

太空中的科学 实验

——陈征

北京交通大学 物理科学与工程学院 副教授
北京师范大学 科学传播与教育研究中心副主任

目 录

1、从“天宫课堂”说起

2、物理学与宇宙探索

3、宇宙探索的实验手段

4、触手可及的探索实验



Chapter 1

从“天宫课堂”说起

1. 从“天宫课堂”说起



1. 从“天宫课堂”说起



“天宫课堂”第二课
课程表

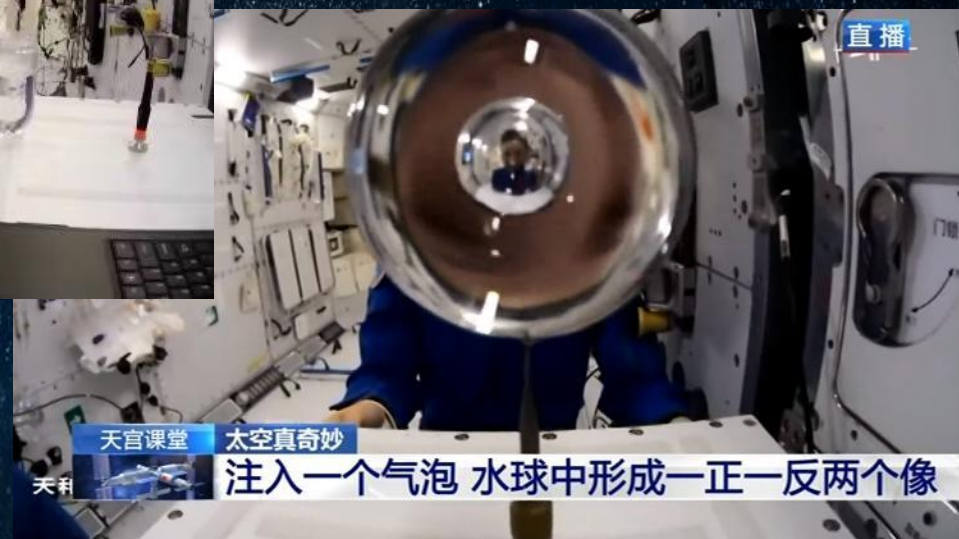
序号	项目名称
1	太空“冰雪”实验
2	液桥演示实验
3	水油分离实验
4	太空抛物实验
5	空间科学设施介绍与展示
6	天地互动环节

央视新闻
“天宫课堂”第三课
课程表

授课时间：10月12日15时45分开始

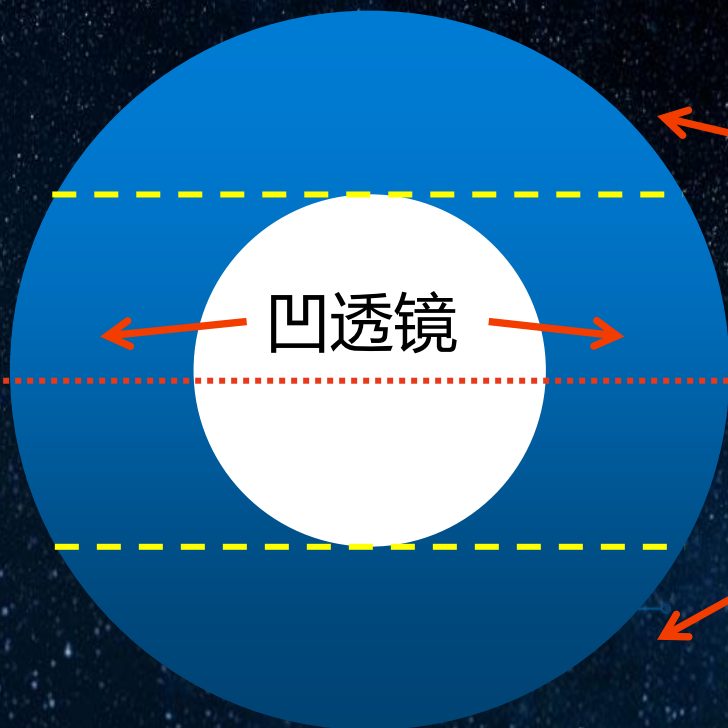
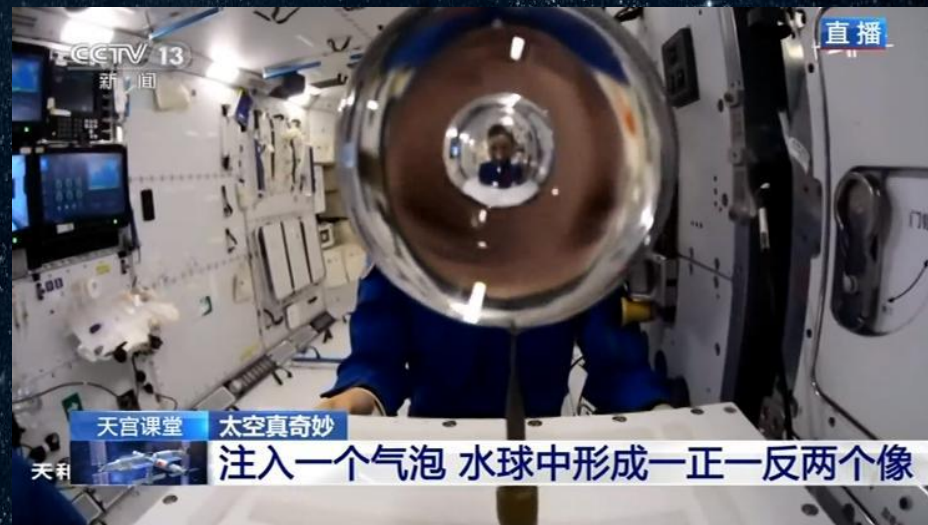
序号	项目名称
1	问天实验舱介绍
2	毛细效应实验
3	水球变“懒”实验
4	太空趣味饮水
5	会调头的扳手
6	植物生长研究项目介绍
7	天地互动环节

1. 从“天宫课堂”说起



1. 从“天宫课堂”说起

小实验回顾： 水球中的气泡



中空的凸透镜



The background is a deep blue space filled with numerous small white stars. A prominent, glowing purple ring with a bright orange-yellow inner edge is centered in the upper half of the image. The text "Chapter 2" is centered within the dark interior of this ring.

Chapter 2

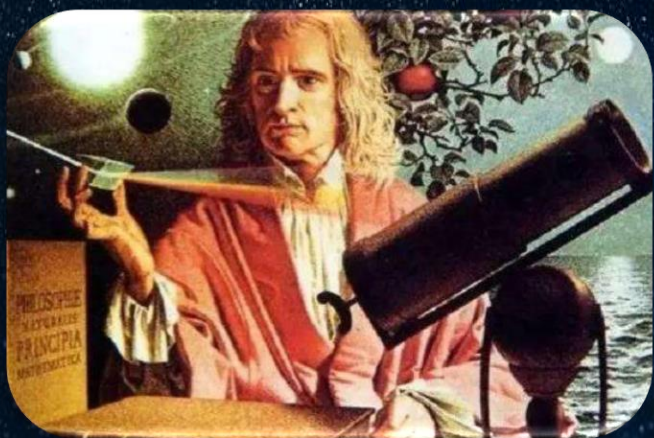
物理学与宇宙探索

2. 物理学与宇宙探索

古希腊亚里士多德（Aristotle, 384BC-322BC）的《天象论》卷三中，提出了“虹是我们视觉对于太阳的一个反射作用”，从光学角度认识了彩虹的形成。

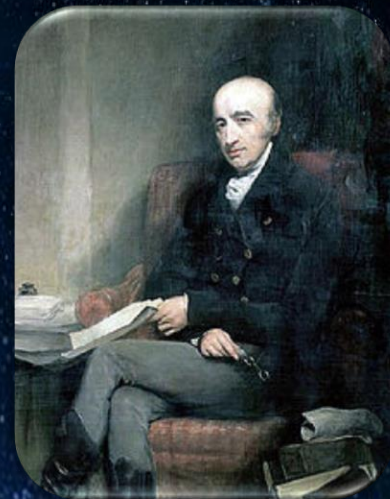


《汉书·五行志》说虹霓是“日旁气也”；唐代精通天文历算之学的进士孙思恭（字：彦先）提出“虹乃与中日影也，日照雨则有之”的说法。宋代沈括的《梦溪笔谈》中记载，沈括细微地观察到虹和太阳的位置与方向是相对的现象。

