

通过“层进式问题串”培养学生的科学思维

——以动量守恒定律教学片段为例

岳鹏

(中山市华侨中学 广东 中山 528400)

(收稿日期:2019-07-23)

摘要:培养学生的科学思维是物理学科四大核心素养之一,本文以“动量守恒定律”的教学片段为例,以“层进式问题串”的方式,通过理论探究得出并理解动量守恒定律的表达式,通过教学中层层递进的问题逐步培养学生建构模型意识和能力,能够从定性和定量两个方面对相关问题进行科学推理、找出规律、形成结论,养成“科学思维”的习惯。

关键词:核心素养 科学思维 层进式问题串 动量守恒定律 教学

1 引言

学科核心素养是学科育人价值的集中体现,是

学生通过学科学习逐步形成的必备品格和关键能力。物理学科核心素养包括“物理观念”“科学思维”“科学探究”“科学态度与责任”4个方面。其中科

此时调节两细线使其保持竖直状态,接下来改变两铁架台间的距离,研究运动状态下“主动”施力物体和“被动”受力物体间的相互作用定量关系,实验装置如图8所示,得到的实验图像如图9所示。

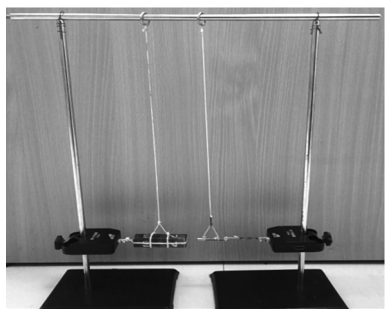


图8 磁铁和铁钉间作用自制实验装置

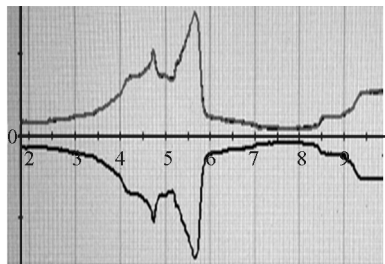


图9 磁铁和铁钉间作用DIS实验图像

实验得到的图像仍然关于时间轴对称,说明“主动”施力物体和“被动”受力物体间作用力和反作用力大小相等,方向相反,同时产生,同时变化,同时消失。

经历上面层次化的实验探究过程,学生对牛顿第三定律的内涵有了深刻的认识,并为后面理解不同质量物件间的万有引力关系和不同电荷量带电体间的库仑力关系打下坚实的基础。

深度学习过程是思维品质不断进阶的过程,促进深度学习需要借助学习进阶理论的指导。深度学习蕴含在从身体体验、情感体验到思维体验并不断深化的过程中;蕴含在从单一知识点到多元整合解决问题的过程中;蕴含在从外显学习行为到反思内化为观念的过程中。

参考文献

- 郭华. 深度学习及其意义[J]. 课程·教材·教法, 2016(11):25~32
- 康淑敏. 基于学科素养培育的深度学习研究[J]. 教育研究, 2016(7):111~117
- 付奕宁. 深度学习的教学范式[J]. 全球教育展望, 2017(7):47~55
- 任虎虎. 深度课堂的基本特征及构建策略[J]. 物理教学, 2018(6)
- 任虎虎, 张雨姝. 学习进阶理论视阈下科学建模教学的实践和思考[J]. 物理教师, 2018(4):21~23
- 任虎虎. 基于多维具身体验深度学习高中物理学重点[J]. 物理教师, 2018(10):28~31

学思维主要包括模型构建、科学推理、科学论证、质疑创新等要素^[1]. 核心素养是后天教育教学培养的结果,而课堂教学,尤其是新课的教学是落实核心素养的关键所在.

“层进式问题串”是指在一定的学习范围或主题内,围绕一定目标或某一中心问题,按照一定逻辑结构精心设计的一组有梯度的问题,其主要特征表现为:使学生成为问题情境中的角色,培养学生分析问题、构建模型、解决问题的意识和能力,促进学生发展^[2-3]. 本文以人教版“动量守恒定律”的课堂教学片段为例,简要阐释如何通过“层进式问题串”培养学生的科学思维.

