

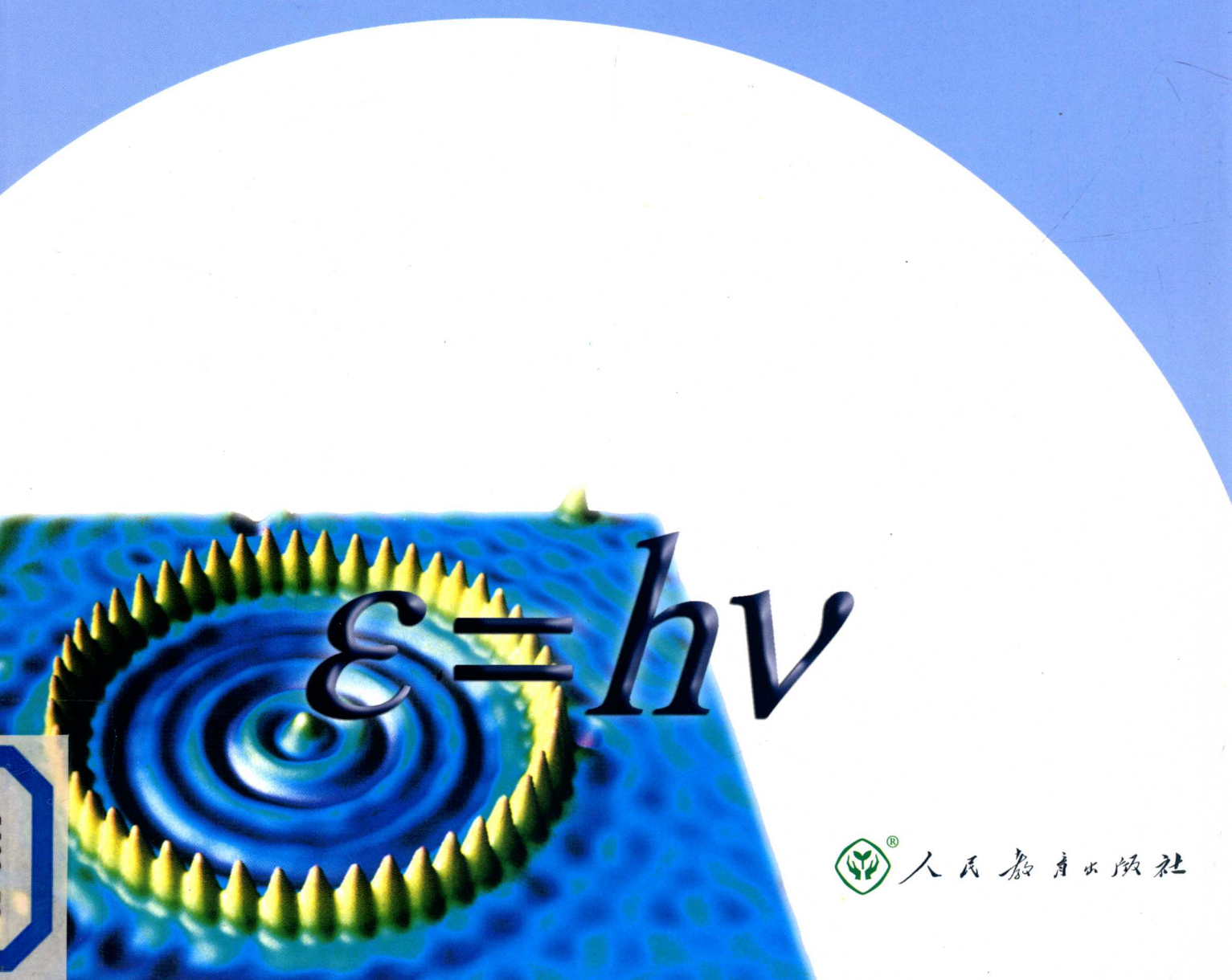
普通高中课程标准实验教科书

物理

选修 3-5

教师教学用书

人民教育出版社 课程教材研究所 编著
物理课程教材研究开发中心


$$E=hf$$



人民教育出版社

普通高中课程标准实验教科书

物 理

选修 3—5

教师教学用书

人民教育出版社 课程教材研究所
物理课程教材研究中心 编著

人民教育出版社

主 编：唐果南

副 主 编：周智良 张 颖

编写人员：周智良 张忠俊 王 焱 谭俊贤 唐果南

张维善 孙 新 彭 征 苗元秀 付荣兴

周祖友 张 羽 龚 彤 赵小平

责任编辑：谷雅慧 苗元秀

图书在版编目(CIP)数据

普通高中课程标准实验教科书物理选修3-5 教师教学用书/人民教育出版社, 课程教材研究所物理课程教材研究开发中心编著. —4版. —北京: 人民教育出版社, 2010.4 (2015.5重印)

ISBN 978-7-107-19165-7

I. ①普… II. ①人… ②课… III. ①中学物理课—高中—教学参考资料 IV. ①G633.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 034919 号

人民教育出版社出版发行

网址: <http://www.pep.com.cn>

北京天宇星印刷厂印装 全国新华书店经销

2010年4月第4版 2015年5月第20次印刷

开本: 890毫米×1240毫米 1/16 印张: 11.5 字数: 285千字

定价: 16.90元

著作权所有·请勿擅用本书制作各类出版物·违者必究

如发现印、装质量问题, 影响阅读, 请与本社出版二科联系调换。

(联系地址: 北京市海淀区中关村南大街17号院1号楼 邮编: 100081)

