

DOI: 10.12361/2705-0866-05-07-130884

# 基于HPS理念的教学实践

## ——以“行星的运动”教学为例

张 瑜

北京师范大学第二附属中学, 中国·北京 100088

**【摘要】** 本文以“行星的运动”教学为例, 浅谈如何通过HPS理念进行内容设计, 助力学生在学科核心素养方面得以发展和提升。

**【关键词】** HPS教育; 核心素养; 行星运动

# The Teaching Practice Based on HPS Concept of Science Education

——Taking ‘The motion of The Planets’ as an example

Yu Zhang

The Second High School Attached To Beijing Normal University, 100088, Beijing, China

**[Abstract]** In this academic paper, the motion of the planets is taken as an example to show how to design the teaching contents and procedures by means of the HPS concept of science education. This attempt can effectively develop and then improve the students’ scientific core literacy on physics.

**[Keywords]** HPS concept; Scientific core literacy; Planetary motion

自党的十八大以来, 立德树人成为新时代教育的根本任务。而要有效落实这一根本任务, 学校教育需聚焦发展学生核心素养。在实际的学科教学实践中, 如何促进素养落地? 这就需要教师与时俱进, 结合学情变化, 不断优化教学环节, 引导学生在新知输入中积极开展科学探究, 塑造科学精神。笔者在近些年物理教学实践中, 逐步尝试基于HPS理念的结构化教学实施策略。下文将以“行星的运动”内容为例, 介绍HPS理念指引下的个人教学设计方案。

## 1 HPS理念

HPS教育是目前国际科学教育改革的热点理念<sup>[1]</sup>。该理念将科学史、科学哲学和科学社会学三方面内容融入科学课程和实际教学, 引导学生在科学史背景下, 了解科学概念、规律的产生、形成和发展, 从中体会科学方法和科学思维在科学研究进程中的重要作用, 理解科学的本质。

## 2 目标导向

鉴于教材篇幅受限, 未能系统给出人类对地球的认识过程和对天体运动规律的探究历程。为此, 笔者以小组领

任务的形式布置了课前资料查找和调研活动, 课堂上通过系列问题链引导小组分享战果, 形象展现古今中外“宇宙观”演变过程, 引导学生在相关问题思考中体会科学发展的艰辛且漫长历程, 加深对科学本质的理解。

## 3 还原学史发展线 理清思维脉络

问题1: 人类对浩瀚宇宙的好奇由来已久, 那古代中国是如何认识宇宙的呢?

结合小组1分享, 师补充: 远古时代, 人们就在思索我们的地球会是什么形状, 并先后形成了三种宇宙观: 盖天说、浑天说和宣夜说<sup>[2]</sup>。浑天说主张“地如卵黄”的观点, 认为大地是球形的。不过在中国占统治地位的, 始终是天圆地方的“盖天说”。

问题2: 古代西方学者又提出了哪些观点?

结合小组2分享, 师补充: 古代西方对宇宙认识也经历了漫长过程。公元前6世纪, 古希腊的毕达哥拉斯提出了宇宙的“中心火”模型, 即宇宙是一个球体, 宇宙中心是最圣洁的火, 太阳、地球在内的所有天体, 都镶在对应天球

上, 围绕中心火转动。公元前4世纪, 柏拉图在此基础上提出“同心球”模型, 主张天包地, 组成水晶球似的宇宙(类似“浑天说”)。之后, “地心说”学派逐步登场。

问题3: 很多神话传说中都记载了人类“逐梦九天”的美好愿景。“九天”这种说法有何考究吗?

结合小组3分享, 师补充: 公元前4世纪, 亚里士多德系统提出地心说, 认为地球是宇宙中心, 太阳、月亮、行星和恒星都围绕地球转圈。鉴于月亮离地球最近, 他把宇宙分为“月上”和“月下”两部分。“月下”由水气土火四元素组成, 会腐朽; 而“月上”充满透明的“以太”。月上分为九重天, 这些“天”是一个个透明天球, 星体镶在对应天球上, 月上世界的天体和以太是永恒的, 不腐朽。

问题4: 到了公元2世纪, 古希腊学者托勒密在诸多前人基础上进一步发展“地心说”, 他提出的本轮-均轮模型很符合当时天文观测事实。既然地心说一度都很“直观”和“正确”, 那又是何时出现转机呢?

