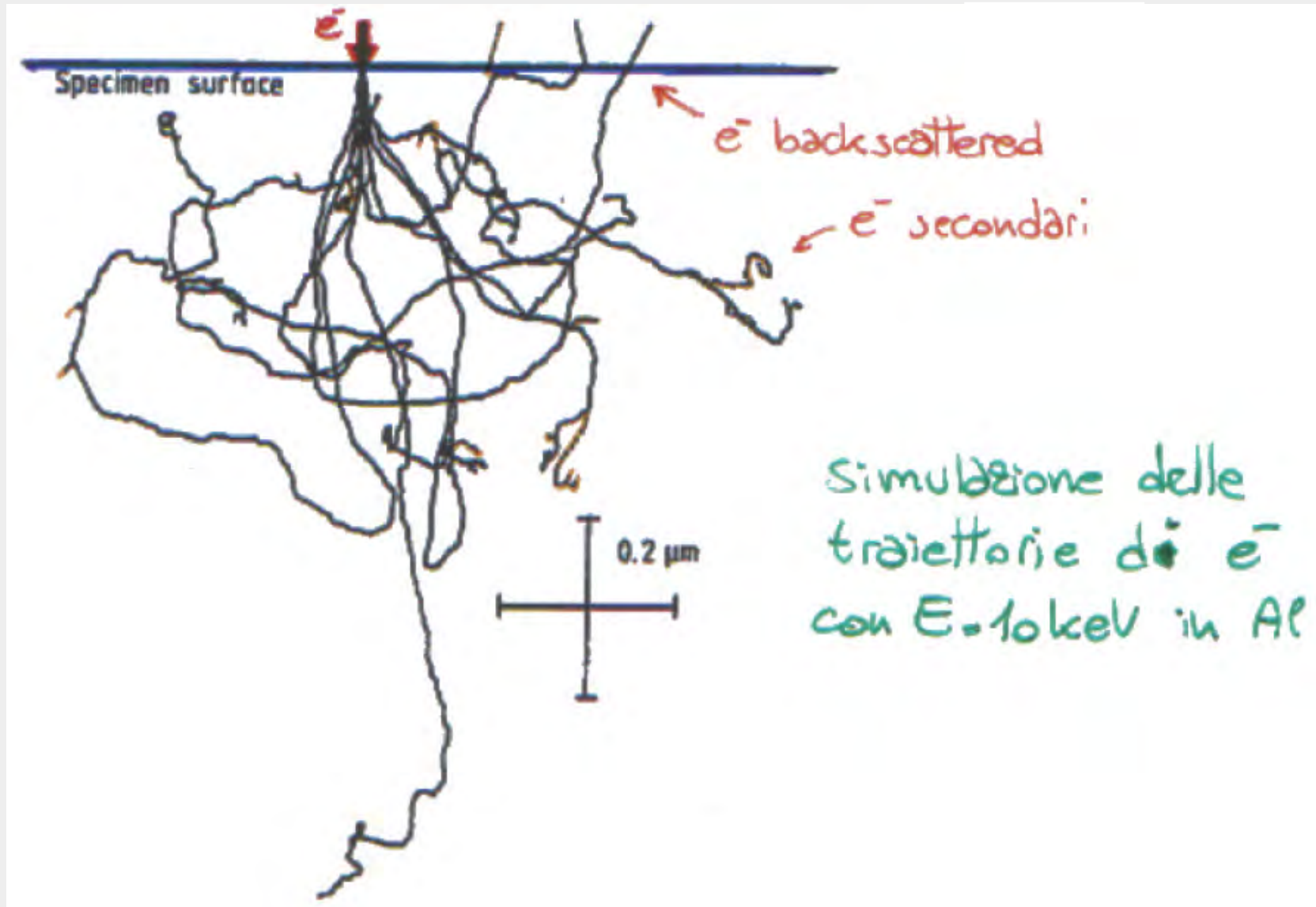
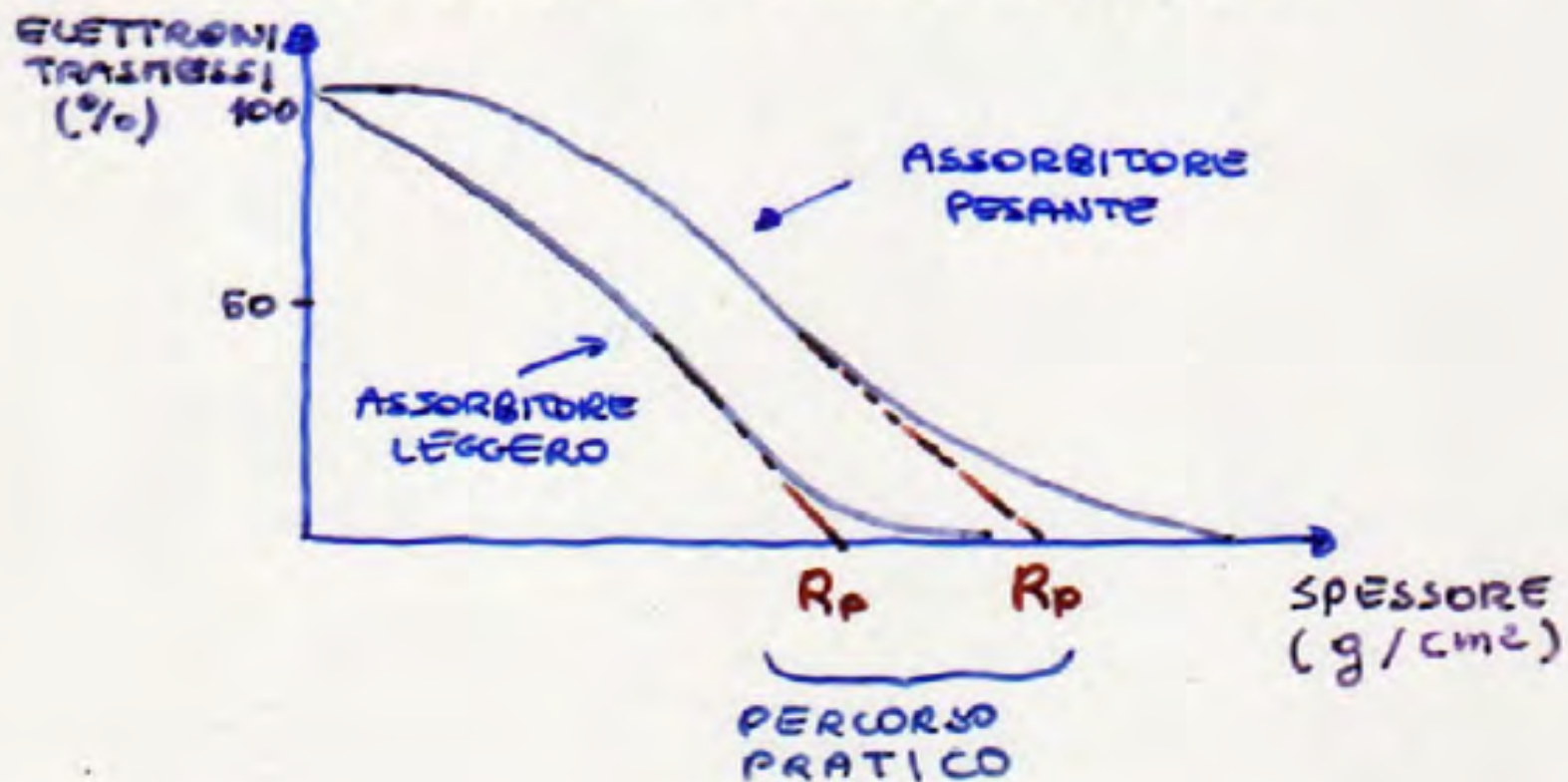


