

王后雄学案

教材完全解读

选修·专题



高中物理 选修3-5



接力出版社
Publishing House

全国优秀出版社
NATIONAL EXCELLENCE PUBLISHING HOUSE

王后雄学案

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
副主编：宋新民
编委：宋新民 吴新民
施昌伟 韩远林



Jieli 接力出版社
Relief Publishing House

全国优秀出版社
NATIONALLY EXCELLENT PUBLISHING HOUSE

丛书策划：熊 辉

责任编辑：吴惠娟

责任校对：潘 曼

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

*

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：10.75 字数：285千

2009年9月第3版 2009年9月第3次印刷

ISBN 978-7-80732-814-8

定价：18.70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

案学批版王

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，对考点各个击破。

明确每课学习要求

以课标为依据，三维目标全解教材学习要求，提供总体的学习策略，提出具体的学习要诀，体现目标控制学习规则。

3层完全解读

从知识、方法、思维三个方面诠释教材知识点和方法点，帮您形成答题要点、解题思路、理清解题思路、揭示考点实质和内涵。

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

“点击考例”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，找到正确答案。

教材完全解读 高中物理 选修3-5

第一章 碰撞与动量守恒

第一节 实验：探究碰撞中的不变量

课标三维目标

(1)明确探究碰撞中的不变量的基本思路；(2)掌握同一条直线上运动的两个物体碰撞前后速度的测量方法；(3)掌握实验数据处理的方法；(4)掌握案例的原理、方法。

课标解读

1. 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(利用光电门及打点计时器等)。

2. 方法·技巧平台

3. 实验探究的基本思路

- (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。

3. 实验·思维拓展

4. 实验探究中要注意的两个问题

- (1)保证两个物体做一维碰撞，可用气垫导轨控制物体的运动。
- (2)速度的测量要比较方便、精确；可利用光电门、打点计时器(配纸带)、闪光照片等手段，也可利用匀变速运动、平抛运动等间接测量。

4. 题型设计

例题·思维拓展

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

例题1 纸带研究碰撞问题

【例1】水平光滑桌面上有A、B两个小车，质量都是0.6kg，A车的车尾连着一个打点计时器的纸带，A车以某一速度与静止的B车碰撞，碰后两车连在一起共同向前运动。碰撞后打点计时器打下的纸带如图1-1-2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可能是相等的？

图1-1-2 碰撞前后纸带上打下的点迹

【解析】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的，其速度大小为：

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{5.4 \times 10^{-2}}{37 \times 3 \times 10^{-2}} \text{ m/s} = 0.9 \text{ m/s}$$

A车和B车碰后连在一起做匀速直线运动的速度为：

$$v' = \frac{\Delta x'}{\Delta t'} = \frac{4.48 \times 10^{-2}}{57 \times 3 \times 10^{-2}} \text{ m/s} = 0.448 \text{ m/s}$$

碰撞前A车质量和速度的乘积为： $m_1 v_1 = 0.6 \times 0.9 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 0.54 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 。

碰撞后A车和B车质量和各自速度乘积之和： $(m_1 + m_2) v' = (0.6 + 0.6) \times 0.448 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 0.54 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 。

由以上计算可知碰撞前后两个物体各自的质量与它的速度的乘积之和是相等的。

把两个小车加在一起计算可知，在碰撞前后两个物体各自的质量与它的速度的乘积之和是相等的。

【点评】从图上可以看出，纸带中间部分点间距不等，这是因为两小车处在碰撞(相互作用)的过程中，所以测量数据时应选择纸带上各部分点间距相等、点迹均匀分布。

点击考例

测试要点3 [例1]

思维提升策略

1. 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。碰撞后打点计时器打下的纸带如图1-1-7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？

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·案例一一对照，形成高效学习的范式。

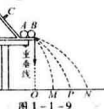
教辅大师、特级教师王后雄教授科学超前的体例设置，帮您赢在学习起点，成就人生夙愿。

题记

教材完全解读 高中物理 选修3-5

最新5年高考名题诠释

【考题】 用半径相同的小球A、B的碰撞验证动量守恒定律，实验装置如图1-1-9所示。斜槽与水平槽平滑连接。实验时先不放B球，使A球从斜槽上某固定点C由静止滚下，落到位于水平地面的记录纸上，记下落点位置；再把B球置于水平槽的前端边缘处，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： $OM=2.68\text{cm}$ ， $OP=8.26\text{cm}$ ， $ON=11.50\text{cm}$ 。并已知A、B两球的质量比为2:1，则未放B球时A球落点是记录纸上的_____点。系统碰撞前总动量*p*与



上留下痕迹。再把B球置于水平槽的前端边缘处，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： $OM=2.68\text{cm}$ ， $OP=8.26\text{cm}$ ， $ON=11.50\text{cm}$ 。并已知A、B两球的质量比为2:1，则未放B球时A球落点是记录纸上的_____点。系统碰撞前总动量*p*与

单元知识梳理与能力整合

高考命题趋势

本章知识是高考的热点，也是重点和难点，试题经常与能量守恒定律、平抛运动、圆周运动的力学及电磁学、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，多以综合题、论述题形式出现。

