

ベータ線スペクトロメーター 手順書

2019年度3Q 研究プロジェクト

山口洋平（本館183号室）

TA 泉山将大

レポート提出先: 本館183号室の前のポスト

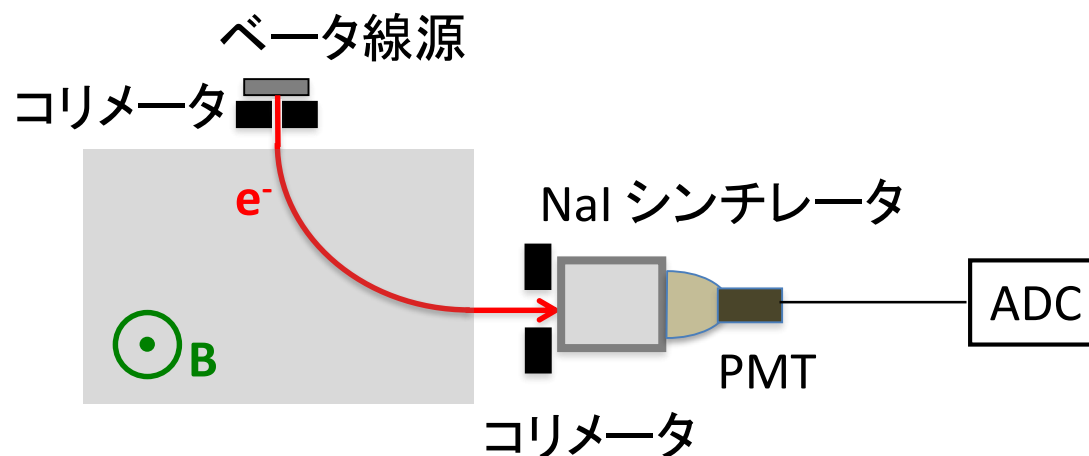
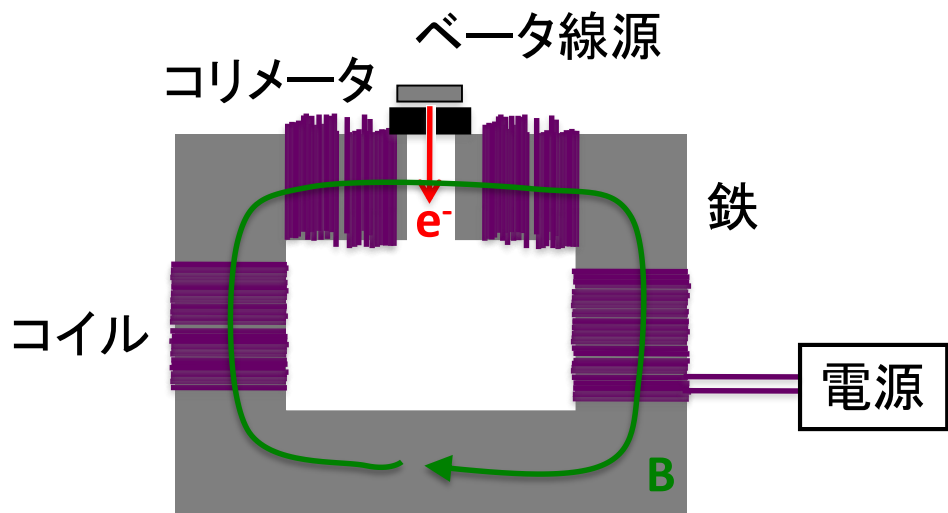
はじめに

^{90}Sr からのベータ線に対して、

- エネルギー: NaIシンチレータで測定
- 運動量: 磁場中の軌跡から測定

エネルギーと運動量の関係が相対論で記述されることを検証

* 相対論、ベータ崩壊など実験に関連する物理についてはテキストおよび参考文献を参照



課題の概要

1. 鉄にコイルを巻いて電磁石を作成し、ガウスメータで磁束密度を測定する。
 - 1.1 鉄心の隙間における磁束密度の位置依存性を測定し、グラフで表せ。
 - 1.2 電流を変えると磁場の強さがどのように変化するか確認せよ。電流が0の場合に磁場はどうか？
2. ガンマ線源を用いてエネルギーキャリブレーションを行う。
 - 2.1 ^{137}Cs 線源による分布について、どのような反応過程によりピークができるか、ピークより低いエネルギーの分布はどの反応過程によるものと考えられるか説明せよ。
 - 2.2 ADC*値とエネルギーの相関をグラフにし、関係式を導出せよ。エネルギーが0の場合にADCが0にならない理由を説明せよ。
3. ^{22}Na 線源からの陽電子による対消滅事象を測定する。
 - 3.1 各PMTにより測定されたADC分布で見られる2つのピークについて、各々のピークのエネルギー値を交えて説明せよ。
 - 3.2 2つのPMTにより測定されたADC分布の相関図について説明せよ。

