

利用方向-能量重建探测 K-40 地球中微子

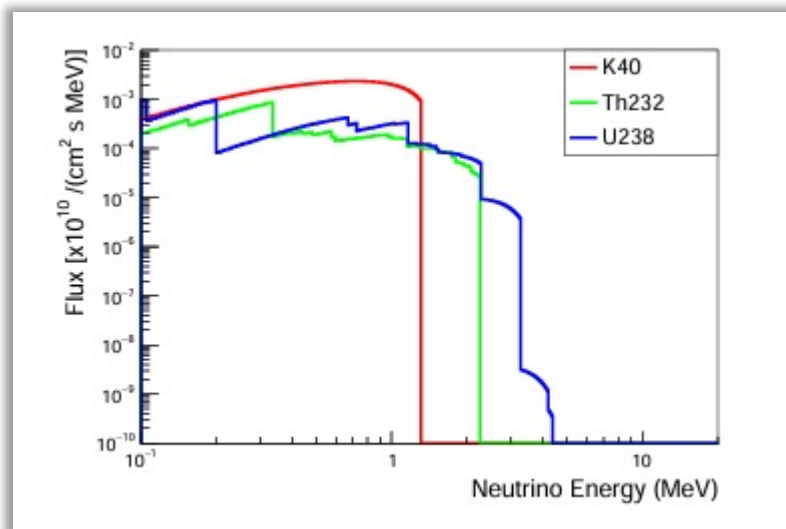
孙昊哲

清华大学工程物理系

研究背景及意义

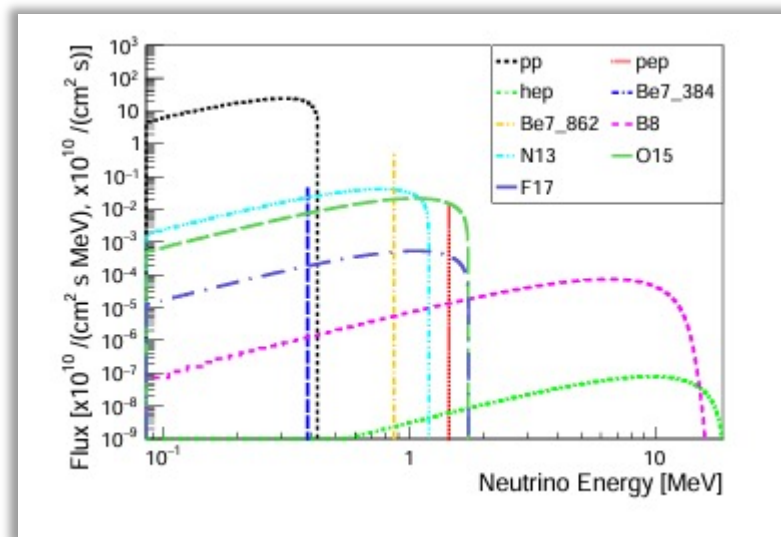
- K-40衰变释放能量占地球辐射热量1/3
- K-40中微子目前未被观测
- 地壳、地幔中元素分布
- 地球模型
- 对锦屏：靠近喜马拉雅山脉，元素含量与地球内部活动关系

K-40中微子特点



地球中微子能谱

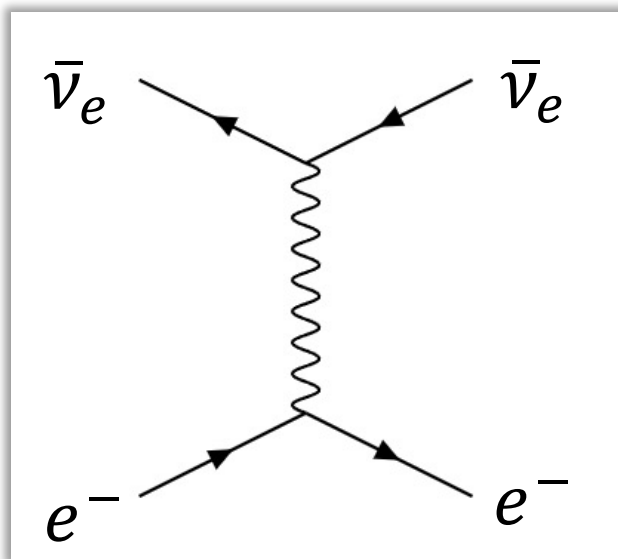
- 能量低，低于1.8MeV的IBD阈值
- 相比太阳中微子通量很低
- 方向分布与太阳中微子有区别