归纳·总结·专题

一、单元知识网络与要点

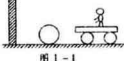
1. 知识网络



新典型题分类剖析

类型一 对整体或全过程应用动量定理

【例1】 如图1-1所示，人和冰车的总质量为*M*，另一木球质量为*m*， $M:m=31:2$ 。人站在静止于光滑的冰面上的冰车上，以相对于地面的速度*v*将原来静止的木球沿冰面向前方向的固定挡板，设木球与挡板的碰撞是弹性的，人接住球后，再以同样的速度*v*（相对于地面）将球推向挡板，求人推多少次后不能再接住球？



知识与能力同步测控

测试时间：90分钟

测试满分：100分
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. mgt

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*v₀*做平抛运动，经过时间*t*，下落的高

教材学业水平考试试题

测试时间：90分钟

测试满分：100分

一、选择题(每小题至少有一个选项正确，每小题4分，共40分)

1. 下列说法不正确的是()。

A. 光是一种电磁波

B. 光是一种概率波

C. 光是相当于高速运动的质点

D. 光的直线传播只是宏观近似规律

2. 关于α粒子散射实验，下列说法中正确的是()。

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

能力题型设计

2

★避坑基础演练

1. (1)BC DE (2)0.420 0.417

【解析】(1)小车A碰撞前做匀速直线运动，打在纸带上的点间距是均匀的，故计算小车碰前速度应选BC段；CD段上打出的点由稀变密，可见在CD段A、B两小车相碰。

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，形成对考点知识的二次提炼与升华，全面提高学习效率。

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。

小熊图书 最新教辅

讲 《中考完全解读》 复习讲解—紧扼中考的脉搏

练 《中考完全学案》 难点突破—挑战思维的极限



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

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“小熊图书”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。

全书知识结构图解·名师学法指津	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	3
第二节 动量、动量变化与冲量的关系	6
第三节 动量守恒定律	13
第四节 动量守恒定律在碰撞中的应用	19
第五节 反冲运动 火箭	26
第六节 自然界中的守恒定律	31
◆单元知识梳理与能力整合	39
◆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	56
第四节 粒子的波动性(德布罗意波) 不确定性关系	61
◆单元知识梳理与能力整合	65
◆知识与能力同步测控题	69
第三章 原子结构	
第一节 电子的发现	71
第二节 原子的核式结构模型	74
第三节 氢原子光谱	79
第四节 玻尔的原子模型(能级结构)	82
第五节 激光	90
◆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	97
第二节 原子核的衰变	103
第三节 探测射线的方法	109
第四节 放射性的应用与防护	111
第五节 核力与核结合能	115
第六节 重核裂变及其应用	121
第七节 轻核聚变及其应用	125
第八节 小粒子与大宇宙	129
◆单元知识梳理与能力整合	134
◆知识与能力同步测控题	138
教材学业水平考试试题	140
答案与提示	142

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	3
2. 碰撞	3
3. 实验探究的基本思路	3
4. 实验探究中要注意的两个问题	4
5. 弹性碰撞与非弹性碰撞	4
第二节 动量、动量变化与冲量的关系	
1. 动量及动量变化	6
2. 冲量	6
3. 动量变化与冲量的关系——动量定理	7
4. 动量变化量的计算	7
5. 冲量的计算方法	7
6. 动量定理的应用	8
7. 几个物理量的区别	9
8. 用动量概念表示牛顿第二定律	10
第三节 动量守恒定律	
1. 系统 内力和外力	13
2. 动量守恒定律	13
3. 动量守恒定律的适用范围	13
4. 运用动量守恒定律解题的基本步骤和方法	14
5. 试在下列简化情况下由牛顿定律导出动量守恒定律的表达式:系统是两质点,相互作用力是恒力,不受其他力,沿直线运动	14
6. 对动量守恒定律的理解	14
7. 由多个物体组成的系统的动量守恒	15
8. 动量守恒定律应用中的临界问题	15
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	19
2. 碰撞的分类	19
3. 解析碰撞问题的三个依据	20
4. 爆炸问题	20
5. 弹性正碰的讨论	20
6. 碰撞类问题的拓展	20
7. 历史上中子的发现过程	21
第五节 反冲运动 火箭	
1. 反冲运动	26
2. 火箭	27
3. “人船模型”——反冲运动	27
4. 火箭的最终速度	28
5. 课外活动探究	28
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和步骤	33
9. 动量守恒定律与机械能守恒定律的区别	33

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
5. 热辐射的“紫外灾难”	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)	52
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	56
2. 康普顿效应	56
3. 光的波粒二象性	56
4. 光的波动性与粒子性的统一	57
5. 再探光的双缝干涉实验	57
6. 光的波粒二象性的理解	57
7. 光本性学说的发展简史	58
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	61
2. 物质波(德布罗意波)	61
3. 物质波是概率波	62
4. 不确定性关系	62
5. 电子云	62
6. 位置和动量的不确定性关系的理解	62
7. 显微镜的分辨本领	63

第三章 原子结构

第一节 电子的发现	
1. 阴极射线	71
2. 汤姆孙发现电子	71
3. 汤姆孙对阴极射线的研究	71
4. 美国物理学家密立根在1910年通过著名的“油滴实验”简练精确地测定了电子的电量	72
5. 电子发现的意义	72
6. 19世纪末物理学的三大发现	72

第二节 原子的核式结构模型

1. 汤姆孙的原子模型	74
2. α 粒子散射实验	74
3. 原子的核式结构	75
4. 原子核的电荷与尺度	75
5. 解题依据和方法	75
6. 对 α 粒子散射实验的理解	75
7. 原子结构的探索历史	76

