

十年畅销桃李九州 而今创新家



# 北京 名师导学

天下学子的良师益友

## 零失误训练

### 高二物理 上

总主编：刘 强

学科主编：周明义 北京市中学物理特级教师  
北京市海淀区教师进修学校物理教研员



北京出版社出版集团  
BEIJING PUBLISHING HOUSE (GROUP)



北京教育出版社  
BEIJING EDUCATION PUBLISHING HOUSE

874263

十年畅销桃香九州 而今创新家



# 北京名师导学

天下学子的良师益友

## 零失误训练

高二物理 上



CS1025239

总主编：刘 强

学科主编：周明义

本册主编：赵言华

本册副主编：井 淼

本册编者：姚广军 付用学 闫良凤 张 磊



北京出版社出版集团  
BEIJING PUBLISHING HOUSE (GROUP)



北京教育出版社  
BEIJING EDUCATION PUBLISHING HOUSE

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

青春年代

青春年代

青春年代

青春年代

青春年代

青春年代

青春年代

青春年代

青春年代

（附：附赠产品说明书）

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

凡“www.ddbook.cn”网书商或“www.ddbook.cn”网书商

## 北京名师导学·零失误训练

### 高二物理(上)

刘 强 总主编

\*

北京出版社出版集团

北京教育出版社 出版

(北京北三环中路6号)

邮政编码:100011

网址:www.bph.com.cn

北京出版社出版集团总发行

全国各地书店经销

北京黎明辉印刷厂印刷

\*

890×1240毫米 16开本 11.75印张 288000字

2006年5月修订版 2006年5月第1次印刷

ISBN 7-5303-2004-1/G·1978

定价:17.80元

版权所有 翻印必究

如发现印、装质量问题,影响阅读,请与我们联系调换

地址:北京市中关村西区天创科技大厦八层

电话:010-68434992 邮编:100089 网址:www.QQbook.cn

874268



北京名师导学

零失误训练

高二物理(上)

出版  
一套好书

展示  
一批学校

宣传  
一批教师

辅助  
一批学生

提高  
一定能力

避免  
一些误区

产生  
一批成果

圆梦  
一所名校

实现  
一生夙愿

# INTRODUCTION

## 前言

### 注重培养能力，特别着眼于培养创新能力和实践能力

丛书编写遵循中学教学的实际操作方法和中学生的学习规律，努力体现教与学过程中的实用性原则，遵循自主预习、课堂精讲、课后巩固、拓展延伸、探究提升的学习轨迹。另外，本丛书还体现精讲多练的原则，讲和练的篇幅比例为3:7。

