

科学统一世界(连载四)

陈青华 姜水根

(浙江省宁波市效实中学 宁波华茂外国语学校 515010)

一、从伽利略到牛顿

伽利略在《两门新科学的对话》中说到:“我认为更重要的是一门博大精深的科学已经出现,我的工作仅是一个开端,头脑比我敏锐的人们将开辟更多的途径和方法,以探知它(大自然)深邃的奥秘。”

要探知自然的奥秘,第一个要探究清楚的是关于物体的运动问题。伽利略用斜面实验研究了物体在重力作用下的运动的规律,他还通过理想实验分析了物体不受力时的运动情况,得到与亚里士多德不同的结论,即力不是维持物体运动的原因,而是改变物体运动的原因。物体在不受力的情况下将保持匀速运动,即从光滑斜面上滑下来的小球将沿水平面永远的等速运动下去。考虑到地球的表面(水平面)实际上是一个球面,所以伽利略所谓的匀速运动(即惯性运动)是指环绕一个中心的圆周运动,因此伽利略的惯性原理表述得并不准确,这也是惯性定律被称为牛顿第一定律而不是伽利略定律的原因。伽利略深信匀速圆周运动是最完美的运动,甚至开普勒发现行星的轨道是一个椭圆的时候,也没有引起伽利略的重视。

笛卡儿是一位在诸多领域都有深刻影响的哲学家,他对自然科学也有研究。笛卡儿认为,若没有外界的作用,物体将继续以同一速度在同一直线方向上运动,既不停下来,也不偏离原来的方向。笛卡儿的这一惯性原理的表述突破了伽利略的水平面,显得更加准确了,但他主要是以思辨的方式把它表述出来,不适合作为科学研究的一个基本原理。

牛顿在前人工作的基础上,对惯性原理加以完善,表述如下:每个物体都保持其静止或匀速直线运动状态,除非有外力作用于它,迫使它改变那个状态。这就是牛顿第一运动定律。它作为力学的一个基本规律,包含了两个重要概念,那就是惯性和力。惯性的发现,主要要归功于伽利略,但牛顿迈出的一步对于科学的发展则更显得意义重大,因为牛顿正是通过这一化曲为直的变动,成为跨越天地之间鸿沟的第一人。

首先,牛顿从行星绕曲线轨道运行的现象出发,根据惯性定律,推知行星必受一外力的作用(伽利略则认为行星做完美的天然圆运动)。进而,由牛顿第二定律和开普勒第三定律,牛顿证明,行星所受太阳引力应与其距离的平方成反比。他还指出,当时能够观察到的各种天体的运动(如月亮绕地球的运动,木星、土星的卫星的运动,彗星的运动等)都是受到平方反比律的引力的结果。后来,牛顿根据当时已经知道的月球轨道半径以及月球运行周期,推导出月亮所受的引力与苹果所受的重力是同一种力,即万有引力。有了万有引力定律,人们就能够统一解释天体的运行和地面上物体的运动规律了。

在牛顿之前,人们认为天体运动和地面上物体的运动分别服从于不同的规律,万有引力定律的发现,把地面上物体运动的规律和天体运动的规律统一起来,极大地增强了人类认识自然的信心。牛顿还在运动三定律和万有引力定律的基础上,建立起人类历史上第一个完整的科学体系——牛顿力学体系,为以后科学的发展树立了一个光辉的典范。

牛顿对科学的贡献是前无古人的。从本质上讲,在科学研究的方法上,牛顿继承了伽利略的实验方法和数学方法,发展了数学方法,发明了“流数”(即微积分),并用方程式来描述自然规律,用严密数学推导对实验和观察进行分析和综合。牛顿正是应用他独创的、在当时是最先进的数学方法,在三个运动定律和万有引力定律的基础上建立起他的力学体系的。可以说,伽利略为科学的发展打下了坚实的地基,牛顿则在这个地基上面建立起了气势恢宏的科学殿堂。牛顿正是伽利略所期待的“头脑更敏锐”的人,是一位站在巨人们肩膀上的巨人。18世纪英国著名诗人亚历山大·波普写道:“自然及其规律隐藏在黑暗中,上帝说‘让牛顿诞生吧’,于是一切有了光明。”这首诗反映了牛顿对科学的巨大贡献,道出了牛顿的理论体系在人类思想史上的崇高地位。

