基于经验生长的科学思维培育策略

——以“牛顿第一定律”教学为例

李 刚
(苏州市教育科学研究院,江苏 苏州 215000)

摘 要:以苏科版初中物理“牛顿第一定律”教学为例,具体阐述了基于经验生长指向科学思维培育的教学实施:先思后动反刍经验,思辨概括明晰问题;先错后纠重组经验,分析综合优化设计;先试后导迁移经验,推理论证进阶认识;先糙后优同化经验,归纳概括揭示本质;先点后联整合经验,质疑创新拓展延伸.

关键词:牛顿第一定律;经验;科学思维

1 问题的提出

1.1 生活中有关“力”的迷思概念在教材中的体现与突破

义务教育苏科版物理教材中,关于“力与运动”主要安排在第9章,共3节内容,旨在帮助学生初步认识力是改变物体运动状态的原因,形成动力学的基本观念,并回应和支撑第8章力的测量原理的科学应用;同时也为第10章“压强和浮力”的学习奠定动力学基础,能够继续深化力的两个作用效果——使物体产生形变、改变物体的运动状态,同时初步领会在进行动力学研究时,对力、运动状态、运动状态变化过程所采用的研究方法.在教学过程中,我们发现学生学习中出现了许多迷思概念(如表1所示),需要教师在教材中相应的章节中予以突破解决.

表1 学生学习中的迷思概念

手推不动物体时,推力小于摩擦力	“二力平衡”的学习中加以突破,认识处于平衡状态的物体的受力特点
匀速直线运动的物体要受到力的作用,并且受力方向与速度方向相同	
两个做匀速直线运动的物体,速度大的物体受到的力越大	
物体不受力处于静止状态	“牛顿第一定律”学习中通过思辨、实验、讨论、推理、论证等暴露学生的错误观念,并加以顺应同化,针对学生的错误认识、迷思概念开启发现学习,理解思想方法,化知识为素养
物体运动时需要力维持	
速度越大的物体,其运动状态越不容易改变	
物体惯性的大小不仅与质量有关,还与速度有关	
原来运动的物体受到与运动方向相反的力时,一定立刻会做减速运动	“力与运动的关系”教学中,在物体不受力与受到平衡力的基础上,分析非平衡状态的物体与所受到的非平衡力的关系,构建完善力与运动的知识体系
物体受到力的作用时,速度会发生突变	
做曲线运动的物体,其受到的力的大小和方向不可能保持不变	
做曲线运动的物体受力方向与运动轨迹方向相同	

1.2 “牛顿第一定律”蕴含丰富的科学思维

《义务教育物理课程标准(2022年版)》中指出:“科学思维主要包括模型建构、科学推理、科学论证、质疑创新等要素.”科学思维是物理学科核心素养的核心,科学教育重在培养学生的科学思维.“科学思维”是物理学科核心素养的重中之重,是物理观念、科学探究、科学态度与责任的基础与内核.科学思维是从物理学视角对客观事物的本质属性、内在规律及相互关系的认识方式;是建构物理模型的抽象概括过程;是分析综合、推理论证等方法在科学领域的具体运用;是基于事实证据和科学推理对不同信息、观点和结论质疑和批判、予以检验和修正、进而提出创造性见解的品格与能力.

“牛顿第一定律”的教学,首先,就是关于“物体运动原因”的问题提出.此部分的学习主要以日常生活现象为素材,挖掘教材图片的对话内容,以

中国知网 https://www.cnki.net

观察与思辨为活动方式,引导学生讨论交流话题,抓住问题的关键因素.

其次,关于探究阻力对物体运动影响的实验设计,是本节课的教学重点,能够反映伽利略的理想斜面实验的精髓,显化物理科学方法在解决问题过程中的重要功能.在本节教学中,一是对实验收集证据的处理与加工,自然呈现小车在不同材料的水平面上滑行的距离不同的现象,学生对数据重组、归纳等,构建“学生和科学家的共同体”,把前人从事智力活动的思想、方法转化为学生的认识能力和思维方式.二是在科学探究中丰富规律的内涵与外延,教材实验问题的设计,指向当小车不受力时,将一直做匀速直线运动.这是笛卡尔对力与运动的研究成果.但牛顿第一定律还包含物体静止的情况,这就要求设计活动驱动学生完善对规律的理解,把握实验加科学推理法的实质,发挥科学推理在方案设计、进行实验与收集证据等环节重要作用,培养学生的高阶思维能力.

