

王后雄学案

教材完全解读

选修·专题



高中物理 选修3-5

丛书主编：王后雄
本册主编：汪建军 宋新民



Jieli 接力出版社
Publishing House

全国优秀出版社
SPLendid PUBLISHING HOUSE IN CHINA

王后雄学案

教材完全解读

选修·专题

高中物理 选修3-5

丛书主编：王后雄
本册主编：汪建军 宋新民
编委：吴新民 张响亮
左念平 韩远林



从书策划：熊 辉
责任编辑：吴惠娟
责任校对：姜 荣
封面设计：木头羊

JIAOCAI WANQUAN JIEDU
GAOZHONG WULI

教材完全解读

高中物理 选修3-5

丛书主编：王后雄 本册主编：汪建军 宋新民

*
社 长：黄 俭 总编辑：白 冰

接力出版社出版发行

广西南宁市园湖南路9号 邮编：530022

E-mail: jielipub@public.nn.gx.cn

孝感市三环印务有限责任公司印刷 全国新华书店经销

*
开本：889毫米×1194毫米 1/16 印张：10 字数：264千

2008年8月第2版 2008年8月第2次印刷

ISBN 978-7-80732-814-8

定价：17.30元

如有印装质量问题，可直接与本社调换。如发现画面模糊，字迹不清，断笔缺画，严重重影等疑似盗版图书，请拨打举报电话。

盗版举报电话：0771-5849336 5849378

读者服务热线：027-61883306

教材完全解读

本书特点

- 1、以《课程标准》、《考试大纲》为编写依据，完全解读知识、方法、能力、考试题型，全面提高学习成绩。
- 2、采用国际流行的双栏对照案例编写方式，左栏对教材全解全析，在学科层次上力求讲深、讲透、讲出特色；右栏用案例诠释考点，对各个考点各个击破。

3层完全解读

从知识、方法、思维诠释教材知识点和方法点、帮您形成答题要点、解题思维，理清解题思路、揭示考点实质和内涵。



第一章 碰撞与动量守恒

课标单元知识

1. 通过实验探究物体碰撞的一些特点，正确理解弹性碰撞和非弹性碰撞，培养实验观察的能力和从实验中归纳、概括物理概念与规律的能力。
2. 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和反冲问题，知道动量守恒定律的普遍意义。

高考命题趋向

本章知识是高考的热点，也是重点和难点，试题经常与机械能守恒定律、平抛运动、圆周运动等力学及电磁学、原子物理等知识点组成综合题。这类题型，前后两个物理过程总是通过碰撞来过渡的，这就决定了动量守恒定律在解题过程中的纽带作用，而且题目难度大，多以综合、论述题形式出现。

第一节 实验探究碰撞中的不变量

知识·能力聚焦

1. 实验探究一维碰撞中的不变量

(1) 一维碰撞：两个物体碰撞前沿同一直线运动，碰撞后仍沿同一直线运动，这种碰撞叫做一维碰撞。

(2) 实验的基本思路：①与物体运动有关的物理量可能有哪些；②碰撞前后哪个物理量可能是不变的。

方法·技巧平台

3. 实验探究的实施思路

(1) 设置两个物体碰撞前沿同一直线运动，碰撞后仍沿同一直线运动，也就是做一维碰撞。

与物体运动有关的物理量可能有哪些呢？在一维碰撞的情况下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 ，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' 。如果速度与设定的方向一致，取正值，否则取负值。

创新·思维拓展

4. 实验探究中要注意的两个问题

(1) 保证两个物体做水平一维碰撞：可用斜槽、气垫导轨等控制物体的运动。

名师诠释

◆ [考题1] 某同学设计了一个用打点计时器探究碰撞过程中不变量的实验：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1-1-2所示。在小车A后连着纸带，电磁打点计时器电源频率为50Hz，长木板下垫着小木片用以平衡摩擦力。

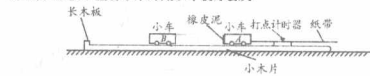


图1-1-2

(1) 若已得到打点纸带如图1-1-2所示，并测得各计数点间距离标在图上，A点是运动起始的第一点，则应选_____段来计算A的碰前速度，应选_____段来计算A和B碰后的共同速度（以上两格填“AB”或“BC”或“CD”或“DE”）。

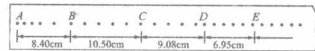


图1-1-3

(2) 已测得小车A的质量 $m_1 = 0.40\text{kg}$ ，小车B的质量 $m_2 = 0.20\text{kg}$ ，由以上测量结果可得：碰前 $m_1v_1 + m_2v_2 =$ _____ $\text{kg} \cdot \text{m/s}$ ；碰后 $m_1v_1' + m_2v_2' =$ _____ $\text{kg} \cdot \text{m/s}$ 。

- (1) 碰撞后B球的水平射程应为_____cm。
 (2) 在以下选项中，哪些是本次实验必须进行的测量？答：_____

双栏对照学习

左栏全面剖析考点知识，凸现“解题依据”和答题要点。

右栏用典型案例诠释左栏考点。左右栏讲解·案例一对照，形成高效学习的范式。

教辅大师王后雄教授、特级教师科学超前的体例设置，帮您赢得了学习起点，成就您人生的夙愿。

——题记

整体训练方法

针对本节重点、难点、考点及考试能力达标所设计的题目。题目难度适中，是形成能力、考试取得高分的必经阶梯。

解题错因导引

“点击考点”栏目导引每一道试题的“测试要点”。当您解题出错时，建议您通过“测试要点”的指向，弄清致错原因，形成正确答案。

同步体验高考

结合本章节知识及考纲要求，精心选编最新五年高考试题，体现“高考在平时”的学习理念，同步触摸、感知高考，点拨到位，破解高考答题规律与技巧。

单元知识整合

单元知识与方法网络化，帮助您将本单元所学教材内容系统化，形成对考点知识二次提炼与升华，全面提高单元学习效率。

考试高分保障

精心选编涵盖本章节或阶段性知识和能力要求的检测试题，梯度合理、层次分明，与同步考试接轨，利于您同步自我测评，查缺补漏。

点拨解题思路

试题皆提供详细的解题步骤和思路点拨，鼓励一题多解。不但知其然，且知其所以然。能使您养成良好规范的答题习惯。

· 2 ·

教材完全解读 高中物理选修3-5

能力·题型设计

1A 为了研究碰撞，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，使实验的可靠性及准确度得以提高。在某次实验中，A、B两铝制滑块在一水平气垫导轨上相碰，用闪光灯每隔

▲点击考点

验证 mv 是不是不
变量

两个物体各自的质量与自己的速度的乘积和是不是不变量？

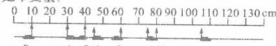


图 1-1-5

最新5年高考名题诠解

1. (2006年全国卷1)一质量为 m 的运动员从下蹲状态向上起跳，经 Δt 时间，身体伸直并刚好离开地面，速度为 v 。在

此过程中()。

A. 地面对他的冲量为 $mv + mg\Delta t$ ，地面对他做的功为 $1/2mv^2$

单元知识梳理与能力整合

归纳·总结·专题

一、单元知识网络与要点

1. 知识网络
2. 要点回顾
- 二、方法归纳总结

知识与能力同步测控题

测试满分:100分

测试时间:90分钟

一、选择题(每小题至少有一个选项是正确的,每小题4分,共40分)

