



全国名校名师讲义精英

中学教材学习讲义

高中物理
选修3-5

杜志建 主编

审订

郭玉珊 清华附中特级教师
孟卫东 清华附中特级教师
翟 蕾 北大附中高级教师
王颖水 郑州一中特级教师
涂木年 广州六中特级教师

郑晓龙 首都师大附中特级教师
王志伟 北京一中特级教师
冯定应 杭州学军中学特级教师
金凤义 南京金陵中学高级教师
廖晓林 江西临川一中特级教师

配 人民教育版
内含教材课后习题答案

汕头大学出版社

天星教育图书
登陆 www.tianxing.com 享受增值

上网登陆 增值服务

责任编辑：胡开祥

封面设计：魏晋文化

中学教材学习讲义

《中学教材学习讲义》采用“讲一例一练”互动的独特模式，三位一体、一书多用，让你在减少课业负担的同时，真正地提高学习能力，引领你通向令人羡慕的成功之路！

—— 安振平 陕西省数学特级教师

天星教育《中学教材学习讲义》，帮你将名师请到身旁；天星教育《中学教材学习讲义》，帮你掌握点石成金的学习术；天星教育《中学教材学习讲义》，帮你迈入心仪已久的名校殿堂！

—— 傅新华 湖北省语文特级教师

《中学教材学习讲义》系列图书充分体现新课标精神，将“自主学习”与“技能拓展”完美融合，注重知识的迁移与能力的培养。书中对新课标高考的权威分析以及对最新高考题的精辟诠释，让你在同步学习中方向明确、有的放矢！

—— 刘作敏 辽宁省政治特级教师

ISBN 978-7-81120-215-1



9 787811 202151

01 >

2B

TXF8004R2000

定 价：190.00元（共10册）



全国名校名师讲义精萃

中学教材学习讲义

高中物理 选修3-5

丛书主编：杜志建

本册主编：李 珍

本册副主编：李荣慧
戴健健

梁 爽 王 卫

汕头大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

中学教材学习讲义. 物理:选修/杜志建主编. —汕头:
汕头大学出版社, 2007. 12

ISBN 978 - 7 - 81120 - 215 - 1

I. 中... II. 杜... III. 物理课—高中—教学参考资料
IV. G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 174811 号

中学教材学习讲义·物理·选修

策 划: 杜志建

责任编辑: 胡开祥

封面设计: 魏晋文化 

出版发行: 汕头大学出版社
(广东省汕头市汕头大学内)

印 刷: 许昌裕达印刷有限公司

开 本: 890mm × 1240mm 1/16

版 次: 2009 年 7 月第 2 版

印 次: 2009 年 7 月第 1 次印刷

定 价: 190.00 元(共 10 册)

ISBN 978 - 7 - 81120 - 215 - 1

主 编: 杜志建

责任校对: 刘 娜

责任技编: 侯会锋

邮 编: 515063

电 话: 0754 - 2903126

印 张: 103.5

字 数: 2277 千字

版权所有 翻版必究

如发现印装质量问题,请与承印厂联系退换。



喻旭初 语文学科特级教师。金陵中学学术委员会委员，现任全国中学语文教学研究会学术委员、南京市中学语文教学研究会会长、江苏省青少年写作研究会副会长、中国叶圣陶研究会理事。主编各类语文书籍12种，发表文章60余篇。



郭玉珊 数学学科特级教师。现任清华附中数学教研组长，兼任吉林省青年教师协会理事、吉林省中学数学专业委员会理事、东北师大数学系教育硕士学位外校指导教师等；先后被评为全国中小学青年教师学科带头人、吉林省中小学青年教师学科带头人、吉林市优秀教师、优秀班主任等；发表了多篇论文或教学辅导文章。



安振平 数学学科特级教师。中国数学奥林匹克高级教练员，曾先后担任陕西数学会普及工作委员会副主任，陕西省教育学会学术委员会委员，陕西省中学数学教学研究会常务理事。《中学数学教学参考》高考试题研究组核心成员，主编高考、中考、竞赛图书多套，参与高校教材《中学数学研究》、《数学教育学导论》，以及北京师范大学版本高中新课程数学教材的编写。



齐智华 数学学科特级教师。享受国务院政府特殊津贴的有突出贡献的数学教育专家。中国数学奥林匹克教练，全国数学联赛命题专家；21世纪“全国中小学教师继续教育核心课培训教材”数学主编；中国科学院心理所《示范演练教学法》特聘教研员；MPA、MBA研究生入学考试辅导专家。



廖晓林 英语学科特级教师。江西省抚州市首批学科带头人，曾先后获得“全国中小校园丁奖”“全省优秀外语教师”等荣誉称号；2001年8月被授予抚州市首届享受市政府特殊津贴拔尖人才；被编入《中国当代教育名人辞典》、《中国专家名人辞典》等数十本大型工具书中；发表论文或文章900多篇；出版论著80余本。



李洪奇 英语学科特级教师。现任广州市外语综合高中英语科长、广州市特级教师协会副秘书长、全国创新学习研究会常务理事。2005年9月，经广州市教育局批准赴英国利兹城市大学进修。主编、参编、审校12部学术专著，发表学术论文数十篇。



孟卫东 物理学科特级教师。清华附中任教，新课标实验教材编写课题组成员，教育部全国理科实验班任课教师，清华附中理科班办公室主任，积极投身教学改革，参加并完成了多项教改科研课题，在高考复习、会考复习、实验班教学等方面有独到的建树。



陈世华 化学学科特级教师。湖北省优秀化学教师，2005年荣获湖北省化学化工学会颁发的首届“湖北省中学化学奖”。1999年至今，在《中国教育报》等68种国家级、省级刊报上发表化学教育教学文章1600余篇，出版专著5部，被多家杂志社聘为特约作者。



林祖荣 生物学科特级教师。任教北京师范大学附属实验中学，长期从事高三复习教学与研究工作。主编《高中生物新课程理念与实施》等专著；参与新课程初中《生物》教材（苏科版）、新课程高中《生物》教学参考（人教版）等书的编著工作。人教版高中新课标教材、北师大版九年义务教育新课标教材培训团专家。应邀到全国各地作新课程改革及高考辅导专题讲座百余场。



