課題研究 P1, P2の紹介

スタッフ

P1 : (理論)　福間、川合 (実験) 市川

P2 : (理論)　吉岡、畑 (実験) 隅田、中家

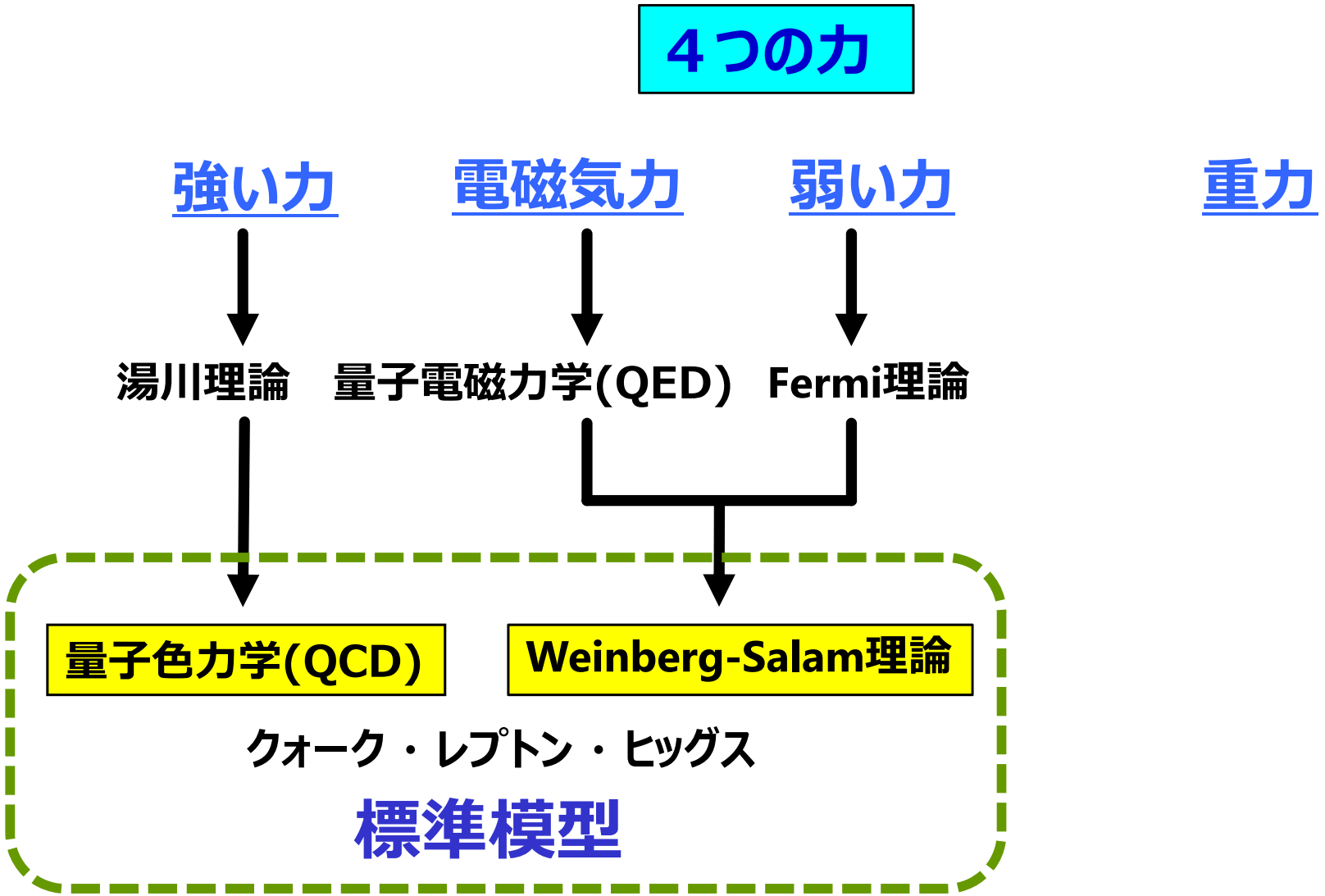
1. P1,P2での理論ゼミ紹介 福間
2. 素粒子実験とは？　市川

---

3. P1実験紹介　市川
4. P2実験紹介　隅田

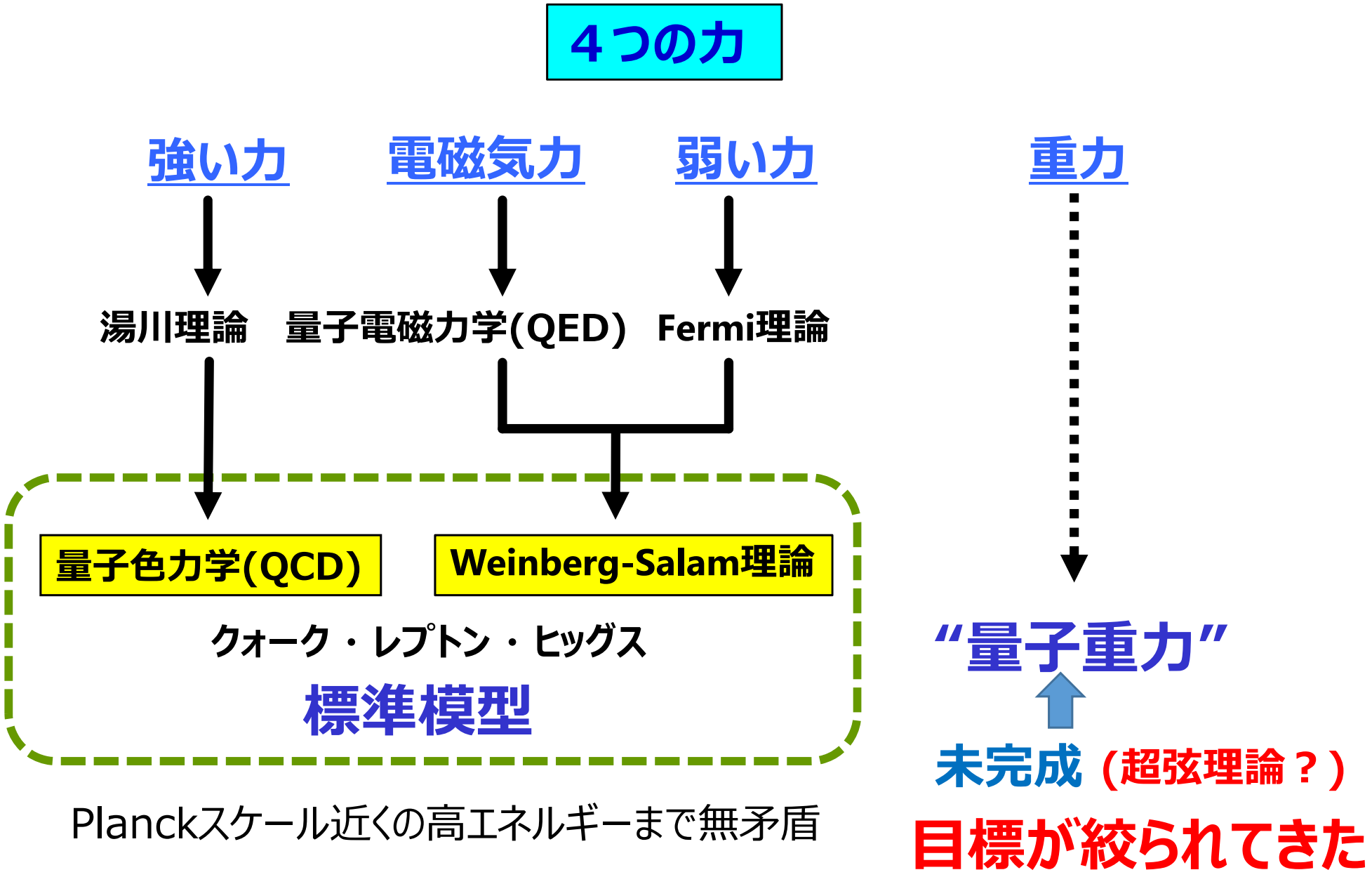
P1とP2の理論ゼミ

素粒子論の現状



Planckスケール近くの高エネルギーまで無矛盾

素粒子論の現状


４つの力
強い力
電磁気力
弱い力
重力
湯川理論
量子電磁力学(QED)
Fermi理論
量子色力学(QCD)
Weinberg-Salam理論
クォーク・レプトン・ヒッグス
標準模型
“量子重力”
未完成（超弦理論？）
Planckスケール近くの高エネルギーまで無矛盾
目標が絞られてきた

