**四、高能物理的弱相互作用与粒子衰变（40分）**

粒子物理的前沿研究方向之一是高能粒子的弱相互作用和粒子衰变。例如，可在实验室中令介子束和介子束在飞行过程中进行弱相互作用，使得介子发生衰变

衰变产生子和中微子。已知介子在其固有参考系种寿命为，介子和子静止质量分别为,，中微子视为无静质量。现有一动量为的介子束，试求：

(i)介子在衰变前在实验室中行走的平均距离；

(ii)子在实验室中的最大角度（相对介子的运动方向）；

(iii)计算中微子在实验室参考系中动量的取值范围。

# 四、高能物理的弱相互作用与粒子衰变（40分）

粒子物理的前沿研究方向之一是高能粒子的弱相互作用和粒子衰变。例如，可在实验室中令介子束和介子束在飞行过程中进行弱相互作用，使得介子发生衰变

衰变产生子和中微子。已知介子在其固有参考系种寿命为，介子和子静止质量分别为,，中微子视为无静质量。现有一动量为的介子束，试求：

(i)介子在衰变前在实验室中行走的平均距离；**（8分）**

解： 已知介子的动量：**（2分）**

其中

则**（2分）**

由钟慢效应，介子在实验室中寿命为**（2分）**

则介子在衰变前在实验室中行走的平均距离为**（2分）**

(ii)子在实验室中的最大角度（相对介子的运动方向）；**（22分）**

解： 设为介子静止系，在此参考系中，由动量守恒，则子和中微子动量之和为0，即**（2分）**

从而**（1分）**

能量守恒，衰变前在系中介子静止，则**（3分）**

解得**（2分）**

取系（实验室系）和系的与方向重合，且为介子运动方向，再令为子在系和系中运动方向与与方向的夹角，利用能量动量变换公式**（4分）**

两式相除得**（2分）**

极值条件为或，则**（2分）**

解得**（2分）**

再由**（1分）**

可知对应。代入得**（3分）**

(iii)计算中微子在实验室参考系中动量的取值范围。**（10分）**

解：系和系中的中微子能动量变换关系为**（3分）**

从而**（2分）**

极值条件**（1分）**

得**（1分）**

对应**（3分）**