

$\beta - \gamma$ 角相関 散乱型についての検討

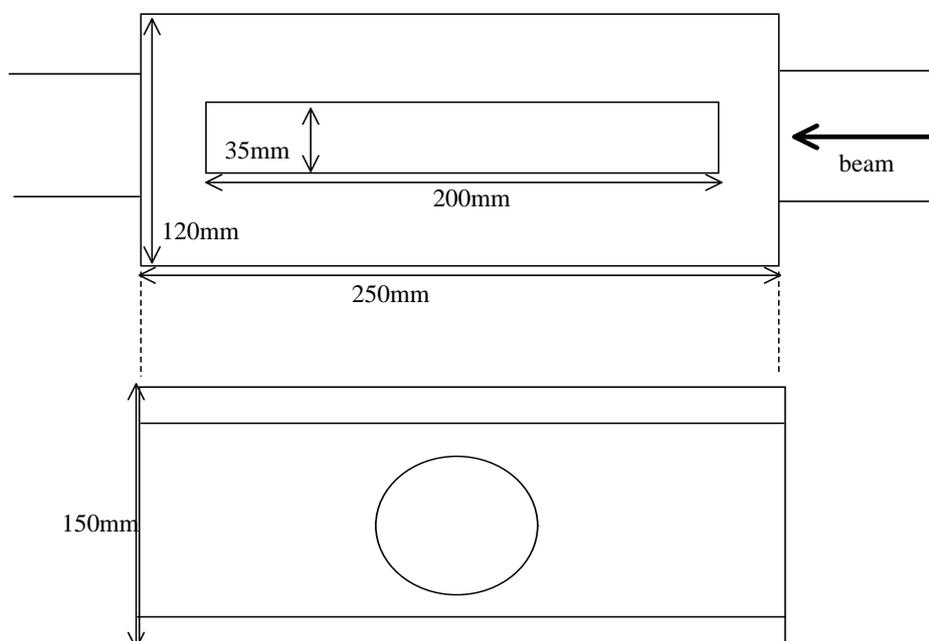
久保 一

10月11日

1 前回見つけた新しい小型散乱槽について

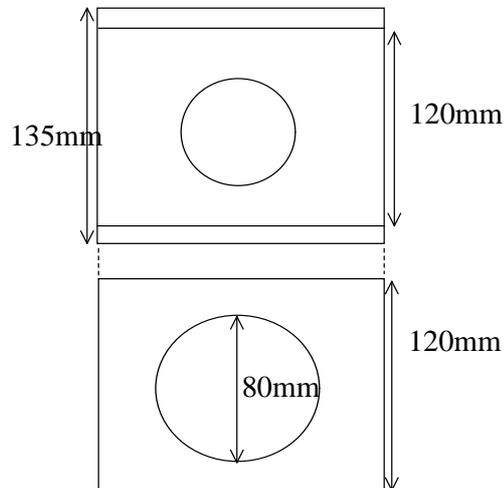
先週の実験ゼミで P3 部屋から見つけた小型散乱槽は現在タンデムの G コースに設置されている物より大きな立体角が取れそうであった。まずはこの散乱槽で取れる立体角について考察する。形状は 120mm の立方体で、各面に円形の穴

図 1: 現在の散乱槽



が開いている。そのうち 1 方向については穴が大きく、プラスチック製と思われ

図 2: 新しい散乱槽



る 7.5mm のカバーがついている。この面が観測を行う面であるが、線検出器側はこのカバーを外しマイラーで密封するほうが良いと思われる。

この時、線側は最大 $\arctan(40/60) = 33.69 \text{ 度} = 0.5880 \text{ rad}$ まで、線側は最大 $\arctan(40/67.5) = 30.65 \text{ 度} = 0.5350 \text{ rad}$ まで穴の間で取れる。

線の取れる立体角での割合は

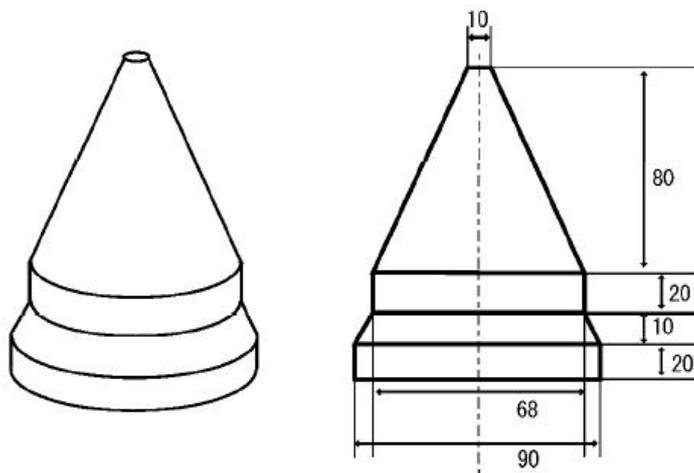
$$\frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{0.5880} \sin\theta d\theta d\phi = 0.08397 \quad (1)$$

2 2003 年度 P3 の使用したコーン状シールドについて

線側を考えると、検出器に線が直接入るのを防ぐ為のシールドの形状も考えなくてはならない。2年前の P3 が使ったシールドが見つかった場合、それをうまく流用できるだろうか？2003 年度 P3 のレポートの図面によると、コーン状のシールドの先端角度は $19.93 \text{ 度} = 0.3478 \text{ rad}$ である。散乱槽の窓の開いている角度よりも十分狭い範囲である為、問題なく使用できそうである。これを使い、20度から 30 度程度の範囲に磁化した鉄の散乱体があるように装置を考えてみると半径 10cm、奥行き 10cm の円筒形の鉄を用意することになる。鉄の立体角の割合はこの時

$$\frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_{0.3491}^{0.5236} \sin\theta d\theta d\phi = 0.03683 \quad (2)$$