1. 质量为 m 的物体以 v_0 做平抛运动,经过时间 t ,下落的高度为 h ,速度大小为 v 。在这段时间内,该物体的动量变化量

大小为()。

A. $mv - mv_0$

B. $mg t$

C. $m\sqrt{v^2 - v_0^2}$

D. $m\sqrt{2gh}$

模块能力测试题

测试时间:90分钟

测试满分:100分

一、选择题(每小题4分共40分,每小题至少有一个选项正确)

1. 下列叙述中,符合物理史实的是()。

A. 汤姆生发现了电子,并由此提出了原子的核式结构学说

B. 卢瑟福做了 α 粒子散射实验,并据此了解了原子核的组成

C. 约里奥·居里夫人用 α 粒子轰击铝核,发现了中子和正电子

答案与提示

第一章 碰撞与动量守恒

第一节 实验探究碰撞中的不变量

1. [解析] 由图分析可知

$$(1) \text{碰撞后: } \begin{cases} v_A' = \frac{\Delta s_A'}{\Delta t} = \frac{0.2}{0.4} \text{ m/s} = 0.50 \text{ m/s} \\ v_B' = \frac{\Delta s_B'}{\Delta t} = \frac{0.3}{0.4} \text{ m/s} = 0.75 \text{ m/s} \end{cases}$$

X导航丛书系列最新教辅

讲 《中考完全解读》 复习讲解—紧抱中考的脉搏

练 《中考完全学案》 难点突破—挑战思维的极限



《中考完全学案》



讲 《高考完全解读》 精湛解析—把握高考的方向

练 《高考完全学案》 阶段测试—进入实战的演练

《高考完全学案》

讲 《教材完全解读》 细致讲解—汲取教材的精髓

例 《课标导航基础知识手册》 透析题型—掌握知识的法宝

练 《教材完全学案》 夯实基础—奠定能力的基石



伴随着新的课程标准问世及新版教材的推广，经过多年的锤炼与优化，数次的修订与改版，如今的“X导航”丛书系列以精益求精的质量、独具匠心的创意，已成为备受广大读者青睐的品牌图书。今天，我们已形成了高效、实用的同步练习与应试复习丛书体系，如果您能结合自身的实际情况配套使用，一定能取得立竿见影的效果。

模块学习指南	1
第一章 碰撞与动量守恒	
第一节 实验探究碰撞中的不变量	2
第二节 动量、动量变化与冲量的关系	5
第三节 动量守恒定律	11
第四节 动量守恒定律在碰撞中的应用	18
第五节 反冲运动 火箭	25
第六节 自然界中的守恒定律	31
单元知识梳理与能力整合	40
知识与能力同步测控题	44
第二章 波粒二象性	
第一节 黑体辐射 能量量子化	46
第二节 光电效应	49
第三节 康普顿效应 光的波粒二象性	58
第四节 粒子的波动性(德布罗意波) 不确定性关系	63
单元知识梳理与能力整合	67
知识与能力同步测控题	71
第三章 原子结构	
第一节 电子的发现	73
第二节 原子的核式结构模型	76
第三节 氢原子光谱	80
第四节 玻尔的原子模型(能级结构)	83
第五节 激光	91
单元知识梳理与能力整合	93
知识与能力同步测控题	96
第四章 原子核	
第一节 原子核的组成	98
第二节 原子核的衰变	104
第三节 探测射线的方法	110
第四节 放射性的应用与防护	112
第五节 核力与核结合能	115
第六节 重核裂变及其应用	120
第七节 轻核聚变及其应用	124
第八节 小粒子与大宇宙	128
单元知识梳理与能力整合	131
知识与能力同步测控题	134
模块能力测试题	136
答案与提示	138

知识与方法

阅读索引

第一章 碰撞与动量守恒

第一节 实验探究碰撞中的不变量

1. 实验探究一维碰撞中的不变量 2
2. 碰撞 2
3. 实验探究的实施思路 3
4. 实验探究中要注意的两个问题 3
5. 弹性碰撞与非弹性碰撞 3

第二节 动量、动量变化与冲量的关系

1. 动量及动量变化 5
2. 冲量 5
3. 动量变化与冲量的关系——动量定理 5
4. 动量变化量的计算 6
5. 冲量的计算方法 6
6. 动量定理的应用 7
7. 几个物理量的区别 8
8. 用动量概念表示牛顿第二定律 9

第三节 动量守恒定律

1. 系统 内力 外力 11
2. 动量守恒定律 11
3. 动量守恒定律的适用范围 11
4. 运用动量守恒定律解题的基本步骤和方法 12
5. 对动量守恒定律的理解 13
6. 由多个物体组成的系统的动量守恒 13
7. 动量守恒定律应用中的临界问题 13

第四节 动量守恒定律在碰撞中的应用

1. 碰撞及类碰撞过程的特点 18
2. 碰撞的分类 18
3. 解析碰撞问题的三个依据 19
4. 爆炸问题 19
5. 弹性正碰的讨论 19
6. 碰撞类问题的拓展 20
7. 历史上中子的发现过程 20

第五节 反冲运动 火箭

1. 反冲运动 25
2. 火箭 26
3. “人船模型”——反冲运动 26
4. 火箭的最终速度 27
5. 课外活动探究 27

第六节 自然界中的守恒定律

1. 守恒与不变 31
2. 守恒定律的本质 31
3. 守恒定律的意义 31
4. 守恒与对称 31
5. 物理学中的形式美 32
6. 解决动力学问题的三个基本观点 32
7. 物理规律选用的一般方法 33
8. 解答力学综合题的基本思路 and 步骤 33

9. 动量守恒定律与机械能守恒定律的区别 34

第二章 波粒二象性

第一节 黑体辐射 能量量子化

1. 热辐射 46
2. 绝对黑体(简称黑体) 46
3. 普朗克能量量子化假说 47
4. 什么样的物体可看成黑体 47

第二节 光电效应

1. 光电效应现象 49
2. 光电效应的规律 49
3. 经典电磁理论解释光电效应遇到的困难 51
4. 爱因斯坦的光电效应方程 51
5. 光子说对光电效应规律的解释 51
6. 知识归纳 52
7. 光电效应曲线 52
8. 光强 52
9. 光电管的构造和工作原理(重点) 53
10. 密立根违背初衷的验证 53

第三节 康普顿效应 光的波粒二象性

1. 光的散射 58
2. 康普顿效应 58
3. 光的波粒二象性 58
4. 光的波动性与粒子性的统一 59
5. 再探光的双缝干涉实验 59
6. 光的波粒二象性的理解 59
7. 光本性学说的发展简史 60

第四节 粒子的波动性(德布罗意波) 不确定性关系

1. 物质的分类 63
2. 物质波(德布罗意波) 63
3. 物质波是概率波 64
4. 不确定性关系 64
5. 电子云 64
6. 位置和动量的不确定性关系的理解 64
7. 显微镜的分辨本领 65