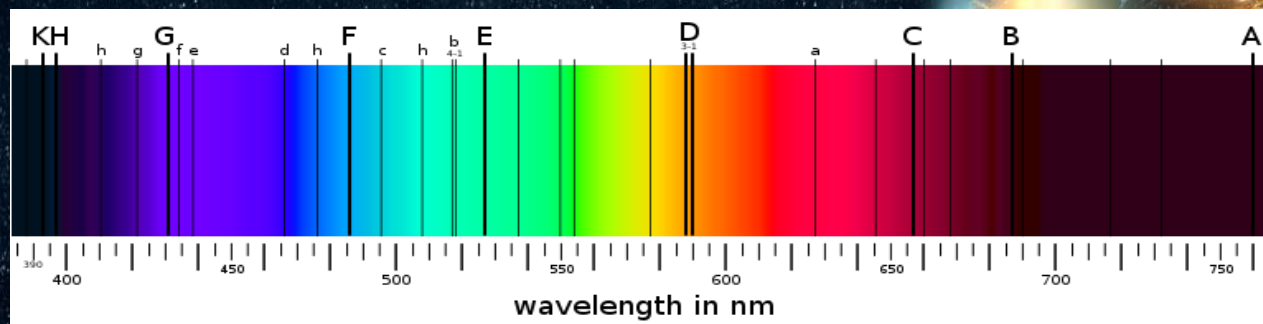


1666年，牛顿（Isaac Newton, 1643-1727）著名的色散实验证明：太阳光是复色光

1802年，沃拉斯顿（William Hyde Wollaston, 1766-1828）用狭缝发现了太阳光谱中的几条暗线，却并未深入研究，错误地认为是颜色之间的“分界线”



2. 物理学与宇宙探索



太阳光谱中的夫琅和费线

1814年，夫琅和费（Joseph von Fraunhofer, 1787-1826）用安装在经纬仪转环上的望远镜来观察通过棱镜分光形成的光谱，并借此观察到太阳光谱中的576条暗线。

他还采用托马斯·杨

（Thomas Young, 1773-1829）在1801年双缝干涉实验基础上提出的测定波长的方法，发明衍射光栅，并用之精确测定了这576条暗线的波长。



夫琅和费的分光镜



夫琅和费诞辰
两百周年纪念邮票



1849年，傅科（Jean-Bernard-Léon Foucault, 1819~1868）把碳弧的辐射通过一个放在分光镜狭缝前面的食盐火焰，能在实验室中再现橙黄色的D双线



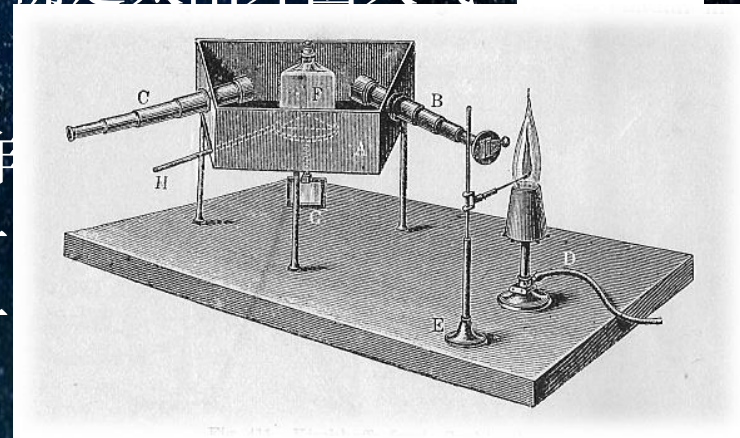
傅科实验的示意图



基尔霍夫（左）和本生（右）

1859年，本生（Robert Wilhelm Bunsen, 1811-1899）和基尔霍夫（Gustav Robert Kirchhoff, 1824-1887）发明了世界上第一台光谱仪，利用本生灯做了一系列焰色反应的研究。将太阳光谱与30种元素的光谱进行了比较，确定太阳外围大气中的部分元素组成。

同年，通过对前人和自己研究工作的分析和总结，基尔霍夫发表了有关辐射发射系数与吸收系数之间关系，以及如何与热平衡谱相联系的发现。



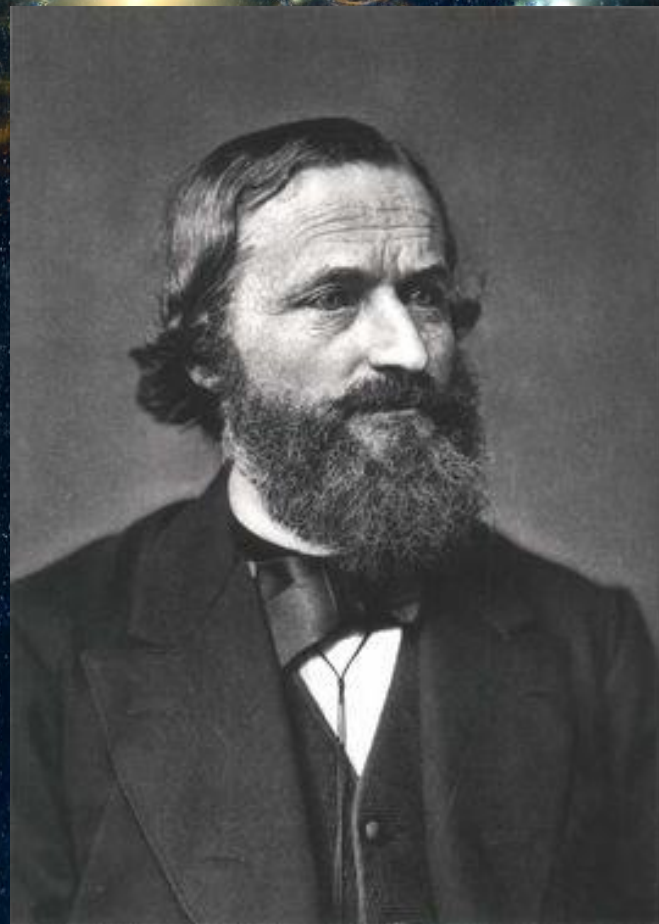
本生和基尔霍夫发明的光谱仪

2. 物理学与宇宙探索

基尔霍夫1859年发现：“物体的单色辐出度与单色吸收率之比与物体本身的性质无关，只是波长和温度的函数”。

这个规律被称为“基尔霍夫定律”，或称为“基尔霍夫热辐射定律”，以区别电路中的“基尔霍夫第一、第二定律”。

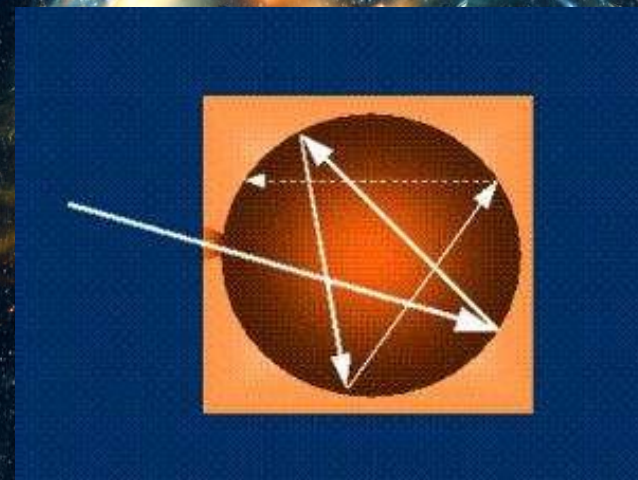
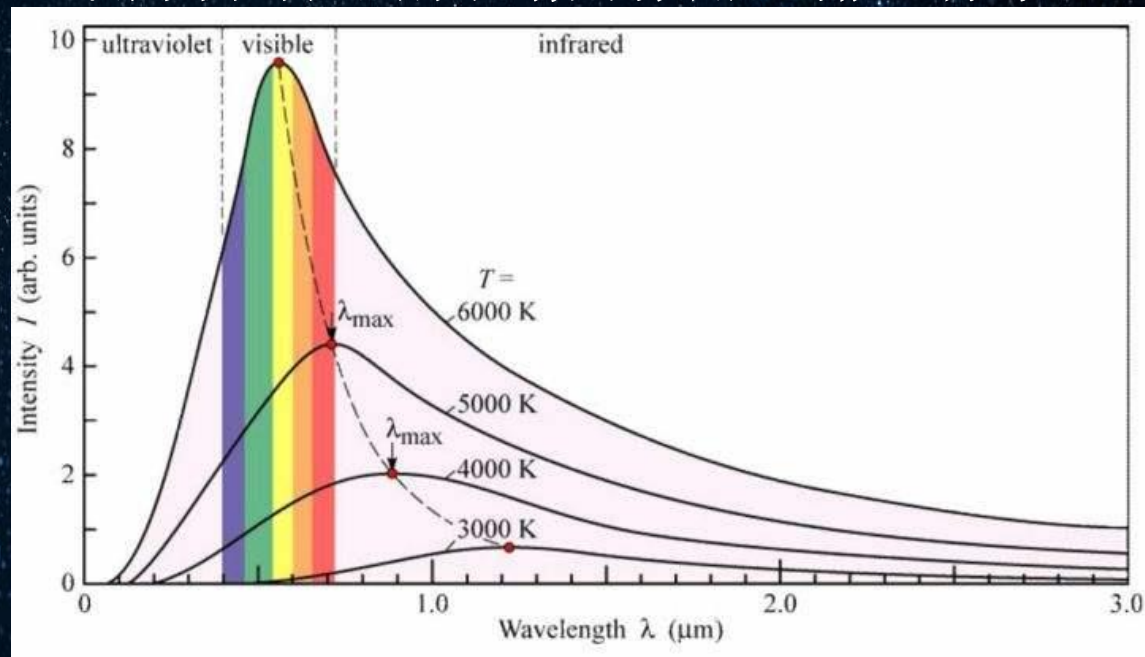
1860年，基尔霍夫提出存在一种“完全黑体”，它能够吸收所有投射在其表面的辐射，即吸收率=1。



