

核心素养导向的高中物理教学设计

——以《动量定理》教学为例

张 健¹, 王 华¹, 李春密²

(1.北京师范大学第二附属中学, 北京 100088; 2.北京师范大学物理系, 北京 100875)

摘 要: 本文根据新课程教育理念凝炼了核心素养导向的物理教学设计具有的四点特征, 强调突出学生的主体地位, 突出物理教学的育人价值, 突出物理教学要指向学生的高阶思维发展, 促进学生核心素养的全面发展。文中介绍了核心素养导向的物理教学设计流程, 并以《动量定理》为例进行教学设计和实践。

关键词: 核心素养; 教学设计; 高中物理; 动量定理

一 核心素养导向的物理教学设计

《普通高中物理课程标准》中提出“高中物理课程旨在落实立德树人根本任务, 进一步提升学生的物理学科核心素养。”课堂是落实核心素养的主阵地, 它是以教学设计为蓝图开展实践的。

1 核心素养导向的物理教学设计的主要特征

(1) 培养学生问题意识, 以问题解决开展教学

学生是学习的主人, 学生发展的动力是与生俱来的好奇心和求知欲。物理知识应该是学生通过自己的积极思维活动, 与强烈的兴奋情绪交织在一起而获得的。这种条件下获得的知识是最具价值的“活的知识”。教师要重视学生提出的问题, 在此过程中培养学生严谨的科学态度、实事求是的科学精神。

(2) 关注学生前认知, 引导学生实现深层认知

奥苏贝尔曾说:“如果不得不把教育心理学的所有内容简约成一条原理的话, 我会说: 影响学习的最重要的因素是——学生的已知。”教学中可采用“认知冲突”策略促使学生放弃前认知中的错误成分; 采用“类比架桥”策略利用其合理成分建立科学概念³。

学生明确自己的前认知后, 教师要引导学生对物理现象进行深层认知加工, 展开积极的思维过程。如通过批判性思考与讨论发现问题; 辨别不同的想法或知识; 从现象中寻找规律或模式; 寻找证据进行科学论证、质疑和反思等; 将新知识整合到已有的认知结构中。

(3) 创设探究情境, 引导学生观察思考、科学论证

通过实际现象或物理实验创设问题情境, 让学生在观察或体验后有所发现、有所思考, 提出科学问题。问题是探究的载体, 引导学生构思探究计划并实施, 获取数据、信息。在处理信息时, 引导学生运用逻辑推理分析物理量间的关系, 依据证据科学表述探究结果。

2 核心素养导向的物理教学设计流程²

核心素养发展导向的物理教学设计，应突出学生的主体地位，以物理知识为载体，深入挖掘物理知识中所蕴含的物理学科核心素养，突出物理学科的育人价值。在教学设计中，应该注重：以情境引问题、以问题导探究、以探究得结论、以结论促应用、以应用促创新。该设计流程可用图1表示。



图1 核心素养导向的物理教学设计

二 核心素养导向的物理教学设计案例——《动量定理》

1 教学内容分析

动量定理是一个重要的物理规律，它揭示了力在一段时间内连续作用的累积效果与动量变化之间的关系，进一步揭示了运动状态变化与相互作用之间的关系。《普通高中物理课程标准（2017年版）》要求“通过理论推导和实验，理解动量定理，能用其解释生产生活中的有关现象”。

本节在前一节建立动量概念的基础上，通过恒力情况下的理论推导，认识到冲量是动量发生变化的原因，得出动量定理，也是下一节推导动量守恒定律的基础，从认知逻辑角度看，本节具有承上启下的作用。

教材虽然是在恒力作用的情况下由牛顿第二定律推导出动量定理的，但是动量定理不仅适用于恒力的情况，也适用于变力的情况。正因为如此，动量定理在实际中有更广泛的应用，尤其在解决作用时间短、作用力大且随时间变化快的打击、碰撞等问题时。

