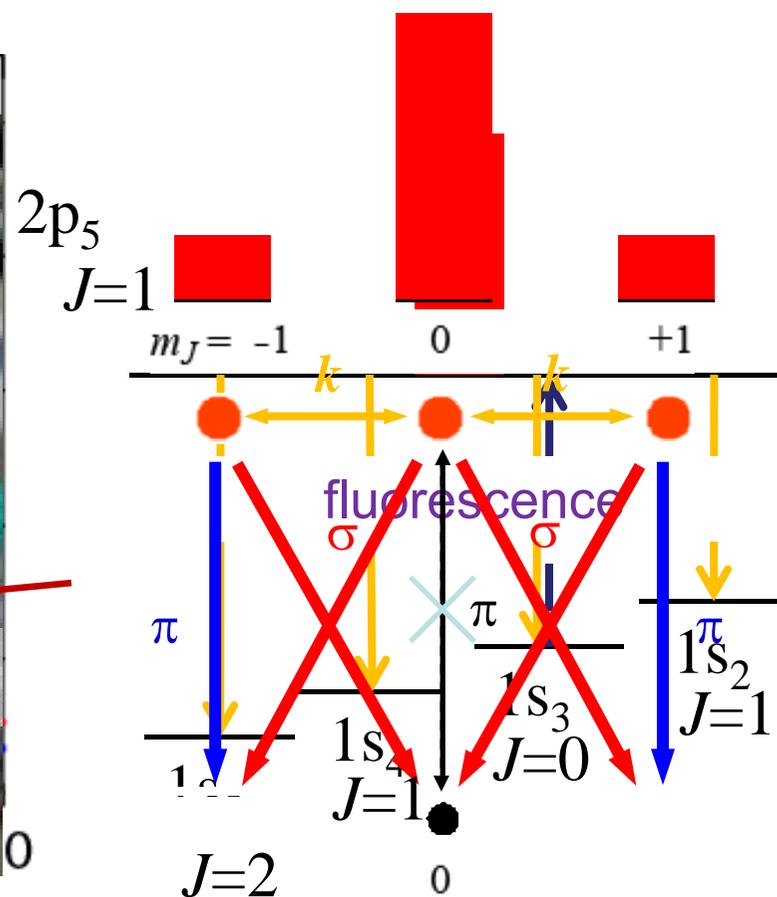
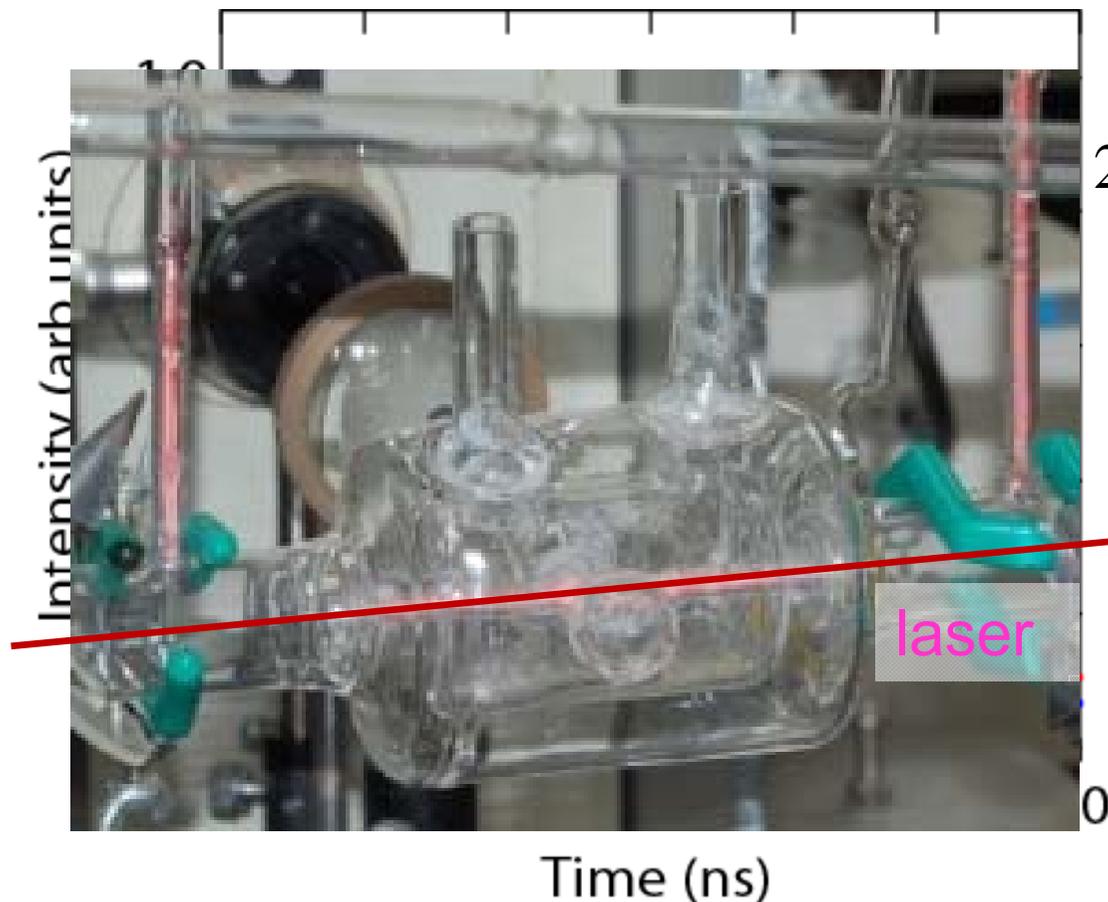
原子衝突による偏極緩和の測定は  
原子間ポテンシャルの  
非等方性を評価するのに有効

