基于科学论证素养提升的高中物理教学设计

——以“静摩擦力”教学为例

江险峰
(浙江省缙云中学,浙江 丽水 321400)

摘 要:科学论证作为科学思维素养的重要内容,需要在课堂中针对性培养.结合高中物理课程标准,分析科学论证素养的内涵与结构要素;结合两种常见的论证模型与物理教学的特点,设计物理学科的科学论证模型.以“静摩擦力”一课为例,深入阐述实施科学论证的教学流程,并设计教学设计模型和课堂辨析模型.

关键词:高中物理;科学论证;课型;教学设计;静摩擦力

赵凯华教授说过:科学是建筑在证据和理性思维的基础之上.而在物理教学过程中,物理概念的建立、物理规律的形成、物理实验的探究等都要经历科学论证.学生经历科学论证的同时,培养了证据获取、处理、使用的能力,也促进了学生对物理概念、规律、发展历程的理解,提高了学生观点表达与辨析等能力,促进了学生的深度学习.[1]这就是科学论证素养培养的教育价值所在.

因此,如何将科学论证融入教学,促进学生物理观念和科学思维的共同发展,是物理教学实践中迫切需要研究和解决的问题.

1 科学论证的概念内涵和结构要素

所谓科学论证,是指学生运用证据对所研究的科学问题进行描述、判断、预测和解释、建立证据与观点之间的关系或反驳他人观点的实践活动,包括 4 项内容:观点提炼与表达、证据提取与应用、证据与观点间的推理以及批判性地评价与反驳.

在《普通高中物理课程标准(2017 年版)》中,科学论证是科学思维素养的重要内容.科学论证的学业水平划分为 5 个水平等级:水平 1,能区别观点和证据;水平 2,能使用简单和直接的证据表达自己的观点;水平 3,能恰当使用证据表达自己的观点;水平 4,能恰当使用证据证明物理结论;水平 5,能考虑证据的可靠性,合理使用证据.[2]综合科学论证的概念内涵及学业水平等级划分,科学论证包含论题或主题、观点或立场、证据或数据等结构要素,具体要素及其关系如图 1 所示.

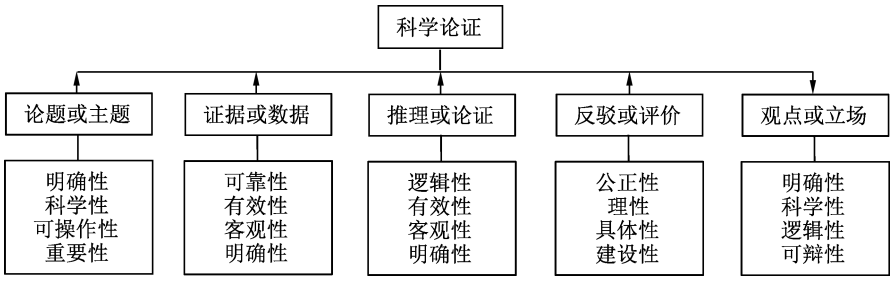

图 1 科学论证的结构要素

2 高中物理科学论证模型的构建

目前比较流行的科学论证模型分别是 ADI 模型和图尔敏模型.

ADI 是以“证据—解释”为教学路线的教学设计模型,这种模型将科学论证与科学探究有机地结合,以论证为主线,将问题的确立、证据的甄别及提取、观点的提炼与表达等融入教学.其模型如图 2 所示.

图尔敏的科学论证模型主要有资料、主张、理由、支持、限定条件、反驳等 6 大要素,这 6 大要素即“证据—主张”的关联推理,其模型结构如图 3 所示.

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

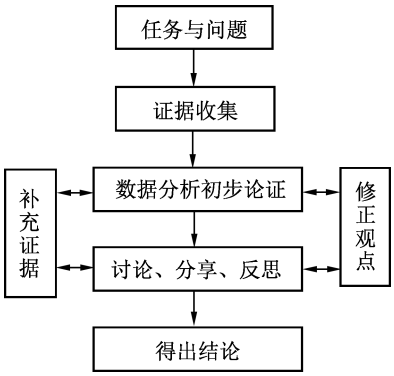

图 2　ADI 科学论证教学模型

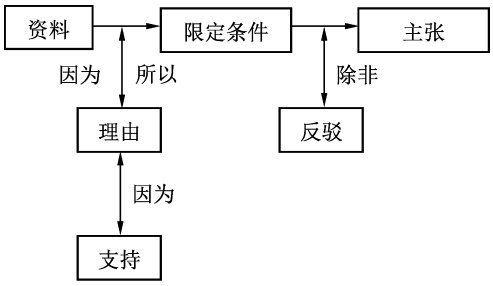

图 3　图尔敏论证模型

结合以上两个科学论证的模型及物理学科核心素养的结构、水平划分等综合分析，笔者认为高中物理科学论证的核心要素主要为以下 4 点，即物理证据获取与观点提炼，证据与观点关联的辨析推理，论证过程的反思与调控修正，物理概念规律的建立. 结合以上要素，笔者提出高中物理科学论证模型，论证模型如图 4 所示.