2. 物理学与宇宙探索

实际上，自然界找不到吸收系数能完全达到1的物质，于是有人提出了利用一个不透明的空腔上的小孔来近似模拟黑体。进入小孔内的辐射在孔内来回反射，很难再通过小孔出来，因此小孔就可以近似看做完全黑体。

热平衡时，黑体辐射具有确定的能量分布：



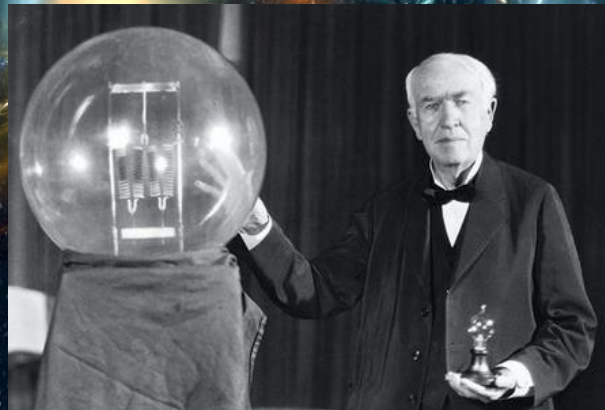
1895年左右，维恩(Wilhelm Carl Werner Otto Fritz Franz Wien, 1864-1928)和卢默(Otto Richard Lummer, 1860-1925)建议用电加热的柱形炉来研究黑体辐射。这个方案至今还是模拟黑体辐射所采用的办法。



2. 物理学与宇宙探索

基尔霍夫定律提出后的一二十年间并没有快速发展，然而一个发明的出现，让情况有了转机！

1879年，爱迪生（Thomas Alva Edison, 1847- 1931）通过专利收购和自己的改进，研制成功了长寿命的电灯。由此开辟了电气照明的新时代。

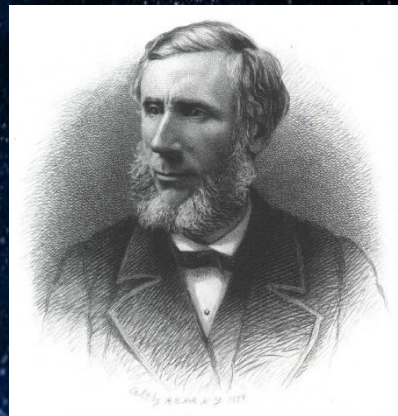


随着电灯产业的扩大，搞清楚灯丝温度和照明效果之间的关系变得越来越迫切，这对黑体辐射问题的研究无疑带来了积极的作用。



斯特藩

1879年，维也纳实验物理研究所所长斯特藩(Josef Stefan, 1835-1893)总结了大不列颠皇家研究所的丁达尔（John Tyndall, 1820-1893）所做的对被熏黑的铂条进行加热来研究其辐射的实验结果。发现：黑体的辐出度正比于其温度的四次方。



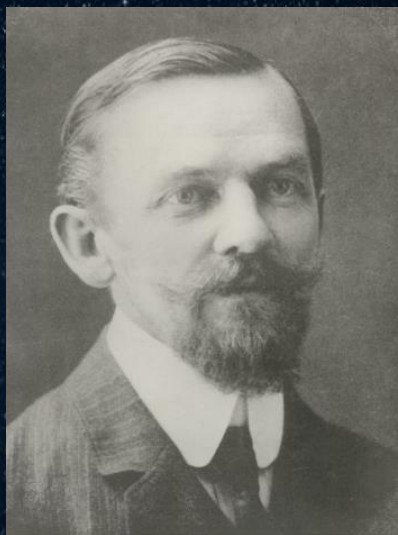
丁达尔



玻尔兹曼

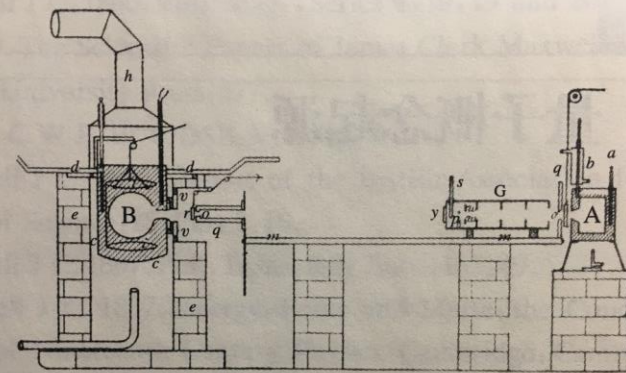
1884年，斯特藩曾经的学生，格拉茨大学教授玻尔兹曼(Ludwig Edward Boltzmann, 1844-1906)，通过辐射“气体”模型，从经典热力学推出了斯特藩定律。

由此，这个定律被称为斯特藩-玻尔兹曼定律：



卢默

1897年,卢默(Otto Lummer , 1860 - 1925)和普林斯海姆(Ernst Pringsheim Sr. , 1859-1917)进行了非常仔细的实验，证明该定律在很高的精度上有效！



专题图 5.1 1897 年卢默(Lummer)和普林斯海姆(Pringsheim)以高精度实验验证斯特藩-玻尔兹曼定律的装置,来自容器 B 的辐射与来自参考黑体 A 的辐射之间的相对强度,可由移动的探测器 G 测得;探测器在两个容器间的台上移动,直到来自两个源的亮度相同(引自 Maxwell H S. 1952. A Textbook of Heat: Vol. II . London: Macmillan and Co. :746)

