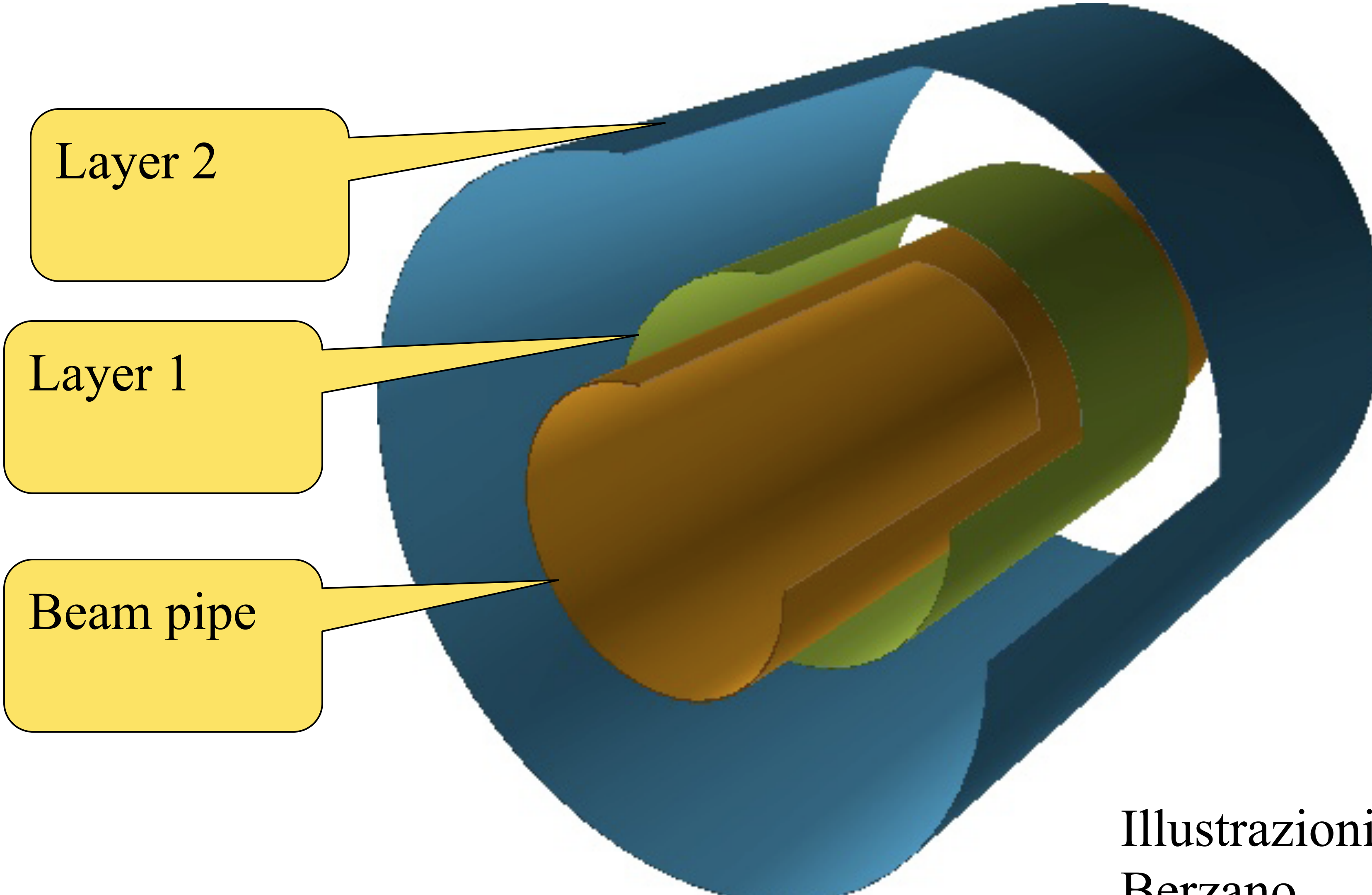
Esercizio per l'esame

- Si consideri un esperimento ad un collider (e.g. collisioni p-p)
- Le collisioni avvengono in una regione (collision *diamond*) centrata nell'origine di un sistema di riferimento cartesiano, nel quale z rappresenta la direzione del fascio
  - La dispersione in z è di diversi centimetri
  - La dispersione in x e y dell'erdine del decimo di millimetro
- Lo scopo dei rivelatori di vertice è quello di determinare la posizione della posizione della collisione ("vertice primario")
- Ci proponiamo qui di ricostruire la coordinata z del vertice

