

# 基于 U 型学习模式的碰撞过程探究<sup>\*</sup>

张通通 吴梦涛

(徐州市第一中学 江苏 徐州 221002)

(收稿日期:2023-05-11)

**摘要:**还原与下沉、潜行与探究、上浮与应用的 U 型学习模式可以帮助学生体验概念建立、规律发现和生成应用的过程.以此为理论基础,设计问题串引导探究碰撞过程,使学生在探究过程中把握学科本质及思想方法,并在此基础上完成对碰撞模型的等效,发展核心素养.教学实践中发现,复习碰撞内容时,采用此探究活动更有利于帮助学生将前后内容融会贯通;在新课教学中,应根据实际情况进行调整.

**关键词:**U 型学习模式;核心素养;碰撞过程探究

## 1 问题的提出

深度学习是对教学的本质要求<sup>[1]</sup>,U 型学习模式为深度学习提供了土壤和机会.还原与下沉帮助学生建立科学观念,潜行与探究帮助学生发展科学的思维方式和探究方式,包括模型建构、科学推理、科学论证、质疑创新、提出问题、制定方案等.上浮与应用帮助学生加深理解,举一反三,对新知识反思应用,达到深度学习的目的<sup>[2]</sup>.具体实施方法如图 1 所示.

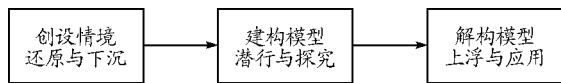


图 1 U 型学习模式实施方法

《普通高中物理课程标准(2017 年版)》要求通过创设学生感兴趣的问题情境,引导学生运用已有的概念和规律分析常见的碰撞现象,学会用守恒定律解决问题的方法.在学生初步形成运动与相互作用观念和能量观念的基础上,引导学生通过研究碰撞现象拓展对物理世界的认识和理解<sup>[3]</sup>.

在学习碰撞内容时,学生时常产生疑问:“为什么碰撞过程动能损失最大时,两物体共速?”如果

解释只停留在定性层面,无法使学生对碰撞本质产生更深的探究欲望.另外在传统教学中,过分关注碰前和碰后的情况,缺乏对碰撞过程的分析,导致学生对碰撞的本质把握不清,在解决问题时容易出现“套模型解题”,不利于核心素养的形成<sup>[4]</sup>.本文基于 U 型学习模式,以课标为指导方针,创建碰撞情境,通过问题串引导学生调用已有知识探究碰撞问题,并解构模型,形成知识的上浮与应用.

## 2 U 型学习模式在对碰撞过程探究时的应用

### 2.1 还原与下沉

**创设情境:**如图 2 所示,质量为  $m_1$  的物体在光滑水平面以速度  $v_{01}$  与质量为  $m_2$ ,速度为  $v_{02}$  ( $v_{01} > v_{02}$ ) 的物体发生碰撞,如何求解碰后速度  $v_1$  和  $v_2$ ?



图 2 碰撞模型

**问题 1:**两物体所构成的系统动量守恒吗?为什么?

通过本章前置内容的学习,学生可以判断出全过程动量守恒,但无法深刻理解碰撞的内涵,因此设

<sup>\*</sup> 徐州市第一中学立项课题“高三复习课基于 U 型过程的教学模式实践研究”,课题编号:ZX14-21-JS050.

作者简介:张通通(1996-),男,硕士,中教二级,研究方向为物理教学研究.

计问题2进一步引发学生思考.

**问题2:**若水平面粗糙,两物体所构成的系统动量守恒吗?

若水平面粗糙,系统合外力不为零,动量不守恒.这时学生会产生疑问,只有在光滑水平面发生碰撞,系统动量才会守恒吗?通过进一步引导,使学生意识到内力远大于外力的动量守恒情形,从而引出下一问题.

**问题3:**两物体在粗糙水平面发生碰撞时,两者之间的平均“碰撞力”如何计算?

对  $m_1$  使用动量定理,可得

$$(f + F)t = m v_1 - m v_{01} \Rightarrow F = \frac{m v_1 - m v_{01}}{t} - f$$

此时引入生活中的各种碰撞场景,勾起学生对“碰撞时间极短”的认知,根据计算结果,可以推理出碰撞过程中两物体之间的内力远大于外力,碰撞过程中动量守恒.