## PERCORSO DEGLI $e^-$ DI BASSA ENERGIA IN MATERIALE

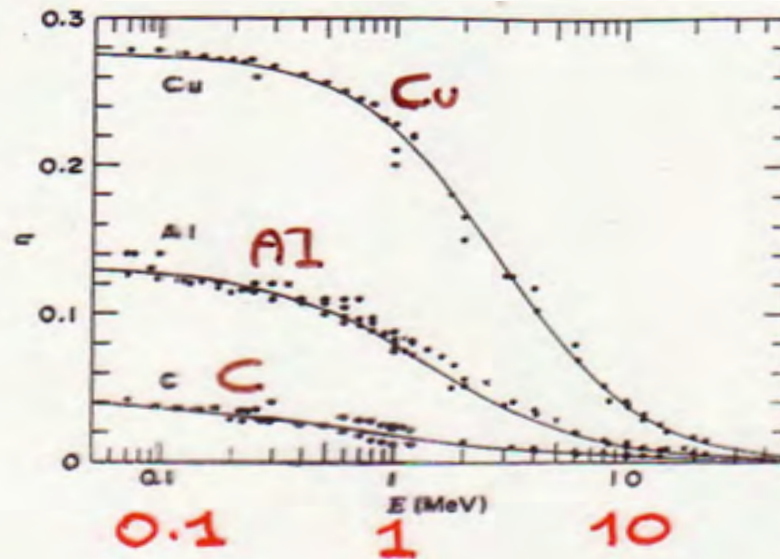


ELETTRONI DELLA STESSA ENERGIA NON SONO FERMATI  
TUTTI DALLO STESSO SPESSORE DI MATERIALE  
↳ IL PERCORSO PERDE SIGNIFICATO  
SI USA COMUNQUE IL CONCETTO DI  
PERCORSO "PRATICO" O ESTRAPOLATO