P1とP2の理論ゼミ

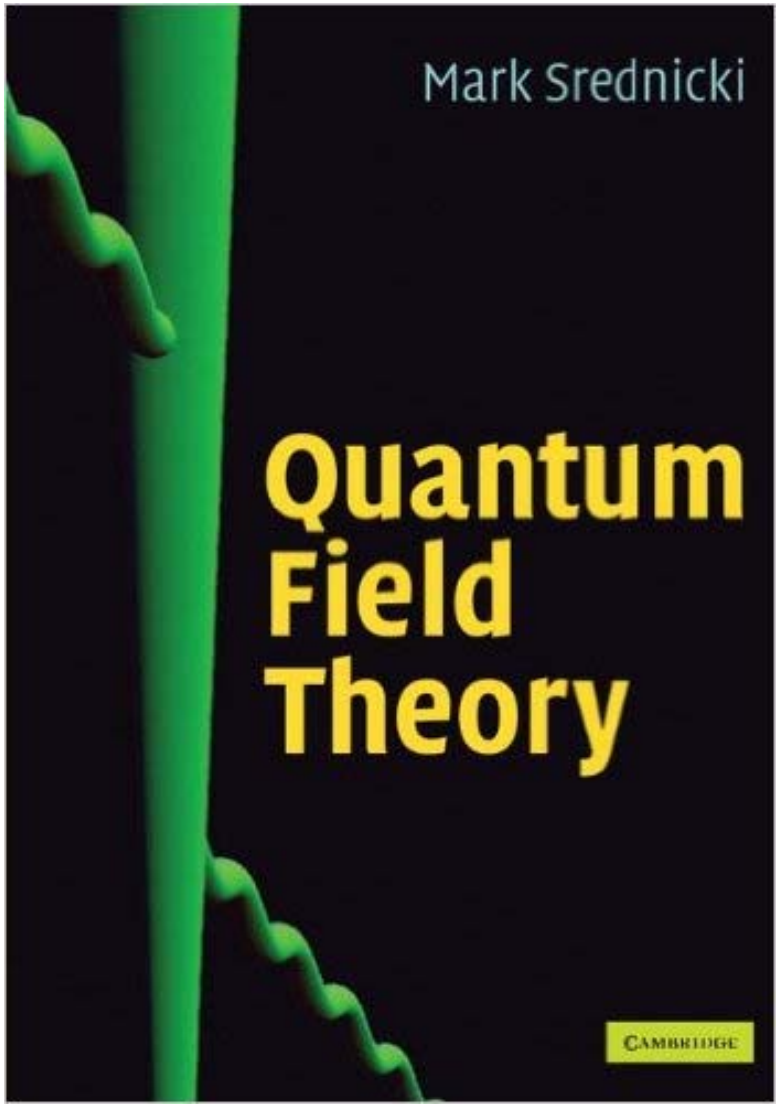
■やること

『**相対論的場の量子論**』の勉強

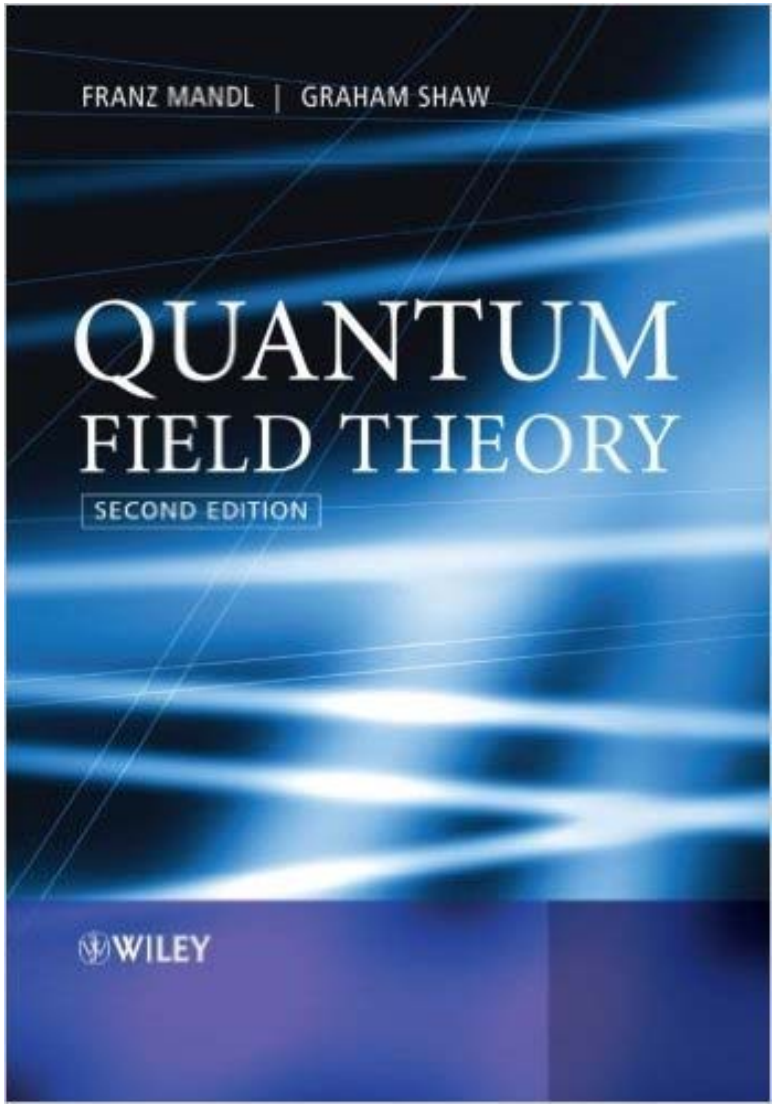
- 素粒子論の基本言語
- 教科書(英語)を輪読して勉強

【日時】　毎週月曜日の午後（１時半～５時くらい）
【内容】　担当発表者による説明＋みんなで議論
【前提】　量子力学と特殊相対論

今年度使っていた本



Srednicki



Mandal & Shaw

素粒子物理学とは？

物質、時空、宇宙の成り立ちを、とことん

理解しようとする試み。 まだまだわかっていないことだらけ

- ✓ 物質の最小構成要素は？

  クォークとレプトン？ その起源は？

- ✓ 質量の起源は？ ヒッグス機構？

- ✓ 力(相互作用)の起源は？

  大統一？

- ✓ 宇宙の起源は？

反物質が消えて物質が残ったのはなぜ？

インフレーションの種は？

素粒子物理学実験とは？

物質、時空、宇宙の成り立ちを、実験でとことん

理解しようとする試み

- ✓ 物質の最小構成要素は？

  クォークとレプトン？　その起源は？　パターンに鍵？　超対称粒子？

- ✓ 質量の起源は？　ヒッグス機構？　ヒッグス粒子の正体？

- ✓ 力(相互作用)の起源は？

  大統一？　陽子は崩壊する？

- ✓ 宇宙の起源は？

  反物質が消えて物質が残ったのはなぜ？　重いニュートリノの崩壊？

  インフレーションの種は？　原子重力波？

素粒子物理学実験とは？

目的を達成するためには、**手段を選ばない**

エネルギーを上げる、強度を上げる、地下に潜る、カナリア諸島に行く、でかい検出を作る、極低温に冷やす……

京大高エネルギー物理学研究室では、ニュートリノ振動、宇宙背景放射測定、LHC-ATLAS、K中間子稀崩壊、新しい検出器開発等に取り組んでいる

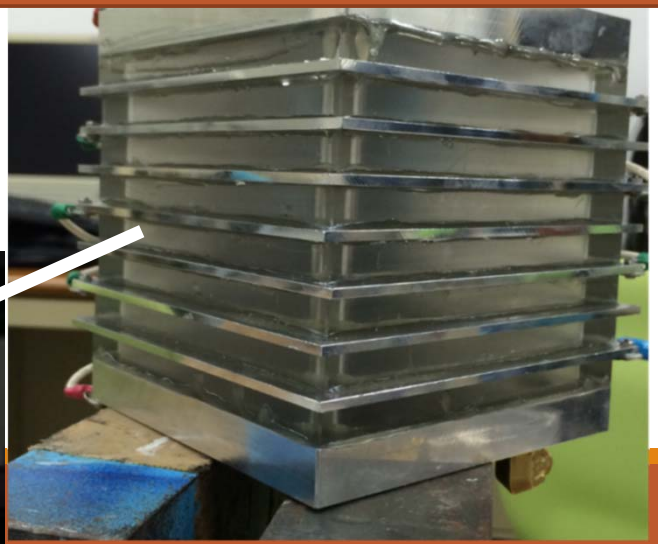
目的のためには手段を選ばない（=自分の経験の範囲にとらわれない）、という態度は、将来生きていく上で貴重なスキル！

P1: 自然における相互作用I
前期：実験ゼミ+簡単な実験

- 週一回 (金曜午後)
- 机上の理論が、実際の自然を記述していることを実感してもらう。
  - ✓ 磁場、電場は、Maxwell方程式が記述する仮想のものではなく、実際の電気製品(電波、電流)を動かすもの
  - ✓ 物を実際に作る。
- 手作りすることで、身の回りを科学的に楽しむ方法を学ぶ。
- 後期にどういう実験をしたら面白いか、考える。

手作り8kVパルス電源

手作りスパークチェンバー



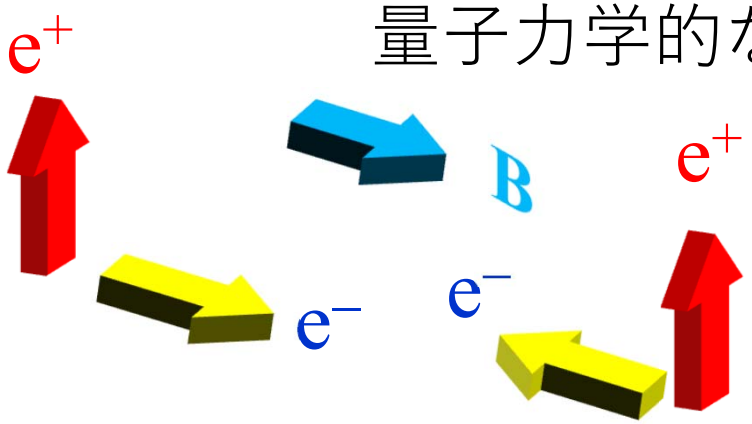
P1 卒業研究(実験・後期)