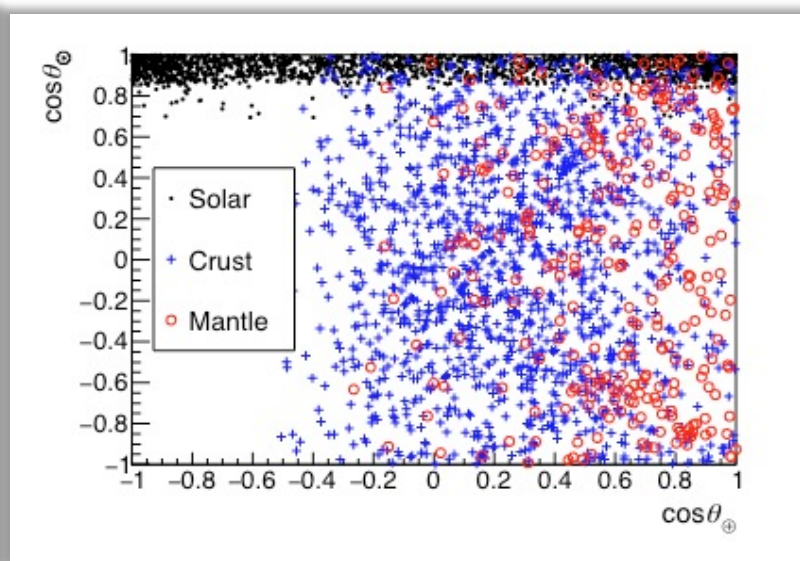
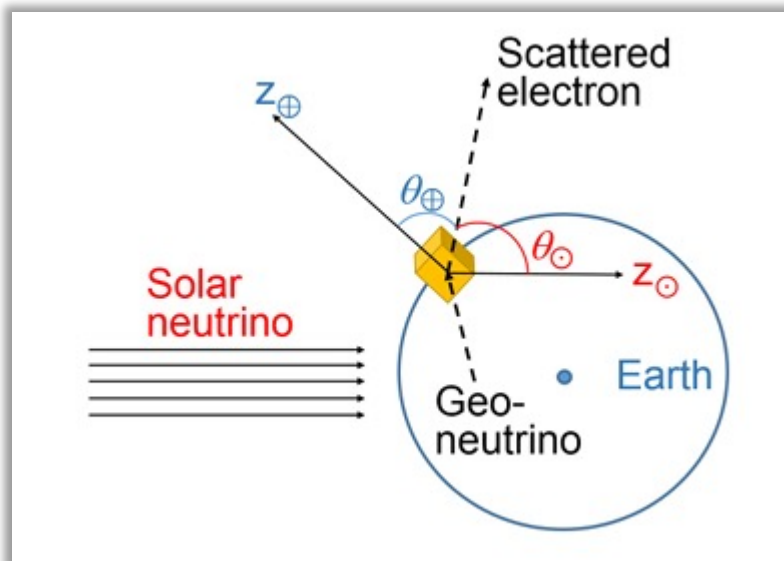
太阳中微子能谱

