

创设实验情境 活化物理概念 内化核心素养

——以“动量概念教学”为例

罗玉芹

(江苏省淮阴中学, 江苏 淮安 223002)

摘要: 物理学是一门以实验为基础的学科, 物理概念的建立常常需要在观察和分析大量事实或实验的基础上, 判定相关因素, 抽象概括出一系列具体现象的共同本质特征。文章中力求回归动量概念的本源性探索, 借助于有效创设实验情境, 引领学生像科学家一样经历实验探究, 在脑海中自主形成动量概念, 自觉实现物理学科核心素养向学生核心素养的有效内化。

关键词: 实验情境; 物理概念; 核心素养; 动量

开发创设实验情境是指教师根据研究的目的, 选择合适的实验器材, 人为地纯化自然过程, 使之按照预期的进程发展, 在尽可能减少干扰因素的情形下, 进行定性或定量观察, 以探求自然过程蕴藏的变化规律的实验设计。

物理概念指人类在认识自然过程中, 借助实验, 从感性认识上升到理性认识, 经历科学推理把所感知的事物的共同本质特征和相关因素抽象、概括、提炼与总结, 得出的人脑对客观事物本质的反映。

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而逐步形成的正确价值观、必备品格和关键能力。高中物理学科核心素养由物理观念、科学思维、科学探究和科学态度与责任 4 个核心要素组成。^[1] 物理教师立足于课堂教学, 以物理教材为载体, 基于学生的认知, 精心设计实验情境, 引领学生经历科学的探究过程, 掌握必备知识, 提升关键能力, 内化学科素养。

下面以动量概念教学为例, 分享高中物理概念教学中借助多元化的实验情境与物理学史的巧妙编织, 自然建构完善清晰的动量概念; 借助大单元设计引领学生思维深度发展, 打开处理力学问题的新视角; 借助沉浸式的体验学习, 活化动量的概念, 自觉内化物理学科核心素养。^[2]

1 创设生活化情境, 指明探究方向

课堂开始于生活中的真实情境(如图 1 所示), 将手中的篮球与弹力球各自从同一高度下落撞击地面后反弹, 再将弹力球叠放在篮球上从相同高度下落撞击地面反弹, 通过实验现象的巨大差异对比,



图 1 真实情境

激发学生探究碰撞规律的好奇心, 点燃学生对碰撞现象研究的兴趣, 将学生的思维方向引领到对碰撞现象的探究上来。

2 沉浸式实验体验, 渐次聚焦主题

遵循由特殊到一般的规律, 从最特殊的质量相等的小球发生弹性碰撞入手, 逐步改变情境条件, 引领学生逐步聚焦不变量。

2.1 操作体验, 情境转换

学生游戏体验手摇玩具“碰碰球”的碰撞, 感受牛顿摆的各种碰撞(如图 2 所示), 在游戏中感悟碰撞可能遵循的物理规律。建构出等长细线悬



图 2 牛顿摆

基金项目: 本文系 2021 年江苏省教研课题“基于核心素养培育的高中物理实验教学研究”(课题编号: 2021JY14-ZB146)研究成果。

挂等大摆球的碰撞模型,自然将研究的问题由生活情境转化为物理情境。

2.2 定性探究,对比聚焦

选取大小相等、质量相同的彩色台球制作碰撞模型(如图 3 所示),借助贴近生活的实验器材,营造轻松的学习氛围,学生在娱乐体验中逐一排除特殊现象,逐步聚焦碰撞现象的本质规律。



图 3 碰撞模型

体验 1: 拉开小球 1 至一定的高度,释放后碰撞静止的等大质量小球 2(如图 4 所示)。

体验 2: 等质量等大的小球 1 和 2, 拉开相同的高度后放手,在最低点发生碰撞(如图 5 所示)。

比较两次操作体验,辅以补偿思想和视频慢放技术,借助表格(如表 1)记录的方式,标明正负号,显化速度方向,渗透矢量意识,引发对碰撞前后,两物体是否一定交换速度的讨论。

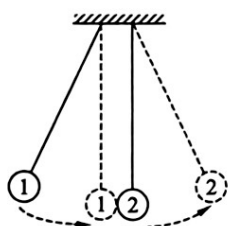


图 4 示意图

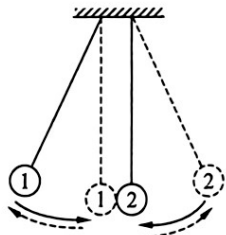


图 5 示意图

表 1 数据记录($m_1 = m_2$)

