

以“思辨之火”点燃学生的科学人格

——以“行星的运动”教学为例的教育思想诠释

樊兰君 (陕西省西安中学 陕西 715400)

摘 要 文章基于人教版高中物理必修二第七章第一节“行星的运动”一节课堂教学设计和课堂实录,诠释了笔者从教高中物理 33 年形成的“以‘思辨之火’点燃学生的科学人格”的教育思想和主张以及课堂教学中具体的教学设计。

关键词 教育思想 思辨之火 深度学习 理性质疑 科学人格

文章编号 1002-0748(2026)3-0028

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

《普通高中物理课程标准(2017年版2025年修订)》中明确指出:课程目标应注重体现物理学科本质,培养学生物理学科核心素养;课程教学中要引导学生自主学习,提倡教学方式多样化,课程评价倡导多元化评价,重视以评价促进学生的学习与发展,重视评价的诊断功能和激励功能^[1]。基于普通高中物理课程的基本理念,笔者在 33 年的高中物理教学实践中形成了“以‘思辨之火’点燃学生的科学人格”的教育思想,即“以主动建构培育学生的思维野性,以理性质疑锻造学生的科学人格”。本文试图针对人教版高中物理必修二第七章第一节“行星的运动”,结合课堂实录从教学设计意图、教育思想体现及学生素养达成等方面诠释自己的高中物理教育思想和教学主张。

1 高中物理教育思想和教学主张

1.1 教育思想

以“思辨之火”点燃学生的科学人格——以主动建构培育学生的思维野性,以理性质疑锻造学生的科学人格。

1.1.1 “课前一讲”:学生思维原野的拓荒仪式

在近 30 年的每节物理课堂教学中坚持开展 5 分钟左右的“课前一讲(说)物理”活动,以激活学生的思维张力^[2]。“主题演说”由学生自选与物理相关的话题(物理学史、科学家、科普读物、小专题探讨、好题分享等),主讲学生演说完后开展师生(或生生)即时互评,要求点评学生从“表达是否流畅、观点是否新颖、逻辑是否严密、问题与困惑”等维度展开质疑和辩论交流,培养学生清晰的语言表达能力及思

维的广阔性和敏捷性。

1.1.2 质疑生态:学生批判精神的培养皿

课堂教学中有意设置“漏洞+错误”,激发学生即时互动和思维。有意呈现存在误差的数据、逻辑跳跃的推导,鼓励学生从中“质疑”“找茬”和“试错”,通过制造认知冲突,使学生经历“质疑—论证—重构”的完整性思维训练。班级创建每日“问题漂流本”,学生记录奇思妙想和学习困惑或具体问题,其他同学跟进答复,问题交流共享的同时彰显学生集体智慧的力量。

1.1.3 主体性建构:学生科学人格的生长沃土

在教学中重构“教师—学生—知识”的三元关系,不断鼓励学生“提出有价值的问题”,践行皮亚杰认知建构理论(儿童是主动的学习者,认知发展是阶段性的),塑造学生既有理性精神又具批判勇气的科学人格。比如在“行星的运动、万有引力定律”的教学中,让学生重新经历科学史:从第谷数据迷宫到开普勒的椭圆猜想,最后抵达牛顿的综合突破,利用“过程还原法”消解知识权威,展现科学发现的底层逻辑和真实机理。

1.2 高中物理教学主张和课堂操作

1.2.1 教学主张

课堂教学中以学生“课前一讲”活动为支点,促进学生深度学习和思考,构建思维与能力培养的归纳式教学结构,呈现师生、生生互动的“思辨型课堂”。教学设计关注十个方面:(1)以核心素养为目标;(2)以创设情景为前提;(3)以自主学习为基础;(4)以问题解决为导向;(5)以探究活动为主线;(6)以思维训练为核心;(7)以方法引导为准则;