张法英 生物学科特级教师。河北省首批骨干教师、河北省生物教学专业委员会会员。曾连续两届当选石家庄市人大代表，获得过“专业技术拔尖人才”的称号和“特殊贡献奖”。多次参加大型模拟考试的命题工作，在《生物学通报》等杂志以及全国生物教学研讨会上发表或交流论文多篇，主编、参编教学辅导用书20多部。



覃遵君 政治学科特级教师。政府专项专家津贴获得者，现为北京师范大学良乡附中政治科教研组长、北京市政治教育研究会理事、房山区政治教育学会会长。担任全国《思想政治》部分实验教材的主编，并被人民教育出版社聘为全国实验教材培训团专家。



刘作敏 政治学科特级教师。大连市劳动模范、大连市优秀教师标兵、辽宁省中学思想政治课教学典型、大连政治名师工作室理事长、中国教育电视台2004年“中国考生”栏目政治主讲教师。先后在《思想政治课教学》等报刊杂志上发表教学研究和高考指导文章近40篇，并有多部书稿出版。



陈启洪 地理学科特级教师。中国地理学会会员、深圳市福田区学科带头人。应邀参编《中学地理教学方法辞典》等9本专业书籍，《高中地理教学要体现地理学思想》等论文分获全国、省、市一等奖。2002年入选《中国专家名人辞典》，2007年8月福田区教育局为其设立高中学段的第一个“名师工作室”。



何凡 历史学科特级教师。浙江省中学历史教学研究会理事；杭州市历史教研大组副组长。曾获杭州市教育系统先进工作者、杭州市第六届中学科优秀教研组长、杭州市教委直属中学优秀教师等荣誉。建立和完成的省级立项课题《关于史地学科社会教育功能的探索与实践》获省一等奖。在国家级和省级刊物共发表学术论文和教学论文70余篇，共30余万字。



范佳琳 2007年河南高考理科状元

毕业学校：安阳一中 总分：705分 现就读：北京大学

状元寄语：在所有奖品中有一项我最难忘，那是我考班级第一名时老师奖给我的两本天星教辅，我如获至宝，后来就一直使用天星图书。她们伴我走过了高中三年，我相信，助我成功的天星，也同样会成为千万学子攀登高峰的助力！



何宇佳 2007年重庆高考理科状元

毕业学校：巴蜀中学 总分：703分 现就读：清华大学

状元寄语：高考的路，难免有坎坷，难免有曲折，但我庆幸我找到了天星。天星教辅体系完整，讲解细致全面，题目新颖，难度把握得当，让我少走了很多弯路。天星指路，榜上有名！



张友谊 2007年湖北高考文科状元

毕业学校：大冶一中 总分：627分 现就读：北京大学

状元寄语：第一次接触天星，是看到老师备课时用的《中学教材学习讲义》，后来我也买了一本，就此我与天星结下了不解之缘。天星教辅注重总结解题规律，对解题方法的归纳系统、全面。选择天星，我是幸运的！



赵子波 2007年辽宁高考理科状元

毕业学校：锦州中学 总分：689分 现就读：香港科技大学

状元寄语：选择一本好的教辅图书，就等于选择了一位权威名师为自己的高考保驾护航。从高一到高三，从《中学教材学习讲义》到《高考复习讲义》，这些书内容丰富，对知识点的讲解深入透彻，是我高考路上的好帮手！



刘玉洁 2007年河北高考理科状元

毕业学校：保定一中 总分：708分 现就读：清华大学

状元寄语：天星教辅是我整个高中时期的良师益友，《中学教材学习讲义》同步指导我的学习；《试题调研》迅速及时地传递高考动态，是我复习备考的风向标。她们增强了我直面高考的信心，使我在面对各类试题时都游刃有余。



张璐 2007年陕西高考文科状元

毕业学校：西安高新一中 总分：672分 现就读：清华大学

状元寄语：天星教辅品种齐全、实用性强，能满足不同层次学生的需求，在我的同学当中一度掀起了使用天星教辅的热潮。希望更多的学弟学妹们结伴天星，相信梦想不再遥远！



曹妍 2006年安徽高考文科状元

毕业学校：合肥一中 总分：678分 现就读：北京大学

状元寄语：刚进入高三，我就暗自下决心要通过一年的奋战来实现自己心中渴望已久的梦想，但随着时间的流逝，我心里越来越不踏实。正是这个时候，我认识了天星。是她，救我于迷茫之中，为我指明了行进的方向。



