

大概念统摄下的高中物理 单元教学设计与实践

——以“牛顿运动定律”教学为例

戴小民 (上海市晋元高级中学 上海 200333)

摘要 以学科大概念为核心的单元教学是落实核心素养的重要抓手。本文以“牛顿运动定律”教学为例,从提炼大概念、建立知识层级、设计情境与问题和基于素养进行评价四个方面介绍了大概念统摄下的单元教学实践与思考。

关键词 学科大概念 单元教学 真实情景 核心素养

文章编号 1002-0748(2021)12-0010

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

围绕大概念进行单元教学设计已成为当前高中物理教学的发展趋势和重要方向,《普通高中物理课程标准(2017年版)》提出:“重视以学科大概念为核心,使课程内容结构化,以主题为引领,使课程内容情境化,促进学科核心素养的落实”^[1]。那么,物理教学中如何提炼物理学科大概念,如何基于大概念进行单元教学设计,如何把握大概念进行物理教学,如何基于大概念落实核心素养,是值得我们广大物理教育工作者思考的问题。本文以“牛顿运动定律”一章内容为例,从课程教材出发,整体审视单元教学的资源与内容,通过梳理明确单元的大概念,对大概念及其统摄下的知识逻辑与思维方法进行分析,帮助学生建立知识层级结构;通过问题和活动的设计,使大概念架起连接学科知识与核心素养的桥梁,促使学生建立结构化的理解和知识,促进学生思维的发展;通过设计真实情境内容,基于核心素养进行评价,考察学生知识掌握和素养提升的情况。

1 提炼学科大概念,为思维过程指明方向

核心素养的落实不能仅仅靠单一课时里的几个重要概念,这样很容易造成学科核心素养和学习内容之间的断层,学生的学习系统中容易出现知识零散、缺乏深刻理解等问题。为了避免概念链的断裂、概念间对应关系的错乱,我们提出学科大概念统摄下的单元教学设计。学科大概念是物理学科知识背后的更为本质、更为核心的概念或思想,它建立了不同的物理概念间的纵横联系。“大概念”的“大”是超越学科知识的,是基于真实情境、指向未来真实生活的知识,表现在有生活价值。因此“大概念”不仅要打通学科内和学科间的学习,还要打通学校教育与

真实世界的路径。

在学科细分、模块分解、知识点展开的教学大环境下,物理大概念往往不是现成的,而是需要教师和学生主动提取、自觉凝练的。如何凝练大概念?一般来说,我们提炼学科大概念有以下两条路径:一是基于课程标准,聚焦学科本质,通过对课程标准中的核心概念、观念进行“降维解读”,抽离出表达这些维度的观点语句,逐步聚合并加以升华,逐步生成“大概念”,这是一种自上而下的凝练路径;二是依据学科内容,聚焦核心素养,对知识进行本质提炼,梳理高度凝练的学科核心概念及核心概念之间的关系,最后通过核心概念派生或总结的方式来形成比较高位的“大概念”,这是一种自下而上的凝练路径。当然,不管哪条路径,都需要基于学生的发展需求。“大概念”强调与真实生活情境相贯通,因此,发掘学科学习与学生真实世界的联通点是提取“大概念”的重要方式。以“牛顿运动定律”内容为例,我们梳理运动和力的核心知识和观念,聚焦力与运动关系的提炼,自下而上凝练这一章节的大概念,如图1所示。

2 构建大概念统摄下的单元知识 层级结构,促进深层理解

大概念统摄下的知识层级结构有严格的学科逻辑框架,它能串联相关内容,使之成为一个整体,学习者更容易把握学习内容的整体性。因此在单元教学的设计过程中,教师需要遵循学生的认知规律和认知水平,依托学科大概念,帮助学生建立学科逻辑的框架,最终完成学科知识的建构过程。