说 明

本书是在《普通高中课程标准实验教科书物理选修 3—5 教师教学用书》的基础上,根据几年来实验地区的一些反映,修订而成的。旨在帮助教师更好地使用《普通高中课程标准实验教科书物理选修 3—5》,为教学提供一些参考。

本书介绍了教科书的特色,新的教学理念和一些新的教学方式、方法,与教科书采取“紧密配合”的方式,逐章逐节进行分析说明。本书的主要结构如下:

课程标准的要求 摘录了《普通高中物理课程标准(实验)》(以下简称《课程标准》)的相关内容,作为教学的依据。

本章教材概述 主要介绍本章教科书的编写意图,主要内容和教材结构的特点,以及在选择内容和讲述方法上的考虑。

教材分析与教学建议 根据课程标准及教科书,对每一节教学内容提出了具体的教学目标,并且对教材内容提出了比较详细的建议,包括教学过程中可能遇到的问题,供选择的教学方法,怎样发展学生的非智力因素,怎样使用教科书中的栏目、插图,怎样以课程理念处理教学问题,如何发展教师自身的教学能力,如何处理数字化教学,如何帮助学生进行探究等。

问题与练习 从“内容分析”和“解答与说明”两部分对教科书“问题与练习”中的问题给出了较为详细的解答。

教学设计案例 主要目的是给实验地区的教师提供一些教学设计方面的参考,包括一些重点难点的分析、把握、处理,整堂课的设计思想、具体安排等。

教学资源库 是与教学内容相关的教学资源,包括“概念、规律和背景资料”“联系生活、科技和社会资料”“实验参考资料”三个部分。课程新理念需要教师进一步提高职业素质,需要教师尽早进入终身学习的轨道,我们在这里围绕教学的需要选择了一些拓展性的内容,为教师的素质发展提供一些线索。

补充习题 教科书由于篇幅所限,不可能编写太多的习题。我们在这里补充了一些习题,供老师们在教学中选用。

本书原编写者还有:李天鹏、胡安书、黄全安。

本书在编写过程中得到北京市、浙江省、江苏省、山东省、重庆市、天津市、安徽省、江西省、辽宁省等全国各地教研室的热情支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢。

对于书中存在的缺点和错误,欢迎教师和物理教育工作者们及时批评、指正。来函请寄:100081 北京市海淀区中关村南大街 17 号院 1 号楼 人民教育出版社物理室 收。

人民教育出版社 物理室
2010 年 4 月

目 录

第十六章 动量守恒定律

一、本章教材概述

二、教材分析与教学建议

第1节 实验：探究碰撞中的不变量

第2节 动量和动量定理

第3节 动量守恒定律

第4节 碰撞

第5节 反冲运动 火箭

三、教学设计方案例

反冲运动 火箭

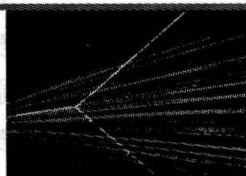
四、教学资源库

(一) 概念、规律和背景资料

(二) 联系生活、科技和社会的资料

(三) 实验参考资料

五、补充习题



第十七章 波粒二象性

一、本章教材概述

二、教材分析与教学建议

第1节 能量量子化

第2节 光的粒子性

第3节 粒子的波动性

第4节 概率波

第5节 不确定性关系

三、教学设计方案例

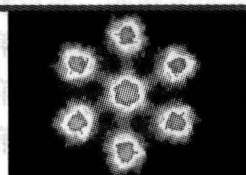
光的粒子性

四、教学资源库

(一) 概念、规律和背景资料

(二) 联系生活、科技和社会的资料

五、补充习题



第十八章 原子结构

一、本章教材概述	90
二、教材分析与教学建议	93
第1节 电子的发现	93
第2节 原子的核式结构模型	97
第3节 氢原子光谱	100
第4节 玻尔的原子模型	103
三、教学设计案例	106
原子的核式结构模型	106
四、教学资源库	110
(一) 概念、规律和背景资料	110
(二) 联系生活、科技和社会的资料	121
(三) 实验参考资料	125
五、补充习题	129



第十九章 原子核

一、本章教材概述	133
二、教材分析与教学建议	136
第1节 原子核的组成	136
第2节 放射性元素的衰变	139
第3节 探测射线的方法	142
第4节 放射性的应用与防护	144
第5节 核力与结合能	146
第6节 核裂变	149
第7节 核聚变	152
第8节 粒子和宇宙	153
三、教学设计案例	154
放射性元素的衰变	154
四、教学资源库	157
(一) 概念、规律和背景资料	157
(二) 联系生活、科技和社会的资料	166
(三) 实验参考资料	170
五、补充习题	171



第十六章 动量守恒定律

课程标准的要求

1. 探究物体弹性碰撞的一些特点。知道弹性和非弹性碰撞。
2. 通过实验，理解动量和动量守恒定律。能用动量守恒定律定量分析一维碰撞问题。知道动量守恒定律的普遍意义。
3. 通过物理学中的守恒定律，体会自然界的和谐与统一。

一、本章教材概述

由于动量守恒定律是自然界的基本守恒定律之一，是研究微观粒子所必需的知识，具体说来，要学习原子结构和原子核的内容，动量的知识是不可缺少的，所以，《课程标准》将动量的内容后置于选修系列 3—5 模块，而不同以往动量的内容被设置于力学部分。这样调整的目的不仅要求学生学会用动量守恒定律来解决宏观物体的相互作用问题，更重要的是要求以新的观点来认识动量守恒定律，为进一步认识微观粒子的相互作用问题铺垫。