$M_J=0$ の状態のネオン原子に  
ヘリウム原子が等方的に衝突する  
際のアライメント緩和を観測

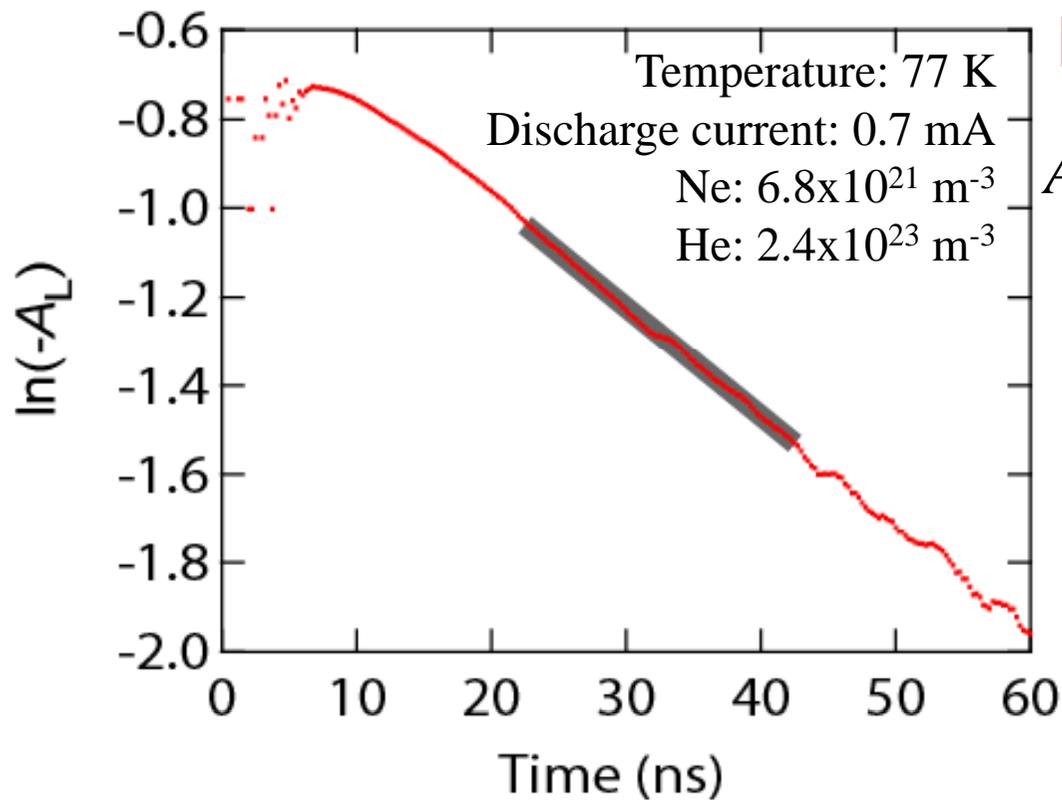
# 実験装置



# 蛍光の時間発展



## 縦アライメントの時間発展



## Longitudinal alignment

$$A_L \equiv \frac{I_\pi - I_\sigma}{I_\pi + 2I_\sigma} = -\frac{1}{2} \frac{n_0(t) - n_1(t)}{n_0(t) + 2n_1(t)}$$

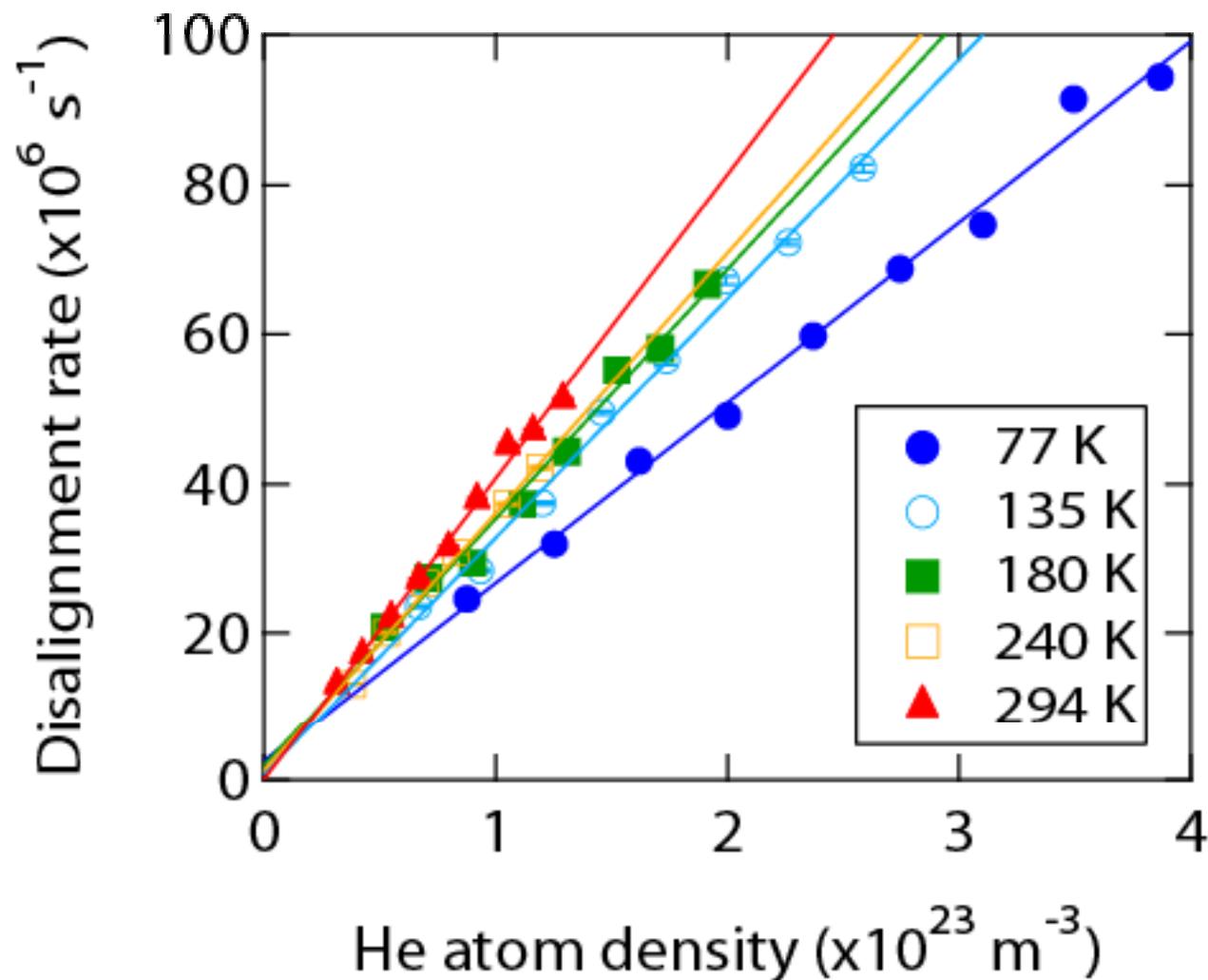
$$= -\frac{1}{2} \frac{n_0(0) - n_1(0)}{n_0(0) + 2n_1(0)} \exp(-3kt)$$

