

太空授课中奇妙现象背后的科学原理

王兆魁^{1†} 赵泽洋²

(1 清华大学航天航空学院 北京 100084)

(2 国防科学技术大学航天科学与工程学院 长沙 410073)

2014 - 09 - 12 收到

† email wangzk@tsinghua.edu.cn

DOI :10.7693/wl20141208

宇宙在人类心中一直是亘古不变的谜题。大自然的鬼斧神工，让我们渺如沧海一粟，但不得不承认，人类对未知的事物有着天生的探索精神。从亚里士多德到康德，从托勒密到哥白尼，无论哲学家还是天文学家，都对宇宙产生了浓厚的兴趣，并取得了大量的研究成果，布鲁诺甚至因此献出了生命。为了解宇宙背后的秘密，人类经历了远古图腾崇拜的迷雾，又度过了中世纪神学统治的风暴，直到近代才开始认识到天体运行的一般规律。按照近代天体物理学家的估计，我们生活在一个半径约为140亿光年范围的宇宙中，而人类对宇宙的探索仅仅占了其中很少的一部分。

随着一代又一代科学家孜孜不倦的努力，现在我们已经可以初步探索太空，由美国发射的无人探测飞船旅行者1号，已飞离了由炽热而活跃的粒子组成的太阳圈顶层，进入了星际空间；苏联、美国都成

功地把航天员送入太空，美国阿波罗登月计划更是永垂史册。继我国第一颗人造地球卫星东方红一号上天后，我国在航天事业的投入不断加大，正在大踏步地跟上世界先进水平。神舟系列载人飞船顺利发射升空，使我国成为继俄罗斯、美国之后第三个能够独立开展载人航天活动的国家。

2013年6月13日，我国天宫一号与神舟十号飞船顺利实现对接。2013年6月20日上午10点，神舟十号航天员王亚平在太空给地面的中小学生们进行了太空授课(见图1)，重点讲授了在失重条件下物体运动的特点和液体表面张力的作用，在国内外引起了巨大反响。随后，很多朋友给我发来邮件，询问一些关于载人航天的事情，对航天员在太空所演示的实验提出了一些问题。笔者觉得利用自身所学，可帮助读者科学解释太空实验背后的规律，从而为普及航天知识和吸引优秀人才投身航天事业发挥一份力所能及的作用。



图1 太空授课现场(图片来自网络)

1 失重条件下物体的运动特点

太空或许更适合于胖子，因为他们不再会为自己的体重而烦恼；太空或许更适合于瘦弱的人，因为

太空中他们可以力大无穷；太空或许更适合孩子，因为他们可以肆无忌惮地翻滚玩耍。

在太空中，由于失重作用的影响，很多在地面的实验现象将会以另一种形式呈现。在太空飞船中，万有引力被用来提供绕地球旋转的向心力，所以视重是几乎为零的(见图2)，但质量并没有消失，因为质量是物体的固有属性，在经典力学范畴内不随物体运动状态的改变而改变。

我们可以用简单的实验来测量物体在太空中的质量。在太空授课中，航天员固连在弹簧一端，利用弹簧产生的恒定定力，使用光栅测出其加速度，再根据牛顿第二定律即可测出航天员质量。

该原理在航天活动中有着十分广泛的应用。比如，航天器的燃料在消耗一段时间后，由于总质量的变化，可能会影响到轨道控制的精确度。这时就可以打开推力器，利用加速度计测量航天器的加速度，从而计算出航天器当前的质量。

在地面上，单摆的运动形式是一种再平常不过的现象，但在太空中，由于失重的影响，单摆不会再受重力的作用运动。若想要它运动，就得额外轻推一下小球，这样小球就会在细绳的拉力作用下做圆周运动，但在地面上，若想要小球做圆周运动，就得给小球一个足够