### 栏目特点鲜明，透彻分析思维误区努力做到零失误

1 自主学习：注重发挥“导学学案”强大自主探究功能，使学生通过亲自动手整理和归纳，获得完整详细的基础知识的梳理，从而实现教材知识的前后衔接、融会贯通。

2 规律总结：在精选的大量经典、针对性强的例题中，对疑点、难点、重点、易忽略点和易错点进行了详尽的剖析。

3 基础能力训练：系统、全面、针对性强，是形成能力的基础，也是考试中篇幅最大的部分。

4 综合创新训练：以与科技发展、生活实际相联系的信息题、材料题，或是学科内综合性题目为主，是考试得高分的关键所在。

5 探究学习：通过课外探究性阅读，引发学生探究的兴趣，激起学生的思考。

6 单元测试题：从单元的高度对知识点和学科方法进行训练和总结。

7 期中、期末测试题：采用常规试卷的方式，使学生对自己阶段性的学习进行评估和检测。

### 快乐的学习，让知识开启你灵动的悟性

# CONTENTS

## 目 录

|                                  |      |
|----------------------------------|------|
| 第八章 动量 .....                     | (1)  |
| 第1节 冲量和动量 .....                  | (1)  |
| 第2节 动量定理 .....                   | (4)  |
| 第3节 动量守恒定律 .....                 | (8)  |
| 第4~5节 动量守恒定律的应用 反冲运动 火箭 .....    | (12) |
| 实验一 验证动量守恒定律 .....               | (15) |
| 第八章知识总结 .....                    | (19) |
| 第八章综合检测题 .....                   | (22) |
| 第九章 机械振动 .....                   | (24) |
| 第1节 简谐运动 .....                   | (24) |
| 第2节 振幅、周期和频率 .....               | (28) |
| 第3节 简谐运动的图象 .....                | (31) |
| 第4节 单摆 .....                     | (34) |
| 第5节 相位 (略) .....                 |      |
| 第6~7节 简谐运动的能量 阻尼振动 受迫振动 共振 ..... | (38) |
| 实验二 用单摆测定重力加速度 .....             | (42) |
| 第九章知识总结 .....                    | (47) |
| 第九章综合检测题 .....                   | (49) |
| 第十章 机械波 .....                    | (51) |
| 第1节 波的形成和传播 .....                | (51) |
| 第2~3节 波的图象 波长、频率和波速 .....        | (54) |
| 第4~8节 波的现象 多普勒效应 次声波和超声波 .....   | (58) |
| 第十章知识总结 .....                    | (62) |
| 第十章综合检测题 .....                   | (64) |
| 第一学期期中测试题 .....                  | (67) |
| 第十一章 分子热运动 能量守恒 .....            | (69) |
| 第1~3节 分子热运动 .....                | (69) |
| 第4节 物体的内能 热量 .....               | (73) |
| 第5~7节 能量守恒 .....                 | (77) |



北京名师导学  
零失误训练

高二物理(上)

出版  
一套好书

展示  
一批学校

宣传  
一批教师

辅助  
一批学生

提高  
一定能力

避免  
一些误区

产生  
一批成果

圆梦  
一所名校

实现  
一生夙愿



北京名师导学

零失误训练

高二物理(上)

出版  
一套好书

展示  
一批学校

宣传  
一批教师

辅助  
一批学生

提高  
一定能力

避免  
一些误区

产生  
一批成果

圆梦  
一所名校

实现  
一生夙愿

# CONTENTS

|                             |        |
|-----------------------------|--------|
| 第十二章 固体、液体和气体               | (81)   |
| 第1~7节 固体和液体 (略)             |        |
| 第8~9节 气体的压强 气体的压强、体积、温度间的关系 | (81)   |
| 实验三 用油膜法估测分子的大小             | (85)   |
| 第十一、十二章知识总结                 | (89)   |
| 第十一、十二章综合检测题                | (92)   |
| 第十三章 电场                     | (94)   |
| 第1节 电荷 库仑定律                 | (94)   |
| 第2节 电场 电场强度                 | (98)   |
| 第3节 电场线                     | (102)  |
| 第4节 静电屏蔽                    | (106)  |
| 第5节 电势差 电势                  | (110)  |
| 第6节 等势面                     | (114)  |
| 第7节 电势差与电场强度的关系             | (118)  |
| 第8节 电容器的电容                  | (122)  |
| 第9节 带电粒子在匀强电场中的运动           | (126)  |
| 第10节 静电的利用和防止 (略)           |        |
| 实验四 用描迹法画出电场中平面上的等势线        | (131)  |
| 第十三章知识总结                    | (136)  |
| 第十三章综合检测题                   | (140)  |
| 第一学期期末测试题                   | (143)  |
| 参考答案及解析                     | (1~36) |



## 第八章

## 第1节 冲量和动量



## 自主学习



## 主干知识 ←提前预习 勤于归纳→

认真阅读教材,完成下列各题

1. 力  $F$  和力的作用时间  $t$  的 \_\_\_\_\_ 叫做冲量,定义式为  $I = Ft$ . 冲量是 \_\_\_\_\_ (填“矢量”或“标量”),它的方向由 \_\_\_\_\_ 的方向决定. 若力的方向不变,冲量的方向跟力的方向 \_\_\_\_\_ . 在国际单位制中,冲量的单位是 \_\_\_\_\_ ,符号是 \_\_\_\_\_ .
2. 物体的 \_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_ 的乘积叫做动量,定义式为  $p =$  \_\_\_\_\_. 动量是 \_\_\_\_\_ (填“矢量”或“标量”),它的方向与 \_\_\_\_\_ 的方向相同. 在国际单位制中,动量的单位是 \_\_\_\_\_ ,符号是 \_\_\_\_\_. 动量的单位跟冲量的单位是 \_\_\_\_\_ 的.
3. 一个质量为  $5\text{ kg}$  的物体,在一个  $20\text{ N}$  的水平恒力作用下向左做匀速直线运动,那么在  $4\text{ s}$  内拉力对物体的冲量大小为 \_\_\_\_\_  $\text{N} \cdot \text{s}$ ,方向 \_\_\_\_\_ ;摩擦力的冲量大小为 \_\_\_\_\_  $\text{N} \cdot \text{s}$ ,方向 \_\_\_\_\_ .
4. 质量为  $2\text{ kg}$  的物体做自由落体运动,它在第  $1\text{ s}$  内动量变化大小为 \_\_\_\_\_  $\text{kg} \cdot \text{m/s}$ ,方向 \_\_\_\_\_ ,第  $3\text{ s}$  末的速度是 \_\_\_\_\_  $\text{m/s}$ ,动量大小是 \_\_\_\_\_  $\text{kg} \cdot \text{m/s}$ ,方向 \_\_\_\_\_ .