姜君 2006年贵州高考理科状元

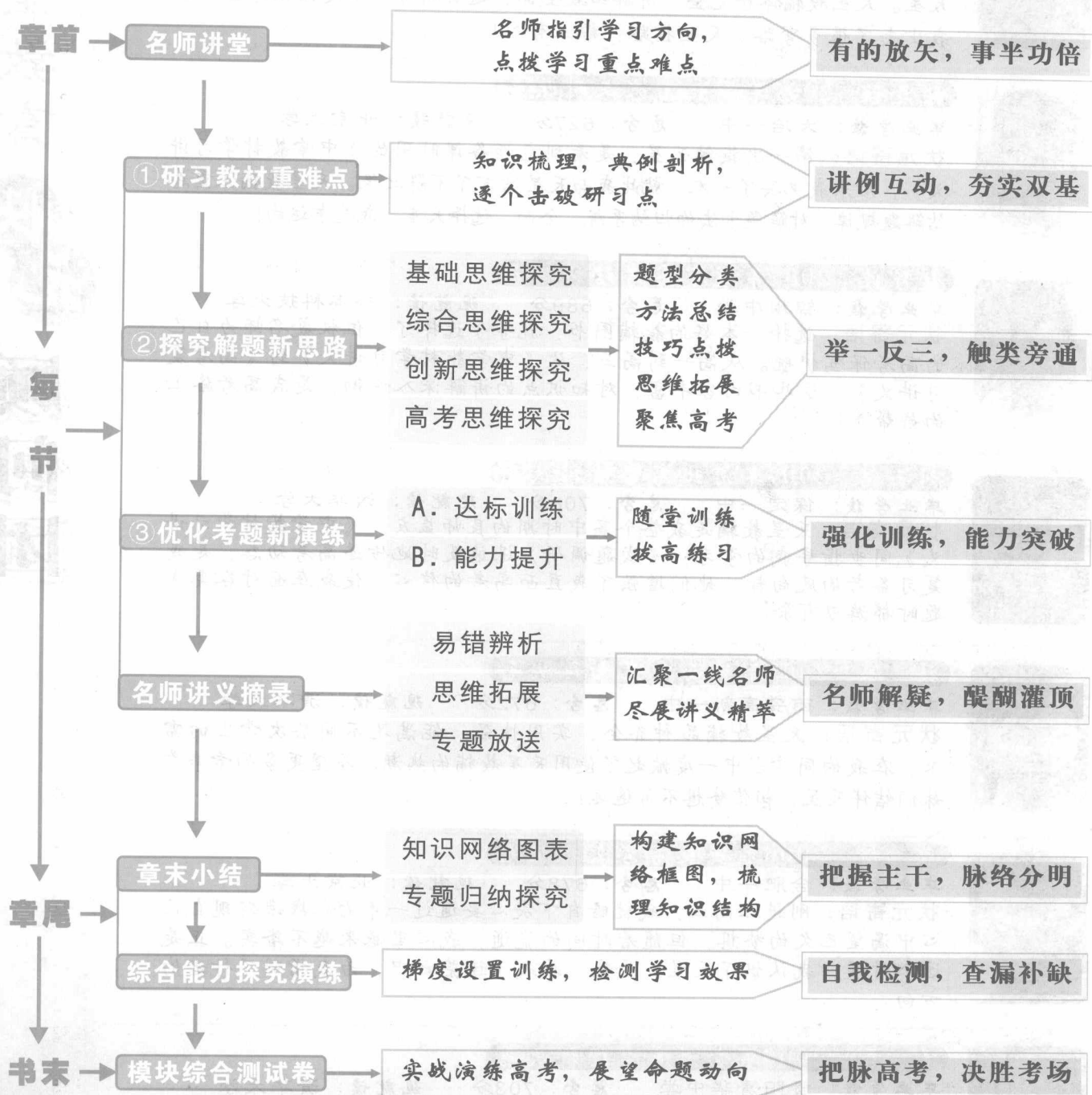
毕业学校：贵阳清华中学 总分：703分 现就读：清华大学

状元寄语：我自信，因为我有天星这张王牌，是她助我在刀光剑影、枪林弹雨的高考战场上所向披靡、战无不胜。感谢天星把我锻造成勇敢而自信的强者！

使用说明

立足教材，引领课标，把脉高考，以同步学习特点为编写基准，从学生学习实际出发，精心摘录名校名师讲义，全面梳理教材重难点，帮助学生构建全面系统的知识网络！

体例优化组合，为您展示名篇精华：



目录

CONTENTS

1 第十六章 动量守恒定律

第1节 实验:探究碰撞中的不变量	2
第2节 动量守恒定律(一)	8
第3节 动量守恒定律(二)	14
第4节 碰撞	21
第5节 反冲运动 火箭	29
第6节 用动量概念表示牛顿第二定律	35
章末小结	42
❖ 综合能力探究演练	44

47 第十七章 波粒二象性

第1节 物理学的新纪元:能量量子化	48
第2节 科学的转折:光的粒子性	51
第3节 崭新的一页:粒子的波动性	57
第4节 概率波	61
第5节 不确定性关系	64
章末小结	67
❖ 综合能力探究演练	68

71 第十八章 原子结构

第1节 电子的发现	72
第2节 原子的核式结构模型	76
第3节 氢原子光谱	80
第4节 玻尔的原子模型	84
章末小结	90
❖ 综合能力探究演练	91

94 第十九章 原子核

第1节 原子核的组成	95
第2节 放射性元素的衰变	99
第3节 探测射线的方法	104
第4节 放射性的应用与防护	107
第5节 核力与结合能	111
第6节 重核的裂变	116
第7节 核聚变	120
第8节 粒子和宇宙	124
章末小结	128
❖ 综合能力探究演练	129

模块综合测试卷	132
习题答案全解全析	135
教材课后习题答案	156

学习索引

名师讲义摘录

思维拓展

图象在物理探究中的应用	7
一般物体与黑体的比较	50
光的波粒二象性是不是折中主义	60
概率波的解释	63
微观粒子和宏观物体的特性对比	66
解答与本节知识有关的题目的解题依据和方法	79
书写核反应方程的原则及方法	110
核能的计算方法	114
裂变反应中核能的计算	119
重核裂变和轻核聚变的对比	123
各种粒子的相互关系	127

专题放送

“合二为一”问题和“一分为二”问题	13
碰撞中的三个制约因素	28
氢原子从低能级向高能级跃迁吸收能量的条件	88
对带电粒子的轨迹分析	98

易错辨析

对动量守恒定律的矢量性理解不透彻易导致错误	13
对动量守恒定律理解不透彻易导致错误	20
应用动量定理时的常见错误	41
光电效应中的几个易混淆概念	56
正确区分发射光谱和吸收光谱	83
理解半衰期时的常见误区	103

第十六章

动量守恒定律

名师
讲堂

本章首先通过实验探究,让同学们体会在碰撞过程中的不变量这一事实,在此基础上,引入动量的概念,得出动量守恒定律,之后讨论动量守恒定律与牛顿运动定律的关系,并通过逻辑推导得出动量定理,本章是经典力学部分的重点章节。

在学习本章时应注意以下几点:1. 动量是矢量,动量守恒定律和动量定理具有矢量性.2. 在使用动量守恒定律时,一定要注意其适用条件:系统不受外力或所受外力的合力为零.3. 要逐步学会用守恒的观点处理问题.4. 动量定理虽然是由牛顿第二定律得出的,但它比牛顿第二定律的适用范围广。

本章知识的重点是动量守恒定律和动量定理,其中涉及动量和能量的问题是高考考查的热点之一.本章知识的难点是动量定理的应用,以及根据动量定理和动量守恒定律中矢量的方向性解答实际问题。

——郑州一中特级教师 王颖水

本章参考清华附中、北大附中、济南外国语学校、
河南省实验中学课堂讲义。

第1节 实验：探究碰撞中的不变量

自然界中,物体间的相互作用是普遍存在的,彗星撞击木星、台球间的碰撞、交通工具由于交通事故而相撞、飞鸟撞上飞机、用打桩机打桩、用锤子钉钉子、棒球比赛等,这些相互作用时间很短,可以认为瞬间完成,物体间的相互作用力很大,这种相互作用叫做碰撞.那么与物体碰撞有关的物理量可能有哪些呢?在碰撞前后哪个物理量可能是不变的?