2 学情分析

学生已经具有受力分析、牛顿第二定律等知识，掌握了矢量的运算法则；具备一定的分析和推理论证能力，具有建立物理模型解决生活中实际问题的能力；但解决复杂情境的问题，学生还有较大的困难。因此在教学中应该通过实验、视频、图片等方式提供丰富的感性素材，引导学生分析、思考、从实际情境中建构模型，发展学生分析和解决问题的能力。

本节课的授课对象是数理基础较好的学生，因此在教学中要注重问题的引领，突出思维的深度参与；学生的实验能力较好，能够认真观察实验现象并从中发现问题，但运用物理概念科学表达的能力需要进一步的提高。

3 教学目标

物理观念：1. 通过熟悉的跳高比赛和实验模拟，分析实际情境，引发思考，将现象和问题解决联系起来。

2. 应用动量定理解释生产生活、体育运动中的许多现象，综合运用所学的物理知识解释实际问题。

科学思维：1. 观察跳高比赛落地、落垫情境、实验模拟运动员落下的过程，构建合理的过程模型。

2. 通过理论推导动量定理并作出解释，发展科学推理能力。
3. 探究变力作用下动量定理是否成立，能恰当使用证据证明物理结论。
4. 比较动量定理与牛顿第二定律，从不同角度思考物理问题。

科学探究：1. 比较跳高落地的不同结果，发现并提出问题，具有问题意识。
 2. 通过实验发现动量定理对于变力作用也是适用的，使用基本的器材获得数据；
 3. 分析图象和数据，发现碰撞中变力的特点，形成结论，并用已有的物理知识结合微元、累积方法进行解释。
 4. 对“变力作用下的动量定理”的探究过程与结果进行交流和反思，理解 F 是作用时间内的平均值。

科学态度与责任：1. 通过动量定理的建立过程，认识到物理研究是一种对自然现象进行抽象的创造性工作。
 2. 通过合作学习与问题解决，做到在合作中既能坚持观点又能修正错误。
 3. 通过安全带、安全气囊、高空坠物的研究，加强安全意识与道德规范教育，了解科学·技术·社会·环境的关系。

