物理核心素养导向下的HPS教学设计

——以《光电效应》为例

李瑞明 白素媛

【摘 要】开展HPS(科学史、科学哲学、科学社会学)教学是落实物理核心素养的有效途径。在已有的HPS教育模式中,孟克—奥斯本融入教学模式应用得最为广泛,但是目前多数学者的教学设计没有对它与物理核心素养培养的关系进行分析。具体分析孟克—奥斯本融入教学模式如何提高学生物理核心素养的基础上,给出教学设计文章的思路及《光电效应》一节的教学设计范例,旨在物理核心素养的导向下推广与深化孟克—奥斯本融入教学模式在教学中的应用。

【关键词】物理核心素养;HPS;光电效应

自物理学科核心素养提出以来,物理教学研究人员、一线教师广泛投入到有关核心素养理论与实践的研究中去。HPS(科学史、科学哲学、科学社会学)教育因为与物理核心素养的落实相契合,成为中学物理教学研究的发力点之一。孟克—奥斯本融入教学模式提出已经有20多年,随着2017年学科核心素养的提出,它逐渐焕发真正的生机,成为目前HPS教学中应用最多的教育模式。有的学者会在孟奥模式的基础上对教学模式进行融合、改造或简化以便应用于实际的高中物理教学[1],但是给出标准流程下的核心素养分析是必要的,只有把握标准流程下各流程对核心素养的作用,才能更好地创新和本土化孟奥模式,从而更好落实物理核心素养的培养。

本文将讨论孟克—奥斯本融入教学模式对提高物理核心素养的作用,并基于孟克—奥斯本融入教学模式给出《光电效应》一课的教学设计案例。

一、孟克—奥斯本融入教学模式对提高物理核心素养的作用

20世纪90年代,英国科学教育家孟克与奥斯本总结了科学教育的本质,结合建构主义思想、皮亚杰的学习心理学和科学认知论,在科学史与科学哲学的基础上加入科学社会学的内容,并强调社会学对科学教育的作用,形成了"孟克—奥斯本融入教学模式"[2]。该模式将教学过程分为6个阶段,下面依次讨论:

(一)现象演示

这是教师用实验现象导入课程并启发学生思考的环节。可以是与时俱进的科技新闻,如《牛顿第一定律》案例中以卫星上空为引子[2];《电子的发现》教学设计中以"气体放电"作为导入[1];也可以是有趣的小实验、生活现象,比如《库仑定律》教学设计中展示的易拉罐与气球相互吸引[3]。在该环节中,物理观念方面:通过现象的观察,学生头脑中形成对物理观念的感性初步认识;科学思维方面:学生在思考教师预设的问题时,推理演绎或概括归纳思维被调动,发散或聚合思维也同时发展;科学探究方面:学生经历了观察、思考、形成科学猜想的过程;科学态度与责任方面:学生体会到科学在生活中应用,或者我国在尖端科技领域的发展从而培养爱国主义情怀。因此本环节对物理核心素养四方面的落实都有帮助。

(二)引出观念

教师进一步设置问题启发学生思考的环节,也是引导学生自己建构物理过程、观念的过程。比如《波意耳定律》案例中通过针管内压缩空气让学生思考空气体积回不到原状态的原因[4];《牛顿第一定律》中结合初中牛顿第一定律描述,引导学生举出反驳亚里士多德运动观点的证据[2]。《电子的发现》中以阴极射线本质的争议为线索引出学生对阴极射线的看法[1]。《库仑定律》中通过建构理想模型使学生形成影响电荷间相互作用力大小的因素的猜想[3]。在本环节中,物理观念方面:学生通过积极思考和以往所学形成自己建构的初步观念;物理思维方面:学生形成自己的猜想或判断时会调动演绎、归纳、推理概括等思维,学习或回顾具体的物理研究方法。本环节更侧重于学生物理观念和科学思维的培养。

(三)引入历史

教师通过对科学家研究过程的介绍,让学生体会科学家的研究进程、科学思想和实验方法以及社会背景对科学发展的影响。根据科学家的假设模拟建构物理方程或物理模型的过程,强化分析综合、推理论证等思维。比如《电子的发现》案例中交代粒子