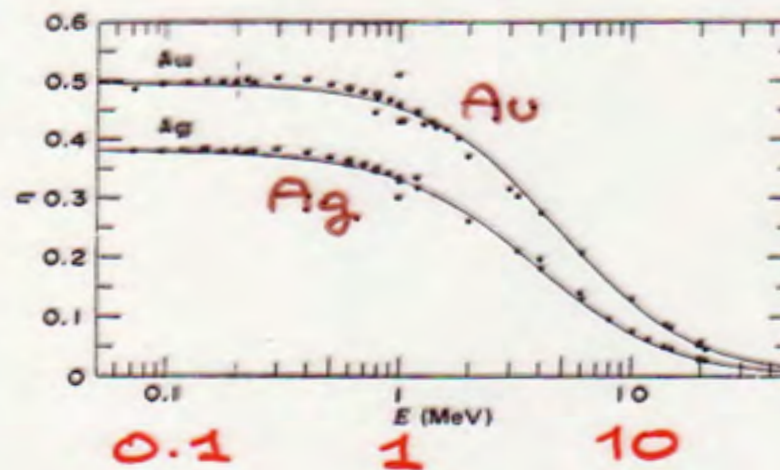
$$\eta = \frac{\text{ELETTRONI RETRODIFFUSI}}{\text{ELETTRONI INCIDENTI NORMALMENTE}}$$

$\eta$



$E_e$  [MeV]

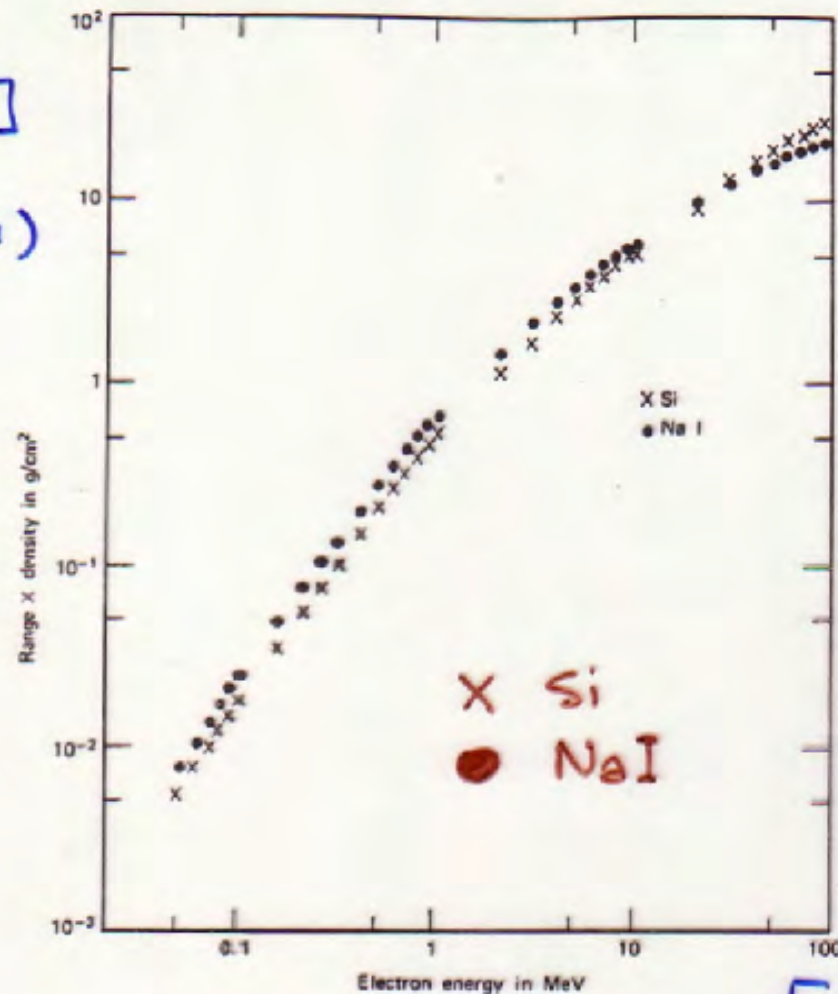
$\eta$



$E_e$  [MeV]

# PERCORSI DI ELETTRONI. CURVE SPERIMENTALI

R.g  
[g/cm<sup>2</sup>]  
(PERCORSI  
ESTRAPOLATI)



$E_e$  [MeV]