(8)以课后反思为策略;(9)以持续评价为根本;
(10)以信息技术为手段。

1.2.2 课堂操作环节的做法

(1) 教学中充分提高学生的参与度

课前学习小组合作任务驱动,课中让学生自主讲解质疑辨析归纳总结、教师点拨提升和补充,课后延伸动手实践。课堂落实好三组关键动作:一是等待与倾听:问题设置后给学生充足时间独立思考、书写提炼、交流辩论,教师在等待中不断倾听学生的讨论以捕捉有效试错信息。二是思考与书写:让学生通过书写强化对所学内容的输出能力和思维可视化意识,提高知识的吸收和转化率。三是暴露与展示:让学生在试错中暴露问题和困惑,在交流互辩中相互解决问题,课堂上不给学生暴露错误的机会就不会有真实学习的发生。

(2) 课堂教学中大胆“让学”

凡是学生通过预习讨论能解决的问题教师坚决不讲,鼓励学生不断提出自己的困惑和问题并分享给其他同学,对回答问题的同学始终强调“胆子放大尽管说,不怕错也无需标准答案,但需声音洪亮、相对规范、言简意赅逻辑清晰地表达”。做到:思路让学生(自己)悟,见解让学生(大胆)讲,规律让学生(反复)找,重难点让学生(充分)议,总结让学生(独立)写。

2 “行星的运动”教学设计思路、实施路径及教育思想诠释

2.1 整体设计思路、实施路径、教育思想体现及学生素养达成的课标落实

教学设计应回归教材,教材凝聚了专家的智慧结晶,深挖教材编者意图并结合学情分析^[3],重组本节课程资源引导学生建构物理知识的同时促进学生形成科学的思维方法,通过五个情境设置在学生活动中教师适度适时点拨引导,让学生在科学探究的历程中,领悟科学家探究物理规律的思想方法,感知科学规律建构的艰辛历程,提升学生物理学科核心素养,培养关键能力,实现课程育人。

2.2 课前导学及任务驱动

(1) 阅读教材文本并提出问题相互交流,结合“科学漫步”查阅资料了解有关“行星运动规律的认识”科学史。

(2) 参照教材中“做一做”绘制椭圆,与小组同学交流认识椭圆相关概念,要求:不改变给定细绳长度,调整两颗钉子间距为 10 cm、6 cm、3 cm、0 cm 时分别绘制不同椭圆,看看你有什么新发现。

(3) 提供三组第谷对火星的观测数据,请对比分析数据并思考有什么规律。你还能得到什么结论?

设计意图、教育思想体现及学生素养达成:此环节旨在构建“质疑生态培养”的批判精神,突出个人自主和小组合作学习方式,分散化解课堂教学节奏的紧张和课时不足,提升效率。若学生只浅层次阅读教材文本将较难深度思考和开展探究,通过明确目标、问题导向、任务驱动引导学生有方向地自主学习和小组讨论,使探究更具针对性和目的性,且可循序渐进地建构知识提升能力。

2.3 课堂教学的情境设置及学生活动

教学活动一:学生“课前一讲”+师生点评——向远古科学家致敬(按学号轮到贺同学)。

该生从四个方面重点阐述了行星运动学说与第谷等科学家对开普勒三大定律发现的研究历程(见图 1)。(1)两大体系的争论;(2)第谷:精密观测的奠基者;(3)开普勒:数理思维的突破者;(4)人类对行星运动规律探索历程。



图 1 学生“课前一讲”

课堂实录学生部分问题及教师点评:

生 1:我更感兴趣的是:开普勒如何通过第谷的数据发现行星运动规律的? 又是如何修正了哥白尼的日心说?

生 2:行星轨道为何不是圆轨道就是椭圆轨道,其他轨道为何不可以? 教材中表述的“所有行星”“任意行星”,那开普勒又是怎样得出规律的普适性的?