依据范围和大小的不同,不同概念呈现出一定的层级结构。从基本事实、知识与技能到学科一般概

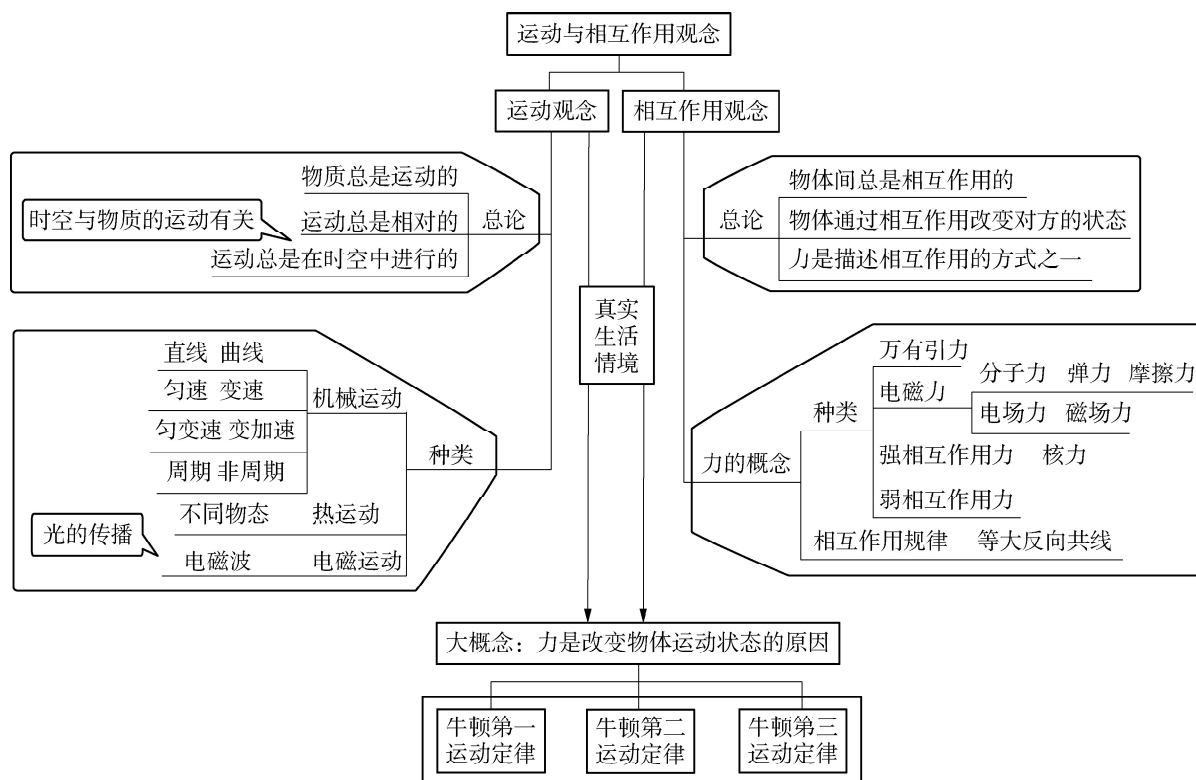


图 1 “牛顿运动定律”章节相关的核心知识与大概念

念,进而凝练和升华为学科大概念,最终拓展至跨学科概念,乃至上升到哲学观点,这个过程是学生不断完善认知结构的过程。知识学习往往从低层次到高层次,是一个不断抽象概括的过程;从某个相对较高的层次到低层次,是一个迁移应用的过程。以“运动和相互作用”为例,其底层是学科基本知识、技能等事实性知识及统摄性较低的分解概念,即课时学习内容中的诸多小概念,如位移、加速度、力的合成与分解、力的平衡、牛顿运动定律等;第二层是基于学科内知

识整合的核心概念与方法,即核心概念或基本问题,如力学概念和运动学概念;第三层是学科大概念,围绕大概念可以构建具有逻辑内聚力的知识层级结构,能将单元知识内容按照内在逻辑关系建立起合理的连接;第四层是基于多个学科内容进行整合的概念或主题,即跨学科概念或共通概念;最顶层是统摄其他所有知识的“元认知”,即哲学观念。通常情况下,概念越大,则其阐述的范围越大,距离实际现象越远,呈现形式越抽象,其相应的层次也就越高,如图 2 所示。