アライメント緩和速度

直線フィットの傾き

# アライメント緩和速度のヘリウム原子密度依存性

2p<sub>5</sub>準位の場合



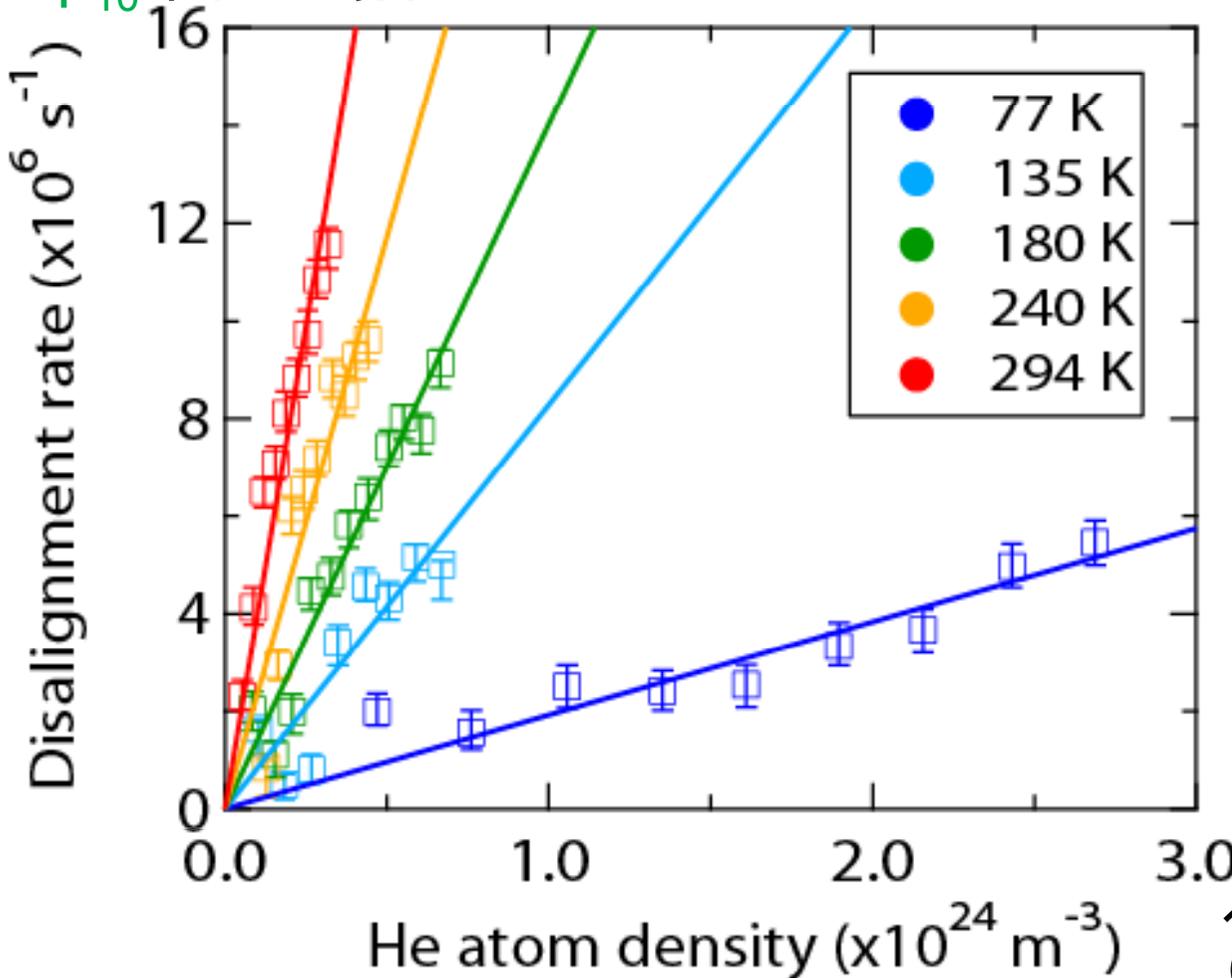
直線フィットの傾き



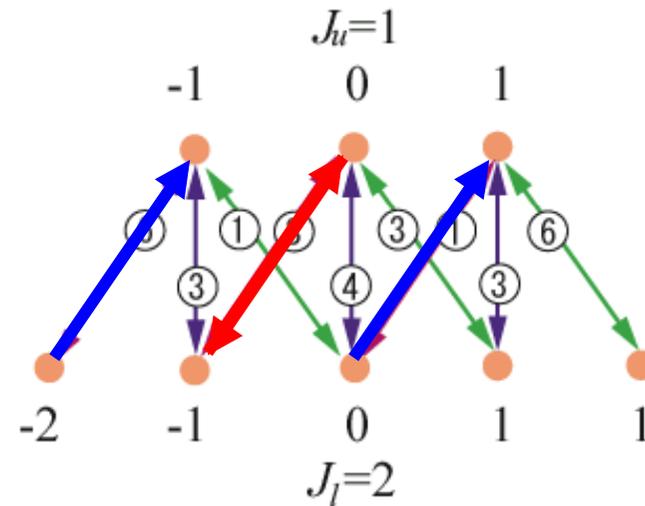