1. 研习教材重难点

研习点① 实验探究的基本思路

1. 一维碰撞的定义

两个物体碰撞前沿同一直线运动,发生碰撞后仍沿这条直线运动,这种碰撞叫做一维碰撞.

2. 追寻不变量

在一维碰撞中,与物体运动有关的量只有物体的质量和物体的速度.设两个物体的质量分别为 m_1 、 m_2 ,它们碰撞前的速度分别为 v_1 、 v_2 ,碰撞后的速度分别为 v_1' 、 v_2' ,规定某一速度方向为正.那么,碰撞前后哪个物理量是不变的?

• 探究释疑

1. 与物体运动有关的物理量有哪些?——质量和速度.
2. 碰撞前后哪个物理量可能是变化的?哪个物理量可能是不变的?——速度可能变化,质量一定是不变的.
3. 新的不变量可能的形式是怎样的?是两个物体各自的速度与质量的乘积之和?还是两个物体各自的质量与速度的二次方的乘积之和?还是物体各自的速度和质量的比值之和……

对于碰撞前后速度的变化和物体的质量 m 的关系,我们可以根据下表所列的一些项目进行讨论.

	碰撞前		碰撞后	
质量	m_1	m_2	m_1	m_2
速度	v_1	v_2	v_1'	v_2'
mv	$m_1 v_1 + m_2 v_2$		$m_1 v_1' + m_2 v_2'$	
mv^2	$m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2$		$m_1 v_1'^2 + m_2 v_2'^2$	
$\frac{v}{m}$	$\frac{v_1}{m_1} + \frac{v_2}{m_2}$		$\frac{v_1'}{m_1} + \frac{v_2'}{m_2}$	
...	...		...	

• 领悟整合

1. 碰撞前后物体的质量不变,但质量并不描述物体的运动状态,不是我们追寻的“不变量”.
2. 必须在各种碰撞的情况下都不改变的量,才是我们追寻的不变量.

典例1 为了“探究碰撞中的不变量”,小明在光滑桌面上放有 A 、 B 两个小球. A 球的质量为 0.3 kg ,以 8 m/s 的速度跟质量为 0.1 kg 、静止在桌面上的 B 球发生碰撞,并测得碰撞后 B 球的速度为 9 m/s , A 球的速度变为 5 m/s ,方向与碰撞前的速度方向相同.根据这些实验数据,小明对这次碰撞的规律做了如下几种猜想.

猜想1:碰撞后 B 球获得了速度, A 球把速度传递给了 B 球.

猜想2:碰撞后 B 球获得了动能, A 球把减少的动能全部传递给了 B 球.

你认为以上的猜想成立吗?若不成立,请你根据实验数据,通过计算说明,有一个什么物理量,在这次碰撞中, B 球所增加的这个物理量与 A 球所减少的这个物理量相等?

[辨析] 对于 B 球:碰撞前后,小球速度和质量的乘积的增加量为

$$0.1\text{ kg} \times 9\text{ m/s} = 0.9\text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

对于 A 球:碰撞前后,小球速度和质量的乘积的减少量为

$$0.3\text{ kg} \times 8\text{ m/s} - 0.3\text{ kg} \times 5\text{ m/s} = 0.9\text{ kg} \cdot \text{m/s}, \text{从计算结果可得二者相等.}$$

[答案] 猜想1、2均不成立 质量和速度的乘积,即 $0.9\text{ kg} \cdot \text{m/s}$

研习点② 实验探究一维碰撞中的不变量

1. 实验条件及数据的测量

(1) 实验必须保证碰撞是一维的,即两个物体在碰撞之前沿同一直线运动,碰撞之后还沿同一直线运动.

(2) 用天平测量物体的质量.

(3) 测量两个物体在碰撞前后的速度.

速度的测量可以充分利用所学的运动学知识,如利用匀速运动、平抛运动,并借助于斜槽、气垫导轨、打点计时器和纸带来达到实验目的和控制实验条件.

2. 实验结论

通过实验探究,我们可以初步得到这样的结论:在一维碰撞中,碰撞前后物体的质量与速度的乘积之和不变,即 $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$.

• 归纳总结

当两个物体发生一维碰撞时,碰撞前两物体质量与速度乘积的总和等于碰撞后两物体质量与速度乘积的总和,即 $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$. 应用本规律解决问题时,关键是要准确地找出碰撞前后两个状态所包含的物理量.

典例 2 在气垫导轨上有两个滑块 A、B,质量分别为 m_1 、 m_2 ,已知它们碰后的速度分别为 v_1' 和 v_2' ,A 滑块碰前的速度为 v_1 ,则 B 滑块碰前速度为

A. 0

B. $v_1' + v_2' - v_1$

C. $\frac{m_1 v_1' + m_2 v_2'}{m_2}$

D. $\frac{m_1 (v_1' - v_1) + m_2 v_2'}{m_2}$

[研析] 碰撞前两滑块质量与速度乘积的总和为

$$m_1 v_1 + m_2 v_2$$

碰撞后两滑块质量与速度乘积的总和为 $m_1 v_1' + m_2 v_2'$

根据 $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$ 可得

$$v_2 = \frac{m_1 (v_1' - v_1) + m_2 v_2'}{m_2}$$

[答案] D

2 探究解题新思路

基础 思维探究

题型一 实验条件的控制

典例 1 在用气垫导轨进行验证实验时,首先应该做的是

A. 给气垫导轨通气

B. 对光电计时器进行归零处理

C. 把滑块放到导轨上

D. 检验挡光片通过光电门时是否能够挡光计时

[研析] 为保护气垫导轨,在一切实验步骤进行之前,首先应该给气垫导轨通气.

