

# 物理学史“读思达”核心素养得提升\*

——以“伽利略对落体运动的研究”物理学史为例

薛晨欣 林 钦

(福建师范大学物理与能源学院 福建 福州 350108)

(收稿日期:2022-05-11)

**摘要:**在物理教学中开展物理学史教学有利于学生核心素养的提高,借助教师指导下的“阅读、思考、表达”3个相互支撑的教学活动可以有效克服物理学史教学中形式空洞、目标落实不到位等问题,更好地发挥物理学史的育人功能,于学生核心素养的提升大有裨益.

**关键词:**读思达教学法;物理学史教学;核心素养

物理学科课程标准从“物理观念”“科学思维”“科学探究”“科学态度与责任”等4个方面凝练了物理学科的核心素养,这不仅是物理学育人价值的浓缩,是物理学在人类认识世界和改造世界过程中独特价值的彰显,同时也是物理学发展历程中最突出的价值体现.因此,借助物理学发展历程中的典型事例开展物理核心素养教育是物理教育工作者研究和实践的热点问题.然而在实践中,许多学生对教师介绍的科学研究过程缺乏深入体会,使得教学的科学思维、科学态度等核心素养目标无法得到有效落实.造成这一问题的原因是多方面的,除教师自身对史学的理解有待加强外,缺乏带领学生理解科学家研究过程的有效教学方法是导致这一问题的关键.

读思达教学法是在教师的指导下,学生通过阅读、思考、表达这3个相互支撑的教学活动,实现对知识的深加工,从而把知识转化、内化为素养的教学方法,其核心是阅读、思考和表达<sup>[1]</sup>.教师带领学生经历对物理学发展过程的阅读、思考和表达,帮助他们理解科学家研究问题的思想和方法,是落实物理核心素养教学的重要途径.

## 1 运用读思达教学法进行物理学史教学的介绍

阅读、思考、表达是知识通往素养的3道必经程序和门槛,是实现教学增值的3个核心教学要素<sup>[2]</sup>:阅读是认知输入的过程,学生可以通过阅读了解相关历史;思考是认知加工的过程,在教师引导下,以问题为导向进行的思考,有助于学生挖掘出物理学史中蕴含的核心素养价值;表达则是建立在输入和加工基础上的一种认知输出,可以促进学生深刻体悟物理学史中的素养价值并将其真正内化.流程图如图1所示.

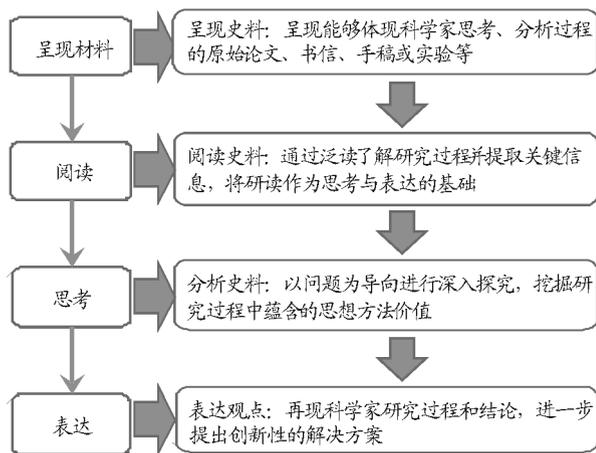


图1 运用读思达教学法进行物理学史教学的流程图

\* 全国教育科学“十三五”规划2019年度教育部重点课题“高中物理核心素养测评研究”的阶段性成果,项目编号:DHA190363.

作者简介:薛晨欣(1999-),女,在读硕士研究生,主要研究方向为学科教学(物理).

通讯作者:林钦(1979-),男,硕士,副教授,主要研究方向为中学物理课堂教学、中高考物理命题与评价、职前职后教师专业化发展.

### 1.1 “读”——泛读以提取信息 研读为思与达之基

心理学家雷斯尼克指出,阅读是一种构造的过程,是一个积极主动获取信息的过程<sup>[3]</sup>.将“读思达”教学法应用于物理学史教学时,对史料的阅读包括泛读与研读.通过对相关史料的泛读可以了解研究的过程并提取出关键信息,而进一步的研读则是思考与表达环节中对史料进行深入剖析的基础.

