

課題演習A5

自然における対称性



担当教員

理論(前期) : 萩野 浩一 (hagino.kouichi.5m_at_kyoto-u.ac.jp)

理論(後期) : 菅沼 秀夫 (suganuma_at_scphys.kyoto-u.ac.jp)

実験(通年) : 堂園 昌伯 (dozono.masanori.6v_at_kyoto-u.ac.jp)

ゼミ・実験室 6号館 307号室

ミクロな世界での対称性を確かめてみよう！

- 量子論では同種粒子は**区別できない**

- 粒子の入れ替えに対して

$$\begin{aligned}\Psi(x_1, x_2) &= \Psi(x_2, x_1) \\ &= \frac{1}{\sqrt{2}}[\phi_1(x_1)\phi_2(x_2) + \phi_1(x_2)\phi_2(x_1)]\end{aligned}$$

波動関数が**対称**



ボーズ粒子

^{12}C 、 ^4He 、光子、 π 中間子、などなど

$$\begin{aligned}\Psi(x_1, x_2) &= -\Psi(x_2, x_1) \\ &= \frac{1}{\sqrt{2}}[\phi_1(x_1)\phi_2(x_2) - \phi_1(x_2)\phi_2(x_1)]\end{aligned}$$

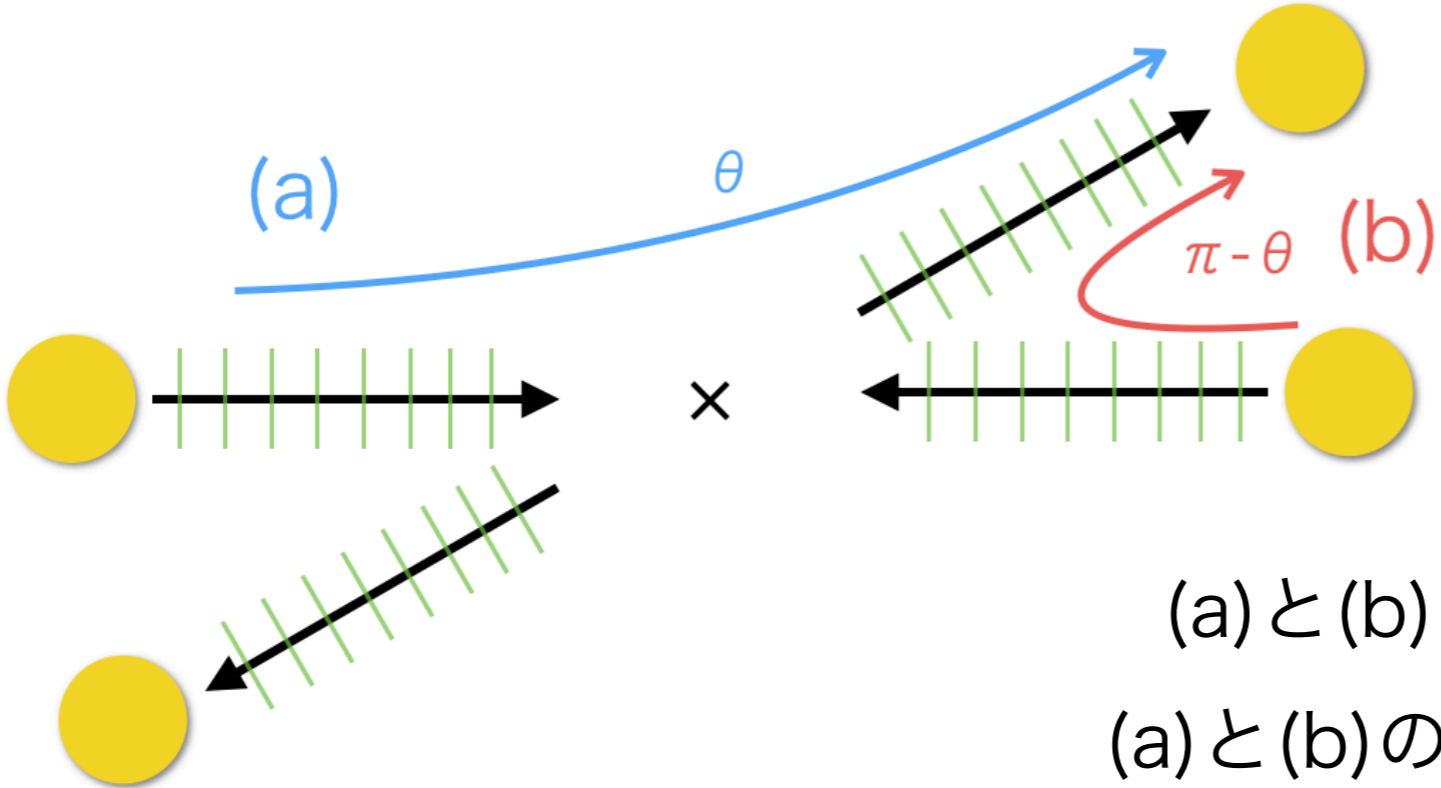
波動関数が**反対称**



フェルミ粒子