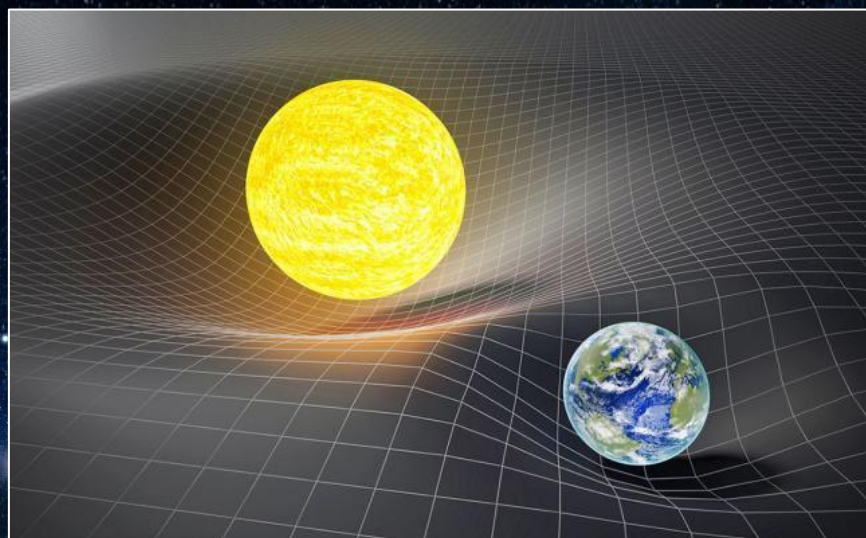


Chapter 3

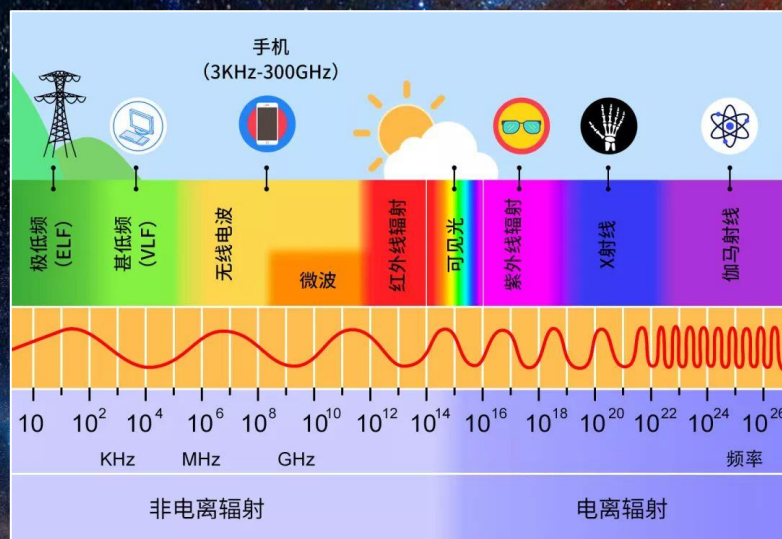
宇宙探索的实验手段

3. 宇宙探索的实验手段

宇宙秘密的信息载体：



引力



电磁波

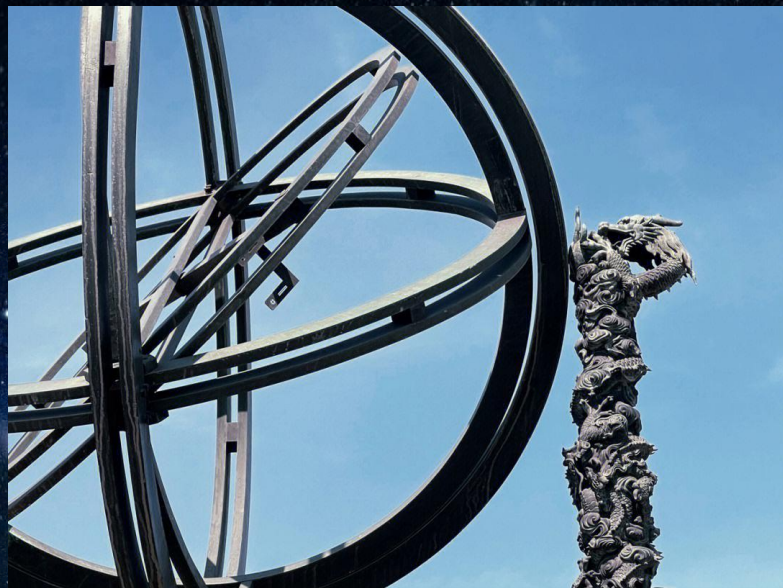


粒子

宇宙线

3. 宇宙探索的实验手段

实验手段：



古代观星仪器



光学望远镜



射电望远镜

3. 宇宙探索的实验手段

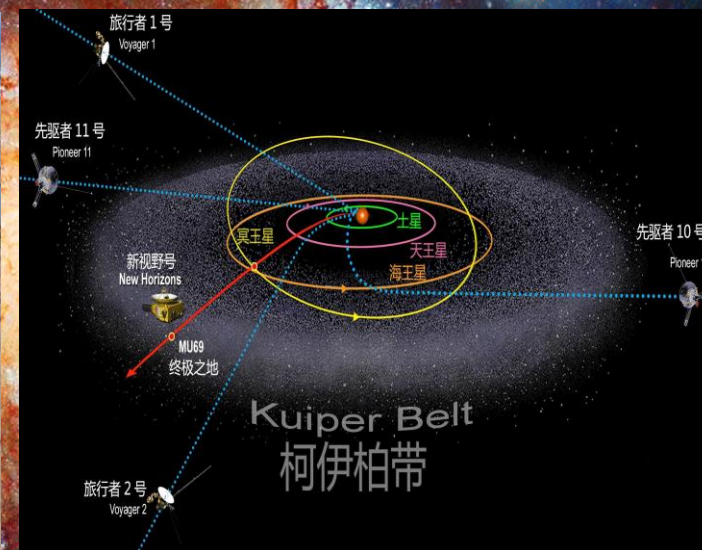
实验手段：



空间望远镜



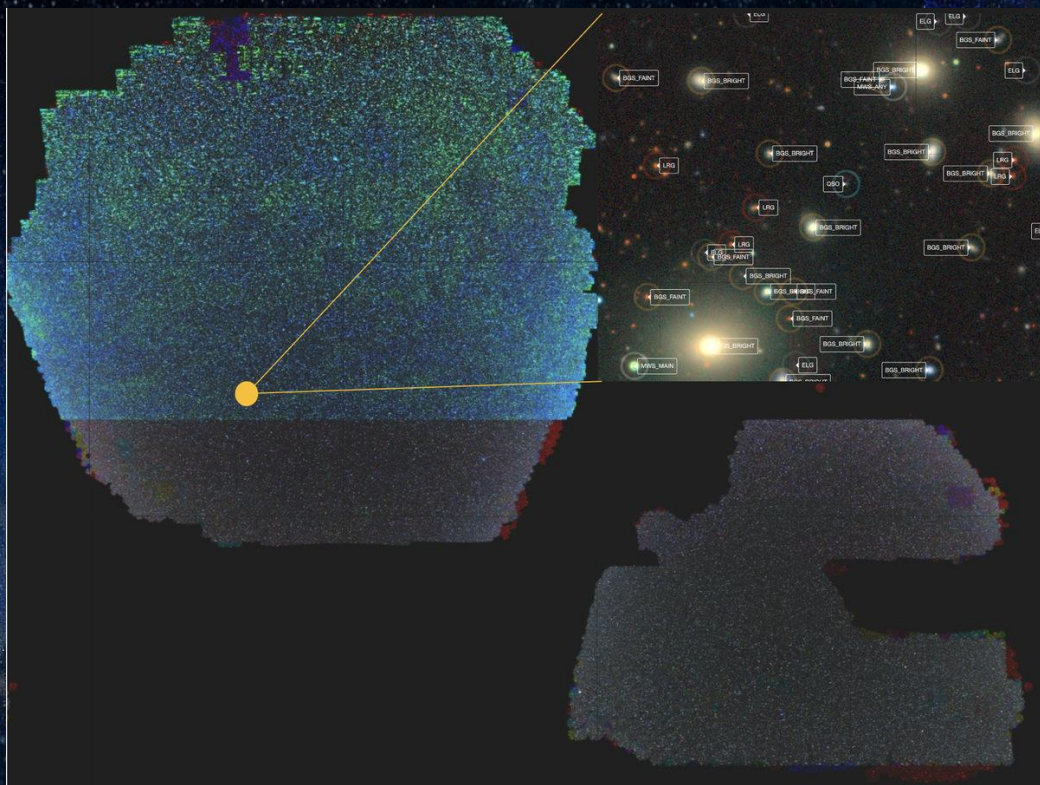
引力波探测器



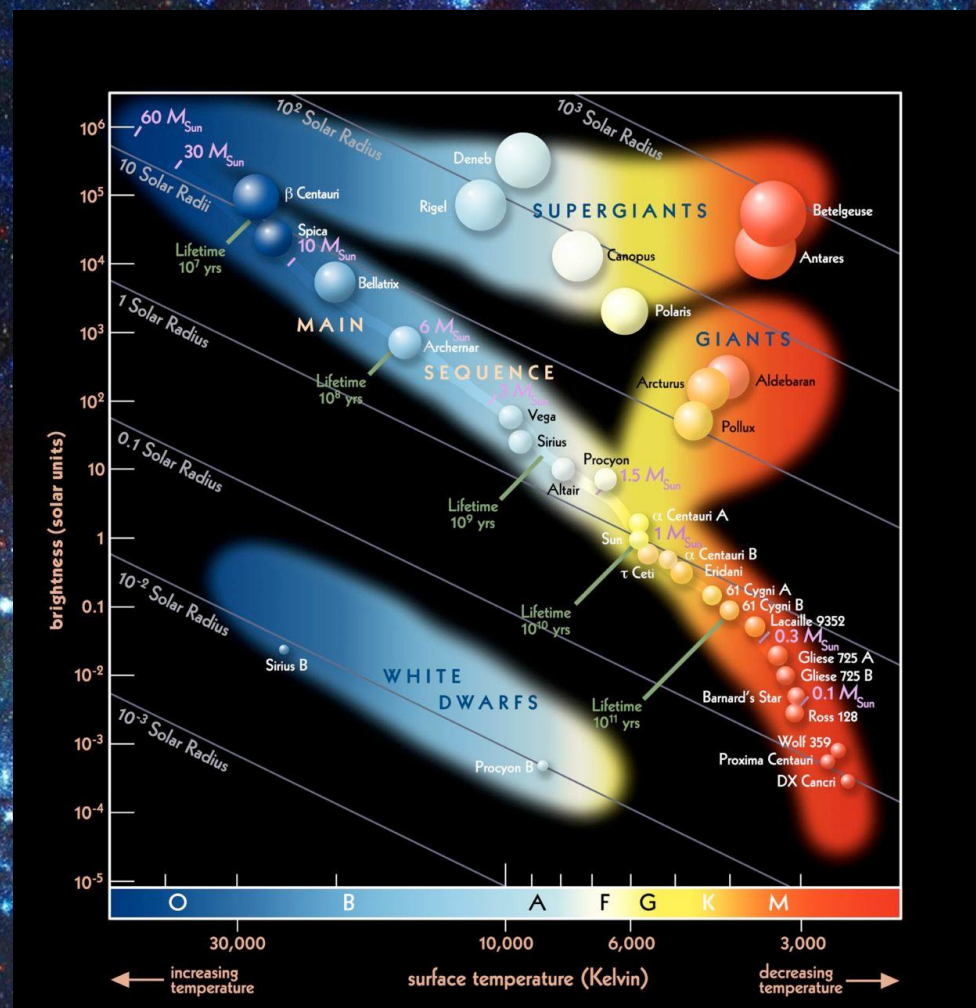
空间探测器

3. 宇宙探索的实验手段

实验手段:



图像分析



光谱分析

3. 宇宙探索的实验手段

实验手段:



各种谱仪



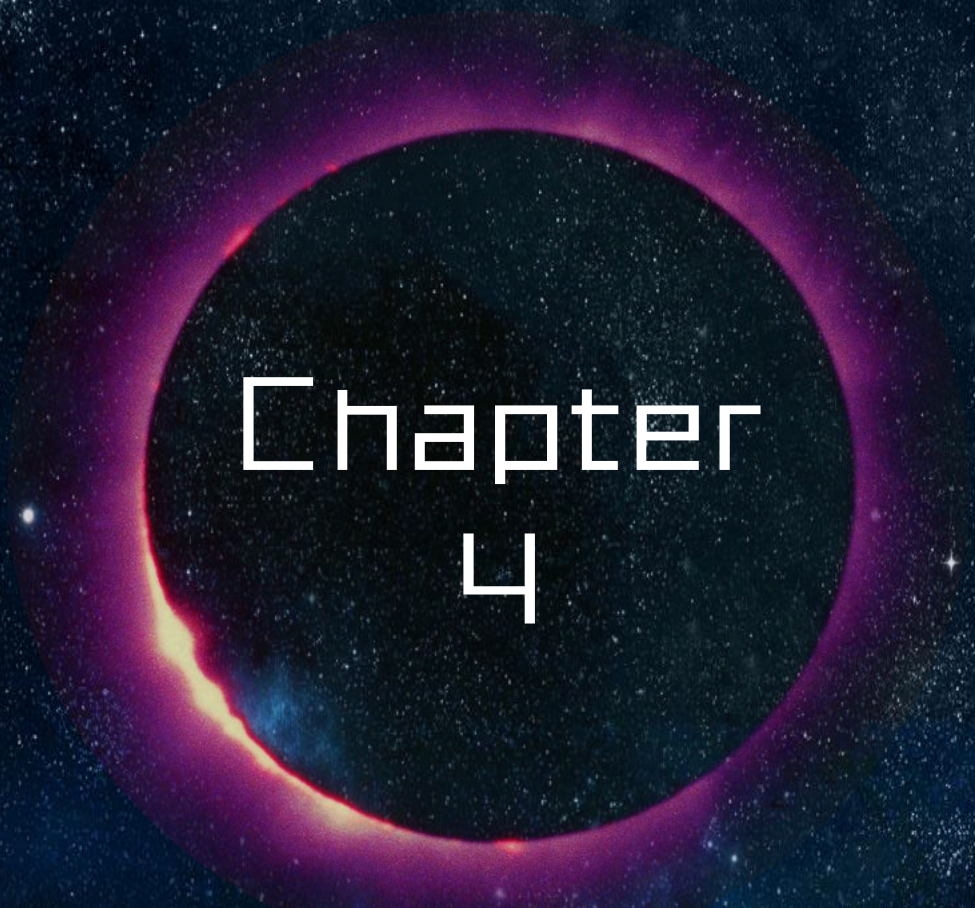
中微子探测

3. 宇宙探索的实验手段

基本原则：

本宇宙没有特殊之处！

- 处处组成物质不特殊
- 处处遵循规律不特殊



Chapter 4

触手可及的探索实验

4. 触手可及的探索实验

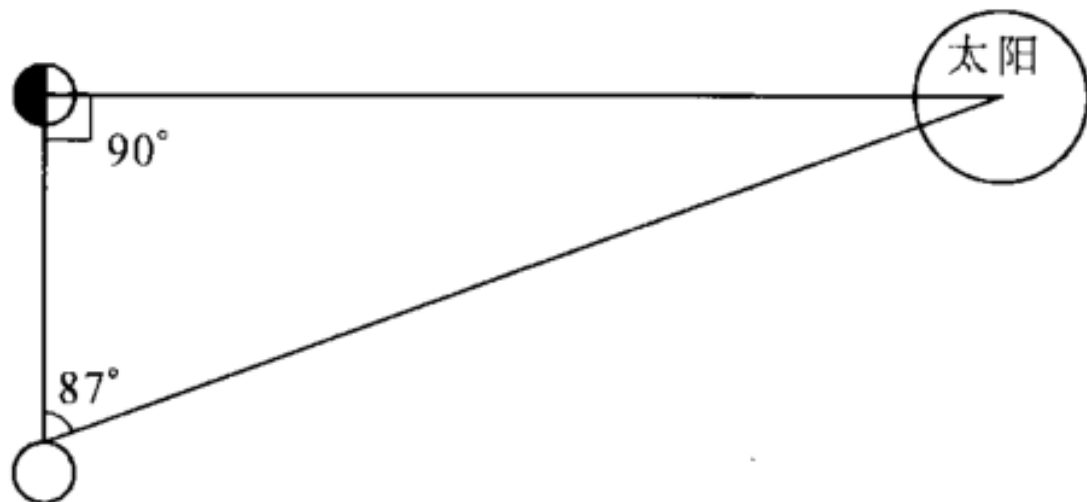


图 2.6 阿里斯塔克测算日月大小和距离的原理图

阿里斯塔克利用了弦月这个天象发生时日月地三者的位置关系,认为此时从地球上看见太阳和月亮的视线夹角是 87° ,真实值是 $89^\circ 51'$ 。