第三章 原子结构

第一节 电子的发现

1. 阴极射线 73
2. 汤姆生发现电子 73
3. 汤姆生对阴极射线的研究 74
4. 电子发现的意义 74
5. 19世纪末物理学的三大发现 74

第二节 原子的核式结构模型

1. 汤姆生的原子模型 76
2. α 粒子散射实验 76
3. 原子的核式结构 76

4. 原子核的电荷与尺度	77
5. 解题依据和方法	77
6. 对 α 粒子散射实验的理解	77
7. 原子结构的探索历史	78
第三节 氢原子光谱	
1. 光谱	80
2. 光谱分析	80
3. 氢原子光谱线	80
4. 分光镜的原理	81
5. 氢原子光谱的规律	81
6. 其他原子的原子光谱	82
7. 光谱到底是什么	82
第四节 玻尔的原子模型(能级结构)	
1. 卢瑟福模型和经典电磁理论的困难	83
2. 玻尔原子模型	83
3. 能级	83
4. 弗兰克——赫兹实验	84
5. 光子的发射和吸收	84
6. 原子能级跃迁问题	85
7. 原子跃迁时需注意的几个问题	85
8. 氢原子核外电子绕核运动的轨道与其能量对应关系	86
9. 氢原子能量表达式的推导	86
10. 玻尔模型的成就和局限	87
第五节 激光	
1. 自发发射	91
2. 受激吸收	91
3. 受激发射	91
4. 激光	91
5. 激光器	91
6. 激光的应用	92
7. 激光产生机理	92

第四章 原子核

第一节 原子核的组成

1. 天然放射现象——贝克勒尔的发现	98
2. 对放射线的研究	98
3. 天然放射现象的意义	99
4. 原子核的组成	99
5. 同位素	100
6. 三种射线在电场和磁场中偏转的特点和判断方法	100
7. 三种射线的比较	101
8. 原子核中的三个整数	101

第二节 原子核的衰变

1. 原子核的衰变	104
2. 半衰期	105

3. 核反应方程的配平及 α 、 β 衰变次数的确定方法	105
4. 为什么放射性元素的衰变速率与物质所处的物理和化学状态无关	106
5. 大自然的“时钟”——碳 14 测年法	106
6. 对 α 衰变和 β 衰变在磁场中轨迹的分析	106

第三节 探测射线的方法

1. 威尔逊云室	110
2. 气泡室	110
3. 盖革·米勒计数器	110
4. 乳胶照相	111

第四节 放射性的应用与防护

1. 人工放射性同位素	112
2. 放射性同位素的应用	112
3. 放射性的污染和防护	113

第五节 核力与核结合能

1. 核反应	115
2. 原子核的人工转变	115
3. 核力	115
4. 核结合能	116
5. 质量亏损	116
6. 质能方程	116
7. 核能的计算方法	116
8. 衰变过程中核能的计算	117

第六节 重核裂变及其应用

1. 核子的平均质量	120
2. 重核的裂变——铀核的裂变	120
3. 临界体积	121
4. 核电站与核电站的主要组成和工作原理及优点	121
5. 原子弹	122
6. 为什么铀的同位素中 $^{235}_{92}\text{U}$ 最易发生链式反应	122

第七节 轻核聚变及其应用

1. 轻核的聚变	124
2. 聚变与裂变的区别	124
3. 轻核聚变释放核能的计算方法	125
4. 聚变比裂变反应放出更多能量的原因	125
5. 热核反应的控制技术以及聚变的应用	125

第八节 小粒子与大宇宙

1. “基本粒子”不基本	128
2. 粒子的分类	128
3. 反粒子(反物质)	128
4. 夸克模型	128
5. 宇宙的演化	128
6. 恒星的演化	129
7. 夸克理论简介	129
8. 统一场论(微观粒子与宏观宇宙的统一)	129

模块学习指南

“课程标准”与“完全解读”内容对照表

序号	课程标准(高中物理选修3-5)	完全解读对应内容
1	探究物体弹性碰撞的一些特点,知道弹性碰撞和非弹性碰撞.	§1-1 §1-4
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. (例1 火箭与反冲现象 例2 中子的发现)	§1-2 §1-1 §1-4 §1-5
3	通过物理学中的守恒定律,体会自然界的和谐与统一.	§1-6
4	了解微观世界中的量子化现象.比较宏观物体和微观粒子的能量变化特点.体会量子论的建立深化了人们对于物质世界的认识.	§2-1
5	通过实验了解光电效应.知道爱因斯坦光电效应方程及其意义.了解康普顿效应.	§2-2 §2-3
6	根据实验说明光的波粒二象性.知道光是一种概率波.	§2-3
7	知道实物粒子具有波动性.知道电子云.初步了解不确定性关系.	§2-4
8	通过典型事例了解人类直接经验的局限性.体会人类对世界的探究是不断深入的.	§2-3 §2-4
9	了解人类探索原子结构的历史以及有关经典实验.	§3-1 §3-2
10	通过对氢原子光谱的分析,了解原子的能级结构. (以及了解光谱分析的应用)	§3-3 §3-4
11	知道原子核的组成.知道放射性和原子核的衰变.会用半衰期描述衰变速度,知道半衰期的统计意义.	§4-1 §4-2
12	了解常用的射线检测方法. 了解放射性同位素的应用.知道射线的危害和防护.	§4-3 §4-4
13	知道核力的性质.能简单解释轻核与重核内中子数、质子数具有不同比例的原因.会根据质量数守恒和电荷数守恒写出核反应方程.	§4-5
14	认识原子核的结合能.知道裂变反应和聚变反应.关注受控聚变反应研究的进展.	§4-5 §4-6 §4-7
15	知道链式反应的发生条件.了解裂变反应堆的工作原理.了解常用裂变反应堆的类型.知道核电站的工作模式.	§4-6
16	通过核能的利用,思考科学技术与社会的关系.	§4-6 §4-7
17	初步了解恒星的演化.初步了解粒子物理学的基础知识.	§4-8

第一章 碰撞与动量守恒

课标单元知识

1. 通过实验探究物体碰撞的一些特点,正确理解弹性碰撞和非弹性碰撞,培养实验观察的能力和从实验中归纳、概括物理概念与规律的能力.
2. 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和反冲问题,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的学习,体会自然界的和谐与统一.

高考命题趋向

本章知识是高考的热点,也是重点和难点,试题经常与机械能守恒定律、平抛运动、圆周运动等力学及电磁学、原子物理等知识点组成综合题.这类题型,前后两个物理过程总是通过碰撞来过渡的,这就决定了动量守恒定律在解题过程中的纽带作用,而且题目难度大,多以综合、论述题形式出现.

从近年高考来看,有关动量的考题题型也很全面,但是以选择题和计算题出现的频率大些.动量定理和动量守恒定律在实际生活、生产、新科技中的应用等方面的题目可能会增加.据此在学习上要重视这一部分基本概念、基本规律的理解,并培养用其定性分析讨论问题的能力.

第一节 实验探究碰撞中的不变量

知识·能力聚焦

1. 实验探究一维碰撞中的不变量

(1) 一维碰撞:两个物体碰撞前沿同一直线运动,碰撞后仍沿同一直线运动,这种碰撞叫做一维碰撞.

(2) 实验的基本思路:①与物体运动有关的物理量可能有哪些;②碰撞前后哪个物理量可能是不变的.

(3) 需考虑的问题:①碰撞必须包括各种情况的碰撞;②物体质量的测量(天平);③碰撞前后物体速度的测量(利用光电门或打点计时器等).

2. 碰撞

两个或几个有相对速度的物体相遇时,在很短的时间内它们的运动状态发生显著变化,这种物体间相互作用的过程就叫碰撞.碰撞是自然界中常见的现象.