大的初速度，才能使它克服地球重力的阻碍，从而进行圆周运动。

说到陀螺我们一定都不陌生，很多人小时候都玩过抽木猴的游戏，用鞭子给木陀螺持续施加外力矩，它会一直不停地转动。如果撤去鞭子给予的力矩，木陀螺会很快停止转动。这是因为在地面上，除了空气摩擦力矩外，还有木陀螺因受重力而与地面挤压产生的摩擦力矩。而在太空中，陀螺所受的外力矩很小，我们可以近似认为是没有外力矩作用的，所以物体的角动量会保持恒定，也就是我们所说的定轴性(见图3)。瞬时施加的干扰力不能产生持续的力矩，由于角动量守恒，旋转陀螺的旋转轴就不会发生很大改变。

在航天领域，陀螺被用来对航天器进行精确的姿态确定，它具有体积小、重量轻、可靠性高、工作寿命长等特点，对航天器的姿态控制具有重要作用。

2 太空船中的液体表面张力

很多小孩子常会玩吹泡泡的游戏，常常一群小伙伴们面对面站成排，一个接一个地吹，看看谁吹得大。很多孩子因为泡泡没有别人吹得大而难过，可是在太空中，吹一个巨大的泡泡完全不费吹灰之力(见图4)。

学过物理的人都知道，液体表面的分子由于受到内部分子的吸引而有被拉入内部的趋势，这种促使液体表面分子向内收缩的力，被称为表面张力。生活中有很多表面张力的例子，例如清晨的露珠、水杯上的水珠等等。为什么在太空中吹气泡会比在地面上大得多呢？这是因为在地面由于受重力的作用，导

致气泡向内坍塌，而分子间内部力不足以平衡其重力而导致气泡破碎；而处于太空之中时，由于重力几乎消失，液体表面张力与分子内部力形成平衡关系，气泡变得越来越大。同理，由于失重的影响，如果向气泡内不断注入水，就会使整个气泡逐渐形成水球。

可能很多人会问，航天员在太空中怎么喝水呢？可以肯定的是，航天员是不能用杯子喝水的。这是因为在太空中的失重条件下，水不会往下流，我国航天员喝水主要使用一种袋装水，通过挤压饮水袋，使用特制的吸管饮用即可。

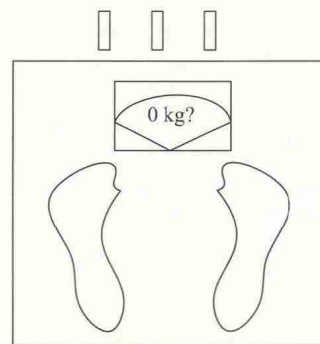
3 看得广不一定看得清

古人说：“登高而望远。”是不是望远就能看得清呢？

有人声称，在太空中可以看到长城，可以看到埃及的金字塔，那么真实的情况是什么样子的呢？事实上，在太空中看到长城不是没有可能，但可能性非常小。

首先，太空中的目视范围是很大的。古人说登高而望远，航天员飞上太空，高度优势带来的最大好处就是能够获得辽阔的视野。以神舟飞船为例，它的轨道是椭圆形的，距离地面最近时200 km，距离地面最远的地方高度则可以达到340 km以上。在200 km高的轨道上，航天员能看到地面1500 km半径的区域，视力所及区域面积可达780万平方公里(见图5)，这对地球上的观察者来说是不可想象的。

虽然看得如此广阔，但是距离的遥远、目视范围的拓展带来最大的问题在于，对远处物体细节的辨认能力会受到影响。如图6所示，人眼角的分辨率大概在0.3角分左



怎么“质量”成零了??