Esercizio per l'esame

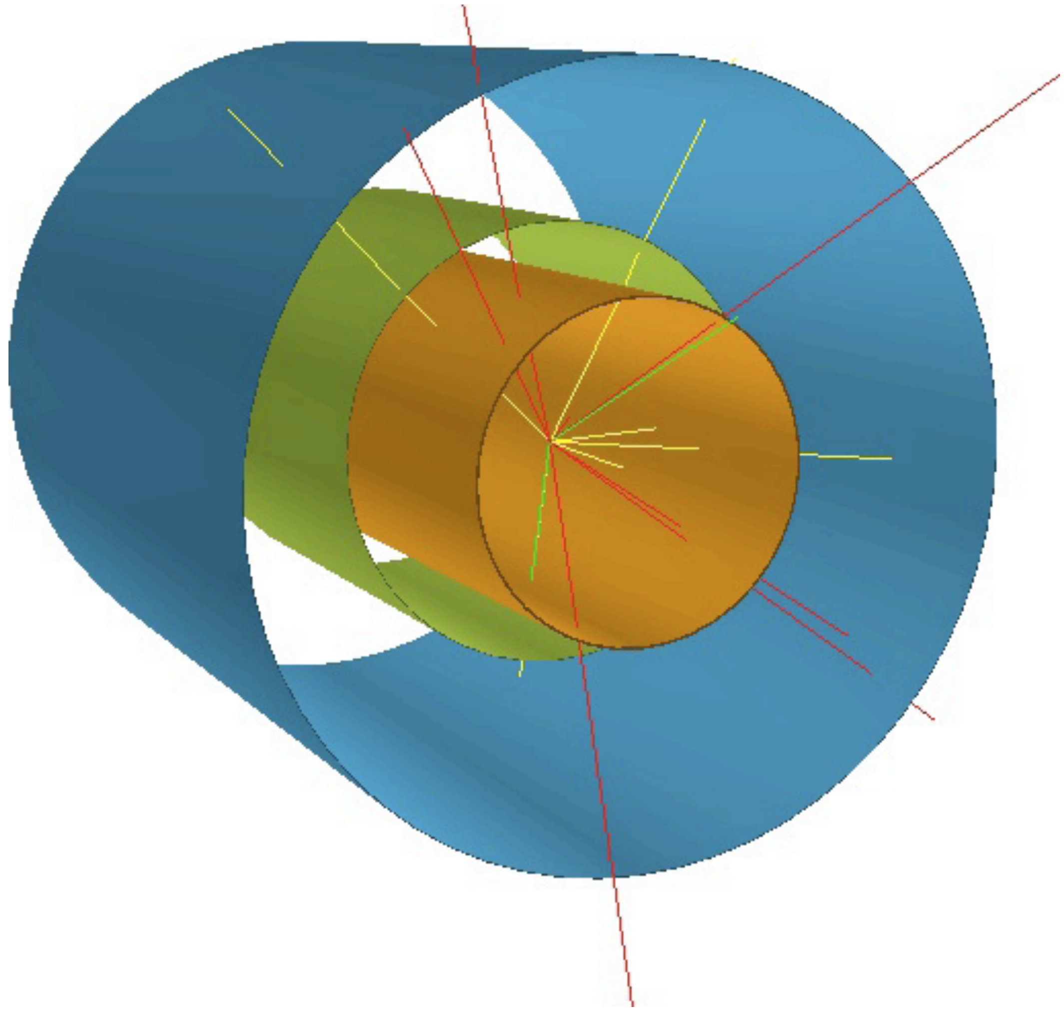
- Si suppone di avere un rivelatore di vertice costituito da due piani di pixel al silicio, coassiali con l'asse del fascio.
- Generalmente la regione di interazione è immersa in campo magnetico. Si suppone che l'intensità del campo e la prossimità dei rivelatori al vertice primario siano tali da assumere localmente rettilinee le traiettorie delle particelle cariche di alta energia
  - O, meglio, si assume di poter disporre di un numero significativo di particelle di alto momento, con traiettoria rettilinea