研究方法

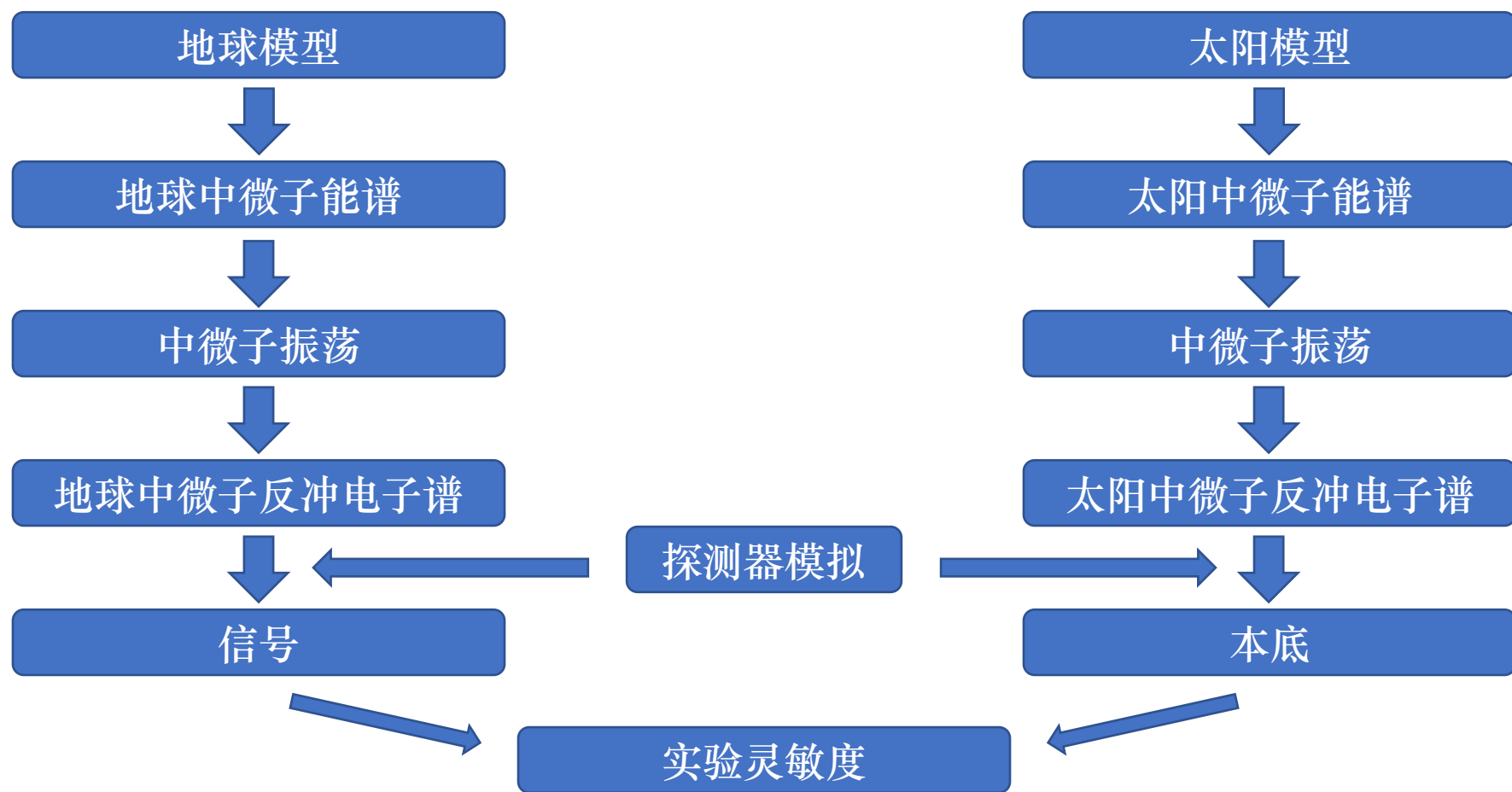
使用中微子-电子弹性散射
探测反冲电子信号



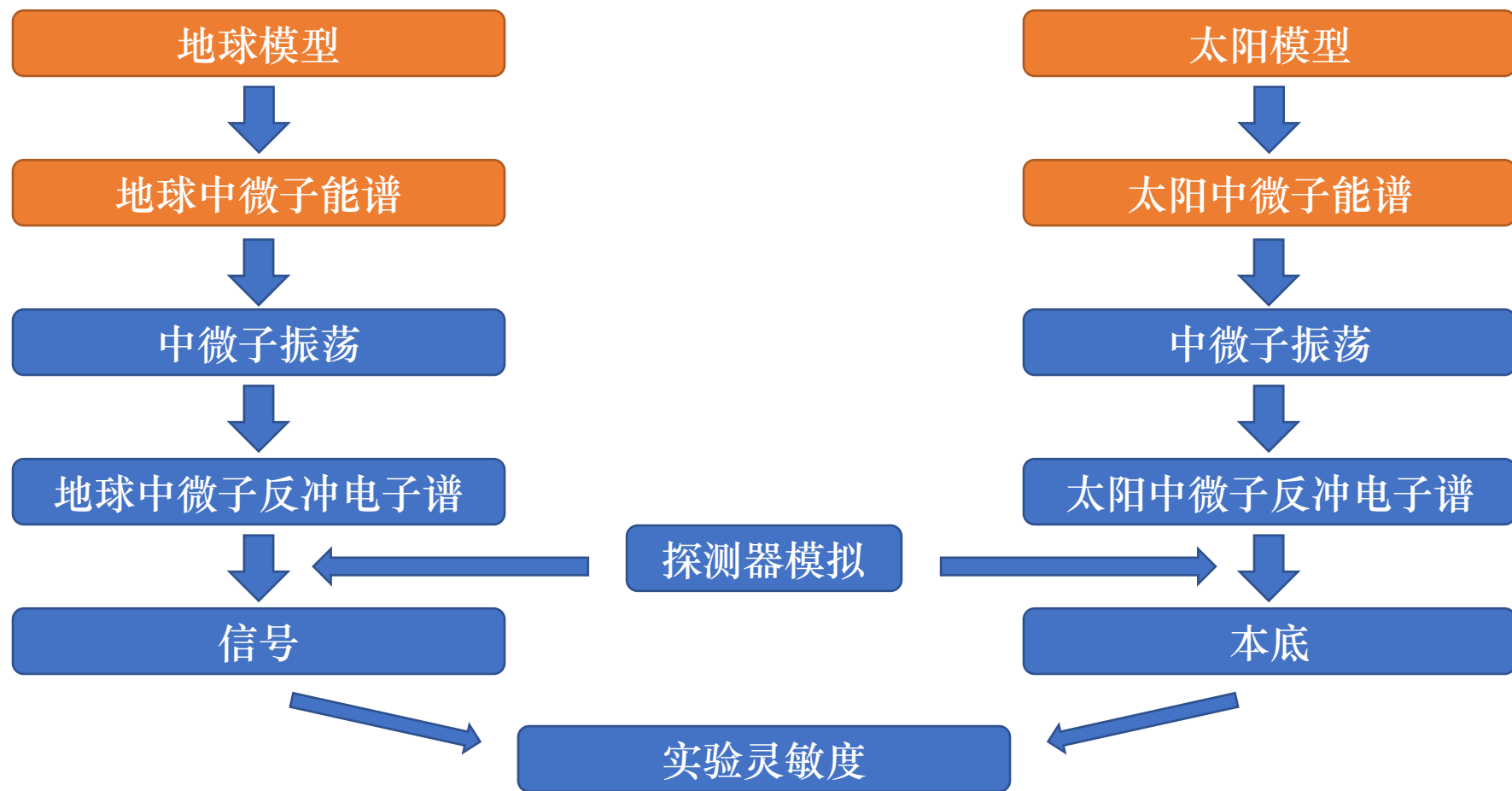