对物理学史的认识与深入研究需要基于对相关史料的阅读.其一,权威物理学史读物、物理学家的原始论文、专著、手稿、书信、谈话记录等具有很强的可读性.物理学的基本概念常可以从原始文献中找到清晰而有启发性的说明<sup>[4]</sup>,原始论文、书信等史料中往往也生动地记述着科学家研究的细节或某些精妙绝伦的科学思想方法.其二,物理学从本质上来讲是一门实验科学,物理学中每个概念的确立、原理和定律的发现,无不有着坚实的实验基础<sup>[5]</sup>,所以对重要实验的装置、过程以及现象的观察中也能“读取”出许多具有启发性的信息.

教师通过呈现相关史料并提出具有引导性的指示,可以使学生通过泛读有针对性地了解研究过程并提取相关信息.而进行梯度性的设问则可以引导学生对史料进行进一步研读,为后续的思考与表达打下坚实的基础.例如,教师可以呈现伽利略斜面实验的部分数据照片,要求学生将照片中的实验数据整理成表格,以帮助学生更有针对性地提取数据照片中的关键信息,之后设置“小球运动的时间与路程之间有着怎样的关系?”等问题,引导学生对获取的数据进行更加深入的分析;通过重演伽利略的斜面实验并引导学生观察水钟等实验装置,可以使学生对伽利略斜面实验产生更加深刻的认识,而进一步设置“伽利略为什么要通过水钟获得时间数据?”等问题,则可以为在思考环节中挖掘出水钟这一测量工具背后的巧思做铺垫.

### 1.2 “思”——进行深入探究 挖掘史中价值

思考是学生在进行对相关史料的阅读或对相关实验现象的观察之后,以教师提出的具有启发性的问题为导向,深入体会科学家思考和解决问题的过程,是有目的地挖掘史料中所隐含的科学探究的方法价值、精神价值抑或是思维价值的过程.

在了解相关研究过程后,教师通过层层递进的设问引导学生对相关研究过程进行更加深入的纵向

挖掘,有助于学生更加深刻地体会科学家的研究历程,发现科学家在进行研究时所运用的科学方法,感受科学家所体现出的科学态度与责任.同时,物理学史的资料往往是复杂的和不精确的,所以当我们在描绘物理学发展的真实图画时,常常需要同“会聚型”心理状态作斗争<sup>[6]</sup>,因而物理学史料能够促进学生的深入思考,帮助淡化“收敛思维”对学生头脑的束缚,使学生在对物理学史料中缺失或隐藏的科学思维和方法细节进行挖掘时,培养“发散思维”.例如,教师通过“伽利略创设了怎样的思想实验推翻亚里士多德的观点?”“这个推理过程有何精妙之处?”等问题引导学生深入体会伽利略进行“落体佯谬”思想实验的过程,挖掘出伽利略所运用的“归谬推理”的科学推理方法.

### 1.3 “达”——再现研究过程 培养创新思维

表达以阅读和思考为基础,同时也是对阅读和思考的检验与升华.表达是一种可视化的表现,是学生把自己的见解、判断、态度等内在素养通过动作、图画、语言等媒介表现出来的过程,其中语言与文字是表达的主要媒介<sup>[7]</sup>.不论何种形式的表达,都是将所领会到的物理学史中的价值或自身创新性观点进行认知输出,有助于将所挖掘到的相关素养真正内化,最终实现素养的提升.

学生将纵向挖掘出的科学探究方法等价值通过回答教师提问、小组讨论等形式表达出来的过程,就是对科学家研究过程和结论的再现过程,有助于真正理解科学家的研究方法与巧思.而学生在教师进一步设问的启发下,通过对所研究问题的解决方案进行横向拓宽,以图像法、现代计算机技术、先进仪器设备等为媒介,创新性地表达出解决研究中难点的新方案的过程,则培养了创新思维.例如,教师可以通过“当今社会科技更加发达,我们是否能利用科技带给我们的便利更加快速地处理伽利略斜面实验的数据?”等具有启发性的设问,引导学生横向拓宽出用 Excel 表格等进行数据处理的方法.