第三节 氢原子光谱

1. 光谱	79
2. 光谱分析	79
3. 氢原子光谱线	79
4. 分光镜的原理	80
5. 氢原子光谱的规律	80
6. 其他原子的原子光谱	80
7. 光谱到底是什么	81

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	82
2. 玻尔原子模型	82
3. 能级	83
4. 弗兰克——赫兹实验	83
5. 光子的发射和吸收	84
6. 原子能级跃迁问题	84
7. 原子跃迁时需注意的几个问题	84
8. 氢原子核外电子绕核运动的轨道与其能量对应关系	85
9. 氢原子能量表达式的推导	85
10. 玻尔模型的成就和局限	86

第五节 激光

1. 自发发射	90
2. 受激吸收	90
3. 受激发射	90
4. 激光	90
5. 激光器	90
6. 激光的应用	91
7. 激光产生机理	91

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	97
2. 对放射线的研究	97
3. 天然放射现象的意义	98
4. 原子核的组成	98
5. 同位素	99
6. 三种射线在电场和磁场中偏转的特点和判断方法	99
7. 三种射线的比较	100
8. 原子核中的三个整数	100

第二节 原子核的衰变

1. 原子核的衰变	103
-----------------	-----

2. 半衰期	104
3. 核反应方程的配平及 α 、 β 衰变次数的确定方法	104
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	105
5. 大自然的“时钟”——碳 14 测年法	105
6. 对 α 衰变和 β 衰变在磁场中轨迹的分析	105

第三节 探测射线的方法

1. 威尔逊云室	109
2. 气泡室	109
3. 盖革——米勒计数器	109
4. 乳胶照相	110

第四节 放射性的应用与防护

1. 人工放射性同位素	111
2. 放射性同位素的应用	111
3. 放射性的污染和防护	112

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
9. 对原子核中质子数与中子数比例的解释	118

第六节 重核裂变及其应用

1. 核子的平均质量	121
2. 重核的裂变——铀核的裂变	121
3. 临界体积	122
4. 核电站与核电站的主要组成和工作原理及优点	122
5. 原子弹	123
6. 为什么铀的同位素中 $^{235}_{92}\text{U}$ 最易发生链式反应	123

第七节 轻核聚变及其应用

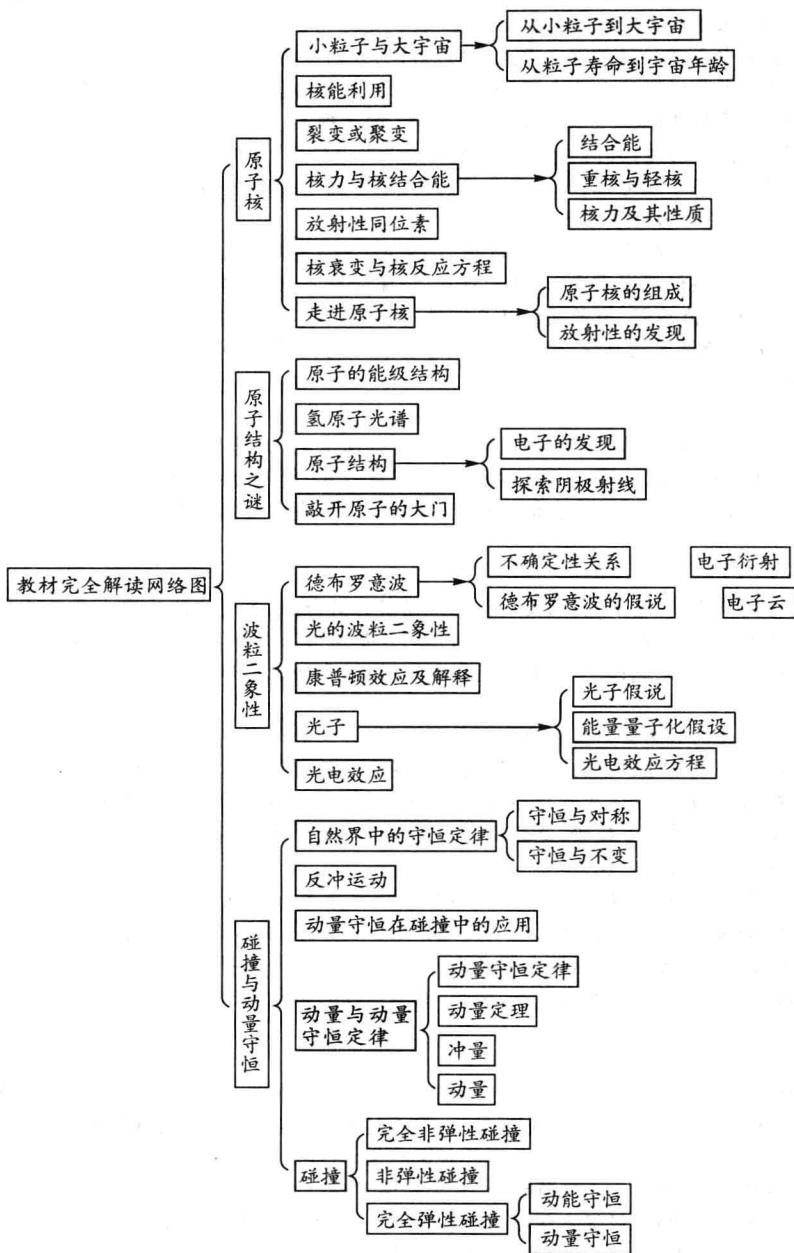
1. 轻核的聚变	125
2. 聚变与裂变的区别	125
3. 轻核聚变释放核能的计算方法	126
4. 聚变比裂变反应放出更多能量的原因	126
5. 热核反应的控制技术以及聚变的应用	126
6. 为什么轻核聚变和重核裂变都会释放能量	127

