

基于教材对比分析的高中物理归纳 推理能力教学建议

吴春晓 (华中师范大学人工智能教育学部 湖北 430079; 四川省成都市第七中学 四川 610041)
李维 (武汉市江汉区教育局教研培训中心 湖北 430022)
黄致新 唐世杰 (华中师范大学人工智能教育学部 湖北 430079)

摘要 归纳推理和演绎推理这两种推理能力对于物理的学习和研究都至关重要,但是目前的高中物理课堂教学和考试评价主要针对的是演绎推理能力,而较少涉及归纳推理能力。作为学生认知发展的关键阶段,高中自然也是培养归纳推理能力的关键时期。在对现行的人教版、教科版、鲁科版、粤教版、沪教版、沪科版等六个版本新教材进行研究后发现:“归纳”一词在不同版本新教材中出现的频率并不相同,同时其培养场景也不尽相同。在教材分析的基础上,结合教学实际,给出了归纳推理能力培养的教学建议:引导学生认识到归纳推理方法的多种应用场景、引导学生感受实验归纳和理论演绎的不同作用、结合真实物理情景提升归纳推理能力。

关键词 归纳推理能力 高中物理 教材分析

文章编号 1002-0748(2024)4-0012

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

国家的强大离不开科学技术的发展,而科技的进步离不开人才的培养。物理学作为自然科学的一个分支,其目的是研究自然界物质的结构、性质、运动规律及物质间相互作用规律。伽利略作为物理学发展史上里程碑式的人物,他将逻辑推理和实验结合起来,形成了实验方法、逻辑方法和数学方法相结合的物理学研究范式^[1]。在物理学的研究进程中,对实验现象的归纳推理能力至关重要。比如:开普勒基于第谷二十余年关于 1 000 多个新天体的观测记录中归纳出“开普勒三定律”,密立根从 140 余次观测中归纳出电子的电荷量,卢瑟福从八万多次 α 粒子散射实验中归纳出卢瑟福原子结构模型,这些都离不开归纳推理能力。所以,从众多数据中归纳出结论的归纳推理能力以及将既有的发现推广至新物理情景的推理演绎能力,共同构成了物理学发展的基石。

归纳推理能力对于学生在高中阶段的物理学习有着至关重要的作用,对于高中生的归纳推理能力进行有效的引导,能够为其后期学习奠定坚实的基础。《普通高中物理课程标准(2017 年版 2020 年修订)》(以下简称“新课标”)就明确指出需要培养学生“能够给予实验数据的特点,归纳出实验结论”^[2]的能力。本文选取基于新课标新编或修订的人民教育出版社版本(以下简称“人教版”)、教育科学出版社版本(以下简称“教科版”)、山东科学技术出版社

版本(以下简称“鲁科版”)、广东教育出版社版本(以下简称“粤教版”)、上海科技教育出版社版本(以下简称“沪教版”)、上海科学技术出版社版本(以下简称“沪科版”)等六个版本的新教材进行研究,以期分析其对归纳推理能力的培养策略,并在此基础上进一步给出教学建议。

1 不同新教材针对归纳推理能力培养的词频对比

人教版选修二在“科学方法”栏目给出了“归纳推理”的明确定义:“归纳推理是从一类事物的部分对象所具有的某种属性出发,推理出这类事物的所有对象都具有共同属性的推理方法,也就是由具体结论推理出一般规律的方法。”^[3]并且指出了归纳推理和演绎推理的区别:“归纳推理是从物理现象出发研究问题,而演绎推理则是由已知物理规律出发研究问题。”除了对归纳推理这种科学方法进行明确的定义之外,教材还从其他方面体现出对归纳推理能力培养的重视。

六个版本的高中物理新教材都包含了三册必修和三册选修,所涉及的物理知识基本相同,但是不同的版本,基于所针对的地区不同可能会有不同的侧重。词频统计能够在一定程度上反映教材对相关概念的重视程度,表 1 所示为各版本普通高中物理教材各册出现“归纳”一词的频率。由表 1 可以看出,沪教版和沪科版教材中“归纳”一词出现的频率远高

于其他版本教材。人教版教材虽然词频不是最高的,但是在人教版必修一的教师用书中“归纳”一词就出现了 14 次,鼓励教师帮助学生观察实验现象或者分析实验数据之后得出正确的结论。但是,词频所能反映的信息有限,于是就需要深入了解不同教材都是如何培养高中学生物理归纳推理能力的。