## 点击思维 ←温故知新 查漏补缺→

1. 如何求合冲量.
2.  $p$ 、 $\Delta p$  和  $\frac{\Delta p}{\Delta t}$  有何区别?



## 名师导学



## 典例分析

抓住重点 ★ 举一反三



## 规律总结

**例1** 有一质量为  $2\text{ kg}$  的物体,从倾角  $\alpha = 37^\circ$  的斜面顶端滑至底端历时  $2\text{ s}$ ,设物体与斜面间的动摩擦因素  $\mu = 0.2$ ,求物体所受各个力在这段时间内的冲量.(取  $g = 10\text{ m/s}^2$ )

**思路分析:** 分析物体受力,根据冲量的定义求各力冲量.

解:物体受三个力作用,它们分别是重力  $mg$ ,支持力  $F_N = mg\cos\alpha$ ,滑动摩擦力  $F_f = \mu mg\cos\alpha$ ,它们的冲量分别为:

重力的冲量方向竖直向下,大小为

$$I_1 = mgt = 2 \times 10 \times 2 = 40 (\text{N} \cdot \text{s})$$

支持力的冲量,方向垂直斜面向上,大小为

$$I_2 = F_N \cdot t = mg\cos\alpha \cdot t = 2 \times 10 \times 0.8 \times 2 = 32 (\text{N} \cdot \text{s})$$

摩擦力的冲量,方向沿斜面向上,大小为

$$I_3 = F_f \cdot t = \mu mg\cos\alpha \cdot t = 0.2 \times 2 \times 10 \times 0.8 \times 2 = 6.4 (\text{N} \cdot \text{s})$$

**例2** 一个物体的质量是  $2\text{ kg}$ ,此物体竖直落下,以  $10\text{ m/s}$  的速度碰到水泥地面上,随后又以  $8\text{ m/s}$  的速度被反弹起,若取竖直向上为正方向,则小球与地面相碰前的动量是 \_\_\_\_\_,相碰后的动量是 \_\_\_\_\_,小球的动量增量是 \_\_\_\_\_.

**思路分析:** 根据动量的定义,确定碰撞前后的动量,根据规定的正方向,动量变化的矢量运算,转化为代数运算.

解:取竖直向上为正方向,小球碰前速度方向是竖直向下的,动量  $p_1 = -mv_1 = -2 \times 10 = -20 (\text{kg} \cdot \text{m/s})$

善于总结 ★ 触类旁通

## 1 方法点拨:(易错点拨)

力的冲量是描述力在某段时间内累积效应的物理量,是过程量,如果物体受到大小、方向都不变的恒力作用,力的冲量数值等于力和作用时间的乘积,冲量的方向与力的方向相同,如果物体受到变力作用,就不能用  $I = Ft$  直接计算变力的冲量,需要用后面讲的动量定理来求解.如果物体所受外力的冲量都在同一直线上,那么选定正方向后,冲量的方向可以用正、负号表示.

## 2 方法点拨:(误区点拨)

(1) 动量的瞬时性,由于动量是描述物体运动状态的量,所以通常所说的动量是指物体在某一时刻的动量,计算物体的动量时应取这一时刻的即时速度.