师:贺同学结合自己课外阅读和对教材文本的理解,总结归纳了人类探究行星运动规律的部分物理学史,表达流畅逻辑清晰,其他同学所提问题也很有价值。古有嫦娥奔月和万户飞天,今有神州号载人飞船及 2028 年我国将实现“天问三号”火星取样返回,人类是如何一步步从认识天体运动到探索实践利用科技为人类服务? 本节课我们将沿着科学家的足迹体会他们的思维过程和灵感启发,理解科学发现过程中使用的思想和方法,体悟科学发现过程的艰辛与乐趣(见图 2)。

中国人民一直在为“飞天”梦想努力着

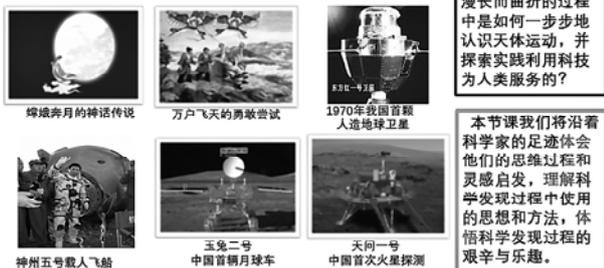


图 2 “课前一讲”后的点评及引课

设计意图、教育思想体现及学生素养达成:思绪清则言语明,通过“课前一讲”活动大胆“让学”,训练学生清晰的表达能力和思维的逻辑性。“课前一讲”的主题旨在介绍背景知识,清晰地展示 1500 年以来人们对行星运动研究的历史发展脉络,此环节恰好弥补了学生思维认知的前后逻辑关系,同时让学生体会科学发展的漫长历史,领悟科学规律建立过程的曲折性。师生点评环节旨在激发学生的评判和质疑能力,促使他们在相互交流中提升。

教学活动二:播放不同行星在各自轨道上绕太阳运动的视频。

让学生思考行星轨道是否为圆轨道。有学生回答是圆而有的认为是椭圆,教师指出是否圆或其他轨道需要有证据支撑,由此介绍国内外科学家在观测和数据积累方面的贡献(见图 3)。



图 3 介绍国内外科学家对观测和数据积累的贡献

师:对行星位置的观测丹麦天文学家第谷 20 年如一日做出了卓越贡献,积累了大量观测数据。开普勒发现第谷所留观测数据中火星资料最为丰富,但与哥白尼的圆周运动观点相差最大,他意识到需要重新建立正确的模型,其凭借敏锐的分析判断重新明确了研究方向。事实证明,开普勒选择了一条正确的研究道路,他对第谷观测数据的精确性深信不疑,在尝试了卵型线等 19 种可能的曲线后,开普勒终

人类在从向往星空到奔赴星空这个漫长而曲折的过程中是如何一步步地认识天体运动,并探索实践利用科技为人类服务的?

本节课我们将沿着科学家的足迹体会他们的思维过程和灵感启发,理解科学发现过程中使用的思想和方法,体悟科学发现过程的艰辛与乐趣。

于找到了符合观测数据的曲线——椭圆,发现了开普勒第一定律:所有行星绕太阳运动的轨道都是椭圆,太阳处在椭圆的一个焦点上。那么什么是椭圆呢?

设计意图、教育思想体现及学生素养达成:旨在体现“课堂质疑生态”的教育思想,通过介绍我国科学家的观测成就彰显民族自信,同时也提醒学生要有国际视野的科学哲学教育,培养学生的科学态度与责任观。让学生认识到科学探究中的“证据解释”及选择正确研究方向方法的价值,重视数据和模型在科学发现中的作用。同时认识到科学规律的发现并非灵光乍现,体会科学家敢于质疑的思维品质和严谨求实的科学态度。爱因斯坦对此有精辟的评价:“开普勒的惊人成就就是证实了一个真理:知识不能从单纯的经验中得出,只能从理智的发明和观察到的事实两者的比较中得出”。

