



核心素养理念下对物理观念的思考

——以对牛顿的时空观研究为例

方武增

(揭阳市惠来慈云实验中学 广东 揭阳 515200)

(收稿日期:2018-10-11)

摘要:本文探讨了牛顿绝对时空观这一物理观念形成的背景及其发展过程和牛顿时空观如何支撑起经典物理学理论体系,及其对经典力学、热学、电磁学、光学等所产生的巨大影响,并渗透在平时教学中,促进学生物理观念的形成。

关键词:核心素养 物理观念 经典时空观 回归教材

《普通高中物理课程标准(2017年版)》已公布,并将在立德树人中发挥着重要作用。该《课程标准》着力培养学生物理核心素养,为学生终身发展、应对现代和未来社会发展的挑战打下基础。“物理观念”是核心素养的四大要素之一,是从物理学视角形成的关于物理、运动与相互作用、能量等的基本认识。物理教师要学会处理好物理核心素养4个方面的关系;物理观念的教学要加强概念、规律教学,适时将概念、规律提升为物理观念,要广义理解^[1];人类对时空的科学认识经历了漫长的历史演进过程,其中,也伴随着人们的物质观念、运动与相互作用观念及能量观念的逐步形成,每一次变革都带来了科学技术的巨大进步。从亚里士多德第一个全面而深刻地讨论时空体系,到牛顿对时空观进一步认识及总结更是对科学有着巨大的贡献,这不仅是对经典力学有着巨大影响,对经典物理学相关的其他各方面的影响更是意义深远。在物理学发展史上,牛顿经典时空观具有典型的代表性,牛顿正是在这种时空观的基础上,建立起了牛顿力学理论体系。在某种意义上说,牛顿时空观是建构经典物理学的前提和基本标志。因此,探究牛顿时空观对培养高中生形成物理观

念,有着十分积极的意义。

1 牛顿时空观的形成及其发展

(1) 古代人类对时空的认识

人类对于时空的认识,开始是以直观经验思维与生活实践形成的,具有朴素的特点。在高中教材(人教版,下同)《物理·必修1》第1页中的“物理学与人类文明”中,提到了“万物之理”的物理观念,这其中,就包含着“时空观”,在第4页中的“古人心中的宇宙”,如图1所示,形象地展现在古人对时空的认识。在中国,据《尸子》一书的记载,在战国时期就提出了“上下四方曰宇,往古来曰宙”的说法,这里的“宇”和“宙”就分别是空间和时间的概念。后来人们把空间和时间统称为“宇宙”,将时间、空间或宇宙并列而谈,认为时间空间是毫不相干的。后期墨家在《经上》和《经说上、下》中提出“宇,弥异所也”,“宇,蒙东西南北”;“久,弥异时也”,“久,合古今且莫”。很明显,这里的“宇”是指一切具体场所的总和,“久”是指一切具体时刻的总和。认识到空间、时间的一定联系,但还是不能从特殊感知的实物中抽象出一般的时空概念。

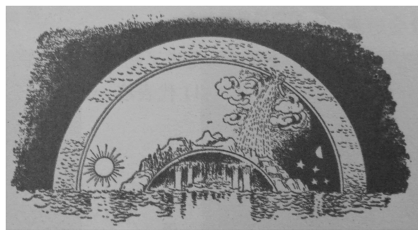


图1 教材P4中的“古人心中的宇宙”

在西方,古印度就有着“天圆地四方”的说法,认为“世界支撑在三只大象的脊背上”.即大地是方形的大块,上被圆形的天穹所盖,下又被站在乌龟背上的三只大象所驮.从这种看法中看出人类已经有了对空间上下的相对性的认识.

亚里士多德和托勒密建立了“地球中心说”,如高中教材《物理·必修2》,第30页中的“科学足迹”中“托勒密:地心宇宙”中所描述的,认为宇宙是有限球体,同时认为地球位于宇宙的中心恒静不动.其中亚里士多德反对虚空说,建立了比较完整的时间和空间理论体系,第一个全面而深刻地讨论了时间与空间.关于时间,他认为:

1) 时间的本质是关于事物运动前和后的数,是运动的一种属性,依赖于物质及其运动而客观存在,而不是独立实体.

2) 宇宙中存在绝对统一的时间.

3) 宇宙中一般的时间是无限的,具体事物的时间是有限的.

4) 时间是单向流逝的,是不可逆转的^[2].

关于空间,他从物质占有空间的角度来理解空间的本质,认为空间像“容纳物体容器一类的东西”,当它所包容的事物离开或消亡时,空间仍然留下,并不随之消亡.同时又把空间分为两类:“一是共有的,即所有物体存在于其中的;另一是特有的,即每个物体所直接占有的.”^[3]这说明亚里士多德的时空观与古代人类的时空观有相通之处,仍然保留着空间位置的绝对性,空间虽然方向是相对的,但空间的不同点却有着不同的特性,空间各点的位置并不等价,消除了空间方向上的绝对性,而保留了其他绝对性.对时间的理解并没有什么新的突破,时间仍是过程流逝的伴随物.