アライメント緩和  
速度係数

# 比較的小さいレートをもつものの実験の場合

2p<sub>10</sub>準位の場合



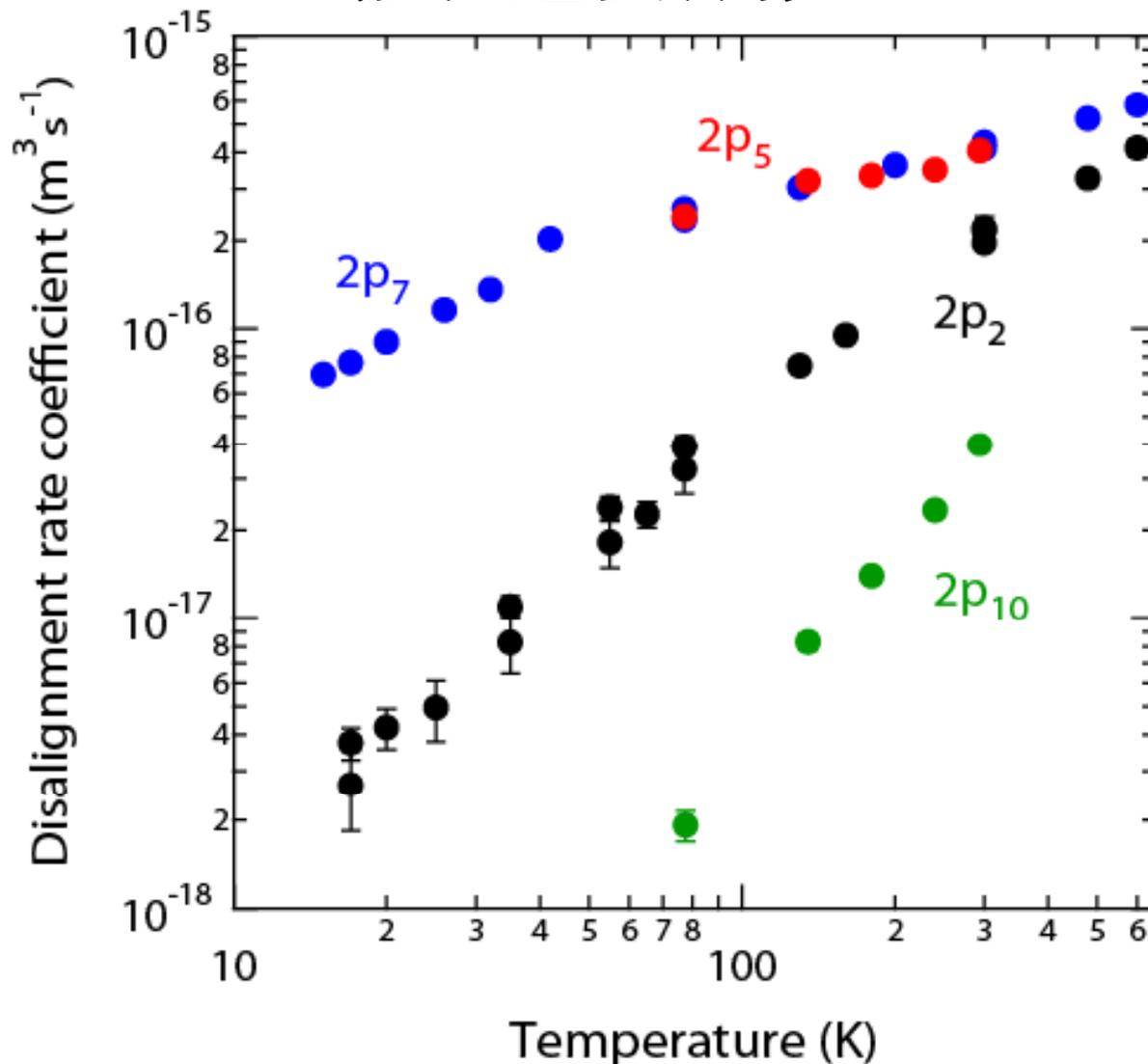
ふく射再吸収の寄与が  
支配的 or 同程度



ふく射再吸収の寄与を考慮  
(物理学会2010秋季大会)