研究对象	$v_{\text{碰前}}$	$v_{\text{碰后}}$
1 球	v_0	0
2 球	0	v_0
1 球	v_0	$-v_0$
2 球	$-v_0$	v_0

讨论中,建议学生联系生活中碰撞现象,在脑海中检索生活中各种碰撞现象,选取具有代表性的进行交流讨论,教师借机鼓励学生将生活中的碰撞现象还原并现场展示,既调动学生的积极体验,又活跃课堂气氛,更有利于规律的逐步呈现。

例如可以借助“质量相当的两位同学迎面以大小相当的速度相撞后抱在一起,整体速度几乎降为 0”的实践体验,推翻交换速度的可能,教师借机引导学生将实际碰撞抽象为物理碰撞模型进行检验。

体验 3: 提供魔术贴将等质量等大台球内侧分别粘上魔术贴,拉开相同高度释放,在最低点碰撞并粘在一起(如图 6 所示),记录表 2。

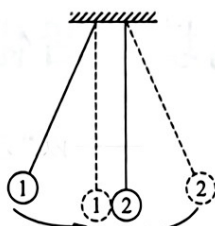


图 6 示意图

表 2 数据记录($m_1 = m_2$)

研究对象	$v_{\text{碰前}}$	$v_{\text{碰后}}$
1 球	v_0	0
2 球	0	v_0
1 球	v_0	$-v_0$
2 球	$-v_0$	v_0
1 球	v_0	0
2 球	$-v_0$	0

借助学生真实情境中身体的对撞,辅以体验 3,推翻碰撞中一定交换速度的结论。

引领学生继续分析 3 次体验记录的表格,寻找内隐的其他规律,不难发现“两小球速度的矢量之和在碰撞前后保持不变”的结论(如表 3 所示),继而展开讨论此规律是否是普遍存在。

表 3 数据记录($m_1 = m_2$)

实验演示	研究对象	$v_{\text{碰前}}$	$v_{\text{碰后}}$
	1 球	v_0	0
	2 球	0	v_0
	1 球+2 球	v_0	v_0
	1 球	v_0	$-v_0$
	2 球	$-v_0$	v_0
	1 球+2 球	0	0
	1 球	v_0	0
	2 球	$-v_0$	0
	1 球+2 球	0	0

结合生活中常见小质量物体碰撞超大质量物体,小质量物体几乎被原速率反弹回来,而大质量物体速度几乎不变的事实,推翻“两小球速度的矢量之和在碰撞前后保持不变”结论。

生活情境转化为物理情境,建构质量不同的摆球模型继续深入探究碰撞规律。

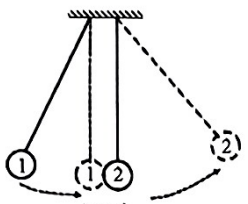
体验 4: 大质量摆球拉开一定高度碰撞静止等大的小质量摆球(如图 7 所示),记录表 4。

体验中明确感悟到“速度矢量和不变”是被两小球质量不同所打破,聚焦打破速度矢量和不变规律的重要因素——质量,探究出不变量除了与速度有关,应该还和物体质量有关。

借助 4 次体验的现象对比,可由体验 3 的现象轻松排除碰撞前后两物体动能不变的可能。

继而思考:“不变量”和物体质量、速度都有关,却又不是动能,那么会是质量与速度的哪种组

表 4 数据记录($m_1 > m_2$)

实验演示	研究对象	$v_{\text{碰前}}$	$v_{\text{碰后}}$
 <p>图 7 示意图</p>	1 球	v_0	v_1
	2 球	0	v_2
	1 球+2 球	v_0	$>v_0$

合形式呢? 会是最简单的质量乘以速度(mv)、质量除以速度(m/v)还是较复杂的其他形式呢?

3 创设多元实验情境, 定量探究不变量

寻找“不变量”具体的相关因素及组合形式, 当然需要定量实验检验, 这里不仅仅提供实验室常用的气垫导轨配套滑块的实验装置, 还提供了更快捷、更易操作、更快呈现结论的速度传感器配套感应小车的现代化实验器材. 既传承经典, 又开拓创新, 学生不同实验情境中, 选择不同的碰撞情形, 得出共性的结论, 实验将更具可信度和说服力.

