# 第六章 3 万有引力定律

通过上节的分析，我们已经知道了太阳与行星之间作用力的规律，能够完全解释行星的运动了。但是，还可以进一步设想：既然是太阳与行星之间的力使得行星不能飞离太阳，那么，是什么力使得地面的物体不能离开地球，总要落回地面呢？也就是说，地球使树上苹果下落的力，与太阳、地球之间的吸引力是不是同一种力呢？

还有，即使在最高的建筑物上和最高的山顶上，也都会感受到重力的作用，那么，这个力必定延伸到远得多的地方。它会不会作用到月球上？也就是说，拉住月球使它围绕她球运动的力，与拉着苹果下落的力，以及太阳与地球、众行星之间的作用力也许真的是同一种力，遵循相同的规律？

这个想法的正确性要由事实来检验。

根据牛顿的朋友对他晚年谈话的回忆，当牛顿思考月亮绕地球运行的原因时，苹果偶然落地引起了他的遐想。

## 月-地检验

假定维持月球绕地球运动的力与使得苹果下落的力真的是同一种力，同样遵从“平方反比”的规律，那么，由于月球轨道半径约为地球半径（苹果到地心的距离）的60倍，所以月球轨道上一个物体受到的引力，比它在地面附近时受到的引力要小，前者只有后者的。根据牛顿第二定律，物体在月球轨道上运动时的加速度（月球公转的向心加速度）也就应该大约是它在地面附近下落时的加速度（自由落体加速度）的。

在牛顿的时代，自由落体加速度已经能够比较精确地测定，当时也能比较精确地测定月球与地球的距离、月球公转的周期，从而能够算出月球运动的向心加速度。

计算结果与我们的预期符合得很好。这表明，地面物体所受地球的引力、月球所受地球的引力，与太阳、行星间的引力，真的遵从相同的规律！

牛顿深入思考了月球受到的引力与地面物体受到的引力的关系。正是在这个过程中，力与加速度的关系在牛顿的思想中明确起来了。

## 万有引力定律

我们的思想还可以更解放。既然太阳与行星之间、地球与月球之间，以及地球与地面物体之间具有“与两个物体的质量成正比、与它们之间距离的二次方成反比”的吸引力，是否任意两个物体之间都有这样的力呢？很可能有，只是由于身边物体的质量比天体的质量小得多，不易觉察罢了。于是我们大胆地把以上结论推广到宇宙中的一切物体之间：**自然界中任何两个物体都相互吸引，引力的方向在它们的连线上，引力的大小与物体的质量*m*1和*m*2的乘积成正比、与它们之间距离*r*的二次方成反比**，即

*F*＝*G*

式中质量的单位用kg，距离的单位用m，力的单位用N。*G*是比例系数，叫做**引力常量（gravitational constant）**，适用于任何两个物体。

“两个物体的距离”到底是指物体哪两部分的距离？如果物体的大小比它们之间的距离小得多，两个物体可以看做质点，这个距离当然就是这两个点的距离。如果是地球、月球等球体，牛顿应用微积分的方法得知，这个距离应该是球心间的距离。

尽管以上推广是十分自然的，但仍要接受事实的直接或间接的检验。本章后面的讨论表明，由此得出的结论与事实相符，于是，它成为科学史上最伟大的定律之一——**万有引力定律（law of universal gravitation）**。它于1687年发表在牛顿的传世之作《自然哲学的数学原理》中。

万有引力定律清楚地向人们揭示，复杂运动的后面隐藏着简洁的科学规律；它明确地向人们宣告，天上和地上的物体都遵循着完全相同的科学法则。

## 引力常量

牛顿得出了万有引力与物体质量及它们之间距离的关系，但却无法算出两个天体之间万有引力的大小，因为他不知道引力常量*G*的值。100多年以后，英国物理学家卡文迪许（Henry Cavendish，1731～1810）在实验室里通过几个铅球之间万有引力的测量，比较准确地得出了*G*的数值。目前推荐的标准值为*G*＝6.672 59×10-11N·m/kg2，通常取*G*＝6.67×10-11N·m/kg2。

引力常量是自然界中少数几个最重要的物理常量之一。

卡文迪许在对一些物体间的引力进行测量并算出引力常量*G*以后，又测量了多种物体间的引力，所得结果与利用引力常量*G*按万有引力定律计算所得的结果相同。引力常量的普适性成了万有引力定律正确性的最早证据。



**图6.3-1 以卡文迪许命名的实验室是世界著名的实验室，坐落在英国剑桥大学。物理学上许多重要发现是在这里做出的。**

## 问题与练习

1．既然任何物体间都存在着引力，为什么当两个人接近时他们不会吸在一起？我们通常分析物体的受力时是否需要考虑物体间的万有引力？请你根据实际情况，应用合理的数据，通过计算说明以上两个问题。

2．大麦哲伦云和小麦哲伦云是银河系外离地球最近的星系（很遗憾，在北半球看不见）。大麦哲伦云的质量为太阳质量的1010倍，即2.0×1040kg，小麦哲伦云的质量为太阳质量的109倍，两者相距5×104光年[[1]](#footnote-1)，求它们之间的引力。

3．一个质子由两个u夸克和一个d夸克组成。一个夸克的质量是7.1×10-30kg，求两个夸克相距1.0×10-16m时的万有引力。

1. 光年是长度单位，等于光在真空中一年传播的距离。 [↑](#footnote-ref-1)