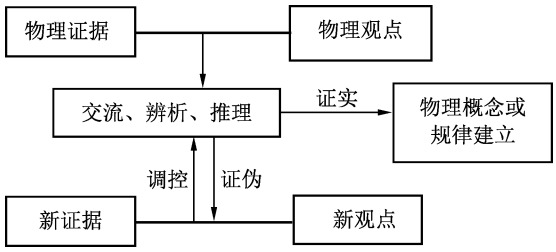

图 4　高中物理科学论证模型

利用这一模型，在教学教程中强化证据意识，经历证据的获取、推理、批判性评价等过程，这是培养科学论证素养的有效路径. 下面我们将结合案例，阐述在教学设计及教学实施中如何实现这一路径.

3　基于科学论证素养提升的物理课堂教学流程及案例

课堂教学设计不仅要考虑科学论证的要素与模型，还要考虑到教学资源、学生、教师等关键要素，并理清它们之间的逻辑关系. 学生是思辨的主体，要充分发挥学生的主观能动性，教学资源是学生学习的载体，好的教学资源与教学环节，让学生思、辩、行相结合，能让学生真正行动起来进行深度思辨，从而培养学生的科学论证素养.

3.1　科学论证课的设计流程

首先，给学生设立物理情境，提供相关的学习资源，同时让学生能够重现生活经历、知识基础、物理方法等，并在这些资源中提出物理问题. 其次，根据物理问题，在学习资源中寻找物理证据，并以这些证据来论证自己的观点，再进行讨论辨析，让学生充分交流，确立证据与观点之间的关联，再进行反思、修正等最终得出观点. 再次，在正确的观点基础上进行提升，形成物理概念、规律. 最后，将这些概念、规律应用于设立的物理情境，将科学论证得出的观点与物理情境中的事实证据进行一致性验证，并用物理规律解决实际问题.[3] 课堂设计大体包括设立情境、提出观点、寻找证据、深度辨析、模型建构、验证应用等环节，形成由情境引入，经历科学论证，获取物理知识，提升科学论证素养，解决物理情境中的物理问题这样一个闭环. 具体的课堂设计流程如图 5 所示.

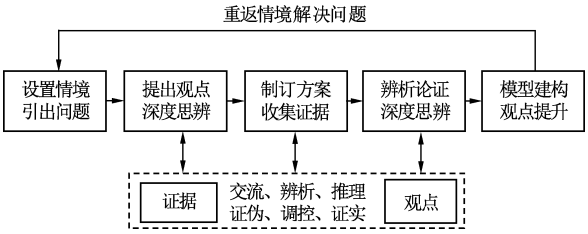

图 5　高中物理科学论证课型教学设计流程图

3.2　基于科学论证的教学设计案例

下面以静摩擦力的教学为例，阐述以证据意识为路径，实现科学论证素养培养的教学设计流程. “摩擦力”一课，是人民教育出版社 2019 年版普通高中物理必修 1 教材中的内容，主要涉及静摩擦力和滑动摩擦力两个重要概念，一般用两个课时完成，本案例为静摩擦力的教学.

3.2.1　设置情境，引出问题——为提出观点提供材料

如图 6 准备好两根用 2.5 m 左右自来水管做成的“游戏杆”，其中一根“游戏杆”的一端用砂纸打磨，另一端保持原样. 另一根在“游戏杆”的一端内部装入一根可拆卸的钢铁. 请一位大个的甲学生与一位小个的



图 6　推杆游戏示意图

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

乙学生来进行推杆游戏，实验时让两位学生都戴上手套，如图 6 所示.

第 1 次让甲学生推没有打磨的一端，乙学生推打磨的一端，甲学生的手先滑到标记处，甲学生输. 第 2 次让甲学生推没有放铁棒的一端，乙学生推放有铁棒的一端，甲学生的手先滑到标记处，甲学生输. 通过这个游戏情境，在两种情况下，都是乙学生胜出，让学生初步提出物理问题.