本章从结构设计上与过去相比变化较大，其核心是要体现学习中的探究精神，强调物理学中“守恒量”的思想。

新教科书具体的逻辑线索如下。

通过学生实验体会碰撞过程中某量不变这一事实

质量与速度的乘积可能具有特殊的物理意义

指出几代物理学家曾经探索和争论这个问题

定义动量和冲量，指出引起动量变化的原因

动量定理

从实验和牛顿运动定律的不同角度给出动量守恒定律

指出动量守恒定律的普适性

以往教科书的逻辑线索如下。

给出冲量和动量的定义

从牛顿定律出发导出动量定理

用动量定理分析两个物体的相互作用，得出动量守恒定律

指出动量守恒定律的普适性

本章知识内容共5节，大致可以划分为两个单元。

第一单元包括第1、2、3节，即“实验：探究碰撞中的不变量”“动量和动量定理”和“动量守恒定律”，这部分内容侧重动量概念的引入、动量的变化以及动量守恒定律的建立。

第二单元包括第4、5节，即“碰撞”和“反冲运动 火箭”，这部分内容是从动量守恒定律应用的角度展开的。

在编写本章内容时有以下一些思考。

1. 在追寻“不变量”中感悟自然界的和谐与统一

编者在关于动量及其守恒定律的处理中力求突出两点：其一，体现学习中的探究精神；其二，强调物理学中“守恒”的思想。动量守恒定律在本教科书中既不是由牛顿运动定律推导出来的，也不是由学生的实验数据归纳出来的。这与能量守恒定律的建立相似，动量守恒定律不是哪个人在哪个确定的年代经过某个实验或某段数学推导而得到的，它是科学家们达到的“共识”。

本章的设计是从实验探究入手，引导学生追寻碰撞中的“不变量”。这种思想方法对学生来说并不陌生，如在学习《物理必修2》中“机械能守恒定律”一章时就曾有过接触。这样处理的目的是为“动量”概念的引入提供实验基础；另一方面，是让学生亲身体验探究自然规律的过程，感悟自然界的和谐与统一。教科书设计的实验，探究性很强，实验的结论没有给出，这样就增加了实验的难度。不过，为帮助学生沿着正确的方向进行实验，课文在适当环节给出了提示。如，实验以“实验的基本思路”和“需要考虑的问题”展开。其中，实验的设计、对“不变量”的推测、实验的操作、数据的处理……都有明确说明。另外，由于《课程标准》没有对实验的具体做法、使用的器材等做出硬性的规定，为便于提出不同的实验方法，引导学生注重实验中的科学思想，教科书从不同角度呈现三种实验案例供选择，这样就可以因地制宜地进行实验教学。需要让学生明确的是：课文中提到的“不变量”并不是“守恒量”。要学生确切理解“守恒量”是学习物理的关键，而有限的几次简单的测量是得不出普适性的物理规律的。但是，应该看到，这样的结果会给我们一个强烈的提示：两个物体在碰撞过程中很可能存在“守恒量”的。应该说，这个猜测是具有实验基础的，但真正要发现规律，其结论不是能简单得出的，只有当从结论推导出的很多新结果都与事实一致时，它才能成为规律。尽管这样的过程学生不可能完成，但他们在追寻“不变量”过程中的切身体验，却是十分有教育价值的。

2. 渗透科学史教育，深化“动量”概念的形成过程

在中学物理教学中，如何引入“动量”的概念是需要研究的一个问题。过去的教科书多是通过具体实例，得出 $Ft=mv$ ，并直接引入“动量”和“冲量”的概念，然后推导动量定理，并说明前式是动量定理的特殊情形。应该说，这样的处理注重突出几个物理概念定义的给出。本书在这个问题的处理上有所不同。它所关注的不仅仅是 $p=mv$ 的定义，而是更关注在追寻“不变量”的实验基础上，由碰撞前后 mv 矢量和保持不变的启示，自然引出“动量”的概念的过程。同时从科学史的角度，展示几代科学家在追寻“不变量”的努力中，逐渐明确“动量”概念形成的历史过程。这就使学生明确，任何科学概念、规律的形成都不是简单拼凑得出的，它需要严格的科学论证过程。体现了在注重知识和技能目标的同时，更关注情感、态度和价值观方面的教育意义。另外，动量是矢量，学生对此必须有清楚的理解，这里再次涉及对矢量运算的认识问题。动量的运算服从矢量运算的规则，要按照平行四边形定则进行。动量矢量在同一条直线上时，在选定一个正方向之后，动量的运算就可以简化成代数运算。