Layout



Illustrazioni: D. Berzano

Visualizzazione di una interazione



Ipotesi di lavoro

a.a. 2011/12

- Si simulino delle particelle di alto momento ➔ traiettorie rettilinee, almeno localmente
- La simmetria dell'esperimento è cilindrica
- La coordinata z del vertice ha una distribuzione normale con r.m.s. 5.3 cm
- Le coordinate x e y hanno distribuzioni normali con r.m.s. 0.1 mm
- Beam pipe di Berillio con raggio di 3 cm e spessore 0.8 mm
- Primo layer: raggio di 4 cm. Spessore di 0.2 mm
- Secondo layer: raggio di 7 cm.
- I due rivelatori hanno estensione in z pari a 16.46 cm (quindi un'accettanza approssimativamente pari a $-1 < \eta < 1$)
- Ricostruzione "fast" con smearing dei punti di impatto:
  - 120 μm in direzione z
  - 30 μm in direzione $r\phi$
- Si simuli lo scattering multiplo nella beam pipe e nel silicio

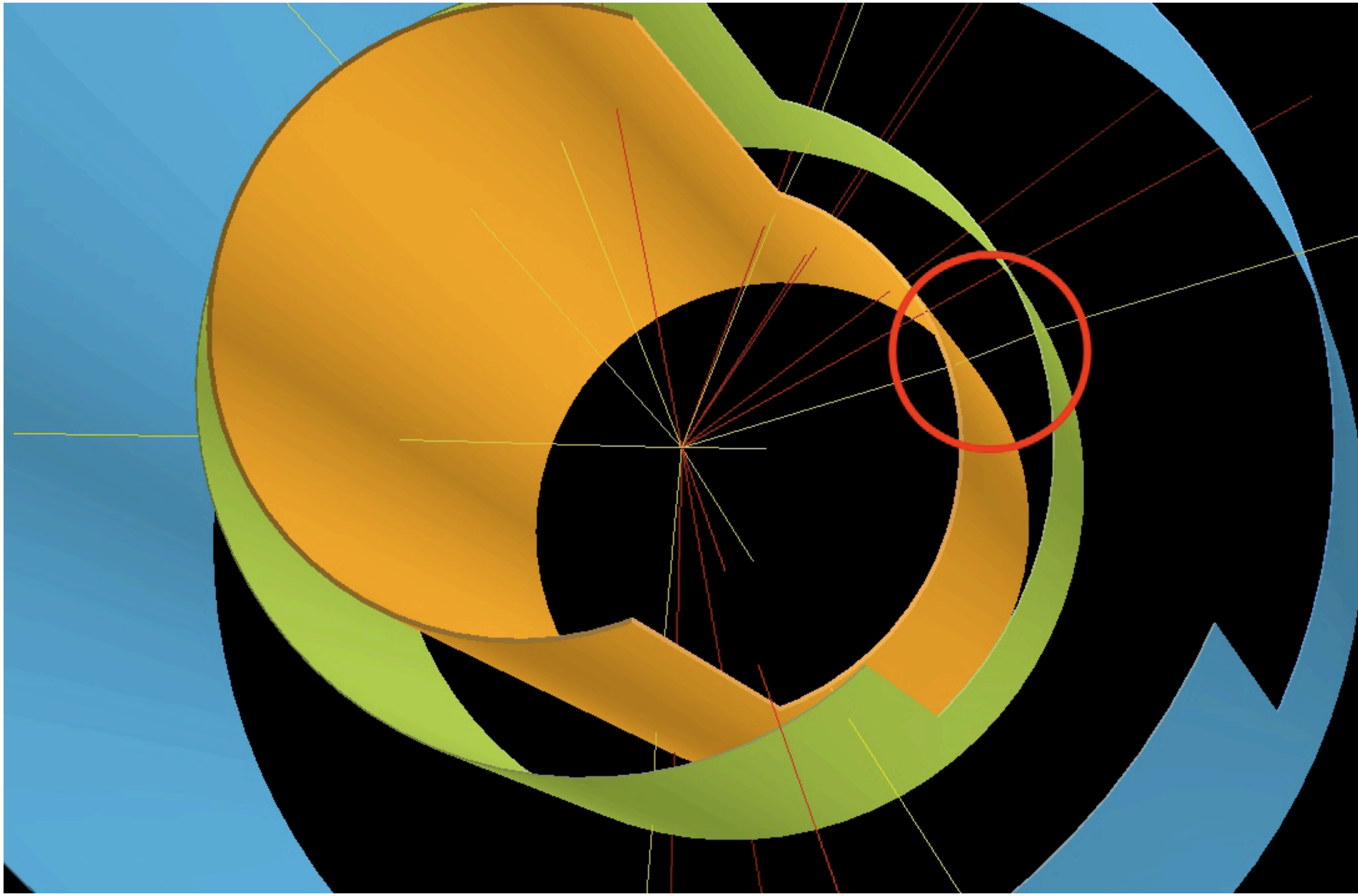
$$\eta = -\ln\left[\tan\left(\frac{\theta}{2}\right)\right]$$