3.2.2 分析线索，提出观点——能区别观点和证据

“证据”是指材料，泛指支持观点的理由和依据. 而“证据意识”则是指对证据作用价值的一种觉醒和知晓的心理状态，并在探究活动中寻求证据、分析证据、表达证据的一种科学推理能力. 学生通过推杆游戏体验学会自己找证据，并在自己“找证据”的过程中区分什么是观点什么是证据.

以获胜为线索，分析获胜原因，提取与物理问题相关的证据与观点. 例如，学生可以获取“推打磨过的一端容易获胜”“放有铁棒的一端容易获胜”等事实作为证据. 同时可以提出初步观点，例如，“粗糙的物体之间不容易滑动”“压力大的物体之间不容易滑动”“摩擦力的大小与粗糙程度、压力有关”等(水平 1).

在教学过程中，为了让学生对证据与观点有意识区分，并能够分析、表达证据，通过推理来支持观点，笔者设计以证据意识为路径的提问—辨析框架(以下简称“辨析框架”). 该框架主要包括“证据—推理—调控”的科学推理的辨析，即“你的观点是什么?”(观点表达)“支持你观点的证据是什么?”(证据阐述)“这些证据能够充分支持你的观点吗?”(反思调控). 基于科学论证的课堂辨析如图 7 所示.

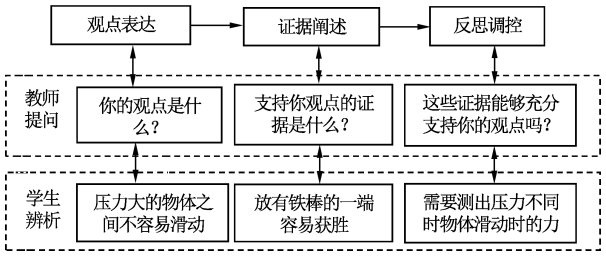

图 7 科学论证的课堂提问—辨析框架

3.2.3 制订方案，辨析论证——能恰当使用证据表达自己的观点

教学重难点往往不能直接告知结论，而要在不同的观点与证据的辨析中进行思维的碰撞，甚至对学生的疑问和不同的声音进行辨析，教师放开话语权，鼓励学生亮出自己的理由和依据，恰当使用证据表达观点，只要说得合理，都要予以鼓励.

为了引导学生对静摩擦力的相关问题进行辨析，进一步探究静摩擦力的规律，笔者设计了如图 8 所示的实验，将一方形木块放在水平木板上，沙桶用细绳通过定滑轮钩在木块上，开始时，沙桶中装少量的细沙，木块静止在水平木板上. 通过该实验装置进行一系列的实验操作，引发学生进行如下辨析.

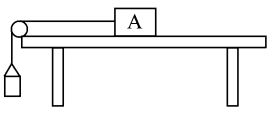

图 8 静摩擦力探究示意图

辨析论证 1：静摩擦力的方向辨析.

根据课堂提问辨析框架，教师针对“摩擦力的方向”问题进行提问，引发学生的证据意识. 即教师提问：物块 A 受到静摩擦力的方向如何? 支持这个观点的证据是什么? 这些证据是否能够支持你的观点.

学生辨析：我的观点是“物体 A 受到的摩擦力的方向向右”. 支持我观点的证据如下：物体受到向左的拉力仍保持平衡，根据二力平衡推理可以知道物体 A 受到静摩擦力的方向水平向右(水平 2). 我还可以从物体 A 有向左的运动趋势的证据来判断，是向右的摩擦力阻碍了物体的向左运动，使物体保持相对静止(水平 3). 根据以上证据与推理，我还可以得出一些物理规律：“静摩擦力的方向与物体的运动趋势方向相反，静摩擦力的方向也可以用力的平衡知识来判断”(水平 4).

辨析论证 2：静摩擦力的大小与沙及沙桶重力关系.

根据课堂提问辨析框架，教师针对“静摩擦力的大小与沙及沙桶的总重力关系”进行提问.

学生辨析：我的观点是物块 A 受到摩擦力的大小与沙及沙桶的总重力大小相等. 支持这个观点有以下证据：① 沙桶处于静止状态，绳子的拉力等于沙及沙桶的总重力；② 物块 A 处于静止状态，静摩擦力等于绳子的拉力；③ 同一根绳子两端的拉力大小相等，综合以上 3 点证据可以支持我的观点(水平 3). 学生通过以上科学论证过程，进一步提升为物理规律，即静摩擦力的大小可以用力的平衡知识求解(水平 4)，以上证据都是基于物块 A 处于静止状态，如果物体是非平衡状态则相关的结论不一定正确(水平 5).

