第一题

1° 辐射长度 X_0：表征物质引起辐射能量损失能力的一个重要物理量

$$X_0 = \frac{716.4A}{Z(Z+1)\ln(287/\sqrt{Z})} \ (g/cm^2)$$

核作用长度：$\lambda_I = \frac{A}{N_A \rho \sigma_{非弹}}$ [cm]. 表征强子强相互作用的特征长度. 反映非弹性散射的贡献

2° 能量衰减公式 $\frac{E}{E_0}=e^{-\frac{x}{X_0}}$　C: $X_0\approx 42.7$. $x=0.1cm$　$\frac{E}{E_0}\approx 0.9977$

Al: $X_0=24.0$　$x=0.1$　$\frac{E}{E_0}\approx 0.9958$.　W: $X_0\approx 6.8$. $\frac{E}{E_0}\approx 0.9853$

多重散射经验公式：$\theta^{rms}=\frac{13.6z}{\beta cp}\sqrt{\frac{x}{X_0}}$

由以上计算结果及公式有以下结论. 原子序数越高的物质 (W>Al>C). 辐射长度 X_0 越短. 电子能量衰减越快；对同一物质 (X_0 相同)，~~入射~~经过电子能量越高，多重散射角越小；入射电子能量相同时，物质原子序数越高 (X_0 越小). 散射角越大.

3° 粒子在经过厚介质时，电离能量损失服从高斯分布，经过薄介质时服从朗道分布.

高斯分布：即正态分布，对称，均值明确，涨落小.

朗道分布：分布不对称，峰值偏左. 能量大的区域有很长的尾巴.

原因：薄介质中粒子与~~电离碰撞相~~介质原子作用次数少(即碰撞少). δ电子对能量损失统计影响大(随机事件较少统计偏差大). 厚介质中粒子间作用次数多. 随机偏差被平均. 故符合高斯分布.

（因为前两个问题涉及到比较多的公式计算，所以我最终选择了用手写再拍照的形式）

第二问

1.泊松过程：若计数过程$\{N(t), t\geq 0\}$满足：1°独立增量性(不相交区间的事件发生数相互独立).2°平稳增量性(区间内事件数只与区间长度有关，与起点无关) 3°稀有事件性 短时间内发生两次以上事件的概率为高阶无穷小 则称为泊松过程且$N(t)\sim P(\lambda t)$

2.泊松分布：若随机变量X的概率分布为$P(X=k)=\frac{\lambda^k}{k!}e^{-\lambda}$, $k=0.1.2,\cdots$

则X服从参数为λ的λ>0的泊松分布.记为$X\sim P(\lambda)$ 其性质为：

期望$E(X)=\lambda$. 方差：$D(X)=\lambda$. 可加性：若$X_1\sim P(\lambda_1)$, $X_2\sim P(\lambda_2)$且独立.

则$X_1+X_2\sim P(\lambda_1+\lambda_2)$. 泊松分布应用场景(在高能物理中的例子)：粒子探测计数.放射性衰变.

与二项分布关系：n很大.p很小 且$np=\lambda$时.二项分布$B(n,p)$近似为泊松分布$P(\lambda)$.即$\lim_{n\to\infty}C_n^k p^k(1-p)^{n-k}=\frac{\lambda^k}{k!}e^{-\lambda}$.

与高斯分布关系：λ很大时.泊松分布$P(\lambda)$近似于正态分布$N(\lambda,\lambda)$即 $\frac{X-\lambda}{\sqrt{\lambda}}\xrightarrow{d}N(0,1)$

3.母函数：对非负整数随机变量X.其概率母函数定义为

$G_X(s)=E(s^X)=\sum_{k=0}^{\infty}P(X=k)s^k$ 设$A(x)=\sum a_n x^n$ $B(x)=\sum b_n x^n$ $C(x)=\sum c_n x^n$

其性质有基本的线性(加减),可数乘.进行微分.还具有以下重要性质：

1°卷积：若$C(x)=A(x)\cdot B(x)$. 则. $c_n=\sum_{k=0}^{n}a_k b_{n-k}$

2°移位：$x\cdot A(x)=\sum_{n=0}^{\infty}a_n x^{n+1}=\sum_{n=1}^{\infty}a_{n-1}x^n$

3°求和：$\frac{A(x)}{1-x}=\sum_{n=0}^{\infty}(\sum_{k=0}^{n}a_k)x^n$. (原数列前n项和构成的新数列.母函数为$\frac{A(x)}{1-x}$

例：泊松函数母函数：$G_X(s)=\sum_{k=0}^{\infty}\frac{\lambda^k}{k!}e^{-\lambda}s^k=e^{-\lambda}\sum_{k=0}^{\infty}\frac{(\lambda s)^k}{k!}=e^{-\lambda}\cdot e^{\lambda s}=e^{\lambda(s-1)}$

