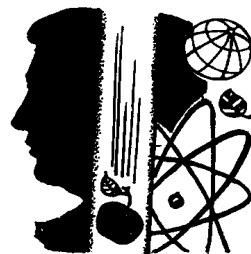


# 牛顿的苹果

姜广智

(陕西师范大学物理与信息技术学院 西安 710062)



这个故事已流传很久,是我在大学时的一个导师讲述的,说的是在罗伯特·胡克与艾萨克·牛顿之间的那场争论。他对当时的情景作了形象的描述,那时牛顿正坐在桌旁进行演算,而胡克却下到狭长的矿坑中去观察重力的大小变化。对于想通过数学计算来解决物理问题的人来说,这既是一个非常富有挑战性的问题,也是一个具有象征性的问题。我相信,牛顿的苹果的故事恰恰阐明了科学发现的复杂性。

到17世纪时,惯性的概念已经确立,并为后来万有引力理论提供了二个基本的切入点:其一对解释接近地球表面物体的加速度,其二是为星体的轨道运动提供理论解释。在世纪之交开普勒曾提出了行星围绕太阳运行的三大定律。开普勒定律只从数学角度进行了描述,而引力理论则试图为其定律提供明确的理由。

在1666年研究的基础上,牛顿声称首先发现了引力。当时为躲避瘟疫,他在他的家乡乌尔索普休假。这段时间首先牛顿计算了离心力并称之为行星的“引力”,这种引力也就是行星进行圆周运动所需要克服的惯性力。行星的引力遵守平方反比定律,即行星的离心力与行星距太阳距离的平方成反比。据说当牛顿看到苹果坠地时,从中受到启发,把苹果坠地的速率与月球向地球运动的速率进行了比较。发现这两个首要的现象几乎差不多,遵守这样一个平方反比定律。牛顿把当时大家普遍认为的这种差异错当成由于地球的大小引起的差异。根据牛顿同时代的惠斯顿和彭伯顿所言,正是由于这种差异才使得牛顿没有早些发表他的发现结果。

这种叙述最终导致对牛顿的苹果故事的认可。克拉克给出了这个故事的一种有代表性的叙述:

一天,牛顿在花园里看见一只苹果落地,他想为什么苹果能落下来而月亮却不能,也许支配地球的某种规则也同样适用于整个宇宙。当时人们普遍认为宇宙为某种神秘或超自然的力所控制。而牛顿首次解释了物体之间是怎样在引力作用下相互作用

的。这种力的大小取决于物体的大小及它们之间的距离。当我们说物体下落时,我们实际上是指其落向地球。牛顿意识到正是由于引力的作用才使得月球与地球之间好像有一根无形的绳子牵引着,作圆周运动,要不是由于这种引力,月球便会逃逸到太空中去。

与大家认为苹果落地使牛顿发现引力的观点形成对比的是,韦斯特福尔和科恩却把这个理论的提出描述成一个复杂而又漫长的过程。并指出牛顿平方反比定律首要获得是植根于笛卡尔的引力模式。

在牛顿的引力理论出现之前,笛卡尔的涡旋理论对开普勒定律进行了一种探索性的解释。笛卡尔认为太阳系可以看做一个涡旋。行星的运行就像一个漩涡,是因为它们持续运行的趋势往往呈一直线型。因此由于那些充斥于星际之间的微小颗粒不断碰撞,使行星不会离开太阳而去。牛顿最初的平方反比定律的计算就是基于这种猜想。似乎很清楚,在这个初始阶段,牛顿仍然没有把引力作为一种向心力。

过了一段时间,牛顿才完成他的引力理论。韦斯特福尔和科恩认为,牛顿与胡克的一次通信对他理论的形成起了至关重要的作用。1679年时任英国皇家学会会长的胡克写信要求与牛顿互通信件。他们之间经常书信往来,最后一次通信是由胡克写给牛顿的,在信中他谈到:

由于引力所引起的曲线轨迹(非圆形或同心圆),现在有待于认识。这种引力使行星产生了切线运动或直线运动,并与距离的平方成反比(即距离平方的倒数)。我相信用您先进的方法,你会很容易地弄清曲线及其轨迹,由此对这个比率提出物理解释。

当时牛顿并没有回答这个难题。1684年,埃德蒙·哈雷拜访牛顿时提出了同样的问题。牛顿指出,一个物体受到另外一个物体的吸引,总是沿着椭圆轨道运行。受其他物体的吸引力而沿轨道运行的物体,总是遵循椭圆轨道运行。这种吸引力随着物体间距离的平方倒数而变化。牛顿后来提出了简短的