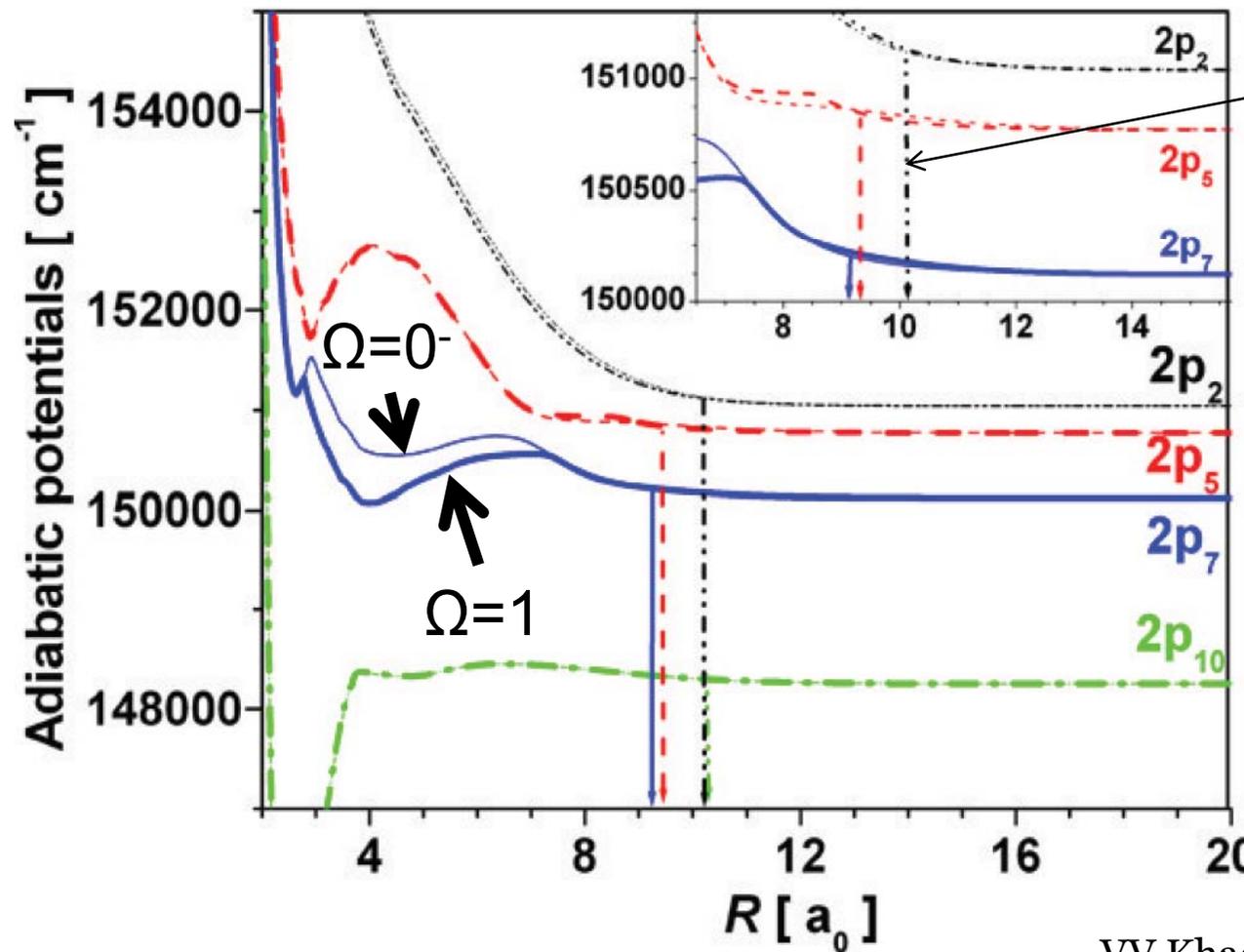
Matsukuma et al., *J. Phys. B* (submitted)