第八节 小粒子与大宇宙

1. “基本粒子”不基本	129
2. 粒子的分类	129
3. 反粒子(反物质)	129
4. 夸克模型	129
5. 宇宙的演化	130
6. 恒星的演化	130
7. 夸克理论简介	130
8. 统一场论(微观粒子与宏观宇宙的统一)	130

全书知识结构图解·名师学法指津

一、全书知识结构图解



二、名师学法指津

亲爱的同学,通过必修教材的学习,想必你对高中物理特点有所了解。但我们常常听到学生总有这样的疑问:“课上听得懂,课下做题时不会。”这是个普遍的问题,值得物理教师和同学们认真研究。

首先分析一下上面同学们提出的普遍问题,即为什么上课听得懂,而课下不会做?我认为听得懂而不会做,说明知识还没有真正成为自己的东西,要想成为自己的东西,必须要通过进一步内化、学习才能转化为自己的知识。那么如何内化成为自己的东西,在学习过程中应该达到哪些具体要求,应该注意哪些问题才能学好物理呢?

我认为,在高中物理学习中要将知识进行内化,学会自主学习,掌握合理的学习方法很重要。下面我们来谈谈高中物理学习中几个常用环节中的主要学习方法,希望能给同学们的物理学习带来帮助。

1. 预习

学习的第一个环节是预习。有的同学通过二年的学习,仍不注重听课前的这一环节。所谓预习就是在每次上课前,抽出一段时

间将知识预先浏览一下,一则可以帮助我们熟悉课上所要学习的知识,做好上课的知识准备和心理准备;二则可以使我们明确课堂的重点,找出自己理解上的难点,从而做到有的放矢地去听课。高三选修内容抽象,有的地方又难于理解,如果不预习,有的同学听课就会感到十分吃力。另外,还有更重要的一点就是预习可以培养我们的自学能力和独立思考能力,因此,我们应该逐渐养成预习的良好习惯。

2. 上课

上课是我们学习的中心环节。对此我们应该做到:(1)主动听课。主动就是能够根据老师讲课的程序主动自觉地思考,在理解基础知识的基础上,对难点和重点进行推理性的思维和接受。我们是学习的主人,我们应该以主动的态度去听讲,积极地进行思考,努力参与到老师的课堂教学中去。(2)注意课堂要点。要听好课,我们应善于抓课堂的要点,这主要是指重点和难点两个方面。上课时,我们应有意识地去注意老师讲课的重点内容。老师在讲课时总是将主要精力放在突出重点上,进行到重要的地方,或放慢速度,重点强调;或板书纲目,理清头绪;或条分缕析,仔细讲解等。对于难点,则可能因人而异,这就需要在预习时做到心中有数,到时候注意专心专意,仔细听讲。总之,我们要做到“会听”,能“听出门道”。(3)处理好听课和记笔记的关系。有的同学总是感到困惑,说“上课时注意了听课,就忘了记笔记;而记了笔记,就又跟不上老师的思路了”。对此,我们应认识清楚听课和记笔记的关系:听课是主要的方面,记笔记是辅助的学习手段。

那么,我们应该如何记笔记呢?我认为,我们不应该将“记笔记”变成老师的“课堂语录”,也不应该将“记笔记”变成“板书复印”。笔记中我们要记的内容应该有:记课堂重点、记课堂难点、记课堂疑点、记补充结论或例题等课本上没有的内容、记课堂“灵感”等,总之,我们应该有摘要、有重点地记。有的同学从来就没有记笔记的习惯,这很不好,特别是对于高中物理的学习是不行的。俗话说“好记性不如烂笔头”,听课时间有限,老师讲的内容转瞬即逝,我们对知识的记忆随时间延伸会逐渐遗忘,没有笔记我们以后就没有办法进行复习。

3. 复习

有的同学课后总是急着去完成作业,结果是一边做作业,一边翻课本笔记。结果时间浪费很多,效果还不佳。我们认为首先是将当天课堂上所学的内容进行认真思考、回顾,在此基础上再去完成作业。复习的方法我们可以分成以下两个步骤进行:首先不看课本、笔记,对知识进行尝试回忆,这样可以强化我们对知识的记忆。之后再钻研课本、整理笔记,对知识进行梳理,从而使对知识的掌握形成系统。

4. 作业

在复习的基础上,我们再做作业。在这里,我们要纠正一个错误的概念,很多同学认为完成作业是完成老师布置的任务,这种想法是不正确的。作业的目的有两个:一是巩固课堂所学的内容;二是运用课上所学来解决一些具体的实际问题。这就要求我们在做作业时,一方面应该认真对待,独立完成;另一方面就是要积极思考,看知识是如何运用的,注意对知识进行总结。