论证,并在哈雷资助和鼓励下,最终写成了《自然哲学的数学原理》一书(1687年第一版,通常称作“原理”),万有引力的普遍性原理是本书主要组成部分。牛顿《原理》这本书一出版,胡克就声明引力发现至少应该有他一部分功劳。牛顿否认了这一点,并指出他早期的工作已经阐明了这种平方反比关系。大家都知道,胡克不能从数学角度证明引力的平方反比定律与开普勒定理的一致性。因此,胡克的一般性的引力概念不可能获得像牛顿《原理》那样的影响。正如罗杰·科茨在为《原理》第二版的序言中所说的那样。

任何物体都受到引力的作用。在牛顿之前只能猜测或加以想像,而牛顿是惟一能够从现象入手进行论证的第一人,为以后许多杰出的猜想打下了坚实的基础。

然而,似乎胡克的参与确定在牛顿理论的形成中发挥了重要的作用。如果是这样的话,到底是谁发现了引力现象?这并不是一个很容易回答的问题,因为与大众观点所不同的是,引力并不是一个像无人岛一样的有形实体等待人们去发现,而是一个理论模式。牛顿的万有引力理论有3个主要特征——它遵循平方反比定律,并具有普遍性,而且是一种吸引力。科恩和韦斯特福尔两个好像都认为是胡克的参与才使牛顿认识到引力是一种吸引力。因此现在大家由苹果落地现象得出重力是一种引力的观点在很大程度上归功于胡克,而并非牛顿。然而数学天才牛顿在力学上建立了这种理论模式。

最终也许你会问这与苹果有什么关系?如果关于牛顿的苹果的故事属实的话,这将与胡克发现引力的说法相悖。因为苹果的运动暗示一种向心力,而行星之间引力却不能表现出来。

麦克和德比尔两个都是研究牛顿的专家,他们通过两个举证对关于牛顿苹果的故事进行了进一步的探讨。一个是马丁·福克,英国皇家学会主席,另一个是牛顿的侄女凯瑟琳·巴顿。麦克和德比尔还引述了一位与牛顿同时代的威廉·斯蒂克利曾写过的一篇关于牛顿生活的回忆录。该回忆录直到1936年才出版。在回忆录中他描述了他从牛顿那里听到的故事:

1726年4月15日,我拜访了艾萨克先生在肯辛顿的寓所,其间并和他共进午餐,并和他单独度过了整整一天……饭后,由于天气有点热,我们就到了花园,坐在苹果树荫下喝茶攀谈。当时喝茶的只有我

们两个,在交谈其间,他告诉我引力的概念经常萦绕在他的脑际。一次正当他在沉思的时候,偶然间发现一只苹果落地。他心里想为什么苹果总是竖直落到地面,而为什么不向旁边或向上运动。肯定是由于地球对苹果的牵引所导致的。物体之间肯定存在一种引力,地球的总引力一定集中在地心,而不是在地球其他位置。因此,苹果总是竖直下落或者总是朝着地心下落,那么如果物质之间相互吸引的话,引力一定与质量有关。因此,苹果和地球之间相互吸引。苹果和地球之间相互存在一种作用力,在宇宙之中我们称之为引力。

这似乎可以证实是牛顿独立地发现了引力现象。然而有证据使我们对上述叙述产生一些怀疑。哈维援引一封牛顿写给哈雷的信件,信中牛顿试图证明他发现引力的时间早于与胡克通信的时间。在这封信中,牛顿提及了早期的研究工作:

太阳对行星的引力与它们之间的距离有关。并且估算了地球到月球之间的引力。在科茨所引述的一封信中有类似强调离心力的观点,在同一年(可能是1666),牛顿开始把引力理论扩展到月球的轨道,并且已经发现了如何估算这种力的大小,也就是在一定范围内使旋转的天体对其表面的作用力:任意两个行星的公转周期之间的比例正好是平均距离比例的一倍半。

也许我深受20世纪犬儒哲学的影响,如果牛顿当时仍把星际之间的引力作为离心力的话,对我来说,确实似乎很难理解,他怎么能把落地苹果和运动星体之间联系起来。同时苹果似乎是一个绝佳的落体。由于引力作用使苹果下落暗示了一种离心力,在某种程度上像雨滴那样的落体却不是这样。

然而可以肯定在牛顿和胡克通信之前,牛顿确实做过验证引力法则的实验。因而我不敢对苹果故事的真伪妄下断言。然而,它告诉我什么是科学发现的本质。通过对下落苹果的一般性的观察竟能得出诸如《原理》这样不寻常的结论,对我来说是不可想像的。但是,不管苹果的故事是真还是象征性的,事实上这个故事恰似一粒落在其他科学家尽心培植好的土壤中的种子。尽管当时由这粒种子所生发的理论是一个缓慢的过程,但是它与关于科学发现的流行观点形成了鲜明的对比。这种观点认为:科学发现几乎不需付出汗水而完全依赖于灵感。

(编译自美国1997年第3期 *Physics Education*, Daniel Sandford Smith文)