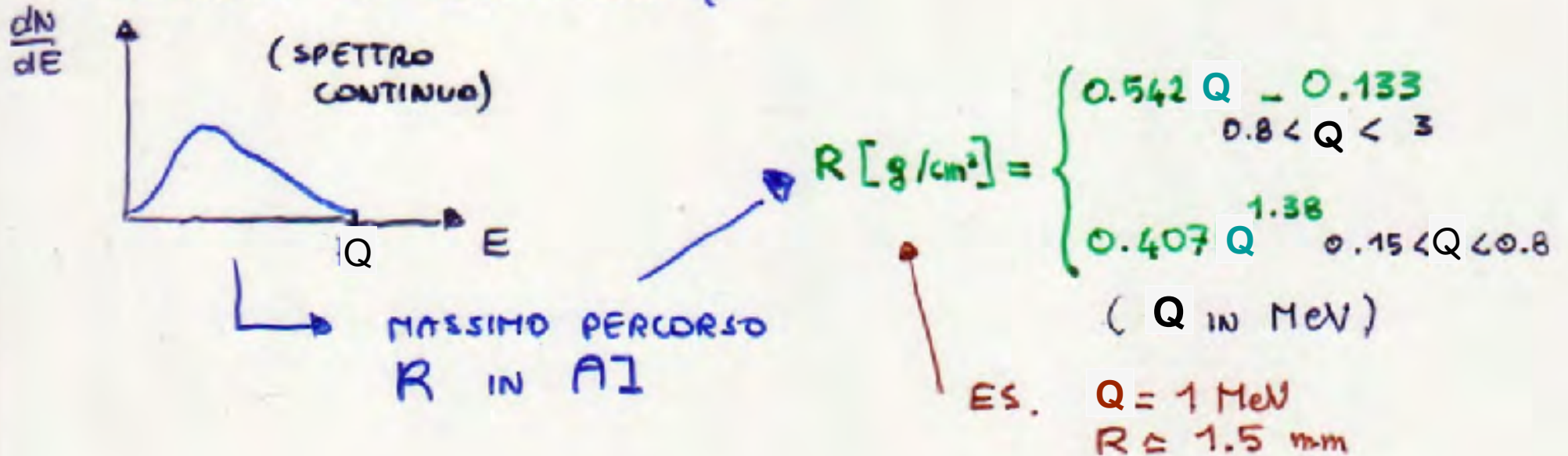
ELETTRONE DI 1 MeV IN Si:  $R \approx 2$  mm



PER NON FARE ERRORI GROSSOLANI, PER MATERIALI DI MEDIA DENSITÀ,

$$R \approx 1 \text{ mm / MeV}$$

ELETTRONI DA EMETTITORI  $\beta$ :



In questo caso (appros. empirica!)

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

$$I = I_0 e^{-\mu' t}$$

Una volta fissato il materiale,  $\mu'$  è correlato con  $Q_\beta$

$$\mu' = \text{coeff. di assorb. massico} \approx 1.7 Q^{-1.14}$$

# PERDITA DI ENERGIA DEGLI ELETTRONI PER IRRAGGIAMENTO

- $e^- \Rightarrow$  PICCOLA MASSA  $\Rightarrow$  IMPORTANZA DEGLI URTI CON I NUCLEI

VIOLENTE ACCELERAZIONI E BRUSCHI CAMBIAMENTI DI DIREZIONE

SCATTERING  
MULTIPLO

IRRAGGIAMENTO

PERDITA DI ENERGIA CHE AD ALTE  $v$  COMPETE E SUPERA QUELLA PER COLLISIONE

FENOMENO QUANTISTICO. EMISSIONE DI FOTONI.



$$h\nu = E - E'$$

FREQUENZA DEL  $\gamma$  EMESSE.

IL NUCLEO RINGHIA CON ENERGIA TRASCURABILE -  
IL RINGHIO PERÒ ASSICURA LA CONSERVAZIONE DEL  
MOMENTO

SI TROVA:

$$\frac{S_{\text{irr}}}{\rho} = \frac{16}{3} \pi r_e^2 \alpha N_A \frac{Z^2}{A} \cdot E \equiv \frac{1}{X_0} \cdot E$$

↳ PERDITA DI ENERGIA MASSICA PER IRRAGGIAMENTO

$$X_0 = \frac{3}{4\pi} \frac{1}{r_e^2 \alpha N_A} \cdot \frac{A}{Z^2} \simeq 170 \frac{A}{Z^2} \text{ g/cm}^2$$

↳ LUNGHEZZA DI RADIAZIONE

↳  $\sim 90 \text{ cm}$  IN ARIA

↳  $\sim 0.5 \text{ cm}$  IN Pb

CALCOLO QUANTISTICO ESATTO:

$$X_0 = \frac{1}{4 r_e^2 \alpha N_A} \cdot \frac{A}{Z^2} \cdot \frac{1}{\log\left(\frac{183}{\sqrt[3]{Z}}\right) \cdot \left[1 + 0.12\left(\frac{Z}{82}\right)^2\right]}$$

$$Z=1 \rightarrow 0.19$$

$$Z=82 \rightarrow 0.24$$

$$\text{PONENDO } \alpha' = \rho \cdot \alpha$$

DA CONFRONTARE

$$\text{CON } \frac{3}{4\pi} \simeq 0.24$$

$$\frac{dE}{d\alpha'} = - \frac{1}{X_0} \cdot E \Rightarrow E = E_0 \cdot e^{-\alpha'/X_0}$$

↳  $X_0$  È L'UNITÀ DI MISURA NATURALE PER L'IRRAGGIAMENTO



- CONFRONTO TRA ENERGIA PERSA PER COLLISIONE E PER IRRAGGIAMENTO IN ELETTRONI

$$S = S_{\text{col}} + S_{\text{irr}}$$

CHI PREVALE?