切伦科夫光重建方向+闪烁光重建能量
使用方向扣除太阳中微子本底



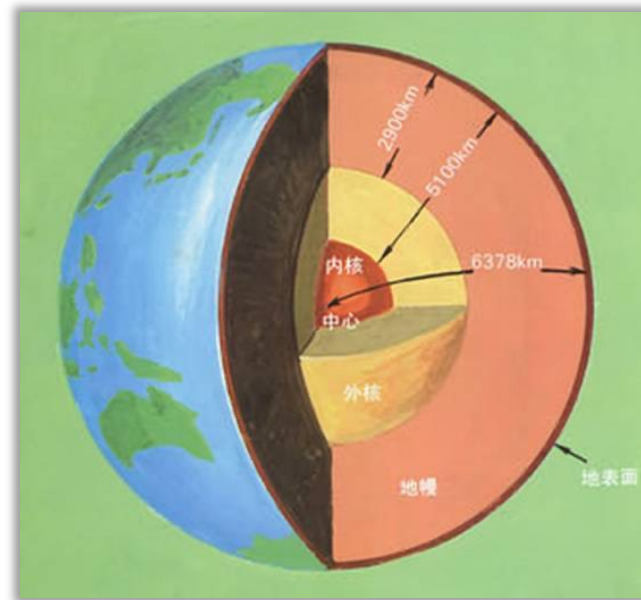
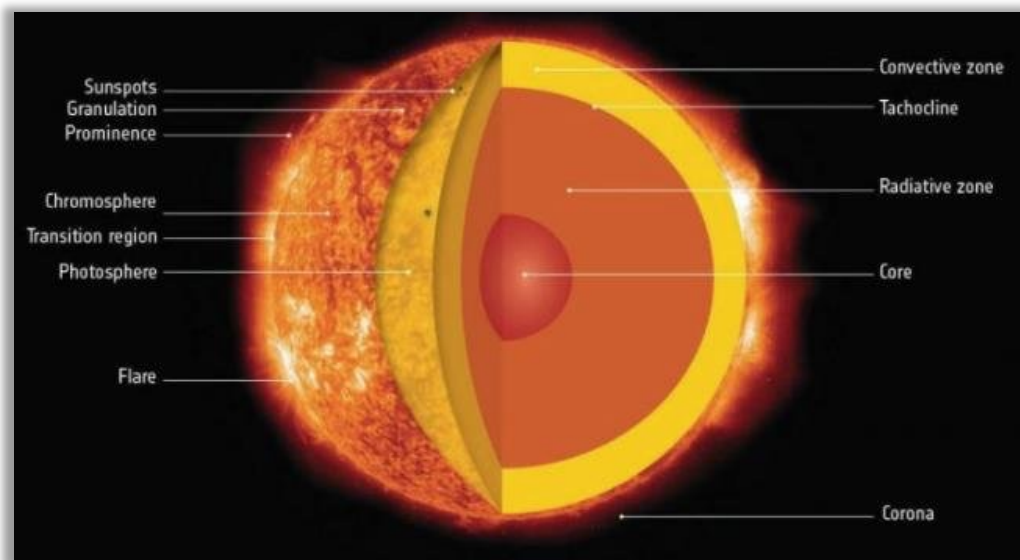
基本思路