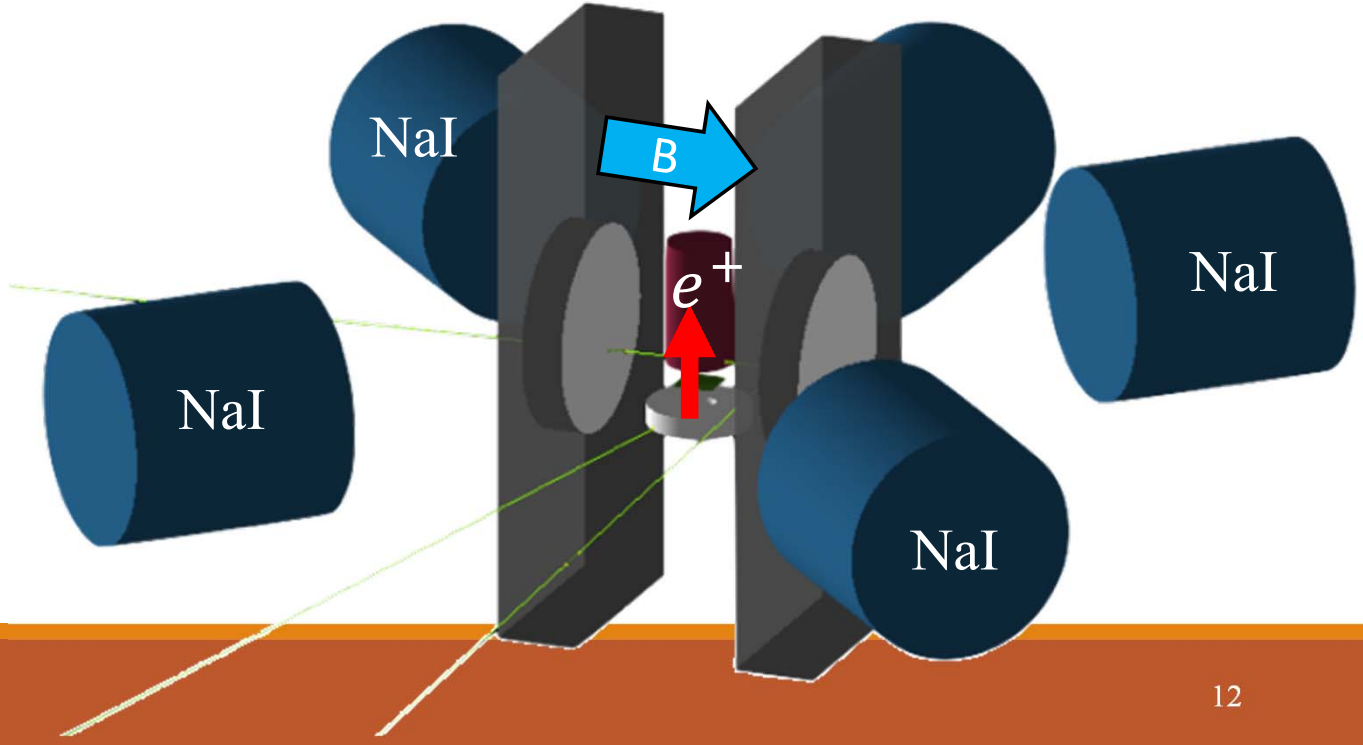
素粒子物理に関係ある研究テーマを決め半年かけて実験

- 2〜3チームに分かれて、別々のテーマで実験
- 実験計画、装置の設計、製作、データ収集・解析までを自分たちで行う。
- 過去の例
  - 宇宙線を用いたミューオンg-2の測定
  - ポジトロニウムの量子振動
  - リングチェレンコフ検出器の製作
  - ワイヤーチェンバーの製作
  - スパークチェンバーの製作
  - ねじり秤による重力の測定
  - ラムシフトの測定

