

電子モンテカルロシミュレーション

相互作用

近似

輸送方法

2006.6.23 Last modified

(KEK) 波戸、平山 (ミシガン大) A.F.Bielajew

重大な相互作用と軽微な相互作用

-しきいエネルギー(AE, AP):ユーザーが設定(PEGS入力)

•重大な相互作用(大きな影響):個別サンプリング

- モラー/バーバー散乱 (2次粒子エネルギー > AE) $e^\pm e^- \rightarrow e^\pm e^-$
- 制動輻射 (光子エネルギー > AP) $e^\pm N \rightarrow e^\pm \gamma N$
- 飛行中および静止時の消滅 $e^+e^- \rightarrow 2\gamma$

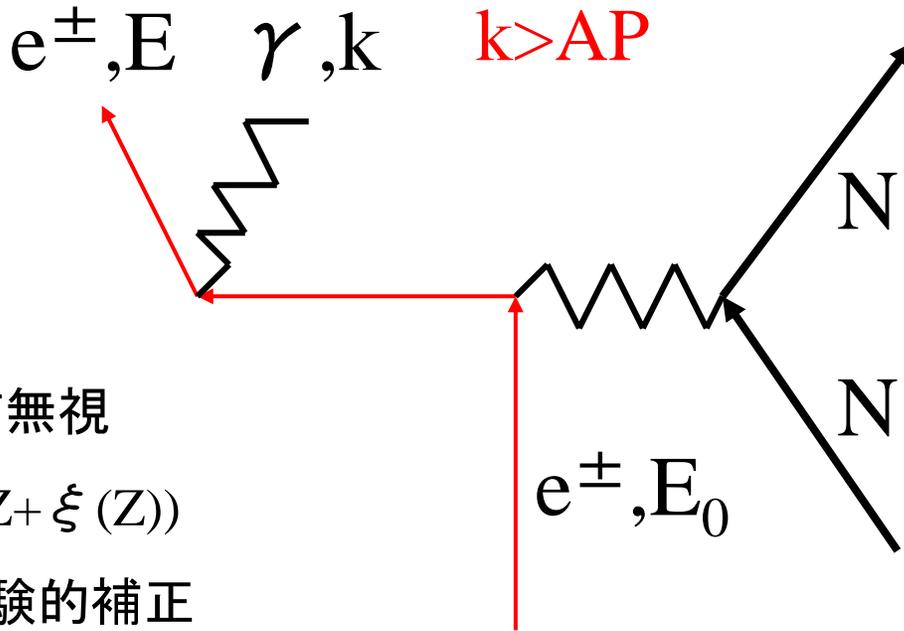
•軽微な相互作用(小さな影響):まとめてサンプリング

- モラー/バーバー散乱 (2次粒子エネルギー < AE)
 - 制動輻射 (光子エネルギー < AP)
 - 原子励起
 - 多重クーロン散乱
- } エネルギー
吸収