(2) 动量的矢量性,动量的方向与物体的即时速度方向相同,有关动量的运算使用平行四边形法则,如果物体在一条直



碰后速度方向是竖直向上的,动量  $p_2 = mv_2 = 2 \times 8 = 16(\text{kg} \cdot \text{m/s})$

动量增量  $\Delta p = p_2 - p_1 = 16 - (-20) = 36(\text{kg} \cdot \text{m/s})$

注意:例2中碰撞前后物体在同一直线上运动,可先设一个正方向,末动量  $p_2$  和初动量  $p_1$  可据此用正负值表示,则动量的变化  $\Delta p$ ,可用代数方法求出,在运算过程中最容易失误的地方是忽略了动量符号。

**例3** 如图8-1-1所示,一个质量为0.2 kg的钢球,以2 m/s的速度斜射到坚硬的大理石板上,入射角是45°,碰撞后被斜着弹出,弹出的角度也是45°,速度仍为2 m/s,你能不能用作图法求出钢球动量的大小与方向?(教材中思考与讨论题)。

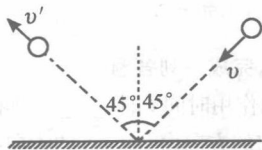


图8-1-1

**思路分析:**由  $\Delta p = p' - p$  结合矢量的合成法则:  $\Delta p = p' - p = p' + (-p)$ ,即将矢量相减转化为大家较熟悉的矢量相加。

解:动量是矢量,动量的方向与速度方向相同,我们可以用作图法(如图8-1-2)根据平行四边形法则求动量的变化  $\Delta p$  根据  $\Delta p = p' - p = p' + (-p) = \sqrt{2}p = \sqrt{2}mv$ ,可求得  $\Delta p = 0.56 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ ,方向竖直向上。

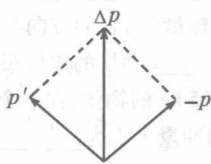


图8-1-2

线上运动,则选定一个正方向后,动量的矢量运算就可以转化为代数运算了。

(3)动量的相对性,指物体的动量与参照物的选择有关,选不同的参照物时,同一物体的动量可能不同,通常在不说明参照物的情况下,物体的动量是指物体相对地面的动量。

**方法点拨:**(误区点拨)

例3中碰撞前后物体不在同一直线上运动,可用作图法,根据平行四边形法则,以  $p'$  和  $-p$  为邻边作平行四边形其对角线与  $\Delta p$  大小成正比,方向就是  $\Delta p$  的方向。

## 学习札记



## 基础能力训练

回归教材 ★ 注重基础

## 冲量的理解与计算

1. 一小球在水平地面上滚动,下列说法正确的是 ( )

- A. 重力对小球的冲量为零
- B. 弹力对小球的冲量为零
- C. 合外力对小球的冲量为零
- D. 合外力对小球的冲量可能不为零

2. 质量为  $m$  的小球从高为  $h$  处自由落下,与地面碰撞时间为  $\Delta t$ ,地面对小球的平均作用力为  $F$ ,不计空气阻力,取向上为正方向,则在碰撞过程中 ( )

- A. 重力的冲量为  $mg\left(\sqrt{\frac{2h}{g}} + \Delta t\right)$
- B. 地面对小球的冲量为  $F\Delta t$
- C. 合力的冲量为  $(mg - F)\Delta t$
- D. 合力的冲量为  $(mg + F)\Delta t$

3. 将质量为  $m$  的物体以速度  $v$  沿与水平方向成  $30^\circ$  角的方向斜向上抛出.从抛出到升至最高点的过程中,物体所受冲量的大小是\_\_\_\_\_,方向是\_\_\_\_\_.到达最高点时,动量的大小是\_\_\_\_\_,方向是\_\_\_\_\_.

4. 放在水平桌面上的物体质量为  $m \text{ kg}$ ,用一个  $F \text{ N}$  的水平推力推它  $t \text{ s}$ ,物体始终保持静止,则力  $F$  的冲量是\_\_\_\_\_  $\text{N} \cdot \text{s}$ ,合外力的冲量是\_\_\_\_\_.