说明:物理学家所研究的碰撞,并不限于物体直接接触的情况.分子、原子、基本粒子等微观粒子不直接接触,但相互以力作用着,并影响彼此的运动,这种情况也叫做碰撞.

名师诠释

◆ [考题 1] 某同学设计了一个用打点计时器探究碰撞过程中不变量的实验: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 相碰并粘成一体,继续做匀速运动,他设计的具体装置如图 1-1-2 所示.在小车 A 后连着纸带,电磁打点计时器电源频率为 50Hz,长木板下垫着小木片用以平衡摩擦力.

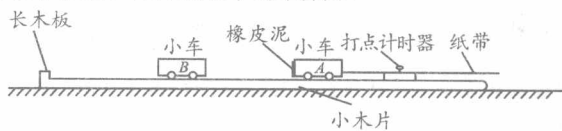


图 1-1-2

(1) 若已得到打点纸带如图 1-1-3 所示,并将测得的各计数点间距离标在图上, A 点是运动起始的第一点,则应选 _____ 段来计算 A 的碰前速度,应选 _____ 段来计算 A 和 B 碰后的共同速度(以上两格填“AB”或“BC”或“CD”或“DE”).

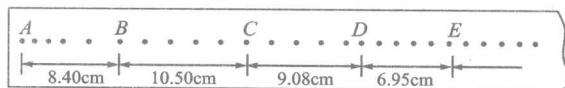


图 1-1-3

(2) 已测得小车 A 的质量 $m_1 = 0.40\text{kg}$, 小车 B 的质量 $m_2 = 0.20\text{kg}$, 由以上测量结果可得:碰前 $m_A v_A + m_B v_B =$ _____ $\text{kg} \cdot \text{m/s}$; 碰后 $m_A v_A' + m_B v_B' =$

2 方法·技巧平台

3. 实验探究的实施思路

(1) 设置两个物体碰撞前沿同一直线运动,碰撞后仍沿同一直线运动,也就是做一维碰撞。

与物体运动有关的物理量可能有哪些呢?在一维碰撞的情况下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 ,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' .如果速度与我们设定的方向一致,取正值,否则取负值。

碰撞前后哪个物理量可能是不变的?大致有以下几种可能供同学们去研究。

$$\begin{aligned} \textcircled{1} m_1 v_1 + m_2 v_2 &= m_1 v_1' + m_2 v_2' \\ \textcircled{2} m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2 &= m_1 v_1'^2 + m_2 v_2'^2 \\ \textcircled{3} \frac{v_1}{m_1} + \frac{v_2}{m_2} &= \frac{v_1'}{m_1} + \frac{v_2'}{m_2} \end{aligned}$$

也许还有……

(2) 碰撞可能有很多情形:①两个质量相同的物体相碰撞.②两个质量相差悬殊的物体相碰撞.③两个速度大小相同、方向相反的物体相碰撞,一个运动物体与一个静止物体相碰撞等.④两个物体碰撞时可能碰后分开,也可能黏在一起不再分开等。

(3) 寻找的不变量的特点:在各种碰撞的情况下都不改变。

(4) 将实验中测得的数据填入下表中,然后探究不变量。

	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	$m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2$		$m_1 v_1'^2 + m_2 v_2'^2$	
$\frac{v}{m}$	$\frac{v_1}{m_1} + \frac{v_2}{m_2}$		$\frac{v_1'}{m_1} + \frac{v_2'}{m_2}$	
...	

结论:通过以上实验,你找到的碰撞前后的“不变量”可能是_____。

3 创新·思维拓展

4. 实验探究中要注意的两个问题

(1) 保证两个物体做水平一维碰撞:可用斜槽、气垫导轨等控制物体的运动。

(2) 速度的测量要比较方便、精确:可利用光电门、打点计时器(配合纸带)、闪光照片等手段,也可利用匀速运动、平抛运动等间接测量。

5. 弹性碰撞与非弹性碰撞

(1) 著名实验:

_____ $\text{kg} \cdot \text{m/s}$. 并比较碰撞前后两个小车质量与速度的乘积之和是否相等。

[解析] (1) 小车 A 碰前做匀速直线运动,打在纸带上的点应该是间距均匀的,故计算小车碰前速度应选 BC 段;CD 段上所打的点由稀变密,可见在 CD 段 A、B 两小车相互碰撞,A、B 碰撞后一起做匀速运动,所打出的点又应是间距均匀的.故应选 DE 段计算碰后速度。

$$(2) \text{碰前 } m_A v_A + m_B v_B = 0.4 \times 1.05 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 0.420 \text{ kg} \cdot \text{m/s}.$$

$$\text{碰后 } m_A v'_A + m_B v'_B = (m_A + m_B) v = 0.6 \times 0.695 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 0.417 \text{ kg} \cdot \text{m/s}.$$

$$\text{其中, } v_A = \frac{BC}{\Delta t} = \frac{0.105}{0.1} \text{ m/s} = 1.05 \text{ m/s}.$$

$$v'_A = v'_B = v = \frac{DE}{\Delta t} = \frac{0.0695}{0.1} \text{ m/s} = 0.695 \text{ m/s}.$$

通过计算可以发现,在误差允许范围内,碰撞前后两个小车的 mv 之和是相等的。

[答案] (1) BC DE (2) 0.420 0.417

[点评] 此题是根据 1998 年上海高考题改编的,原题为验证碰撞过程中动量守恒,这里结合所学内容将说法稍作变动.此题的关键是选择纸带上的有效段,理解为什么要选择这样的有效段(匀速运动,打点应均匀)。

◆ [考题 2] 某同学用图 1-1-4 甲所示装置通过半径相同的 A、B 两球的碰撞

来寻找碰撞中的不变量,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 个落点痕迹,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,图中 O 是水平槽末端在记录纸上的垂直投影点, P' 为未放被碰小球 B 时 A 球的平均落点, M 为与 B 球碰后 A 球的平均落点, N 为被碰球 B 的平均落点.若 B 球落点痕迹如图乙所示,其中米尺水平放置,且平行于 OP' ,米尺的零点与 O 点对齐.(注意 $m_A > m_B$)

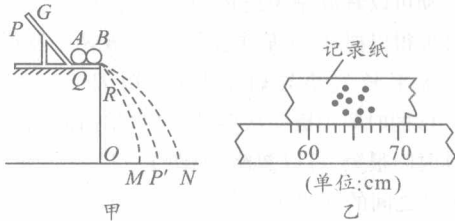


图 1-1-4

(1) 碰撞后 B 球的水平射程应为_____ cm。

(2) 在以下选项中,哪些是本次实验必须进行的测量?答:_____ (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 A 球落点位置到 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
- E. 测量 G 点相对于水平槽面的高度



1666年,有人在英国皇家学会表演了如图1-1-1所示的实验:把A、B两个质量相等的硬木球(用钢球效果更好)并排挂在一起,然后把A球向左拉开,再松手,它向右回摆,到达原先的平衡位置时跟B球发生碰撞.碰撞后,A球立即停下,B球向右摆去,摆到与刚才A球开始松手时差不多的高度,又向左回摆,跟A球相撞,这时B球立即停下,而A球向左摆去……如此往复.

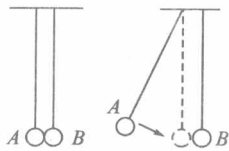


图1-1-1

当时的许多科学家对这一现象百思不得其解.1668年,英国皇家学会正式悬赏征答,你能给出解释吗?