China Social Science Excellence .All rights reserved. https://www.rdfybk.com/

学说和电磁波学说支持者的实验和实验结果[1];《牛顿第一定律》案例以伽利略对亚里士多德观点的质疑切入点[2];《波意耳定律》案例讲述了证实空气是弹性的实验过程等[4]。在本环节,科学思维方面:学生跟随着科学家的研究思路演绎推理,了解科学家的研究方法;科学探究方面:学生学习科学家的探究过程,可以打开视野,并作为自己实验设计的参考,从而发展科学探究能力;科学态度与责任方面:学生可以体会科学的发展性、科学家的研究精神或科学与社会发展的相互影响等。本环节对学生核心素养的提高是潜移默化的。

(四)设计实验

这步最为关键,由教师引导学生自主设计验证自己猜想或科学家假设的实验方案。比如《电子的发现》案例引导学生利用所学的带电粒子在电场中的运动规律设计验证阴极射线猜想的实验[1];《牛顿第一定律》案例通过逐渐减小斜面摩擦后小球的运动结果,推理出力不是维持运动的原因[2];《库仑定律》课例组织学生分组验证电场力猜想[3]。在本环节中,科学思维方面:学生分析综合、推理论证实验方案的合理性;科学探究方面:学生自主设计可行的实验方案,并与同伴交流后汇报。科学态度与责任方面:学生有极强的参与感、自我实现感,可以提高学生探索自然的内在动力。

(五)形成观念与验证性检验

学生通过动手实验、数据分析、或通过历史上科学家的实验结果介绍验证假说真伪,形成正确的物理观念。《库仑定律》通过库仑扭称实验的介绍和电摆实验数据结果的展示使学生形成对库仑定律的认识[3];《电子的发现》通过阴极射线加外磁场计算比荷确定阴极射线性质[1];《牛顿第一定律》系统介绍牛顿第一定律及惯性的概念[2];《原子核式结构》引导学生利用卢瑟福原子核式结构模型解释α粒子散射实验[5]。通过本环节教学,物理观念方面:学生形成或升华正确的物理观念;科学思维:通过推理、综合分析等思维判断实验方案的可行性;科学探究方面:学生自主设计方案及同伴讨论有助于学生质疑与表达能力的增长;科学态度与责任方面:在设计实验时对学生的细致、耐心的品质进行训练。

(六)评估与评价

用总结研究过程、研究方法,使学生中的物理概念升华概括为物理观念,并对学生进行科学态度与责任的教育。比如《原子核式结构》课例中通过设置问题引导学生对原子结构的探究过程进行总结[5];《玻意耳定律》中通过应用迁移深化学生对玻意耳定律的认识[4];《牛顿第一定律》中通过问题链的设置引导学生总结牛顿第一定律的研究方法、思考科学发展与社会背景的关系等[2]。通过本环节,物理观念:学生会形成深刻的物理观念;科学思维:通过归纳综合总结所学;科学探究:归纳科学家的研究方法;科学态度与责任:形成正确科学本质观,了解科学与社会的相互关系,物理在生活中应用等。

综上分析,孟奥模式的各环节与物理核心素养的培养相互渗透,相辅相成,适切性很高。适合在高中物理教学中进行推广。孟克—奥斯本融入教学模式中的物理核心素养体现如表1所示。

表1　孟克—奥斯本融入教学模式中的物理核心素养体现

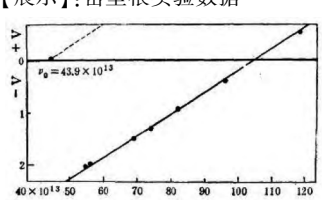
孟克—奥斯本融入教学模式	物理观念	科学思维	科学探究	科学态度与责任
1.现象演示	√	√	√	√
2.引出观念	√	√		
3.学习历史		√	√	√
4.设计实验方案		√	√	√
5.科学观念与验证性检验	√	√	√	√
6.评估与评价	√	√	√	√