3. 以新的观点处理动量守恒定律

以往的教科书多是从动量定理和牛顿第三定律直接推导出动量守恒定律,并通过实验验证动量守恒定律,这对快速解决碰撞问题是有效的。本书立足多角度引导学生正确认识动量守恒定律。在追寻“不变量”的探究实验和“动量”概念的基础上,引入系统、内力、外力的概念,并通过实例指明区分内力和外力的方法,以及对外力远小于内力情况下,外力可以忽略不计的具体实例的分析方法。需要特别指出的是:在动量守恒定律的表述上,本书力求简洁、严谨、明了,即“如果一个系统不受外力,或者所受外力的矢量和为0,这个系统的总动量保持不变”。其中最明显的改变是将过去教科书中表述的“外力之和”修改为“外力的矢量和”。目的是强调外力之和的矢量合成性质。所谓“外力的矢量和”是指把作用在系统上的所有外力平移到某点后算出的矢量和。这一点,教科书通过具体实例明确说明。为使学生深入理解动量守恒定律,理解力与运动的关系,本书将动量守恒定律与牛顿运动定律密切结合,使学生深刻认识到系统的动量在整个过程中一直“保持不变”的含义。换言之,“不变”不等于“守恒”,而“保持不变”才意味着“守恒”的存在,这一点会使学生逐步熟悉用“守恒”的观点来处理问题。同时,通过实例揭示了牛顿运动定律从“力”的角度反映物体间的相互作用,动量守恒定律从“动量”的角度描述物体间的相互作用的本质。另外,应该使学生知道,动量守恒定律不仅适用于碰撞,也适用于任何形式的相互作用。动量守恒定律的普适性,为学生深层次认识自然界的和谐与统一提供了很好的例证。同时应该看到,动量守恒定律也为解决力学问题开辟了新的途径。教科书以“弹性碰撞和非弹性碰撞”“对心碰撞和非对心碰撞”“散射”“反冲”“火箭”为例,展示了动量守恒定律解决碰撞问题的优势所在。其中特别应该指出的是,要引导学生以新的观点来认识动量守恒定律,如微观粒子间的相互作用问题——散射。

4. 尝试用动量概念表示牛顿第二定律

本章动量概念引入方式的改变以及动量定理的导出,目的是引导学生尝试用动量的概念表示牛顿第二定律,从而明确动量定理的物理实质与牛顿第二定律是相同的。这样处理有助于对动量概念以及描述力与运动的关系问题有更加深入的理解。动量定理和动量守恒定律不但适用于恒力,而且适用于变力,正因为适用于变力,它们才有广泛的应用。不过,因其理论推导较难,在中学阶段不宜做过高要求,教科书用积分的思想(必修物理模块部分有渗透)定性说明。这样可以开阔学生的思路,便于他们自觉地运用所学知识来处理问题。在变力的情况下,动量定理公式中的 F 应理解为变力在作用时间内的平均值。

5. 在真实、有意义的情境中应用动量守恒定律

本章“碰撞”一节设计的想法不是为了提高学生对碰撞知识的理解,而是把它作为载体,深入细致地贯彻科学探究的教学理念。

我们知道,碰撞问题是动量守恒定律、机械能守恒定律这些最基本内容的应用,研究碰撞问题可以在真实、有意义的情境中复习这些基本内容。因此,在碰撞这节的教学中教师心中不应想着学生是否掌握了碰撞的结论,而应想着学生是否能够灵活地运用动量守恒定律和机械能守恒定律解决问题。碰撞这一节实际上是学过动量之后的习题课。习题的结论是无需记忆的,所以,也不要让学生背诵各种情况下碰撞的结论,更不应让学生以这些结论为前提去解新的题目。

另外,教科书在得到碰撞后两球速度的关系式后,通过这个公式讨论了 $m_1 = m_2$ 、 $m_1 \gg m_2$ 、 $m_1 \ll m_2$ 这样几种情形下碰后速度的关系。这样做的目的是向师生传递一个信息:物理学中公式的作用远远不是只用于数值计算,通过公式可以看出不同物理量之间的依存关系、看出

某些物理量的变化趋势，可以从中得出很多定性的结论。这种能力对于学生学好物理学是很重要的。

应该看到，公式预言了以上三种情况下两球碰后速度的关系，这实际上就是根据动量守恒定律和机械能守恒定律给出的预言。对碰撞结论的检验就是对这两个基本定律的检验。所以，这节课是科学探究的一个片断。学生通过生活经验已经对于这几类碰撞的结果有了自己的预期，应用物理知识和数学知识进行分析后，看看结论是否与生活经验一致，这是对于分析过程的一种“评估”。

因此，这节课是一节科学探究的教学。新课程十分突出教学中的科学探究，但科学探究不能是形式主义的，它渗透于全部教学内容之中。

课时安排建议

第1节	实验：探究碰撞中的不变量	2学时
第2节	动量和动量定理	2学时
第3节	动量守恒定律	2学时
第4节	碰撞	1学时
第5节	反冲运动 火箭	1学时

二、教材分析与教学建议

第1节 实验：探究碰撞中的不变量

1. 教学目标

- (1) 了解生产、生活中的碰撞现象。
- (2) 经历两个物体碰撞前后会不会有什么物理量保持不变的猜想过程。
- (3) 通过实验探究，经历寻找碰撞中“不变量”的过程，领会实验的基本思路，感悟自然界的和谐与统一。
- (4) 培养学生的实验技能，特别是数据采集和分析的技能。

2. 教材分析与教学建议

本节教材从生产、生活中的现象（包括实验现象）中提出研究的问题——碰撞前后会不会有什么物理量保持不变呢？接着提出了猜想。为了证实猜想而提出了“实验的基本思路”和实验中“需要考虑的问题”。同时，提供三套实验方案供学校选择，最后让学生亲自动手，经历并体验寻找碰撞中“不变量”的过程。教学内容的核心是引导学生经历碰撞问题的研究过程。一方面为下两节“动量和动量定理”“动量守恒定律”的引入提供实验的基础；另一方面，让学生亲身经历探究自然规律的过程，感悟自然界的和谐与统一。同时，将实验技能的训练与科学探究过程的体验有机地结合也是不容忽视的。