图2 太空中物体的质量

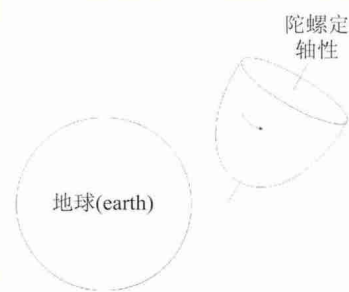


图3 太空船中陀螺定轴性

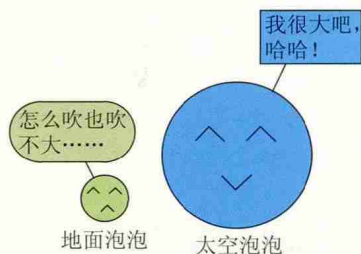


图4 太空中与地面气泡大小比较

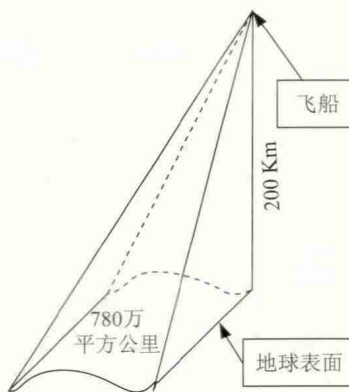


图5 太空中对地球的目视范围

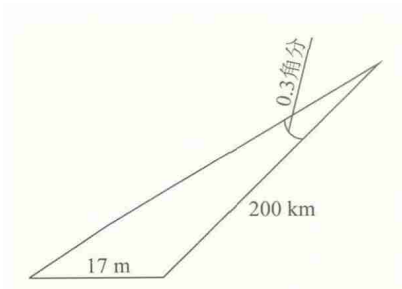


图6 人眼角分辨率

右,这意味着航天员在200 km高的轨道上,只能分辨出地面17 m以上尺度的目标特征。下面回到能否看到长城这一个问题上来,长城的宽和高平均不过七八米,比起航天员肉眼的分辨能力要小很多。况且,从太空看地面,还要受到日照、气象等条件影响,因而从太空看到长城恐怕是很难的。

不过,在能见度好的情况下,从地面可以看到同样位于300 km以上高度飞行的国际空间站的亮光。这说明在所有条件都特别好的情况下,从飞船上看到长城也不是没有可能。

4 太空授课的意义

本次太空授课意义重大,在太空授课成功举办的背后,是航天科研人员默默耕耘20余年的结果。我国成为继美国之后第二个进行太空授课的国家,极大提升了中国在国际航天领域的影响力。

首先,本次太空授课激发了学生们对太空的向往与追求。回想自己小的时候,“东方红一号卫星”激昂的乐曲常常在耳畔响起,极大地激发我们的民族自豪感与爱国热情。而今,太空授课开启了孩子们心灵的又一扇窗户,使他们走进航天,了解航天,热爱航天。它点燃了孩子们仰望星空的太空梦想,激发了孩子们的爱国情怀。祖国的未来在于下一代,对他们的教育至关重要,太空授课增加了学生们对科学的向往,拓宽和拉伸了他们的思维广度与深度,对他们今后的发展大有裨益。

其次,太空授课体现了我国综合国力不断增强。这不仅仅考验一个国家的科技水平,更是大国综合国力的体现。太空授课到目前为止只有美国真正实现过,这是因为这种形式给天地间双向图像数据传输的稳定性和可靠性带来了更大挑战;对火箭、飞船、测控、中继卫星传输等能力具有极高要求。事实证明,我们国家不仅做到了,而且做得很好,说明我国航天以及各方面体系协作能力进一步提高,综合国力水平进一步增强。

当前空间形势日趋复杂,各发达国家都在争夺太空主导权。太空问题关乎国家生存,如何抓住这一战略机遇期是摆在所有航天人面前的重大挑战。我们必须不断大力加快发展航天技术水平,强化后继人才培养方针,完善科研骨干队伍建设,进一步提高科研攻关的能力,精益求精,争取早日实现航天事业跨越式发展!

读者和编者

订阅《物理》得好礼

——超值回馈《岁月留痕》
——《物理》四十年集萃

2012年《物理》创刊40周年,为答谢广大读者长期以来的关爱和支持,《物理》编辑部特推出优惠订阅活动:向编辑部连续订阅两年(2015—2016年)《物理》杂志的订户,将免费获得《岁月留痕—《物理》四十年集萃》一本(该书收录了从1972年到2012年在《物理》各个栏目发表的四十篇文章,476页精美印刷,定价68元,值得收藏)。

欢迎各位读者订阅《物理》
(编辑部直接订阅优惠价180元/年)

(银行汇款请注明“《物理》编辑部”)

咨询电话:(010)82649266;82649277

Email: physics@iphy.ac.cn

订阅方式

(1) 邮局汇款

地址:

100190,北京603信箱
《物理》编辑部收

(2) 银行汇款

开户行:

农行北京科院南路支行

户名:

中国科学院物理研究所

帐号:

11250101040005699