表 1 各版本普通高中物理教材各册出现“归纳”一词的频率

版本	必修一	必修二	必修三	选修一	选修二	选修三	合计
沪科版	10	4	1	4	11	3	33
沪教版	3	4	4	2	1	4	18
人教版	1	5	0	0	6	0	12
教科版	4	0	1	1	2	1	9
鲁科版	1	3	1	0	3	0	8
粤教版	2	1	2	0	1	1	7

2 不同新教材针对归纳推理能力培养的场景对比

2.1 从实验数据归纳出物理规律

实验是物理学研究的基石,于是,从实验数据归纳出物理规律的归纳推理能力就显得尤为重要。牛顿运动定律作为著名的实验规律,学生对其来源一直非常好奇。人教版教师用书中指出,教师可以把牛顿第二定律作为“通过实验归纳出的定律”直接加以介绍,同时指出牛顿的研究以培根的实验归纳法为基础,并且吸收了笛卡尔的数学演绎体系。教科版教材必修一也明确提出需要学生基于实验数据“分析实验数据,归纳得出结论”^[4]。

由于物理学科的特点,归纳推理是物理研究和物理概念或者规律生成不可或缺的重要推理能力。牛顿第二定律、安培力的方向、感应电流产生的条件等相关内容中,各版本教材都选择使用归纳推理的方法,同时也都不约而同地点明了所用的方法是归纳推理。

不同版本的教材还在其他内容中对归纳推理方法进行引导,见表 2。例如:沪科版教材在自由落体运动部分的课后习题中,鼓励学生通过表格数据,归纳自由落体的下落时间和下落高度之间的关系;教科版教材鼓励学生通过实验现象归纳匀变速直线运动的规律;粤教版教材鼓励学生基于实验结果归纳出物体在三个共点力作用下的平衡条件;鲁科版教材鼓励学生通过探究弹簧伸长量与弹簧弹力的关系归纳出胡克定律;人教版教材介绍了开普勒耗时 16

年将第谷的几千个数据归纳成了“开普勒三大定律”;粤教版教材在“电场力做功”部分提到了对重力做功特点进行归纳。

表 2 各版本普通高中物理教材中涉及从实验数据归纳出物理规律的内容概览

版本	个性内容	共性内容
人教版	开普勒三定律	
教科版	匀变速直线运动的规律; 库仑定律; 巴耳末公式	
粤教版	物体在三个共点力作用下的平衡条件; 库仑定律; 重力和电场力做功的特点	牛顿第二定律; 安培力方向的判断; 感应电流产生的条件
鲁科版	弹簧伸长量与弹簧弹力的关系向心力公式	
沪教版	强调玻意耳定律是在实验的基础上归纳的	
沪科版	自由落体的下落时间与高度的关系; 圆周运动相关物理量之间的关系	

2.2 从物理现象归纳出物理概念或模型

不仅仅是物理规律需要通过归纳推理的方式构建,学生在理解新的物理概念或者构建新的物理模型的时候,也需要建立在学生对真实世界或者相关物理现象的观察和归纳的基础上。各版本教材涉及从物理现象归纳出物理概念或模型的内容见表 3。

表 3 各版本普通高中物理教材中涉及从物理现象归纳出物理概念或模型的内容概览

版本	内 容
人教版	鼓励学生用语言归纳所学知识
教科版	归纳出反冲现象的特征
沪教版	归纳出位移和路程的区别; 基于三个观点归纳出亚里士多德认为“力是维持物体运动的原因”
沪科版	归纳超重和失重的条件; 归纳出速度和加速度随位移变化的规律; 归纳出平抛运动在竖直方向的运动规律

人教版教材必修一在“章末总结”部分就鼓励学生用语言归纳所学知识。教科版教材鼓励学生基于对所给物理现象的观察,归纳出反冲现象的特征。沪教版教材鼓励学生基于实例归纳出位移和路程的区别;在“牛顿运动定律”章节开头,并没有直接给出亚里士多德的观点,而是列举了三个他的观点,再归纳成“力是维持物体运动的原因”;在学生学习了机