3.1 选择经典实验器材, 进行定量探究

各小组积极进行实验设计, 首先选择经典的实验器材, 光电门、气垫导轨配以滑块进行定量检验. 下面以其中运动的滑块碰撞静止的滑块, 碰撞后粘在一起向前滑动的碰撞类型为例进行探究(如图 8 所示).

经历实验操作与实验探究的数据对比(如表 5), 初步发现:“物体碰撞前后 mv 乘积之和相差不大, m/v 之和相差很大”, 从而得出“碰撞前后物体 mv 乘积之和可能不变”的结论.

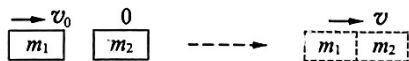


图 8 滑块碰撞示意图

表 5 实验数据记录表

实验次数	m_1	m_2	Δt_1	Δt_2	$\frac{m_1}{\Delta t_1}$	$\frac{(m_1+m_2)}{\Delta t_2}$	$m_1 \Delta t_1$	$(m_1+m_2) \Delta t_2$
1	113.06	116.06	7.19	14.55	15.7246	15.7471	812.901	3333.696
2			6.01	12.19	18.8120	18.7957	679.491	2792.973
3			6.18	12.48	18.2945	18.3590	698.711	2859.418
4			6.53	13.32	17.3139	17.2012	738.282	3051.874

3.2 现代传感器助力, 继续定量探究

传感器实验的引入, 一方面是对传统实验的有力补充, 另一方面培养学生应用和开发新技术的意识, 将信息化工具转变为学习工具和解决问

题的认知工具, 有利于适应未来发展, 助力科学探究.

选取两辆质量不同的小车, 对碰后弹开的弹性碰撞情形进行探究(如图 9 所示), 继续检验碰撞前后 mv 的矢量和是否保持不变. 该碰撞情形较复杂, 碰撞前后两小车速度方向均有改变(如表 6 所示), 有利于深化矢量意识.



图 9 碰撞情境图

表 6 碰撞前后数据记录表

小车质量		碰撞前速度		碰撞后速度		碰撞前 mv 矢量和	碰撞后 mv 矢量和
m_1 /kg	m_2 /kg	v_{01} /m·s ⁻¹	v_{02} /m·s ⁻¹	v_1 /m·s ⁻¹	v_2 /m·s ⁻¹	$m_1 v_{01} + m_2 v_{02}$	$m_1 v_1 + m_2 v_2$
0.326	0.276	0.611	-0.505	-0.317	0.587	0.060	0.059
0.326	0.276	0.367	-0.345	-0.259	0.388	0.024	0.023
0.326	0.276	0.317	-0.354	-0.294	0.368	0.006	0.006

学生经历实验探究, 依据实验数据可得“碰撞前后两小车质量与速度乘积的矢量和基本保持不变”的结论.

当然, 任何一个规律不是通过几个有限的实验就可以找到的, 需要经历大量的实验, 经历各种碰撞类型的检验才行. 科学家们经历长期的探索, 发现无论是宏观碰撞还是微观碰撞, 无论是正碰还是斜碰, 碰撞过程中两个物体 mv 的乘积矢量和始终保持不变.

至此, 动量的概念基本形成.

4 重温科学史实, 建构动量概念

4.1 重温物理学史, 完善学生认知

介绍物理学史上科学家对动量的研究历程(如图 10 所示), 学生更充分地了解动量的概念及其演变历程, 知其然知其所以然, 对动量有了完整的认知, 动量的概念被自然建构出来, 同时有效提升了学生物理学科的人文素养.

4.2 动量变化的意义建构, 深度理解概念

结合实验真实数据(如表 7), 分析小车 1 和小车 2 的动量变化量.