通过前3个问题的引导,学生可以深刻地认识到,只要两物体发生碰撞,无论水平面状况如何,在碰撞发生的过程中动量守恒,满足  $m_1 v_{01} + m_2 v_{02} = m_1 v_1 + m_2 v_2$ .与此同时,学生还可以意识到所创设情境中“光滑水平面”的意图,目的是为了聚焦碰撞过程,避免碰撞之前物体速度发生改变,增加计算量.向学生渗透“抓主要矛盾,忽略次要矛盾”的探究思想.

## 2.2 潜行与探究

**问题4:**在碰撞过程中,系统的动能守恒吗?

最简单的情形就是碰撞过程中无动能损失,方程如下

$$\begin{cases} m_1 v_{01} + m_2 v_{02} = m_1 v_1' + m_2 v_2' \\ \frac{1}{2} m_1 v_{01}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{02}^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2'^2 \end{cases}$$

解得

$$\begin{cases} v_1' = \frac{(m_1 - m_2)v_{01} + 2m_2 v_{02}}{m_1 + m_2} \\ v_2' = \frac{(m_2 - m_1)v_{02} + 2m_1 v_{01}}{m_1 + m_2} \end{cases}$$

**问题5:**若碰撞过程中存在动能损失,如何求解碰后速度?碰后速度受哪些因素影响?

若动能损失为  $\Delta E_k$ ,则一般碰撞所满足的方程

如下

$$\begin{cases} m_1 v_{01} + m_2 v_{02} = m_1 v_1 + m_2 v_2 \\ \frac{1}{2} m_1 v_{01}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{02}^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 + \Delta E_k \end{cases}$$

消去  $v_1$ ,可以得到  $v_2$  与  $\Delta E_k$  的关系

$$\frac{2\Delta E_k}{m_2} = -\frac{m_1 + m_2}{m_1} v_2^2 + 2\left(v_{01} + \frac{m_2}{m_1} v_{02}\right) v_2 - v_{02} \left(2v_{01} + \frac{m_2 - m_1}{m_1} v_{02}\right)$$

可以看出,碰撞过程中损失的动能  $\Delta E_k$  与  $v_2$  满足二次函数关系,可得此函数的对称轴为

$$v_{20} = \frac{m_1 v_{01} + m_2 v_{02}}{m_1 + m_2}$$

零点

$$v_{21} = v_{02}, v_{22} = v_2' = \frac{(m_2 - m_1)v_{02} + 2m_1 v_{01}}{m_1 + m_2}$$

图像如图3所示.

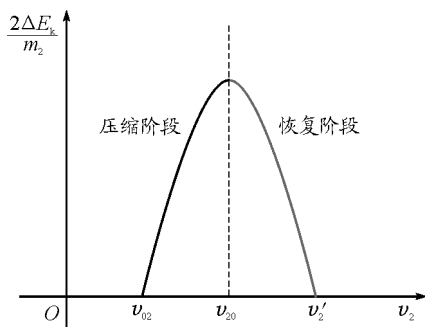


图3 动能损失与碰后速度的关系

从能量的角度分析,可以发现当  $\Delta E_k = 0$  时,  $v_2$  对应两个点,一是碰前速度  $v_{02}$ ,另一为发生完全弹性碰撞的碰后速度

$$v_2' = \frac{(m_2 - m_1)v_{02} + 2m_1 v_{01}}{m_1 + m_2}$$

当  $\Delta E_k$  最大时

$$v_{20} = \frac{m_1 v_{01} + m_2 v_{02}}{m_1 + m_2}$$

根据动量守恒,求出

$$v_{10} = v_{20} = v_{共} = \frac{m_1 v_{01} + m_2 v_{02}}{m_1 + m_2}$$

以此引出完全非弹性碰撞的概念.而且可以发现  $v_2'$  与  $v_{共}$  间存在关系:  $v_2' = 2v_{共} - v_{02}$ ,同理可以得到  $v_1' = 2v_{共} - v_{01}$ .