械波之后,在学习电磁波的过程中,如果能够用到类比的方式将电磁波和机械波进行类比和比较,能在一定程度上帮助学生理解新的知识。沪科版教材在研究超重和失重时,鼓励学生基于现象归纳超重和失重的条件;鼓励学生基于平抛运动和自由落体运动落地的先后,归纳出平抛运动在竖直方向的运动规律;鼓励学生基于弹簧振子振动的过程中各个物理量的变化关系,归纳出速度和加速度随位移变化的规律;在构建机械波模型的过程中,引导学生感受抽象和归纳的方法;在探究光的折射现象时也鼓励学生运用“归纳、推理与实验探究结合的方法”。可见,在将物理现象归纳为物理概念或物理模型的过程中,沪教版和沪科版教材对于归纳推理方法的应用引导中更倾向于反复提及归纳这一方法。

这种将归纳运用于新概念理解的方式,有利于学生理解和运用新接触的物理概念。所以利用归纳推理的方式不仅能帮助学生理解所学知识,也能协助学生构建既有的知识体系,甚至创生出新的知识,这样的归纳推理能力能够帮助学生更好地活学活用所学知识。

2.3 归纳所学规律的应用场景和分析步骤

在高中物理的学习过程中,物理概念和物理规律的认知和理解只是物理学习的第一步,接下来更重要的是如何运用所学的物理概念和物理规律。而在物理概念和物理规律的应用过程中,学生需要考虑究竟哪些物理情景可以运用特定的物理规律,同时还需要了解物理规律应用过程中的规范流程和相关特点。

人教版教材必修一在“讨论交流”环节,鼓励学生归纳牛顿运动定律能解决的问题特征,以及解决问题的一般思路和方法。教科版教材选修二在“交流讨论”环节,帮助学生归纳了利用楞次定律判断感应电流方向的 5 个步骤。沪教版教材从必修一的牛顿运动定律开始,就有意识地引导学生归纳该定律能够解决哪些类型的问题,并且归纳解决问题的要点和步骤。之后在必修二动能定理部分、选修一动量守恒部分、选修三的玻意耳定律部分和结合能部分,都再次强调了对解决问题步骤归纳的重要性。甚至进一步鼓励学生对既有归纳结果进行评价,从形成性评价的维度引导学生进行互评或者自评。由此可见,教材编写者对于归纳能力的培养有相对而言比较稳定的认识。沪教版教材还鼓励学生归纳电场线的特点,思考电场线是否能相交。总体而言,沪

教版教材对于规律应用场景的相关归纳涉及最多(见表 4)。

表 4 各版本普通高中物理教材中涉及归纳所学规律的应用场景和分析步骤的内容概览

版本	个性内容
人教版	鼓励学生归纳牛顿运动定律能解决的问题特征
教科版	帮助学生归纳利用楞次定律判断感应电流方向的 5 个步骤
沪教版	引导学生归纳哪些定律能解决哪些物理问题同时归纳具体的分析步骤(在牛顿运动定律、动能定理、动量、玻意耳定律、结合能中反复提及); 引导学生归纳探究库仑定律实验设计的巧妙之处; 鼓励学生归纳电场线的特点

3 高中学生物理归纳推理能力培养的教学建议

3.1 在多种场景中利用稳定的教学策略培养归纳能力

高中学生物理归纳推理能力不仅仅是基于实验数据归纳出对应的物理规律,还可以帮助学生基于对物理现象的观察归纳出物理概念或者构建物理模型,甚至是将已有的知识进行整理从而归纳出个人的认知结构。只有个体形成了有条理的认知结构,才能更好地解决物理问题。而归纳推理能力的培养并不是一蹴而就的,在不同情境下的归纳推理能力自然就需要在对应的物理情景中进行引导培养。

物理观念的构建是物理学习的基石,新的物理概念必须建立在足够的实时观察的基础上。如果学生只是简单地知道比如“向心力”之类的物理概念,以及它们的定义,而并没有在实际的生活中感知过对应的物理量的话,则很难真正理解其含义。所以,在构建物理观念的时候,教师需要对学生的既有认知和生活经验有一定的了解,尽可能地列举跟他们生活息息相关的实例,帮助他们搜集可供归纳的素材。只有这样,学生归纳起这些例子的特征才能有的放矢。

物理规律的理解是物理学习的核心,而物理规律的生成方式在很大程度上影响着学生对该规律的理解。无论是牛顿第二定律、安培力方向判断的规律还是感应电流产生的条件,在高中阶段都无法通过原理推理得出,所以,通过实验数据进行归纳推理则成为非常行之有效又方便学生理解的方式。人教版教材进一步指出,归纳的成功离不开广博的知识、清晰的头脑,同时需要借助数学语言构建