(2)碰撞的分类(按动能是否损失分类)

①弹性碰撞:如果碰撞过程中动能守恒,即为弹性碰撞.

②非弹性碰撞:作用过程中动能不守恒的碰撞.

注意:①近代物理学中,经常遇到的是微观粒子间的碰撞,因为碰撞时没有能量损失,所以均为弹性碰撞.②如果两个物体碰撞后合为一个整体,亦即以相同的速度运动,碰撞过程中损失动能最大,这样的碰撞称为完全非弹性碰撞.

[解析] (1)将10个点圈在圆内的最小圆的圆心作为平均落点,可由刻度尺测得碰撞后B球的水平射程约为64.7cm.

(2)从同一高度做平抛运动飞行的时间 t 相同,而水平方向为匀速运动,故水平位移 $s=vt$,所以只要测出小球飞行的水平位移,就可以用水平位移代替平抛初速度,亦即碰撞前后的速度,通过计算 $m_A \cdot \overline{OP'}$ 与 $m_A \cdot \overline{OM} + m_B \cdot \overline{ON}$ 是否相等,即可以说明两个物体碰撞前后各自的质量与其速度的乘积之和是否相等,故必须测量的是两球的质量和水平射程,即选项A、B、D是必须进行的测量.

[答案] (1)64.7cm(64.2~65.2cm均可);(2)A、B、D

[点评] 本题是2000年全国高考题,该题中利用平抛运动的规律,巧妙地提供了一种测量碰撞前后的速度的方法,既方便又实用.

能力·题型设计

1A 为了研究碰撞,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,使实验的可靠性及准确度得以提高.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,用闪光灯每隔0.4s的时间拍摄一次照片,每次拍摄时闪光的持续时间很短,可以忽略,如图1-1-5所示,已知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,以后的三次是在碰撞之后,A原来处于静止状态,设A、B滑块在拍摄闪光照片的这段时间内是在10cm至105cm这段范围内运动,(以滑块上的箭头位置为准),试根据闪光照片求出:

(1)A、B两滑块碰撞前后的速度各为多少?

(2)根据闪光照片分析说明两滑块碰撞前后

点击考点

验证 mv 是不是不变量

探究碰撞中的不变量

两个物体各自的质量与自己的速度的乘积和是不是不变量?

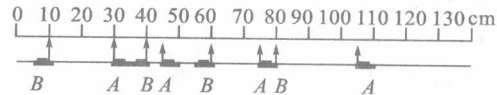


图1-1-5

2B 水平光滑桌面上有A、B两个小车,质量分别是0.6kg和0.2kg.A车的车尾拉着纸带,A车以某一速度与静止的B车发生一维碰撞,碰后两车连在一起共同向前运动.碰撞前后打点计时器打下的纸带如图1-1-6所示.根据这些数据,请猜想: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?

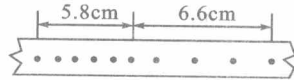


图1-1-6

碰撞前后纸带上打下的点迹

第二节 动量、动量变化与冲量的关系

知识·能力聚焦

1. 动量及动量变化

(1) 动量的定义: 物体的质量和运动速度的乘积叫做物体的动量, 记作 $p = mv$. 动量是动力学中反映物体运动状态的物理量, 是状态量. 在谈及动量时, 必须明确是物体在哪个时刻或哪个状态所具有的动量. 在中学阶段, 动量表达式中的速度一般是以地球为参照物的.

(2) 动量的矢量性: 动量是矢量, 它的方向与物体的速度方向相同, 服从矢量运算法则.

(3) 动量的单位: 动量的单位由质量和速度的单位决定. 在国际单位制中, 动量的单位是千克·米/秒, 符号为 $\text{kg} \cdot \text{m/s}$.

(4) 动量的变化 Δp :

动量是矢量, 它的大小 $p = mv$, 方向与速度的方向相同. 因此, 速度发生变化时, 物体的动量也发生变化.

速度的大小或方向发生变化时, 速度就发生变化, 物体具有的动量的大小或方向也相应发生了变化, 我们就说物体的动量发生了变化.

设物体的初动量 $p_1 = mv_1$, 末动量 $p_2 = mv_2$, 则物体动量的变化

$$\Delta p = p_2 - p_1 = mv_2 - mv_1.$$

由于动量是矢量, 因此, 上式一般意义上是矢量式.

2. 冲量

(1) 冲量的定义: 力和力的作用时间的乘积叫做力的冲量, 记作 $I = F \cdot t$. 冲量是描述力对物体作用的时间累积效果的物理量.

(2) 冲量的矢量性: 因为力是矢量, 所以冲量也是矢量, 但冲量的方向不一定就是力的方向.

(3) 冲量的单位: 由力的单位和时间的单位共同决定. 在国际单位制中, 冲量的单位是牛·秒, 符号为 $\text{N} \cdot \text{s}$.

(4) 在理解力的冲量这一概念时, 要注意以下几点:

① 冲量是过程量, 它反映的是力在一段时间内的累积效果. 所以, 它取决于力和时间两个因素. 较大的力在较短时间内的累积效果, 可以和较小的力在较长时间内的累积效果相同. 求冲量时一定要明确是哪一个力在哪一段时间内的冲量.

② 根据冲量的定义式 $I = Ft$, 只能直接求恒力的冲量, 无论是力的大小还是方向发生变化时, 都不能直接用 $I = Ft$ 求力的冲量.

③ 当力的方向不变时, 冲量的方向跟力的方向相同, 当力的方向变化时, 冲量的方向一般根据动量定理来判断. (即冲量的方向是物体动量变化的方向.)

3. 动量变化与冲量的关系——动量定理

(1) 动量定理的内容:

人教版、沪科版、鲁科版

名师诠释

◆ [考题 1] 关于动量的概念, 下列说法正确的是().

- A. 动量大的物体惯性一定大
- B. 动量大的物体运动一定快
- C. 动量相同的物体运动方向一定相同
- D. 动量相同的物体速度小的惯性大

[解析] 物体的动量是由速度和质量两个因素决定的. 动量大的物体质量不一定大, 惯性也不一定大, A 错; 同样, 动量大的物体速度也不一定大, B 也错; 动量相同指动量的大小和方向均相同, 而动量的方向就是物体运动的方向, 故动量相同的物体运动方向一定相同, C 对; 动量相同的物体, 速度小的质量大, 惯性大, D 也对.

[答案] C、D

◆ [考题 2] 关于冲量, 下列说法正确的是().

- A. 冲量是物体动量变化的原因
- B. 作用在静止的物体上的力的冲量一定为零
- C. 动量越大的物体受到的冲量越大
- D. 冲量的方向就是物体受力的方向

[解析] 力作用一段时间便有了冲量, 而力作用一段时间后, 物体的运动状态发生了变化, 物体的动量也发生了变化, 因此说冲量使物体的动量发生了变化, A 选项正确. 只要有力作用在物体上, 经历一段时间, 这个力便有了冲量 $I = Ft$, 与物体处于什么状态无关, 物体运动状态的变化情况, 是所有作用在物体上的力共同产生的效果, 所以 B 选项不正确. 物体所受冲量 $I = Ft$ 与物体动量的大小 $p = mv$ 无关, C 选项不正确. 冲量是一个过程量, 只有在某一过程中力的方向不变时, 冲量的方向才与力的方向相同, 故 D 选项不正确.