结合小组4分享, 师补充: 地心说对行星逆行问题解释很庞杂, 有悖于科学研究的简洁原则。但由于该学说很符合人们日常认知, 容易被接受; 加之中世纪以来, 欧洲政教合一, 地心说完美符合宗教教义, 得到教会支持和保护。随着传教活动传遍欧洲, 地心说逐渐根深蒂固。直到16世纪, 随着文艺复兴运动在意大利萌芽并迅速蔓延欧洲各地, 思想解放潮流解脱了人们头脑枷锁, 在此时代背景下, 波兰科学家哥白尼大胆突破, 在前人启发下, 最终提出“日心说”。用日心说解释行星逆行问题简洁明了, 且与观测结果完美吻合。

问题5: 哥白尼之后, 日心说的推广并非一片坦途, 都有哪些科学家为此贡献力量甚至生命?

结合小组5分享, 师补充: 哥白尼之后, 丹麦天文学家第谷提高天体肉眼观测精度, 误差从10'降至2'。第谷临终前, 将其20年观测数据交给助手开普勒。开普勒在对火星轨道研究中, 70余次尝试所得结果总与观测值有至少8'偏差。而他坚信老师严谨且精确的观测, 牢抓微小的8'偏差, 反复探索。凭借突出的数学功底, 他迈出关键一步, 勇敢摆脱“匀速圆周运动”的传统观念束缚, 借助椭圆模型解释轨道, 偏差恰好消除。与此同时, 伽利略发明了天文望远镜, 并用望远镜发现了木星四颗卫星, 进一步表明地球并非天体运行中心。伽利略因追求科学真理宣扬日心说, 被宗教法庭判决终身监禁。而意大利哲学家布鲁诺则由于进一步发展哥白尼理论, 一生颠沛流离, 被冠上“异端”之名, 最终被判处火刑。

行星运行规律的发现过程犹如一部壮丽的科学史诗, 经历了大量曲折且闪烁智慧的科学实践。笔者认为, 以科学

历史问题为线索展开教学, 打破学科壁垒, 益于学生系统学习科学知识。

#### 4 渗透科学哲学思想 提升探究能力

在开展“三大行星运动定律”教学环节中, 笔者设计小组探究活动, 借以引导学生在协作中逐步掌握科学的认识论和方法论。

●探究1: 结合水星绕日轨道数据(表1), 几何作图。其中 $\theta$ 为水星绕日运转夹角,  $d$ 为水星与太阳的距离。

水星绕日旋转角度 $\theta$ ( $^{\circ}$ )	水星→太阳距离 $d$ (AU)
4	0.35
61	0.31
122	0.32
172	0.38
209	0.43
239	0.46
266	0.47
295	0.44
330	0.40
350	0.37

步骤如下:

- ①纸上画点, 代表太阳, 太阳作原点, 建立直角坐标系;
- ②原点出发, 逆时针为正向, 分别量出各 $\theta$ 角, 做标记;
- ③选定单位标度, 画各角度对应的线段 $d$ , 标注各线段终点;
- ④平滑连接各终点, 所围图形即为水星绕日运动轨迹示意图;
- ⑤另取一张纸, 铺平并固定, 纸上标注两点, 间隔一定距离;
- ⑥选取一根长度大于两点间距的细绳, 绳两端分别固定在白纸标注的两点上;
- ⑦细绳始终处于绷直状态, 笔紧贴细绳并滑动, 笔尖在纸上所画轨迹即为椭圆;
- ⑧比较前后两张纸上的图形, 之后介绍椭圆的焦点、半长轴、短轴、近日点、远日点等概念。

设计意图: 当年开普勒并非灵光乍现建构出“椭圆模型”, 而是经历无数个夜以继日的的数据验证和逻辑重构, 才发现利用椭圆模拟行星运动要比哥白尼的“匀速圆周运动模型”更为准确。上述教学设计环节中, 学生亲身经历轨迹模拟的探究活动, 有助于培养其模型建构能力。