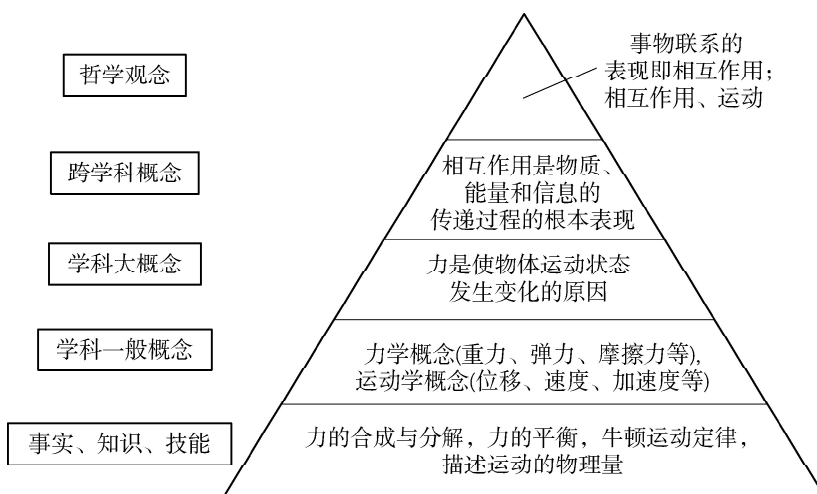


图 2 围绕“大概念”的力与运动知识结构“金字塔”

怀特海指出：“教育的核心问题之一在于如何让学生借助于树木来认识树林”^[2]。只有聚焦且领悟繁杂学科知识背后的大概念，在真实情境下提升学以致用能力，在问题解决中实现学科知识的迁移与应用，才能通过透过现象看本质形成学科观念，最终指向核心素养的深度落实。作为知识的组织核心，大概念架起了知识通往素养的上升阶梯；作为素养的主要载体，大概念成为了核心素养楔入学科知识的固定锚点。核心素养的培育是一个不断迭代、螺旋上升的发展过程。以“牛顿运动定律”单元教学为例，在讨论力与运动的关系时，我们先以设计车辆安全系统为任务，引入了牛顿第一定律，定性讨论了

力与运动的关系。接着以探索如何使赛车获得更大的加速度为任务，引入了牛顿第二定律，定量讨论了力、质量和加速度三个量之间的关系，第一次从定性到定量迭代认识了力与运动的关系。然后通过提升车辆的舒适度设计，引入了牛顿第三定律，从一个对象受力研究到了两个对象相互作用的研究，第二次迭代了力对物体的作用关系。最后通过讨论车辆是否能一直加速的问题，说明了牛顿运动定律有其适用范围，引入了相对论等相关理论，这是对力与运动关系的认知边界进行了第三次迭代认识。整个教学过程就是向大概念逐级趋近的过程，如图 3 所示。