教科书设计这样一节实验课，有意识地安排在“动量和动量定理”及“动量守恒定律”之前，教学中不要随意将其放到后面，否则就难以达到探究式学习的目的。

(1) 实验的基本思路

教师可以引导学生回顾《物理必修2》中“机械能守恒定律”一章的“追寻守恒量——能量”。一方面是强调物理学中“守恒”的思想；另一方面为物理概念的引入、物理规律的建立提供实验基础。

通过列举台球碰撞、两节火车车厢之间的挂钩靠碰撞连接等生产、生活中的事例引入课题。建议教科书图 16.1-1 所示的实验两个小球均用双线摆，引导学生分别观察质量相等的小钢球碰撞、质量相差较多的小钢球碰撞的现象，这样会极大地引起学生的兴趣，使他们在观察的基础上积极思考实验中出现的现象，也为学生猜想碰撞中的不变量提供了一定的实验依据。

教师要明确《课程标准》和教科书都只要求研究一维碰撞，这既符合物理学“从简单问题着手进行研究”的惯例，也符合学生的认知规律。

通过实验寻找“不变量”，在一定意义上增加了实验的难度。因此在实验前要下工夫引导学生思考问题，关注碰撞问题所表现出的物体运动状态的改变。物体的速度是描述物体运动状态的物理量，物体的运动状态变化是以速度这一物理量的变化表现出来的。通过课本中的演示实验的结果应该看出，两物体碰撞后质量虽然没有改变，但运动状态改变的程度与物体质量的大小有关。鼓励他们大胆猜想：寻找的“不变量”应该是与物体的质量、速度有关。让学生展开想象的翅膀，除教科书上罗列的三个猜想以外，还可以提出别的猜想。

(2) 需要考虑的问题

这个内容是承接前面的内容，进一步细化的。让学生猜想碰撞前后可能的“不变量”后，设计所要测量的物理量，即碰撞前后的速度以及物体的质量。为帮助学生沿正确的方向进行实验，课文在适当环节给出了提示。如保证实验的条件（一维）、质量和速度的测量、速度的矢量性、实验的操作、数据的记录和处理……都有明确说明。

教学中要针对具体的参考案例设计实验，要求说明其实验原理、实验条件、需要测量的物理量、重要的实验步骤、数据的记录、数据的处理等。

对于书中列出的三个参考案例，应结合学校和学生的实际，重点介绍其中之一，并准备好器材，做好分组实验进行探究。“实验”是本节教学的一个重中之重，引导学生要通过实验，亲自去发现隐藏在现象背后的自然规律。千万不要纸上谈兵，那样会失去教材编写者的本意。

①参考案例一

不仅能保证碰撞是一维的，还可以做出多种情形的碰撞，速度的测量误差较小，准确性较高，这个方案是本实验的首选。

在这一方案中，有可能出现这样的碰撞结果，数据记录和处理后，出现了 $m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2 = m_1 v_1'^2 + m_2 v_2'^2$ ，这是由于进行的是弹性碰撞，此时要提醒学生，在其他的碰撞情形中， mv^2 也会变的，所以 mv^2 不是碰撞中的不变量。

可能有的学校不一定能提供多套气垫导轨和光电门，可以考虑改为演示实验，也能达到探究的效果。

②参考案例二

要想办法确保碰撞是一维的，建议两个小球均用双线摆；由于角度的测量有困难，建议用下面的方法来较为准确地测量被撞小球摆起的角度：用一块木板，上面固定一张白纸，把它放在两个小球摆动、碰撞、摆动的那个竖直平面的后面，先用铅笔描下一个小球拉起静止时细线

和小球的位置，同时用铅笔描下被撞小球静止时细线和小球的位置。两个小球碰撞后，再用铅笔描下它们摆动所能达到最高时小球的位置，可以采取第一次先粗略描出，第二次再相对精确描出。

③参考案例三

为了确保碰撞是一维的，建议承载小车的木板是有导轨的，两辆小车只能在导轨上运动；由于只有一个打点计时器，适合于研究完全非弹性碰撞。建议用小车重力的下滑分力来平衡小车运动时所受到的阻力，把楔形木板放在导轨支承板下，使导轨倾斜到轻推一下放在上面的小车就能做匀速运动。