重大な (Catastrophic) 相互作用

制動輻射

$$E_0 = E + k$$



- Z^2 に比例

- 3体角度分布無視

 - $Z^2 \rightarrow Z(Z + \xi(Z))$

- < 50 MeV 経験的補正

- > 50 MeV ERL

- TF スクリーニング

- $1/E_\gamma$ 発散

- e^-, e^+ 同一視

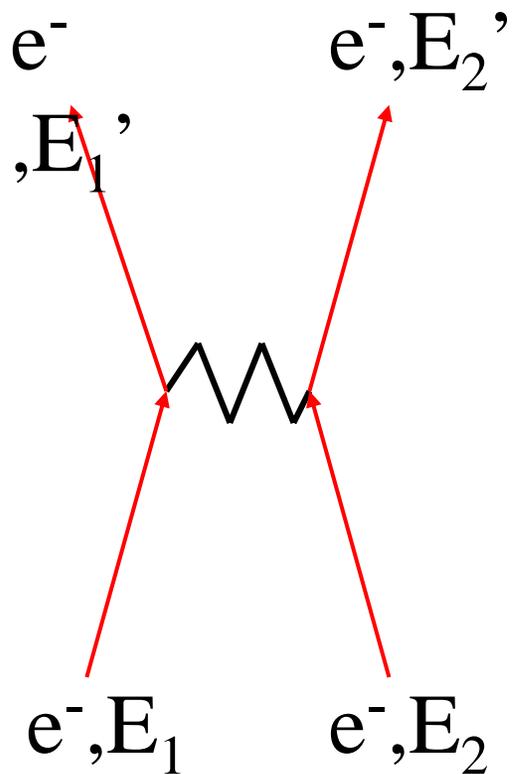
- ミグダル効果無視 > 10 GeV

- e^\pm 方向不変

- $\Theta_\gamma = m_e/E_0$

- チップ $\rightarrow 0$

モラー散乱

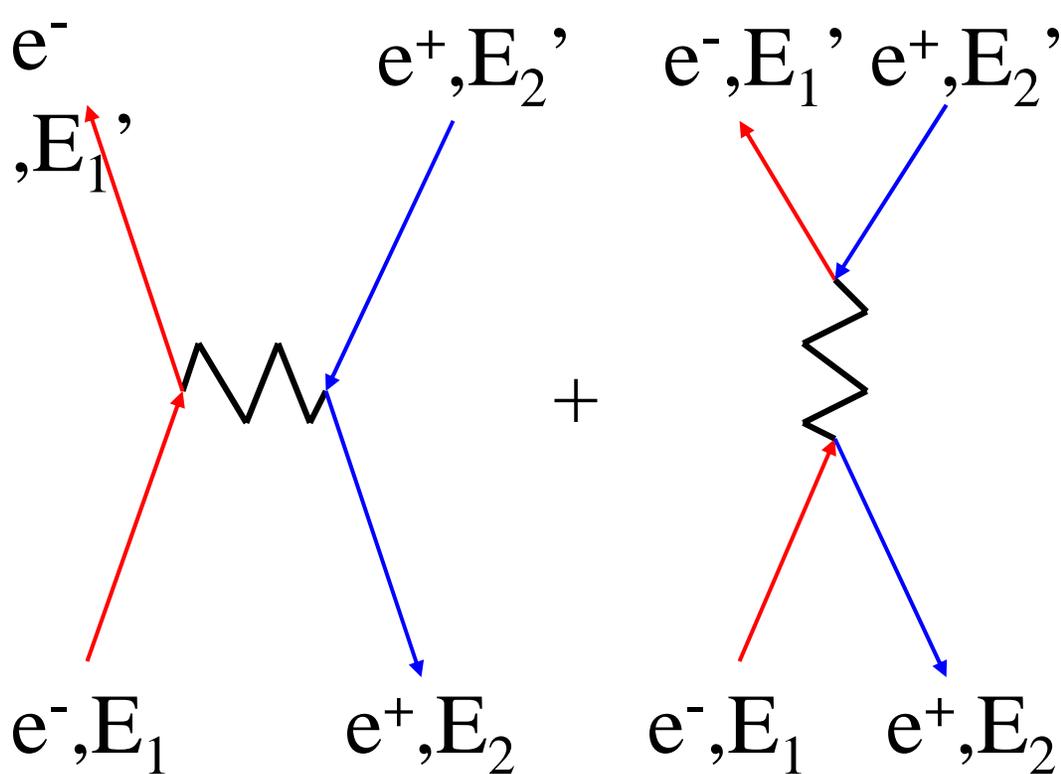


同種粒子:

しきい: $2(AE-RM)$

- $1/v^2$
- Z に比例
- ターゲット e は自由

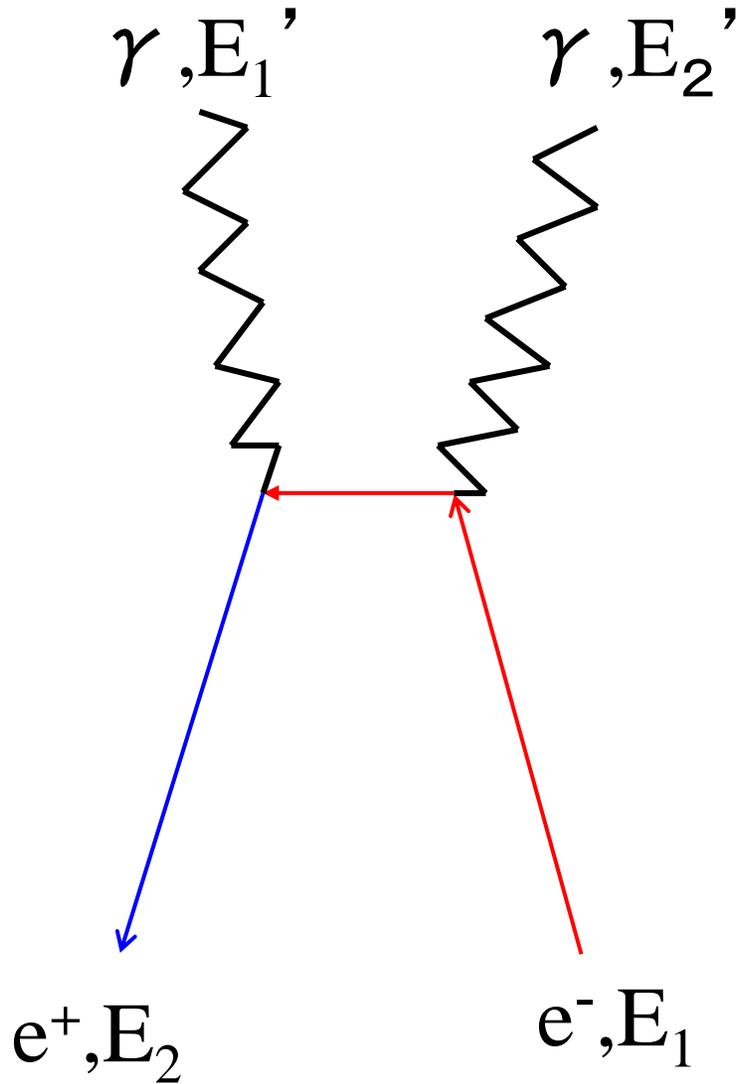
バーバー散乱



異種粒子: しきい: $AE-RM$

- EGS5 New Physics (optional)
- K-X ray production in Moller (Electron Impact Ionization)

消滅



•飛行中および静止時

• $e^+e^- \rightarrow n \gamma$ ($n > 2$)無視

• $e^+e^- \rightarrow \gamma N^*$ 無視

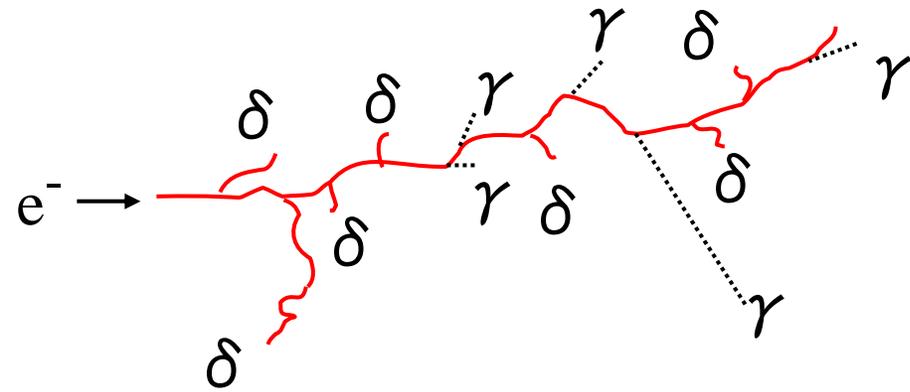
•ECUTで e^+ 消滅

残りの移動は無視

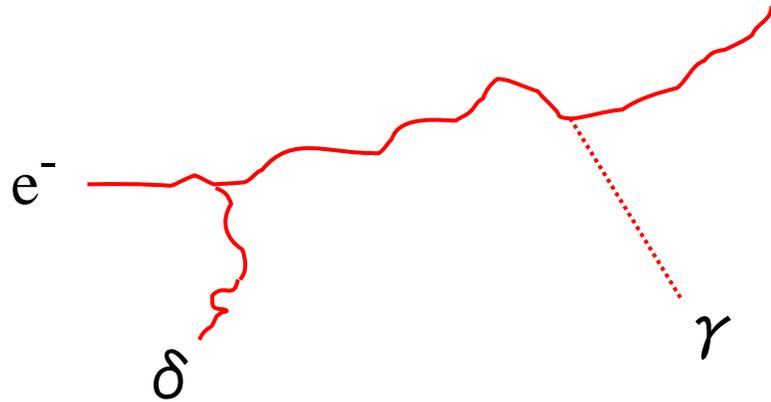
•束縛無視

統計的にグループ化して扱う相互作用

凝縮近似(Condensed Random Walk)