## 动量与动量的变化

5. 对于任何运动物体(如汽车),用不变的力制动使它停下来,所需要的时间决定于物体的 ( )

- A. 速度 B. 加速度 C. 动量 D. 质量

6. 质量为1 kg的物体,当其速率由3 m/s变为4 m/s时,它的动量增量的大小不可能是 ( )

- A.  $1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$  B.  $5 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
- C.  $7 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$  D.  $9 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

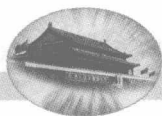
7. 在地面上方  $h$  高处,分别以速率  $v$  竖直向上和竖直向下抛出两个小球,小球着地时的动量相对于抛出时的动量变化量应是 ( )

- A. 大小、方向均相同 B. 大小相同,方向不同
- C. 大小不同,方向相同 D. 大小、方向均不同

8. 下列运动中,在任何相等的时间内物体的动量变化完全相同的是 ( )

- A. 不计空气阻力的竖直上抛运动
- B. 不计空气阻力的平抛运动
- C. 匀速圆周运动
- D. 匀速直线运动

9. 质量为150 g的皮球从离地5 m处自由下落,触地后反弹到离地3.2 m高处被接住,皮球在与地面相碰过程中的动量变化大小为\_\_\_\_\_,方向为\_\_\_\_\_. ( $g$ 取  $10 \text{ m/s}^2$ )



## 综合创新训练

登高望远 ★ 课外拓展

学习  
札记

## 创新应用

10. 一个质量为  $0.05 \text{ kg}$  的网球, 以  $20 \text{ m/s}$  的水平速度飞向球拍, 被球拍打击后, 反向水平飞回, 飞回的速度大小也为  $20 \text{ m/s}$ , 设网球被打击前的动量为  $p$ , 被打击后的动量为  $p'$ , 取打击后飞回的方向为正方向, 关于球拍的动量的表示, 下列各项正确的是: ( )

- A.  $p = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}, p' = -1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$   
 B.  $p = -1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}, p' = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$   
 C.  $p = -1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}, p' = -1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$   
 D.  $p' - p = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s} - (-1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}) = 2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

11. 在船上的人和船的总质量为  $200 \text{ kg}$ , 人拉拴在另一质量是  $100 \text{ kg}$  的船上的绳, 拉力恒为  $50 \text{ N}$ , 问:

(1) 两船从静止启动,  $8 \text{ s}$  后两船的速度各为多大?

(2) 此时两船的总动量为多大? (不计水的阻力)

## 开放探索

12. 如图 8-1-3 所示, 质量为  $m$  的小球以初速  $v_0$  做平抛运动, 经过一段时间  $t$  后, 速度方向与水平方向的夹角为  $45^\circ$ , 求:

- (1)  $t \text{ s}$  末物体的动量大小与方向.

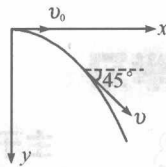


图 8-1-3

- (2) 在这一过程中小球动量的改变量.

## 探究学习

联系生活 ★ 能力提升

## 关于变力的冲量

公式  $I = Ft$  只适用于恒力冲量的计算, 对于变力, 动量定理中的力应当理解为变力作用时间内的平均值, 如果力的方向不变, 而大小随时间线性变化, 则可用  $\bar{F} = \frac{F_0 + F_1}{2}$  等效代替式中的  $F$ , 从而进行冲量的计算.

而在许多情况下, 外力的变化并非线性的. 例如用球棒击垒球、用铁锤钉钉子时, 球棒对垒球、铁锤对钉子的作用力就是变力, 这些力的作用时间很短, 在这极短的时间内, 力先是急剧增大, 然后又急剧地减小为零, 其大

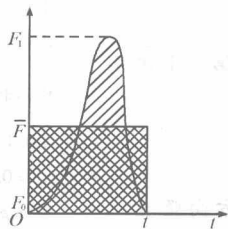
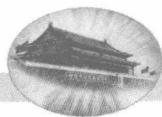


图 8-1-4

小变化情况如图 8-1-4 所示, 在这种情况下, 如果力的方向不变, 则力在  $0-t$  时间内的冲量大小在数值上等于图中曲线下方画有斜线图形的面积, 方向与力的方向一致. 现可设想一恒力  $F$ , 它在  $0-t$  时间内的冲量与变力  $F$  在该段时间内的冲量相等, 则这个恒力即变力  $F$  在  $0-t$  内的平均值, 从图象看,  $F$  可用一行于  $t$  轴的直线来表示, 直线下方打网线的矩形面积与画斜线的图形面积相等.