[答案] A

知识链接 气垫导轨和光电计时器的配合使用可以测量滑块运动的速度.通过光电计时器记录挡光片通过光电门的时间间隔,然后根据公式 $v = \frac{s}{t}$ 可求得气垫导轨上滑块运动的速度.

拓展·变式 1 在利用气垫导轨探究碰撞时的不变量的实验中,哪些因素可导致实验误差 ()

A. 导轨安放不平

B. 小车上挡光片倾斜

C. 两小车质量不相等

D. 两小车碰后连在一起

题型二 实验数据的分析

典例 2 水平光滑桌面上有 A、B 两个小车,质量分别是 0.6 kg 和 0.2 kg. A 车的车尾拉着纸带, A 车以匀速向右的某一速度与静止的 B 车碰撞,碰后两车连在一起共同运动.碰撞前后打点计时器打下的纸带如图 16-1-1 所示(电源频率为 50 Hz). 根据这些数据,请猜想:

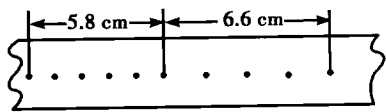


图 16-1-1

(1) 把两小车加在一起计算,有一个什么物理量在碰撞前后是相等的?

(2) 碰撞前后两车的 mv^2 之和是否相等? 两车的速度之和是否相等? 这说明了什么问题?

[研析] (1) 由纸带可以看出, A、B 两小车碰前和碰后都是向右运动,且碰撞发生在从题图所示纸带右边数起第 5 个点

时, A 车碰前碰后都看成匀速运动.

$$\text{碰前 A 车的速度: } v_A = \frac{6.6}{0.02 \times 4} \text{ cm/s} = 0.825 \text{ m/s}$$

$$\text{碰后 A 与 B 一起运动的速度: } v_{AB} = \frac{5.8}{0.02 \times 5} \text{ cm/s} = 0.58 \text{ m/s}$$

$$\text{碰前 A 车的 } m_A v_A = 0.6 \times 0.825 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 0.495 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

碰后 A、B 两车的质量和速度乘积之和为

$$(m_A + m_B) v_{AB} = (0.6 + 0.2) \times 0.58 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 0.464 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

在误差范围内, $m_A v_A = (m_A + m_B) v_{AB}$, 即二者的质量和速度的乘积之和在碰撞前后是相等的.

$$(2) \text{ 由(1)中的数据可知碰撞前 A 车的 } m_A v_A^2 = 0.6 \times 0.825^2 \times 0.825 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2 = 0.408 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$$

碰后 A、B 两车的质量和速度平方的乘积之和为

$$(m_A + m_B) v_{AB}^2 = (0.6 + 0.2) \times 0.58 \times 0.58 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2 = 0.269 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$$

则 $\frac{1}{2} m_A v_A^2 > \frac{1}{2} (m_A + m_B) v_{AB}^2$, 说明碰撞过程中总动能减少了.

碰撞前 A 的速度为 $v_A = 0.825 \text{ m/s}$, 碰撞后两车的速度之和为 $2v_{AB} = 1.16 \text{ m/s}$, 二者不相等. 说明 A 与 B 碰撞时传递给 B 的不是速度.

[答案] (1) 质量和速度的乘积之和在碰撞前后是相等的. (2) 碰撞过程中总动能减少了, 碰撞前后速度之和不相等, 说明 A 与 B 碰撞时传递给 B 的不是速度.

技巧点拨 本题主要考查了对数据的分析计算能力. 通过纸带上的点求出碰撞前 A 车的速度和碰撞后两车的共同速度, 然后通过多次计算, 找出不变的物理量, 进一步去分析 mv^2 之和与速度之和, 最后进行比较分析得出结论.

拓展·变式 2 用两个小车 A、B 探究碰撞中的不变量, 两车放在水平轨道上, B 车静止, A 车连接纸带(穿过打点计时器)向右运动(如图 16-1-2 甲所示), 它和 B 车碰撞后连在一起向右运动(两车碰撞时间极短). 已知 A 车质量 $m_A = 0.12 \text{ kg}$, B 车质量 $m_B = 0.11 \text{ kg}$, 打点计时器打点时间间隔为 $T = 0.02 \text{ s}$, 图 16-1-2 乙为打点计时器打下的纸带和刻度尺. 据此可得结论是: _____; 从纸带上 P 点开始计时, 经过 _____ s 的时间两车相碰.

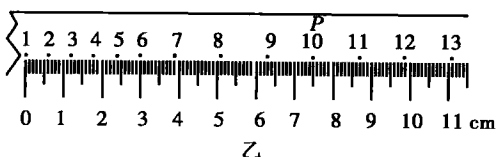
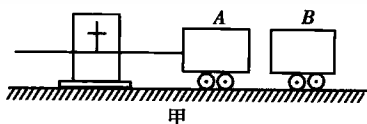


图 16-1-2

综合思维探究

典例 3 如图 16-1-3 所示,斜槽末端水平,小球 m_1 从斜槽某一高度由静止滚下,落到水平地面上的 P 点.今在槽口末端放一与 m_1 半径相同的小球 m_2 ,球 m_1 和 m_2 正碰后落地,落地点分别是 M 、 N .已知槽口末端在白纸上的投影为 O 点.则:

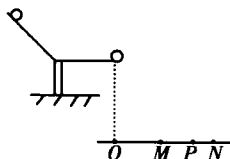


图 16-1-3

- (1) 两个小球的质量的关系应满足
A. $m_1 = m_2$ B. $m_1 > m_2$ C. $m_1 < m_2$ D. 没有限制
- (2) 实验必须满足的条件是
A. 轨道末端的切线必须是水平的
B. 斜槽轨道必须光滑
C. 入射小球 m_1 每次必须从同一高度滚下
D. 入射小球 m_1 和被碰小球 m_2 的球心在碰撞瞬间必须在同一高度
- (3) 实验中必须测量的量是
A. 小球的质量 m_1 和 m_2
B. 两小球的半径
C. 槽口末端离地的高度 H
D. 小球的起始高度
E. 两个小球 m_1 和 m_2 相碰后飞出的水平距离
F. 小球 m_1 单独滚下的水平距离
G. 从两球相碰到两球落地的时间
- (4) 若两小球质量之比为 $m_1 : m_2 = 3 : 2$, 两球落点情况如图 16-1-4 所示, 则碰撞前后有