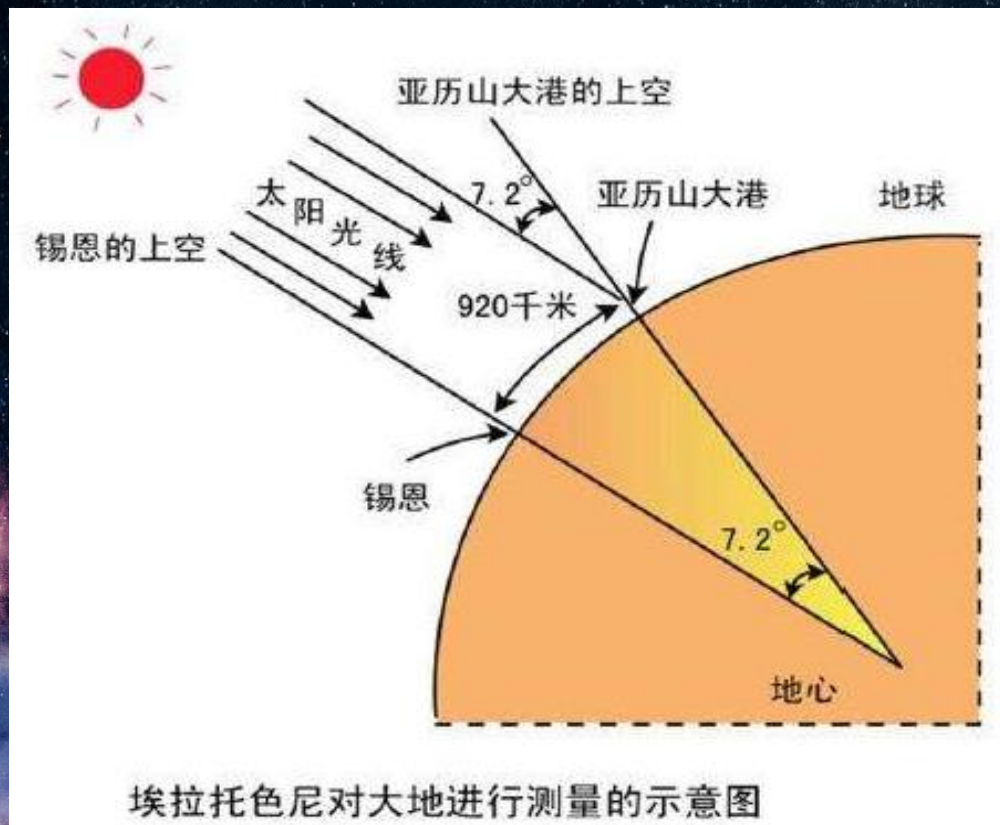


阿里斯塔克斯估算太阳距离

4. 触手可及的探索实验



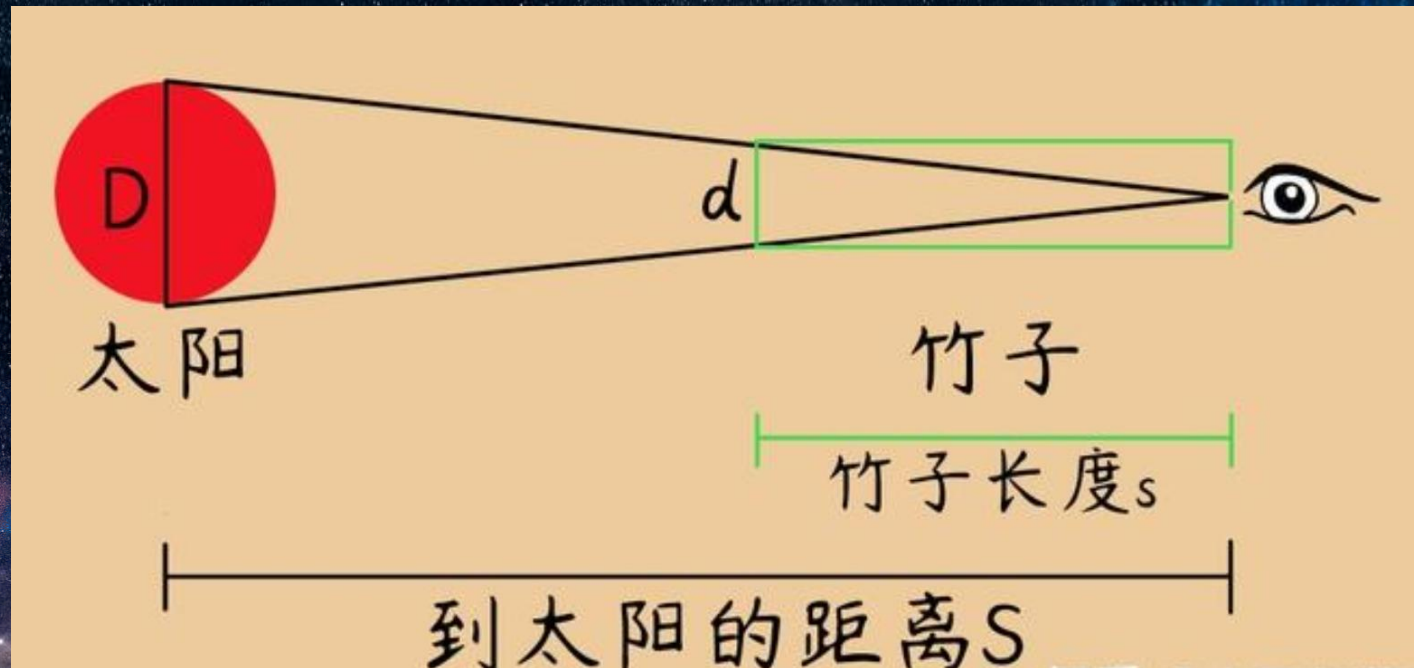
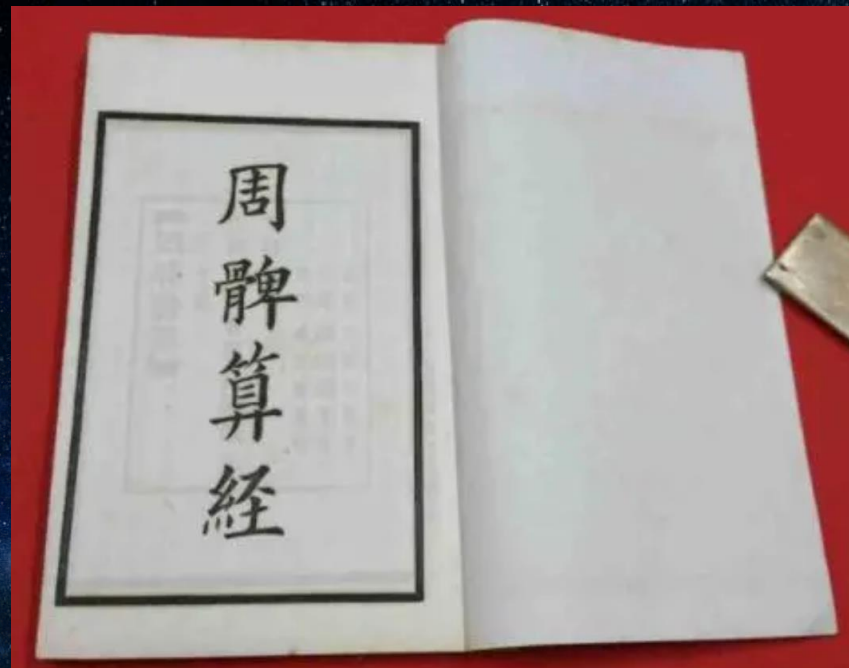
埃拉托色尼
(Eratosthenes,
275BC-193BC)



埃拉托色尼测量地球周长

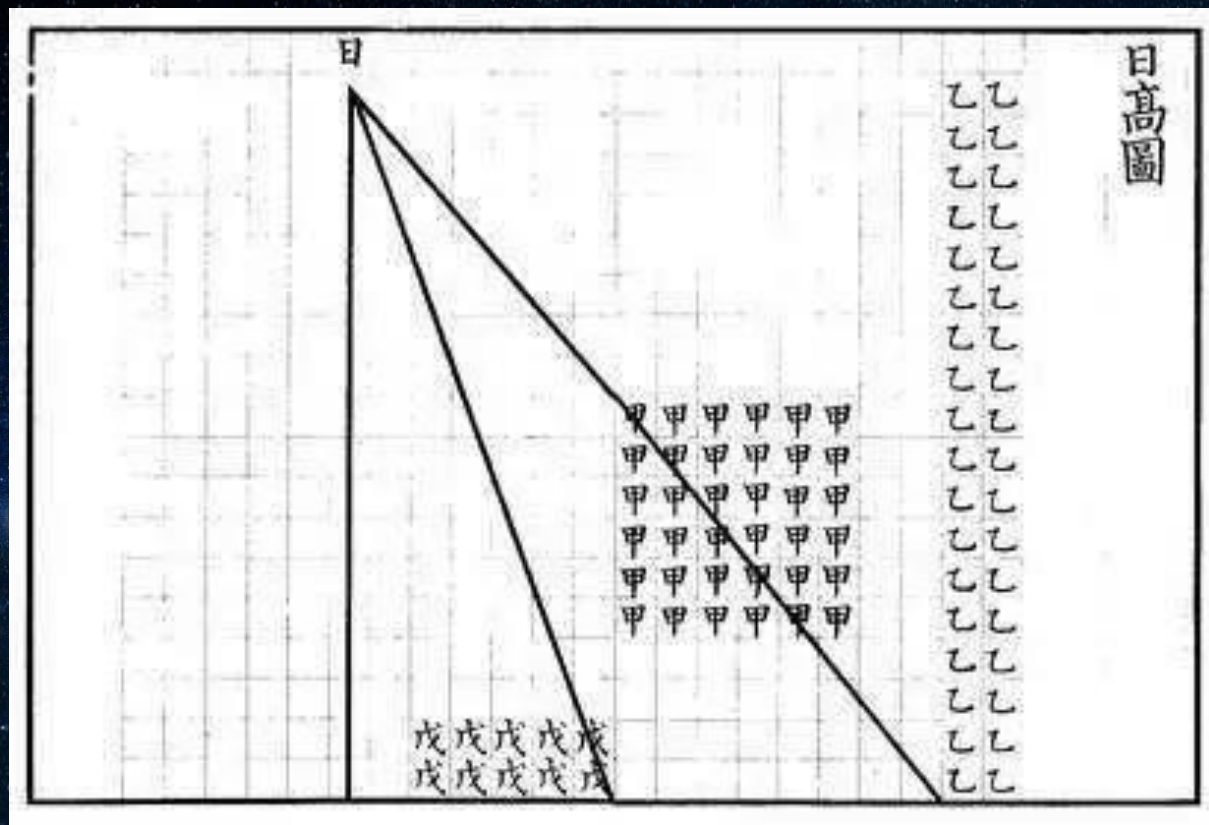


4. 触手可及的探索实验



《周髀算经》——竹空测日

4. 触手可及的探索实验



“日中立杆测影，此一者，天道之数。周髀长八尺，夏至之日日晷一尺六寸。”