4 教学重难点

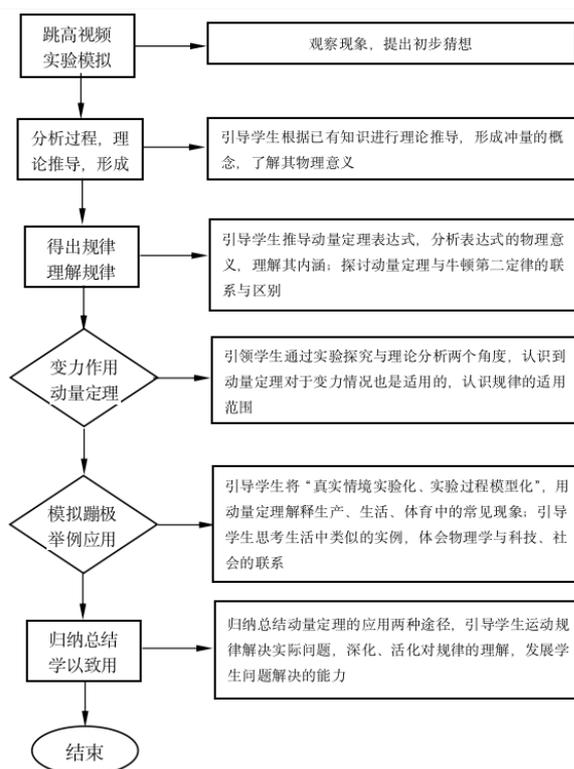
教学重点：动量定理的推导及应用动量定理解释生产生活中的相关现象和解决实际问题。

教学难点：动量定理的矢量性。在解决问题的过程中，要通过遵循严格的程序和规范的运算加以突破。

教学方法：情境教学法、合作学习、演示实验、探究实验、分析归纳。

教学用具：鸡蛋、海绵垫、透明玻璃盆；墨水瓶、纸带；气垫导轨、小车、电子天平、光电门、力传感器；篮球；铁架台、钩码、橡皮筋、棉线；计算机、DIS 实验系统等。

5 教学流程



6 教学过程

环节	情境	问题	教师活动	学生活动	设计意图	学生发展
创设情境	视频：展示某同学跳高的视频。	为什么在落地处铺海绵垫，如果撤掉海绵垫，她还敢跳吗？	引导学生观察跳高比赛，思考海绵垫作用。	根据情境思考并回答问题。	创设熟悉情境，激发学习兴趣；观察、分析现象，提升学生把情境与知识关联的能力。	能从物理学视角解释现象，使用证据表达观点。
提出问题	实验：一枚鸡蛋从同一高度静止释放，分别落在海绵垫上与桌面上。	两次实验，为什么鸡蛋“命运”不同？	演示实验：鸡蛋落在海绵上完好无损，落在桌面上破裂。引导学生思考鸡蛋破裂的原因；分析海绵的缓冲作用	观察实验现象；抓住重点研究过程，学会控制变量研究问题。分析得出：通过延长作用时间减小力。	实验模拟跳高，学会过程建模；学会使用控制变量法对比现象；引导学生大胆猜想。	能观察物理现象并进行分析和推理，获得结论；能与同学讨论交流观点。
形成初步猜想		两次实验，鸡蛋的动量变化量相同，时间不同，力不同，可见： Δp 与 F 、 Δt 有关。你猜想：可能有怎样的数量关系？	引导学生认识到 Δp 与 F 、 Δt 有关，形成初步猜想。	分析交流 Δp 与 F 、 Δt 的定性关系，并猜想它们间的数量关系。	在实例分析的基础上，能准确表述变量间的关系；基于特殊情况，猜测一般性规律。	分析变量间的关系，提出 $F \Delta t$ 与 Δp 是否成正比的物理问题，做出初步猜想。
建立模型 理论推导	模型建构： 质量为 m 的物体在光滑的水平面上受到恒力 F 的作用，初速度为 v ，经过 Δt ，末速度 v' 。	根据加速度定义和牛顿第二定律推导 F 与 Δp 的关系。	给定模型、提出问题，巡视指导学生完成推导并展示。 提问： $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ 有什么物理意义？	进行理论推导，得出： $F = ma = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ 的表达式并思考物理意义； 深入理解 $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ 与牛顿第二定律的关系。	通过建模、理论推导，寻找证据支持猜想；通过推导认识到 $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ 与牛顿第二定律的一致性。	发展运动与相互作用的观念。