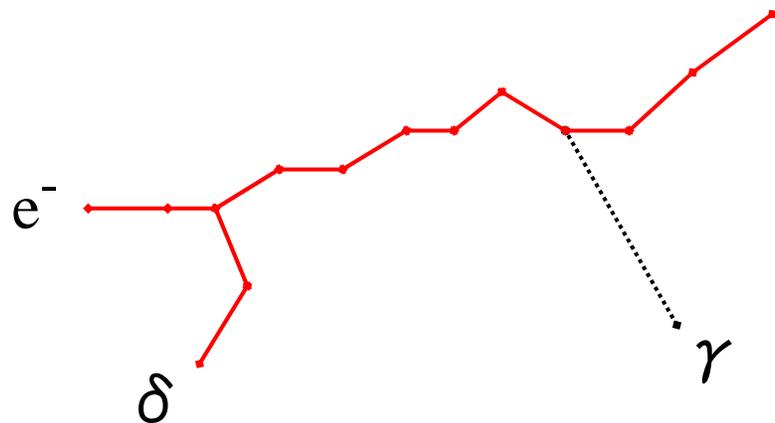
現実(?) MFP: nm単位



連続減速近似

δ 線、制動輻射:

> 大きいエネルギーのみ



多重散乱近似

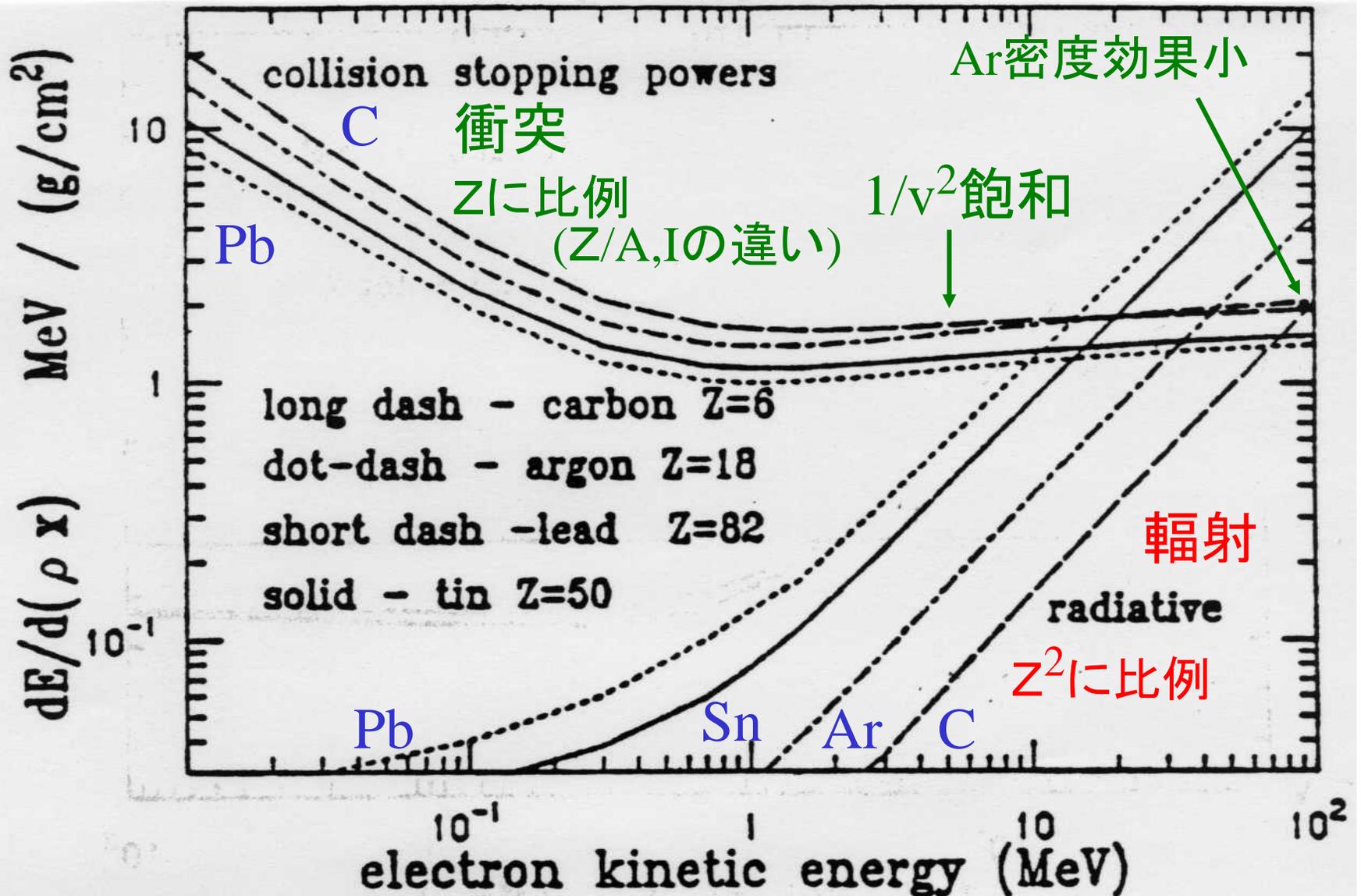
多重散乱角 $\Theta_{ms}(E, Z, t)$