5. 质疑

在以上几个环节的学习中,我们必然会产生疑难问题和解题错误。及时消灭这些“学习中的拦路虎”对我们的学习有着重要的作用。有的同学不注意及时解决学习过程中的疑难问题,对错误也不及时纠正,其结果是越积越多,形成恶性循环,导致学习无法有效地进行下去。对于疑难问题,我们应该及时想办法(如请教同学、老师或翻阅资料等)解决,对错题则应该注意分析错误原因,搞清楚是概念混淆致错还是计算粗心致错,是套用公式致错还是题意理解不清致错等。另外,我们还应该通过思考,逐步培养自己善于针对所学发现问题、提出问题的能力。

在这里,我建议每位同学都准备一个“疑难、错题本”,专门记录收集自己的疑难问题和典型错误,这也可以为我们今后对知识进行复习提供有效的素材。要经常进行错题改正,建立错题档案本,错题不能只抄在本上,就完事了。必须要做定期复习,并且做上标记。一道错题,若第一次复习题做对了,可以做上标记,时间过得长一些再复习,若复习二次都对了,可以做上标记,可以暂时不用管了,以后放寒假、暑假、期中、期末考试前再复习,这样,虽然你抄的错题越来越多,但通过每次的定期复习,不会做的、再做错的题目应该越来越少。

6. 小结

学习的最后一个是对所学知识的小结。小结的常用方法是列概括提纲,将当天所学的知识要点以提纲的形式列出,这样可以使零散的知识形成清晰的脉络,使我们对它的理解更为深入,掌握起来更为系统。高三的选修内容很零散,要记忆的东西也很多,如不加以小结,学习起来就会很吃力。以上六个环节是学习新课的基本进程,它们环环相扣,每一环都十分重要,缺少其中任何一环,都会对学习的进程产生不良影响。在这六个环节之外,我们在学习每一章前后,还应该“有计划”和“系统”两个环节,即在学习每一章前,我们应对这一章内容进行预览,根据要学习的内容制订一个学习计划,正所谓“凡事预则立,不预则废”。此外,在学完每一章后,我们就应该对这一章进行系统总结,常用的方法是画该章的知识网络图,它可以使我们对该章的知识有一系统的了解,让我们从“宏观”的角度来重新认识该章,实现对知识掌握的“升华”。

当然,对于学有余力的同学,我们还应该再多一个“知识拓展”的环节。完成基本的学习任务,我们可以再参考一些参考书、课外资料,以开阔我们的视野。对此,在这里我们不再赘述。

其实对于上面我们所说的这些,每一位同学以前都有所了解,现在我们提出来进行分析目的就在于引起同学们的重视。

只要我们严格落实现实学习进程的这几个环节,将学习踏踏实实地对,相信每位同学都会有一个好的成绩!

祝愿同学们用辛勤的汗水去收获美好的未来!

第一章 碰撞与动量守恒

第一节 实验:探究碰撞中的不变量

课标三维目标

(1)明确探究碰撞中的不变量的基本思路;(2)掌握同一条直线上运动的两个物体碰撞前后速度的测量方法;(3)掌握实验数据处理的方法;(4)掌握案例的原理、方法。

解题依据

命题论

1 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。

2 方法·技巧平台

❖ 3. 实验探究的基本思路

(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' 。如果速度与我們设定的方向一致,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。

$$\textcircled{1} m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

$$\textcircled{2} m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2 = m_1 v_1'^2 + m_2 v_2'^2,$$

$$\textcircled{3} \frac{v_1}{m_1} + \frac{v_2}{m_2} = \frac{v_1'}{m_1} + \frac{v_2'}{m_2},$$

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,也可能粘在一起不再分开等。

(3)寻找的不变量的特点:在各种碰撞的情况下都不改变。

题型1 纸带研究碰撞问题

◆【例题1】水平光滑桌面上有A、B两个小车,质量都是0.6kg。A车的车尾连着一个打点计时器的纸带,A车以某一速度与静止的B车碰撞,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1-1-2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可能是相等的?

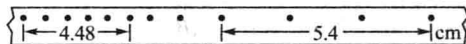


图1-1-2 碰撞前后纸带上打下的点迹

●●●容易题●●● ●2009年武汉试题●

【解析】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的,其速度大小为:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\Delta x}{3T} = \frac{5.4 \times 10^{-2}}{3 \times 0.02} \text{ m/s} = 0.9 \text{ m/s}.$$

A车和B车碰后连在一起做匀速直线运动的速度为:

$$v' = \frac{\Delta x'}{\Delta t'} = \frac{\Delta x'}{5T'} = \frac{4.48 \times 10^{-2}}{5 \times 0.02} \text{ m/s} = 0.448 \text{ m/s}.$$

碰撞前A车质量和速度的乘积为: $m_A v = 0.6 \times 0.9 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 0.54 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$.