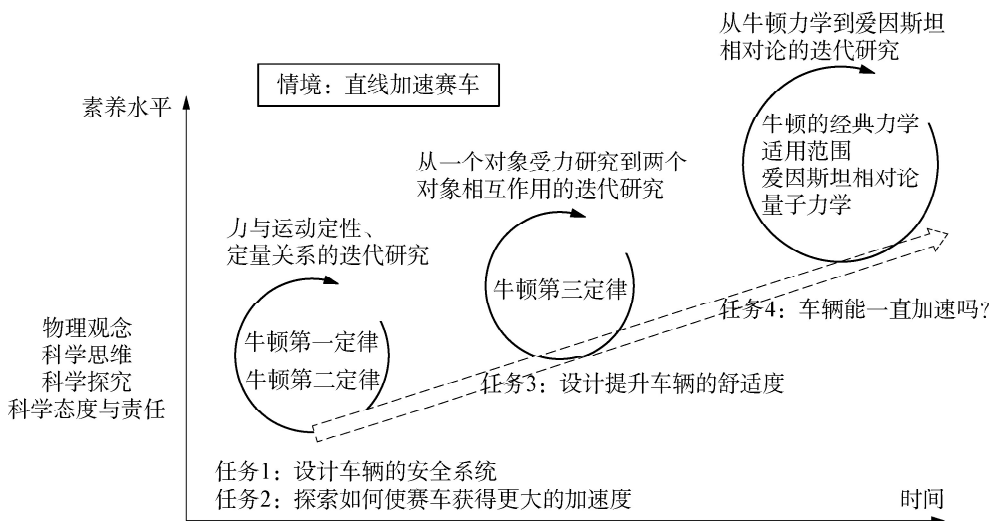


图 3 “牛顿运动定律”单元核心素养迭代生成

3 创设大概念统摄下的单元情境与问题,形成推进教学的动力

学生的“核心素养”不是直接由教师教出来的，而是在问题情境中借助问题解决的实践培育起来的。创设大概念统摄下的单元情境，就是要关联教学内容与真实问题，让学生深入到情境中，甚至有身临其境的感受，激发学生参与学习的动力；创设大概念统摄下的单元问题，就是要围绕大概念，将问题融入生活情境，引导学生对这些真实问题的思考和探究，将学生的学习引向深入，做到学以致用；学生的“学”要在解决问题过程中，建构知识，形成素养，达到学以致学的目的。如图 4 所示。

如何选择情境与问题？如何从周围的世界中选择内容？教师一般都会本能地认识到抓住学生兴趣的必要性，而要做到这一点最好的办法是选择真实情境内容与主题，因为真实世界的课题更能引发学

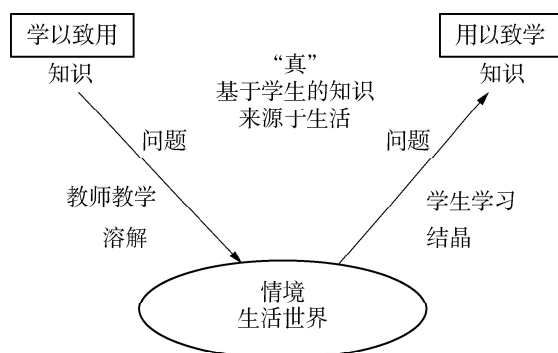


图 4 基于大概念统摄下的情境与问题

生的学习兴趣和动力，更能拉近知识与生活的距离。以牛顿运动定律章节中“力与运动关系”为例，我们选取赛车为真实情境，设置了 4 个情境问题，同时围绕“大概念”设计与“大概念”单元目标相匹配的“核心问题”。这种“核心问题”具有“开放性”的结构，能够引发基本问题，促进学生围绕“大概念”的持续性

思考。见表 1。

表 1 围绕“大概念”的情境与问题设计

大问题	情境问题	核心问题	基本问题
赛车中力与运动的关系如何?	问题 1: 如何保持车辆的安全性?	力与运动定性关系是什么?	1. 惯性是什么? 2. 惯性大小与什么有关? 3. 如何防止惯性带来的危害?
	问题 2: 如何使赛车获得更大的加速度?	力与运动定量的关系是什么?	1. 决定赛车加速度大小的因素? 2. 力、质量、加速度之间的关系? 3. 如何使赛车获得更大的加速度?
	问题 3: 赛车手在加速赛车时有什么感受?	力的相互作用如何?	1. 作用力与反作用力关系? 2. 力作用产生的效果如何? 3. 超重与失重是怎么产生的?
	问题 4: 赛车能一直加速么?	牛顿经典力学适用范围是什么?	1. 牛顿的经典力学遇到的局限性是什么? 2. 爱因斯坦相对论的基本观点是什么?