モリエール理論

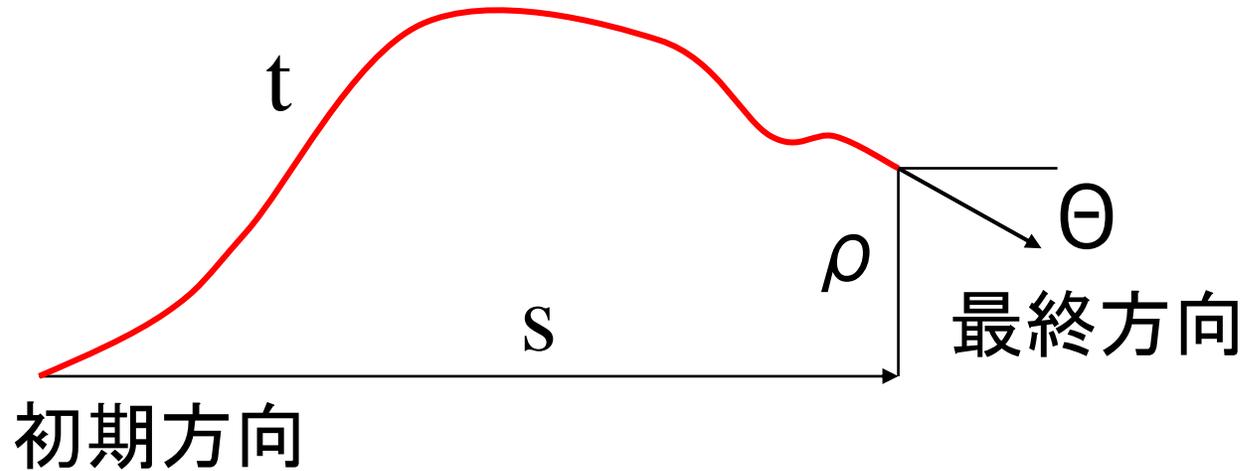
「連続」エネルギー損失

1. 衝突エネルギー損失 (e^\pm 区別)
 - K 殻エネルギーの十分上
 - ベーテ・ブロッコ理論 + 密度効果
2. 放射エネルギー損失 (e^\pm 同一視)
 - 制動輻射断面積の積分

電子の阻止能(非制限)