^{13}C 、 ^3He 、電子、核子、などなど

同種粒子同士で散乱を起こすと、、、

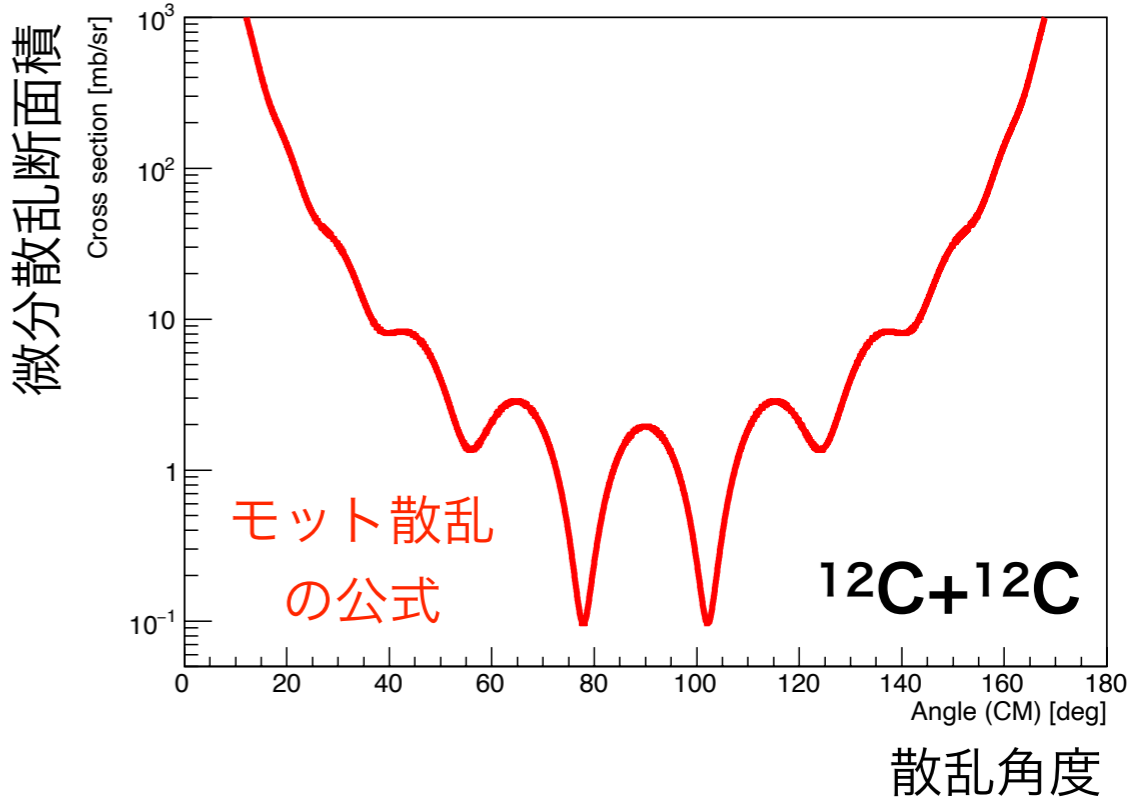


$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = |f(\theta) \pm f(\pi - \theta)|^2$$

(a)と(b)どちらが起きたか区別できない
 (a)と(b)の重ね合わせの結果**干渉**が起こる

ミクロな世界での対称性を 目に見える形で体感できる！

- 実験では、以下の3種類の散乱を測定
- ボーズ粒子同士の散乱： $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$
 - フェルミ粒子同士の散乱： $^{13}\text{C} + ^{13}\text{C}$
 - 異種粒子の散乱： $^{12}\text{C} + ^{13}\text{C}$

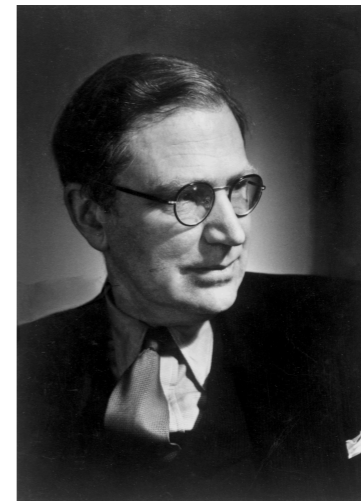


理論(隔週)

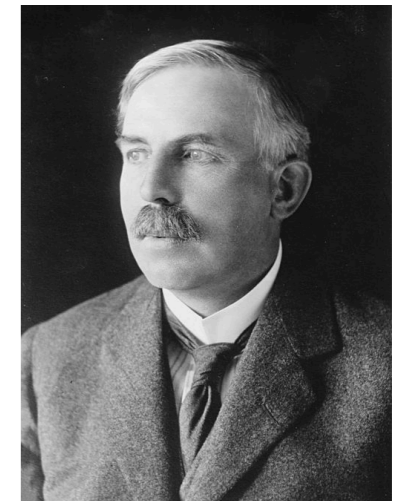
量子力学(の基礎)を マスターできます！

・ゼミ形式の輪講

- 量子力学における対称性
- 角運動量とボゾン・フェルミオン
- 多体系の量子力学 ~原子と原子核~
- 散乱の量子論
 - 一般論、クーロン散乱とラザフォードの公式、電子散乱とモットの公式、原子核散乱とブリア模型