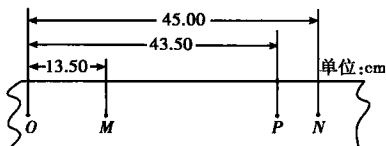


图 16-1-4

- A. $m_1 s_{OP} = m_1 s_{OM} + m_2 s_{ON}$ B. $\frac{s_{OP}}{m_1} = \frac{s_{OM}}{m_1} + \frac{s_{ON}}{m_2}$
- C. $m_1 s_{OP} = m_1 s_{OM} + m_2 s_{ON}$ D. $m_1 s_{OP} = m_2 s_{ON}$

[研析] (1) 为防止反弹造成入射小球返回斜槽, 要求入射小球质量大于被碰小球质量, 即 $m_1 > m_2$, 故正确选项为 B.
(2) 为保证两球从同一高度做平抛运动, 实验中要求斜槽

轨道末端的切线要调成水平; 为保证实验有较好的重复性以减小误差, 实验中要求入射小球每次从同一高度滚下; 为了使两小球发生对心碰撞, 两球碰撞时球心必须在同一高度. 本实验是探究碰撞前后物理量的变化情况, 故不需要斜槽轨道必须光滑, 正确选项为 A、C、D.

(3) 本实验必须测量的是两小球质量 m_1 和 m_2 , 入射小球 m_1 单独滚下的水平距离和两小球 m_1 和 m_2 相碰后飞出的水平距离. 小球脱离轨道口后做的是相同高度的平抛运动, 因此两球碰后落地时间相等, 两小球水平分运动的时间也相等, 故可以利用水平距离的测量代替速度的测量, 所以不需要测量两小球碰撞前后离地高度及落地的时间. 故本题的正确选项为 A、E、F.

(4) 设 $m_1 = 3m$, $m_2 = 2m$, 由题图 16-1-4 可知

$$s_{OM} = 0.135 \text{ m}, s_{OP} = 0.435 \text{ m}, s_{ON} = 0.45 \text{ m}$$

$$\text{从而 } m_1 s_{OP} = 1.305m$$

$$m_1 s_{OM} + m_2 s_{ON} = 1.305m$$

故有 $m_1 s_{OP} = m_1 s_{OM} + m_2 s_{ON}$, 正确选项为 C.

[答案] (1) B (2) ACD (3) AEF (4) C

技巧点拨 解决本题的关键是弄清该实验的原理, 由于两小球下落的高度相同, 所以它们的飞行时间相等, 这样两小球飞出的水平距离与它们的水平速度成正比. 因此, 只要分别测出两小球的质量 m_1 、 m_2 和不放被碰小球时入射小球飞出的水平距离, 以及入射小球与被碰小球碰撞后各自飞出的水平距离, 就可以验证两小球碰撞前后质量与速度的乘积之和是否守恒.

拓展·变式 3 某同学用如图 16-1-5 甲所示装置通过半径相同的 A、B 两球相碰来探究碰撞中的不变量, 图中 PQ 是斜槽, QR 为水平槽. 实验时先使 A 球从斜槽上某一固定位置 G 由静止开始滚下, 落到位于水平地面的记录纸上, 留下痕迹, 重复上述操作 10 次, 得到 10 个落地痕迹; 再把 B 球放在水平槽上靠近槽末端的地方, 让 A 球仍从位置 G 由静止开始滚下, 和 B 球碰撞后, A、B 球分别在记录纸上留下各自的落点痕迹, 重复这种操作 10 次. 图甲中 O 点是水平槽末端 R 在记录纸上的投影点, B 球落点痕迹如图乙所示, 其中米尺水平放置, 且平行于 G、R、O 所在的平面, 米尺的零刻度与 O 点对齐.

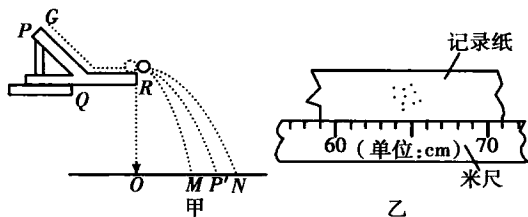


图 16-1-5

- (1) 碰撞后 B 球的水平射程应取为 _____ cm.
- (2) 在以下选项中, 哪些物理量是本次实验必须进行测量的? _____ (填选项号).
A. 水平槽上未放 B 球时, 测量 A 球落点位置到 O 点的距离
B. A 球与 B 球碰撞后, 测量两球各自落点位置到 O 点的距离
C. 测量 A 球或 B 球的直径
D. 测量 A 球和 B 球的质量 (或两球质量之比)

E. 测量 C 点相对于水平槽面的高度

创新思维探究

典例 4 用天平、气垫导轨(带光电计时器和两个滑块)探究物体间发生相互作用时的不变量,本实验可用频闪照相机代替打点计时器(闪光频率为 10 Hz),步骤方法如下:

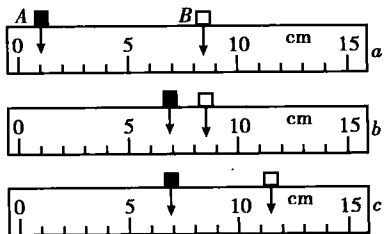


图 16-1-6

(1) 用天平称出两滑块的质量, $m_A = 0.10 \text{ kg}$, $m_B = 0.20 \text{ kg}$, 放在水平的气垫上(导轨上标尺的最小分度为 1 cm, 滑块可看做质点);

(2) 碰撞前后连续三次闪光拍照得图 16-1-6 中 a、b、c 所示的照片;

根据图示数据探究物体间发生相互作用时的不变量.