碰撞后A车和B车质量和各自速度乘积之和:

$$(m_A + m_B) v' = (0.6 + 0.6) \times 0.448 \text{ kg} \cdot \text{m/s} \approx 0.54 \text{ kg} \cdot \text{m/s}.$$

由以上计算可知碰撞前后两个物体各自的质量与它的速度的乘积之和是相等的。

故把两个小车加在一起计算可知,在碰撞前后两个物体各自的质量与它的速度的乘积之和是相等的。

⊕【点评】从图上可以看出,纸带中间部分点间距离不等,这是因为两小车处在碰撞(相互作用)的过程中,所以测量数据时应选择这些均匀部分测量,点迹均匀表示小车做匀速直线运动。同时为了减小测量的相对误差,应同时测几个间距来计算速度。

题型2 气垫导轨研究物体速度

◆【例题2】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1-1-3所示,已知A、B之间的质量关系是 $m_B = 1.5m_A$,拍摄共进行

(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	
	m_1	m_2	m_1	m_2
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:

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。

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: a. 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。b. 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。

4 能力·题型设计

速效基础演练

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1-1-4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。

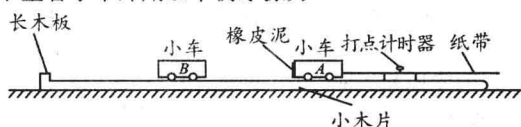


图1-1-4

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?

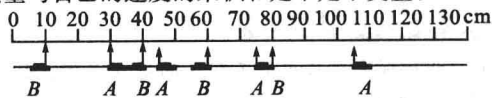


图1-1-3

●●● 中难题 ●●● 2009年南京试题

【解析】 由图分析可知

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

从发生碰撞到第二次拍摄照片, A运动的时间是 $t_1 = \frac{\Delta s_A''}{v_A''} =$

$$\frac{0.15}{0.75} \text{ s} = 0.2 \text{ s}, \text{ 由此可知: 从拍摄第一次照片到发生碰撞的时间为}$$

$$\Delta t_2 = (0.4 - 0.2) \text{ s} = 0.2 \text{ s}, \text{ 则碰撞前B物体的速度为 } v_B = \frac{\Delta s_B''}{\Delta t_2} =$$

$$\frac{0.2}{0.2} \text{ m/s} = 1.0 \text{ m/s}, \text{ 由题意得 } v_A = 0.$$

(2) 碰撞前: $m_A v_A + m_B v_B = 1.5 m_A,$

碰撞后: $m_A v_A' + m_B v_B' = 0.75 m_A + 0.75 m_A = 1.5 m_A,$ 所以 $m_A v_A + m_B v_B = m_A v_A' + m_B v_B',$ 即碰撞前后两个物体各自的质量与自己的速度的乘积之和是不变量。

【点评】 准确把握题目中信息“A原来处于静止状态”是正确分析照片信息的前提, 图示滑块位置只是对应运动中不同时刻的几个状态, 碰撞不一定发生在闪光时刻, 在不计碰撞时间的情况下, 相邻两位置对应的时间仍为闪光间隔, 但碰撞前后物体速度不同, 所以在这0.4s内不可以用总位移与总时间的比值求速度。

点击考例

测试要点3

[例题1]

(1) 若已得到打点纸带如图1-1-5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_____ (填“AB”“BC”“CD”或“DE”)段来计算A的碰前速度, 应选_____ (填“AB”“BC”“CD”或“DE”)段来计算A和B碰后的共同速度。

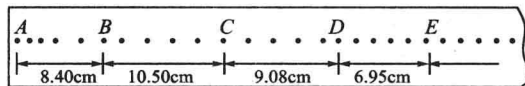


图1-1-5

(2) 已测得小车A的质量 $m_A = 0.40 \text{ kg}$, 小车B的质量 $m_B = 0.20 \text{ kg}$, 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: $m_A v_A' + m_B v_B' =$ _____ $\text{ kg} \cdot \text{ m/s}$. 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。

2. 某同学用图1-1-6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

测试要点1

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 是水平槽末端口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 1-1-6 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 $m_A > m_B$)

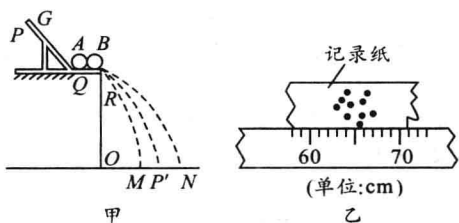


图 1-1-6

(1) 碰撞后 B 球的水平射程应为_____。
 (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

点击考例

测试要点 3

测试要点 3

知能提升突破

1. 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 1-1-7 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?

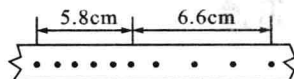


图 1-1-7

碰撞前后纸带上打下的点迹

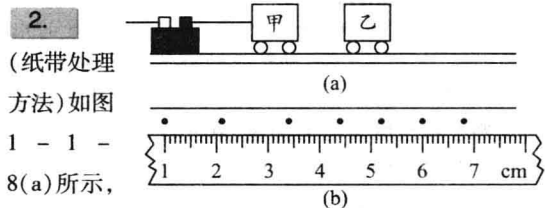


图 1-1-8

2. (纸带处理方法) 如图 1-1-8(a) 所示, 在水平光滑轨道上停着甲、乙两辆实验小车, 甲车系一穿过打点计时器的纸带, 当甲车受到水平向右的瞬时力时, 随即启动打点计时器, 甲车运动一段距离后, 与静止的乙车发生正碰并连在一起运动, 纸带记录下碰撞前甲车和碰撞后两车的运动情况如图 1-1-8(b) 所示, 电源频率为 50Hz , 则碰撞前甲车速度大小为_____ m/s , 碰撞后的共同速度大小为_____ m/s .