[答案] A

◆ [考题 3] 关于动量的变化, 下列说法正确的是().

- A. 做直线运动的物体速度增大时, 动量的变化 Δp 的方向与运动方向相同
- B. 做直线运动的物体速度减小时, 动量的变化 Δp 的方向与运动方向相反
- C. 物体的速度大小不变时, 动量的变化 Δp 为零
- D. 物体做曲线运动时, 动量的变化一定不为零

[解析] 当运动物体的速度增大时, 其末态动量 p_2 大于初态动量 p_1 , 由矢量的运算法则可知 $\Delta p = p_2 - p_1 > 0$, 与物体运动方向相同, 如图 1-2-6(a) 所示. 所以 A 选项正确.

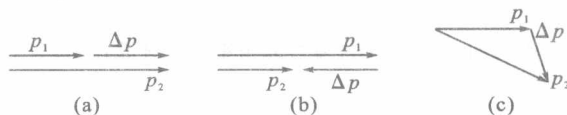


图 1-2-6



物体所受合外力的冲量等于物体动量的变化. 数学表达式为 $I = Ft = mv - mv_0$.

式中 mv_0 是物体初始状态的动量, mv 是力的作用结束时的末态动量.

动量定理反映了物体在受到力的冲量作用时, 其状态发生变化的规律, 是力在时间上的累积效果.

(2) 动量定理的理解与应用要点:

① 动量定理的表达式是一个矢量式, 应用动量定理时需要规定正方向.

② 动量定理公式中 F 是研究对象所受的包括重力在内的所有外力的合力, 它可以是恒力, 也可以是变力. 当合外力为变力时, F 应该是合外力在作用时间内的平均值.

③ 动量定理的研究对象是单个物体或系统.

④ 动量定理中的冲量是合外力的冲量, 而不是某一个力的冲量. 在所研究的物理过程中, 如果作用在物体上的各个外力的作用时间相同, 求合外力的冲量时, 可以先求所有外力的合力, 然后再乘以力的作用时间, 也可以先求每个外力在作用时间内的冲量, 然后再求所有外力冲量的矢量和. 如果作用在物体上各外力的作用时间不同, 就只能先求每一个外力在其作用时间内的冲量, 然后再求所有外力冲量的矢量和.

⑤ 动量定理中 I 是合外力的冲量, 是使研究对象的动量发生变化的原因, 并非产生动量的原因, 不能认为合外力的冲量就是动量的变化. 合外力的冲量是引起研究对象状态变化的外在因素, 而动量的变化是合外力冲量作用后导致的必然结果.

⑥ 动量定理不仅适用于宏观物体的低速运动, 对微观物体和高速运动仍然适用.

⑦ 合外力的冲量是物体动量变化的量度.

2 方法·技巧平台

4. 动量变化量的计算

动量是矢量, 当动量发生变化时, 动量的变化 $\Delta p = p_{\text{末}} - p_{\text{初}}$, 应运用平行四边形定则进行运算. 如图 1-2-1 所示, 当初态动量和末态动量不在一条直线上时, 动量变化由平行四边形定则进行运算. 动量变化的方向一般与初态动量和末态动量的方向不相同. 当初、末动量在一直线上时可通过正方向的选定, 动量变化可简化为带有正、负号的代数运算.

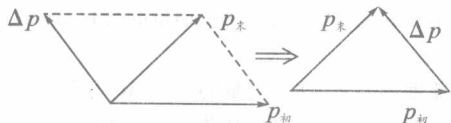


图 1-2-1

5. 冲量的计算方法

沪科版

(1) 若物体受到恒力的作用, 力的冲量的数值等于力与作用时间的乘积, 冲量的方向与恒力方向一致; 若力为同一方向均匀变化的力, 该力的冲量可以用平均力计算; 若力为一般变力则不能直接计算冲量.

(2) 冲量的绝对性. 由于力和时间均与参考系无关, 所以力的冲量也与参考系的选择无关.

当物体速度减小时, $p_2 < p_1$. 如图 1-2-1(b) 所示, Δp 与 p_1 或 p_2 方向相反, B 选项正确.

当物体的速度大小不变时, 其方向可能变化, 也可能不变. 动量可能不变化即 $\Delta p = 0$, 也可能动量大小不变而方向变化, 此种情况 $\Delta p \neq 0$, C 选项不正确. 当物体做曲线运动时, 动量的方向变化, 即动量一定变化. Δp 一定不为零, 如图 1-2-1(c) 所示, 故 D 选项正确.

[答案] A、B、D

[点评] ① 动量是矢量, 动量的变化有三种具体情况: 大小变化、方向变化、大小和方向同时变化, ② 动量的变化 Δp 也是矢量, $\Delta p = p_2 - p_1$ 是矢量运算. 物体的动量大小不变, 仅方向变化时, 动量的变化 Δp 也不为零, 有确定的大小和方向.

◆ [考题 4] 一个质量是 0.1 kg 的钢球, 以 6 m/s 的速度水平向右运动, 碰到一个坚硬的障碍物后被弹回, 沿着同一直线以 6 m/s 的速度水平向左运动. 碰撞前后钢球的动量有没有变化? 变化了多少?

[解析] 动量是矢量, 题中钢球速度反向, 说明速度发生变化, 因此动量必发生变化, 计算变化量时应规定正方向.

解: 取向左的方向为正方向

$$\begin{aligned} \text{物体原来的动量: } p_1 &= -mv_1 = -0.1 \times 6 \text{ kg} \cdot \text{m/s} \\ &= -0.6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{弹回后物体的动量: } p_2 &= mv_2 = 0.1 \times 6 \text{ kg} \cdot \text{m/s} \\ &= 0.6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{动量变化: } \Delta p &= p_2 - p_1 = 0.6 \text{ kg} \cdot \text{m/s} - (-0.6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}) \\ &= 1.2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}. \end{aligned}$$

动量变化量为正值, 表示动量变化量的方向向左.

[答案] 有变化, 变化量方向向左, 大小为 1.2 kg·m/s.

[点评] 动量及动量变化都是矢量, 在进行动量变化的计算时应首先规定正方向, 这样各矢量中方向与正方向一致的取正值, 方向与正方向相反的取负值. 从而把矢量运算变成代数加减.

◆ [考题 5] 如图 1-2-7 所示, 在倾角 $\alpha = 37^\circ$ 的斜面上, 有一质量为 5 kg 的物体沿斜面滑下, 物体与斜面间的动摩擦因数 $\mu = 0.2$, 求物体下滑 2 s 的时间内, 物体所受各力的冲量. (g 取 10 m/s^2 , $\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$)

[解析] 物体沿斜面下滑过程中, 受重力、支持力和摩擦力的作用. 冲量 $I = Ft$, 是矢量.

解: 重力的冲量

$$\begin{aligned} I_G &= G \cdot t = mg \cdot t = 5 \times 10 \times 2 \text{ N} \cdot \text{s} \\ &= 100 \text{ N} \cdot \text{s}, \end{aligned}$$

方向竖直向下.

支持力的冲量

$$\begin{aligned} I_F &= F \cdot t = mg \cos \alpha \cdot t \\ &= 5 \times 10 \times 0.8 \times 2 \text{ N} \cdot \text{s} \\ &= 80 \text{ N} \cdot \text{s}, \end{aligned}$$

方向垂直于斜面向上.