ポジトロニウムの量子振動による超微微細構造の測定

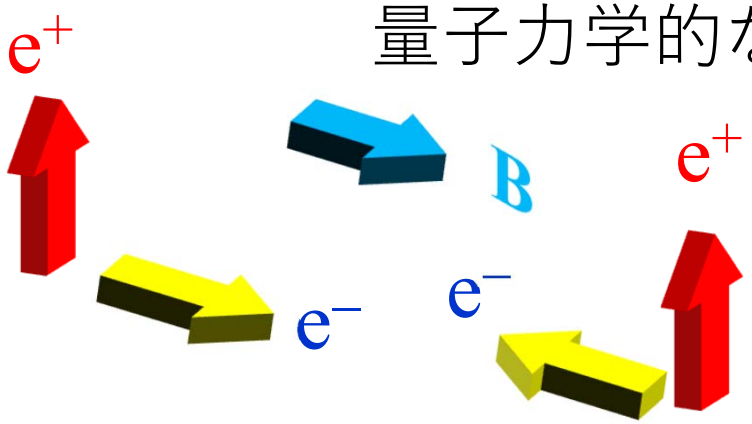
量子力学的な歳差運動を利用

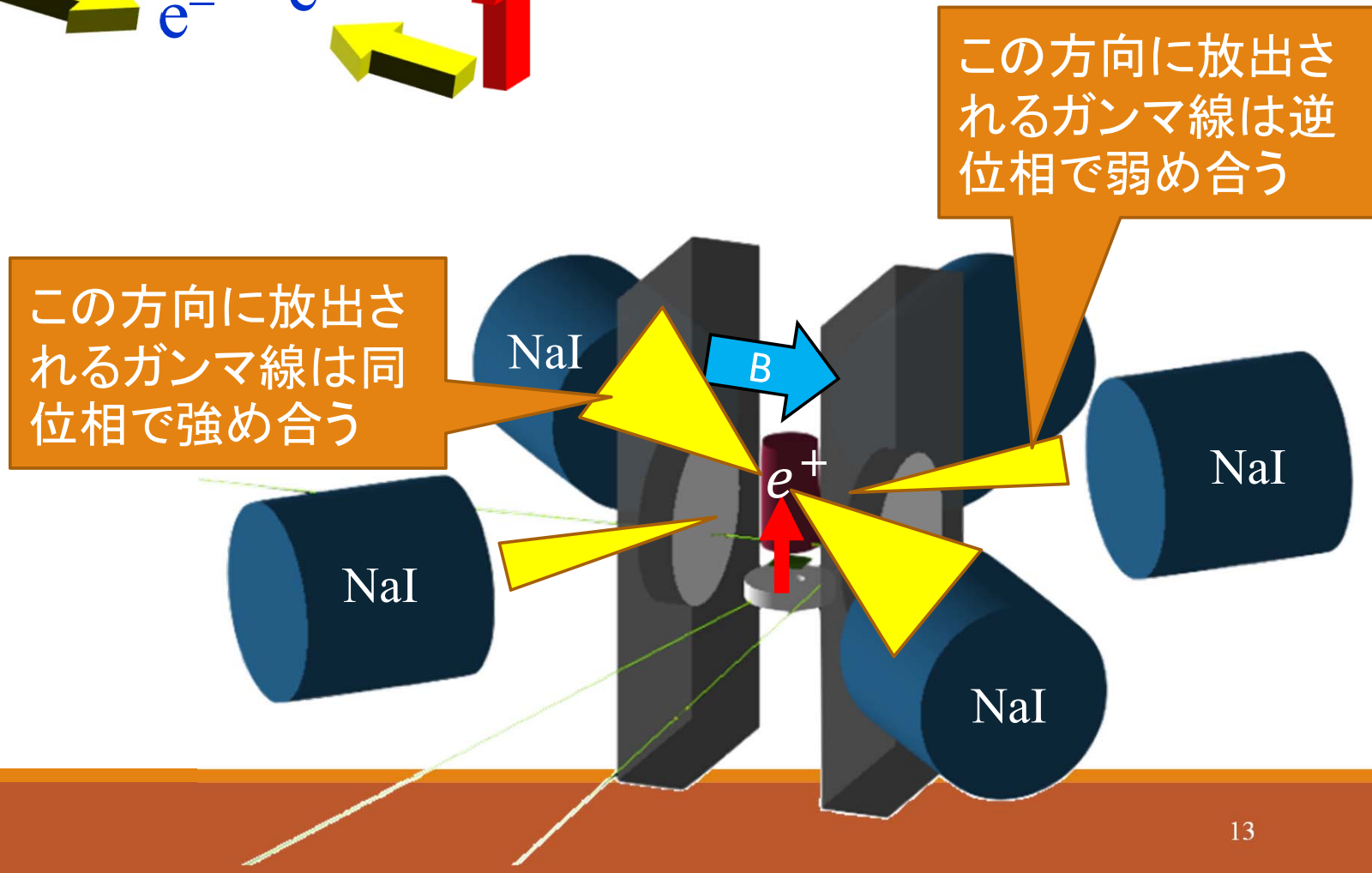




ポジトロニウムの量子振動による超微微細構造の測定

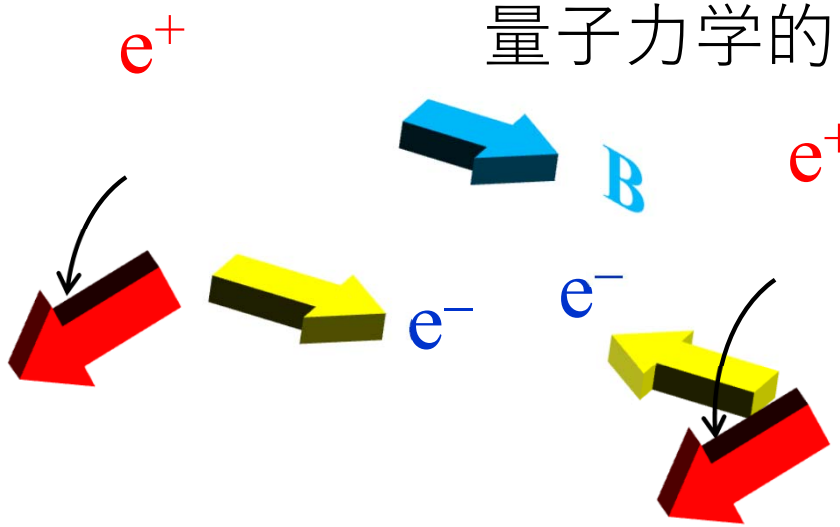
量子力学的な歳差運動を利用

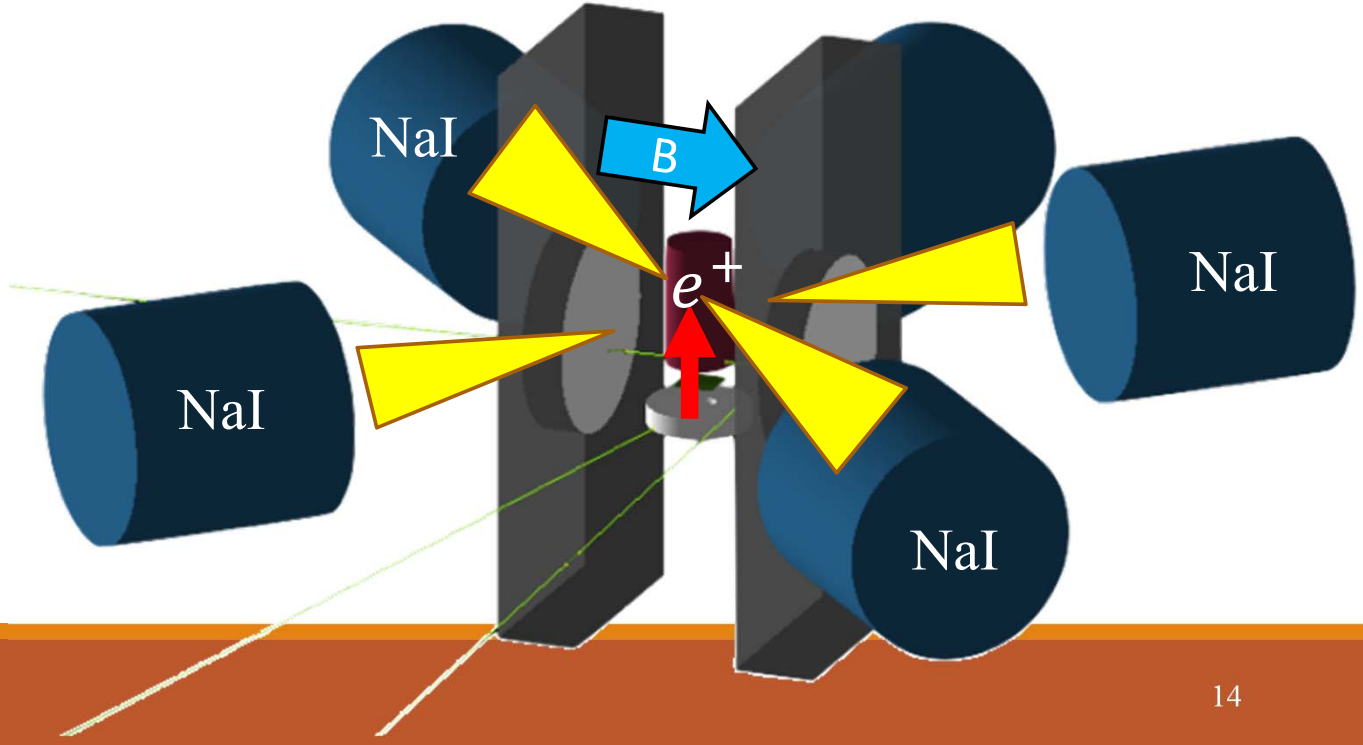




ポジトロニウムの量子振動による超微微細構造の測定

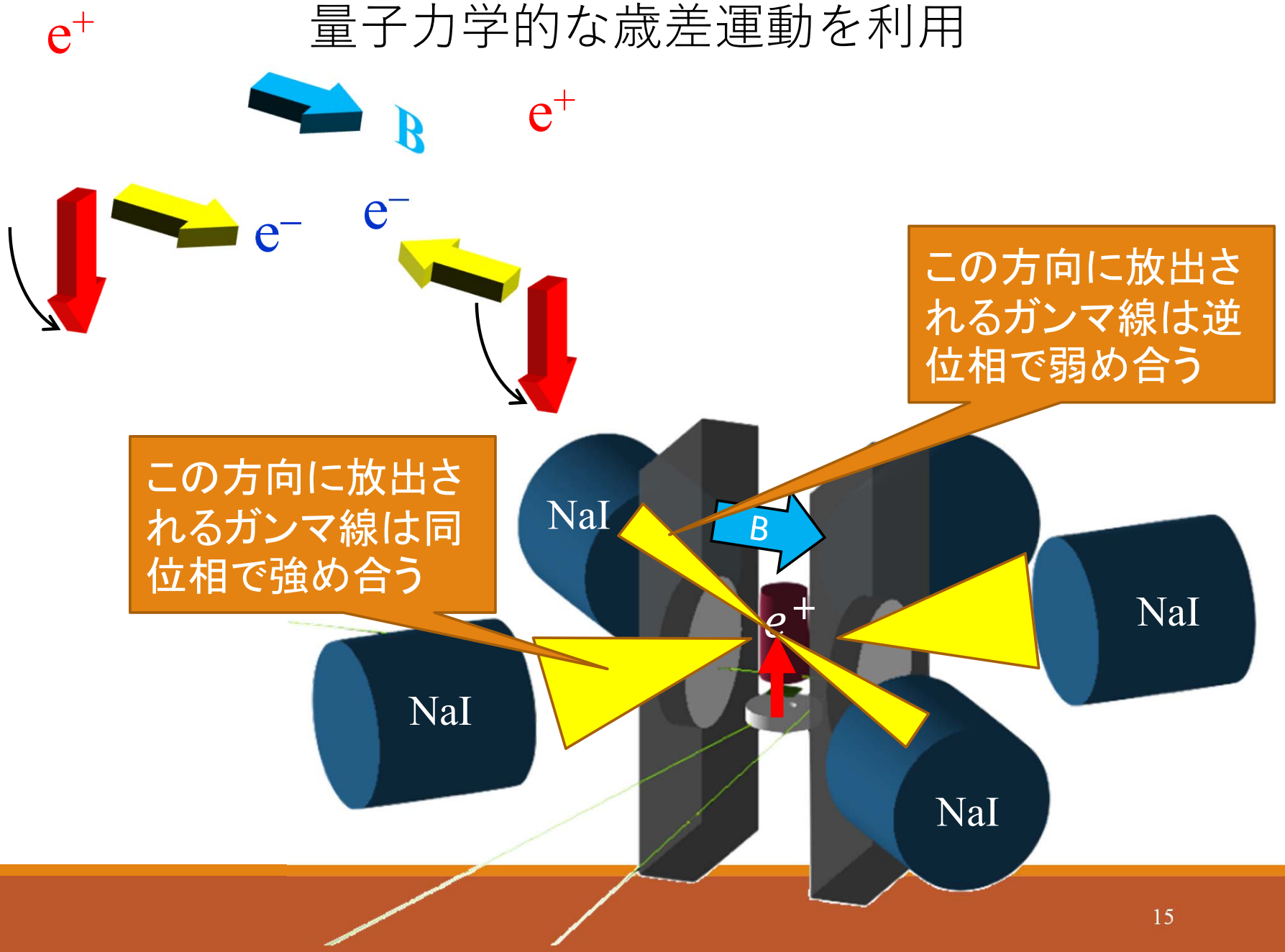
量子力学的な歳差運動を利用





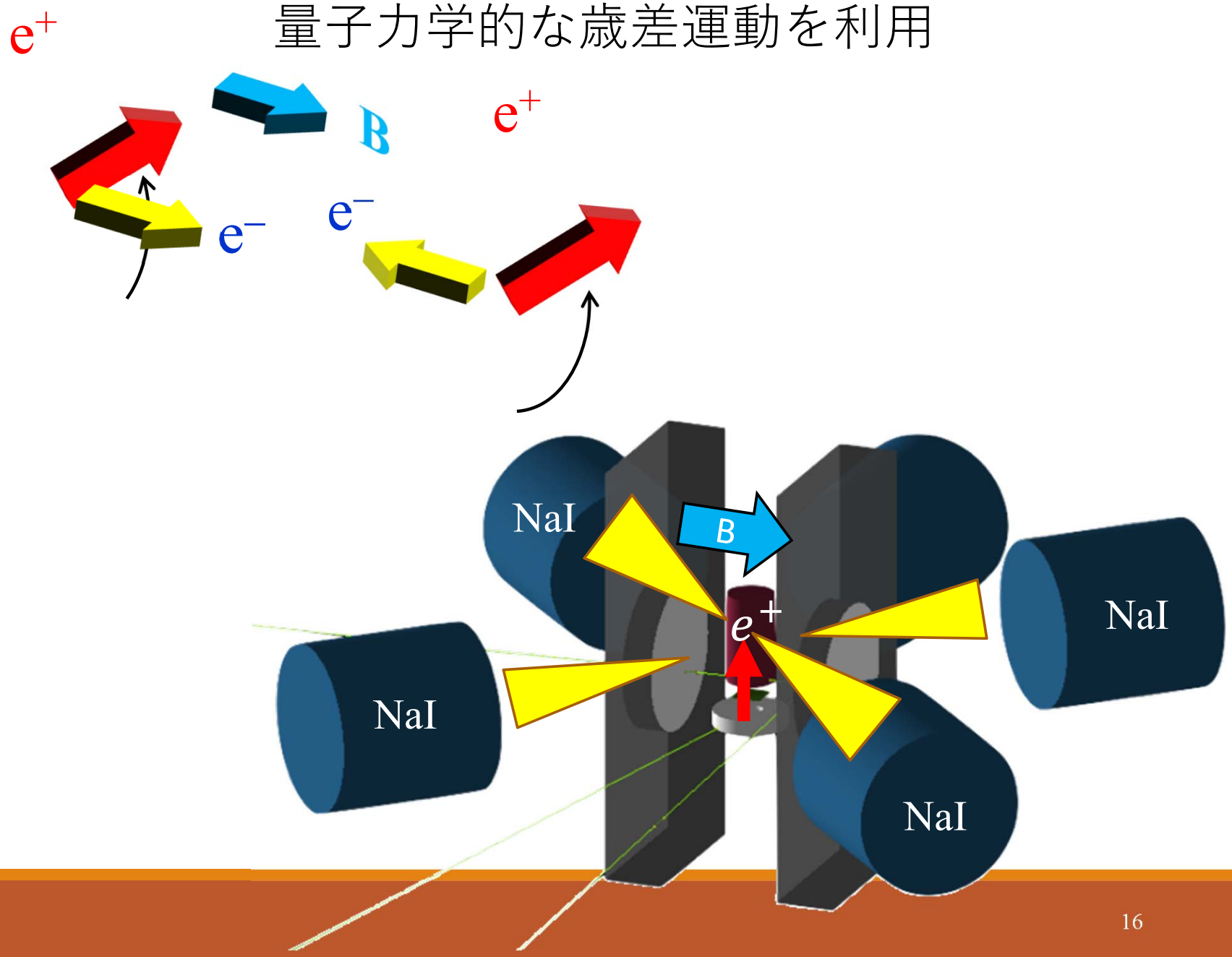
ポジトロニウムの量子振動による超微微細構造の測定

量子力学的な歳差運動を利用



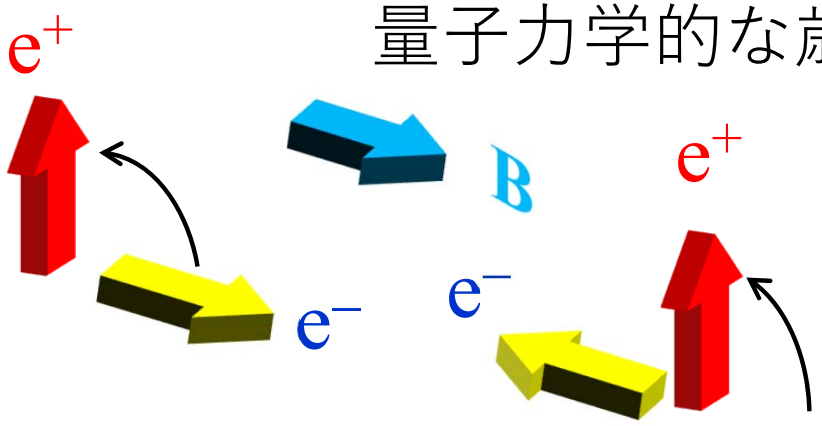
ポジトロニウムの量子振動による超微微細構造の測定

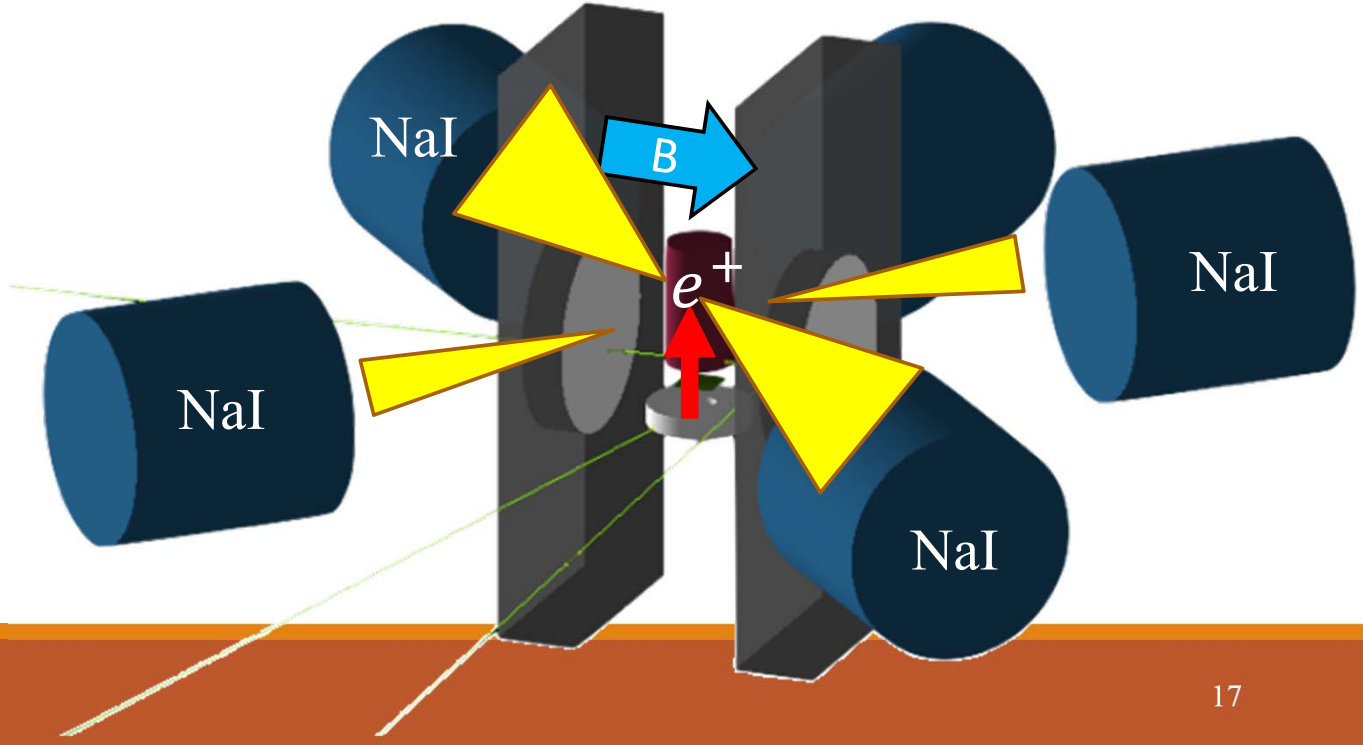
量子力学的な歳差運動を利用



ポジトロニウムの量子振動による超微微細構造の測定

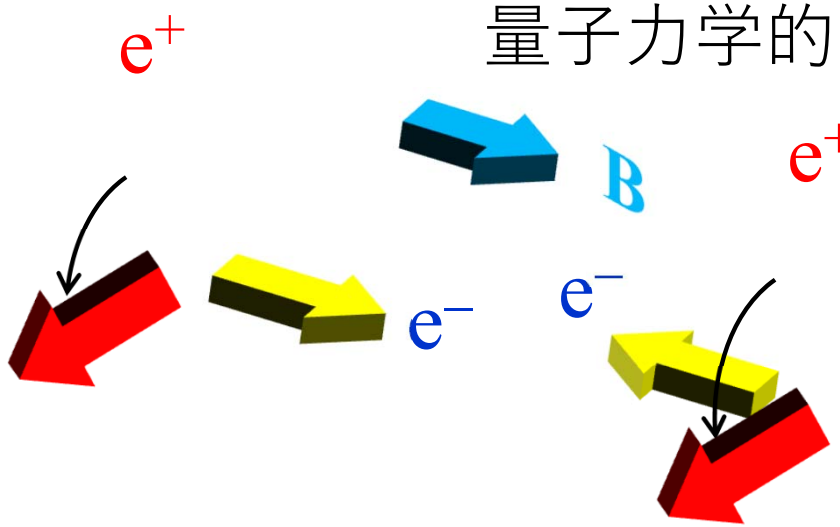