[研析] 由题图 a、b 可确定 A 的速度为

$$v_A = \frac{(7.0 - 1.0) \times 10^{-2}}{0.1} \text{ m/s} = 0.6 \text{ m/s}$$

$$\text{则 } m_A v_A = 0.1 \times 0.6 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 0.06 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

从题图 b、c 看出滑块 A 与 B 靠近到发生碰撞需

$$t_2 = \frac{1.5 \times 10^{-2}}{0.6} \text{ s} = 2.5 \times 10^{-2} \text{ s}$$

所以 A 与 B 碰后回到 7.0 cm 位置, 历时 $(0.1 - 2.5 \times 10^{-2}) \text{ s} = 7.5 \times 10^{-2} \text{ s}$

$$\text{因此, 求出 } v_A' = \frac{(7.0 - 8.5) \times 10^{-2}}{7.5 \times 10^{-2}} \text{ m/s} = -0.2 \text{ m/s}$$

$$v_B' = \frac{(11.5 - 8.5) \times 10^{-2}}{7.5 \times 10^{-2}} \text{ m/s} = 0.4 \text{ m/s}$$

$$\text{所以碰撞后: } m_A v_A' + m_B v_B' = 0.06 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

$$\text{由以上计算可得: } m_A v_A + m_B v_B = m_A v_A' + m_B v_B'$$

技巧点拨 本题求解思路为从题图所示滑块位置求出碰撞前、后滑块的速度 v_A 、 v_B 、 v_A' 、 v_B' , 探究 $m_A v_A + m_B v_B$ 和 $m_A v_A' + m_B v_B'$ 的关系, 从而得出碰撞中的守恒量.

高考思维探究

探究碰撞中的不变量在高考中主要以验证实验的形式出现, 主要考查对实验原理和装置的分析, 寻求不变的量; 另外还要求考生对实验数据进行处理, 了解误差产生的原因, 以及对误差的处理; 通过独立思考, 从而进一步理解和体会实验探究的基本思想.

典例 5 (2006·天津) 用半径相同的两小球 A、B 来探究碰撞中的不变量, 实验装置如图 16-1-7 所示, 斜槽与水平槽圆滑连接. 实验时先不放 B 球, 使 A 球从斜槽上某一定点 C 由静止滚下, 落到位于水平地面的记录纸上留下痕迹. 再把 B 球静置于水平槽末端边缘处, 让 A 球仍从 C 处由静止滚下, A 球和 B 球碰撞后分别落在记录纸上留下各自的痕迹. 记录纸上的 O 点是水平槽末端重垂线所指的位置, 若测得各落点痕迹到 O 点的距离: $OM = 2.68 \text{ cm}$, $OP = 8.62 \text{ cm}$, $ON = 11.50 \text{ cm}$, 并知 A、B 两球的质量比为 2:1, 则未放 B 球时 A 球落地点是记录纸上的 _____ 点, 系统碰撞前总动量 p 与碰撞后总动量 p' 的百分误差 $\frac{|p - p'|}{p} = \underline{\hspace{2cm}}$. (结果保留一位有效数字)

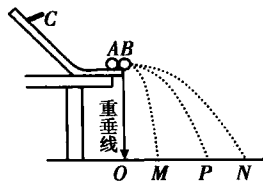


图 16-1-7

[研析] 由题意可知, OP 是未放 B 球时 A 球从槽中自由滚下落地的水平距离, OM 是碰撞后入射球 A 落地的水平距离, ON 是碰撞后被碰球 B 落地的水平距离. 则未放 B 球时 A 球的落地点是 P. 用小球的质量和水平位移的乘积代替动量, 则有:

$$\frac{|p - p'|}{p} = \frac{|m_A \cdot OP - (m_A \cdot OM + m_B \cdot ON)|}{m_A \cdot OP}, \text{ 代入数据可得结果为 } 2\%.$$

[答案] P 2%

考向指南 本题重点考查学生的实验能力以及分析碰撞中的不变量的实验误差, 通过对实验装置、操作具体分析找出产生误差的原因; 实验中要合理控制实验条件, 避免除碰撞时相互作用力外的其他力影响物体速度.

3. 优化考题新演练

A 达标训练

1. 在用气垫导轨进行验证实验时, 不需要测量的物理量是 ()
- A. 滑块的质量 B. 挡光时间
C. 挡光片间的距离 D. 光电门的高度

2. 在用两个小球的碰撞来验证碰撞中的不变量时, 产生误差的主要原因是 ()
- A. 碰撞前入射小球的速度方向、碰撞后入射小球的速度方向和碰撞后被碰小球的速度方向不是绝对沿水平方向
B. 小球在空中飞行时受到空气阻力
C. 通过复写纸描得的各点, 不是理想的点, 有一定的大小,

从而带来作图上的误差

D. 测量长度时有误差

3. 关于探究碰撞中的不变量的实验中,入射小球每次滚下都应从斜槽上同一位置无初速度释放,这是为了 ()

A. 小球每次都能水平飞出槽口
B. 小球每次都能以相同的速度飞出槽口
C. 小球在空中飞行的时间不变
D. 小球每次都能对心碰撞

4. 在利用悬线悬挂等大小球探究碰撞中的不变量的实验中,下列说法正确的是 ()

A. 悬挂两球的细线长度要适当且等长
B. 由静止释放小球以便较准确地计算小球碰前的速度
C. 两小球必须都是刚性球且质量相同
D. 两小球碰后可以粘合在一起共同运动

5. 如图 16-1-8 所示为气垫导轨上两个滑块 A、B 相互作用后运动过程的频闪照片,频闪的频率为 10 Hz. 开始时两个滑块静止,它们之间有一根被压缩的轻弹簧,滑块用绳子连接,绳子烧断后,两个滑块向相反方向运动. 已知滑块 A、B 的质量分别为 200 g、300 g,根据照片记录的信息,A、B 离开弹簧后,A 滑块做 _____ 运动,其速度大小为 _____ m/s,本实验中得出的结论是 _____.