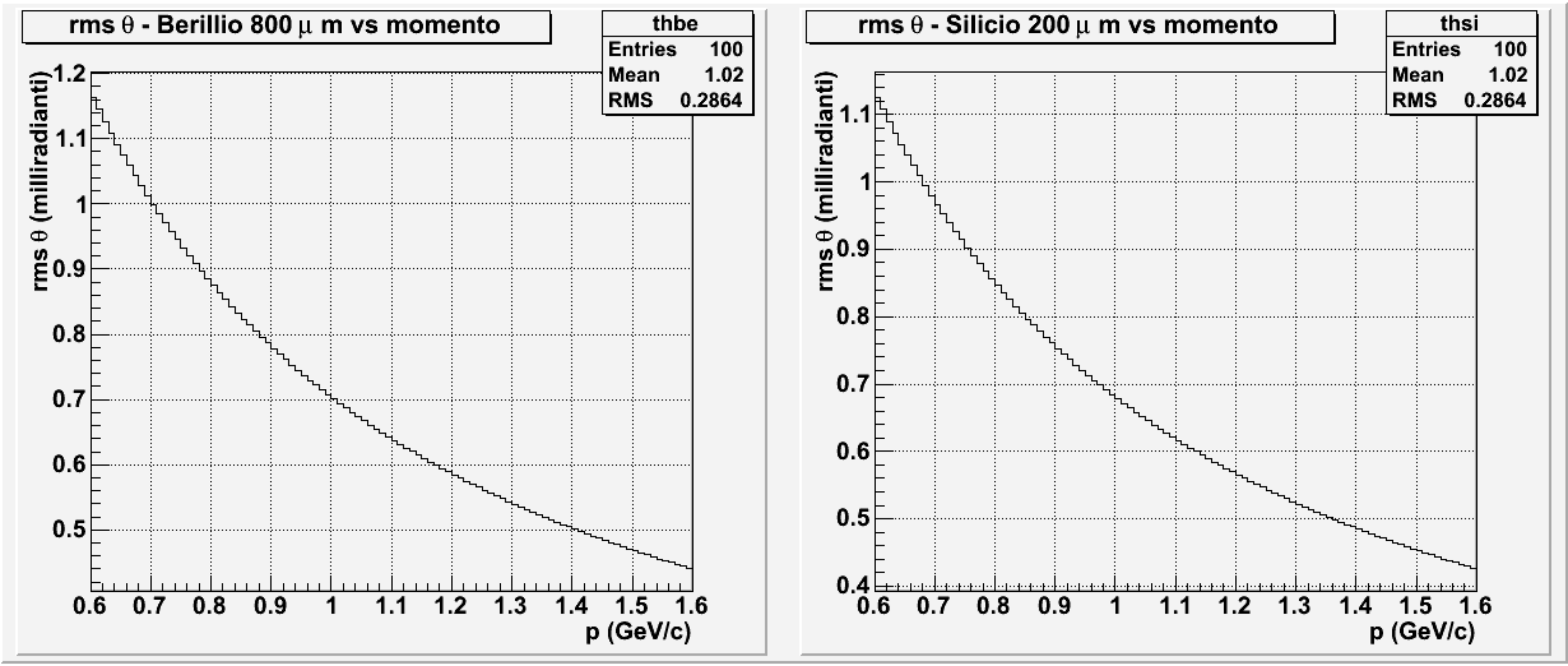
Simulazione e ricostruzione

1. Simulazione:
   - Generazione gaussiana della posizione del vertice
   - Generazione della molteplicità di particelle cariche (e.g. da distribuzione assegnata, uniforme, fissa,…)
   - Generazione della direzione associata ad ogni particella (uniforme in azimut, con distribuzione assegnata in pseudorapidità)
   - Trasporto delle particelle:
     - intersezione con la beam pipe
     - Scattering multiplo (spegnibile)