摩擦力冲量

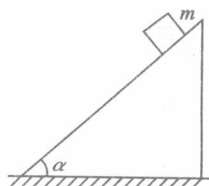


图 1-2-7

(3) 冲量的计算公式 $I = Ft$ 既适用于计算某个恒力的冲量, 又可以计算合力的冲量. 根据 $I = Ft$ 计算冲量时, 只考虑该力和其作用时间这两个因素, 与该冲量作用的效果无关.

(4) 冲量的运算服从平行四边形定则. 如果物体所受的每一个外力的冲量都在同一条直线上, 那么选定正方向后, 每个力冲量的方向可以用正负号表示, 此时冲量的运算就可简化为代数运算.

(5) 冲量是一过程量, 求冲量必须明确研究对象和作用过程, 即必须明确是哪个力在哪段时间内对哪个物体的冲量.

(6) 计算冲量时, 一定要明确是计算分力的冲量还是合力的冲量. 如果是计算分力的冲量还必须明确是哪个分力的冲量.

(7) 在 $F-t$ 图象下的面积就是力的冲量. 如图 1-2-2 所示, 若求变力的冲量, 仍可用“面积法”表示, 如图 1-2-3 所示.

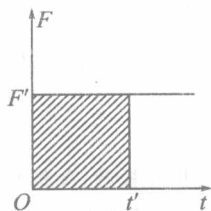


图 1-2-2

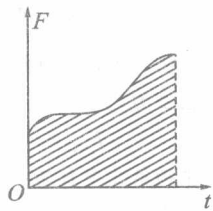


图 1-2-3

6. 动量定理的应用

人教版·沪科版·鲁科版

(1) 一个物体的动量变化 Δp 与合外力的冲量具有等效代换关系, 二者大小相等, 方向相同, 可以相互代换, 据此有:

① 应用 $I = \Delta p$ 求变力的冲量: 如果物体受到大小或方向改变的力的作用, 则不能直接用 Ft 求变力的冲量, 这时可以求出该力作用下物体动量的变化 Δp , 等效代换变力的冲量 I .

② 应用 $\Delta p = F\Delta t$ 求恒力作用下的曲线运动中物体动量的变化: 曲线运动的物体速度方向时刻在变化, 求动量变化 $\Delta p = p' - p$ 需要应用矢量运算方法, 比较麻烦. 如果作用力是恒力, 可以求恒力的冲量, 等效代换动量的变化.

(2) 用动量定理解释相关物理现象的要点.

由 $Ft = p' - p = \Delta p$ 可以看出, 当 Δp 为恒量时, 作用力 F 的大小与相互作用的时间 t 成反比. 例如, 玻璃杯自一定高度自由下落, 掉在水泥地面上, 玻璃杯可能破碎, 而掉在垫子上就可能不破碎, 其原因就是玻璃杯的动量变化虽然相同, 但作用时间不同; 当 F 为恒量时, 物体动量的变化与作用时间成正比. 例如, 叠放在水平桌面上的两物体, 如图 1-2-4 所示, 若施力快速将 A 水平抽出, 物体 B 几乎仍静止, 当物体 A 抽出后, 物体 B 竖直下落.

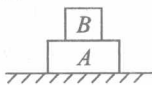


图 1-2-4

(3) 应用动量定理解题的步骤:

- ① 选取研究对象;
- ② 确定所研究的物理过程及其始、终状态;
- ③ 分析研究对象在所研究的物理过程中的受力情况;
- ④ 规定正方向, 根据动量定理列式;
- ⑤ 解方程, 统一单位, 求得结果.

$$I_f = f \cdot t = \mu mg \cos \alpha \cdot t = 0.2 \times 5 \times 10 \times 0.8 \times 2 \text{ N} \cdot \text{s} = 16 \text{ N} \cdot \text{s}.$$

方向沿斜面向上.

[点评] 合外力的冲量可以由合外力与时间的乘积求出 $I_{\text{合}} = F_{\text{合}} t = (mgsin\alpha - \mu mg\cos\alpha) \cdot t = 5 \times 10 \times (0.6 - 0.2 \times 0.8) \times 2 \text{ N} \cdot \text{s} = 44 \text{ N} \cdot \text{s}$, 方向沿斜面向下. 合外力的冲量也可以由各外力的冲量的矢量和求出:

$$I_{\text{合}} = I_G \sin \alpha - I_f = (100 \times 0.6 - 16) \text{ N} \cdot \text{s} = 44 \text{ N} \cdot \text{s}.$$

[思考] 若物体放在斜面上静止不动, 则在一段时间 t 内, 各力的冲量又如何?

◆ [考题 6] 蹦床是运动员在一张绷紧的弹性网上蹦跳、翻滚并做各种空中动作的运动项目. 一个质量为 60 kg 的运动员, 从离水平网面 3.2 m 高处自由下落, 着网后沿竖直方向蹦回离水平网面 5.0 m 高处. 已知运动员与网接触的时间为 1.2 s . 若把这段时间内网对运动员的作用力当做恒力处理, 求此力的大小. (g 取 10 m/s^2)

(2002 年全国高考题)

[解析] 方法一: 运动员刚接触网时速度的大小:

$$v_1 = \sqrt{2gh_1} = \sqrt{2 \times 10 \times 3.2} \text{ m/s} = 8 \text{ m/s}, \text{ 方向向下.}$$

刚离网时速度的大小:

$$v_2 = \sqrt{2gh_2} = \sqrt{2 \times 10 \times 5.0} \text{ m/s} = 10 \text{ m/s}, \text{ 方向向上.}$$

运动员与网接触的过程, 设网对运动员的作用力为 F , 对运动员由动量定理(以向上为正方向)有:

$$(F - mg)\Delta t = mv_2 - m(-v_1)$$

$$\text{解得 } F = \frac{mv_2 - mv_1}{\Delta t} + mg = \frac{60 \times 10 - 60 \times (-8)}{1.2} \text{ N} + 60 \times 10 \text{ N} = 1.5 \times 10^3 \text{ N}, \text{ 方向向上.}$$

方法二: 此题也可以对运动员下降、与网接触、上升的全过程应用动量定理.

从 3.2 m 高处自由下落的时间为:

$$t_1 = \sqrt{\frac{2h_1}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 3.2}{10}} \text{ s} = 0.8 \text{ s}.$$

运动员弹回到 5.0 m 高处所用的时间为:

$$t_2 = \sqrt{\frac{2h_2}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 5}{10}} \text{ s} = 1 \text{ s}.$$

整个过程中运动员始终受重力作用, 仅在与网接触的 $t_3 = 1.2 \text{ s}$ 的时间内受到网对他向上的弹力 F 的作用, 对全过程应用动量定理, 有 $Ft_3 - mg(t_1 + t_2 + t_3) = 0$,

$$\text{则 } F_N = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{t_3} mg = \frac{0.8 + 1 + 1.2}{1.2} \times 60 \times 10 \text{ N} = 1500 \text{ N}, \text{ 方向向上.}$$

[答案] $1.5 \times 10^3 \text{ N}$, 方向向上.

[点评] ① 若物体在运动过程中所受的力不是同时的, 可按受力情况分成若干阶段来解, 也可当成一个全过程来求解. ② 在用动量定理解题时, 一定要认真进行受力分析, 不可有遗漏, 比如求解本题时, 有的同学就把重力遗漏了.