教学活动三:小组代表分享“绘制椭圆”和对椭圆的认识(见图 4)。

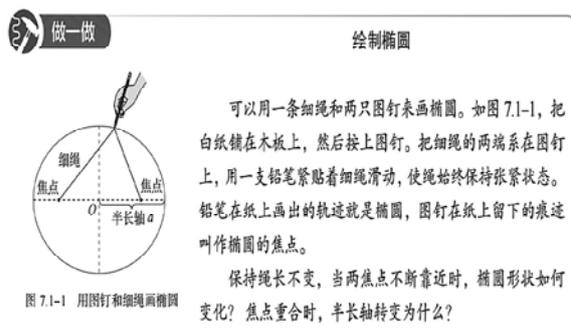


图 4 学生代表分享“绘制和认识椭圆”

生:我们发现:钉子间隔减小轨迹形状相似,而当钉子间隔为 0 时椭圆变成了圆,我们发现椭圆和圆都有“左右、上下对称”的对称美。我们请教了数学老师并查阅了教材,知道了两个定点为椭圆的焦点,轨迹上任意一点到两个焦点的距离之和是相等的,轨迹上对称的最长、最短距离的一半分别为半长轴和半短轴。

师:肯定学生的发现并利用几何画板动态绘制椭圆。

师:在确定了行星运动轨道后,开普勒将关注点转移到行星在轨道运动时的速度变化,他通过数据分析发现火星在轨道运动时做变速运动,接近太阳运动时较快,远离太阳时较慢,但他更希望建立起行星运动与轨道位置的数学关系。受到阿基米德证明圆面积的启发,他发现,如果将运动轨道分为若干小块,则行星在相等时间内扫过的面积是相同的,至此开普勒总结出了行星轨道的两条规律将其编写在《新天文学》一书中。

设计意图、教育思想体现及学生素养达成：旨在让学生体悟分析问题时代数思想结合的重要性及科学研究中交流与合作的意义与价值。第谷与开普勒尽管出身、经历、特长均相差甚远，但他们“珠联璧合”的合作是科学史上观测数据与数学归纳相结合的光辉典范。特别是开普勒不满足现状不断发现新问题展开新研究的执着精神，引导学生在生活中也能相互学习沟通交流，激发潜力正向互促提升。

教学活动四：通过数据分析（见图 5-7）深入探究行星运动规律（学生互辨教师点拨）。

情境四（发现问题）：探索行星的运行规律

问题发现3：开普勒虽已取得重要进展，但他认为自己只是找到了单个行星的轨道和速率，并未建立起各星体之间的运动规律。在此研究工作初步，他的儿子被天花夺去了生命，妻子也因战乱染上伤寒不幸离世，但他仍坚持对数据孜孜不倦地研究发现：不同轨道的行星，距离太阳越近运行周期越短，显然存在行星周期与轨道半径之间的运动规律。



图 5

数据分析 探索行星运动规律

思考：假如你是开普勒，你将如何通过下列表格中的数据（将地球公转周期作为一个时间单位，把地球轨道的半长轴作为一个长度单位，把地球质量作为一个质量单位）寻找行星运动周期 T 与轨道半长轴 a 的关系？

行星	周期 T	半长轴 a	行星质量 m
水星	0.241	0.387	0.05
金星	0.615	0.723	0.82
地球	1.000	1.000	1.00
火星	1.880	1.523	0.11
木星	11.860	5.201	317.94
土星	29.460	9.539	95.18
天王星	84.000	19.260	14.63

图 6

生 1：我发现水星到地球，质量与周期正相关；但木星到天王星，质量与周期反相关，我猜测周期很可能与行星质量无关。

生 2：但数据呈现出 T 与 a 正相关，可以尝试通过 T 与 a 之比寻找关系。

师：研究方法很重要，开普勒的确先计算出其他行星轨道半长轴 a 与公转周期 T 的相对值但并未发现两者的关系，在困惑之际托勒密的《和声学》给了他灵感，该书阐述了音乐谐音与弦长之间简单的整数比关系（比如八度音程的弦长比为 $2:1$ ），他将行星轨道的周长类比为弦的总长度，将行星在特定位置（如近日点和远日点）的线速度类比为弦振动时产生特定音