# ヘリウム原子衝突による アライメント緩和速度係数



温度に対する  
正の相関

# 原子間ポテンシャルと非断熱遷移



衝突エネルギー

10 meVの最近接点

非断熱遷移確率

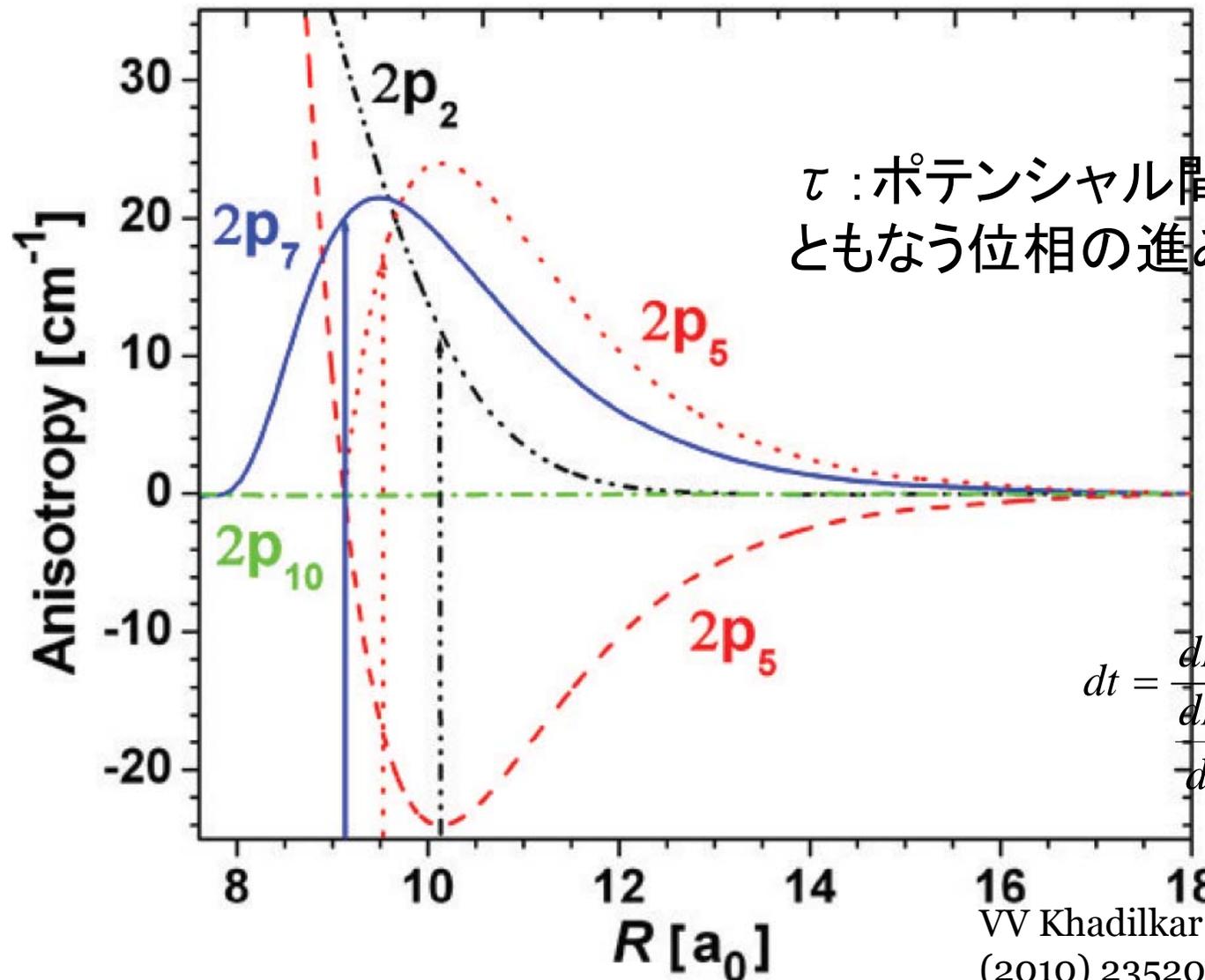
$$P \propto \sin^2 \tau$$

$$\tau = \frac{1}{\hbar} \int_0^t (V_1 - V_0) dt$$

$\tau$  : ポテンシャル間の  
エネルギー差にともなう  
位相の進みの差

VV Khadilkar and C Bahrim, J.Phys.B **43**  
(2010) 235209.より