2 教学设计思路

在人教版教材的设置中,本节课位于第十六章第3节. 前两节学生已经通过实验探究了碰撞中的

不变量,而且知道了动量和冲量的概念,所以本节课的重点是理论探究. 而理论探究必然涉及到模型构建、科学推理、证据、质疑创新等要素,这对培养学生的科学思维非常重要. 故本节课的育人目标就是培养学生的科学思维.

创造恰当的情境让学生围绕问题进行探索,既能作为课堂教学实施的有力保障,又能调动、启发学生积极思考、发现问题,促进教学的有效性^[4]. 在物理教学中,把物理观念和科学思维,用于分析、解决生活中的问题,可以有效促进物理核心素养的养成^[5]. 本节课的教学,笔者侧重实际情境的创建及相关问题的讨论、解决. 结合普通高中物理课程标准(2017年版)中物理学科核心素养的水平划分,笔者制定了各教学环节中科学思维要素的学习目标^[6],如表1所示.

表1 教学环节与科学思维水平目标细化表

教学环节	科学思维要素	科学思维水平	学生学习目标
3.1 导入环节	科学推理	水平2	能对比较简单的物理现象进行分析和推理,获得结论.能使用简单和直接的证据表达自己的观点;能在熟悉的问题情景中应用常见的物理模型
3.2 建立模型环节	质疑创新	水平3	能对已有观点提出质疑,从不同角度思考物理问题;能将实际问题对象和过程转换成物理模型
3.3 理论探究问题1-4	模型构建 科学论证	水平3 水平4	能利用已有知识对综合问题进行分析和推理,获得结论并做出解释;能恰当使用证据证明物理结论
3.3 理论探究问题5-10	质疑创新 科学论证	水平4 水平5	能新的情境中利用已有知识对综合性物理问题进行分析和推理,获得正确结论并作出解释;能考虑证据的可靠性,合理使用证据;能从多个视角审视检验结论,解决物理问题具有一定的新颖性

3 课堂教学设计

3.1 利用“问题串”有效导入

因为动量守恒定律的条件表述涉及到系统、内力、外力等概念. 故在课堂导入阶段应创设适当的情境,通过一系列的问题引导,让学生感受到研究的问题涉及到多个物体、多个对象,这时,必须建立一套规范的概念和语言,使得系统、内力、外力等概念的建立不生硬,不突兀. 本环节笔者利用了滑板游戏:首先,请一位学生站在滑板上(为保证安全,请一位会玩滑板的学生).

问题1:这位同学站在滑板上,怎样才能使他和滑板朝某个方面运动起来?(请该学生示范)

问题2:如果他不借助周围的物体,能不能使他向某个方向运动起来?(请该学生尝试)

对问题1涉及到的情境,学生们非常的熟悉,“用脚蹬地、推他一下”等答案学生们都能脱口而出. 接着抛出问题2,学生们发现如果不借助周围的物体,只能两边来回晃动,不能朝一个方向运动. 这两个问题使学生在非常熟悉的情境中出现了平时未思考过的问题,引起了老情境和新问题之间的冲突,能够激发学生进一步探究的欲望和兴趣. 此时,引导学生用自己的话更简洁地得出结论,必须借助“外力”才能使人和滑板向某个方向运动. 教师需注意,此时学生口中的“外力”是脱口而出,未经深刻思索和规范的. 教师应顺势引导,建立“系统”“内力”“外力”的规范概念.

问题3:如何判断一个力是内力还是外力?

对该问题,要给出几个实例让学生判断,强化规范;如果施力物体是系统内的物体,这个力就是内

力,施力物体为系统外的物体则该力为外力。

通过以上3个问题,有效地对课堂进行了导入,而且为接下来动量守恒定律的理论探究奠定了相关概念的基础。

3.2 利用“问题串”建立模型

在“单人滑板游戏”的基础上,创设新情境:“双人滑板游戏”。让两个站在滑板上的学生互推,请学生们观察并思考。

问题 1:互推后他们向哪个方向运动?

问题 2:谁运动得更远?