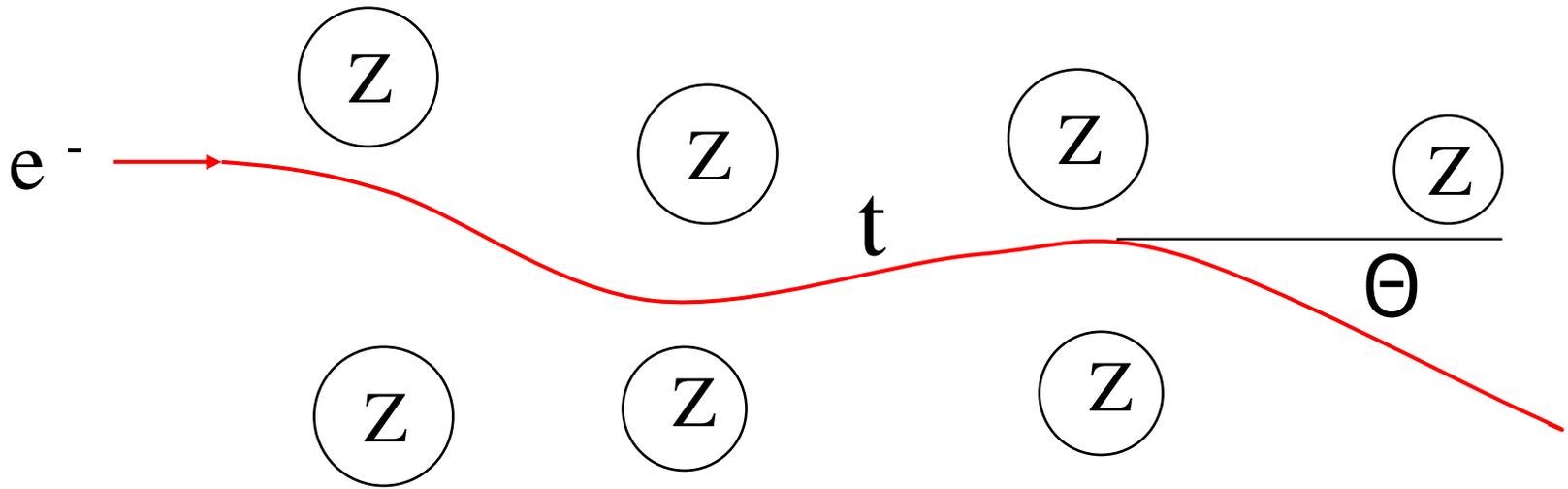
多重散乱ステップ



	移動距離補正	横変位
	t/s	ρ
EGS4	Δ^*	\times
PRESTA	\bigcirc	\bigcirc

*2倍までの過大評価

多重散乱角



$f(\Theta)=?$: t だけの移動後の多重散乱角分布

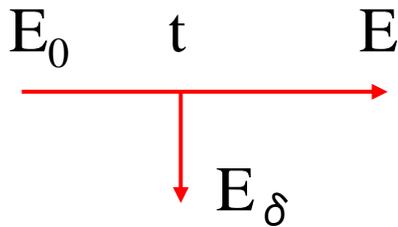
- Fermi-Eyges 理論
- Goudsmit-Saunderson理論 : EGS5
- モリエールの小角長ステップ理論:
EGS4, PRESTA, EGS5

ここまで

クラス I とクラス II

クラス I

相関なしのエネルギー損失

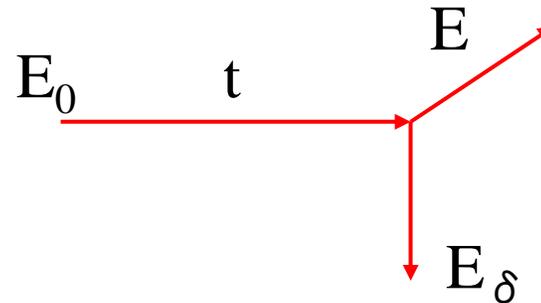


$$E = E_0 - \Delta E(t)$$

$$E_{\text{dep}} = \Delta E(t) - E_\delta$$

クラス II (EGS)

相関ありのエネルギー損失



$$E = E_0 - t L_{\text{col}}^{\text{AE}} - E_\delta$$

$$E_{\text{dep}} = t L_{\text{col}}^{\text{AE}}$$

- $\Delta E(t)$: エネルギー損失ストラグリング分布からサンプリングしたエネルギー損失
- $L_{\text{col}}^{\text{AE}}$: AE以下の2次粒子に対する制限付き衝突阻止能

エネルギー吸収

e^{\pm} が「 t 」だけ動くときのエネルギー吸収

$$= -\left(dE_{\pm} / dx\right)_{\text{阻止能}}^{\text{制限付き}} \times t$$

$$-\left(dE_{\pm} / dx\right)_{\text{阻止能}}^{\text{制限付き}} = -\left(dE_{\pm} / dx\right)_{\text{以下の輻射}}^{\text{カットオフ}} - \left(dE_{\pm} / dx\right)_{\text{以下の衝突}}^{\text{カットオフ}}$$

ガウス分布の連続エネルギー損失の平均値

薄い体系にはランダウ分布が必要

吸収線量 (Gy)=エネルギー吸収(J)/質量(kg)