     - Posizione di impatto sui rivelatori
- Ricostruzione:
   - Smearing gaussiano dei punti di impatto
   - Aggiunta di punti spuri ricostruiti (noise – particelle soft)

Scattering multiplo

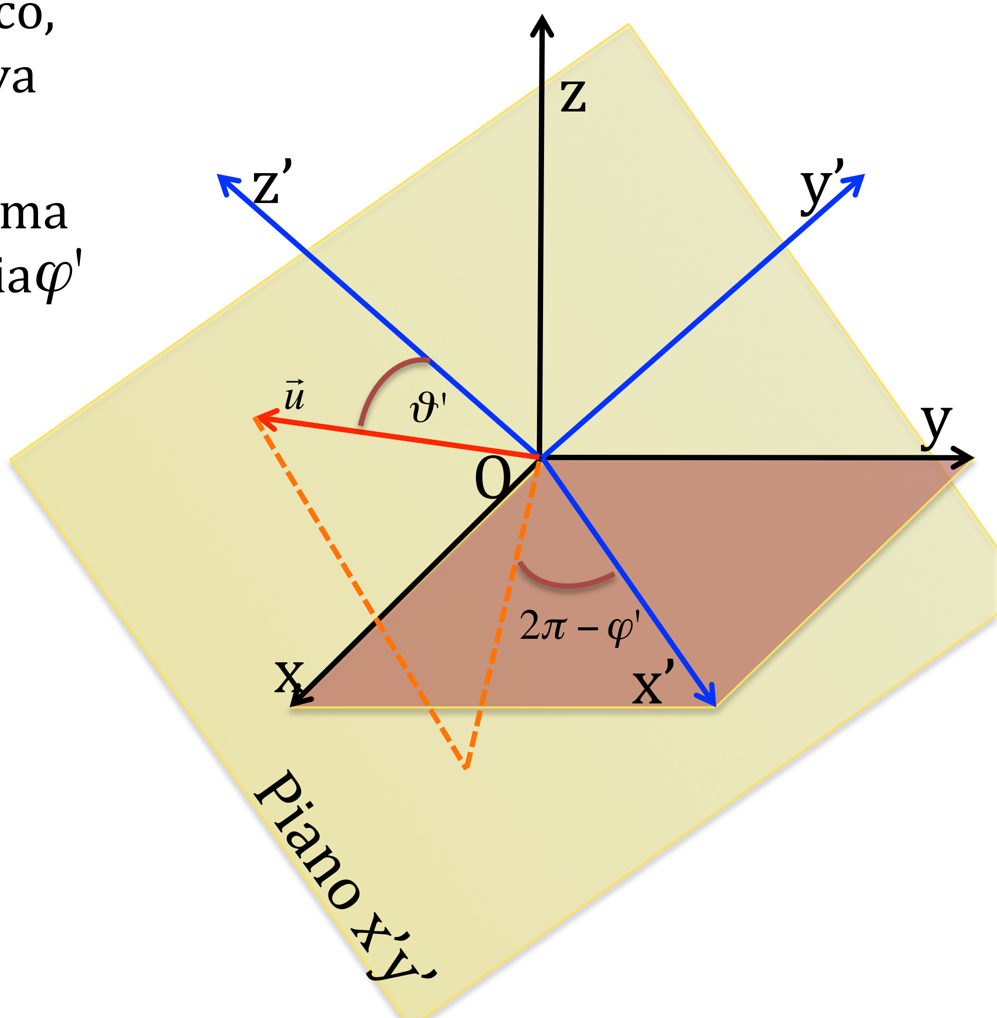
$$\theta_0 = \frac{13.6\ \mathrm{MeV}}{\beta c p}\, z \sqrt{x/X_0}\left[1 + 0.038 \ln(x/X_0)\right] \qquad \theta_0 = \theta^{\mathrm{rms}}_{\mathrm{plane}} = \frac{1}{\sqrt{2}}\theta^{\mathrm{rms}}_{\mathrm{space}}$$