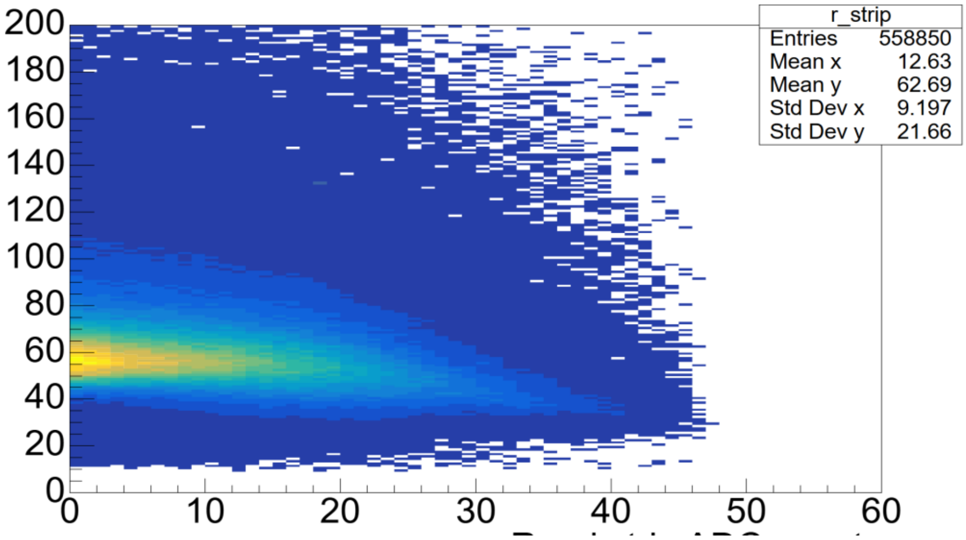
设$X\sim P(\lambda_1)$. $Y\sim P(\lambda_1)$. 且独立. 设$Z=X+Y$.

则 $\cancel{G_Z(x)=G}$ $G_Z(s)=G_X(s)\cdot G_Y(s)=e^{\lambda_1(s-1)}e^{\lambda_2(s-1)}=e^{(\lambda_1+\lambda_2)(s-1)}$ 是服从参数$\lambda_1+\lambda_2$

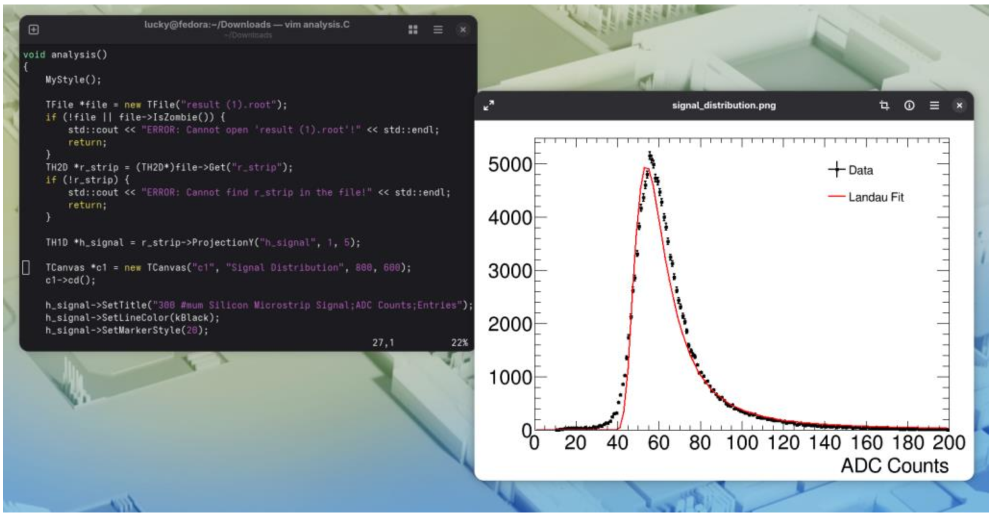
的泊松分布的母函数. $\therefore Z\sim P(\lambda_1+\lambda_2)$. 得证.

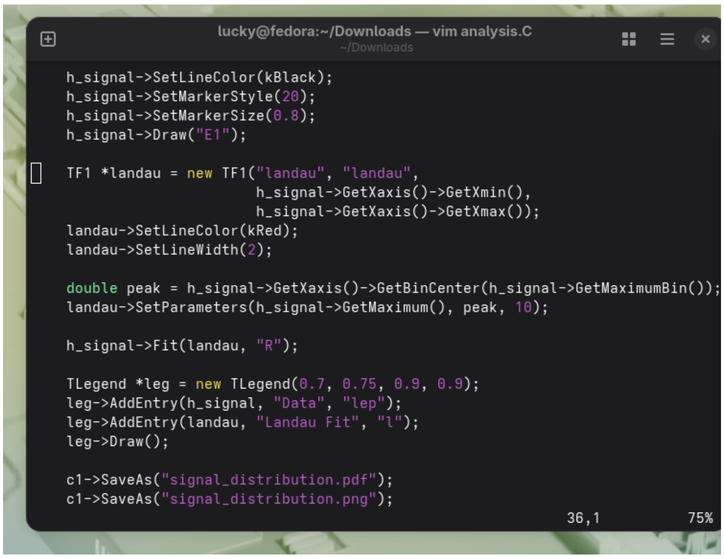
第三问

1. 通过 **VScode** 下载 **root** 相关插件后打开找到的要求分布图， 按分布特征来看应该是朗道分布（分布不对称）



2.按要求让 **AI** 给出相应代码后，在 **fedora** 中创建文件并输入代码（此处遇到了 **Windows** 中下载的 **root** 文件无法拖拽共享到虚拟机中的问题，最终通过网络查找+**AI** 解决）





3.最终输出结果及相关参数，由曲线来看确实是朗道分布（分布不对称，峰值偏左，高能区尾巴长）