最新5年高考名题诠释

【考题】 用半径相同的两个小球 A 、 B 的碰撞验证动量守恒定律, 实验装置如图 1-1-9 所示, 斜槽与水平槽圆滑连接. 实验时先不放 B 球, 使 A 球从斜槽上某一固定点 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

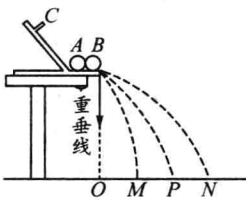


图 1-1-9

的前端边缘处, 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 点是重垂线所指的位置, 若测得各落点痕迹到 O 点的距离: $OM =$

2.68cm , $OP = 8.26\text{cm}$, $ON = 11.50\text{cm}$. 并已知 A 、 B 两球的质量比为 $2:1$, 则未放 B 球时 A 球落点是记录纸上的_____点, 系统碰撞前总动量 p 与碰撞后总动量 p' 的百分误差 $\frac{|p-p'|}{p} =$ _____%. (结果保留一位有效数字)

●2009 年天津

【解析】 未放 B 球时 A 球的落点是 P . 用小球的质量和水平位移的乘积代替动量, 则有:

$$\frac{|p-p'|}{p} = \frac{|m_A \cdot OP - (m_A \cdot OM + m_B \cdot ON)|}{m_A \cdot OP} = \frac{|m_A \times 8.26 - (m_A \times 2.68 + m_B \times 11.50)|}{m_A \times 8.26} \approx 2\%$$

【答案】 P 2

第二节 动量、动量变化与冲量的关系

课标三维目标

- (1)理解动量的概念,知道动量的定义,知道动量是矢量;(2)理解冲量的概念,知道冲量的定义,知道冲量是矢量;(3)知道动量变化量也是矢量,理解动量定理的确切含义和表达式,知道动量定理适用于变力的计算;(4)会用动量定理解释现象和处理有关问题.

解题依据

名题诠释

1 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.

题型1 动量概念辨析

◆【例题1】关于物体的动量,下列说法中正确的是().

- A. 运动物体在任一时刻的动量方向,一定是该时刻的速度方向
B. 物体的加速度不变,其动量一定不变
C. 动量越大的物体,其速度一定越大
D. 物体的动量越大,其惯性也越大

◆◆◆容易题◆◆◆

【解析】本题侧重于准确理解动量的概念. 动量具有瞬时性,任一时刻物体动量的方向,即为该时刻的速度方向,选项 A 正确. 加速度不变,则物体速度的变化率恒定,物体的速度均匀变化,故其动量也均匀变化,选项 B 错误. 物体动量的大小由物体质量及速度大小共同决定,不是由物体的速度唯一决定,故物体的动量大,其速度不一定大,选项 C 错误. 惯性由物体质量决定,物体的动量越大,其质量并不一定越大,惯性也不一定越大,故选项 D 错误.

【答案】A

◆【点评】物体动量是质量与速度的乘积,大小由二者共同决定,但与物体质量和速度均有关.

题型2 冲量概念辨析

◆【例题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

◆◆◆容易题◆◆◆

【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

◆【点评】冲量的定义是力与时间的乘积,但冲量是物体动量变化的原因.

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

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 $\Delta p = p_k - p_0$, 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、末动量在同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.

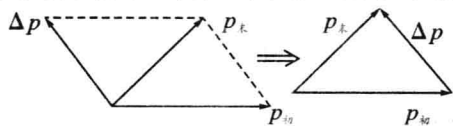


图 1-2-1

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.

题型3 动量的变化

◆【例题3】羽毛球是速度最快的球类运动之一,2005年中国举行的苏迪曼杯混合团体赛中,付海峰扣杀羽毛球的速度达到了342km/h,假设球飞来的速度为90km/h,付海峰将球以342km/h的速度反向击回.设羽毛球质量为5g,试求付海峰击球过程中羽毛球的动量变化.

●●●容易题●●●

【解析】以球飞来的方向为正方向,则

$$p_1 = mv_1 = 5 \times 10^{-3} \times \frac{90}{3.6} \text{kg} \cdot \text{m/s} = 0.125 \text{kg} \cdot \text{m/s},$$

$$p_2 = mv_2 = -5 \times 10^{-3} \times \frac{342}{3.6} \text{kg} \cdot \text{m/s} = -0.475 \text{kg} \cdot \text{m/s}.$$

所以动量的变化量

$$\begin{aligned} \Delta p &= p_2 - p_1 = -0.475 \text{kg} \cdot \text{m/s} - 0.125 \text{kg} \cdot \text{m/s} \\ &= -0.600 \text{kg} \cdot \text{m/s}. \end{aligned}$$

所以球的动量变化大小为 $0.600 \text{kg} \cdot \text{m/s}$,方向与球飞来的方向相反.

◆【点评】(1)因为 $p = mv$ 是矢量,只要 m 的大小、 v 的大小和 v 的方向三者中任何一个或几个发生了变化,动量 p 就发生了变化.

(2)动量的变化量 Δp 也是矢量,其方向与速度的改变量 Δv 的方向相同.

(3)动量变化量 Δp 的大小,一般都是用末动量减初动量,也称为动量的增量.

$\Delta p = p_2 - p_1$,此式是矢量式,若 p_1 、 p_2 不在一条直线上时,要用平行四边形定则(或矢量三角形法则)求矢量差.若在同一条直线上,先规定正方向,再用正、负表示 p_2 、 p_1 ,则可用 $\Delta p = p_2 - p_1 = mv_2 - mv_1$ 进行代数运算求解.