下面提供一个大多数学校均能准备分组实验器材的参考案例。

实验装置如图 16-1 所示。让一个质量较大的小球 m_1 从斜槽上滚下来，跟放在斜槽末端的另一质量较小的小球（半径相同） m_2 发生碰撞（正碰）。

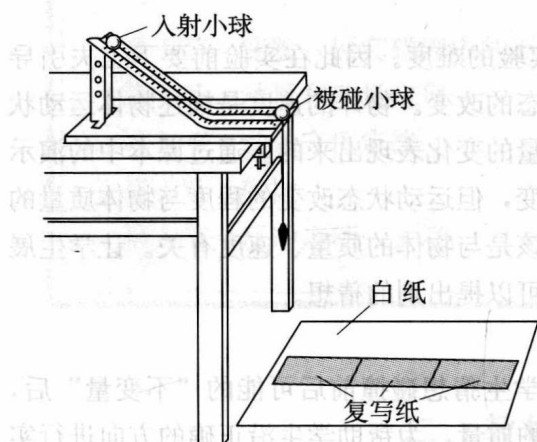


图 16-1

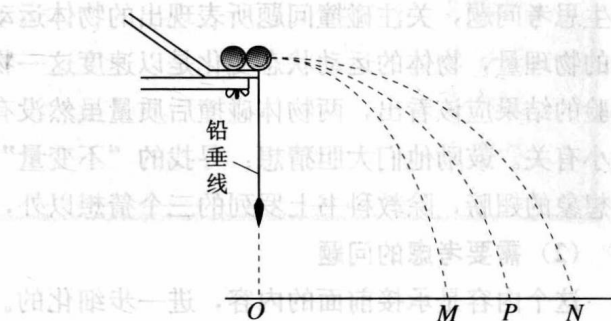


图 16-2

小球的质量可以用天平称出。怎样简便地测出两个小球碰撞前后的速度呢？两球碰撞前后的速度方向都是水平的，因此两球碰撞前后的速度可以利用平抛运动的知识求出。在这个实验中，做平抛运动的小球落到地面，它们的下落高度相同，飞行时间 t 也就相同，它们飞行的水平距离 x 与小球开始做平抛运动时的水平速度 v 成正比 ($x=vt$)。

设小球下落的时间为 t ，质量为 m_1 的入射小球碰前的速度为 v_1 ，碰撞后，入射小球的速度为 v_1' ，被撞小球的速度为 v_2' 。则在图 16-2 中

$$OP = v_1 t \quad v_1 = \frac{OP}{t}$$

$$OM = v_1' t \quad v_1' = \frac{OM}{t}$$

$$ON = v_2' t \quad v_2' = \frac{ON}{t}$$

本实验设计思想巧妙之处在于通过运用平抛运动的规律，达到用长度测量代替速度测量的目的。



探究碰撞中的不变量

实验装置：指导学生分组安装好实验装置（图 16-1）。

实验设计：将斜槽固定在桌边，使槽的末端点的切线是水平的。被碰小球放在斜槽前端边缘处。为了记录小球飞出的水平距离，在地上铺一张白纸，白纸上铺放复写纸，当小球落在复写纸上时，便在白纸上留下了小球落地的痕迹。在白纸上记下铅垂线所指的位置 O （图 16-2）。

实验操作：先不放上被碰小球，让入射小球从斜槽上某一高处滚下，重复 10 次。用尽可能小的圆把所有的小球落点圈在里面。圆心 P 就是小球落点的平均位置。

把被碰小球放在斜槽前端边缘处，让入射小球从原来的高度滚下，使它们发生碰撞。重复实验 10 次。用同样的方法标出碰撞后入射小球的落点的平均位置 M 和被碰小球的落点的平均位置 N 。

用天平测出两个小球的质量，用刻度尺测量线段 OM 、 OP 、 ON 的长度。线段 ON 的长度是被碰小球飞出的水平距离； OM 是碰撞后小球 m_1 飞行的水平距离； OP 则是不发生碰撞时 m_1 飞行的距离。它们分别代表了入射小球碰前的速度为 v_1 、碰撞后的速度 v_1' 和被碰小球碰后的速度 v_2' 。把数据填入设计好的表格中。

改变入射球的高度，或者改变两个小球的材质，重复上述实验步骤，再做一次。

数据处理：分析表格中的实验数据，得出结论。

注意事项：①斜槽末端的切线必须水平；②入射球与被碰球的球心连线与入射球的初速度方向一致；③入射球每次都必须从斜槽上同一位置由静止开始滚下；④地面须水平，白纸铺好后，实验过程中不能移动，否则会造成很大误差。

思考：本实验中，如果用质量较小的电木球作入射球，用钢球作靶球可不可以？请试一试，并分析现象产生的原因。如果入射球和靶球都用相同质量的钢球可不可以？请试一试。

3. 问题与练习

内容分析

第 1 题仍然是让学生进行寻找两个小球碰撞中的“不变量”的猜想，鼓励学生大胆提出猜想。

第 2 题则是通过处理打点计时器打出的纸带，相当于在处理“参考案例三”的实验数据，从而验证猜想。

这两个习题很好地支持了本节教材，要认真对待。

解答与说明

1. 在碰撞中 2 球的质量与速度的乘积的增加量为 $0.1 \times 9 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 0.9 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ ，1 球的质量与速度的乘积的减小量为 $0.3 \times (8 - 5) \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 0.9 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 。

可见，在这次碰撞中 2 球增加的质量与速度的乘积与 1 球所减小的质量与速度的乘积相等。

2. 从打点计时器打出的纸带可以看出，A 车在碰撞前是做匀速直线运动，其速度大小为

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\Delta x}{3T} = \frac{5.55 \times 10^{-2}}{3 \times 0.02} \text{ m/s} = 0.925 \text{ m/s}$$

A 车和 B 车碰后连在一起做匀速直线运动的速度为

$$v' = \frac{\Delta x'}{\Delta t} = \frac{\Delta x'}{5T} = \frac{4.50 \times 10^{-2}}{5 \times 0.02} \text{ m/s} = 0.450 \text{ m/s}$$

碰撞前两辆小车各自的质量与其速度的乘积之和为

$$m_A v = 0.6 \times 0.925 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 0.555 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

碰撞后两辆小车各自的质量与其速度的乘积之和为

$$(m_A + m_B) v' = (0.6 + 0.6) \times 0.450 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 0.540 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

从实验数据可以看出,在实验误差范围内碰撞前后两辆小车各自的质量与其速度的乘积之和是相等的。

第2节 动量和动量定理

1. 教学目标

- (1) 了解物理学中动量概念的建立过程。
- (2) 理解动量和动量的变化及其矢量性,会正确计算做一维运动的物体的动量变化。
- (3) 理解冲量概念,理解动量定理及其表达式。
- (4) 能够利用动量定理解释有关现象和解决实际问题。
- (5) 理解动量与动能、动量定理与动能定理的区别。

