

1.

辐射长度 (X_0): 表示的是一个高能电子通过轫致辐射能量损失到 $1/e$ 所经过的平均路程。

(P27)

核相互作用长度 (λ_I): 根据强子束强度在物质中的衰减定义的长度。它是指高能强子在穿越物质时, 因非弹性核相互作用导致其未发生核反应的粒子数衰减到原来的 $1/e$ 时所经过的平均路程。(P51)

电子通过轫致辐射损失能量的公式

$$E = E_0 e^{-x/X_0} \quad (2.1.25)$$

碳	6	12.01	42.7	18.9	90
铝	13	26.98	24.0	8.9	40
钨	74	183.9	6.8	0.35	8.0

碳 $e^{-0.1/18.9}=99.47\%$

铝 $e^{-0.1/8.9}=98.88\%$

钨 $e^{-0.1/0.35}=75.14\%$

多重散射角计算

$$\theta_{\text{plane}}^{\text{rms}} = \frac{13.6}{\beta c p} \sqrt{\frac{x}{X_0}} \quad (2.1.17)$$

其中 $E=cp$, $\beta \approx 1$

电子能量/动量	碳	铝	钨
1 GeV (1000 MeV/c)	0.989 mrad	1.44 mrad	7.27 mrad
10 GeV (10000 MeV/c)	0.0989 mrad	0.144 mrad	0.727 mrad
100 GeV (100000 MeV/c)	0.00989 mrad	0.0144 mrad	0.0727 mrad

厚、薄介质中电离能量损失分布的不同与原因

薄介质: 能损分布呈现高度不对称的朗道分布。

原因: 在薄层物质中, 粒子发生的相互作用次数少, 统计涨落大。特别是偶尔会发生大动能转移的单次散射(产生 δ 电子或敲出电子)。这导致能损分布在高端形成一个很长的高能尾巴。

厚介质: 能损分布接近对称的高斯分布。

原因: 当吸收层非常厚时, 粒子经历的相互作用次数足够多, 单次大能量转移的贡献被平均化, 高端尾部大为收缩, 根据中心极限定理, 分布趋近于高斯分布。

2.

泊松过程与分布的性质及应用性质：

泊松分布是一种离散概率分布，描述在单位时间或空间内随机事件发生的次数。其最核心的性质是期望值与方差相等，即 $E(X) = V(X) = \lambda$ 。

应用：常用于描述稀有事件的发生概率，如放射性同位素的衰变计数、光电倍增管记录到的光子数、单位时间内到达探测器的宇宙线粒子数等

与二项分布的关系：泊松分布是二项分布 $B(n, p)$ 的极限情况。当试验次数 n 趋于无穷，且单次成功概率 p 趋于 0，但保持期望 $\lambda = np$ 为常数时，二项分布趋近于泊松分布。

与高斯分布的关系：当泊松分布的参数 λ 足够大（通常 $\lambda > 10$ ）时，由于中心极限定理，泊松分布可以近似为均值为 λ 、方差也为 λ 的高斯（正态）分布 $N(\lambda, \lambda)$ 。

母函数的性质

概率母函数 (PGF) 定义：对于离散随机变量 X ，其母函数定义为

$G_X(t) = E(t^X) = \sum_{k=0}^{\infty} P(X=k)t^k$ 。独立变量和的性质：若 X 和 Y 是相互独立的随机变量，则它们之和的母函数等于各自母函数的乘积，即 $G_{X+Y}(t) = G_X(t)G_Y(t)$ 。

3.

图像服从朗道分布

明显的峰值

向右延伸的长尾（高能损失涨落）

不对称的分布形状