4 设计基于真实情境的评价方式，走向“基于素养形成评价”

大概念统摄下的物理单元教学评价，除了评价学生已经掌握的知识外，更要评价学生对大概念的理解和应用情况，要关注学生在真实情境中解决问题的能力 and 素养，为真实而学，为真实而评价。核心素养是个体在学习物理过程中形成或培养起来的内在品质，是无法直接测量与观测到的，而是需要根据学生在真实情境里参与问题解决中的过程表现加以推断。因此要多角度设计测试情境，为学生能力和素养的表现提供舞台，要基于学科核心素养的关键表现设计真实的问题，让学生的素养在解决问题中显现出来。如图 5 所示。

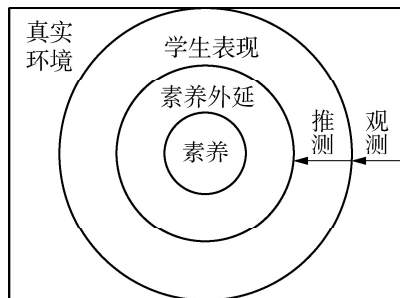


图 5 基于大概念统摄下的核心素养测试评价

基于核心素养的测评需要整合于教学中，美国

教育学者威金斯和迈克泰格的“逆向设计”理论为解决这些问题提供了很好的借鉴和思路。逆向设计理论认为：“学习证据、学习任务和学习评价是紧密联系在一起的”^[3]。教师通过任务评估和学习表现判断学生是否正在学习，检验学习是否正在发生，从而评估学生的学习状况和评价学生的学习水平。当然，这个评估任务并不是通过一次测试完成，也不是通过一个实验测试完成，而是通过完成一件完整的事情进行诊断和评估；评价也不是只依赖于分数或对错，而是要设计量规评价给予全面评估，是一个连续的反复进行的过程。以“牛顿运动定律”单元评价为例，我们关注基于学习过程中的评价内容和形式设计，围绕这一章节的表现性任务和评价证据，开展评价活动，其主要目的有两个：一是提供教的效果与学习成效的反馈，以帮助教师调控教学过程，帮助学生将学习调整得更为有效（形成性评测）；二是在实现各个目标的进程中保持对学生学科核心素养的跟踪（总结性评价），判断学生学习活动质量的预期，包括对大概念的理解，见表 2。

表 2 基于核心素养的表现性任务和证据

	表现性任务	其他证据
“牛顿运动定律”单元的评价形式与部分内容	绘制图像——熟练画出受力分析图，计算出合力的大小； 口语报告——能叙述力和运动的关系； 动手制作——会用简单的器材制作加速度检测计	小测验——力和运动的关系； 简答题——描述超重、失重现象形成的原因； 观察报告——实验：探究加速度和力的关系、探究加速度和质量的关系

基于大概念的单元教学设计的测评是基于素养的测评，评价要增强开放性，要释放学生表现的空间，要基于学科核心素养的关键表现设计评分标准，坚持以素养为依据划分学生的水平。以学生制作加速度计为例，设计评价量表，见表 3。

表 3 基于核心素养的关键表现和评分

素养水平	关键表现	评分标准
水平 1	既不能制作简易加速度测量装置，也不能理论描述说明	0 分
水平 2	不能制作简易加速度测量装置，能进行简单理论描述说明；能制作简易加速度测量装置，不能进行简单理论描述说明	2 分
水平 3	能制作简易加速度测量装置，能进行简单理论描述说明	4 分

(下转第 66 页)

立“匀减速直线运动”和“非弹性碰撞”两种物理模型;然后根据题中位移、速度、动摩擦因数等已知量,积极调动已有的认知体系(如匀变速直线运动公式、动能定理、动量守恒等)进行个人的推理论证;最后在教师的引导下,部分同学在课堂上展示自己的解答过程,在与同伴的交流协商中最终形成“甲珠碰前速度和乙珠碰后距离均可用匀变速直线运动公式(含牛顿第二定律)、动能定理或能量守恒处理,而甲、乙相碰过程应用动量守恒求解”的团队观点。