从运动与相互作用的角度分析,在碰撞过程中,

$m_2$  始终加速,  $m_1$  始终减速, 当  $m_2$  的速度由  $v_{02}$  加速到  $v_{共}$  时,  $m_1$  的速度由  $v_{01}$  减速到  $v_{共}$ , 此时压缩量最大, 此后压缩量逐渐恢复, 碰撞后的末速度由压缩量的恢复程度决定, 可以得到碰后速度的范围

$$\begin{cases} 2v_{共} - v_{01} \leq v_1 \leq v_{共} \\ v_{共} \leq v_2 \leq 2v_{共} - v_{02} \end{cases}$$

结合以上两个角度可以使学生意识到两物体碰后的动能损失由碰后的塑性形变决定.

通过上述引导, 可以使学生深刻认识碰撞的本质, 帮助学生建立物理观念. 这一过程没有对学生灌输知识, 始终坚持从学生的最近发展区出发, 教师主导, 学生主体, 践行深度学习的理念, 在物理学习中培养学生的核心素养.

**问题 6:** 通过以上分析, 从能量的角度, 如何将碰撞分类?

此问题作为对上述探究过程的总结, 在掌握碰撞本质的基础上对碰撞分类, 符合知识的生成规律和学生的认知规律.

### 2.3 上浮与应用

通过问题 1~6, 学生已初步建立了对碰撞过程的认识, 为了让学生把握碰撞本质, 提高模型建构能力, 加深物理观念, 培养科学思维, 设计以下问题, 使碰撞过程更加生动地呈现在学生面前.

**问题 7:** 完全弹性碰撞是物体动能与弹性势能的相互转化, 那么如何将碰撞过程“放大”?

弹簧是动能与弹性势能相互转化的媒介, 因此可以选择“弹簧模型”模拟完全弹性碰撞, 如图 4 所示.

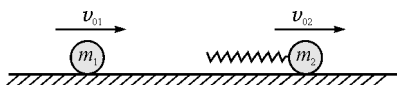


图 4 完全弹性碰撞的等效模型

**问题 8:** 根据等效模型, 如何绘制两物体的  $v-t$  图像?

由于碰撞过程极短, 根据原始的碰撞模型绘制两物体的  $v-t$  图像比较抽象, 因此采用等效模型探究碰撞过程中两物体的运动情况, 将学生相对陌生的碰撞过程转化为熟悉的弹簧模型, 用“旧方法”来研究新问题. 其  $v-t$  图像如图 5 所示.

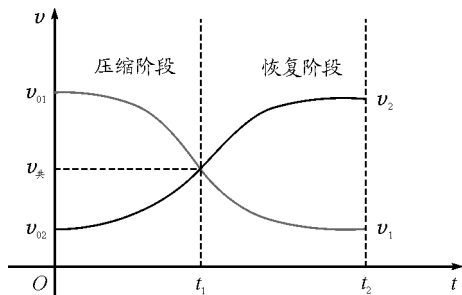


图 5 碰撞过程两物体的  $v-t$  图像

**问题 9:** 对于有动能损失的碰撞, 该如何模拟?

$0 \sim t_1$  弹簧压缩,  $t_1 \sim t_2$  弹簧形变逐渐恢复, 两物体动能的减小量等于此时弹簧的弹性势能, 因此可以将弹簧所储存的弹性势能等效为碰撞所损耗的动能. 若  $t_1$  时刻, 弹簧突然“锁死”, 两物体碰后共速, 可以模拟完全非弹性碰撞. 同理, 若在  $t_1 \sim t_2$  时刻之间的任意  $t_3$  时刻弹簧突然锁死, 可以模拟非完全弹性碰撞,  $v-t$  图像如图 6 所示.