二、从牛顿到卡文迪许

牛顿在科学上取得的成就是多方面的。在光学上，他做了光的色散实验，为后来的光谱学奠定了基础；在天文学方面，除了发现万有引力定律外，他还亲自动手制造了第一个反射式天文望远镜，消除了透镜式望远镜中不可避免的色差，为天文学的观测提供了有力的武器。但在牛顿所有成就中，对科学发展影响最大的还是他所建立的力学体系。

1687年，牛顿发表了《自然哲学的数学原理》（以下简称《原理》）一书。该书是牛顿一生中最重要的著作。《原理》共分三篇，第一篇说明流数原理，然后系统地讨论了在中心力作用下物体的运动。第二篇论述了阻尼介质中的运动和有关流体力学问题。第三篇应用上述结果阐明太阳系诸天体的运动，主要讨论了月球运动、潮汐、岁差及彗星运动。全书的核心是牛顿运动三定律和万有引力定律。在科学的历史上，《原理》是经典力学的一部经典著作，也是人类掌握的第一个完整的科学的宇宙论和科学理论体系，其影响所及遍布自然科学的所有领域。

虽然牛顿继承了伽利略的科学方法，但是牛顿的科学理论框架与伽利略的理论框架是很不同的。伽利略认为人们不必也无法究诘物体运动的原因，对运动作准确的、数学的描述才是科学家的职责。世界是和谐的，自然界所有现象都可以归因于世界的和谐。牛顿却引入了力的概念，创建了一个可以由力来分析物体运动的严密的理论体系，并用万有引力解释了各种天体的运动。他认为科学家的任务是“由运动现象去研究自然力，再由这些力去推演其他运动现象”。正如黑格尔指出牛顿“提出力的规律以代替现象的规律”。

在牛顿时代，力还仅仅是一个很抽象的哲学概念，对于牛顿的力学体系来说非常重要的万有引力，牛顿并未就其本质做出结论。牛顿曾经指出他的引力相互作用定律，并不认为是最终的解释，而只是从实验中归纳出来的一条规则。万有引力的公式是从天体运动的规律——开普勒三定律推导而得的，当时并没有进一步的、直接的实验证明。康德在研究太阳系的形成时指出，天体间不但存在着引力作用，还存在斥力作用，显然康德的引力和斥力是哲学意义上的力。牛顿对万有引力公式，也是“姑且用之”，这也是他把他的理论确定为“自然哲学”的原因。

牛顿力学的辉煌成就，决定了后来物理学家的思想、研究和实践的方向，牛顿力学被推广到流体和刚体，并逐渐发展成严密的解析形式。

1736年，欧拉写成了《力学》一书，把牛顿的质点力学推广到刚体的场合，引入了惯量的概念，论述了刚

体运动的问题；1738年，伯努利出版了《流体力学》，解决了流体运动问题；达朗贝尔进而于1743年出版了《力学研究》，把动力学问题化为静力学来处理，提出了所谓达朗贝尔原理；莫培督接着在1744年提出了最小作用原理。把解析方法进一步贯彻到底的是拉格朗日1788年的《分析力学》和拉普拉斯的《天体力学》。前者虽说是一本力学书，可是没有画一张图，自始至终采用的都是纯粹的解析法，因而十分出名，运用广义坐标的拉格朗日方程就在其中。后者专门用牛顿力学处理天体问题，解决了各种各样的疑难。《分析力学》和《天体力学》丰富和完善了科学研究的数学方法，可以说是牛顿力学发展的顶峰。