题型4 冲量和动量变化的关系

◆【例题4】一个质量为1kg的物体从离地面4.9m高处,无初速度地落到地面海绵上,经0.1s静止,假设物体不反弹,求物体受到地面的平均作用力.若作用时间为0.01s,物体受到地面的作用力变大还是变小?

●●●容易题●●●

【解析】(1)物体落至地面和地面相互作用的过程中受力如图1-2-6所示,取向下的方向为正方向,则物体落地

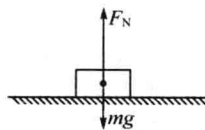


图 1-2-6

瞬间速度 $v_0 = \sqrt{2gh} = 9.8 \text{m/s}$.

据冲量和动量变化的关系有:

$$(mg - F_N)t = mv - mv_0, \text{ 其中 } v = 0,$$

代入数据,解得 $F_N = 107.8 \text{N}$,即力 F_N 大小为 107.8N ,方向向上.

(2)由 $Ft = mv_1 - mv_0$ 知,当 $mv_1 - mv_0$ 一定时,作用时间越短, F 越大,又 $F = F_N - mg$,即物体受到地面的作用力变大.

◆【点评】物体动量变化与物体所受合外力冲量有关,因此解决这一类问题要注意研究对象和研究过程中物体的受力分析.

(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.

(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.

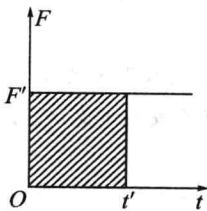


图 1-2-2

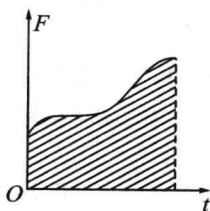


图 1-2-3

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.

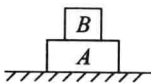


图 1-2-4

(3)应用动量定理解题的步骤:

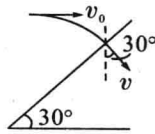
- ①选取研究对象;
- ②确定所研究的物理过程及其始、终状态;
- ③分析研究对象在所研究的物理过程中的受力情况;
- ④规定正方向,根据动量定理列式;
- ⑤解方程,统一单位,求得结果.

题型5 根据动量变化求冲量

◆【例题5】一质量为 m 的小球,以初速度 v_0 沿水平方向射出,恰好垂直地射到一倾角为 30° 的固定斜面上,并立即沿反方向弹回.已知反弹速度的大小是入射速度大小的 $\frac{3}{4}$.求在碰撞过程中斜面对小球的冲量的大小.

●●●中难题●●●

【解析】小球在碰撞斜面前做平抛运动.设刚要碰撞斜面时小球速度为 v ,由题意, v 的方向与竖直线的夹角为 30° ,且水平分量仍为 v_0 ,如图1-2-7所示.由此得



① 图 1-2-7

碰撞过程中,小球速度由 v 变为反向的 $\frac{3}{4}v$,碰撞时间极短,可不计重力的冲量,由动量定理,设反弹速度的方向为正方向,则斜面对小球的冲量为

$$I = m\left(\frac{3}{4}v\right) - m \cdot (-v). \quad \text{②}$$

由①②得

$$I = \frac{7}{2}mv_0.$$

!【点评】重力的冲量忽略不计是因为作用时间极短.重力冲量远小于斜面对物体的冲量,这是物理学中常用的一种近似处理方法.

题型6 多过程问题

◆【例题6】在水平力 $F = 30\text{N}$ 的作用下,质量 $m = 5\text{kg}$ 的物体由静止开始沿水平面运动.已知物体与水平面间的动摩擦因数 $\mu = 0.2$,若 F 作用 6s 后撤去,撤去 F 后物体还能向前运动多长时间才停止?(g 取 10m/s^2)

●●●中难题●●●

【解析】解法一:用牛顿定律解.

在有水平力 F 作用时,物体做初速度为零的匀加速运动;撤去 F 后,物体做匀减速运动.由于撤去 F 前后物体运动的加速度不同,所以用牛顿定律解答时必须分段研究.在受 F 作用时,物体受到重力、地面支持力 F_N 、水平力 F 和摩擦力 F_f 作用如图1-2-8甲,设物体的加速度为 a_1 ,选 F 的方向为正方向,根据牛顿第二定律有:

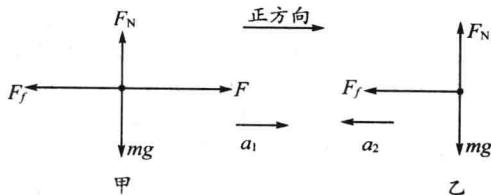


图 1-2-8

$$F - F_f = ma_1,$$

$$F_N = mg,$$

根据滑动摩擦力公式有: $F_f = \mu F_N$.

以上三式联立解得物体做匀加速运动的加速度为

$$a_1 = \frac{F - \mu mg}{m} = \frac{F}{m} - \mu g = \left(\frac{30}{5} - 0.2 \times 10\right) \text{m/s}^2 = 4 \text{m/s}^2.$$

在撤去 F 时物体的即时速度为:

$$v = a_1 t_1 = 4 \times 6 \text{m/s} = 24 \text{m/s}.$$