再次,关于惯性是物体的固有属性的教学重点.一是以受力分析深化学生对规律的理解,破除学生的错误前概念,及时寻找问题的根源,惯性是维持物体运动的原理,把握学科内容的本质.二是转化问题情境,创设悬挂在匀速直线运动的小车内的小球下落的真实情境,分析小球下落的位置.通过演示实验论证学生所得结论的科学性,观察小球下落位置是否变化,将理论与实践结合,论证惯性是物体的固有属性.最后,以物理学史为素材,相对完整地重演知识的形成过程,引导学生参与到科学家当年的研究过程之中,构建概念地图与开放性问题讨论,审视科学家的研究方法,获得多方位的素养培养.能让学生更全面地了解伽利略的研究过程,对科学的发展既具有必然性又具有偶然性有了真切的认识,体会到质疑以及批判性思维对于推动科学发展的积极作用.

2 基于经验生长的科学思维培育教学策略

建构主义认为学生的学习是将已有经验与接受到的新信息进行加工、对比、分析、批判和甄选,从而建构自己的理解.学生原有的迷思概念不但是教学时要改变的对象,更是教学的起点.教师要找准迷思的根源,创设情境并辅以适当的引导,就能使学生脑海中的迷思概念转化为科学的物理认知,从而帮助学生逐步树立正确的物理观念,形成科学思维.然而,以往科学教学往往轻归纳,轻抽象概括,事实上,在平常的很多推论中,凡是那些没有在科学方法指导下进行的推论,性质都属于经验.经验思维依靠自然界偶然呈现给我们的某种情境的联系,科学思维则有意识地、有目的地使这种联系显示出来,使形成的概念获得科学的保证.笔者以学生的已有经验为起点,对学生经验重组、转换、加工和整合设计探究性活动,引导学生掌握物理原理与规律,激活学生的科学思维,有效发展学生的核心素养.

2.1 先思后动反刍经验,思辨概括明晰问题

如图 1 所示,呈现教材文本,教师提出问题:你赞成他们的观点吗?列举生活中常见的现象,暴露学生的错误前概念.以学生经验为起点,设计问题链(表 2),驱动学生明确研究的问题.



图 1 教材图片

表 2 问题链

问题链	反刍经验 思考问题	动手操作 明晰问题	思辨概括 得出结论
1	要使水平桌面上的小车运动起来,有哪些方法?	对小车施加力(推力、拉力等)可使小车运动起来	力可以使物体由静止变为运动
2	运动的小车在撤去推(拉)力后是否马上停止?	小车没有马上停止,继续运动一段距离	可以不需要推(拉)力来维持
3	小车最终为什么会停下来?	最后停下来	力(阻力)使物体由运动变为静止
4	实验 1、3 中力的效果为什么不一样?1、3 初步概括可得出什么?	由于力的方向不同导致其作用效果不同	力是改变物体运动状态的原因,同时物体的运动状态发生改变是由于受到力的作用

教学中融入亚里士多德和伽利略对力与运动的研究的物理学史,引导分析发现错误观点形成的主要原因,是人们没有察觉到阻力(摩擦力)对

中国知网 https://www.cnki.net

物体运动的影响,进而引导学生探究阻力对物体运动的影响.由于迷思概念的顽固性和隐蔽性,学生只有对问题深入思考后,再经历科学探究,才能有效破除已有经验的消极作用,为形成科学的物理观念奠定基础.

2.2 先错后纠重组经验,分析综合优化设计

科学探究活动的整体实施依托科学推理的引领架构,应用控制变量的思想统筹规划变量选定、方案设计、器材选取和观察内容等,以台阶式的问题链推进科学探究的进程.问题 1:要使小车在水平桌面的运动维持时间长些(运动得更远),有哪些方法? 问题 2:影响小车在水平面上运动距离的因素有哪些? 问题 3:只探究阻力对小车运动的影响,应控制什么因素相同? 问题 4:需要哪些器材? 问题 5:需要观察什么现象? 经过问题的思考,提供实验器材:小车、斜面、棉布、木板、玻璃板,学生小组合作设计实验.教师利用投屏技术实时抓拍学生动手操作中出现的优点与不足,提出汇报内容框架,学生小组使用器材模拟交流分享方案,师生共同评估.在展示过程中,出现了相关的问题,图 2 中斜面的摆放位置错误,图 3 中小车下滑至水平面右端后发生反弹等现象.