量子力学的な歳差運動を利用

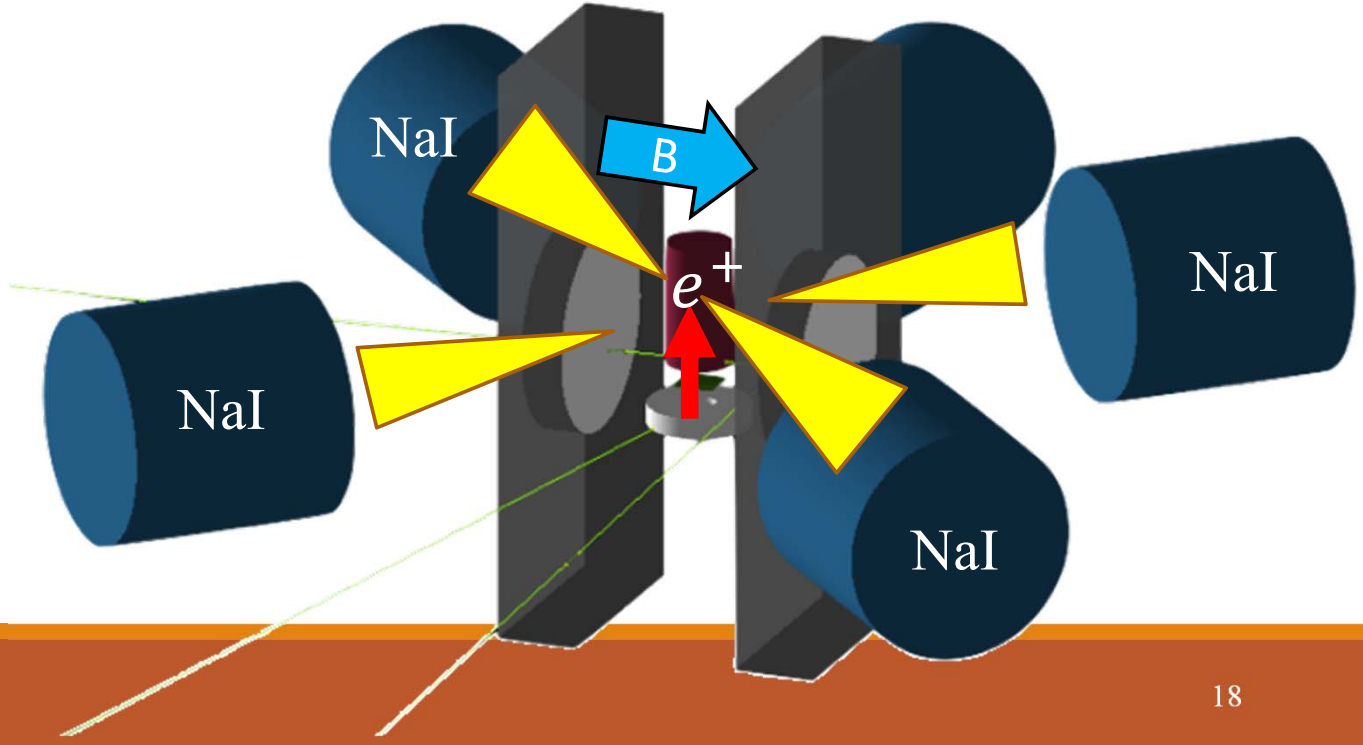




ポジトロニウムの量子振動による超微微細構造の測定

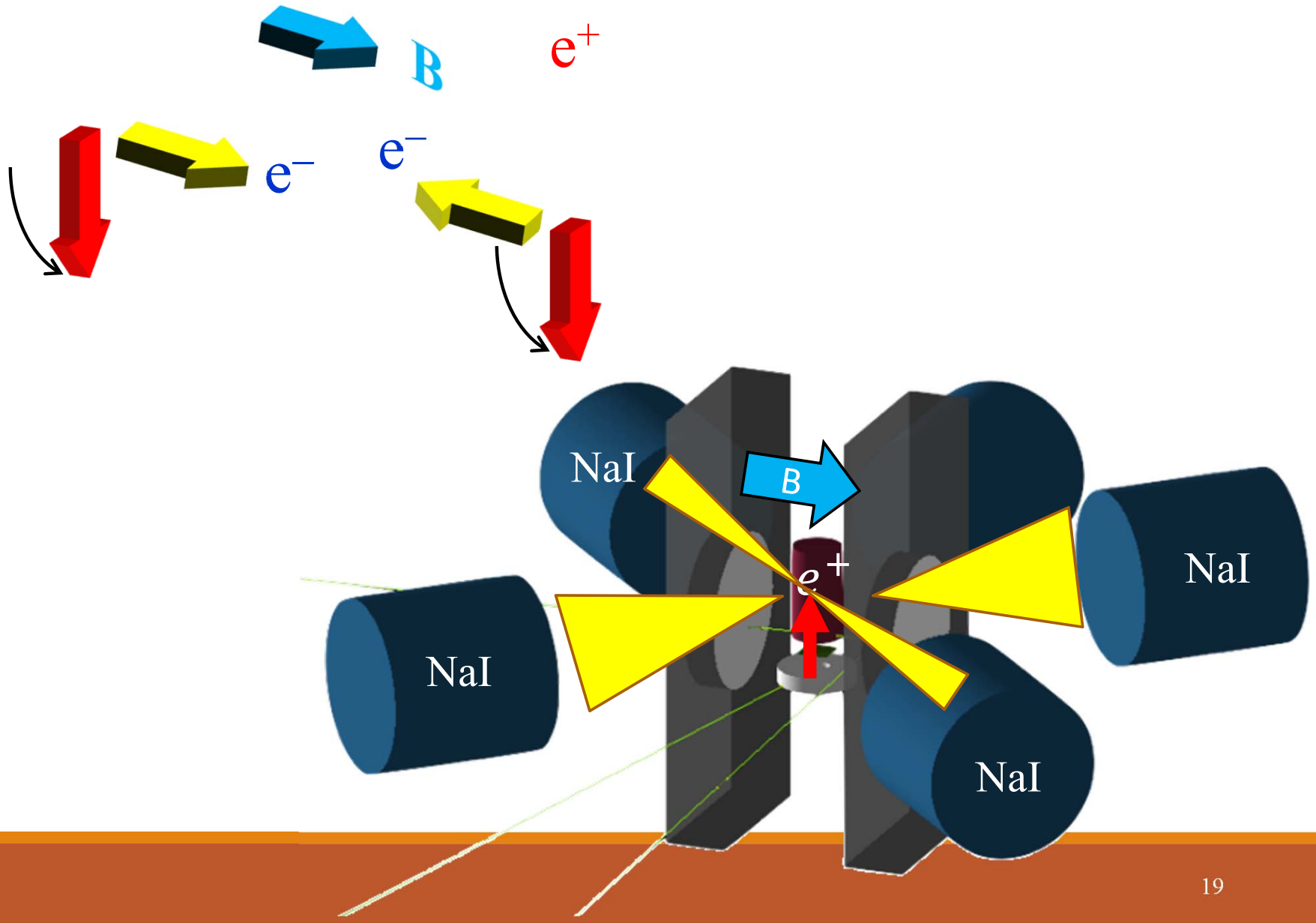
量子力学的な歳差運動を利用





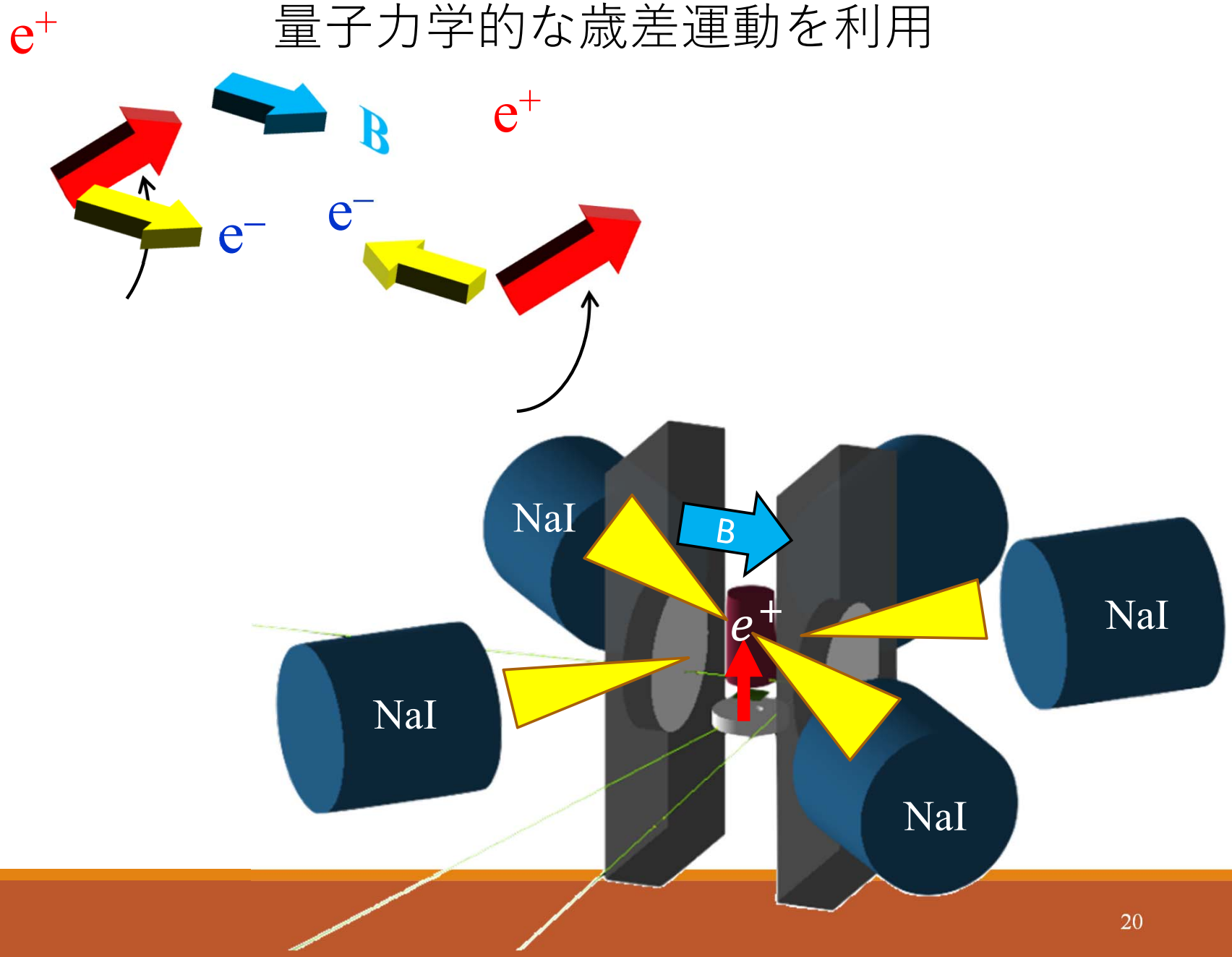
ポジトロニウムの量子振動による超微微細構造の測定

量子力学的な歳差運動を利用



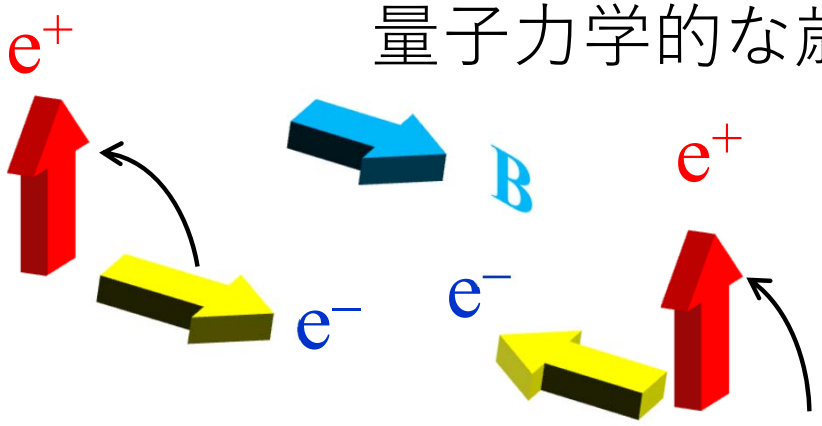
ポジトロニウムの量子振動による超微微細構造の測定

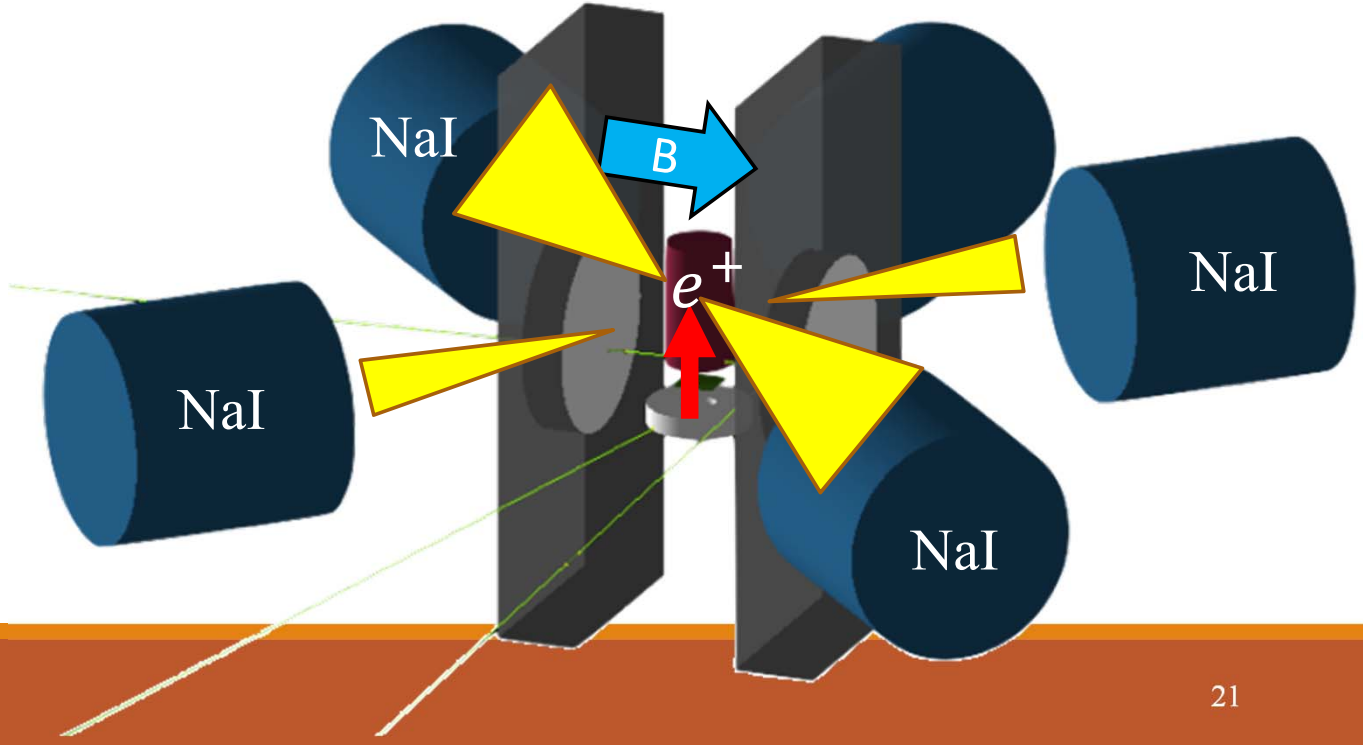
量子力学的な歳差運動を利用



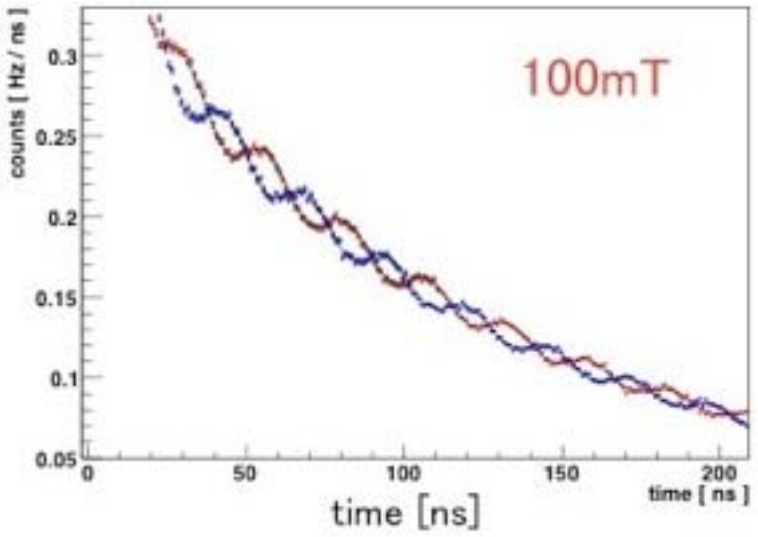
ポジトロニウムの量子振動による超微微細構造の測定

量子力学的な歳差運動を利用



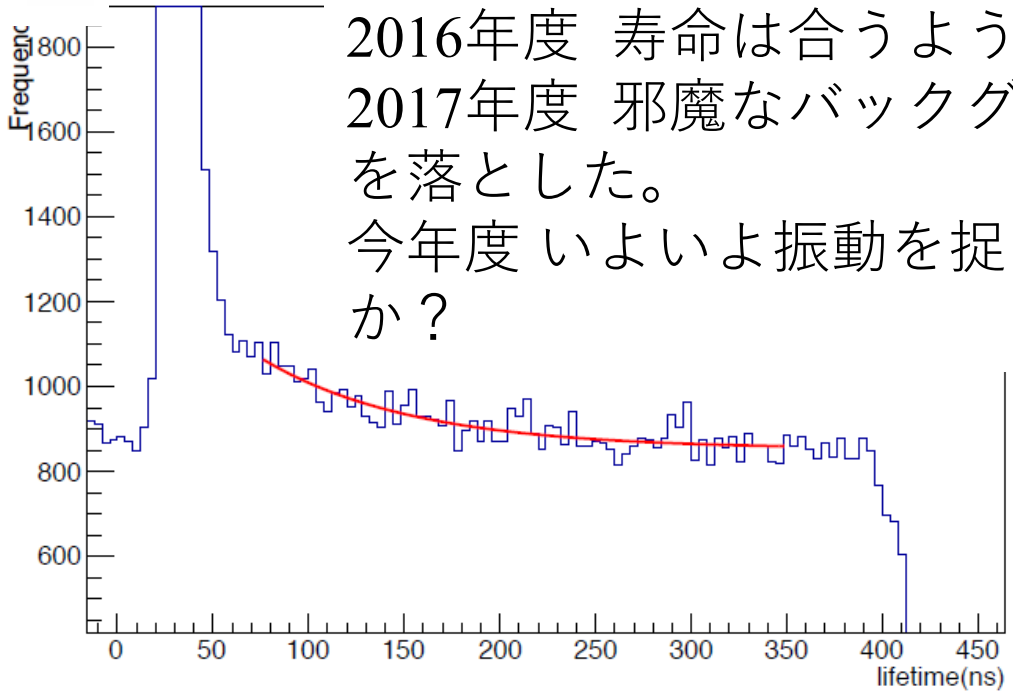


ポジトロニウムの量子振動による超微微細構造の測定



こんなデータを取りたい。
http://tabletop.icepp.s.u-tokyo.ac.jp/Tabletop_experiments/HFS_measurement_with_quantum_oscillation.html

