



判天地之美 析万物之理

——赏析新教材“万有引力与宇宙航行”中物理学科核心素养的渗透

杨朋聚

(石家庄市第一中学 河北 石家庄 050011)

(收稿日期:2020-11-19)

摘要:物理教育是科学教育的一部分,新教材在培养学生物理学科核心素养方面做出了很大的改变和尝试,如何在日常教学工作中,去发掘教材的育人功能,体会编者的匠心,提升学生的科学素养,应该是从事高中物理教学的一线教师思考的重要问题.

关键词:学科核心素养 物理观念 科学思维 科学探究 责任

“判天地之美,析万物之理”(庄子),作为一门古老而又年轻的自然学科,物理学至简的方法在启迪着亲近她的贤达智士,物理学深邃的思想也在濡染着亲近她的芸芸众生.在人类追求真理、探索未知世界的过程中,物理学展现了一系列科学的世界观和方法论,深刻影响着人类对物质世界的基本认识、人类的思维方式和社会生活,是人类文明发展的基石,在人才的科学素养培养中具有重要的地位.如何发掘教材中这些能体现物理思想和方法的素材,体味编者独具的匠心,落实立德树人的根本任务,是当下物理教师必须认真思考的问题.笔者尝试以“万有引力与宇宙航行”为例,挖掘教材中蕴含的科学本质教育元素,努力向学生展现人类对追求“万物同理”的科学思维历程,揭示物理规律简约演化和普遍适用的建立过程,以期帮助学生理清物理学发展的脉络,引导学生学以致用.

1 以万有引力定律的建立过程为明线——了解事实和形成观念

在本章的开篇,拉普拉斯就高度赞扬了牛顿的

丰功伟绩:“……这个简单而普遍定律的发现,以它囊括对象之巨大和多样性,给予人类智慧以光荣.”^[1]历史的长卷在学生面前徐徐展开,教材中对万有引力定律带来的辉煌成就充满深情和自豪的讲述,以及阿波罗8号宇航员俏皮但不失睿智的话语,无不凸显后人对牛顿的景仰.

在“行星的运动”这一节,托勒密、哥白尼两大天才穿越时空,分别提出精巧而又极富想象力的宇宙模型,各领风骚数百年;天才的开普勒历经多年的潜心研究,将第谷精准的天文观测与和谐的数学表述结合起来,提出著名的开普勒三定律.

教材用简约而又极其精准的语言概述了人们从远古到近代、从地心说到日心说的天体运行规律的建立过程,同时在《做一做》栏目,编者直接把椭圆的画法不着痕迹地展示给学生(此时,高中数学还没有讲相应知识).教材这样处理,详略得当,完成了知识体系的有序建构和科学探究精神的有意熏陶.

当太阳系中所有的行星(当时是7颗)运行规律如此简单、和谐地展现在学生面前,学生们就可以体会哥白尼“找到了这个世界美妙的和谐”的巨大喜

悦了。

第谷曾意味深长地告诫开普勒：“首先通过实际的观察为你的观点打下坚固的基础，然后由此出发去努力研究事物的原因。”^[2]使开普勒放弃了他原来那些不切实际的、对纯美学的追求，进而转向更重视实验的观察。所有这些，无不是滋养学生科学素质的极佳素材。

如果，我们再推送给孩子们一点儿资料，告诉他们连开普勒本人都不知道，他所发现的3个定律都蕴涵着极其重大的“天机”，开普勒第一定律破除了人们对神学的迷信，引导后来者开始走向更为理性的科学；开普勒第二定律包含了一个守恒量——角动量守恒，为后人开辟了研究动力学关系的另一条蹊径；而开普勒第三定律则被伟大的牛顿参透天机——直接催生了万有引力定律的发现和建立。这样的一堂课下来，学生收获满满，既有知识上的纳新，又有情感上的陶冶，更能激起对科学的向往之情，编者的匠心可窥一二。

教材在“科学漫步”的结尾特意指出：开普勒观念的基础是日心说，从表面上看，日心说与地心说不过是参考系的改变。其实，这是一次真正的科学革命，因为它使人们的世界观发生了重大变革。宇宙中心的转变暗示了宇宙可能根本没有中心！教师可以明确地告诉学生，这种观念的变革，在哥白尼那里还是隐含的，而意大利学者布鲁诺(Giordano Bruno, 1548—1600年)将它公开说了出来，为此被宗教裁判所烧死在罗马的鲜花广场，为科学付出了生命的代价，让学生认识到科学探究没有坦途，不仅需要严谨的理论摸索，需要敏锐的洞察力、坚强的意志力，更要不畏权势、在追求真理的路上决绝前行。

2 以方法论和物理思想的熏陶为暗线——归纳演绎和科学思维

在第2节“万有引力定律”中，编者开宗明义指出开普勒三定律之后，又借用哥白尼充满浪漫色彩的话——“太阳位于它的皇位上，管理着围绕它的

一切星球”统一了人们的思想，进而用简略的语言客观公正地概述了人们对行星运行原因的思考，伽利略、开普勒、笛卡尔、哈雷、胡克等人的思考，已经为牛顿的发现积累了大量的素材，尤其是伽利略的惯性思想(尽管不太完美)、胡克的平方反比设想已经把牛顿引到了思维大突破的节点，不仅如此，睿智的牛顿认为不止是太阳和行星间，所有物体间都存在这种具有普遍意义的引力——万有引力，从这个角度来说，是不是也完美诠释了世上万物皆平等的道理。