互推后两个学生向相反的方向运动,经学生观察得出质量小的学生运动得更远一些,说明“质量”和互推后获得的“初速度”是有关系的,质量 m 小,初速度 v 大一些,质量 m 大的,初速度 v 小一些。以上是学生根据观察得到的证据,而科学思维要求学生能基于证据大胆从不同角度思考问题。在这个时候教师要引导,能不能从质量 m 和速度 v 的乘积,也就是动量角度来研究这个问题?进而引出本节课的重点:如果把他们看成一个系统,系统总动量的变化满足什么规律?目前面临的是一个实际问题,而实际问题涉及到的东西比较多,较为复杂。此时,就需要引导学生从实际情境中抽象出物理模型。

问题 3:能否从滑板上两个同学的互推情境中,抽象出一个简单的物理模型?

课程标准要求学生要具有建构模型的意识 and 能力,而在实际教学中,如果教师不引导,学生是很难主动具有这个习惯的,教师经常引导,学生才能逐渐形成主动建构模型的习惯和能力。此处,还是需要教师主动点明要求。教师应强调,在人教版教材中有这样一句话:“原来连在一起的两个物体,由于具有相互排斥的力而分开,这也是一种碰撞。”所以刚刚这个“双人滑板游戏”可以看成是一个“碰撞过程”。至此,基于实际情境建构物理模型的过程完成。

3.3 利用“问题串”理论探究

在此,将前面建构的物理模型具体化,并设置“问题串”:在光滑水平面上做匀速运动的两个小球,质量分别是 m_1 和 m_2 ,沿着同一直线向相同的方向运动,速度分别是 v_1 和 v_2 ,且 $v_1 > v_2$ 。经过一段时间后, m_1 追上 m_2 ,两球发生碰撞,碰后速度为 v_1' 和 v_2' ,如图 1 所示。

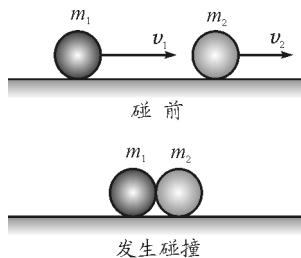


图 1

问题 1:两个小球在碰撞过程中各受到什么力的作用?

问题 2:对两个小球组成的系统,哪些力是内力,哪些力是外力?

问题 3:两个小球在碰撞过程中所受到的作用力 F_1 和 F_2 有什么关系?

问题 4:根据牛顿第二定律 $F = ma$ 及加速度 a 的定义式 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$,写出 F_1 和 F_2 与小球碰前、碰后速度的关系式。

学生推导过程

$$F_1 = m_1 \frac{v_1' - v_1}{\Delta t}$$

$$F_2 = m_2 \frac{v_2' - v_2}{\Delta t}$$

$$F_1 = -F_2$$

将上式联立整理得

$$mv_1 + mv_2 = mv_1' + mv_2'$$

这样经过层层问题的铺垫和引导,学生很容易自主推导出以上表达式。教师应对该表达式进行简单的说明:由于两个物体碰撞过程中的每个时刻都有 $F_1 = -F_2$,因此上式对碰撞过程中任意两时刻的状态都适用,也就是说系统的动量在整个过程中一直保持不变。因此我们说这个过程中动量是守恒的。

需要注意的是,此时只是推导出了上述模型中系统总动量满足的表达式,还没有归纳出动量守恒定律。物理规律都是有边界的,学生对规律的边界把握不好就容易出现问题,这也是本节课的难点所在。在高中物理学习的过程中,尤其是到了后期,各种守恒的条件堆在一起以后,学生很容易混乱。究其根本是在新课学习的过程中囫圇吞枣,没有真正理解守恒的意义和边界条件。对比,笔者设置了以下“问题串”。

问题 5:是不是任何碰撞,系统的总动量一定不变?

这个问题是学生在后期非常容易出现错误的地方,也是新课学习中一定要突破的点.针对此问题,笔者设置了简单的小实验:用手按住一个小车,快速推出另外一辆小车与其发生撞击.学生很容易观察到在该碰撞过程中,两个小车的总动量明显是不守恒的.接着再抛出问题6.

