

# 物理学中模型的作用和特点

侯新杰 许海波 尧世斌 薛晓舟

(河南师范大学 新乡 453002)

模型在物理学研究中的作用是十分重要的.本文简要介绍模型的意义,重点论述物理学中模型的作用和特点.

## 一、模型的意义

所谓模型,就是人们为了某种特定的目的而对研究对象所作的一种简化的描述.各门科学中应用的模型,种类繁多,归纳起来可以分为物质模型和思想模型两大类.

物质模型是以某种程度、形式相似的模型实体去再现原型.它不仅可以显示原型的外形或某些特点,而且是模拟实验赖以进行的物质手段.

思想模型是人们为了从事科学研究而建立的对原型高度抽象的思想对象或思想事物,是客体在人们思想中的映象、摹写.

物理学中的开普勒行星运行模型,气体分子运动模型、爱因斯坦光子模型、卢瑟福原子模型、玻尔原子模型等都属于思想模型的产物.

理想模型是思想模型的特殊类型.它是既有高度的抽象性,又具有某种极限特征的理想客体或理想事物,如质点、刚体、理想气体、绝对黑体、理想循环等.

人们建立思想模型的主要原因是现实客体的复杂性.任何客体都有数不清的特征,众多的层次性,本质和非本质的联系交织在一起,大量偶然性的现象掩盖着必然性的、规律性的本质.为了摆脱各种次要的非本质的偶然性的外部联系,从纯粹形式上抽取事物内在的、本质的必然联系,人们往往采用思想模型这种科学抽象的方法.思想模型是科学理论和现实原型之间的必要中介,事实上,科学理论研究的直接对象是思想模型.一般说来,科学规律只有在相应的思想模型中才能得到严格的和精确的体现.

## 二、物理学中模型的作用和特点

物理学的发展是从人类对天体的观察和研

究开始的,伽利略对行星的观察奠定了物理学的基础.在这以前,人类曾对星象进行长期的观察,并根据观察记录制定历法,这是对天体运动规律认识的唯象阶段.直到开普勒给出他的三定律,物理学才从唯象阶段过渡到理论阶段.开普勒的定律实际上给出了太阳系行星运行的模型.按照这个模型,行星围绕着太阳在椭圆轨道上运动,而且行星对太阳视角的改变速度是与行星离太阳距离的二分之三次方成反比的.牛顿正是在这个基础上建立牛顿力学和万有引力理论的.在物理学发展中,模型通常是由唯象认识过渡到动力学理论的桥梁.

模型在近、现代物理发展中起着非常重要的作用.在19世纪,英国物理学家提出的气体运动论假定气体是由相互作用弹性碰撞的自由运动的分子构成的,这个气体分子运动模型圆满地用牛顿力学解释了气体热力学的结果,使关于气体的热力学唯象理论发展成动力学的统计理论.气体运动论的方法还可应用于处理电磁场辐射的运动,并根据电动力学导出黑体辐射的频率分布.分子运动论的确是牛顿力学和电动力学应用于描述物质内分子的集体运动的辉煌成就,但它却同时孕育着自身的危机.在19世纪末由这个理论所描绘的气体比热和黑体辐射的频率分布,与实验结果不符.为了解决理论和实验之间的矛盾,普朗克假定电磁辐射的能量是不连续的,辐射能量具有最小的称为“能量子”的单元.不同频率辐射的能量子的能量为辐射的频率乘以普朗克常数.这个假定后来导致量子统计力学在微观领域内代替了经典统计力学.爱因斯坦提出的光子模型进一步阐明了物质的波动和粒子二重性.海森伯的矩阵力学和薛定谔的波动方程所发展成的量子力学在微观领域内代替了经典的牛顿力学,这些物理的模型真实而直观地反映出客观事物的本质,代表

着科学认识上的重要飞跃,这是物理学基础深入发展的重要环节.这个中间环节在实验现象与严格的物理理论之间起着承上启下的作用.