二、《光电效应》教学设计

环节	教师活动	学生活动	设计意图
现象展示	【展示】:太阳能风扇不接电池就可以在太阳光下转动。 【引导学生猜想】:风扇转动的原因。 【演示实验】:锡纸上的电子经过紫外线灯照射,数量变少。	【思考】: 1.光和电子间存在作用吗? 2.光和电子之间是怎样的作用?	通过太阳能风扇引起学生学习兴趣,并思考光和电子之间是否存在作用。

China Social Science Excellence .All rights reserved. https://www.rdfybk.com/

续表

环节	教师活动	学生活动	设计意图
引出观念	光和电子的相互作用涉及光本质的讨论。 【设置问题】: 1. 为什么电子数量经过紫外线灯照射后经过少了呢? 2. 光与电子之间发生了怎样的作用? 3. 光的本质是什么?	【思考】: 1. 光是电磁波吗? 2. 有实验事实支撑吗?	回顾旧知,为实验规律讲解做铺垫
学习历史	【交代光电效应研究史】: 1. 赫兹的研究结果:当紫外线照在负电极上时负电极更易于放电[6]。 2. 斯托列托夫实验表明:负极在光照射下会放出带负电粒子形成电流[6]。 3. J. J. 汤姆孙研究结果:光电流是高速运动的电子流[6]。 【介绍光电效应、逸出功、光电子】 4. 勒纳德等人的研究 【介绍实验电路图】:分压式电路。 【猜想】:如果光是波会有怎样实验现象? 【介绍实验规律】: (1)截止频率(2)饱和电流 (3)瞬时性(4)遏止电压 【总结冲突,介绍科学家处理方案】 (1)修正 (2)爱因斯坦光量子假设: 【FLASH 演示】 【建构】:基于能量守恒定律建构爱因斯坦光电方程 【讨论】:如何检验爱因斯坦假设的真伪?	【思考】: 1. 如果光是波,用不同频率、相同强度的光照射光电管阴极,会有怎样的结果? 2. 如果光是波,照射同样频率,不同强度的光,会有怎样的结果?加大电压呢? 3. 如果光是波,用很微弱的电流照射呢? 4. 如果光是波,加反向电压会有怎样结果? 5. 如何检验或驳斥爱因斯坦光量子假设的正确性?	1. 介绍光电效应研究中科学家的实验设计方案和数据处理方法,为后续学生自主设计实验方案做铺垫。 2. 带领学生基于经典理论推测实验现象,训练科学推理能力。 3. 让学生体会爱因斯坦的创造性思维,感受科学的发展性。
设计实验方案	【问题提示】:1. 如何能确定 E_k? 2. ν 是否可控? 3. h 是否可测?是否可以作为评判依据? 4. W_0 能确定吗?如果测定不了是否有影响? 5. 可以利用实验数据画出图像关系吗? 【组织小组讨论】学生分组讨论实验方案,并设置问题进行提示。 【评价】学生实验方案的合理性。	【小组讨论】 【小组汇报实验方案】	1. 利用分析、推理等方法设计可行的实验方案。 2. 通过小组交流合作,设计验证爱因斯坦光电方程正确性的探究方案。
科学观念与验证性检验	【介绍】:密里根实验方案 【展示】:密里根实验数据[7]  【FLASH 展示康普顿效应】:光的粒子性的又一佐证。 	【学习】学习科学家的实验方案,了解康普顿效应及光子具有动量。	1. 巩固利用图像处理数据的方法。通过分析、推理,论证爱因斯坦光量子假说正确性。 2. 通过密里根实验结果及康普顿效应的学习,使学生形成正确的光本质观念。

China Social Science Excellence .All rights reserved. https://www.rdfybk.com/

续表

环节	教师活动	学生活动	设计意图
评估与评价	【设置问题链】:总结本节课所学 【完善学生回答】: 1. 牛顿时代的粒子说、惠更斯和托马斯杨的波动说,麦克斯韦的电磁理论、爱因斯坦的光子理论、量子电动力学。 2. 对立统一的辩证思维。 3. 光伏电池等。	【思考】: 1. 人们对光的认识经历的哪些历程? 2. 光的波粒二象性体现了怎样的科学哲学? 3. 光电效应有哪些应用?	1. 调动学生分析、综合等思维,对本节课进行高度概括。 2. 体会辩证统一的科学哲学。 3. 了解光电效应对生产生活中的作用。