## 2 案例分析——伽利略对落体运动的研究

伽利略对落体运动的研究中蕴含着丰富的精神宝藏,可以通过读思达教学法发挥伽利略对落体运动的研究中能够培养学生科学思维、科学态度与责任等素养的重要价值.例如,可以对伽利略斜面实验

手稿的原始数据进行“读思达”，培育学生基于证据的科学论证等能力、实事求是的科学态度以及对实验结果进行合理外推的科学推理能力。

## 2.1 呈现史料与基于泛读的实验数据提取

教师呈现数据手稿照片(图2)并要求学生整理出数据表格(表1)。

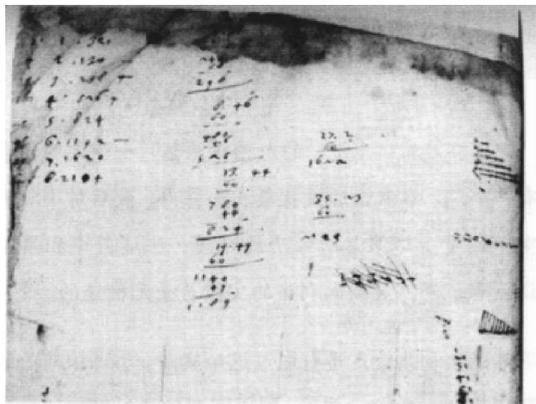


图2 斜面实验部分数据

学生整理出实验数据表格如表1所示。

表1 读取的伽利略斜面实验部分实验数据

时间 /tick	1	2	3	4	5	6	7	8
总共走过的路程 /punti	33	130	298	526	824	1 192	1 620	2 104

**设计意图:**教师呈现伽利略的部分斜面实验数据手稿照片,引导学生从照片中获取伽利略的部分实验数据信息并整理成数据表格,为精读环节做准备。

## 2.2 基于精读的思考与表达 —— 发现落体运动规律

### 2.2.1 运用代数法处理数据,发现小球运动规律

师:小球可能做匀速直线运动吗?

生:不可能,小球在每段相等时间间隔内走过的路程是越来越长的。

师:小球所做的运动有什么规律?时间和路程之间到底有着怎样的关系?

学生思考并回答:可以把前后两个总路程相除,根据前后总路程比值之间的关系发现小球所做运动的规律。经过1个 tick 走过的路程是33,经过2个 tick 走过的路程与1个 tick 时走过路程之比是3.9,路程增大了将近4倍。第3个 tick 时,增加的倍数是9.03,比9略大。然后,依次是15.9、25.0、36.1、49.1、63.8。四舍五入后可以发现,如果在误差允许

的范围内,小球走过的路程正比于时间的平方。

**设计意图:**教师通过设问,引导学生思考如何通过对数据进行计算处理,得出小球运动规律。学生通过计算处理,发现小球在斜面上的运动规律,科学探究与科学推理能力得到提高。

### 2.2.2 巧用图像法及 Excel 软件处理数据,获取小球运动规律

师:是否有其他方法可以更直观地表达出时间与路程之间的关系?

学生思考并回答:可以用图像法进行处理,画出时间与路程图像,是一个抛物线,说明小球走过的路程正比于时间的平方。

师:当今社会科技更加发达,是否能利用科技带给我们的便利更加快速地处理数据?

学生思考并回答:可以应用 Excel 画出  $s-t$  图像并拟合出路程与时间的关系公式。

学生上台演示如何用 Excel 进行数据处理,结果如图3所示。

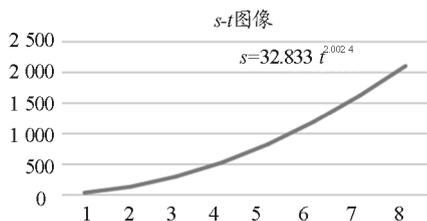


图3 运用 Excel 进行数据处理的结果

**设计意图:**教师通过具有启发性的设问,引导学生思考数据处理的其他方式,发展学生的发散思维。学生运用图像法与 Excel 创新性地进行处理,科学论证与质疑创新素养得到锻炼。

### 2.2.3 实验与外推相结合,探寻落体运动规律

师:伽利略在不同倾角的斜面上进行了多次实验后,发现小球运动的路程都正比于时间的平方。可以由此得出结论,落体运动的规律是路程正比于时间的平方吗?

生:不可以,实验时小球在斜面上的运动不是落体运动。

师:通过之前的学习,我们知道落体运动就是初速度为零的匀变速直线运动,路程确实正比于时间的平方。可以如何基于斜面实验的结果,得出落体运动的规律?

学生思考。

师:落体运动和小球在斜面上的运动有着怎样

的联系?当斜面有什么特点时,小球在斜面上的运动就可以看成是落体运动?