基本思路

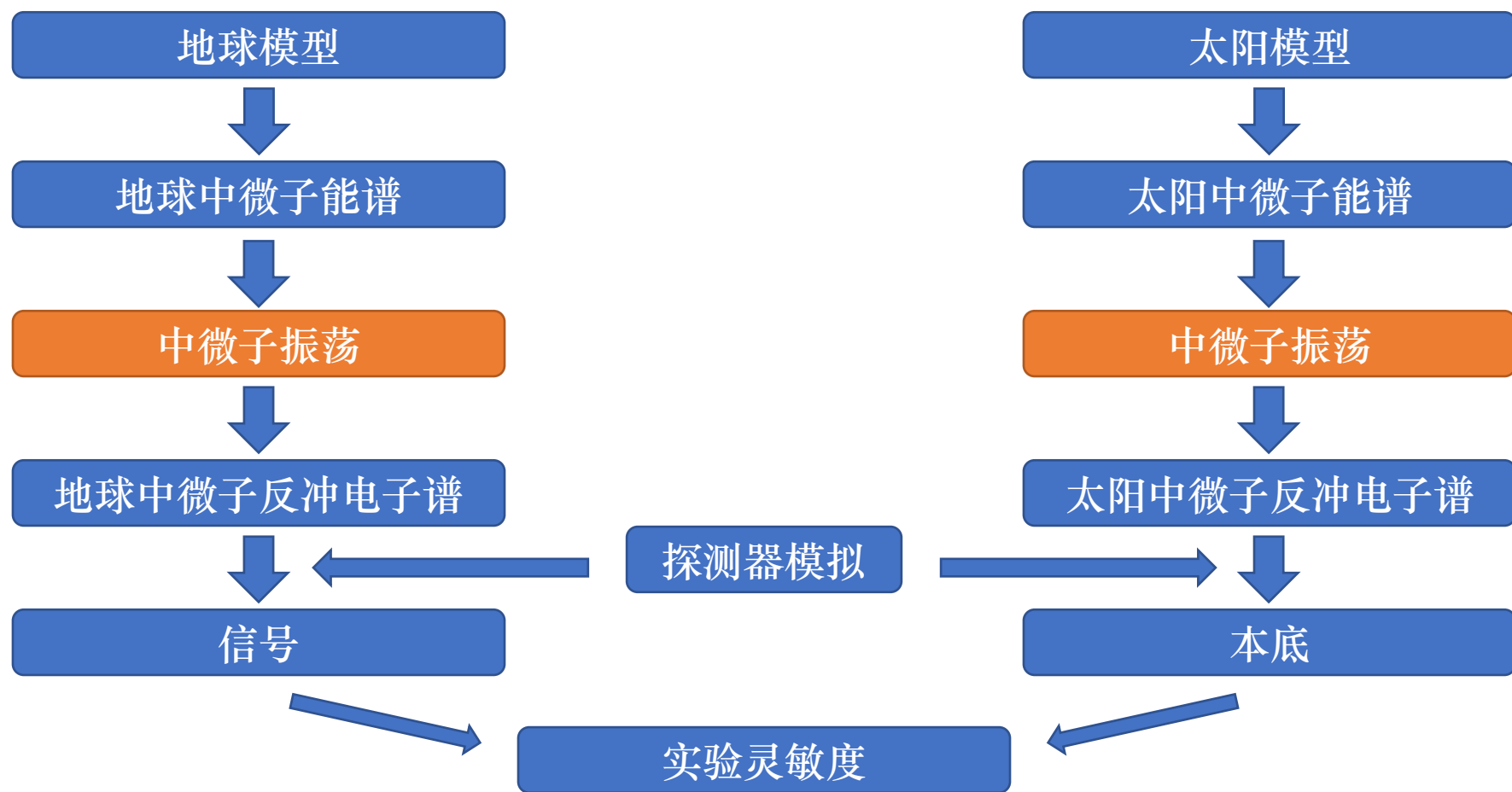


地球与太阳模型

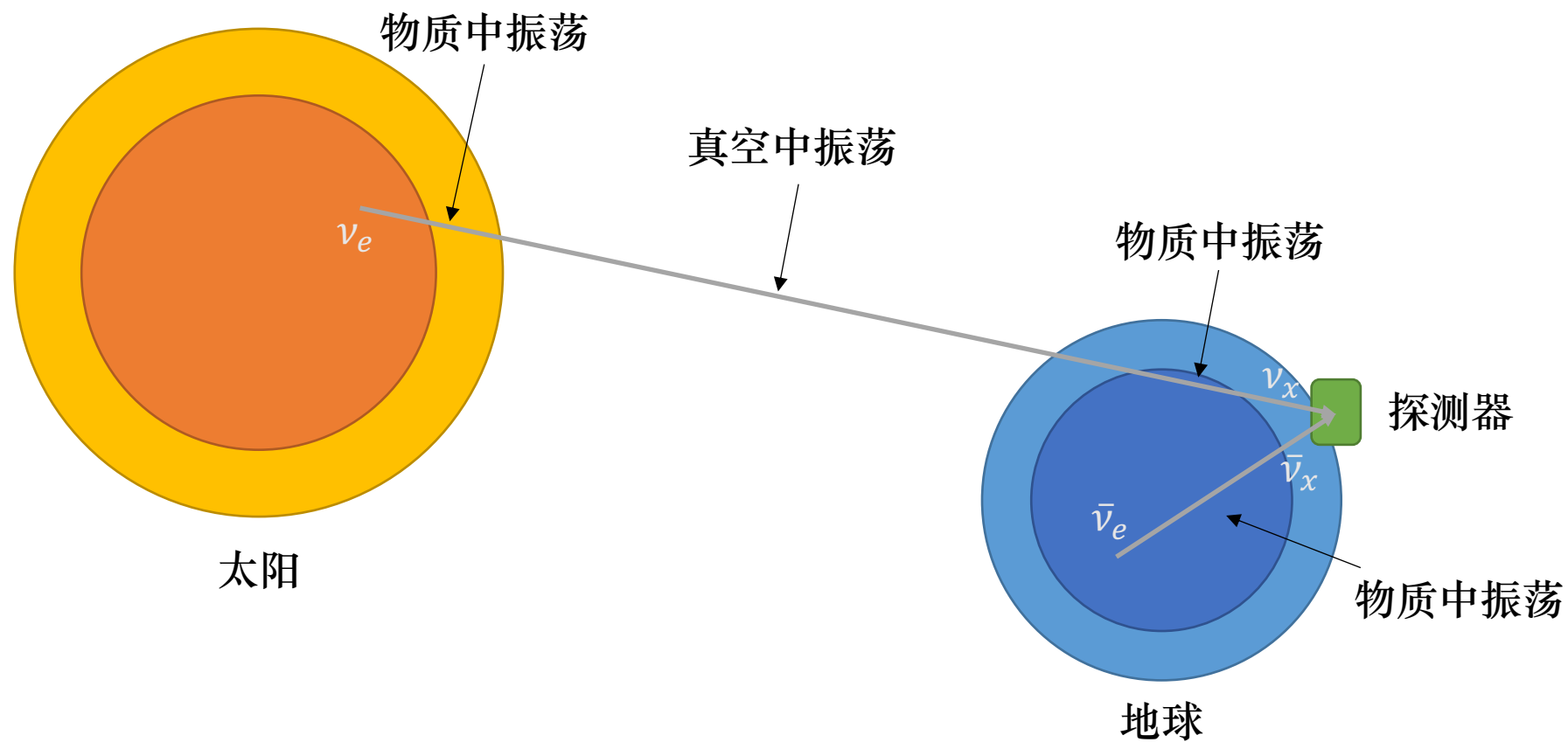


- 主要相关参数：
 - 元素分布（通量、能谱相关）
 - 密度分布（中微子振荡相关）

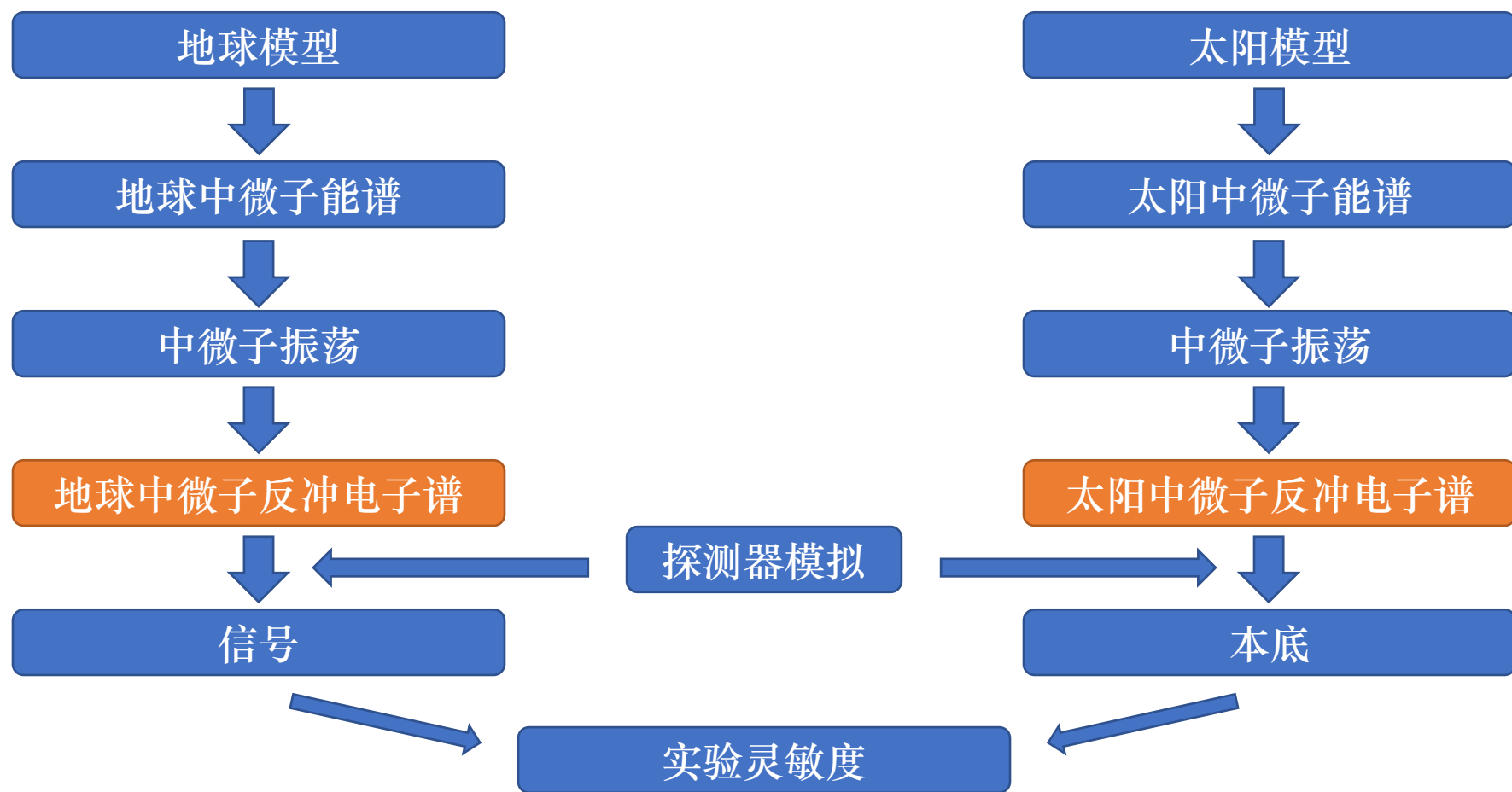
基本思路



中微子振荡



基本思路