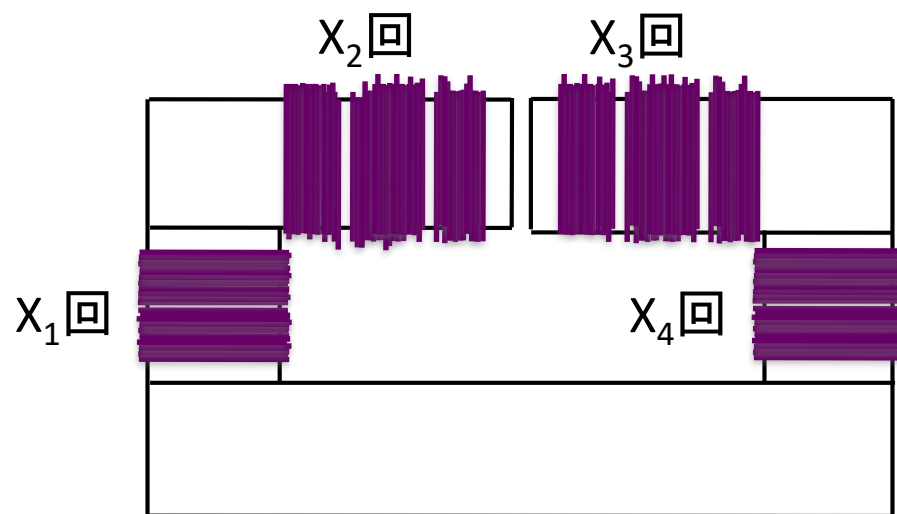
* ADC: Analog-to-Digital Converter, 入力されたアナログ信号の強度に対応したデジタルの読みを返す

課題の概要

4. ^{90}Sr によるベータ線のエネルギースペクトルを測定する。
 - 4.1 測定されたエネルギースペクトルを書き写し、ガンマ線で見られたようなピークが見られない理由を、ベータ崩壊の反応過程を元に説明せよ。
5. 磁場中で曲げられた電子のエネルギーをNaIシンチレータにより測定し、電子の軌跡から期待される運動量との関係を調べる。
 - 5.1 横軸に電子の運動エネルギー、縦軸に磁場中の軌跡から期待される運動量として、測定値を相対論による予言値と比較せよ。また、古典論による予言値と比較した場合、どのような結論が導かれるか。
 - 5.3 磁場で曲げた電子のエネルギー分布は鋭いピークにならずに、広がりを持つが、どのような原因によるものと考えられるか？また、その改善案について検討せよ。
 - 5.2 今回の測定ではどのような系統誤差が考えられるか考察せよ。