2013年度、2014年度 寿命のけた合わない。。。
2015年度 寿命の桁はあった！
2016年度　寿命は合うようになった。
2017年度　邪魔なバックグラウンドを落とした。
今年度 いよいよ振動を捉えられるか？



2018年度

2018年度はポジトロニウムの量子振動、ベルの不等式の検証、
世界初音波チェレンコフ検出器に挑戦中

「物理は現実」を実感する！物を作る！測る！理解する！

連絡先:
市川: 5号館306号室, ichikawa (at) scphys.kyoto-u.ac.jp
川合: 5号館505号室, hkawai (at) gauge.scphys.kyoto-u.ac.jp
福間 : 5号館503号室, fukuma(at)gauge.scphys.kyoto-u.ac.jp

過去の実験・レポート(失敗談)などの情報
http://www-he.scphys.kyoto-u.ac.jp/gakubu/p1p2.html

京大　P1で検索！

P2:「自然における相互作用 II」

- 内容
  - 素粒子の基本的な性質の測定や、相互作用の基本的対称性(パリティ、荷電交換、時間反転等)とその破れの検証を行うことで、自然の本質に迫る。
    - 前期
      - **理論ゼミ**
        - 場の理論、素粒子標準理論。
      - **実験ゼミ**
        - 主に測定のための素粒子と物質の相互作用について。
      - **基本的実験技術の修得**
        - ポジトロニウム(電子・陽電子束縛状態)の崩壊寿命測定、1光子干渉の観測、ガンマ線のエネルギー分解能測定
    - 後期
      - 理論ゼミ
      - **卒業研究として学生自身で実験を計画、デザインし、測定を行って、素粒子理論との整合性を確認する。**

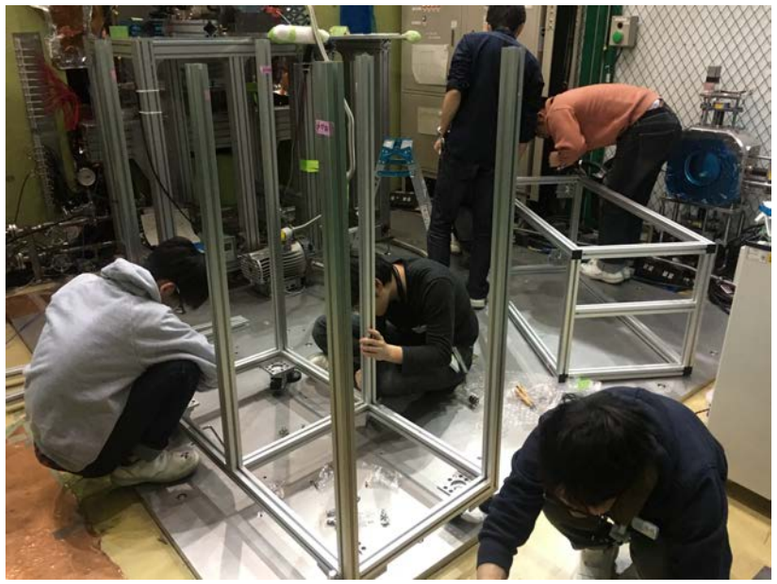
- 担当
  - 理論: 畑浩之, 吉岡興一
  - 実験: 中家剛, 隅田土詞

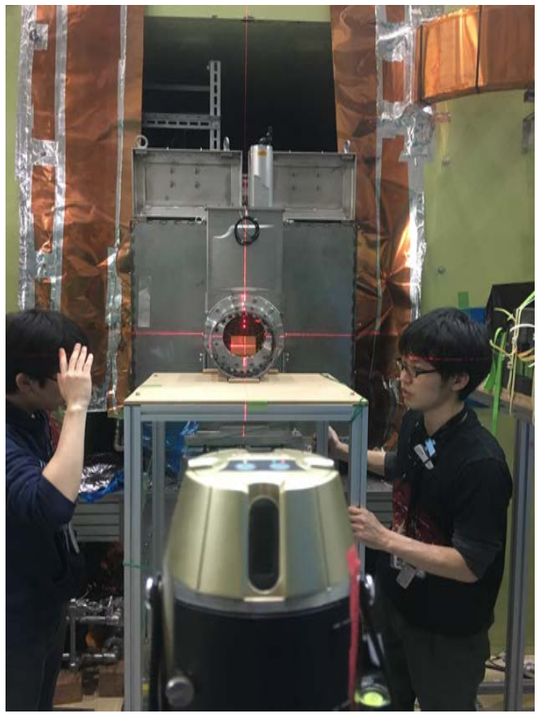
2017 年度の卒業研究

- ミューオンの崩壊測定。
  - 東海村J-PARC MLF のミューオンビームを用いて以下の測定を行った。
    - ミューオンが静止した後の崩壊寿命。
      - 弱い相互作用の検証。
    - ミューオンの磁気能率(崩壊する位置に磁場をかける)。
      - 標準模型の精密検証！
    - 崩壊してできた電子のエネルギー測定。
      - パリティー対称性の破れの検証。

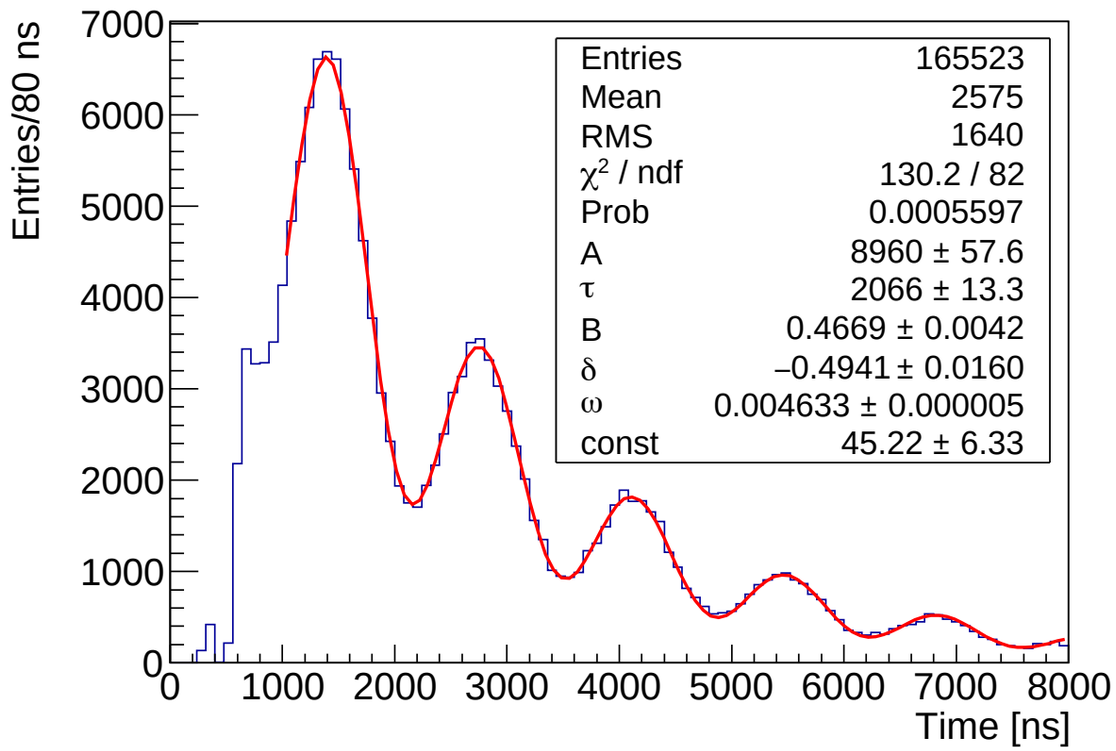
✓非常に良い結果が得られたので、高エネルギーニュース誌に掲載、学会でも発表した。