中微子-电子弹性散射

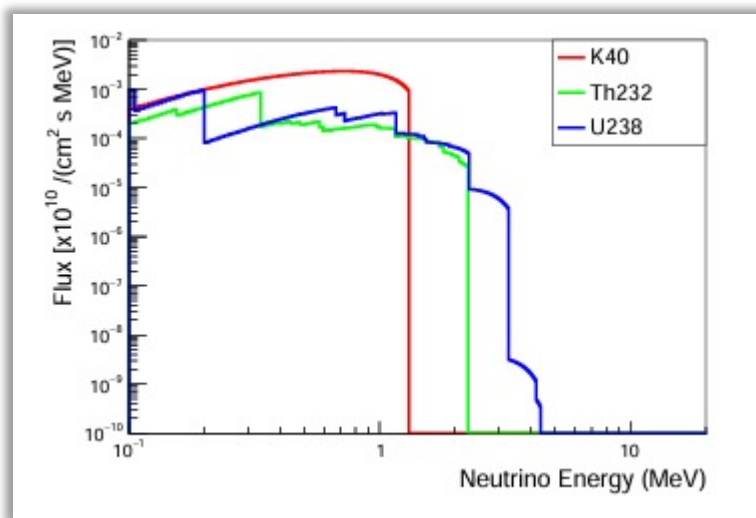
中微子能谱



弹性散射过程

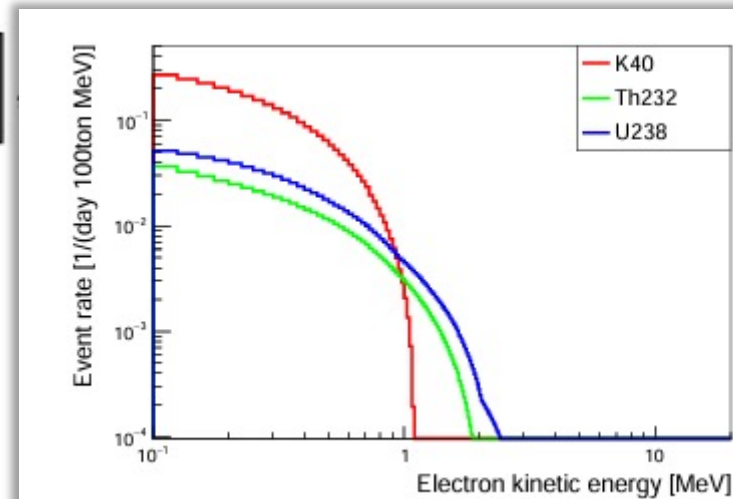


反冲电子谱

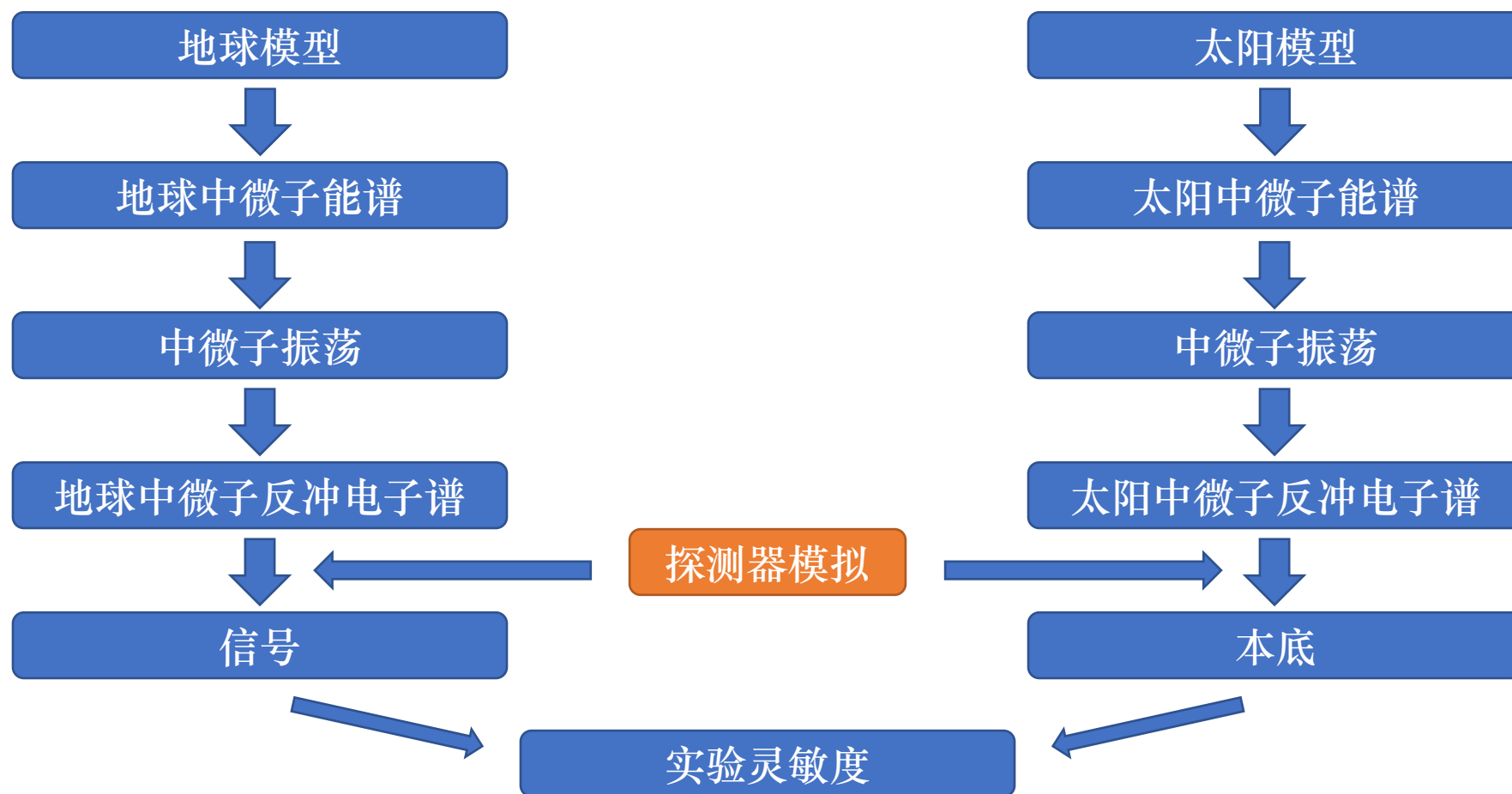


$$\frac{d\sigma(E_\nu, T_e)}{dT_e} = \frac{\sigma_0}{m_e} \left[g_1^2 + g_2^2 \left(1 - \frac{T_e}{E_\nu} \right)^2 - g_1 g_2 \frac{m_e T_e}{E_\nu^2} \right]$$

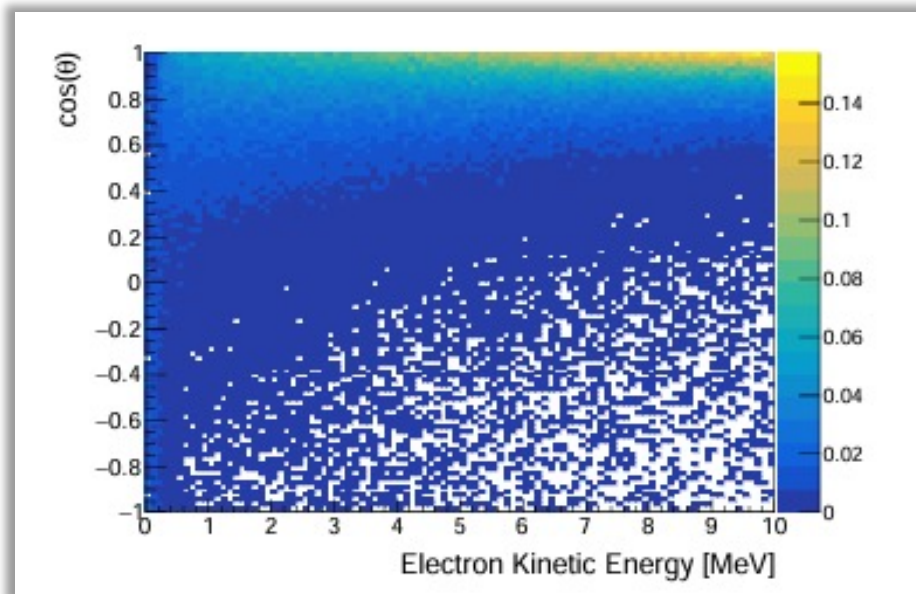
$$\cos \theta = \frac{1 + m_e/E_\nu}{\sqrt{1 + 2m_e/T_e}}$$