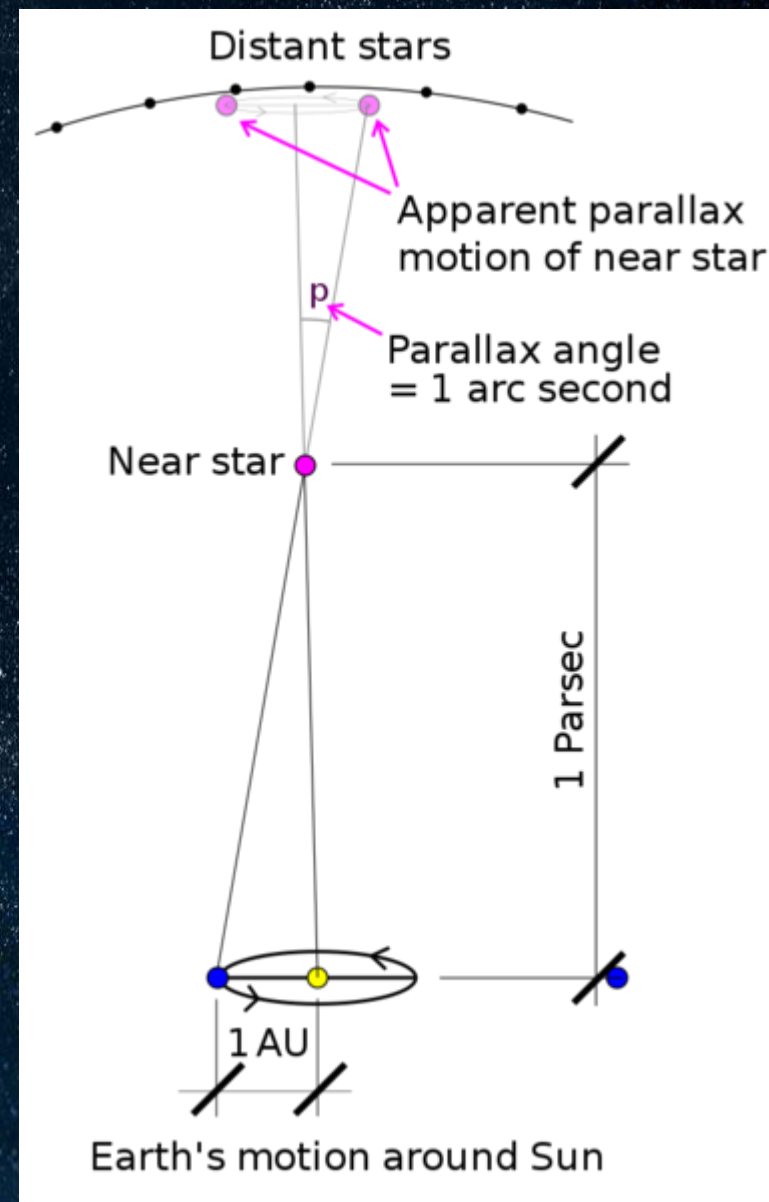
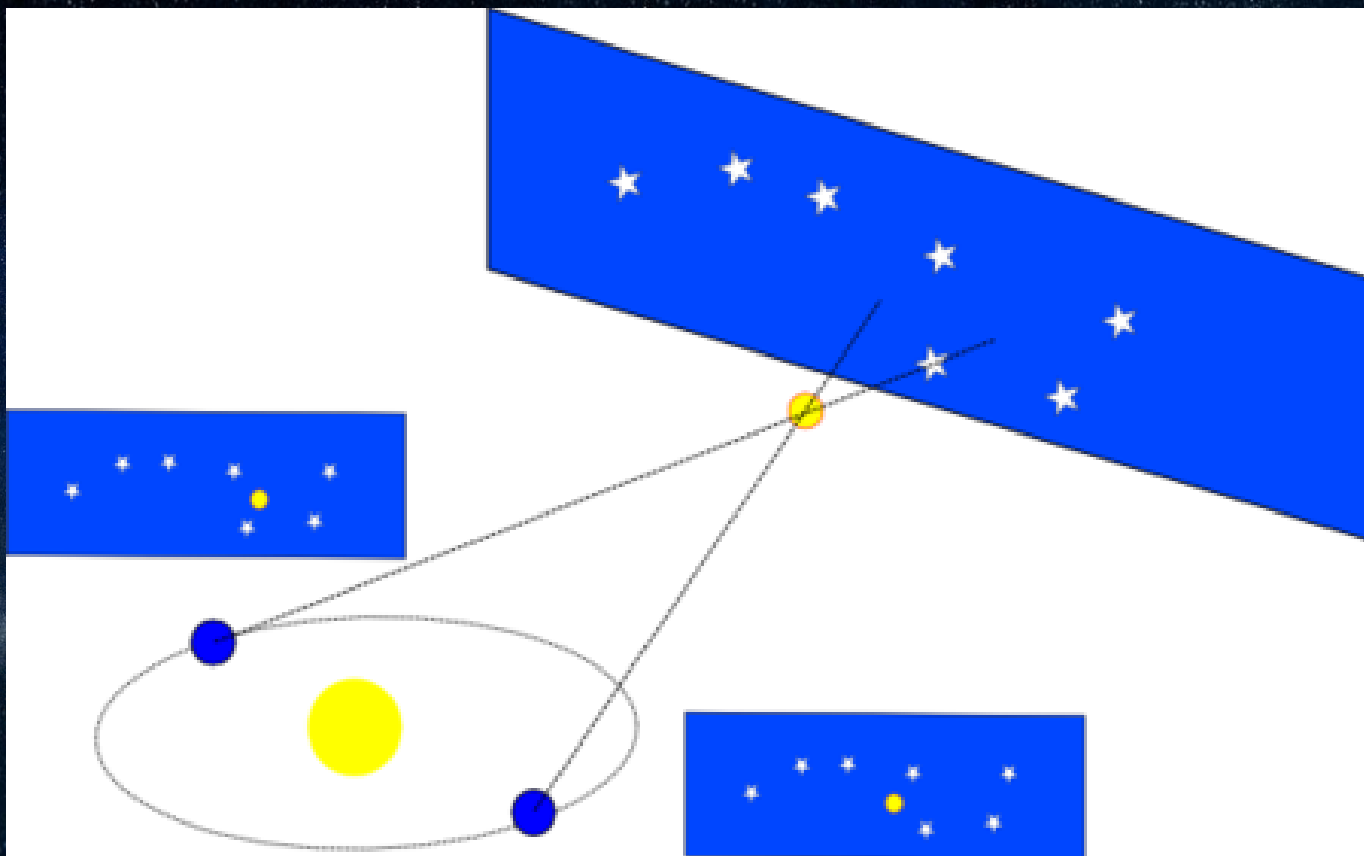
“正南千里，勾一尺五寸，正北千里，勾一尺七寸，日益表南，晷日益长。”

“候勾六尺，从髀至日下六万里，而髀无影。从此以上至日，则八万里。”