2. 教材分析与教学建议

本节在“探究碰撞中的不变量”的基础上提出了动量的概念,并从物理学史的角度来加以认识。进一步通过例题提出动量的变化,加深对动量是矢量的认识。并在计算动量的变化时注意它的矢量性。动量定理是一个重要的规律,它表示力在一段时间内连续作用的积累效果与物体动量变化之间的关系。教科书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情形,也适用于变力情形。正因为如此,动量定理在实际中有广泛的应用。尤其是在解决作用时间短、作用力大而且随时间变化的打击、碰撞等问题时,动量定理要比牛顿运动定律方便得多。

(1) 动量

首先要明确教材是在前面科学探究的基础上提出了动量的概念,相当于回答了物理学中为什么要引入动量这一概念,同时从科学史的角度,展示几代科学家在追寻“不变量”的努力中,逐渐形成“动量”概念的历史过程。

其次,在理解动量时,一定要明确 $p = mv$ 中的 v 是指物体的瞬时速度,从而说明动量是状态量(与时刻或位置对应),而且是矢量,其方向与速度的方向一致。还应明确其单位为 $\text{kg} \cdot \text{m/s}$ 。

第三要明确动量变化的意义,即动量的变化等于相互作用后的动量减去相互作用前的动量,是两个矢量的差。

最后在对例题的分析讲解中,应明确钢球与障碍物的碰撞虽然时间很短,但仍然是一个物理过程,动量的变化是这一极短过程的末动量与初动量的矢量之差,动量的变化也是矢量。在

处理一维问题时，动量的变化可以用两种方法得到。一是选取正方向，用正、负号表示动量和动量的变化的方向；二是用作图法求解，应注意初、末动量要画在同一起点上，从初动量的箭头指向末动量的箭头的有向线段就是动量的变化。教科书图 16.2-1 的右图用了三种颜色的有向线段来表示初、末动量和动量的变化，如果对此理解有困难，可以从矢量的加法的作图法过渡到矢量的减法的作图法。

动量的矢量性运算的训练，可以为动量守恒定律中碰撞前后动量的矢量和运算打好基础。在教学过程中，可以让学生回忆速度的变化量。另外要引导学生注意动量与动能的区别。

(2) 动量定理

在讲解动量定理之前，建议做好演示实验来引入课题。



教学片段 1

与动量定理有关的实验

在日常生活中，有不少这样的事例：跳远时要跳在沙坑里；跳高时在下落处要放海绵垫子；从高处往下跳，落地后双腿往往要弯曲；轮船边缘及轮渡的码头上都装有橡皮轮胎等，所有这些措施（或行为）的共性在哪里？在于延长相互打击、碰撞的过程，为什么要这样做呢？而在某些情况下，我们又不希望这样，比如要用铁锤钉钉子，不能用木锤钉钉子，这又是为什么呢？通过我们今天的学习来探究其中的奥秘。为了解释这类现象，我们先来观察两个实验。

实验一：

用线在鸡蛋上绕一圈，并用胶带把线贴牢，打一死结。将线的另一端穿过铁支架上端的挂钩，缓缓地把鸡蛋提升到顶端，在鸡蛋下方的台面上事先放置好泡沫塑料垫，将手拉线的一端释放。可以看到鸡蛋下落后弹起，但却并未损坏。

实验二：

用一条细线悬挂着一个重物，把重物拿到悬挂点附近，然后释放，重物可以把细线拉断。如果在细线上端拴一段橡皮筋，再把重物拿到悬挂点附近释放，细线就不会被拉断了（图 16-3）。想想这是什么道理？



图 16-3

根据同样的道理起重机的吊钩上都装有缓冲弹簧。

通过实验激发起学生的兴趣之后，让学生逐步建立起冲量的概念。

要注意对力的冲量这个概念的理解，加强对动量定理矢量性的理解。动量是矢量，它的方向就是速度的方向，冲量也是矢量，但它的方向不能笼统地说是力的方向。只有在作用时间内，力的方向不变时，冲量的方向才是力的方向。因为一般情况下，冲量矢量是在作用时间内，力矢量对这段时间的积分，而不是简单的力和力的作用时间的乘积。如果在作用时间内，力的方向不断变化，冲量的方向可能跟任何时刻力的方向都不相同。

注意动量定理中的冲量是指合力的冲量， F 是指合力。要认识到动量定理和牛顿第二定律的实质是相同的，但二者也有一些区别。动量定理反映了合力在时间上的积累效果——改变物体的动量，牛顿第二定律反映了合力的瞬时作用效果——使物体产生加速度。

教科书中给出的动量定理的表达式是矢量式。在处理一维问题时，需选定一个正方向，以简化成代数运算。在教科书的例题中，以初速度的方向为正方向，平均作用力 F 的方向和末动量的方向都以初速度的方向为标准。在分析例题时要明确研究对象（垒球）和研究的物理过程中的初、末状态，加深对动量定理矢量性的理解。

动量定理在工农业生产和日常生活中有广泛应用。用动量定理来解释生产、生活中的现象，应紧扣在某一物理过程中物体动量的变化、作用时间以及作用力，可以做一些演示实验来加深理解。还可以对汽车安全带、安全气囊和交通规则进行介绍，加强学生的安全意识，提高他们的科学素质。这也很好地体现了理论与实际相结合，从物理走向社会的理念。还可以列举分析一些应用实例，开阔学生眼界，活跃思维，培养他们运用所学知识来分析和解决实际问题的能力。