ビームラインでの実験準備の様子



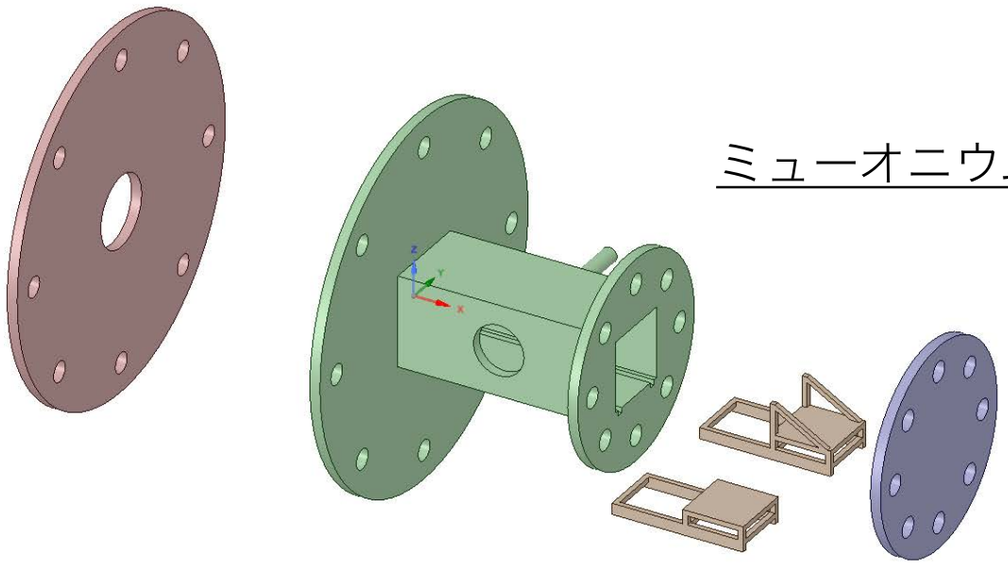


磁気能率の測定結果



2018 年度の卒業研究(予定)

- ミューオニウム (ミューオン-電子束縛系)
  の生成とレプトンフレーバーの破れの探索
  - 今年も J-PARC MLF のミューオンビームを 用いて実験を行う予定。
    - 正ミューオンをエアロジェルで静止させ、電子をつかまえて束縛状態を作り、磁場によるスピン回転を検出してミューオニウムの生成を確認。
    - ミューオニウムが反ミューオニウムに変換することを検出できれば、世紀の大発見 ?!
      - 現在1月の本実験に向けて鋭意検出器の製作中。



ミューオニウム生成用の真空槽

- 理学部5号館 301 号室で準備中。
  先輩に話をきくのも良いかも?
  教員への質問なら中家(305)、隅田(308)へ。

その他、過去の実験

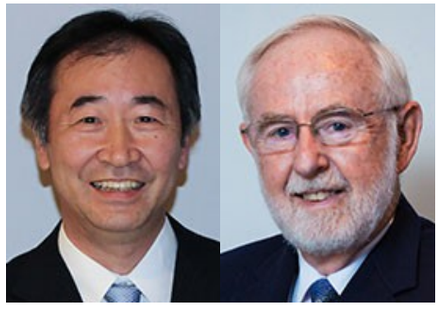
- 磁石による荷電粒子収束
- ベータ崩壊におけるパリティー非保存の検証
- μ粒子の異常磁気能率測定
- ポジトロニウム超微細構造の測定
- 加速器ニュートリノ検出
- ニュートリノのヘリシティ測定
- EPR パラドックスの検証
- 手作りガス検出器での位置検出
- ポータブル放射線測定器の製作

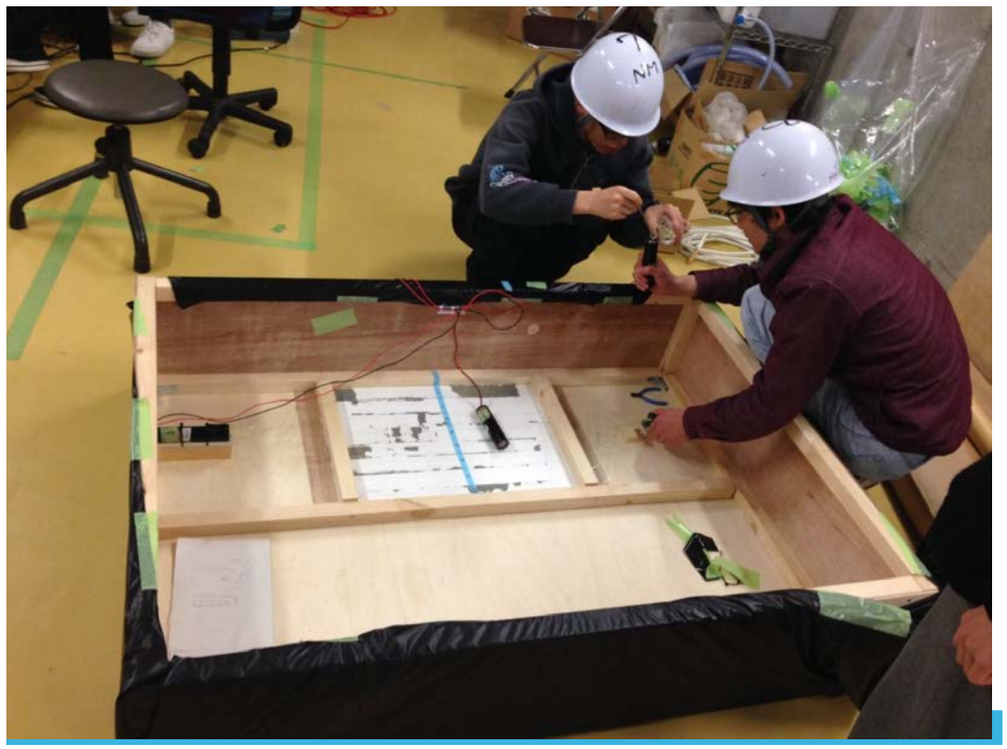
- ✓ 自分達でどんどん新しいアイデアを出して研究を進めていく！
- ✓ 是非一緒に素粒子の研究をしよう！

Backup

2015 年度の卒業研究

- ニュートリノの反応断面積測定
  - 茨城県東海村 J-PARC のニュートリノビームラインで自作の測定器を使って測定を行った。
    - ✓ ノーベル物理学賞 2015:「ニュートリノ振動の発見」



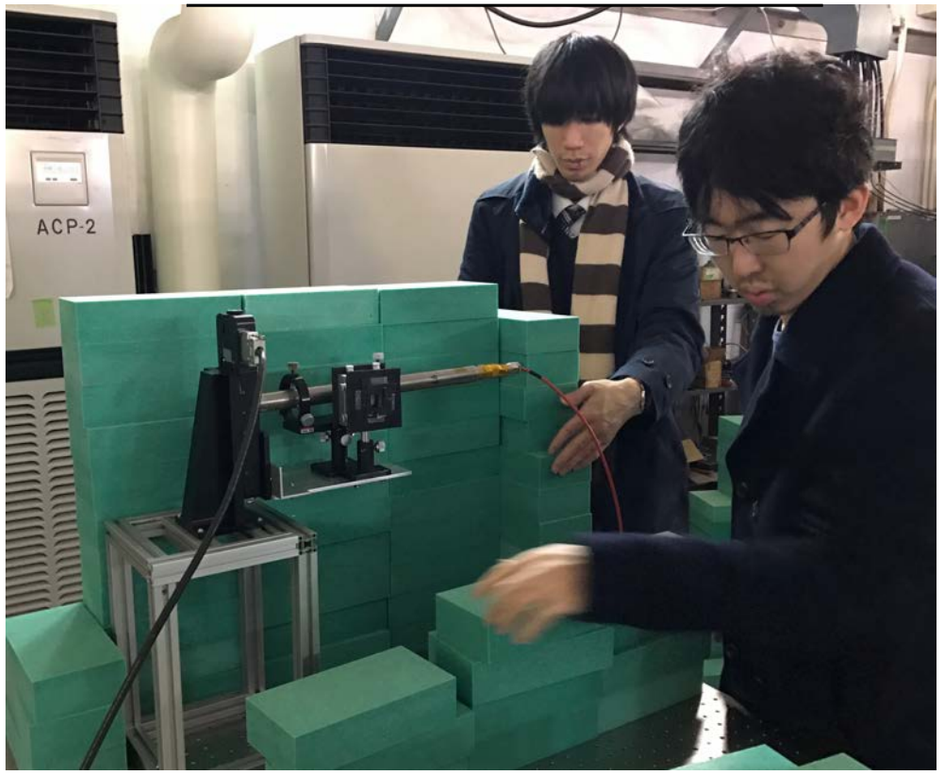


準備の様子

2016 年度の卒業研究

- 中性子に働く重力の測定。
  - 理学部5号館東棟(物理学教室)の加速器を用いた中性子源 (KUANS) での測定。
    - スリットを使った中性子の精密な位置測定によって粒子レベルでの重力相互作用の検証を行う。

中性子実験の準備の様子



- 霧箱の製作。
  - α線、電子、陽電子の観測。

霧箱の撮影セットアップ

観測したα線