ANDAMENTI CON  $T = E - mc^2$  ENERGIA CINETICA

- CASO NON RELATIVISTICO

$$S_{\text{col}} \propto \frac{1}{v^2} \frac{Z}{A} \propto \frac{1}{T} \frac{Z}{A}$$

$$S_{\text{irr}} \propto \frac{Z^2}{A}$$

$$\rightarrow (S_{\text{irr}}/S_{\text{col}})_{\text{NR}} \cong \frac{Z \cdot T [\text{MeV}]}{400}$$

INSERENDO I  
VALORI NUMERICI  
( $T \approx 0.2 \text{ MeV}$ )



- CASO RELATIVISTICO

$S_{coll} \propto \frac{Z}{A}$  ← LA DIPENDENZA DA  $\beta$  DIVENTA BLANDA

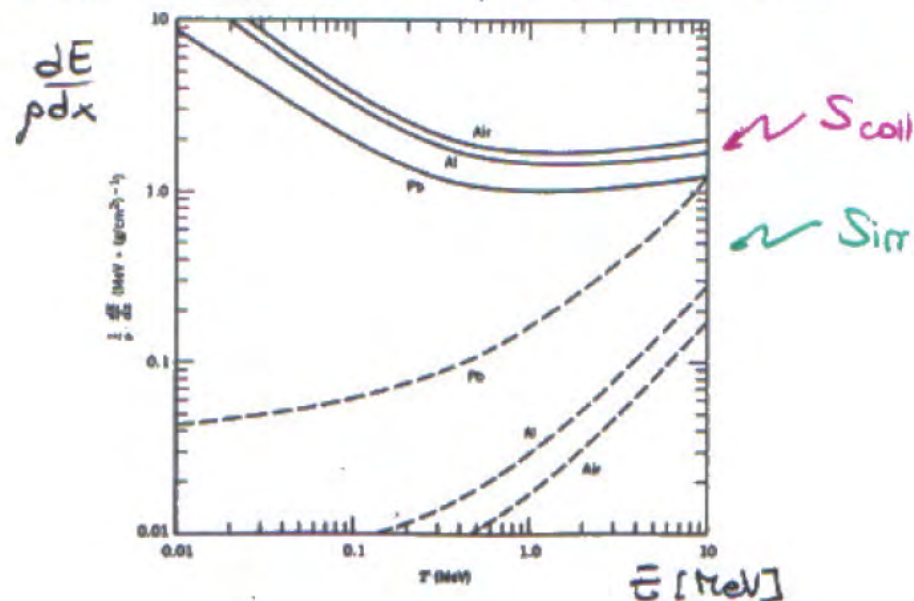
$S_{irr} \propto \frac{Z^2}{A} \cdot T$  ← VIENE DAL FATTORE RELATIVISTICO  $\gamma$

→  $(S_{irr}/S_{coll})_R \cong \frac{Z \cdot T [\text{MeV}]}{800}$

INSERENDO I VALORI NUMERICI ( $T \cong 20 \text{ MeV}$ )

CI ASPETTIAMO CHE A BASSA E  $S_{irr} \ll S_{coll}$  E A ALTA E  $S_{irr} \gg S_{coll}$

•  $S_{coll}$  e  $S_{irr}$  in Pb, Al, aria per  $E < \bar{E}_c$



DEFINIAMO  $E_c$  (ENERGIA CRITICA) IL VALORE PER CUI  
 $S_{in} = S_{coll} -$  SICCOME  $E_c$  CAPITA TRA 10-100  
 MeV, IL VALORE GIUSTO È DATO DA UN COMPROMESSO  
 TRA LE DUE FORMULE PRECEDENTI

$$\frac{Z \cdot E_c [\text{MeV}]}{550} = \frac{S_{in}}{S_{coll}} = 1$$

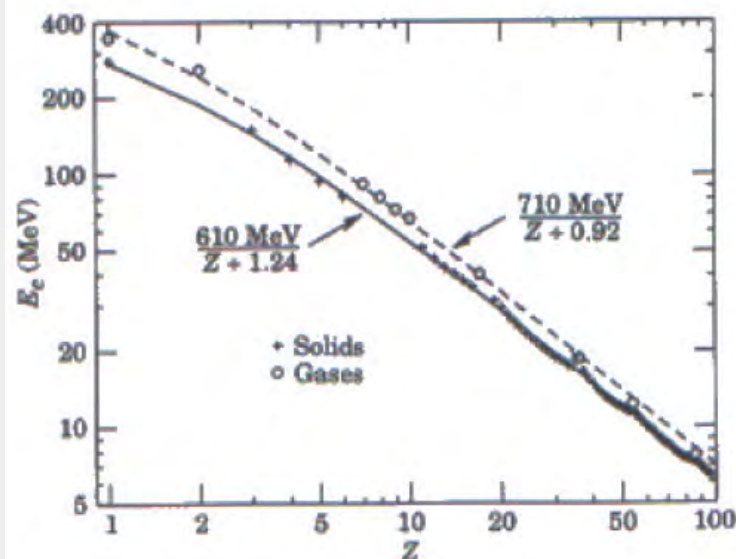
↳  $E_c \approx \frac{550}{Z} \text{ MeV}$