基本思路



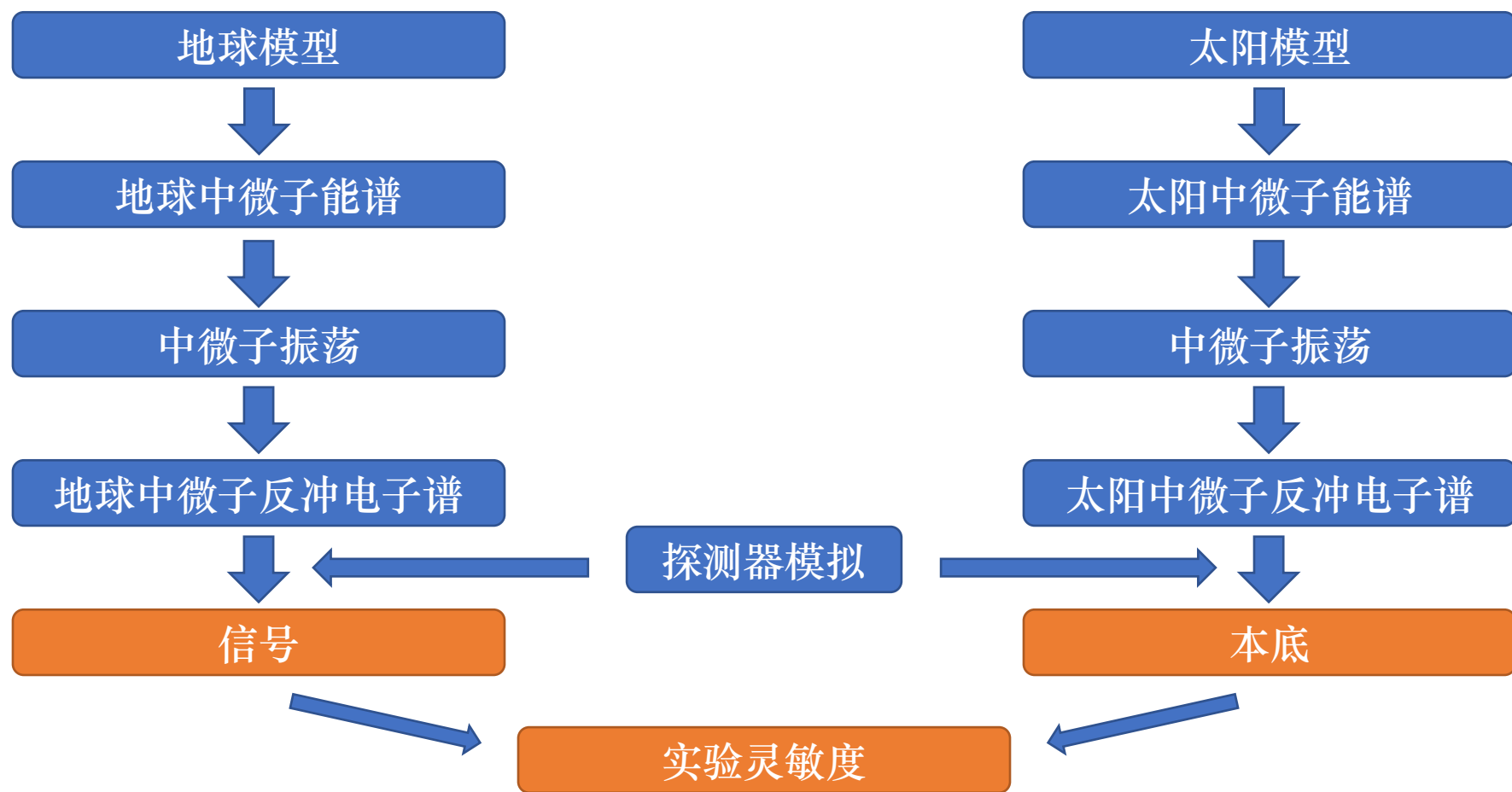
探测器响应



探测器角度响应

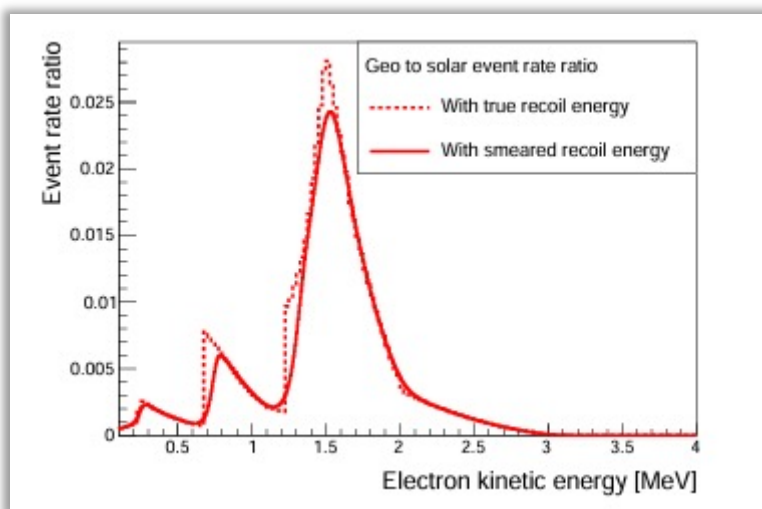
- 通过探测器的模拟给出不同能量的角度响应
- 对于给定反冲电子能量，利用探测器相应进行抽样
- 抽样后的结果作为信号或者本底进入后续的分析

基本思路



灵敏度计算

选择Cut



Cut后信号-本底比

$$0.7\text{MeV} < E < 2.3\text{MeV}$$

$$\cos \theta_{sun} < -0.75$$

计算误差以及灵敏度

$$\sigma_{geo} = \sqrt{\sigma_{candidate}^2 + N_{solar}^2 \sigma_{\epsilon}^2 + \epsilon^2 \sigma_{solar}^2},$$

$$\text{sensitivity} = N_{geo} / \sigma_{geo},$$

谢谢大家，
欢迎批评指正！