Sono riportati nelle figure i valori di θ^{rms}_{space} approssimando β=1

- Si indica con z' la direzione della particella nel sistema di laboratorio
- Si sceglie un secondo sistema di riferimento Ox'y'z' avente l'asse x' appartenente al piano xy
- L'asse y' si determina in modo univoco, imponendo che la terna x'y'z' sia positiva
- Il vettore $\vec{u}$ rappresenta la nuova direzione della particella, che, nel sistema con apici, ha angolo polare ϑ' e anomalia φ'



OBIETTIVO

Esprimere le componenti della nuova direzione della particella nel sistema di riferimento di laboratorio

Le componenti del versore $\hat{k}'$ nel sistema di riferimento di laboratorio sono:

$$\hat{k}' = (\sin\vartheta\cos\varphi)\hat{i} + (\sin\vartheta\sin\varphi)\hat{j} + (\cos\vartheta)\hat{k}$$

Imponiamo che il versore $\hat{i}'$ appartenga al piano xy, che sia ortogonale a $\hat{k}'$ e che abbia modulo uno: $\hat{i}' = A\hat{i} + B\hat{j}$

$$\hat{i}'\cdot\hat{k}' = 0 \quad \Rightarrow \quad A(\sin\vartheta\cos\varphi) + B(\sin\vartheta\sin\varphi) = 0 \quad \Rightarrow \quad A = -B\tan\varphi$$

$$\hat{i}'\cdot\hat{i}' = 1 \quad \Rightarrow \quad B^2\left(1+\tan^2\varphi\right) = 1 \quad \Rightarrow \quad B^2 = \frac{1}{1+\tan^2\varphi} = \cos^2\varphi$$

$$\hat{i}' = A\hat{i} + B\hat{j} = B\left[-(\tan\varphi)\hat{i} + \hat{j}\right] = (\cos\varphi)\left[-(\tan\varphi)\hat{i} + \hat{j}\right]$$
$$= -(\sin\varphi)\hat{i} + (\cos\varphi)\hat{j}$$