"PESANDO" CON  
 LA MASSA

$H_2O \quad \langle Z \rangle \approx 7.3 \quad \Rightarrow \quad E_c \approx 80 \text{ MeV}$

$Pb \quad Z = 82 \quad \Rightarrow \quad E_c \approx 6.7 \text{ MeV}$

NEI MATERIALI PESANTI L'IRRAGGIAMENTO COMINCIA A  
 PREVALERE A ENERGIE PIÙ BASSE



Energia critica  $\bar{E}_c$

$$S_{coll}(\bar{E}_c) = S_{irr}(\bar{E}_c)$$

$$S_{irr} > S_{coll} \quad E > \bar{E}_c$$



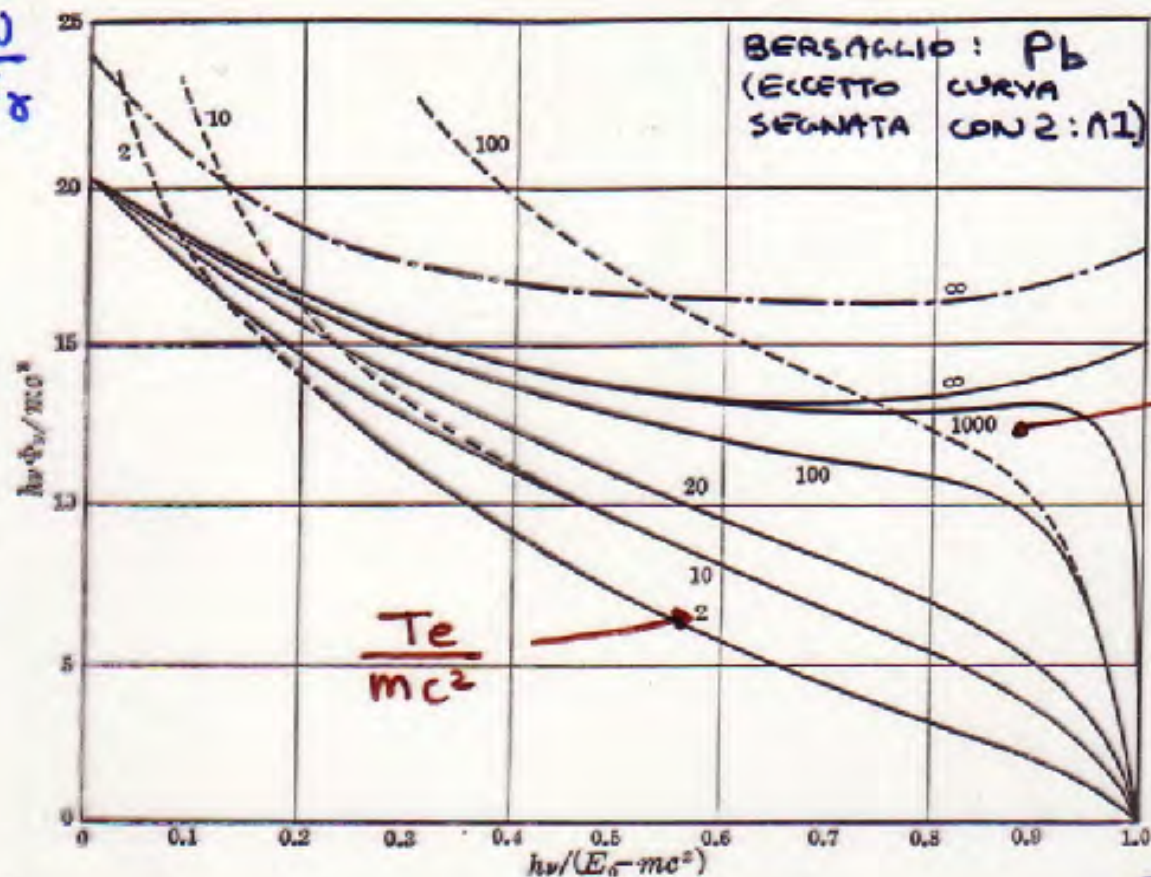
- RISULTATI CHE SI POSSONO OTTENERE SOLO CON IL CALCOLO ESATTO:

- DISTRIBUZIONE ENERGETICA DEI QUANTI EMESSI
- DISTRIBUZIONE ANGOLARE DEI QUANTI EMESSI

$$\propto E_\gamma \frac{dN}{dE_\gamma}$$

INCLUDENDO  
SCHERMAGGIO  
E ATOMICI

SENZA  
SCHERMAGGIO



DISTRIBUZIONE ENERGETICA  
(SPETTRO DI ENERGIA)