亚里士多德的理论基本上是一个定性的理论,几乎没有定量的物理定律^[4].然而,16世纪以前在西方,亚里士多德时空观符合人们的客观思维,普遍为人们所接受,因而他的观点持续了近1900年之久.直到16世纪,哥白尼、布鲁诺提出了“日心说”,如教材必修2,第30页,才使亚里士多德时空观得以纠正,科学向着积极的方向发展.

(2) 牛顿的时空观

物质观和物质组成的思想是构成科学观与科学思想的基础.在这个基础上,才会形成自己的概念、观点等一系列的哲学思想.在17世纪就有这样一位科学巨人,他就是牛顿(Isaac Newton).他学习前人的哲学著作,接受了亚里士多德的时空观,对传统的时空观进行深入研究,综合了哥白尼、伽利略和开普勒等人的发现,形成了自己的思想.期间,牛顿的老师巴洛对牛顿的影响较为深刻.巴洛认为尽管时间可以以各种运动度量,但应当像数学中任何概念那样,时间应该有自己的明确定义,他小心地把时间和运动分开,并给出下面一段说明:

“正像空间标志容纳长度的能力那样,时间并不标志一种真实存在,而只是表示一种存在的持续能力和可能性,单就其内在的性质看来,时间不意味着运动,正如它不意味着静止一样.无论事物是运动还是静止,无论我们睡去还是醒来,时间总是一成不变地走自己的路.时间意味着运动是可以度量的,没有运动也就无法察觉到时间的流逝.我们把时间看成一条流动不息的长河,所以必须将它和一些现成的稳恒运动,如恒星,特别是太阳和月亮的运动相比较.”^[4]

于是牛顿在经历继承和发展了亚里士多德的时空观和批判笛卡尔的运动观的阶段后,为了更好地在他的力学大厦让人们感知那些对象关系,他意识到必须将这些概念更通常些,更方便些,于是,首先他建立了力学中的时空观以支撑起理论体系,这在牛顿时代是一种创建时空观上的大突破.

任何物质运动的研究,都离不开对时间和空间的探究,从描述其位置而言,必需给予参照物和坐标系.例如牛顿第一定律中“静止”这一概念,我们知

道通常总是以地球为静止的坐标系。

关于时间,牛顿写道:“绝对的、真实的和数学的时间本身,并由于它的性质,与外部的任何事物无关而相等地流动着,它的别名称作期间. 相对的、表观的和通常的时间是利用运动作为期间的某种可感知的和外部的量度,通常用它取代真实的时间,这样的量度有一小时、一天、一月和一年。”^[5] 从这里我们可以看出,牛顿认为绝对时间的流逝却不会有所改变,它与外界无关。

关于空间,牛顿写道:“以绝对空间本身的特性与外在事物无关,处处均匀,永不移动. 相对空间是绝对空间的某种可动的大小或量度. 绝对的和相对的空间的形状和大小是相同的,但是在数字上它们并不总是保持一致的. 如地球运动,我们空气的空间相对于地球来说总是保持相同,它在某一时间是绝对空间中进入空气的那一部分,在另一时间将是同一绝对空间的另一部分. 所以,说得绝对些,它将是连续变化的。”^[5] 从这里我们可以看出,牛顿认为绝对时空的绝对性在于时空同外界任何事物无关。

关于运动,牛顿写道:“绝对运动是一个物体从某一绝对的处所向另一绝对处所的运动。”“真正的、绝对的静止,是指这一物体在不动的空间的同一个部分继续保持不动。”^[5]

从牛顿的这些观点,我们可以得出:

第一,牛顿认为时间以均等的速度流逝,其本身是不变的,而且也不因物质与运动等而改变. 但亚里士多德则认为时间具有一定依赖运动属性,没有明确时间与外界事物无关,在这些意义上讲,他的时间观是绝对的。

第二,牛顿认为空间永恒存在,与外界事物无关,处处均匀,永不移动. 但亚里士多德则认为空间是三维的,仅从物质占有空间的角度来阐释. 两者相比之下,牛顿时空上空间的概念,更有着时空属性的绝对性。

总之,牛顿的时空观与亚里士多德时空观相比,是在亚里士多德时空观作为铺垫基础上发展形成的,消除了亚里士多德时空观上时间的单向性,发展了亚里士多德绝对空间的观点,将时空观进一步阐

