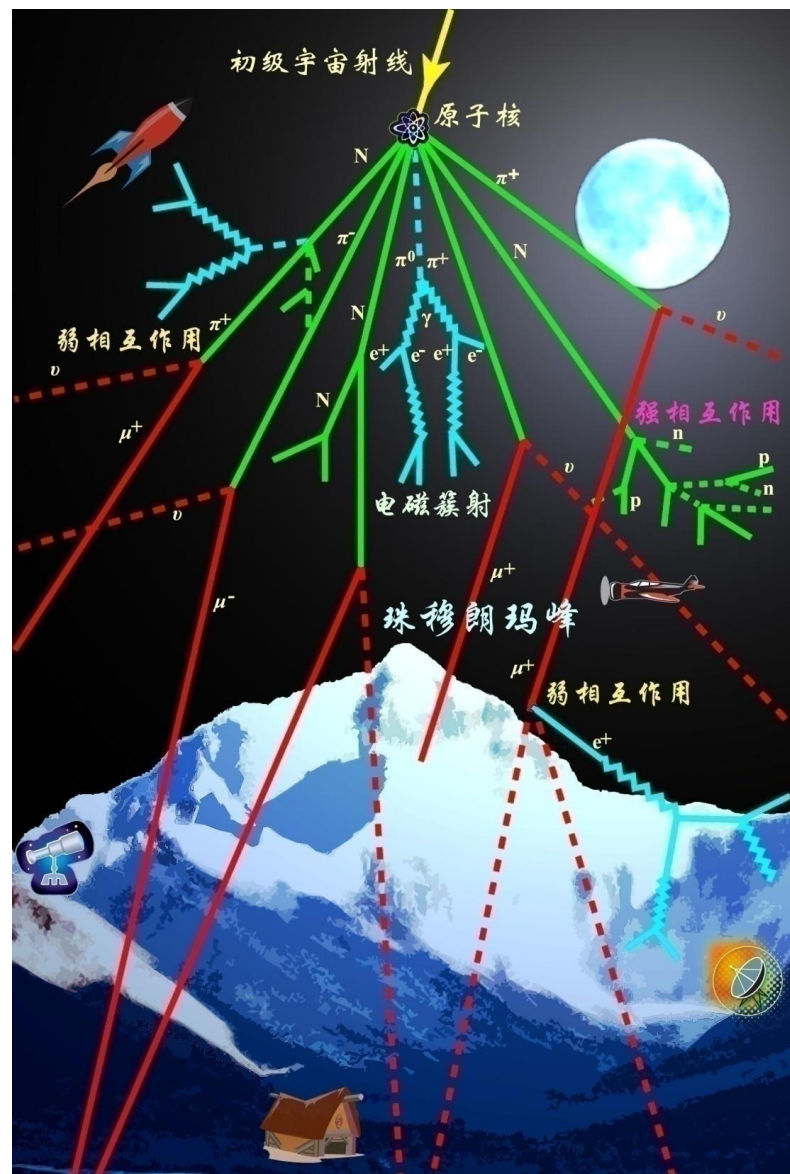




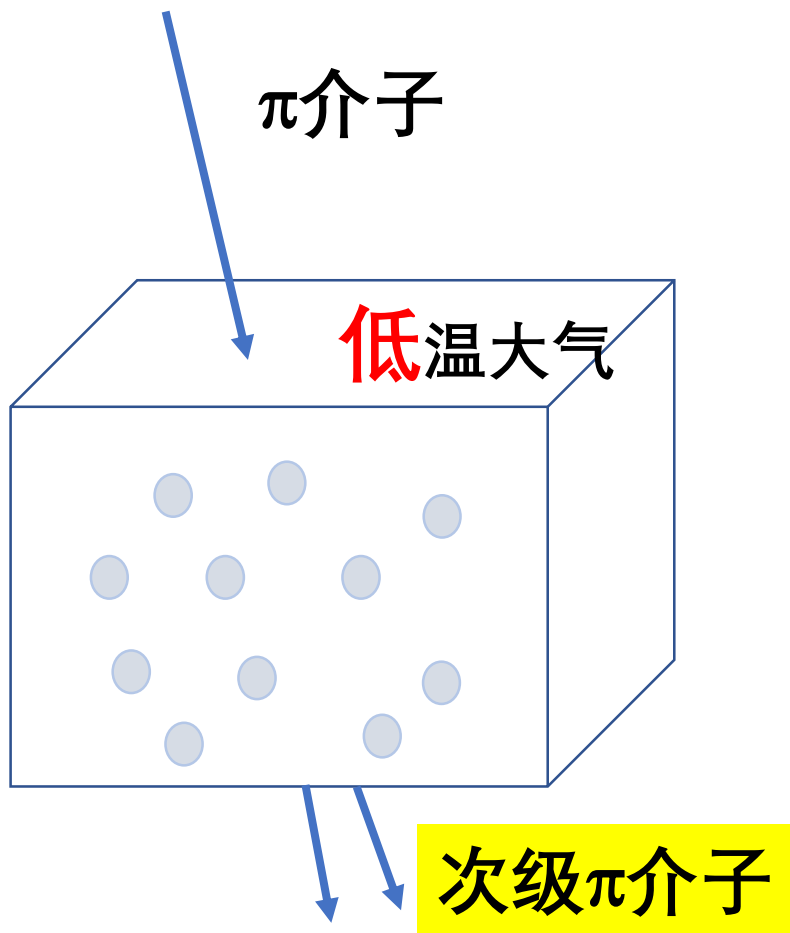
廖垒



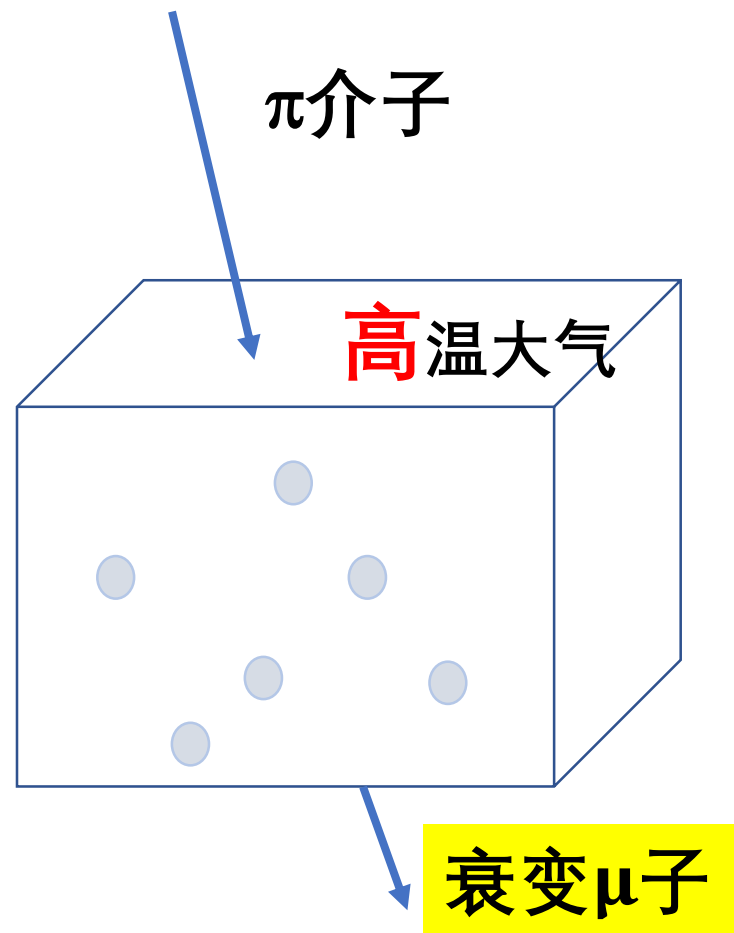
葛太冲

Nonlinear Dependence of Underground Cosmic-Ray Muon Flux on Atmospheric Temperature Variation

廖垒，葛太冲，王喆
清华大学，2026-7-16



低温大气，密度**高**
多气体分子
 π 介子**多**碰撞，**少**衰变
高能 μ 子通量**低**



高温大气，密度**低**
少气体分子
 π 介子**少**碰撞，**多**衰变
高能 μ 子通量**高**

① 我们对介子在大气中的簇射发展方程提出了一个新的解析解，适应非等温大气

$$\frac{d\phi_M(E, X)}{dX} = -\frac{\phi_M(E, X)}{d_M(E, X)} - \frac{\phi_M(E, X)}{\Lambda_M} + \frac{Z_{NM}}{\lambda_N} \phi_N(E) e^{-X/\Lambda_N}$$

$$Q_{\mu, M} = \frac{T(X)}{X} \int_0^X A dX' \int_{E_\mu}^{E_\mu/r_M} B dE_M \exp \left[- \int_{X'}^X C \frac{T(X'')}{X''} dX'' \right]$$