图 2

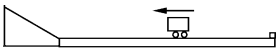

图 3

2.3 先试后导迁移经验,推理论证进阶认识

针对方案的改进优化后,学生合作完成实验,收集相关的证据,填写数据表格.由于实验操作的开放性,学生所收集数据的顺序存在差异,致使部分小组尝试分析数据得出结论时存在困难.教师提出问题:在规整实验数据时,是否需要按一定的顺序? 分析处理后得到表 3 所示的数据,学生得出结论:初速度相同时,小车受到的阻力越小,小车运动路程越长.由此推理可知:当表面绝对光滑时无阻力,运动距离为无限长.从而得出结论:不受到阻力作用,运动的小车将永远运动下去.教师对实验+逻辑推理的科学方法进行小结,回忆以往所学的内容中,在探究真空能否传声时也应用了该方法.教师追问:在实验事实的基础上进行推理,得出的结论可信吗? 依据是什么? 以科学方法链接各个知识板块,使得建构的物理知识体系更具有张力,培养学生的批判性思维.

表 3 实验数据结果

实验次数	表面材料	阻力大小	运动距离
1	棉布	最大	较短
2	木板	较大	较长
3	玻璃	最小	最长

教师提出问题:如果水平面铺的是绝对光滑(不受阻力)材料,当改变小车释放的高度后,释放的小车将如何运动? 让学生补充完善表 4.

表 4 实验结果记录

实验次数	释放高度	小车到达水平面的初速度	小车运动情况
1	最高	最大	以最大速度一直运动
2	较高	较大	以较大速度一直运动
3	较低	较小	以较小速度一直运动

再次使用实验+逻辑推理法可得,当释放高度为 0,小车在水平面的初速度为 0,小车保持静止.由此得出结论:不受阻力时,静止的小车在水平面将保持静止.该问题是对教材内容的开发与补充,以科学方法为载体显化物理学史上伽利略对斜面实验的研究思想,合理渗透初高中物理教学的衔接.

2.4 先糙后优同化经验,归纳概括揭示本质

通过实验学生对阻力对物体运动的影响有了较为零散的认识,尚未凝练形成观念性的认知.教师归纳两次“实验+推理”的结论,概括为小车在水平面不受阻力时,将保持匀速直线运动或静止状态,进而将小车推理为一切物体,再把不受阻力推理为没有受到力的作用,自然得出牛顿第一定律的内容,揭示牛顿第一定律的内涵与外延.牛顿第一定律描述了物体不受力的运动情况,自然界没有不受力的物体,所以无法用实验直接验证,但大量事实证明这一定律是正确的.

通过对牛顿第一定律的解读,引导学生进一步思考.问题 1:如图 4 所示,物体在光滑的水平面上向右做什么运动? 作出其受力示意图.在训练学生受力分析的重要技能过程中,设置具体的问题情境评价学生对牛顿第一定律的应用.破除学生的错误前概念后,及时寻找问题的根源,惯性是维持物体运动的原理,把握学科内容的本质.问题 2:用细线在车厢内挂着一个铁球,与汽车一起向右做匀速直线运动,如图 5 所示. (下转第 52 页)

中国知网 https://www.cnki.net

好，为教学提供了参考.

参考文献：

1 朱小飞.如何保证库仑定律演示实验的成功[J].物理教师，2014，35(3)：40－41.

2 张跃，范鸿飞.库仑定律演示实验的定量研究[J].物理教学，2017，39(8)：23－24，45.

3 何梁才.近真空环境下库仑定律定量探究演示实验的研究[J].物理教学，2021，43(11)：21－23.

4 胡科杰，戎杰.关于“库仑定律演示实验的定量研究”实验的商榷[J].物理教学，2019，41(5)：23，16.

5 刘雪芹，李登仟.利用光电效应原理估算孤立带电金属球上的电荷数量[J].重庆理工大学学报(自然科学)，2016，30(3)：116－120.

6 李多，李兰秀，陈家伟.两个带同性电荷导体球之间一直保持排斥力的条件[J].大学物理，2016，35(2)：17－20.

7 曹家骏.两带电金属球相互作用力[J].大学物理，1986(3)：8－11.