◆ [考题 7] 据报道: 1962 年, 一架“子爵号”客机在美国的伊利奥特市上空与一只天鹅相撞, 客机坠毁, 十七人丧生. 1980 年, 一架英国的“鹞式”战斗机在威尔士地区上空与一只秃鹰相撞, 飞机坠毁, 飞行员靠弹射装置死里逃生.



3 创新·思维拓展

7. 几个物理量的区别

(1) 动量与速度的区别: 动量和速度都是描述物体运动状态的物理量. 它们都是矢量, 动量的方向与速度的方向相同. 速度是运动学中描述物体运动状态的物理量, 在运动学中只需知道物体运动的快慢, 而无需知道物体的质量. 例如两个运动员跑百米, 是比速度的大小, 而无需考虑运动员的质量; 动量是动力学中描述物体运动状态的物理量, 可以直接反映物体受到外力的冲量后, 其机械运动的变化情况, 动量是与冲量及物体运动变化的原因相联系的. 如以相同速度向你滚过来的铅球和足球, 你敢用脚踢哪一个? 当然是足球, 因为足球的质量小, 让它停下来所需的冲量小.

(2) 动量与动能的区别及其联系

① 动量是矢量, 动能是标量.

② 动量的改变由合外力的冲量决定, 而动能的改变由合外力所做的功决定.

③ 动量和动能与速度一样, 它们都是描述物体运动状态的物理量, 只是动能是从能量的角度描述物体的状态.

物体具有一定的速度, 就具有一定的动量, 同时还具有一定的动能.

例如: 质量 $m = 5\text{kg}$ 的小球, 在水平地面上运动的速度是 10m/s . 则它具有的动量 $p = mv = 50\text{kg} \cdot \text{m/s}$, 它具有的动能 $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{(mv)^2}{2m} = \frac{p^2}{2m} = 250\text{J}$.

$$\text{即 } E_k = \frac{p^2}{2m} \text{ 或 } p = \sqrt{2mE_k}.$$

又如: A 、 B 两物体的质量分别为 m_A 、 m_B , 且 $m_A > m_B$, 当它们具有相同的动能时, 由 $p = \sqrt{2mE_k}$ 知 A 物体的动量 p_A 大于 B 物体的动量 p_B ; 反之当它们具有相同的动量时, 由 $E_k = \frac{p^2}{2m}$ 可知, A 物体的动能 E_{kA} 小于 B 物体的动能 E_{kB} .

(3) 冲量与功的区别

① 冲量是矢量, 功是标量.

② 由 $I = F \cdot t$ 可知, 有力作用, 这个力一定会有冲量, 因为时间 t 不可能为零. 但是由功的定义式 $W = F \cdot s \cos\theta$ 可知, 有力作用, 这个力却不一定做功.

例如: 在斜面上下滑的物体, 斜面对物体的支持力有冲量的作用, 但支持力对物体不做功; 做匀速圆周运动的物体, 向心力对物体有冲量的作用, 但向心力对物体不做功; 处于水平面上静止的物体, 重力不做功, 但在一段时间内重力的冲量不为零.

③ 冲量是力在时间上的积累, 而功是力在空间上的积累. 这两种积累作用可以在“ $F-t$ ”图象和“ $F-s$ ”图象上用面积表示.

如图 1-2-5 所示, (a) 图中的曲线是作用在某一物体上的力 F 随时间 t 变化的曲线, 图中阴影部分的面积就表示力 F 在时间 $\Delta t = t_2 - t_1$ 内的冲量. (b) 图中阴影部分的面积表示力 F 做的功.

小小的飞禽何以能撞毁飞机这样的庞然大物? 试通过简要计算来说明这一问题.

[解析] 设鸟的质量 $m = 1.0\text{kg}$, 鸟的身长 $L = 15\text{cm}$ (除去毛), 鸟与飞机相撞的面积 $S = 0.01\text{m}^2$, 相撞前鸟的速度近似为零 (因远小于飞机速度), 即 $v_0 = 0$, 相撞后其速度可认为是 $v = 600\text{m/s}$ (现代超音速飞机的飞行速度是声速的两到三倍). 因飞机质量 $M \gg m$, 故相撞过程中可认为飞机的速度不变, 因此, 撞击过程所经历的时间为

$$t = \frac{L}{v} = \frac{0.15}{600}\text{s} = 2.5 \times 10^{-4}\text{s}.$$

取鸟为研究对象, 因撞击时间极短, 因此可认为在撞击的时间内, 鸟受到飞机对它的平均撞击力为 F , 规定飞机速度 v 的方向为正方向, 根据动量定理有

$$Ft = mv - mv_0,$$

$$\text{得 } F = \frac{1.0 \times 600 - 0}{2.5 \times 10^{-4}}\text{N} = 2.4 \times 10^6\text{N}.$$

由于这里所求出的撞击力 F 是撞击时间内的平均值, 可近似认为撞击力的峰值为

$$F_{\max} = 2F = 4.8 \times 10^6\text{N}.$$

根据牛顿第三定律可知, 鸟与飞机相撞时, 飞机所受的最大撞击力亦为 $4.8 \times 10^6\text{N}$, 这样巨大的撞击力对撞击飞机表面产生的压强

$$p = \frac{F}{S} = \frac{4.8 \times 10^6}{0.01}\text{Pa} = 4.8 \times 10^8\text{Pa}.$$

这样巨大的压强造成机毁鸟亡的结果就毫不奇怪了.

由此可见, 平时看起来无足轻重的小物体, 一旦高速运动起来, 或与高速运动的物体相撞, 都会造成严重的后果, 千万不可忽视.

读完鸟撞飞机, 我们会联想到悬于我们头上的那些太空垃圾——人类发射的火箭散落在太空的碎片和零部件、卫星由于爆炸或故障而抛于太空的碎片以及寿命已尽的卫星残骸等等, 这些太空垃圾与人造卫星一样, 也是按照一定的轨道, 以极大的速度 (数千米每秒) 绕地球旋转. 这些人类文明的碎片, 哪怕是一颗微粒, 如果与处于宇宙飞船之外的宇航员相撞, 其危害也是极大的 (设想微粒的质量 $m = 10^{-6}\text{kg}$, 体长 $L = 10^{-6}\text{m}$, 它以速度 $v = 6\text{km/s}$ 与迎面等速率而来的宇航员相撞, 按照上述的计算方法可知, 其撞击力的平均值将高达 $F = 7.2 \times 10^7\text{N}$).

◆ [考题 8] 在采煤的各种方法中, 有一种方法是用高压水流将煤层击碎而将煤采下. 今有一采煤高压水枪, 设水枪喷水口横截面积 $S = 6\text{cm}^2$, 由枪口喷出的高压水流流速为 $v = 60\text{m/s}$, 设水的密度 $\rho = 1 \times 10^3\text{kg/m}^3$, 水流垂直射向煤层并原速弹回, 试求煤层表面可能受到的最大平均冲击力.

[解析] 设在 Δt 内射到煤层上的水的质量为 m . 则 $m = \rho Sv \Delta t$, 设煤层对水的平均冲击力为 F_N , 规定 F_N 的方向为正方向, 由动量定理得:

$$F_N \Delta t = \rho Sv^2 \Delta t - (-\rho Sv^2 \Delta t) = 2\rho Sv^2 \Delta t,$$