为了直观简要地表达，接下来的辨析论证将以列表的形式呈现，具体如表 1.

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1 教学辨析论证

教学环节	实验操作	证据与辨析	观点
辨析论证 3： 静摩擦力不是一个固定值	在沙桶中再加一点细沙，物体 A 仍然保持静止	增加了细沙的质量，绳子的拉力增大； 拉力增大，物块仍静止，静摩擦力增加了； 再放一些沙子，看看是否还能静止	两物体间的静摩擦力大小不是一个固定的值
辨析论证 4： 两物体间静摩擦力是否有一最大值	继续缓慢增加细沙的质量，直到物体 A 突然开始运动	增加了细沙的质量，绳子的拉力增大； 当绳子的拉力增大到一定值时，物块 A 发生滑动； 静摩擦力不再能够让物块 A 保持静止； 改变物块 A 与桌面间的粗糙程度与压力来重复前面的实验	两物体之间的静摩擦力应该存在一个最大值
辨析论证 5：静摩擦力的最大值与物体间的压力及粗糙程度有关	改变压力与接触面粗糙程度，重复以上实验	当物块 A 上放有重物，需要更多的细沙才能让物块滑动； 接触面更粗糙时，需要更多的细沙才能让物块滑动	两物体之间的压力越大、接触面越粗糙，则物体间最大静摩擦力越大

苏霍姆林斯基说过：“在人的心灵深处有一种根深蒂固的需要，这就是希望自己是一个发现者、研究者和探索者.”海森堡也说过：“科学深深地根植于对话之中.”教学中我们要给足学生机会让他们能够用自己的语言来组织事实和整理证据来展示自己的观点，即使有时事实证据不充分，也不要打压和制止，让他们尽情地表达.

3.2.4 模型建构，观点提升——能恰当使用证据证明物理结论

在以上辨析结果的基础上，进一步将观点提升为物理规律，构建静摩擦力的物理模型，形成物理观念提升科学论证的证据意识.

例如：为了形成“静摩擦力的方向与物体相对运动趋势相反”的物理模型，让学生在生产生活中寻找更多的证据，并恰当地使用证据支撑该观点. 学生提出“放在斜面上静止的物体有沿斜面向下的运动趋势，静摩擦力的方向沿斜面向上”；同时有学生提出“在倾斜传送带上，随传送带一起沿斜面向上或者向下运动的物体，其静摩擦力也是沿斜面向上”. 在第二个证据中学生能够意识到物体虽然随传送带一起向上或者向下运动，但物体与传送带之间的运动趋势是沿斜面向下，并能恰当地使用该证据来证明自己的观点，达到了较高的科学论证素养水平.[4]

通过对静摩擦力的方向、静摩擦力的大小范围、最大静摩擦力进行证据补充，并恰当地使用证据证明观点，形成更完整的证据，得出物体间静摩擦力的物理规律，即“静摩擦力的方向总是跟物体相对运动趋势的方向相反”“两物体之间实际产生的静摩擦力 F 在 0 与 F_{max} 之间，即 $0<F\leqslant F_{max}$”“不同的接触面之间最大静摩擦力的大小不同”.

3.2.5 重返情境，解决问题——组织学生“应用结论并评价证据”

为了培养“能考虑证据的可靠性，合理使用证据”(水平 5)的能力，让学生重返情境，分析推杆游戏中粗糙一端为什么能获胜，并对使用的证据进行批判性的评价.

一方面，学生提出获胜的原因是物体间的静摩擦力大的那一端没有滑动. 另一方面，有学生提出异议，认为推杆过程中，杆处于平衡状态，两端的摩擦力应当相等. 针对这两种观点，学生对这两个观点中的证据进行评价，认为：前者将滑动与摩擦力的大小直接关联，证据与推理的可靠性值得商榷. 后者从物体的运动状态来考虑摩擦力的大小，相关的证据与推理更合理，因为滑动前是平衡状态，滑动后有可能处于非平衡状态. 通过以上辨析，学生发现物体发生滑动的临界条件是摩擦力达到最大值. 这一辨析过程培养了学生对证据的使用进行全面评价的能力，以及会批判性地使用证据的素养.

教师设计刹车与轮胎的花纹、传送带传送物体、织物的牢固因素等推理辨析环节，培养学生应用结论并会寻找证据论证自己的观点，会评价证据并批判性地使用证据的科学论证素养.

3.2.6 设计板书，把握全局——构建整理证据链

如图 9 所示，板书分为“证据”“推理”“观点”3 大部分，充分体现了科学论证的教学环节，为学生清楚地呈现证据—推理—观点间的关系. 这样的板书设计突出了科学论证的思维过程，同时培养学生的观点—证据意识，提升学生的科学论证素养.

