**暑期学校习题**

**夏俊卿**：同学们可以给出几种宇宙学的方法来测量中微子的总质量？

**许勋杰**：见文件“习题\_许勋杰.pdf”

**耿朝强**：见文件“习题\_耿朝强.doc”

**邢志忠**：见文件“习题\_邢志忠.doc”

**韩柯**：

习题1：双中微子双贝塔衰变（DBD）目标核素众多，但是发现DBD的核素仅有10种左右，热门核素仅仅有数个。调研3个尚未实验确认DBD的目标核素，给出实验观测的实际困难，提出相应的可能解决方案。

习题2：无中微子双贝塔衰变实验的技术核心是测量MeV能量电子。除了课堂讲授的常见测量手段，思考一种新颖的电子测量方法，论证其可能的优点和挑战。

**赵振华**：见“习题\_赵振华.pdf”

**安海鹏**：考虑一个质量为m的粒子A（m < 1 MeV）和标准模型的热等离子体在宇宙早期处于热平衡的状态。假设A和标准模型中其他粒子的相互作用在T < 1 MeV的时候退偶。请计算A粒子从宇宙早期到宇宙进入物质为主时期的平均传播距离。（假设A在宇宙中的能量占比足够小，以至于它不会影响宇宙的演化。）

**王喆**：计划课后再布置习题

**徐东莲**：南极 IceCube 中微子望远镜已探测到活动星系 NGC 1068 在持续地辐射高能中微子的强力证据。请回答：

1）一个 缪中微子（numu）从 NGC 1068 逃逸出来，到达地球后，变为一个电子中微子（nue）或陶中微子（nutau）的概率分别为多少？

2）这个缪中微子在 IceCube 中被捕捉到的概率，与其变为电子中微子或陶中微子后的被捕捉概率大约是一个什么比例关系。提示：需综合考虑中微子望远镜比不同味道中微子的探测效率。

3）如果是在南海海底来观测 NGC 1068 的中微子信号，问题（2）中的比例关系会变化吗？请讨论需要考量的主要要素。

4）为了最大化全味中微子的捕捉效率，你会怎样设计一个中微子望远镜？

**尧江明**：

1）How does the pairing correlation between nucleons affect the (neutrinoless) double-beta decay? What would happen if there was no pairing correlation between nucleons in atomic nuclei?

对关联是如何影响（无）中微子双贝塔衰变的？如果原子核中核子之间没有对关联效应，会发生什么现象？

2）What can we learn if the neutrinoless double-beta decay is not observed in the next-generation ton-scale experiments?

如果在下一代吨量级实验中仍然没有观测到无中微子双贝塔衰变，说明了什么？