学生思考并回答:当斜面倾角是 $90^\circ$ 的时候,小球在斜面上的运动就可以看成是自由落体运动.

师:伽利略正是经历了这样的科学推理过程,运用了在实验基础上进行合理外推的科学方法,通过实验研究小球在斜面上的运动规律,合理外推出当斜面倾角为 $90^\circ$ 时所对应的落体运动的规律.

**设计意图:**教师通过进一步设问,引导学生思考如何得出落体运动的规律.学生思考出可以将斜面倾角外推至 $90^\circ$ 以对应落体运动情况的方式,得到落体运动的规律,科学推理能力得到提升.

#### 2.2.4 深度挖掘时间单位,体会测量方式之精妙

师:确定时间与路程的单位有助于我们进一步挖掘伽利略斜面实验中蕴含的巧思.据专家德雷克的推测,每个punti约相当于现在的1mm,下面我们先一起来找一找时间的单位.

师:据伽利略《关于两门新科学对话》中的相关记述,伽利略实验的木板被垫起1腕尺,换算过来倾角大约是 $4.8^\circ$ , $\sin 4.8^\circ$ 约为0.084.由此可以推导出1tick约为多少秒?

生:通过匀变速直线运动的位移与速度关系公式,可以计算出1tick约为0.28s.

师:0.28s约为1s的四分之一,可在伽利略所处的年代,并没有像我们现在的秒表等可以较精确测量时间的工具,他要怎么测量时间?

师:那时候虽然没有可以直接测量时间的工具,但是已经有了精度比较高的天平可以较准确地测量质量.可以用什么方法间接测量出时间吗?

生:将对时间的测量转换为对质量的测量.

师:伽利略正是制作了一种名为“水钟”的测量装置,将时间的测量转换为质量的测量.他把一只巨大的水容器放在高处,在容器底部焊有一根细管,使其持续有细流流出,每次小球滚落的时候,不管滚落全部路程还是部分路程,都把这段时间内由细管流出的水收集在小杯内.而后把收集到的水用一个精准的天平称其质量.这些质量的差别和比例可以反映出时间的差别和比例.他利用“水钟”巧妙地将对时间的测量转换为对质量的测量,得到了小球运动的时间数据.

**设计意图:**教师提供伽利略斜面实验的相关细节,引导学生推导时间的单位并思考如何得到时间数据.学生通过对时间单位的推导以及对伽利略测量时间所使用的转换法的挖掘,促进了科学推理能力的发展.

#### 2.2.5 回顾探究过程,体悟探究精神

师:通过对伽利略基于实验数据推理落体运动规律过程的再现,以及对伽利略斜面实验过程的认识,我们能够从中学学习到伽利略怎样的科学态度与责任?

学生分组讨论,交流所体悟到的实事求是、敢于运用实验加合理外推的新方法进行研究的勇气与智慧等探究精神.

**设计意图:**教师引导学生讨论伽利略基于数据得出落体运动规律这一过程中值得学习的精神.学生通过讨论产生共鸣,深刻感悟伽利略的研究态度,科学态度与责任得到强化.

### 3 结束语

“教育无非是将一切已学过的东西都遗忘后所剩下的东西”,遗忘掉的是所学的具体知识和内容,而剩下的就是能力与素养.运用读思达教学法进行物理学史教学,可以使学生在教师指导下的阅读、思考与表达3个过程,将物理学史中蕴含的科学研究方法、科学思维方式等价值真正内化为自身的科学素养,充分彰显物理学史的育人价值.

#### 参考文献

- [1] 余文森.论“读思达”教学法[J].课程·教材·教法,2021,41(4):50-57.
- [2] 余文森.论阅读、思考、表达的教学意义[J].全球教育展望,2021,50(8):25-43.
- [3] 中央科教所.简明国际教育百科全书[M].北京:教育科学出版社,1990.
- [4] 申先甲.应用物理学史革新物理教育[J].北京师范学院学报(自然科学版),1989(3):75-82.
- [5] 郭奕玲,沙振舜,沈慧君.物理实验史话[M].北京:科学出版社,1988.
- [6] 申先甲,刘筱莉.物理学史教学工作的回顾和展望[J].成都师专学报,1990(3):74-80.
- [7] 余文森.“读思达”教学法:学生教材学习的基本范式及主要变式[J].中国教育学刊,2021(7):67-72,77.