更值得一提的是卡文迪许测定万有引力常量的工作。

牛顿虽然发现了万有引力定律，却没能给出准确的引力常量。这是因为一般物体间的引力非常小，很难用实验的方法将它显示出来。直到1789年，即在牛顿发现万有引力定律一百多年以后，英国物理学家卡文迪许（1731～1810）才巧妙地利用扭秤装置，第一次在实验室里比较准确地测出了引力常量。卡文迪许的实验直接证明了万有引力的存在，使得万有引力从哲学概念变成科学概念，使天体力学最终成为一门有实验基础的、真正意义上的科学。

引力常量的测定，使得万有引力定律有了真正的实用价值，极大地推动了天文学的发展，并使得牛顿力学的威力得到了充分展示。引力常量测出来以后，我们就可以算出我们所居住的地球的质量，也可以算出太阳的质量。而海王星的发现，更是天文学上应用万有引力定律而取得的辉煌成就之一。

自从发现了天王星以后，经过几十年的观测，人们已积累了较丰富的天王星运动的资料。当时，在万有引力定律的基础上建立起来的引力理论，已能较好地解释由行星间的相互引力作用造成的行星运动偏离椭圆轨道的所谓“摄动”现象。惟独天王星的实际观测到的运动轨道与理论计算不符。这一现象导致的后果有两种可能，或者是牛顿的万有引力定律并不是普遍适用的，或者是天王星外面可能还有颗未知的行星。

亚当斯于1845年10月根据摄动理论推算出了未知行星的轨道和质量；1846年，勒维列根据引力理论，也独立推算出这颗未知行星的质量、位置以及轨道。1846年9月23日晚，柏林天文台的天文学家加勒，根据勒维列预告的位置，仅用了半小时，在误差不到 1° 的地方找到了这颗新行星。新行星后来被命名为海王星（也被人们誉称为“笔尖上发现的行星”）。

海王星的发现，不仅揭开了天王星运动的“越轨”之谜，也进一步证明了牛顿万有引力定律的正确性，显

示了牛顿力学体系在科学研究上的巨大威力。

牛顿力学的成功使人们普遍地接受了这一理论,并把它看做是科学解释的最高权威和最后标准。直到19世纪末,它一直是物理学家在各个领域中的研究纲领。人们普遍认为,经典力学是整个物理学的基础,只要把经典力学的基本概念和基本原理稍加扩充,就能够处理面临的一切物理现象。诚如德国物理学家劳厄所说,当时经典力学和经典物理学已“结合成一座具有庄严雄伟的建筑体系和动人心弦的美丽的殿堂”。物理学家们莫不对此顶礼膜拜,他们踌躇满志,以为宇宙秘密无不尽辟,后人只需墨守成规,稍加修补。至于发现新事物,创造新原理,前人(主要指牛顿)已不留余韵,后人无须再为此劳心竭力。

著名的美国物理学家迈克耳逊说:“虽然任何时候也不能担保,物理学的未来不会隐藏比过去更使人惊讶的奇迹,但是似乎十分可能,绝大多数重要的基本原理已经牢固地确立起来了,下一步的发展看来主要在于把这些原理认真地应用到我们所注意的种种现象中去。正是在这里,测量科学显示了它的重要性——量度的结果比定性的工作更为重要。”杰出的物理学家开尔文勋爵,即威廉·汤姆逊指出:“未来的物理学真理将不得不在小数点后第六位去寻找。”