- AD ALTE ENERGIE, SPETTRO QUASI PIATTO

$$E_\gamma \frac{dN_\gamma}{dE_\gamma} = \text{cost}$$

$E_\gamma \cdot dN_\gamma$  : QUANTITÀ DI  
ENERGIA TRASPORTATA DA  
FOTONI CON ENERGIA COMPRESA  
TRA  $E_\gamma$  E  $E_\gamma + dE_\gamma$

ENERGIA TRASPORTATA  
DAI FOTONI AVENTI  
ENERGIA TRA  $E_1$  E  $E_2$

$$\propto E_2 - E_1$$

- LO SPETTRO DEL NUMERO DEI FOTONI  $\bar{E}$   
INVECE:

$$\frac{dN_\gamma}{dE_\gamma} \propto \frac{1}{E_\gamma}$$

MOLTI FOTONI  
DI BASSA ENERGIA,  
POCHI DI ALTA

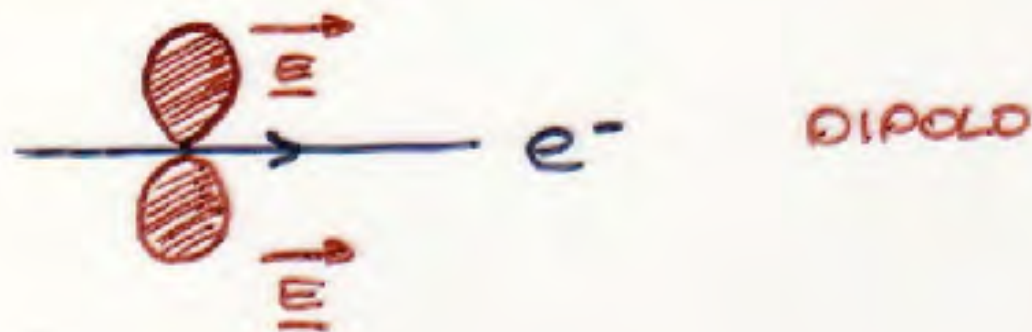
- FORTI FLUTTUAZIONI IN  $S_{in}$  : IN  $1 \times 10^6$ ,  
UN  $e^-$  EMETTE IN MEDIA 1 QUANTO DI  
ENERGIA COMPARABILE ALLA PROPRIA INIZIALE

## DISTRIBUZIONE ANGOLARE

- BASSA ENERGIA (ELETTRONE NON RELATIVISTICO)

I  $\gamma$  SONO EMESSI COME DA UN DIPOLO OSCILLANTE, PREVALENTEMENTE IN DIREZIONE ORTOGONALE AL MOTO DELL'ELETTRONE

IL CAMPO ELETTRICO  $\vec{E}$  È PARALLELO ALLA DIREZIONE DEL MOTO DELL'ELETTRONE.



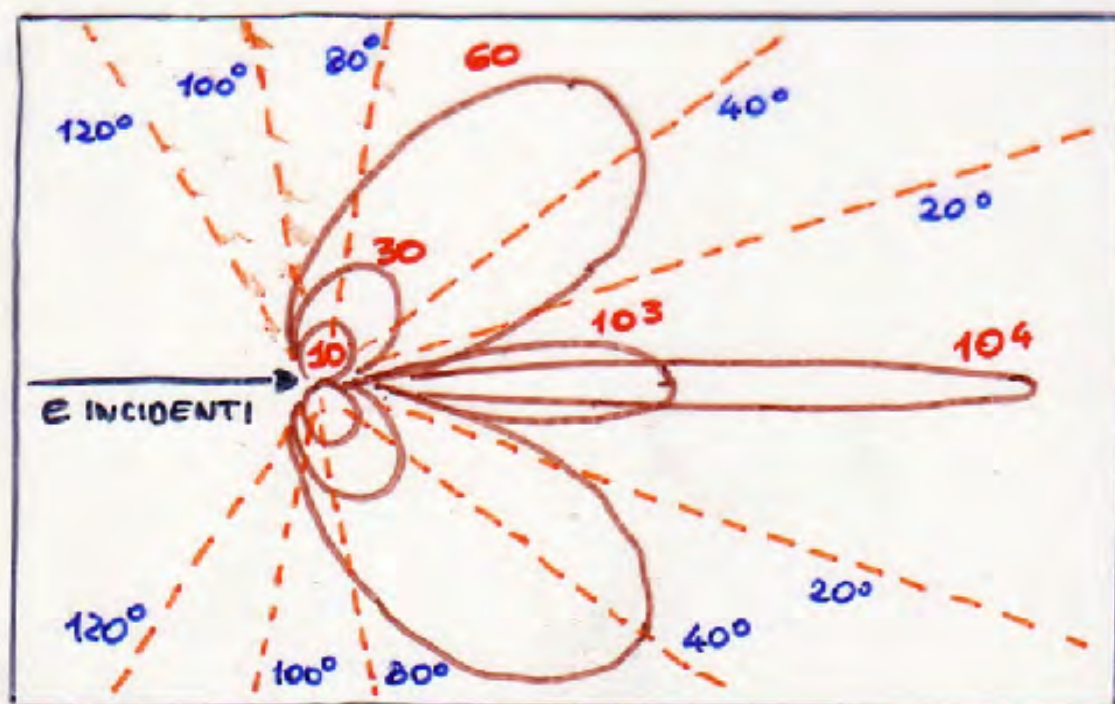
- ALTA ENERGIA (ELETTRONE RELATIVISTICO)