规律。

知识体系的构建是物理学习的关键,高中物理的重点和难点在于学生在知道了数个规律之后,究竟应该在何种情况下、使用何种规律、以怎样的方式和流程来解决问题。教师在学生学习比较复杂的规律时,引导学生认识到物理问题的解决是有规范的步骤可以遵循的。在遇到不同的规律时,引导学生总结规律的适用或者不适用的情景。比如,动能定理适合解决多过程问题,但是无法求解运动的时间; $v-t$ 图能解决复杂的追及相遇问题,但是无法表征物体的出发点等。

3.2 在同一场景中引导学生感受归纳和演绎的不同作用

粤教版教材必修二在“万有引力定律”一节的“实践与拓展”部分,给出了牛顿所提出的推理法则之一:“在实验哲学中,我们必须将由现象所归纳出的命题视为完全正确的或基本正确的,而不管想象所可能得到的与之相反的种种假说,直至出现了其他的或可排除这些命题,或可使之变得更加精确的现象。”同时在讨论牛顿定律的局限性时,指出科学家们使用了“归纳与演绎、综合与分析”等方法,并多次强调对“实验归纳和理论演绎”的物理问题研究方法的体会。

归纳推理能力和演绎推理能力是逻辑学中非常重要的两种推理能力,这两种推理方式在物理学的发展史上都起到了至关重要的作用。对于物理定律,我们不仅需要能从实验数据中归纳出来,还需要能够从物理原理的角度对之进行总结。沪教版教材必修二中指出,牛顿的研究方法可以称为“归纳—演绎法”,并指出从第谷到开普勒再到牛顿他们的研究方法是物理学研究的重要模式。沪教版教材选修二“电磁感应与现代生活”一章的“开篇语”中明确指出了物理学中的重要方法有实验归纳和理论演绎两种。沪教版教材选修三在“玻意耳定律的微观解释”部分甚至强调,该定律虽然是在实验基础上归纳得到的,但是它还有微观上的本质原因。这就从数据归纳和理论推导两个维度对玻意耳定律进行了解释。沪科版教材也鼓励学生认识实验归纳和理论演绎两种方法。故在教学中,需要注意帮助学生运用归纳和演绎两种方式进行推理。

3.3 在真实物理情景中提升学生的归纳能力

爱因斯坦说过:“真正的学校教育是所有知识都遗忘之后剩下来的那些东西。”相较于演绎推理能力而言,归纳推理能力对于学生日后的日常生活也是

非常重要的能力。人们会不自觉地构建因果关系,但是如果没经过科学的培训,其构建的因果关系往往并不合理。在这个过程中,可能需要用控制变量法、类比法等多种方法,而这些方法都可以在高中物理学科教学中得到有效的训练。比如:沪科版教材必修三中通过了解能源的开发与利用方式引导学生体会归纳与提炼的思维方法。

沪教版教材选修二在“麦克斯韦的电磁场理论”一节开篇中提到了“到 19 世纪中叶,人们希望对众多的电磁学定律进行归纳和总结,找到电磁学的基本规律”。沪科版教材在介绍牛顿运动定律时,明确指出牛顿三大定律是后人在牛顿的三个运动规律命题的基础上归纳得出的,同时在引入牛顿第三定律时还强调了它是通过大量的实验和观察得出的,并强调科学家们不是通过几次实验就能得出结论,而是要搜集大量的事实实验才能归纳出某一规律。这就意味着学生在今后的日常生活中,不能仅通过一两个孤例就妄下定论,而是需要搜集到足够多的例子再进行判断。沪教版教材必修三在“节约能源、保护资源与可持续发展”一节中,鼓励学生去调研不同汽车的 100 km 耗油量,从而自行归纳出节约汽油的方法。这种方式跟学生生活息息相关,同时也能更好地培养学生解决实际问题的能力。沪教版教材必修三中对“库仑扭秤实验”并没有要求学生归纳其实验结论,而是归纳该实验设计的巧妙之处,这样的提问方式不仅能帮助学生理解库仑定律本身,同时能帮助学生体会物理规律构建过程中的困难和巧思,甚至引发对物理学家智慧的赞叹。