## 第八章

## 第2节 动量定理



## 自主学习



## 主干知识 ←提前预习 勤于归纳→

认真阅读教材,完成下列各题

1. 物体所受合外力的冲量等于\_\_\_\_\_叫动量定理,其表达式为\_\_\_\_\_.
2. 根据公式  $F = \frac{(p' - p)}{t}$  可知,如果一个物体的动量变化  $(p' - p)$  是一定的,那么,它受力作用的时间越短,这个力就\_\_\_\_\_,力作用的时间越长,这个力就\_\_\_\_\_.
3. 两辆汽车以相同的动量行驶,质量之比为 3:1,遇紧急情况刹车,若所受阻力相等,则停下来所需时间之比为\_\_\_\_\_;若与地面的动摩擦因数相等,则停下来所需时间之比为\_\_\_\_\_.

## 点击思维 ←温故知新 查漏补缺→

1. 从同一高度落下的鸡蛋掉在水泥地面上易碎,而掉在厚海绵上不碎,这是为什么?
2. 质量为 0.5 kg 的足球在以 10 m/s 速度飞行时,被运动员水平踢回,若足球反向飞回的速度大小为 20 m/s,则足球受到冲量的大小为\_\_\_\_\_.



## 名师导学



## 典例分析

抓住重点 ★ 举一反三

**例 1** 质量为 0.5 kg 的弹性小球,从 1.25 m 高处自由下落,与地板碰撞反回跳高度为 0.8 m,设碰撞时间为 0.1 s,取  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,求小球对地板的平均冲力.

**思路分析:** 分析物体在碰撞前后的动量,应用动量定理求出地板的平均冲力.

**解:** 方法一:分段处理,取小球为研究对象,根据物体做自由落体和竖直上抛运动,可知:

碰撞前的速度:  $v_1 = \sqrt{2gh_1} = 5 \text{ m/s}$ ,方向向下

碰撞后的速度:  $v_2 = \sqrt{2gh_2} = 4 \text{ m/s}$ ,方向向上

碰撞时小球受力情况如图 8-2-1 所示,  $F_N$  为地板对小球的平均冲力,取竖直向上为正方向,根据动量定理:  $(F_N$

$$-mg)t = mv_2 - mv_1$$

$$\text{则 } F_N = \frac{mv_2 - mv_1}{t} + mg = \frac{0.5 \times [4 - (-5)]}{0.1} + 0.5 \times 10 = 50 \text{ (N)}$$

由牛顿第三定律可知,小球对地板的平均冲力大小为 50 N,方向竖直向下.

若取竖直向下为正方向,根据动量定理:  $(F_N - mg)t = mv_2 - mv_1$

$$F_N = mg + \frac{mv_2 - mv_1}{t} = -0.5 \times 10 + \frac{0.5 \times [(-4) - 5]}{0.1} = -50 \text{ (N)}$$

,方向竖直向上.

同理由牛顿第三定律可知,小球对地板的平均冲力大小为 50 N,方向竖直向下.

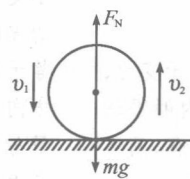


图 8-2-1

## 规律总结

善于总结 ★ 触类旁通

## 1 方法点拨: (易错点点拨)

应用动量守恒定律,首先要规定正方向,根据正方向列出相应形式的方程,物体的动量,动量的变化都是矢量,在运算上容易出错.同时还要注意动量定理应用在哪个过程,要分清该过程的初、末状态.

请同学们看下面第二种解法,和第一种解法做一个比较.

方法二:全程处理,以开始下落瞬间为初状态,反弹到最大高度时为末状态,重力

$$\text{作用时间 } t = \sqrt{\frac{2h_1}{g}} + t_{\text{碰}} + \sqrt{\frac{2h_2}{g}} = 0.5$$

$$+ 0.1 + 0.4 = 1 \text{ (s)}. \text{ 平均冲力作用时间 } t_{\text{碰}} = 0.1 \text{ s, 取向下为正方向,根据动量定理: } mgt - F_N \cdot t_{\text{碰}} = 0$$

$$F_N = \frac{0.5 \times 10 \times 1}{0.1} = 50 \text{ (N)}, \text{ 方向竖直向上.}$$

由牛顿第三定律可知,小球对地板的平均冲力大小为 50 N,方向竖直向下.