表 2　　孟奥模式各环节的物理核心素养体现

现象展示	引出观念	学习历史	设计实验	科学观念与验证性检验	评估与评价
①物理观念:通过太阳能电风扇的展示,为学生物理观念的初步形成提供感性材料。 ②科学思维:推测太阳能电风扇的工作原理。 ③科学探究:观察电风扇在太阳光下转动的实验现象,形成光电之间存在相互作用的猜想。 ④科学态度与责任:体会物理知识在生活中的应用。	①物理观念:引导学生对光本质进行思考,并尝试用光本质解释光和电子发生作用的机制,建构自己的光观念。 ②科学思维:通过以往所学思考光本质并对光电作用机理进行科学推理,使学生的归纳、推理思维得到训练,建模能力得到提高。	②科学思维:基于光电效应实验事实以及爱因斯坦理论建构光电效应方程训练建模能力、推理能力。巩固提出假设—逻辑推理—实验验证的科学研究方法。 ③科学探究:学习光电效应研究中科学家的实验设计方案和数据处理方法,基于演示现象推理解释原因。 ④科学态度与责任:学习赫兹的严谨认真科学态度,体会爱因斯坦的创造性思维,感受科学的发展性。	②科学思维:利用分析、推理等方法设计可行的实验方案。 ③科学探究:通过小组交流合作,设计验证爱因斯坦光电方程正确性的探究方案。 ④科学态度与责任:通过设计实验,培养学生严谨的科学态度。	①物理观念:形成正确的光本质观念。 ②科学思维:巩固利用图像处理数据的方法。通过分析、推理,论证爱因斯坦光量子假说正确性。 ③科学探究:小组讨论提出数据处理方法、绘制图像的方法。基于密里根的实验结果作出解释、得出结论。	①物理观念:在原有学习的基础上,形成光具有波粒二象性的观念。 ②科学思维:调动分析、综合等思维,对本节课知识进行高度概括。 ③科学探究:回顾科学家的研究历程,提升科学探究能力。 ④科学态度与责任:形成光的本质观;体会科学探究历程的曲折性,体会辩证唯物主义在自然科学中的体现。了解光电效应对生产生活中的作用。

参考文献:

[1]孙丹凤,苏玉成. 基于 HPS 教学模式的教学过程设计——以“电子的发现”为例. 物理教学探讨,2019,37(11):28 - 31,36.

[2]张健,王华,李春密. 促进科学本质认识的 HPS 教学过程构建——以“牛顿第一定律”教学为例[J]. 物理教师,2021,42(2):12 - 16.

[3]杜娅婷,汪志荣. 高中物理教学融入 HPS 内容促进科学本质的认识——以《库仑定律》一节的教学为例[J]. 物理教学探讨,2019,37(12):11 - 17.

[4]田川,梅家烨,周智良. 核心素养导向下的 HPS 教学——以“玻意耳定律”的教学为例[J]. 物理教学,2020,42(6):8 - 11.

[5]高矿. HPS 教学模式在高中物理教学中的应用——以原子核式结构模型的教学为例[J]. 物理教师,2013,34(2):15 - 17.

[6]郭奕玲,沈惠君.《物理学史》[M]. 北京:清华大学出版社,1993:241 - 248.

[7]郭奕玲,沙振舜,沈惠君.《物理实验史话》[M]. 北京:科学出版社,1988:190 - 199.

【作者简介】李瑞明,辽宁师范大学物理与电子技术学院学科教学(物理)专业在读研究生,主要从事中学物理教学研究(辽宁　大连　116021);白素媛,辽宁师范大学物理与电子技术学院副教授,硕士生导师,主要从事凝聚态物理、中学物理教学研究。

【原文出处】《湖南中学物理》(长沙),2023.5.60 ~ 63,13

China Social Science Excellence .All rights reserved. https://www.rdfybk.com/