電磁石の作成

1. 銅線を鉄心に巻いて電磁石を作成する。巻き数は総数が500 回になるよう、自由に決定する。巻く際には磁場がキャンセルされないよう、同じ向きに回転させる事。

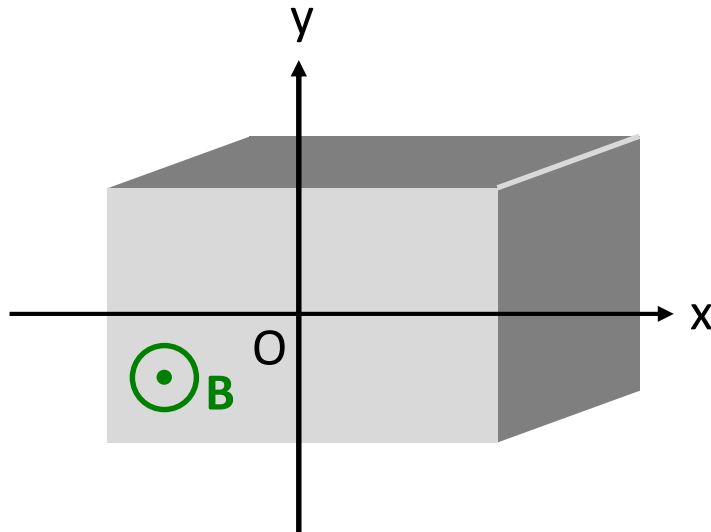


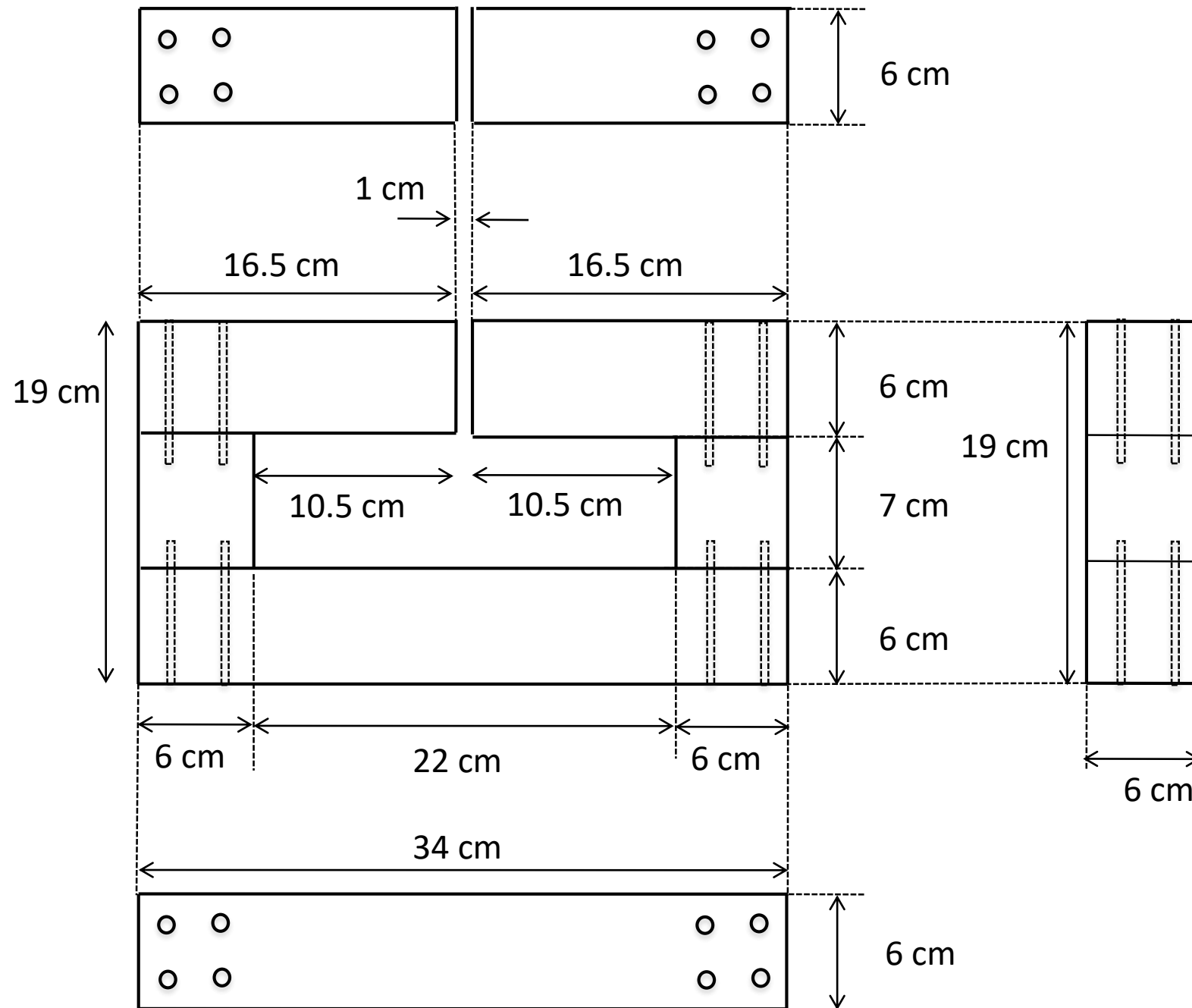
$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 = 500$$

2. 銅線の両端をやすりでけずり、被覆をはがす。
3. 直流電源に接続する。
4. 電流を流して磁場を発生させる。磁場が発生するので、クレジットカード類、時計等は近づけないこと。