Mott



Rutherford

ゼミのテキスト (昨年度の例)

1. **坂井典祐著「量子力学II」** 12,13,15章
「散乱の運動学」、「球対称ポテンシャルでの散乱」、「スピンと統計性」
2. **W.M.Gibson著 “The Physics of Nuclear Reactions”** Chap.5
“Wave-Mechanical Theory of Scattering”
3. **メシア著「量子力学2」** 14章「同種粒子系、パウリの排他原理」
4. **論文 “Heavy-ion Reaction Mechanisms. Elastic Scattering Data”**

実験(毎週) 加速器を使った実験ができます！

• 実験演習(毎週)とゼミ形式の輪講(隔週)

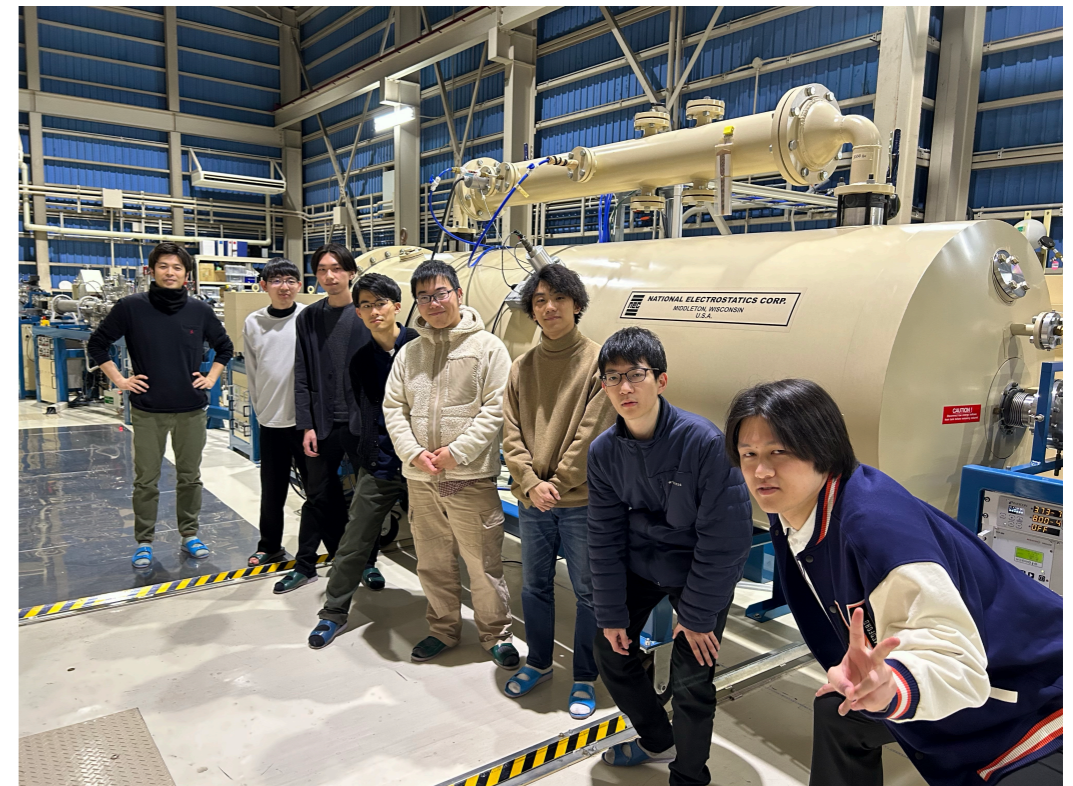
- 実験に必要な知識 (散乱の運動学、荷電粒子と物質との相互作用、誤差論)
- 実験技術 (検出器、電子回路、真空装置など)
- データ解析 (プログラミング)

• 加速器を使った実験 @ 宇治キャンパス 1回

- ボーズ粒子同士の散乱 ($^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$)
- フェルミ粒子同士の散乱 ($^{13}\text{C}+^{13}\text{C}$)
- 異種粒子の散乱 ($^{12}\text{C}+^{13}\text{C}$)

2023年度後期の学生さんたちと

タンデム型静電加速器
@宇治(工学部)



まとめ

- 量子力学を極めたい人
- 加速器を使った実験に興味のある人
- いろいろ体験してみたい人
(検出器、回路、試料製作、プログラミング、などなど、、、)

は、ぜひ課題演習A5へ！

**好奇心旺盛な人、やる気のある人、
待っています！**