释,使绝对时空观更具体、更完善. 它的产生必将带来科学的巨大进步,对物理学有着积极意义。

2 牛顿时空观对经典物理学的影响

牛顿时空观既然是牛顿在科学探究中得出的结论,他的这些观点对物理学各个领域的发展也自然产生了多种多样的影响。

(1) 牛顿时空观对经典力学的影响

众所周知,牛顿建立了经典力学体系. 牛顿力学是在绝对时空观的基础上建立而成. 牛顿第一运动定律是惯性定律,教材《物理·必修1》,第69页是这样表述:每个物体继续保持其静止或沿一直线做等速运动的状态,除非有力加于其上迫使它改变这种状态. 前面已经说过,每一个物体运动的陈述都包含着一个物理的参考系,惯性定律成立的参考系我们称之为惯性系,而惯性系是以牛顿绝对时空观为基础形成的. 因为如果没有绝对时间和绝对空间,惯性参考系是无法形成的,也就是没有牛顿这种“惯性”运动. 在牛顿第二定律中,同样需要建立一个惯性系. 这样才能确定物体的“惯性”质量,于是牛顿第二定律: $F=ma$ 中的物体在不同时刻“质量”将不会改变,对于研究物体的性质将不会发生改变,牛顿第二定律显然成立. 因而只有在绝对时间和绝对空间下,才有惯性参考系,有了惯性系,牛顿第一定律才会成立,在此基础上牛顿第二定律才能在实验中得以检验,牛顿三大运动定律才得以建立,才会有完整的牛顿经典力学体系. 我们可以从这看出,绝对时空观是一个支柱,是一个基础,支撑起牛顿经典力学大厦,牛顿经典力学体系是建构在绝对时空观基础之上的. 另外,牛顿时空观的这一性质在数学上可以用伽俐略变换来体现,即

$$x' = x - vt$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = t$$

这个伽俐略变换式所代表的正是牛顿定律的时空观。

同样,牛顿在绝对时空观的基础上还创立了万

有引力定律,阐明了组成太阳系星体的运动.从万有引力与距离的平方成反比体现出一种绝对空间;从星体的质量方面看,体现牛顿的绝对体系,因为把星体相互吸引力同每一物体质量联系在一起,但在实际运用中,即使高速运动的星体质量依然不变.这也只有在牛顿的绝对惯性系中才能得出.

(2) 牛顿时空观对电磁学、热学、光学的影响

1) 电磁学方面

我们知道库仑定律是电磁学的基本定律之一,它的建立得益于万有引力定律的启示,其中库仑力与距离的平方成反比

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

就是以牛顿绝对时空观为基础建立而成.随着电磁学的发展,人们又认识到电现象与磁现象之间深刻的内在联系之后,安培提出了物质磁性的分子电流假说,总结出了著名的电流元之间的相互作用规律——安培定律,“相互作用”这也是受牛顿时空观的影响.

2) 热学方面

热学需要几何参量、力学参量、化学参量和电磁参量4类参量来描述热力学系统的平衡态,几何参量就要涉及到牛顿的绝对时空观.例如教材《物理·选修3-3》,所学的热学的理想气体状态方程

$$\frac{pV}{T} = C$$

其中所提到的体积 V ,就涉及了时空观的问题.在热学中几何参量,如体积一定时在某一状态是不随运动变化而变的,因而几何参量就与时空观有着密切联系,许多物理学家在处理热学问题涉及到几何参量时都受到牛顿时空观的影响,都运用其时空观处理问题.对于处理理想气体的微观模型时运用力学的知识方法分析分子的运动从而得到相关的结论,然而这些结论都离不开牛顿的绝对时空观理论支持.另外气体分子运动论也是在牛顿时空观的前提下发展起来的.

3) 在光学方面

牛顿对于光的本性,提出了光的“微粒说”.他的观点一定程度上反映了光的本质.他认为,光是由微粒形成,并且走的是快速的直线运动路径.教材《物理·选修3-4》,应用光的微粒说可以很好地解释光的反射和折射现象.这一切跟牛顿绝对时空观有着密切联系;若没有其“与事物无关”的“绝对空间”,光的“直线”就无法形成,光的微粒说就无法验证,费马原理就不会产生.

3 后记

“物理观念”的形成并不是在教师课堂上讲一个概念、一个定义或一个公式就完成了,而是首先需要物理教师能通过研究教材、挖掘各种教学资源,从物理学视角,进行有效的课堂教学,使学生形成对关于物理、运动与相互作用、能量等有基本的认识,如牛顿在前人的理论基础上,以自己的独特见解建立了绝对时空观,使得经典物理学有了牢固的理论基础,并且对经典物理学有着巨大影响;其次需要教师结合物理学史进行授课,使物理概念和物理规律等在学生头脑中得到提炼与升华;最后,能引导学生从物理学视角解释自然现象并潜移默化引导学生综合运用物理知识,多维度地观察、思考并解决问题^[6].

参考文献

- 1 彭前程.谈对“学生发展核心素养及物理学科核心素养”的理解.中学物理教学参考,2017(10):1~4
- 2 胡化凯,张道武.亚里士多德的时间观念研究.物理,2002(2):117~121
- 3 赵国求,蔡国兵.科学时空观的历史演进及其特点.江汉论坛,2007(8):24~26
- 4 魏凤文.时空物理纵横.北京:北京出版社,1988.6~59
- 5 关小蓉.时空观三次变革及其产生的影响.玉林师专学报(自然科学),1998(3):44~47
- 6 方武增.素养立意下的习题多维度讲解实例.中学物理教学参考,2017(12):25~27