问题6:在刚才的碰撞实验中,两个小车的总动量为什么不守恒呢?

学生非常容易回答出:因为用手按住了小车.学生的表达往往比较直接,缺乏进一步的挖掘.此处,教师应进一步引导学生用本节课建立的规范语言再次回答:因为系统受到了外力,外力对系统的运动情况产生了影响.也说明在碰撞过程中,如果外力对系统的运动产生影响的时候,系统的总动量是变化的.

问题7:那么系统的动量在什么情况下保持不变呢?

在问题6的基础上,学生就比较容易回答了,条件是:系统不受外力.但教师要注意,物理规律的得出不能仅靠一个实验,要综合多种证据才能大胆总结.此处建议引导学生结合第十六章第1节“探究碰撞过程中的不变量”的几个实验案例,第1节实验案例中的实验装置“气垫导轨”“光滑水平面”都有一个共同的特点,保证系统水平方向不受外力,即系统的外力矢量和为零.在这种实验装置下,探究出碰撞中的不变量就是动量.

问题8:能否自己归纳出系统动量守恒的条件?

在以上多种证据的基础上,我们就可以大胆总结了:如果一个系统不受外力,或者所受外力的矢量和为零,这个系统的总动量保持不变.到这里,通过“问题串”学生已经自己说出了动量守恒定律的内容.教师应给予及时肯定,增强学生信心.

问题9:如何理解 $mv_1 + mv_2 = mv'_1 + mv'_2$ 这个表达式?

刚刚学生已经文字表述了动量守恒定律的内容,而该表达式就是把文字语言变成数学语言.教师应该进一步引导,所谓的守恒,换成数学语言就是任意两个时刻都是相等的.所以该表达式左边代表一个时刻,右边代表一个时刻,任意两个时刻系统总动量总是相等.在应用的过程中,应该选择两个时刻,求出前后总动量,然后列等式.这也就是动量守恒定

律的“同时性”.

问题10:现在能否解释“双人滑板实验”中为什么质量小的同学运动得更远?

最后前后呼应,解决课堂导入时的问题.

经过以上一系列的问题,学生才能真正理解动量守恒定律的内容和边界条件,完成文字语言和数学语言的统一.在“层进式问题串”的引导下,学生才可以找到思维的方向,思维的过程才得以开始.能够建构模型、根据证据科学推理、科学论证、质疑和创新这就是科学思维的过程.关于动量守恒定律的矢量性、相对性、普适性以及应用问题本文不再赘述.

4 结束语

物理是一门以实验为基础的科学,而科学思维则是物理的灵魂.科学思维是基于事实证据和科学推理对不同观点和结论提出质疑和批判,进而提出创造性见解的能力与品格.应用“层进式问题串”进行教学,是一种有效的教学方法,教师通过一系列的“问题串”能使学生的思维清晰,更深刻地理解其正在探究的问题,领悟探究活动的精髓^[2],也是落实物理核心素养培养的有效途径.而且,“层进式问题串”,符合建构主义学习理论中“最近发展区”的要求,每一个问题都是学生跳一跳能够得着的目标,科学地为学生搭建了“脚手架”,增强了学生学习物理的信心.物理核心素养的培养是一个长期的过程,作为物理教师,应该不断的探索,思考、实践,更好地引导学生走向更高人生的巅峰!

参考文献

- 1 中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标准(2017年版)[M].北京:人民教育出版社,2018.1
- 2 陈峰.“问题串”在物理探究教学中的应用[J].课程·教材·教法,2006(11):59~62
- 3 夏良英.探究“层进式问题串”教学模式,演绎高中物理活力课堂[J].物理教师,2018,39(8)
- 4 张喜荣,李子明,王新春.情境创设与问题有效性整合的案例研究[J].物理教师,2017,38(6):40~43
- 5 教育部.义务教育物理课程标准(2017年版)[S].北京:北京师范大学出版社,2017
- 6 颜少芬,付丽萍.基于科学思维能力培养的高中物理教学设计——以“安培力的方向”教学片断为例[J].物理教师,2019(5):6~9