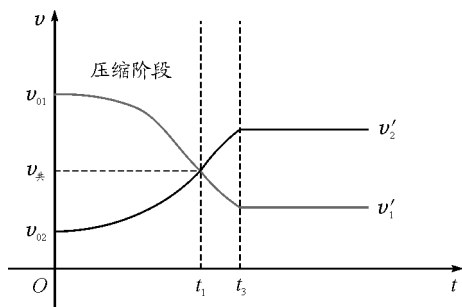


图 6 弹簧模型模拟非完全弹性碰撞的  $v-t$  图像

**问题 10:** 除了弹簧模型之外, 思考其他形式的碰撞等效模型?

为了更进一步拓展学生的科学思维, 将碰撞过程拓展到两物体一般的相互作用过程中, 加深学生对相互作用过程中能量转化的理解, 促进知识的升华.

碰撞过程的等效, 本质上是寻找和物体动能相互转化的能量, 因此可以设计以下等效模型, 如图 7 和图 8 所示. 分析过程与弹簧类似, 在此不加赘述.

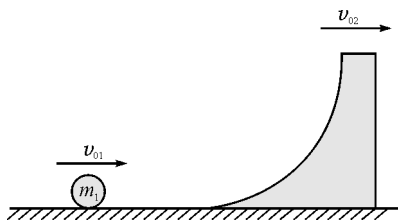


图 7 重力势能模拟碰撞动能损失的等效模型



图8 电势能模拟碰撞动能损失的等效模型

### 3 总结

本文以U型学习模式为立足点,从培养学生的核心素养出发,设计问题串引导学生对碰撞过程进行探究,旨在帮助学生把握碰撞本质,将前后内容融会贯通.以碰撞过程中的动能损失为出发点,以建立碰撞等效模型收尾,由点及面,将碰撞过程升华,达到知识的上浮与应用.采用逻辑性较强的问题串引导学生自主探究,加深学生的物理观念,培养学生的科学思维和科学探究能力,使学生形成解决复杂问题的核心素养.

在新课教学时,如果直接采用此探究过程,对学

生要求较高,开展难度较大,可以根据实际情况对不同部分进行调整.在教学实践中发现此探究过程更适合高三复习,能为学生创设问题情境,使学生在解决问题的过程中复习碰撞相关知识,加深对碰撞过程的理解,并实现知识的升华,以达到深度学习的目的.

### 参考文献

- [1] 刘月霞,郭华.深度学习:走向核心素养(理论普及读物)[M].北京:教育科学出版社,2018.
- [2] 中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标准(2017版2020年修订)[S].北京:人民教育出版社,2020.
- [3] 李思敏,朱巧萍.基于学科核心素养的U型教学模式——以“气体的等温变化”为例[J].物理通报,2022(3):57-61.
- [4] 周伟波,李红伟,张建奋.体验式教学下碰撞模型的建构与迁移[J].中学物理教学参考,2022(28):14-16.

(上接第34页)

- [10] 张明霞.从光的衍射看光的直线传播及像质问题[J].天水师范学院学报,2001(5):15-17.
- [11] 元华.从光的衍射看小孔成像与大孔成影[J].物理通

报,1998(9):23-24.

- [12] 陈克超,冉洁,戴浩.基于课程标准之高中物理大概念解读与建构[J].物理教师,2020,41(9):11-14.

## The Enlightenment of “True Problems” on the Teaching of Big Concepts of Physics

——Taking “Small Hole Imaging” under Geometric Optics and Wave Optics as an Example

WU Zengyu

(School of Teacher Education, Nanjing Normal University, Nanjing, Jiangsu 210023)

ZHONG Ming

(School of Physical Science and Technology, Nanjing Normal University, Nanjing, Jiangsu 210023)

**Abstract:** Taking the “real problem” of keyhole imaging as an example, this paper deduces the principle and conditions of keyhole imaging from geometrical optics, and makes it clear that the essence of “image” is a collection of small light spots; Considering that the essence of light is electromagnetic wave, the linear propagation of light is understood as the limit performance when the diffraction is not obvious, and keyhole imaging is further discussed from the point of view of wave optics. This paper integrates the phenomenon and the essence of light, and discusses the physics teaching from the perspective of big concept.

**Key words:** big concept; keyhole imaging; geometrical optics; wave optics