

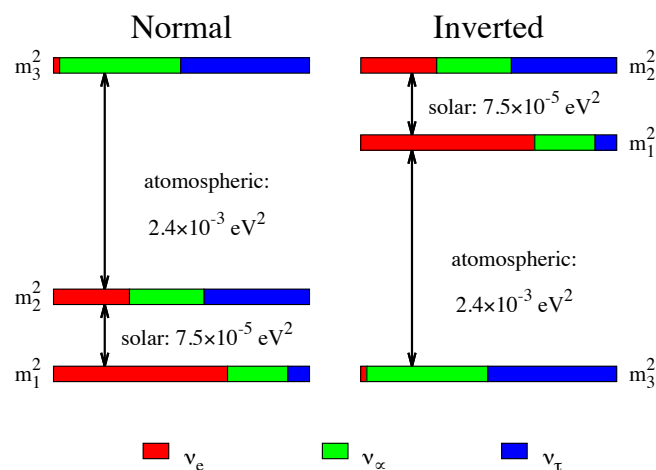
作业解答

P₁₃项: 对 θ_{13} 灵敏 周期短, 振幅小

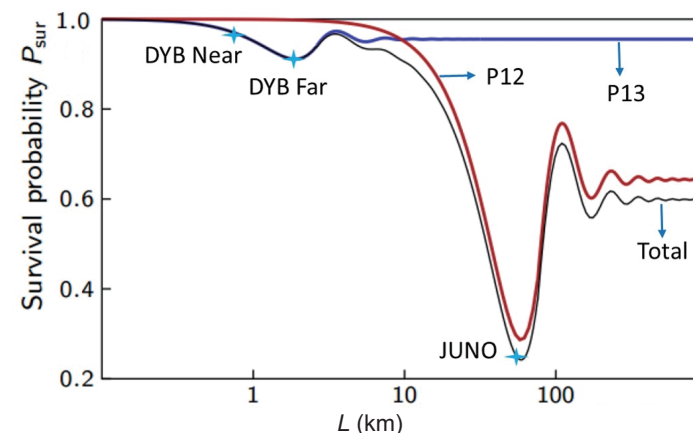
P₁₂项: 对 θ_{13} 不灵敏 周期长, 振幅大

$$P(\bar{\nu}_e \rightarrow \bar{\nu}_e) = 1 - \underbrace{\sin^2 2\theta_{13}(\cos^2 \theta_{12} \sin^2 \Delta_{31} + \sin^2 \theta_{12} \sin^2 \Delta_{32})}_{0.09 \quad 0.79 \quad \text{大} \quad 0.21} - \underbrace{\cos^4 \theta_{13} \sin^2 2\theta_{12} \sin^2 \Delta_{21}}_{\text{大} \quad 0.95 \quad 0.85 \quad \text{小}}$$

注意: $|\Delta m_{32}^2| \approx |\Delta m_{31}^2| \gg |\Delta m_{21}^2|, \theta_{12} > \theta_{13}$



Parameter	True NO	True IO
$\Delta m_{31}^2 (\text{eV}^2)$	2.53×10^{-3}	-2.44×10^{-3}
$\Delta m_{21}^2 (\text{eV}^2)$	7.39×10^{-5}	
$\theta_{12} (^{\circ})$		33.82
$\theta_{13} (^{\circ})$	8.61 ± 0.13	8.65 ± 0.13
$\theta_{23} (^{\circ})$	49.6	49.8
$\delta_{\text{CP}} (\text{rad})$	0	0



- 对大亚湾实验来说: 需要利用P₁₃项来测量 θ_{13} , 因此需要振荡基线长度较短, 这样P₁₂项贡献很小, 且 $\Delta m_{32}^2, \Delta m_{31}^2$ 大小差异来不及造成影响 (因此对质量顺序不敏感)。
- 江门实验理论上也可以测量 θ_{13} , 但是受到P₁₂项影响较大, 因此灵敏度不及大亚湾实验。

作业解答

$$P(\bar{\nu}_e \rightarrow \bar{\nu}_e) = 1 - \sin^2 2\theta_{13}(\cos^2 \theta_{12} \sin^2 \Delta_{31} + \sin^2 \theta_{12} \sin^2 \Delta_{32}) - \cos^4 \theta_{13} \sin^2 2\theta_{12} \sin^2 \Delta_{21}$$

Δ_{31} 与 Δ_{32} 项的“干涉”：类比“光学拍”（频率相近、同向传播、同向振动的两列波的叠加）

设两列平面波均沿 z 轴正方向传播,其振动方向相同,振幅皆为 E_0 ,两列波的传播数和角频率分别为 k_1, ω_1 和 k_2, ω_2 . 取第一列波的初相为零,第二列波相对于第一列波的初相差为 δ_0 ,则两列波的实波函数可写为

$$\begin{cases} E_1(z, t) = E_0 \cos(k_1 z - \omega_1 t), \\ E_2(z, t) = E_0 \cos(k_2 z - \omega_2 t + \delta_0). \end{cases} \quad (2.3.49)$$

任一时刻及位置波场中的合振动可表示为

$$E(z, t) = E_1(z, t) + E_2(z, t) = 2E_0 \cos\left[\frac{\Delta k}{2}z - \frac{\Delta \omega}{2}t - \frac{\delta_0}{2}\right] \cos\left[\bar{k}z - \bar{\omega}t + \frac{\delta_0}{2}\right], \quad (2.3.50)$$

式中

周期大, 频率低, “调制波” 周期小, 频率高, “载波”

$$\Delta k = k_1 - k_2, \quad \Delta \omega = \omega_1 - \omega_2,$$

$$\bar{k} = \frac{1}{2}(k_1 + k_2), \quad \bar{\omega} = \frac{1}{2}(\omega_1 + \omega_2).$$

叠加后会出现 $(\Delta_{31} - \Delta_{32}) = \pm \Delta_{21}$ 与 $(\Delta_{31} + \Delta_{32})$ 两部分

决定了小周期的振幅大小

决定了正反中微子顺序造成的小周期不同

- 江门实验同样利用 P_{13} 项, 但是需要小周期的振幅尽量大 (恰好和第二项极值重合), 且在不同质量顺序下造成的周期不同能够体现出来。
- 更长基线长度=>更弱的中微子束流 =>需要更大的探测器。
- 同时需要更高的能量测量精度。