磁束密度の測定

1. ガウスメータを用いて、磁束密度を測定する。ガウスメータはプローブに対して垂直方向の磁場を測定するため、測定された最も強い値を測定値とする。
2. 鉄心の隙間の断面について、水平方向をx軸、鉛直方向をy軸とし、 $y=0\text{cm}$, 2cm , 4cm について、x軸方向に 0.5cm ずつずらして磁束密度の分布を測定する。鉄芯の範囲外もある程度含めて測定すること。
3. 同様の測定を $x=0\text{cm}$ についても、y軸方向に測定点をずらして行う。
4. 中心で電流の値を 0A から 3.0A まで、 0.5A ずつ変えて磁束密度の測定を行う。



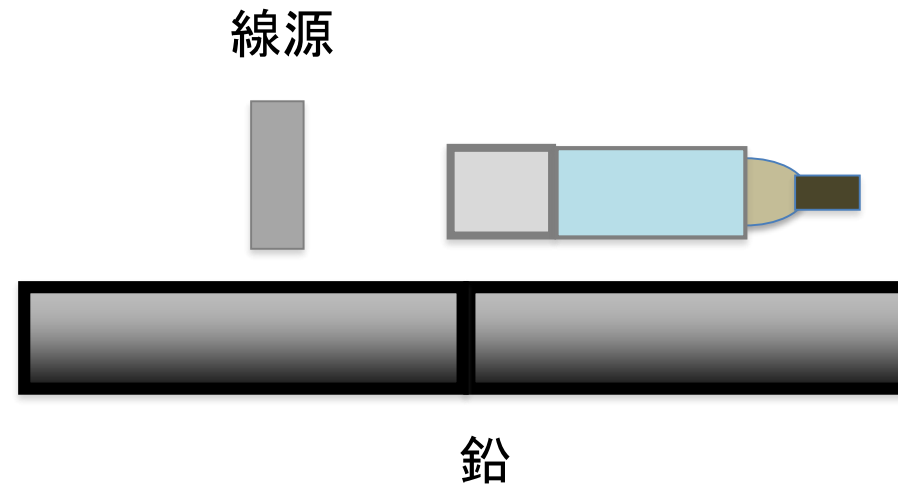


放射線源の取り扱いについて

- 使用時は管理ノートに記録する(本実験においては原則として担当教官もしくはTAが行うものとする)。
- 部屋の外に持ちださない。
- 線源には必要がある場合のみできるだけ短い時間で取り扱い、測定中等は不必要に近づかない。
- 特にベータ線源は放射窓が薄いので、取り扱いに十分注意すること(本実験ではベータ線源については担当教官もしくはTAのみが扱うものとする)

エネルギーキャリアレーション

1. パソコンとディスプレイの電源を入れる。
2. 4ch ADC boxの電源を入れる。
3. 精密ドライバーを用いて4ch ADC boxに内蔵されているHVをあげる。
4. ガンマ線源をNaIシンチレータの近くに設置する。



エネルギーキャリブレーション

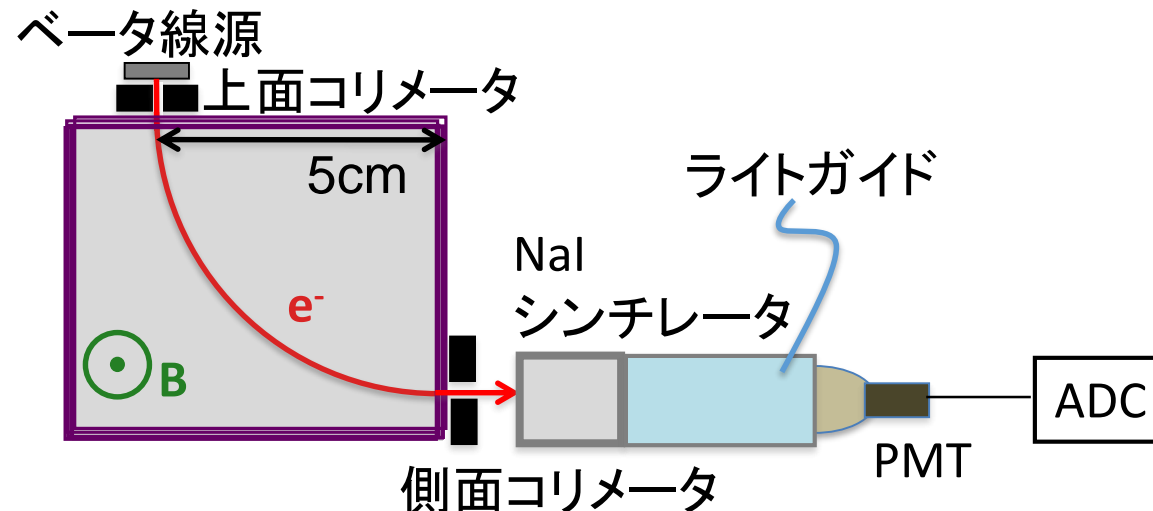
5. パソコンのデスクトップにある「4ch ADC box」のアイコンをクリックする。
6. 「測定開始」ボタンをクリックし測定を開始する。(3万イベント)
7. ピークの位置を記録する。
8. 得られたエネルギースペクトルは保存する。
Na線源については「map」をクリックして、二次元分布を保存する。
9. 線源を変えて測定を行い(^{137}Cs , ^{60}Co)、エネルギーとch数の関係式を導く。
10. 2本の光電子増倍管について同様の測定を行う。
11. ^{22}Na 線源でキャリブレーションを確認する。