I  $\gamma$  SONO EMESSI IN AVANTI, NELLA DIREZIONE DEL MOTO IN UN PENNELLO SOTTILE; L'ANGOLO MEDIO DI EMISSIONE È:

$$\langle \theta \rangle \simeq \frac{1}{\gamma} = \frac{mc^2}{E}$$

$$\frac{0.5}{10} = 50 \text{ mrad} \simeq 3^\circ$$

$\theta @ 10 \text{ MeV}$



ENERGIA  
DELLI ELETTRONI  
(MeV)

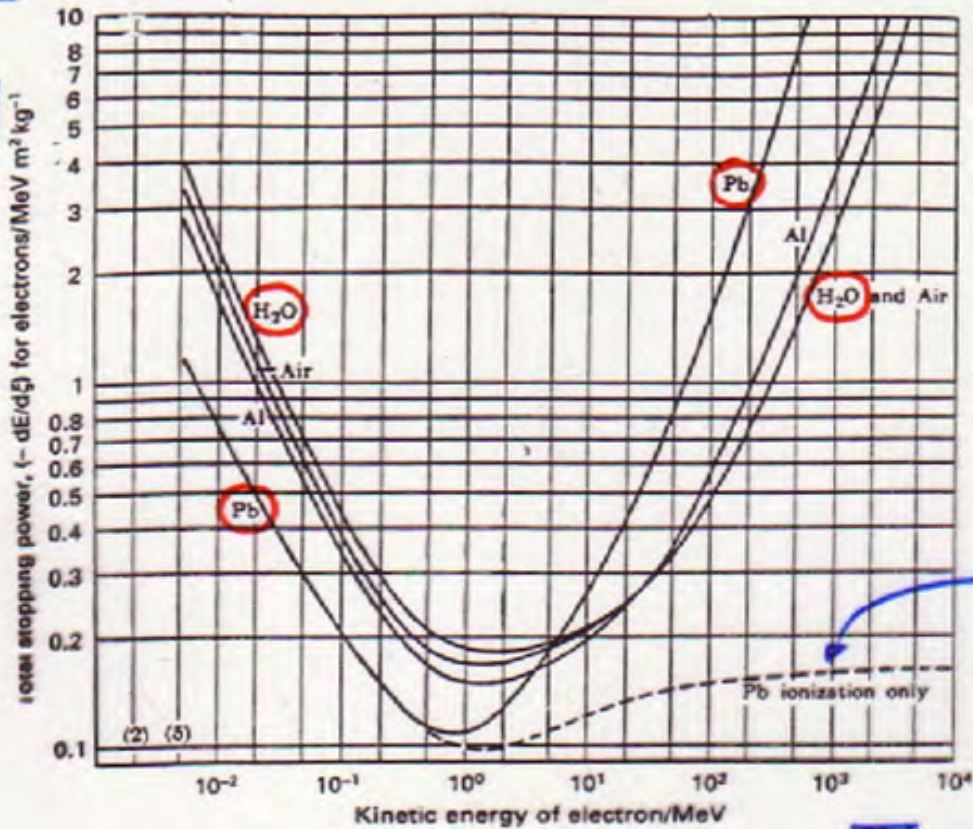
INTENSITÀ

ANGOLI DI  
EMISSIONE

$\underline{E} \perp$  PIANO (DIREZIONE  $e$  INCIDENTE, DIREZIONE  $\gamma$ )



$S_{\text{coll}} + S_{\text{ion}}$   
 $\rho$   
 $[\text{MeV}/\text{kg m}^2]$



$T_e [\text{MeV}]$

CONFRONTO TRA  $S_{\text{coll}}$  e  $S_{\text{tot}} = S_{\text{coll}} + S_{\text{ion}}$   
 IN Pb

$\frac{S_{\text{tot}}}{\rho}$  PER Pb, Al, ARIA, ACQUA

ENERGIA CRITICA  $\begin{cases} 9 \text{ MeV (Pb)} \\ 100 \text{ MeV (H}_2\text{O)} \end{cases}$



IL MINIMO PER  $S_{\text{tot}}$  È SPOSTATO VERSO LE BASSE ENERGIE PER I MATERIALI PESANTI