(3) 提炼观点,借构建体验升华物理观念

构建体验即物理观念构建的亲历过程,遵循“观点(概念规律)—核心概念—物理观念”的升华路径。观点是指上述的团队观点,即解题中用到的物理概念和物理规律,是构建体验的基本素材;核心概念是对多个概念规律进行提炼,进阶到具有总括性的、能够展现当代学科图景的上位概念^[4];物理观念则为众多核心概念的升华,一种超越物理知识间一般性联系的内在因果关联命题,并可使用于对大量事物的判断^[5]。如例题中“匀变速直线运动”观点可关联“以平抛、圆周运动为代表的曲线运动”,继而提炼出“运动”这一核心概念;题中“重力”“摩擦力”“弹力”关联“受力分析”“相互作用力”等,可提炼为“力”这一核心概念;最后核心概念“运动”“力”可关联“牛顿运动定律”升华为“运动与力”的物理观念。同理“动能”“势能”“内能”“能量守恒”“动能定理”等升华为“能量”物理观念;“动量”“冲量”“动量定理”“动量守恒”等升华为“动量”物理观念。至此为止,学生大脑中已形成“运动与力”“能量”“动量”三种物理观念,这些观念将成为学生解决情境化试题的统摄内核。

(上接第 13 页)

续 表

素养水平	关键表现	评分标准
水平 4	能制作加速度测量装置,并能考虑方向功能,能进行定性或定量理论描述说明	定性描述给 6 分、定量描述给 8 分
水平 5	能制作加速度测量装置,能考虑方向功能,并能考虑装置的量程和适用情况,能进行定量理论描述说明	10 分

5 结束语

以大概概念统摄下的单元知识建构及教学设计可以使教学与学习直接指向学科本质。学生对大概概念的理解与应用的过程,就是学生逐渐逼近学科核心

(4) 创新情境,凭验证体验彰显能力与价值

验证体验是指学生把已构观念应用于教师设立的创新性情境中,以求观念得到检验和证实的亲历过程。创新性情境将基于不同维度和不同深度对原有情境展开变换与创新,让学生积极调整或重组已有的内化思维,以期在新情境中运用创新态势解决新问题。如:我们可以把算盘倾斜一定角度,让乙珠停在某一已知位置,甲珠从边框 b 以某一初速度拨出,继而与乙珠发生碰撞,实现从平面情境到斜面情境的创新;也可以把平面情境创新为竖直面情境,如:竖直平面存在匀强电场,带电乙球在重力和电场力的作用下静止于某点,绝缘甲球于乙球正上方静止释放,甲、乙两球相碰后,甲球经反弹后返回追及乙球。更可以创新至生活情境,如:水平道路上,汽车甲以一定速度与静止的乙车发生完全非弹性碰撞,根据两车碰后的运动距离求解甲车的碰前速度。从原有的算盘情境创新为斜面情境、竖直面情境和汽车碰撞的生活情境,实现了物理观念的深化、创新能力的培养,并从解决实际问题中彰显了生命的价值。

参考文献

- [1] 教育部考试中心. 中国高考评价体系说明[M]. 北京: 人民教育出版社, 2019.
- [2] 程力, 李勇. 基于高考评价体系的物理科考试内容改革实施路径[J]. 中国考试, 2019(12): 38—44.
- [3] 周伟波, 潘仕恒. 以体验式教学促物理学科核心素养的发展[J]. 中小学教材教法, 2020(12): 55—58.
- [4] 张玉峰, 郭玉英. 围绕学科核心概念建构物理概念的若干思考[J]. 课程·教材·教法, 2015(6): 99—102.
- [5] 续佩君. 关于物理观念的思考和教学探讨[J]. 物理通报, 2020(5): 2—5.

素养的过程。学生基于大概概念去理解横向的单元内容和纵向的知识架构,在联系旧知、激活具体经验的过程中,不断突破其原有的认识与观点,不断链接、拓展、嵌入新知;在螺旋式解决问题的过程中,不断迭代认识,不断走向理解,最终构建健全的、有意义的知识结构,并逐渐形成核心素养。

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)[S]. 北京: 人民教育出版社, 2018. 1.
- [2] 怀特海. 教育的目的[M]. 上海: 文汇出版社, 2012: 26.
- [3] 格兰特·威金斯, 杰伊·麦克泰格. 追求理解的教学设计(第二版)[M]. 闫寒冰, 等译. 上海: 华东师范大学出版社, 2017.