《周髀算经》 测量太阳距离

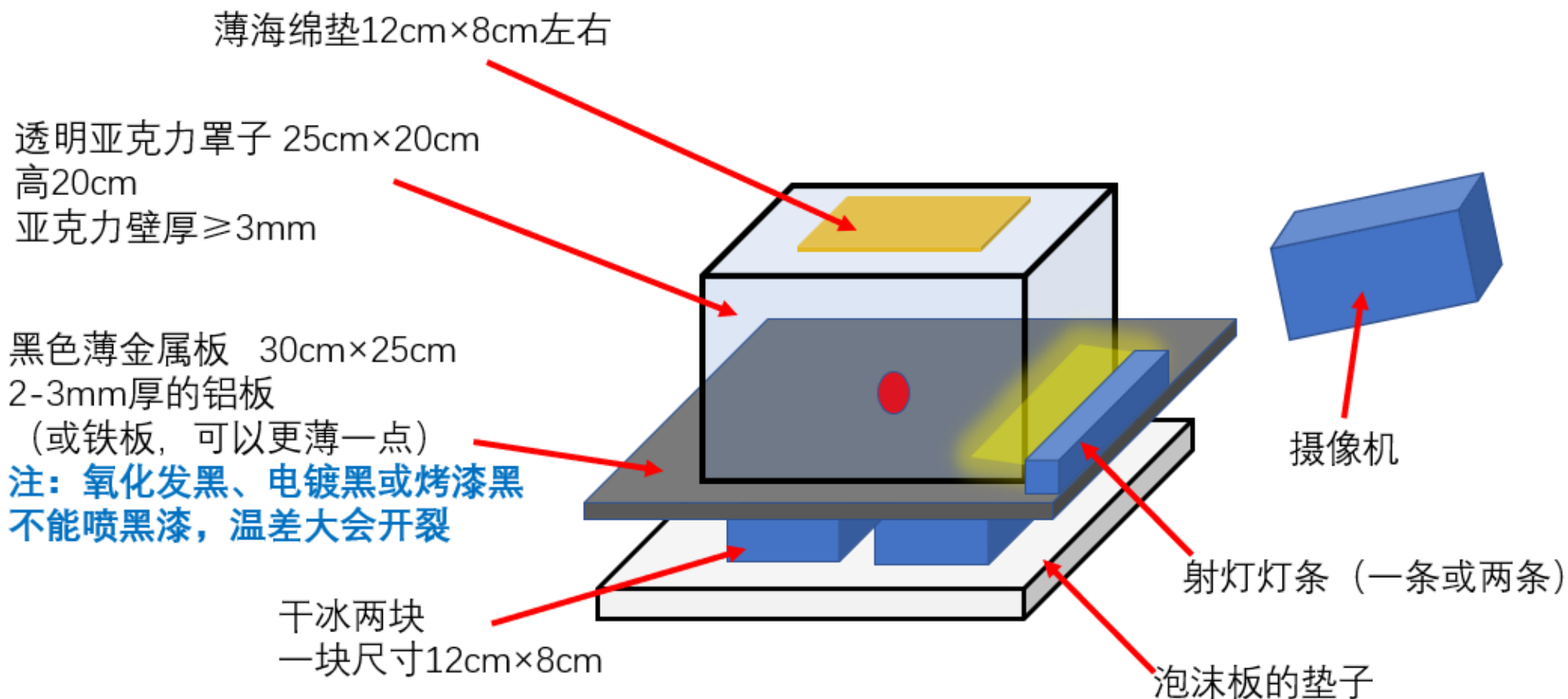
4. 触手可及的探索实验

三角视差测距



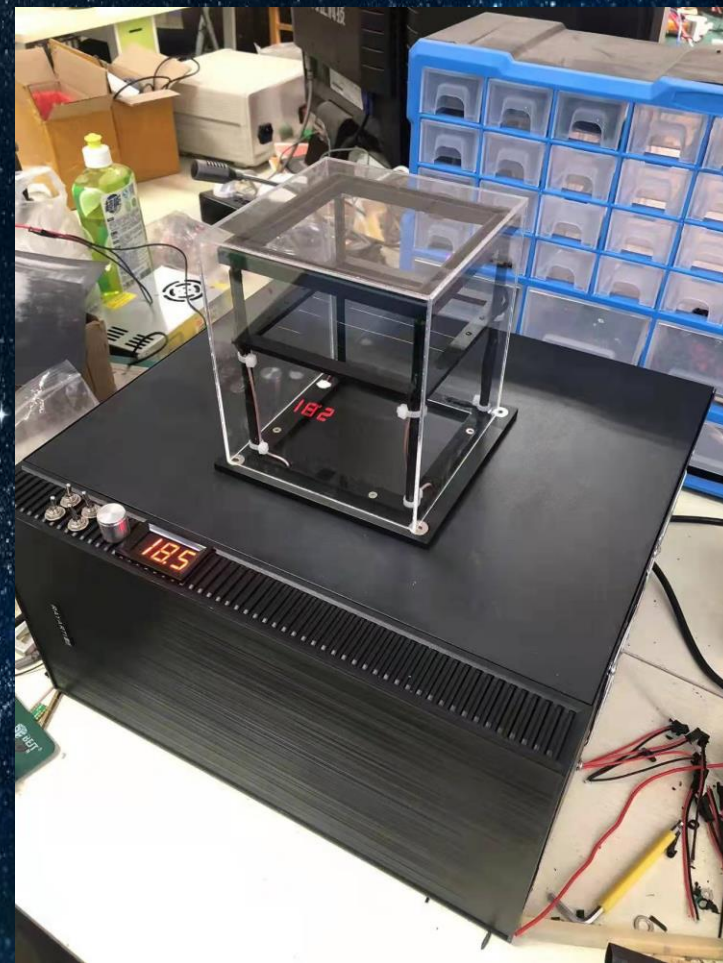
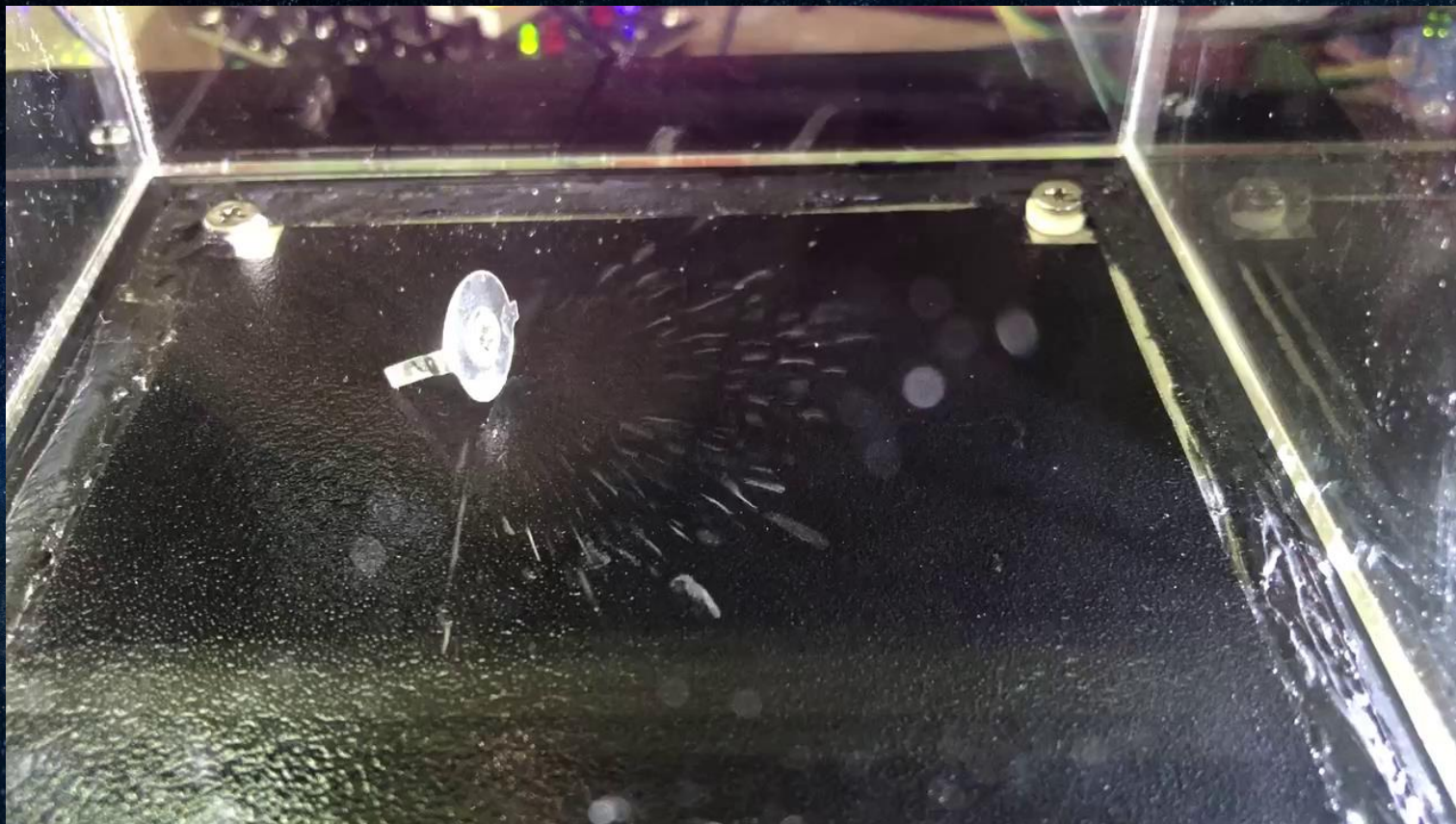
4. 触手可及的探索实验

简易云室观测宇宙线



4. 触手可及的探索实验

简易云室观测宇宙线



谢谢
Thank you