教学片段2

用动量定理解释物理现象

引导学生讨论：在动量的变化 Δp 一定的情况下， F 和 t 之间有什么关系？

用动量定理解释现象可分为下列三种情况：

- ① Δp 一定， t 短则 F 大， t 长则 F 小；
- ② F 一定， t 短则 Δp 小， t 长则 Δp 大；
- ③ t 一定， F 大则 Δp 大， F 小则 Δp 小。

引导学生解释新课引入中的实验现象。实验一中鸡蛋下落在泡沫塑料垫后弹起，并未损坏。鸡蛋碰撞的过程 Δp 一定，由于使用泡沫塑料垫后，作用时间 t 较长，则泡沫塑料垫对鸡蛋的作用力 F 较小。实验二中改在细线上端拴一段橡皮筋，再从同样的高度释放重物，细线就不会被拉断了。小球碰撞的过程 Δp 一定，由于使用橡皮筋后，作用时间 t 较长，则细线对小球的作用力 F 较小，同样的道理起重机的吊钩上都装有缓冲弹簧。

引导学生解释生产、生活以及体育运动中与动量定理有关的物理现象，例如，运送易碎物品时要用柔软材料包装，汽车装有安全气囊，装修地板砖的工人用的榔头是用木头做的，足球运动员使飞来的足球停下时，脚要顺着足球运动的方向摆一下再去停球等。

最后引导学生总结：在碰撞的生活实例中，我们要得到很大的作用力，就要缩短力的作用时间，而有时需要延长力的作用时间来减小力的作用。

在“科学漫步”栏目中介绍汽车碰撞实验，一方面加深对动量定理的理解，另一方面对学生进行产品质量与安全的教育。最后问题的答案应该是：轿车前面的发动机舱并不是越坚固越好，原因是轿车前面的发动机舱越坚固，发生碰撞时作用时间将会越短，导致碰撞时的相互作用力很大，造成轿车严重损坏。

通过“科学足迹”栏目，理解动量和动能、动量定理和动能定理的区别。动量定理反映了作用在物体上的合力在时间上的积累效果——改变物体的动量，动能定理反映了作用在物体上的合力在空间上的积累效果——改变物体的动能。在学生做过一定数量练习后，引导学生将所

学知识加以整理、比较。在学完动量守恒定律的应用以后,可引导学生将所学的牛顿运动定律、动量定理、动量守恒定律和动能定理加以比较,教师可启发学生从定律或定理的内容、研究对象、适用条件、分析问题的基本步骤和方法等方面去讨论。

通过“做一做”,让学生明确某一物体在同一状态下,其动量大小与动能的关系,即:

$$p = \sqrt{2mE_k} \text{ 和 } E_k = \frac{p^2}{2m}, \text{ 加深学生对动量、动能的理解。}$$

3. 问题与练习

内容分析

第1题是加深学生对概念的理解,区别动量和动能这两个概念。(1)(2)小问通过两种情形来理解动量、动量的变化、动能和动能的变化这四个基本概念,(3)小问侧重计算系统的总动量和总动能。目的是让学生明确动量是矢量,动能是标量,矢量的加、减法遵循平行四边形法则。

第2题是为了理解动量定理和动能定理的区别。

第3题既可以运用牛顿运动定律来求解,又可以运用动量定理来求解。

第4题是动量定理的简单应用。审题时要明确撞击后铁锤的速度为0。另外,还可以把题目改成铁锤以4 m/s的速度反向弹回,这样可以使学生更好地理解什么是动量的变化。

第5题是用动量定理来解释生活中的现象。应紧扣体操运动员在着地的物理过程中其动量的变化量不变,由于屈腿,延长了作用时间,从而减小了地面对体操运动员的作用力。

第6题是为了理解动量守恒定律中的“总动量”就是系统内各个物体动量的矢量和,为学习下一节的动量守恒定律打下伏笔。

解答与说明

1. (1) 初动量为 $p_0 = mv_0 = 2 \times 3 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$;

末动量为 $p = mv = 2 \times 6 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 12 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 。

因此,动量增大为原来的2倍。

初动能为 $E_{k0} = \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 3^2 \text{ J} = 9 \text{ J}$;

末动能为 $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 6^2 \text{ J} = 36 \text{ J}$ 。

因此,动能增大为原来的4倍。

(2) 动量变化了,动能没有变化。

取向东为正方向,则物体的末速度为 $v' = -3 \text{ m/s}$,动量变化量为

$$\Delta p = mv' - mv = [2 \times (-3) - 2 \times 3] \text{ kg} \cdot \text{m/s} = -12 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

负号表示动量改变量的方向与正方向相反,即向西。

(3) 取向东为正方向,则B物体的速度为 $v_B = -4 \text{ m/s}$,两物体动量之和为

$$p = m_A v_A + m_B v_B = [2 \times 3 + 3 \times (-4)] \text{ kg} \cdot \text{m/s} = -6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

动能之和为

$$E_k = \frac{1}{2}m_A v_A^2 + \frac{1}{2}m_B v_B^2 = \left(\frac{1}{2} \times 2 \times 3^2 + \frac{1}{2} \times 3 \times 4^2 \right) \text{ J} = 33 \text{ J}$$

说明:动量是矢量,单位是千克米每秒;动能是标量,单位是焦耳。运算法则不同,动量遵循矢量的平行四边形定则,动能遵循代数加减法则。