●探究2: 结合太阳系中行星绕日公转周期以及公转轨

道半长轴的系列数据（表2，以地球公转数据为单位标度），通过几何作图，探究二者间定量关系。

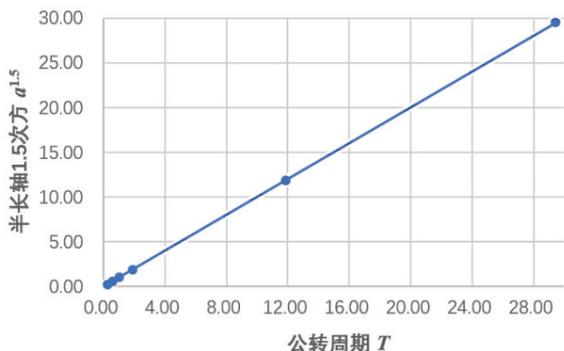
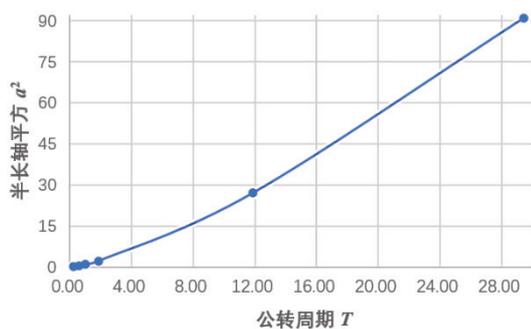
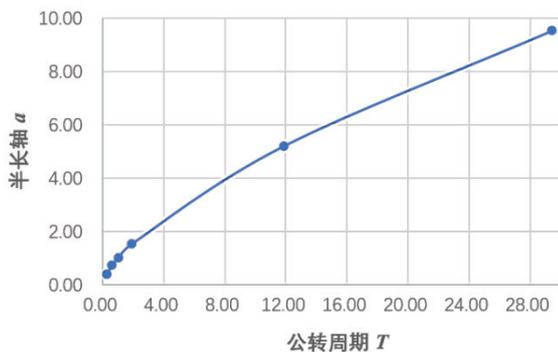
行星	轨道周期 $T$	轨道半长轴 $a$
水星	0.241	0.387
金星	0.615	0.723
地球	1.000	1.000
火星	1.881	1.524
木星	11.862	5.203
土星	29.457	9.539

步骤如下：

①绘制 $a-T$ 图像

②绘制 $a^2-T$ 图像

③经前两步尝试，对比可得出，线性关系介于 $a-T$ 和 $a^2-T$ 之间，进而尝试绘制 $a^{1.5}-T$ 图像。由此得到开普勒第三定律，即 $\frac{a^3}{T^2} = k$ 。



●探究3：结合八大行星、月球、木星四颗卫星的轨道数据（表3），计算各自比例系数 $k$ 值。由此得出， $k$ 值与中心天体有关，与环绕天体无关。

探究2&3设计意图：借助天体观测数据，从观察→猜想→分析→检验→结论，在探究中，引导学生掌握数据处理的有效途径，培养一丝不苟的科学态度，感悟科学家的思想方法。

行星&卫星	轨道周期 $T$ (天)	半长轴 $a$ ( $\times 10^9$ m)	比例系数 $k$ ( $m^3 \cdot s^{-2}$ )
水星	87.97	57	$3.36 \times 10^{18}$
金星	225	108	$3.36 \times 10^{18}$
地球	365	149	$3.36 \times 10^{18}$
火星	687	228	$3.36 \times 10^{18}$
木星	4333	778	$3.36 \times 10^{18}$
土星	10759	1426	$3.36 \times 10^{18}$
天王星	30660	2870	$3.36 \times 10^{18}$
海王星	60148	4498	$3.36 \times 10^{18}$
月球	27.3	0.3884	$1.02 \times 10^{13}$
木卫一	1.769	0.422	$3.22 \times 10^{15}$
木卫二	3.551	0.671	$3.22 \times 10^{15}$
木卫三	7.155	1.070	$3.22 \times 10^{15}$
木卫四	16.69	1.883	$3.22 \times 10^{15}$

### 5 结语：研究价值

科学教育是一个需要参与者不断思考复盘的过程。因此在物理课堂教育中，笔者希望借助HPS理念，通过对科学史上一些重要事件的充分挖掘，改变物理学原本“枯燥冰冷”的形象，增添课堂趣味；引导学生在知识学习过程中掌握科学研究方法，理解科学本质内涵；在科学家们求真求简的科学精神指引下，发起一场灵魂撼动灵魂的人格教育，借以培养学生良好的科学素养和终身学习能力，助力其在未来有更大的发展空间。

### 参考文献：

- [1] 洪静爽, 程敏熙. HPS教育理念融入我国新版普通高中物理课程标准的分析[J]. 物理通报, 2021(09): 142-145.
- [2] 宁晓玉. 比较视野下的中国古代天文理论的探讨[J]. 科学文化评论, 2010, 7(02): 71-83.