三、牛顿的世界观

要想比较深入地了解牛顿的体系,就不得不了解一下牛顿的世界观。

首先来看牛顿的时空观。牛顿可以说是一个机械唯物主义者。他认为运动只是机械的运动,是空间位置的变化,宇宙和太阳都是没有发展变化的,恒星永远在一个固定不变的位置上。在《原理》第一编的定义一章中,牛顿阐述了他的时空绝对性概念。他对人们熟知的空间与时间,择名绝对空间和绝对时间。他说:“绝对空间,就其本性来说,与任何外在的情况无关,始终保持着相似和不变”,“绝对的、纯粹的数学的时间,就其本身和本性来说,均匀地流逝而与任何外在的情况无关。”在牛顿的时空观中,时间和空间都是绝对的,他认为人们可以想象空无一物的空间,但不能想象空间不存在;可以想象事物没有变化,但不能想象没有时间在流逝。并且牛顿还认为空间、时间和物质的运动这三者是相互独立的、无关的,空间的延伸和时间的流逝都是绝对的,绝对时空构成了物质运动的舞台。我们看到,牛顿的《原理》一书,不仅在结构上,继承古希腊学者欧几里得的《几何原本》的公理体系,而且它的思维方式也是与欧氏几何的直线可以无限延长一脉相承,牛顿的时空正是欧氏几何的坐标系框架,在这个框架中,牛顿第一定律描述的运动可以永远进行下去。

牛顿认识到物体的运动性质和规律,与采用怎样的空间和时间来度量它有着密切的关系。有了绝对时间和绝对空间之后,作为力学基本原理的牛顿运动三定律就有了基础。牛顿第一定律实际上确定了一个能使第二定律成立的参照系——惯性参照系。绝对空间是一个特殊的、绝对静止的惯性参照系。不受外力作用的、相对于绝对空间或者保持静止、或者保持匀速运动的参照系,都是惯性参照系。牛顿还认为只有相对于绝对空间的运动才是绝对运动,他以著名的旋转水桶实验证明绝对运动的存在。

牛顿虽然对引力的本质持审慎态度,但最终还是对它作了抽象的、纯粹数学形式的概括,把它实际看做是一种直接的、即时传递的超距作用力。这也是跟牛顿的绝对时空观分不开的。“超距作用”观点认为,万有引力相互作用以无限大速度穿越空间,从一物体一举传递到另一物体。笛卡儿却持“近距作用”的观点,他认为在宇宙空间充满着一种非常稀薄而感觉不到的物质,天体间的相互作用就是以它为传递的,他借用古希腊的哲学名词把这种物质称为“以太”。由于牛顿力学的巨大成就,在法拉第研究电学提出“场”的观点以前,科学家们无不接受了牛顿的超距作用的观点。

对于牛顿的绝对时间和绝对空间,哲学家马赫曾做深刻地批判。马赫认为,世界上的一切事物都是互相联系、互相依赖的,并且我们本身和我们所有的思想也是自然界的一部分,所以,时间也是不能独立自存的。绝对时间无法根据比较运动来量度,无法与经验观测相联系,因此“绝对时间既无实践价值,也无科学价值,是一种无用的形而上学概念”。根据同样的理由,马赫建议取消绝对空间和绝对运动的概念。他指出:“回到绝对空间是大可不必要的,因为参照系如同在其他任何情况中一样,都是被相对地确定的……牛顿旋转水桶的实验只是告诉我们,水对桶壁的相对转动并不引起显著的离心力,而这离心力是由水对地球的质量和和其他天体的相对转动所产生的。如果桶壁愈来愈厚,愈来愈重,最后达到好几里厚时,那时就没有人能说这实验会得出什么样的结果”。马赫认为只存在相对运动和相对空间。

再来看牛顿的因果决定论。牛顿早在《原理》中就把宇宙看成是符合力学原理的机械图像。牛顿认为天体运动的原因就是万有引力,行星运动的规律是由万有引力定律决定的。在牛顿力学中,只要知道质点在初始时刻的位置和速度,根据牛顿定律就可以预言其后各时刻的运动情况。比如现在我们能够预报今后发生的日食、月食的准确时刻,就是这个道理。牛顿在《原理》第一版的“序言”中写道,正如用万有引力推演出行

微重力认识上的几个误区

李林海

(山东省广饶县第一中学分校 257335)