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

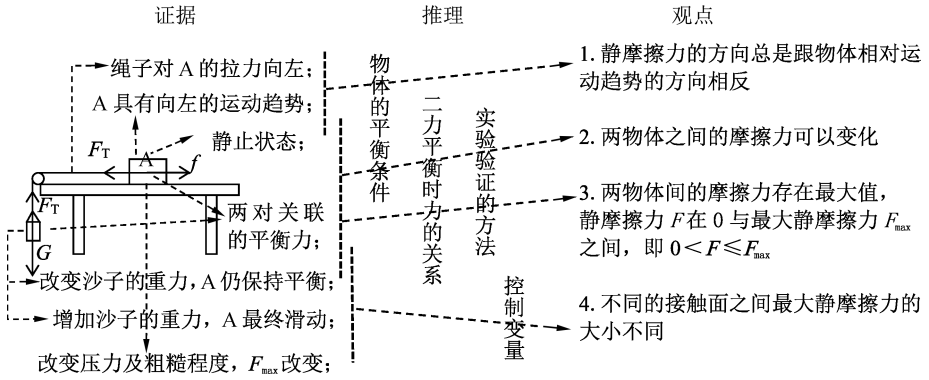

图 9　突出论证素养的静摩擦力教学板书

4　结语

在教学中突出科学论证素养，培养证据意识，以严谨的推理和严密的论证，证实或证伪观点，得出物理概念和规律，可以帮助学生理解和运用知识，培养学生的逻辑思维和批判性思维能力，提升学生的交流能力，增强学生的创新能力，是学生形成核心素养并实现综合发展的有效路径.

参考文献：

1　吴昱，曹宝龙. 科学论证及其能力培养[J]. 中学物理，2020，38(11)：10－15.
2　中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准[S]. 北京：人民教育出版社，2018.
3　黄国龙. 构建实施科学论证教学模式培养学生科学论证核心素养[J]. 物理通报，2020(6)：50－54.
4　梁旭. 科学论证试题的特点及对教学的启示[J]. 物理教学，2021，43(6)：37－41，28.

(收稿日期：2023－06－23)

(上接第 26 页)

1960 年，哈佛大学的物理学家曾在一座 22.6 m 高的楼顶做了这个实验，结果与广义相对论的计算结果符合极好. 这种远离引力场，频率降低、波长变长的现象称为引力红移，是一种相对论效应，和经典物理中动能和势能在转化过程中表现方式不同.

通过光子势能问题讨论，能够为中学生打开一扇窗口，更加完整地认识和理解物理世界，激发未来进一步学习物理的热情和憧憬.

6　结语

通过开展大概念视域下的“势能”和“势”跨单元主题式教学，能够让学生经历完整的探究学习过程，建构对科学知识的整体认知观念，深入理解“势能”和“势”的本质及所蕴含的普遍规律，有助于培养高中生能量观念和相互作用观念，有助于培养分析综合、推理论证的科学思维方法，促进深度学习发生. 通过对场中逃逸问题的讨论，对比经典领域和微观领域的逃逸问题，能够帮助学生初步了解微观世界的运动规律，拓展学生的学科视野. 通过对弱引力场中光子频率变化问题讨论，能够帮助高中生从势能角度认识引力红移现象.

参考文献：

1　郭玉英，姚建欣，张静. 整合与发展——科学课程中概念体系的建构及其学习进阶[J]. 课程·教材·教法，2013，33(2)：41－48.
2　中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017 年版)[S]. 北京：人民教育出版社，2018.
3　秦真科，高毅芳. 基于真实情境的“桥梁＋力学”项目化学习路径初探[J]. 中学物理教学参考，2022，16(6)：2－7.
4　秦真科. “干涉”主题学习进阶的初步研究[J]. 中学物理教学参考，2021，13(5)：19－23.
5　安秋，王长江. “质量”概念学习进阶的初步研究[J]. 物理教师，2020，41(5)：2－5.
6　应发宝. 基于从定性感知到定量探究的多普勒效应学习进阶设计[J]. 物理教师，2019，40(2)：5－8.
7　D Halliday. 物理学基础[M]. 张三慧，李椿等译. 北京：机械工业出版社，2005.
8　R P Feynman. 费曼物理学讲义[M]. 上海：上海科学技术出版社，2020.
9　张三慧，李椿. 物理学基础：第 6 版[M]. 北京：机械工业出版社，2009.

(收稿日期：2023－09－25)

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net