# ポテンシャルの非等方性



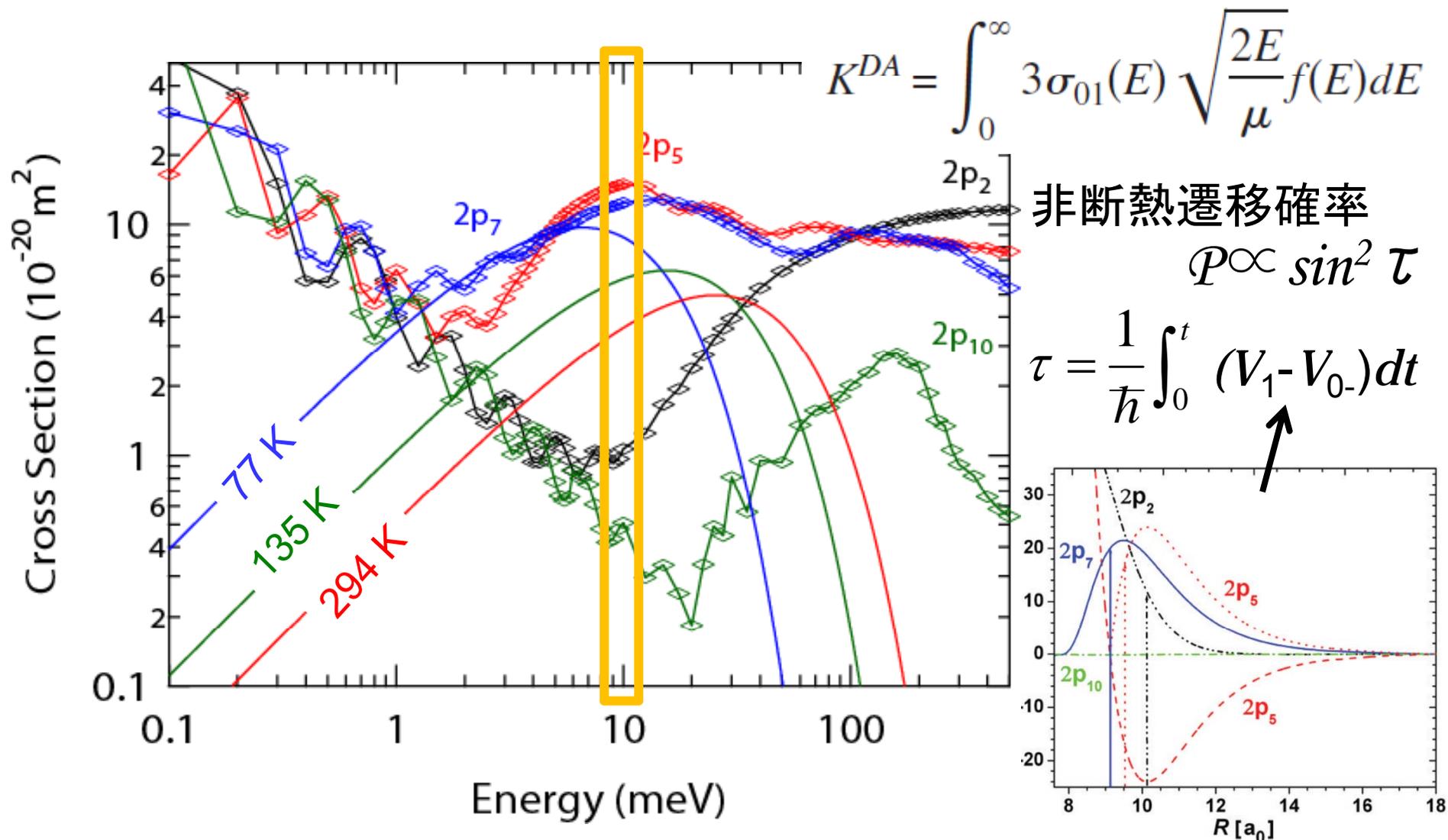
$\tau$  : ポテンシャル間のエネルギー差に  
ともなう位相の進みの差

$$\tau = \frac{1}{\hbar} \int_0^t (V_1 - V_0) dt$$

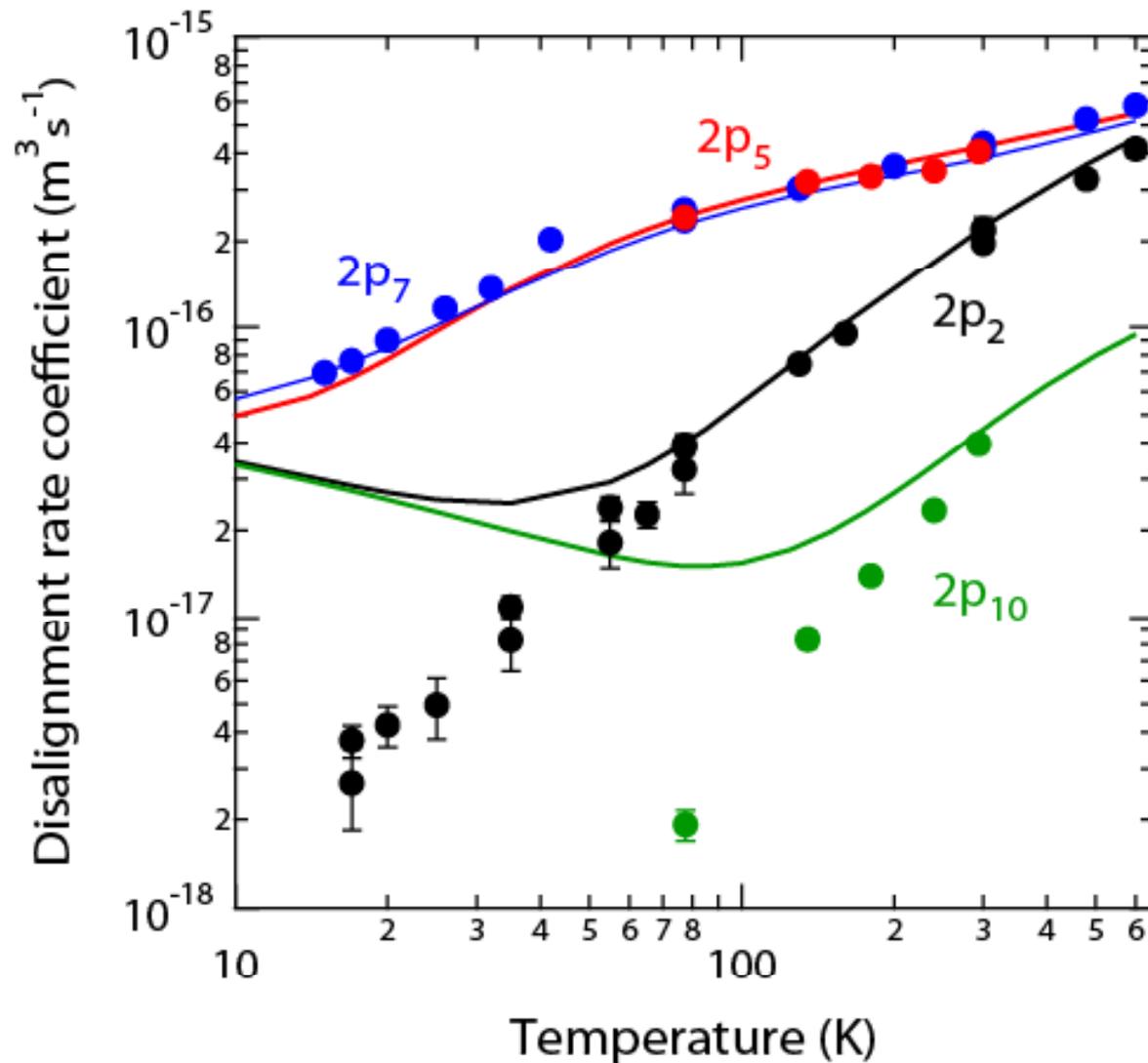
$$dt = \frac{dR}{\frac{dR}{dt}} = \frac{dR}{\pm \sqrt{\frac{2E}{\mu} \left( 1 - \frac{b^2}{R^2} - \frac{V}{R} \right)}}$$