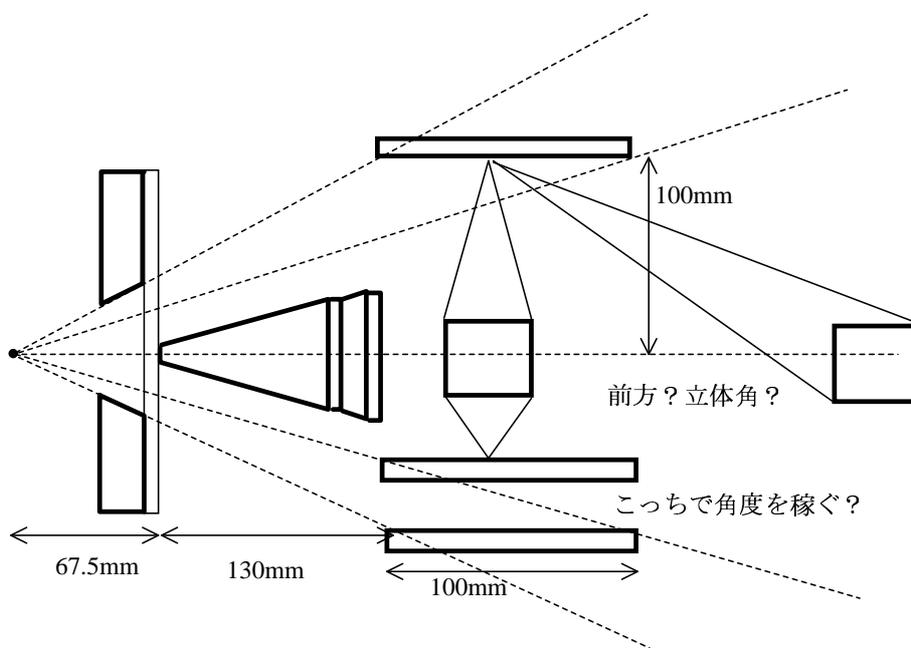
図 3: 2003 年度 P3 の使用したコーン状シールド



この際、検出器を内部において立体角を稼ぐのかあるいは前方に置いてこのエネルギー領域では前方散乱が多いことを利用した方が得なのか。また、内部に置く場合なら散乱体の半径をより小さくすることで最初の鉄に入る立体角で損をしても散乱してから検出器に入る立体角をそれ以上に稼げはしないか。などの点を検討する必要がある。

散乱槽の外側にシールドを置いた場合、実際に防がれる角度は $12.98 \text{ 度} = 0.2266 \text{ rad}$ である。あるいは、新しく小型のシールドを作り直し一部を散乱槽の中に入れられればより小型化し、立体角が稼げるかも知れない。

図 4: 装置の一案



3 散乱断面積の計算

とりあえず、今回の条件で計数値の概算を出しなおすためスピン偏極の考慮されていない Klein-Nishina の式の数値計算も行ってみた。

結果は全断面積が 4.065barn、鉄原子の体積密度を計算すると 34.39/m となった。

図 5: 散乱断面積の計算

```

In[83]:= 0.5 * z * r^2 *
Integrate[2 pi * Sin[x]  $\frac{1}{(1 + a (1 - \text{Cos}[x]))^2}$ 
 $\left(1 + (\text{Cos}[x])^2 + \frac{a^2 (1 - \text{Cos}[x])^2}{1 + a (1 - \text{Cos}[x])}\right)$ , {x, 0, pi}]
Out[83]= 4.06462 * 10^-28
In[84]:= 4.064620616984025 * 10^-28 * 7.874 * 10^6 * 6 * 10^23 / 55.845
Out[84]= 34.3861
In[85]:= 0.5 * z * r^2 *
Integrate[pi / 4 * Sin[x]  $\frac{1}{(1 + a (1 - \text{Cos}[x]))^2}$ 
 $\left(1 + (\text{Cos}[x])^2 + \frac{a^2 (1 - \text{Cos}[x])^2}{1 + a (1 - \text{Cos}[x])}\right)$ , {x, pi / 2, 3 pi / 4}]
Out[85]= 8.93542 * 10^-30
In[86]:= 8.935416987922668 * 10^-30 * 7.874 * 10^6 * 6 * 10^23 / 55.845
Out[86]= 0.755922

```

(図 4) の状況で検出器のサイズを 5cm 程度として計算した場合は 0.7559/m となる。

では、カウント数の見積もりをしてみよう。

ビームの照射時間を 1 分、観測時間を 2 分のサイクルを 36 時間 (720 回) 続けるとする。一回あたりの有効な照射時間は

$$\int_0^{60} \exp\left(-\frac{t-60}{120}\right) dt = 47.21[s] \quad (3)$$

deuteron のエネルギーが 10MeV の時、(d,p) 反応の断面積は約 170mbarn そしてタンデムのビーム強度が約 10nA であることを用いる。さらに標的のアルミニウムの厚さは 500 μ m とし、散乱体の鉄の厚さを 3cm とする。

$$\begin{aligned} \text{計測数 } N &= 1.70 \times 10^{-29} \times \frac{10 \times 10^{-9}}{1.6 \times 10^{-19}} \times 47.2 \times (1 - 1/e) \times 2.70 \times 10^6 \\ &\times 5.0 \times 10^{-4} \times \frac{6.0 \times 10^{23}}{27} \times 0.0840 \times 0.0368 \times 0.756 \times 0.03 \times 720 \times E_1 \times E_2 \quad (4) \end{aligned}$$

すなわち $5.3 \times 10^6 \times E_1 \times E_2$

E は各検出器の検出効率