高的“有效长度”，他计算出土星的近日点速度与远日点速度之比约为 $4:5$ （恰好为大三度音程！），这成了开普勒发现其第三定律的关键跳板。经过 10 年艰苦的计算，他为行星运动谱写了一首“无声的乐曲”，终于发现了行星运动规律（见图 8），此定律被公布在开普勒 1619 年出版的《宇宙和谐论》中。请结合第 3 组数据（见图 9）继续分析行星轨道半长轴的三次方与公转周期的二次方的比值。你还会有什么新发现？

数据分析 探索行星运动规律

行星	T	a	a/T	a^2/T	a^2/T^2	a^3/T^3
水星	0.241	0.387	1.606	0.623	2.586	0.998
金星	0.615	0.723	1.176	0.850	1.381	0.999
地球	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
火星	1.880	1.523	0.810	1.234	0.656	0.999
木星	11.860	5.201	0.439	2.281	0.192	1.000
土星	29.460	9.539	0.324	3.089	0.105	1.000
天王星	84.000	19.260	0.229	4.415	0.053	1.002

定值

图 7

开普勒第三定律

所有行星轨道的半长轴的三次方跟它的公转周期的二次方的比都相等。



此定律被公布在开普勒1619年出版的《宇宙和谐论》中。

$$\frac{a^3}{T^2} = k$$

开普勒第三定律也常说成周期定律

猜想： $a^3/T^2=k$ ，你能猜出 k 可能跟谁有关吗？行星？太阳？

爱因斯坦对此有精辟的评价：开普勒的惊人成就证实了一个特别美妙的真理：知识不能从单纯的经验中得出，只能从理智的发明和观察到的事实两者的比较中得出。

图 8

验证猜想

行星/卫星	半长轴 (10 ³ km)	周期 (天)	k (m ³ /s ²)
水星	57	87.97	3.36×10^{18}
金星	108	225	3.36×10^{18}
地球	149	365	3.36×10^{18}
火星	228	687	3.36×10^{18}
木星	778	4333	3.36×10^{18}
土星	1426	10759	3.36×10^{18}
天王星	2870	30660	3.37×10^{18}
海王星	4498	60148	3.37×10^{18}
月球	0.3844	27.3	1.03×10^{13}
地月卫星	0.0424	1	1.03×10^{13}

结论：开普勒第三定律也适用于太阳系以外的其他环绕系统，不同的环绕系统， k 值不同。 k 值与环绕天体无关，由中心天体决定。

图 9

生：月球绕地球转动的比例系数与行星绕太阳的比例系数 k 不相同， k 值与中心天体有关，与环绕天体无关。

设计意图、教育思想体现及学生素养达成：教材直接给出开普勒第三定律的内容略显突兀，采用数据

驱动方式启发引导学生在思辨中跨越一个个思维障碍,化解心中疑惑,使学生真正体会释疑解惑的乐趣及开普勒为三条定律所花费的 16 年困难艰辛。通过数据对比发现开普勒第三定律同样适用于绕地系统,领悟天体运动间的紧密联系,体会物理学科的“通融性”和社会应用的学科价值,对学生进行科学哲学教育。

教学活动五:分析数据方法的不同与物理科学探究要素的讨论(师生互动思维拓展)。

师:在开普勒时代,他的数学运算能力支撑他找到了第三定律^[4],而今同学们可用手持图形计算器直接操作快速分析数据,基于当今强大的计算机数据处理能力(见图 10)和 AI 技术你认为未来物理科学探究的重点应该更突出科学探究要素中的哪个要素呢?