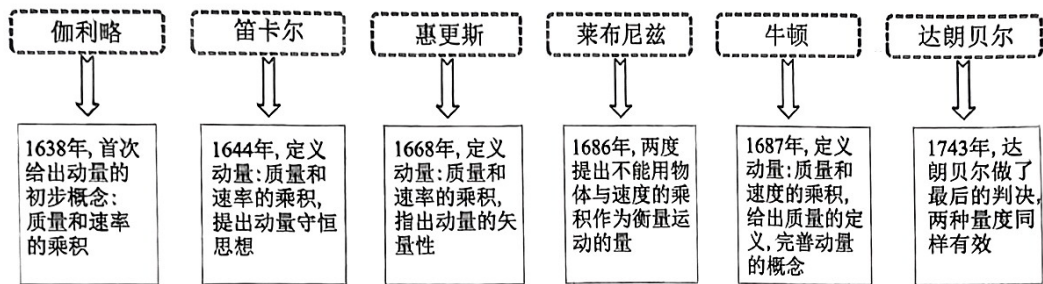


图 10 科学家对动量的研究历程

表 7 数据记录表

m_1	m_2	v_{01}	v_{02}	v_1	v_2	系统 $p_{前}$	系统 $p_{后}$	Δp_1	Δp_2
0.326	0.276	0.383	-0.438	-0.283	0.348	0.004	0.004	-0.217	0.217

这里没有采用教材中的例题,而是借助实验中一组真实数据,一方面考虑本节课的时间不够,不适合再引出一个新的问题情境,另一方面,解决在学生实验中发生的问题,会增强学生的成就感.通过讨论两辆小车的动量变化情况,激活矢量变化量的求解方法,深化动量和动量变化的矢量意识.

4.3 建构大单元知识谱系,形成动量大概念

借助两小车动量变化量等大而反向的事实,引出对“变”和“不变”的思辨,引领学生思考单个物体动量变化和系统动量守恒的本质原因.激发学生思维的延伸,对物理本质的探寻,为动量定理和动量守恒定律的学习做好铺垫,形成动量大概念.

当然,还可以通过对为什么没有动能守恒的追问,激发学生对力的时空作用效果不同的讨论,建构系统的力学观念,促进学生深度学习(如图 11).^[3]

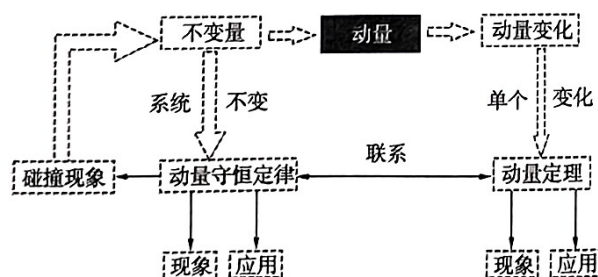


图 11 动量概念图

5 感悟与思考

整节课是以实验体验为主线的,基于现象观察与实验操作,经历定性到定量的实验探究体验,通过科学推理和论证,凝练出动量的概念.为了达成充分体验的目标,一共设计了 7 组实验,实验器材既有篮球、弹力球和彩色台球等生活用品,又有

气垫导轨配套滑块和光电门这样的传统实验器材,还拥有现代科技的速度传感器等实验装备.融合电子表格处理数据和运用极域电子教室传输文件等信息技术,进行体验式科学探究.在实验探究的关键环节,渗透相关的物理学史,力求规范学生的证据意识和科学态度.

当然,动量的概念是比较抽象的,要想在有限的课堂教学中发现问题、解决问题并抽象出概念其实是很困难的,为突出重点、突破难点,本节课的教学设计中重点突出了各个实验间的关联度和有效度,循序渐进地将出现的问题一个一个解决,并最终得出结论,让学生感受到成功的喜悦.

总之,丰富的实验形式,有助于抽象概念的具象化;充分的实践体验,有助于新概念的理解和内化;思辨式的深度学习,有助于发掘概念内涵和外延;大单元的指引,有助于形成物理大观念.教师基于学生认知,精心创设实验情境,引领学生在沉浸式的操作体验中,重新经历概念的建构过程,不仅活化了概念,学生还在探究中自觉将物理学科素养根植于心、于言、于行,^[4-5]实现物理学科核心素养向学生核心素养的有效内化.

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 2020年修订)[S].北京:人民教育出版社,2020.
- 2 关亚琴.物理学科核心素养的课程转化路径[J].物理教师,2023(1):2-7.
- 3 高成军.单元大概念视域下融合教学突破物理概念教学难点[J].物理教师,2023(2):17-20.
- 4 李政涛.后疫情时代,基础教育向何处去?[M].上海:上海教育出版社,2021.
- 5 于士博,于海波,扬振东,等.我国“物理观念”教育研究的回顾与前瞻[J].物理教师,2023(2):7-12.

(收稿日期:2023-04-22)