VV Khadilkar and C Bahrim, J.Phys.B **43**  
(2010) 235209.より

# アライメント緩和断面積



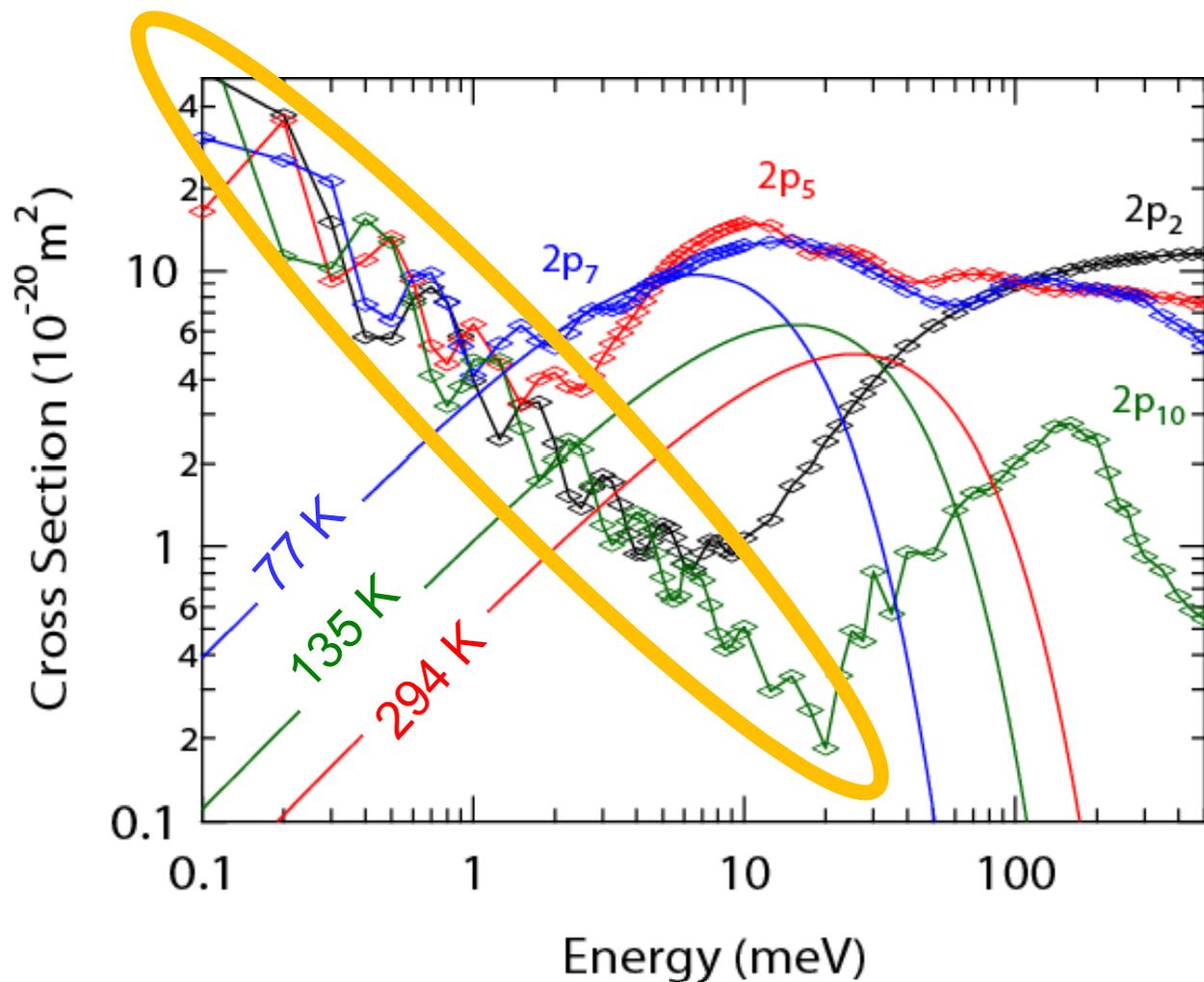
# ヘリウム原子衝突による アライメント緩和速度係数



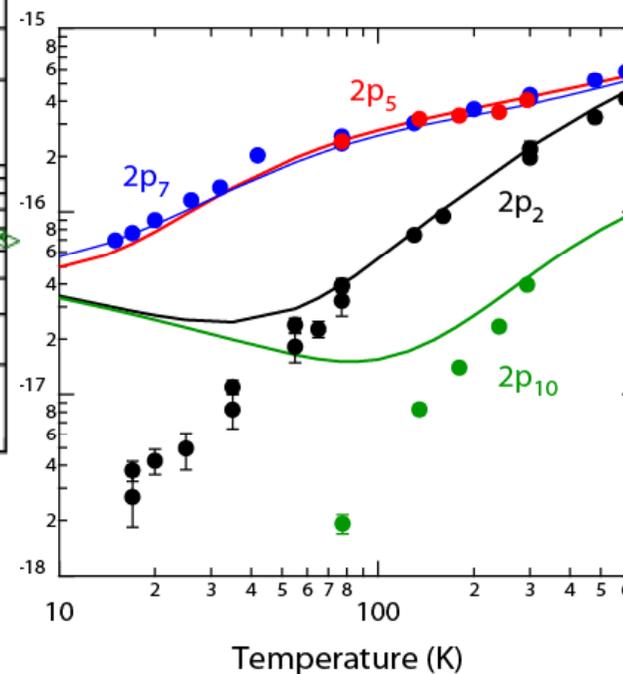
概ね良く一致

2p<sub>2</sub> ( $T < 77$  K),  
2p<sub>10</sub> ( $T < 294$  K)  
で不一致

# 断面積再び...



低温側で同じ値に収束している？



# まとめ

Ne( $2p^5 3p$ 電子配置,  $J=1$ )原子のHe原子衝突による  
アライメント緩和速度係数を測定した

理論と比較したところ $2p_2$ ( $T < 77$  K),  $2p_{10}$ 準位( $T < 294$  K)  
で不一致が見られた

低衝突エネルギー側で  
断面積がほぼ同じ値に収束している