Il versore $\hat{j}'$ si trova imponendo che la terna Ox'y'z' sia positiva:

$$\hat{j}' = \hat{k}' \times \hat{i}' = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ \sin\vartheta\cos\varphi & \sin\vartheta\sin\varphi & \cos\vartheta \\ -\sin\varphi & \cos\varphi & 0 \end{vmatrix} =$$

$$= -(\cos\varphi\cos\vartheta)\hat{i} - (\sin\varphi\cos\vartheta)\hat{j} + \sin\vartheta\,\hat{k}$$

Nel sistema Ox'y'z' il vettore ***u*** ha componenti:

$$\begin{aligned}
\vec{u} &= (\sin\vartheta'\cos\varphi')\hat{i}' + (\sin\vartheta'\sin\varphi')\hat{j}' + (\cos\vartheta')\hat{k}' \equiv \alpha\hat{i}' + \beta\hat{j}' + \gamma\hat{k}' \\
&= -\alpha(\sin\varphi)\hat{i} + \alpha(\cos\varphi)\hat{j} - \beta(\cos\varphi\cos\vartheta)\hat{i} - \beta(\sin\varphi\cos\vartheta)\hat{j} + \beta\sin\vartheta\,\hat{k} + \\
&\quad + \gamma(\sin\vartheta\cos\varphi)\hat{i} + \gamma(\sin\vartheta\sin\varphi)\hat{j} + \gamma(\cos\vartheta)\hat{k} \\
&= \left[-\alpha(\sin\varphi) - \beta(\cos\varphi\cos\vartheta) + \gamma(\sin\vartheta\cos\varphi)\right]\hat{i} + \\
&\quad + \left[\alpha(\cos\varphi) - \beta(\sin\varphi\cos\vartheta) + \gamma(\sin\vartheta\sin\varphi)\right]\hat{j} + \left[\beta(\sin\vartheta) + \gamma(\cos\vartheta)\right]\hat{k}
\end{aligned}$$

In notazione matriciale, le componenti del vettore ***u*** nel sistema di laboratorio si trovano effettuando il prodotto:

$$\begin{pmatrix} -\sin\varphi & -\cos\varphi\cos\vartheta & \sin\vartheta\cos\varphi \\ \cos\varphi & -\sin\varphi\cos\vartheta & \sin\vartheta\sin\varphi \\ 0 & \sin\vartheta & \cos\vartheta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \sin\vartheta'\cos\varphi' \\ \sin\vartheta'\sin\varphi' \\ \cos\vartheta' \end{pmatrix}$$

```
void rotate(Double_t th, Double_t ph, Double_t thp, Double_t php,Double_t *cd){
  Double_t mr[3][3];

  mr[0][0]=-TMath::Sin(ph);
  mr[1][0]=TMath::Cos(ph);
  mr[2][0]=0.;
  mr[0][1]=-TMath::Cos(ph)*TMath::Cos(th);
  mr[1][1]=-TMath::Cos(th)*TMath::Sin(ph);
  mr[2][1]=TMath::Sin(th);
  mr[0][2]=TMath::Sin(th)*TMath::Cos(ph);
  mr[1][2]=TMath::Sin(th)*TMath::Sin(ph);
  mr[2][2]=TMath::Cos(th);

  Double_t cdp[3];
  cdp[0]=TMath::Sin(thp)*TMath::Cos(php);
  cdp[1]=TMath::Sin(thp)*TMath::Sin(php);
  cdp[2]=TMath::Cos(thp);
  for(Int_t i=0;i<3;i++){
    cd[i]=0.;
    for(Int_t j=0;j<3;j++){
      cd[i]+=mr[i][j]*cdp[j];
    }
  }
}
```

Ricostruzione del vertice

- formazione di “tracklets” per associazione di punti di impatto ricostruiti sui due layer, aventi piccola differenza in azimut
- Nel piano z-r, si trovano le intersezione dei tracklet con l’asse del fascio
- La posizione del vertice è valutata come posizione più probabile di intersezione dei tracklets