冲量概念教学	<p>讨论 $F\Delta t = \Delta p$ 的物理意义。</p> <p>实验：将纸带从红墨水水瓶底部分别缓慢抽出、快速抽出。</p>	<p>1. $F\Delta t = \Delta p$ 的物理意义是什么？</p> <p>2. 实验现象说明了什么？</p> <p>3. $F\Delta t$ 有什么含义？</p>	<p>1. 引导学生从等式两边分析，$F\Delta t$ 决定了物体的动量变化量。</p> <p>2. 通过实验使学生认识到 $F\Delta t$ 与 Δp 的关系。</p> <p>3. 讲解冲量的概念。</p>	<p>1. 分析 $F\Delta t$ 与 Δp 的关系；观察并描述现象，加深对力时间累积效果的理解。</p> <p>2. 理解冲量的物理意义，能计算恒力的冲量。</p>	<p>能从表达式和实验事实两个角度理解 $F\Delta t$ 的物理意义。</p>	<p>能对实验结果进行分析与总结；建立冲量的概念，丰富物理观念。</p>
动量定理规律教学	<p>回顾初始猜想的错误。</p>	<p>分析鸡蛋下落问题时，同学们猜想到了动量定理的形式。你能发现解释中的错误了吗？</p>	<p>讲解动量定理表达式；指出推理过程中的错误，利用认知冲突引发学生深层思考。</p>	<p>理解动量定理的内容及含义；积极思考分析鸡蛋下落问题中的错误之处，在反思中建构。</p>	<p>引导学生在反思中建构新知，利用认知冲突，促进学生深度参与。通过真实问题，体会物理思维的严谨性。</p>	<p>通过反思学习，促进学生科学认识的发展。</p>
	<p>实验：气垫导轨上的小车碰撞力传感器，传感器显示出相互作用力与时间关系图线。</p>	<p>把鸡蛋的碰撞过程看成匀减速直线运动。你认为合理吗？为什么？对于变力作用，动量定理还成立吗？</p>	<p>引导学生认识到相互作用力是变力，具有“先急剧增加后急剧减小的特点”。</p> <p>演示实验，展示现象，提出问题，带领学生从理论、实验两个角度来证明动量定理对变力也适用。</p>	<p>再次引起思维的高度参与，思考分析模型的合理性，有依据地表达自己的观点；联想、类比 $v-t$ 图线求位移、$F-x$ 图线求功，进行理论分析；观察实验，收集数据，获取证据，得出结论。</p>	<p>再次反思“鸡蛋下落”模型，认识到模型的发展与变化；</p> <p>通过理论分析和实验验证多角度寻求证据，得出结论：动量定理对于变力作用也是成立的。</p>	<p>深化对物理模型的理解；能够在自我反思、自我质疑中，进行知识重构，促进高级思维发展。</p>
应用规律联系实际	<p>视频展示蹦极运动</p> <p>分组实验模拟蹦极</p>	<p>绑在运动员身上的是弹性绳，这样做的目的是什么？</p>	<p>提出问题，引发学生思考；组织学生实验，通过实验获得证据。</p>	<p>分析思考、动手实验、准确表述实验结果。</p>	<p>用所学知识解决实际问题，建构模型简化问题。</p>	<p>能将实际问题中的对象和过程转化成物理模型；能通过实验检验自己的猜想。</p>
	<p>请同学举例日常生活或体育</p>	<p>引导学生思考动量定理应用的实例，并总</p>	<p>能把事实或现象中的物理原理提炼出来。</p>	<p>将动量定理与生活生产实际相联</p>	<p>认识到科学、技术、社会的关</p>	<p>认识到科学、技术、社会的关</p>

		运动中还有可以用动量定理解释的现象。	结共同点。		系，应用物理知识解释现象，学以致用。	系。
	展示钉钉子图片	钉钉子时，为什么不用橡皮锤？	引导学生思考。 总结动量定理的应用。	与刚才的分析对比，认识到：要得到大的作用力，要缩短作用时间。	通过比较，理解物理原理的应用。	能够多角度、全面分析现象。
布置作业	高空坠物已成为危害极大的社会安全问题，展示一则安全警示广告。	这则广告词的内容符合科学事实吗？请你建构模型，试估算从18楼下落的鸡蛋对地面的平均冲击力。	引导学生对于不文明行为要共同抵制。	完成作业，巩固所学。	引导学生查阅资料，建模分析、解决问题；引导学生对已有观点敢于质疑并合理使用证据。	使主动用物理知识解释、解决实际问题，培养严谨、求真、务实的科学态度。

7 教学反思

本节课通过学生熟悉的跳高比赛入手，提出了“为什么海绵垫能减小对运动员作用力？”这一问题，通过实验模拟、模型建构，从理论上推导出动量定理，发展了学生的建模能力、逻辑推理能力，丰富了运用与相互作用的观念。抓住学生解释表述中的不足之处，进一步探究动量定理的内涵；通过“碰撞力是恒力吗？”这一问题，引起学生的认知冲突，在此基础上引导学生通过类比进行理论分析、通过实验进行验证，从理论与实验结合角度证明“动量定理”对于变力也是适用的，明确了动量定理的适用范围；在这个过程中既培养了学生的证据意识与逻辑推理，又使学生在交流讨论中学会了科学解释与表述，能采用多角度对同一现象进行解释。整堂课以学生为主体，促进了学生多方面素养的发展。

参考文献

- [1]中华人民共和国教育部制定.普通高中物理课程标准（2017年版 2020年修订）[M].北京:人民教育出版社,2020:4-6.
- [2]李春密.核心素养导向的高中物理教学设计[M].北京:北京师范大学出版社,2019:12-37.
- [3]郭玉英.中学物理教学设计[M]北京:高等教育出版社,2016:234-236.

发表于《物理教学》（2022年04期）