回顾物理学的发展,可以发现物理学中的模型有如下特点:

(1)流动性.随着科学实践的发展,一些错误的模型被抛弃,一些不完善的模型被修正,一些新的模型被提出,通过这样的流动和发展,模型不断向现实原型的本质接近.

1904年英国的汤姆生提出了原子结构模型,认为原子是一个均匀的阳电球,电子对称地嵌在球内,分别以某种频率在各自的平衡位置附近振动,这种模型被称为“葡萄干蛋糕模型”.这个模型不能解释卢瑟福 $\alpha$ 粒子散射实验中的大角散射现象,根据实验结果,卢瑟福提出了原子的“有核行星模型”,很好地解释了 $\alpha$ 粒子散射实验.这个模型仍然不能解释原子光谱线是线状分立的实验现象.1913年,丹麦科学家玻尔,抓住了这个矛盾,对原子中电子的运动作出了三条基本假设即定态假设、玻尔频率条件和量子化规则,建立了半量子化半经典的原子模型,解释了氢原子光谱的分布规律.

麦克斯韦对电磁场的研究起初是建立在力学模型的基础上,他继承了法拉第的力线描述方法,进而假定力线的承担者——以太是一种弹性媒介.他用以太模型解释了同性电荷相斥、异性电荷相吸的作用,推导出了以太中光速公式.他还致力于探讨电场和磁场所满足的数学关系,建立了电磁场方程组,预示了电磁波的存在.以后,由赫兹的实验所证实,它说明电磁场本是物质的一种特殊形态,无需依靠以太来做它的载体.这样,关于电磁场媒质的以太模型,如同在建立理论大厦时搭的脚手架一样,在完成建筑物以后,就成为多余了.

(2)互补性.由于物质世界的高度复杂性和无限性,往往借助于一个模型不能详尽地、精确地反映原型的结构、属性和行为.这时,我们可以建立补充模型,或在运用模型进行计算过程

中加以适当的校正.例如,物质的微观结构模型(分子、原子、原子核、基本粒子的模型)是借助于宏观手段建立的,并且以宏观和微观客体之间的类比为依据.然而,微观粒子和宏观物体服从性质上不同的运动规律,因而描述微观客体时,常常需要使用互相补充的多个模型.在量子力学中,电子的波动模型和粒子模型是在宏观表象中反映微观客体的互补模型.1932年查德威克发现了中子,海森伯提出原子核是由质子和中子组成后,人们一直采用模型方法来形象地描述原子核,先后提出过液滴模型、壳层模型和集体模型等各种补充模型.每一种模型都只是抓住了一定条件下的主要矛盾,反映了原子核的某些侧面,所有这些侧面的总和就构成了对原子核结构的一个相对正确的认识.

(3)条件性.模型是一种对原型的高度抽象,无论是对主要因素的抽取或是对次要因素的舍弃,都应具有严格的条件.即使对同一客体,由于条件不同,其模型往往也不同,对于模型的具体应用,同样也必须注意它的条件性.当气体的压强不太高、温度在室温附近时,气体的行为可用理想气体的行为描述.当气体压强很高时,就不能再把气体当作理想气体,需要考虑分子固有体积和分子间的引力,这时把分子看成有相互吸引作用的刚球.当研究地球绕太阳公转时,可把地球视为质点.但研究地球自转时又把它视为球体.当忽略空气阻力研究子弹的运动时,可把子弹视为质点;如果要使子弹获得最有利于前进的转动性能,要在枪膛上刻上最佳的来辐线时,应把子弹看作一个刚体来处理.如果要研究子弹如何击穿钢板,就不能把子弹简单地看作刚体,钢板和子弹的弹性和塑性都必须加以统一考虑.可见,理想模型的建立要根据所研究问题的性质而定,它是在一定场合、一定条件下的近似.

综上所述,研究物理学中模型的作用和特点,对于科学方法论的研究以及指导物理学的研究,有着重要的意义.