生 1:未来物理科学探究更应突出研究方法和方向的正确。

生 2:我认为是基于问题的提出,某种程度上提出问题比解决问题更重要。

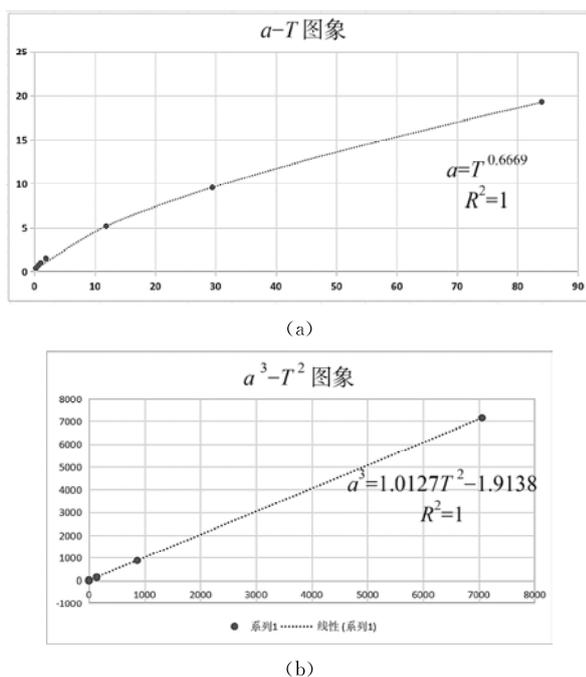


图 10 计算机拟合图象(R^2 用来衡量拟合程度)

生 3:我认为设计论证方案更重要,如果实验设计方法不正确,后续探究无意义。

师:针对同一事物或研究同一问题,在不同时代人们的认知和研究方法及侧重会有一些的差异。开普勒概括了第谷积累的数千个观测数据,将规律的发现过程建立在数学演绎推理之上,其中研究方向的调整、正确的模型建构、科学推理和论证的过程都

饱含科学家尊重客观事实、坚持实事求是的科学态度,奠定了经典天文学的研究范式。开普勒第三定律提出 47 年以后,牛顿由此导出并发现了万有引力定律。从运动学描绘深入到动力学本质,行星为何要这样运动? 牛顿又是如何依据开普勒三定律发现万有引力定律的? 本单元的主题二将做深入探讨。

设计意图、教育思想体现及学生素养达成:旨在体现“在主体性建构中培育学生科学人格”的教育思想,引领学生知道科学探究的核心是始于“问题”,张大昌先生认为理解科学的关键在于理解科学家是如何进行探究的——他们如何提出问题、设计实验、收集数据、分析结果、形成理论、接受检验和修正。科学探究既是批判性的(质疑、检验、证伪),也是创造性的(提出新问题、新假设、新理论、新实验设计)科学知识和规律的形成和接受也会受到社会文化因素、技术条件、学术传统等的影响。

教学活动六:学生归纳总结、交流感悟并布置课后分层作业。

3 教学实践感悟

每节物理课,我在课前和课后都思考,除了知识,我还能给学生带来(影响)些什么——态度、习惯、精神、责任……我一直努力践行着过程哲学开创者怀特海先生所提出的“教育是唤醒智慧的艺术”,华东师大叶澜教授的“只有师生的生命活力在课堂教学中得到有效发展,才能真正有助于学生的培养和教师的成长”箴言。我认为物理课堂教学不是简单的知识概念规律的搬运,而是激发学生思维革命的预演,当学生在“课前一讲”的演讲中条分缕析侃侃而谈,在实验台前严谨细致大胆证伪时,他们不仅是在习得物理知识,更是在经历科学精神的成人礼——对权威的理性审视,对未知的敬畏探寻,对真理的执着叩问。我期待此种教育哲学下成长的学生,将蜕变为既能严谨推理又能天马行空的“科学公民”,在未来的科技星空中绽放独特光芒。

参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017 年版 2025 年修订)[S]. 北京:人民教育出版社,2025:2—3.
- [2] 樊兰君. 高中物理教学中“学生说物理”活动的教学实践[J]. 陕西教育(教学版),2023(5):24—25.
- [3] 樊兰君. 2022 年高考理综全国新课标乙卷第 25 题赏析及启示[J]. 物理教师,2022(7):71—73.
- [4] 张新华. 着力学科核心素质的物理课堂探索[J]. 中学物理,2023(1):58—60.