4 结语

本文通过对六个版本新教材的文本分析发现,在高中物理教材中主要有三个方面体现出了教材编写者对学生归纳推理能力培养的思路:①从实验数据归纳出物理定律;②从物理现象归纳出物理规律或模型;③归纳所学规律的应用场景和分析步骤。同时,教师在利用相关教材在进行实际教学时,也需要采取合理并稳定的归纳推理能力培养手段:①可以在多种场景中利用稳定的教学策略培养归纳能力;②在同一场景中引导学生感受归纳和演绎的不同作用;③在真实物理情景中提升学生的归纳能力。希望能够通过以上研究引起高中物理教育工作者对于归纳推理能力培养的重视,同时对归纳推理能力培养的方法和手段展开进一步研究。

(下转第 67 页)

(续 表)

运动过程	线框右边进入磁场	线框全部进入磁场后到离开磁场前
受力分析	$F_{合3} = BIL = \frac{3B^2L^2}{5R_0}v$ 方向与运动方向相反	$F_{合4} = BIL = \frac{2B^2L^2}{5R_0}v$ 方向与运动方向相反
$v-x$ 图象		<p>图 12</p>
图象斜率分析	$k'_1 = \frac{a}{v} = \frac{F_{合3}}{mv} = \frac{3B^2L^2v}{5mR_0} = \frac{3B^2L^2}{5mR_0}$	$k'_2 = \frac{a}{v} = \frac{F_{合4}}{mv} = \frac{2B^2L^2v}{5mR_0} = \frac{2B^2L^2}{5mR_0}$
$v-x$ 函数	$v = v_0 - k'_1 x = \frac{B^2L^3}{mR_0} - \frac{3B^2L^2}{5mR_0}x$	$v = v_1 - k'_2 x = \frac{2B^2L^3}{5mR_0} - \frac{2B^2L^2}{5mR_0}x$
线框速度变化情况	由 v_0 减到 $\frac{2}{5}v_0$	由 $\frac{2}{5}v_0$ 减到 0
能量守恒分析	根据能量守恒定律得： $Q_{R_1} = \frac{2}{15}Q_{\text{总}} = \frac{2}{15} \times \frac{1}{2}m(v_0^2 - v_1^2)$	根据能量守恒定律得： $Q'_{R_1} = \frac{4}{5}Q'_{\text{总}} = \frac{4}{5} \times \frac{1}{2}mv_1^2$
$F_{安}-x$ 图象		<p>图 13</p>
功能关系分析	$Q_{R_1} = \frac{2}{15}Q_{\text{总}} = \frac{2}{15}W_{\text{克安}} = \frac{2}{15} \times \frac{F_0 + F_1}{2}L$	$Q'_{R_1} = \frac{4}{5}Q'_{\text{总}} = \frac{4}{5}W'_{\text{克安}} = \frac{4}{5} \times \frac{F_2}{2}L$
结论	$Q_{R_1} = \frac{7}{125}mv_0^2$	$Q'_{R_1} = \frac{8}{125}mv_0^2$
	$Q = Q_{R_1} + Q'_{R_1} = \frac{3}{25}mv_0^2 = \frac{3}{25}m\left(\frac{B^2L^3}{mR_0}\right)^2$	

5 结束语

本文选取 2023 年高考全国新课标卷理综压轴题磁阻尼运动典型例题, 从动力学和动量观点剖析得到磁阻尼运动物体的速度随位移均匀减小, 称作“另类的匀减速直线运动”。通过对比剖析得到 $v-x$ 图象的物理意义, 并以此分析得到该运动的受力特点, 从而巧妙运用 $v-x$ 图象求解问题。平时的

物理教学中, 教师要善于启发和引导学生运用不同的物理观念和图象的视角分析和解决问题, 培育学生的物理学科核心素养, 提升学生的高阶思维能力。

参考文献

- [1] 刘昌荣. 关于一道 $v-x$ 图象题情境真实性的探讨[J]. 物理教学, 2021(8): 77—79.
- [2] 李鑫. 探讨“另类”匀变速运动[J]. 物理教学, 2019(2): 11—14.
- [3] 彭前程, 黄怒伯. 普通高中教科书·物理(选择性必修第二册)[M]. 北京: 人民教育出版社, 2019: 27.
- [4] 陈熙谋, 吴祖仁. 普通高中教科书·物理(必修第一册)[M]. 北京: 教育科学出版社, 2019: 106.

(上接第 15 页)

参考文献

- [1] 杨庆余. 物理学史[M]. 北京: 中国物资出版社, 2004: 120.
- [2] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017 年版 2020 年修订)[S]. 北京: 人民教育出版社, 2020: 27.