ベータスペクトルの測定

1. 前ページと同じ手順で、ベータ線源をNaIシンチレータ付近に設置し、測定を行う。
2. 測定により得られたエネルギースペクトルをノートに書き写す。
3. 500keV, 1MeV, 1.5MeV, 2MeVとなる点を図に矢印で書き込む

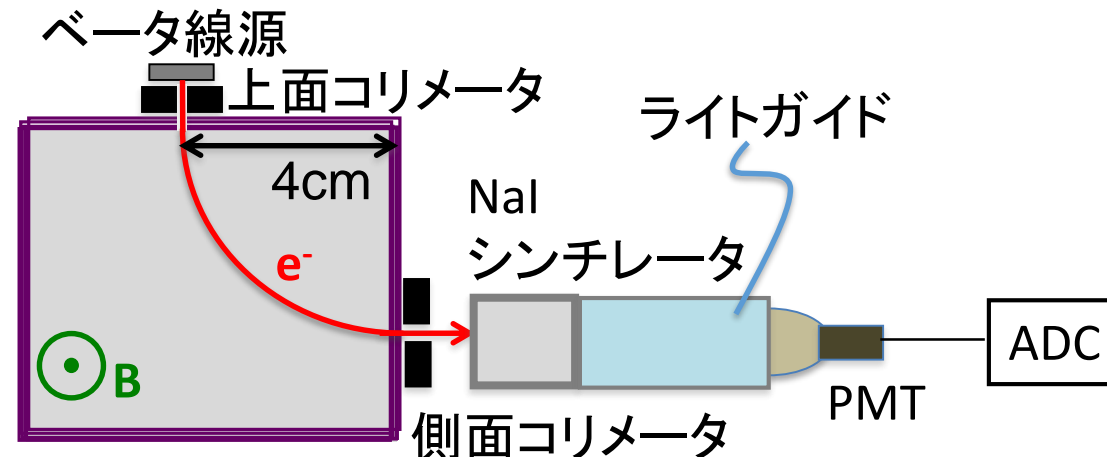
ベータ線の運動量とエネルギーの測定(1)

1. 上部コリメータを中心の穴が鉄心の側端から5cmの位置に設置する。
2. ラボジャッキを側面コリメータの中心が上端から5cmの位置に調節する。
3. シンチレータと光電子増倍管を設置する。
4. 直流電源により3Aの電流を流し、鉄心の隙間に磁場を発生させる。
5. 上部コリメータの上にベータ線源を設置する。(担当教官もしくはTAが行う)
6. 4ch ADC boxにより測定を開始する。(3万イベント)
7. イベントがたまったら、ピークの値を読み取る。
8. 測定が終了したら、磁束密度70mT以上で電流を調整し、測定を5回繰り返す。



ベータ線の運動量とエネルギーの測定(2)

9. ベータ線の曲率半径を4 cmに設定し、同様に測定を行う。



データ解析

1. 各測定点について、軌道半径、磁束密度から運動量を計算する。
2. 測定で得られたピーク的位置からキャリブレーションの結果を用いて運動エネルギーを求める。
3. 横軸を運動エネルギー、縦軸を運動量としてグラフにする。
4. 古典論、相対論から予言される理論値をグラフに書き込み、データとの比較を行う。