综观近几年的高考题,题目新颖、综合性强且紧扣时代脉搏。随着我国“神舟”五号载人宇宙飞船的成功发射,以及今年世界上的火星探险热潮,有关宇宙飞船、人造卫星以及太空环境利用的题目必将有所增加。其中常见的空间搭载便是利用航天器的工艺余量及它在太空中处于微重力、强磁场、强辐射、超低温等特殊环境,开发其商业应用资源,造福人类。随着我国返回式科学试验卫星技术的不断发展,利用返回式卫星搭载试验的活动也逐渐成熟,涉及的有科学研究搭载部分科学仪器和设备、植物种子、微生物菌种、高性能材

料等,使其物理特性、生物特性产生变化以及使他们的各项性能指标得到超标准的检查。通过搭载,利用空间宇宙辐射和航天器中的微重力环境等条件对植物种子、微生物菌种产生强烈的诱变作用,其变异幅度较大,有益变异增多,并可以从中获得在地面诱变中较难得到的突破性突变,从而使得卫星搭载成为一种有效的培育植物、微生物新品种资源的新途径。人们往往把这些空间应用与科学试验的成功归功于微重力的作用,因而使“微重力”一词广为传播。然而,关于微重力的解释和宣传似存在着某些科学上的误区,需要加以

星、彗星、月球和潮汐的运动一样,“我希望能够用同样的方法从力学原理推导出自然界的其他许多现象”。

拉普拉斯在1812年所著的《概率解析理论》的绪论中,更是典型地道出了牛顿体系的机械决定论的特征。他说:“我们必须把目前的宇宙状态看做是它以前状态的结果及其以后发展的原因。如果有一种智慧能了解在一定时刻支配着自然界的所有的力,了解组成它的实体的各自的位置,如果它还伟大到足以分析所有这些事物,它就能够用一个单独的公式概括出宇宙万物的运动。从最大的天体到最小的原子都毫无例外,而且对于未来,就像对于过去那样,都能一目了然。”这正是牛顿体系中所体现出来的决定论的世界观。

物理学家由于确信这样的决定论,终于完全和上帝(宗教意义上的)断绝了关系。据说,拉普拉斯把《天体力学》奉献给拿破仑皇帝时,拿破仑问道:“你为什么在书中不提上帝?”拉普拉斯自信地回答:“陛下,我不需要那种假设!”

牛顿研究事物规律的方法不同于那些只从简单的物理假设出发的人,而是通过逻辑的演绎法得到对事物现象的解释。爱因斯坦指出:“牛顿才第一个成功地找到了一个用公式清楚表述的基础,从这基础出发他用数学的思维,逻辑地、定量地演绎出范围很广的现象并且同经验相符合。”“在牛顿之前还没有什么实际的结果支持那种认为物理因果关系有完整链条的信念。”

牛顿是完整的物理因果关系创始人;而因果关系正是经典物理学的基石。

牛顿理论很好地描述了太阳系中的天体运动现象,这就是说,只要知道星球的初始状态和受力情况,星球将来的运动情况是被惟一决定的。当问到天体开始是怎样运动起来的,牛顿不得不借助于上帝的第一次推动。康德—拉普拉斯的星云假说使得牛顿的体系从第一推动解放出来。从现代宇宙学来说,第一推动完全可能在物理框架中解决,而无需“神助”。虽然牛顿在他的体系中引入了“第一推动”,但这并不影响他的决定论世界观的体系,因为牛顿体系的本身是自洽的,第一推动之后,它的自身毫无矛盾之处。

莎士比亚的剧本《如愿》中有一句诗是这样写的:“All the world's a stage, and all the men and women merely players. (世界是个舞台,男男女女都是演员).”如果把莎士比亚的这句诗翻译成物理语言,那就是:“时空是个舞台,所有物质都是演员,而演员们所演出的是由因果律所决定的这出戏。”这正是牛顿世界观的绝妙的写照。

参考文献

- 1 向义和. 大学物理导论. 北京:清华大学出版社
- 2 黑格尔. 哲学史讲演录(第四卷). 北京:商务印书馆
- 3 中国科普网(<http://www.cpus.gov.cn>): 科学名人传之——牛顿