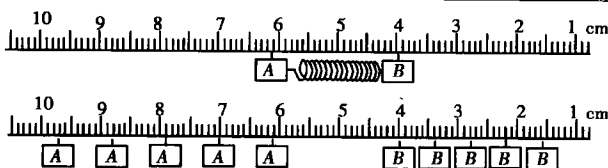


图 16-1-8

6. 气垫导轨是常用的一种实验仪器,它是利用气泵使带孔的导轨与滑块之间形成气垫,使滑块悬浮在导轨

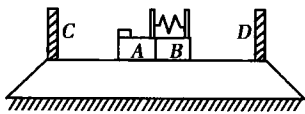


图 16-1-9

上,滑块在导轨上的运动可视为无摩擦. 在实验室中我们可以用带竖直挡板 C 和 D 的气垫导轨及质量均为 M 的滑块 A 和 B 进行实验,如图 16-1-9 所示. 实验步骤如下:

(1) 在滑块 A 上固定一质量为 m 的砝码,在滑块 A 和 B 之间放入一个处于压缩状态的弹簧,用电动卡销置于气垫导轨上;

(2) 按下电钮放开卡销,同时分别记录滑块 A、B 运动时间的计时器开始工作,当滑块 A、B 分别碰撞 C、D 挡板时计时结束,计时装置自动记下滑块 A、B 分别到达挡板 C、D 的运动时间 t_1 、 t_2 ;

(3) 重复几次步骤(1)、(2). 问:

①在调整气垫导轨时应注意 _____;

②还应测量的数据有 _____;

③滑块 A、B 被弹开过程中遵守的关系式是 _____.

7. 某同学设计了一个用打点计时器探究碰撞中的不变量的实验:在小车 A 的前端粘有橡皮泥,推动小车 A 使之做匀速运动,然后与原来静止在前方的小车 B 相碰并粘合成一体,继

续做匀速运动. 他设计的具体装置如图 16-1-10 甲所示. 在小车 A 后连着纸带,电磁打点计时器电源频率为 50 Hz,长木板下垫着小木片用以平衡摩擦力.

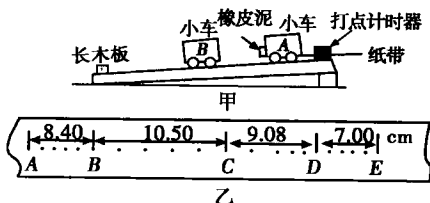


图 16-1-10

- (1) 若已得到打点纸带如图 16-1-10 乙所示,测得各计数点间距并标在图上,A 为运动起始的第一点,则应选 _____ 段来计算 A 的碰前速度, $v_A =$ _____;应选 _____ 段来计算 A 和 B 碰撞后的共同速度, $v_{AB} =$ _____.(分别选填 AB、BC、CD、DE).

(2) 已测得小车 A 的质量 $m_1 = 0.40$ kg,小车 B 的质量 $m_2 = 0.20$ kg. 由以上测量结果可得结论: _____.

8. 在“探究碰撞中的不变量”的实验中,也可以探索 mv^2 这个量(对应于动能)的变化情况.

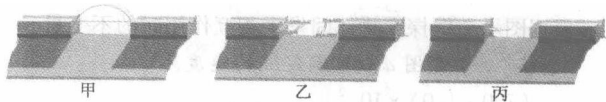


图 16-1-11

(1) 若采用弓形弹片弹开滑块的方案如图 16-1-11 甲所示,弹开后的 mv^2 的总量 _____(填“大于”、“小于”或“等于”)弹开前 mv^2 的总量,这是因为 _____.

(2) 若采用图乙方案,碰撞前 mv^2 的总量 _____(填“大于”、“小于”或“等于”)碰后 mv^2 的总量,说明弹性碰撞中, _____ 守恒.

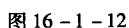
(3) 若采用图丙所示的方案,碰撞前 mv^2 的总量 _____(填“大于”、“小于”或“等于”)碰后 mv^2 的总量,说明非弹性碰撞中,存在 _____ 损失.

B能力提升

9. 为了探究碰撞中的不变量,实验可以在气垫导轨上进行,这样就可以大大减小阻力,使滑块在碰撞前后的运动可以看成是匀速运动,使实验的可靠性及精确度得以提高. 在某次实验中,A、B 两铝制滑块在一水平长气垫导轨上相碰,用闪光灯相机每隔 0.4 秒钟拍摄一次照片,每次拍摄时闪光的延续时间很短,可以忽略,如图 16-1-12 所示,已知滑块 A、B 之间的质量关系是 $m_B = 1.5m_A$,拍摄共进行了 4 次,第一次是在两滑块相撞之前,以后的三次在碰撞之后,A 原来处于静止状态,设滑块 A、B 在拍摄闪光照片的这段时间内是在 10 cm 至 105 cm 这段范围内运动(以滑块上的箭头位置为准),试根据闪光照片回答问题:

(1) A、B 两滑块碰撞前后的速度各为多少?

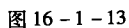
(2) 两滑块碰撞前后质量与速度的乘积之和是不是不变量?



10. 质量为 $m_1 = 20 \text{ g}$ 的小球在光滑的水平桌面上以 $v_1 = 30 \text{ cm/s}$ 的速度向右运动, 恰好遇上在同一条直线上以速度 v_2 向左运动的另一个小球 m_2 , 已知 $m_2 = 50 \text{ g}$, $v_2 = 20 \text{ cm/s}$. 碰撞后, 小球 m_2 恰好停止. 那么, 碰撞后小球 m_1 的速度是多大, 方向如何?

□湖南省岳阳中学特级教师 康继荣

典例 “探究碰撞中的不变量”的实验中,入射小球 $m_1 = 15 \text{ g}$,原来静止的被碰小球 $m_2 = 10 \text{ g}$,由实验测得它们在碰撞前后的 $x-t$ 图象如图 16-1-13 所示.由图可知入射小球碰撞前的 $m_1 v_1$ 是 $\text{kg} \cdot \text{m/s}$,入射小球在碰撞后的 $m_1 v_1'$ 是 $\text{kg} \cdot \text{m/s}$,被碰小球碰撞后的 $m_2 v_2'$ 是 $\text{kg} \cdot \text{m/s}$,由此可得出结论是_____.



[答案] 0.015 0.007 5 0.007 5 碰撞中 mv 的矢量和是守恒量