8 郭硕鸿.电动力学[M]. 北京：高等教育出版社，2003.

9 马朱林.也谈电摆法探究库仑定律的实验设计思想与建议[J].物理教师，2017，38(9)：20－22.

10 Perez A T. Charge and force on a conducting sphere between two parallel electrodes[J]. Journal of Electrostatics，2002(56)：199－217.

(收稿日期：2024－04－12)

(上接第 47 页)

不考虑空气阻力，将细线剪断后，铁球会掉在正下方 A 处还是 A 点的左侧或右侧？学生分析解决问题，解释其中的物理原理.教师自制教具演示模拟匀速运动小车中铁球下落的位置，再改变小车的速度观察现象，强化学生对惯性的认识.通过效果比较，知道惯性是物体的固有属性，了解牛顿第一定律是牛顿物理学的基石.

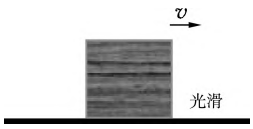

图 4 物体在光滑水平面运动

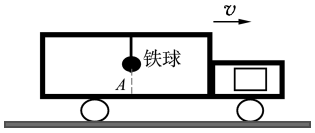

图 5 铁球与汽车共同运动

2.5 先点后联整合经验，质疑创新拓展延伸

教师介绍牛顿第一定律的主要发现过程：亚里士多德、伽利略、笛卡尔和牛顿等科学家的贡献与不足，辩证地看待问题.如伽利略通过斜面实验得出力是改变物体运动状态的原因.但是，他又同时认为，等速圆周运动也是一种惯性运动，而他的直线运动实际上只限于沿着水平面的运动，所以并没有全面地表述惯性定律.通过对牛顿第一定律的学习，由点带面逐步丰富知识网络，构建概念地图，如图 6 所示.教师以问题链来驱动学生查阅相关资料，拓展深化对牛顿第一定律的理解.问题 1：如何客观评价亚里士多德？问题 2：为何两千多年后伽利略才从根本上动摇了亚里士多德的观点？问题 3：伽利略所创建的科学研究方法是如何形成的？关键在哪里？问题 4：牛顿仅仅是对前人的工作做了简单的归纳和概括吗？他的高明之处到底在哪里？通过具体任务引导学生探索未知，追寻历史的进程，感悟科学家精神的实质，达成学科育人的教育功能，把蕴含在知识载体中的精神、态度转化为学生的行为准则.

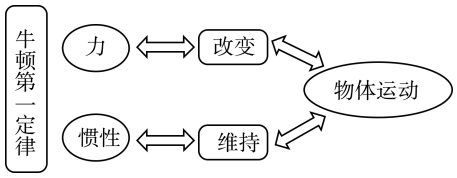

图 6 概念地图

3 结语

一是通过情境创设和问题串启发，帮助学生反刍经验，从中掌握学生的知识储备和经验水平，做到学生已经会的或者学生可以自己学会的东西不教，让教变得更加精准；二是通过问题链驱动和问题再问，将科学探究活动的设计转化成学生基于学科实践的问题解决，在学生综合运用知识解决实际问题的过程中，帮助孩子重组经验、改造经验、成长经验，促进学生深度学习，让学变得更加精慧；三是经验整合与问题再探，帮助学生走好从实验事实到科学真相的最后一步，在经验的整合中思辨悟理，帮助学生形成正确的、生动的物理概念，理解掌握物理规律，让教与学变得更加精彩.

参考文献：

1 董博清，彭前程.核心素养视域下科学思维的内涵及其实现路径[J].课程·教材·教法，2019(4)：84－90.

2 约翰·杜威.我们如何思维[M].伍中友 译.北京：新华出版社，2010.

3 郭奕玲，沈慧君.物理学史(第 2 版)[M].北京：清华大学出版社，2005.

4 郑康，刘霁华.核心素养视域下素养发展课堂的特征与建构[J].物理教师，2023(1)：29－34.

5 于士博，于海波.国内科学思维研究内容的综述与思考——以物理学科视角[J].物理教师，2022(4)：2－6，9.

6 项姿睿，桑芝芳. 新旧版义务教育物理课程标准“课程内容”难度比较分析——以“运动与相互作用”主题为例[J]. 物理教师，2022(4)：24－28，32.

(收稿日期：2024－03－26)

中国知网 https://www.cnki.net