接着，编者激励学生追寻牛顿的足迹，重温牛顿的发现历程——利用所学，将思维一步步引向深入。

(1) 构建模型——行星做匀速圆周运动，太阳位于其中心。

(2) 借助天文观测直接得出描述圆周运动的参量，根据牛顿第二定律，得出向心力表达式

$$F = \frac{4\pi^2 mr}{T^2}$$

不同行星的公转周期是不同的， F 跟 r 关系的表达式中不应出现周期 T ，所以要设法消去上式中的 T 。对学生的思维进行无声的润泽，将思维自然引向下一步。

(3) 利用开普勒第三定律将思维拓展，是本节课也是牛顿物理哲学思想的重要体现——开普勒用3句话概括了第谷积累的数千个观测数据，展示了行星运动的规律性，与原始数据相比，既深刻又简洁。牛顿利用数学的方法，结合牛顿第二定律，对开普勒定律做了加工，得到了太阳对行星的引力规律 $F \propto \frac{m}{r^2}$ ，揭示了太阳控制行星运动的力，比开普勒定律更深刻、更简洁。紧接着教材明确提出“从太阳与行星间相互作用的角度来看，两者的地位是相同的”，从而得到了行星对太阳的引力规律 $F' \propto \frac{M}{r^2}$ ，深刻诠释了牛顿第三定律所蕴含的哲学原理。至此，牛顿概括出了太阳和行星间的引力规律，那就是

$$F = G \frac{Mm}{r^2}$$

牛顿并没有停下探索的脚步,进一步解放了思想,他的思想超越了行星与太阳,提出了自然界万物普遍适用的规律,顺理成章引出了万有引力定律,完成了从“归纳-演绎”走向“分析-综合”的哲学分析。

3 以特殊事件的描述为契机——计算预测和科学探究

第2节“万有引力定律”中的“月-地检验”,使人们实现了人类认识史上的第一次大统一——牛顿将天上的运动和地上的运动的原因都归因于万有引力,并用万有引力去表达这些运动的统一规律。教材娓娓道来,逻辑严谨,用已知的事实,检验理论的合理性、正确性,展示了科学探究应具有大胆质疑、小心求证、善于观察、实事求是的品质。

教材在第3节“万有引力理论的成就”中不吝笔墨地渲染科学迷人的画面,比如卡文迪什自豪地宣称他是“第一个称出地球质量的人”,比如英国剑桥大学的学生亚当斯和法国年轻的天文学家勒维耶在“笔尖上发现的行星”、哈雷彗星的“按时回归”无不佐证了牛顿万有引力定律的普适性。

物理学基本规律的简洁性和普适性,使人充分领略了它的优美,激励着一代又一代科学家以无限热情献身于对科学规律的探索。难怪诺贝尔物理学奖获得者,物理学家冯·劳厄说:“没有任何东西像牛顿引力理论对行星轨道的计算那样,如此有力地树立起人们对年轻的物理学的尊敬。从此以后,这门自然科学成了巨大的精神王国……”^[1]

4 以人类宇宙航行和探索太空为抓手——拓展视野和使命担当

教材从第4节“宇宙航行”开始系统介绍航天知识,帮助学生建构人造卫星发射和运行的空间模型,

介绍人类探索太空的经历,同时配备人造卫星、航天飞机、空间站、我国航天事业的发展历程等视频资料库,随着知识体系的逐步构成,在学生的内心是否有加入科学探索行列的冲动和激情呢?教材的最后“尽管人类已经跨入太空,登上月球,但是,相对于宇宙之宏大,地球和月亮不过是茫茫宇宙中的两粒尘埃;相对于宇宙之久长,人类历史不过是宇宙年轮上一道小小的刻痕……”^[1]宇宙留给人们的思考和疑问深邃而广阔。宇宙有没有边界?有没有起始和终结?地外文明在哪里?……留给学生思考的同时,进一步激发了学生学习物理知识的内在动机。

《科学漫步》栏目中关于“黑洞”知识的介绍、STSE(科学·技术·社会·环境)栏目中“航天事业改变着人类的生活”,充分说明科学发现对人类认识世界的作用是巨大的,激励学生要掌握科学知识,为社会的进步奉献自己的力量,同时在环境保护方面更要有使命担当,为子孙后代谋福祉。

《普通高中物理课程标准(2017年版)》明确指出,物理教育是科学教育的一部分,物理学科核心素养是学生在接受物理教育过程中逐步形成的适应个人终身发展和社会发展的正确价值观念、必备品格和关键能力,是学生通过物理学习内化的带有物理学科特质的品质,是学生科学素养的关键成分^[3]。因此,我们应该充分发挥教材的育人功能,着力提升学生物理学科素养,以适应学生终身发展和时代要求的需要。

参考文献

- 1 人民教育出版社. 普通高中教科书 物理·必修(第2册). 北京:人民教育出版社,2019.44,58,62
- 2 朱鋹雄. 物理学方法概论[M]. 北京:清华大学出版社,2008.45~48
- 3 廖伯琴. 普通高中物理课程标准(2017年版)解读[M]. 北京:高等教育出版社,2018.49~51