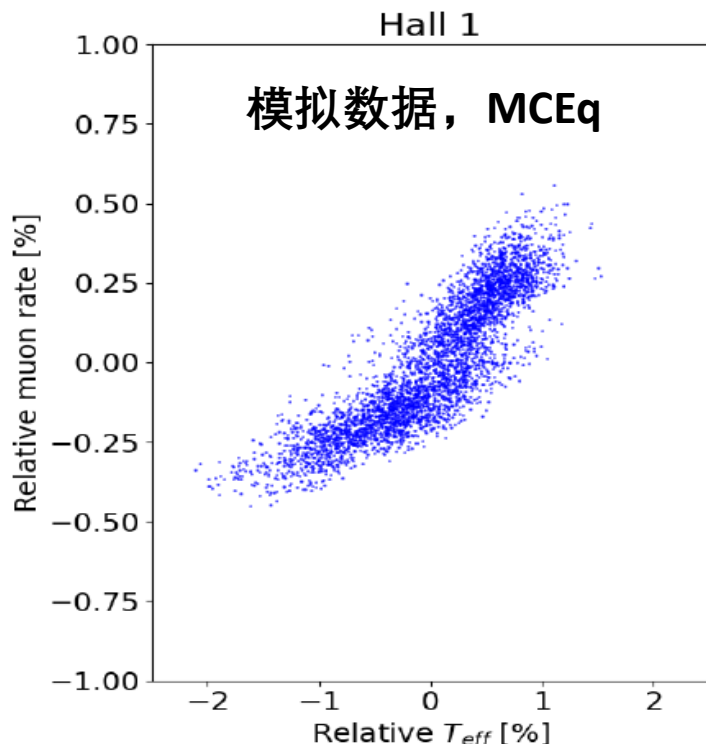
$$R_\mu(E_{th}, X_{grd}) = \int_{E_{th}}^\infty dE_\mu \int_0^{X_{grd}} dX Q_\mu(E_\mu, X)$$

② 我们正确计算了缪子事例率对大气温度场的泛函导数，计算了对温度场的变化率

$$\frac{\Delta R_\mu}{R_{\mu 0}} = \alpha \frac{\Delta T_{eff}}{T_{eff}} \quad \alpha = \frac{\int_0^{X_{grd}} \left(\frac{\delta R_\mu}{\delta T_0(Y)} \right) T_0(Y) dY}{R_{\mu 0}}$$

我们改进了Barrett和Gaisser等的公式

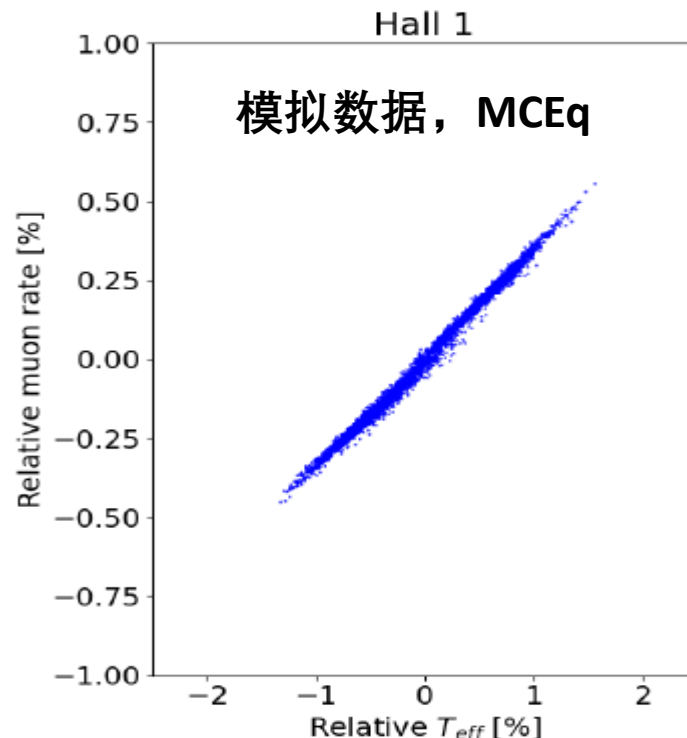
缪子事例率的相对变化量



大气有效温度的相对变化



缪子事例率的相对变化量



大气有效温度的相对变化

自从1952年, MACRO, Daya Bay, MINOS等实验都用老的公式计算研究, 大亚湾发现严重的非线性



我们提供了更精确的理论预期, 非线性消失了, 完全线性了。