可见两种方法中,用全程处理更为简便.

## (误区点拨)

应用动量定理时,要注意到方向的一致性,如例 1,变式引申中,平抛运动落地时

## 变式引申:

若小球从 1.25 m 高处以  $v_0 = 3 \text{ m/s}$  速度水平抛出与地板碰撞后回跳高度为 0.8 m,碰撞时间仍为 0.1 s,不计空气阻力时地面对小球平均冲力的竖直分量为



多少?

**思路分析:** 动量定理为矢量方程,应用动量定理在竖直方向的分量式求解.

解:取小球为研究对象,取竖直向上为正方向

则有:  $(F_y - mg)t = mv_y' - mv_y$

$$v_y = v_1 = \sqrt{2gh_1} = -5 \text{ m/s} \quad v_y' = v_2 = \sqrt{2gh_2} = 4 \text{ m/s}$$

代入求得  $F_y = 50 \text{ N}$ , 方向竖直向上

错解: 因为  $(\bar{F} - mg)t = mv' - mv$

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2gh_1} = 6 \text{ m/s} \quad v' = \sqrt{2gh_2} = 4 \text{ m/s} \quad \text{故 } \bar{F} = 55 \text{ N}$$

**例2** 长 1.8 m 的细绳悬挂着质量为 2 kg 的小球,另一端系在离地高 3.6 m 的天花板上,现将小球从贴着天花板开始自由下落,在细绳被拉直一瞬间绳断裂,接着小球竖直下落到地面上,全过程历时 1.2 s. 已知小球刚着地时速度大小为 6.5 m/s,不计空气阻力,取  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,求:

(1) 细绳刚断裂时小球的速度.

(2) 在细绳被拉断的过程中,绳子受到的平均作用力.

**解析:** (1) 对小球自由下落过程,由自由落体公式  $h = \frac{1}{2}gt^2$  得

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 1.8}{10}} \text{ s} = 0.6 \text{ s}$$

绳子断裂后,小球竖直向下做匀加速运动. 设绳子断裂瞬间小球速度为  $v$ , 小球着地时速度为  $v'$ , 则由公式  $v'^2 - v^2 = 2gh'$  得

$$v = \sqrt{v'^2 - 2gh'} = \sqrt{6.5^2 - 2 \times 10 \times (3.6 - 1.8)} \text{ m/s} = 2.5 \text{ m/s}$$

(2) 设小球从绳子断裂到落地所用时间为  $t'$ , 由  $v' - v = gt'$  得

$$t' = \frac{v' - v}{g} = \frac{6.5 - 2.5}{10} \text{ s} = 0.4 \text{ s}$$

则从细绳拉直到断裂历时  $\Delta t = t_{\text{总}} - t - t' = (1.2 - 0.6 - 0.4) \text{ s} = 0.2 \text{ s}$

又细绳刚拉直时小球速度  $v_0 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 1.8} = 6 \text{ m/s}$

对绳拉直过程,球受到竖直向下的重力  $G$  和竖直向上的绳的拉力  $\bar{F}$  的作用,取竖直向上为正方向,由动量定理有  $(\bar{F} - mg)\Delta t = mv - mv_0$

$$\bar{F} = \frac{mv - mv_0}{\Delta t} + mg = \frac{2 \times (-2.5) - 2 \times (-6)}{0.2} \text{ N} + 2 \times 10 \text{ N} = 55 \text{ N}$$

方向竖直向上. 由牛顿第三定律,绳子受到的平均作用力  $\bar{F}' = \bar{F} = 55 \text{ N}$ , 方向竖直向下.

速度方向是斜向下的,不能用它来求小球所受的竖直冲力.

## 2 方法点拨:

本题有三个物理过程,第一个过程是自由下落过程,第二个过程细绳从拉直到断裂过程,第三个过程是匀加速下落过程,分析各过程的特点及初末状态,是解决本题的关键.

## (误区点拨)

本题为多过程问题,在求解过程中应注意分析各过程运动的性质,运用不同的规律求解. 求短暂过程中平均作用力,一般优先考虑用动量定理求解,题中细绳绷紧过程的初、末状态的确定及作用时间的判断是本题中最易出错的地方.



## 基础能力训练

回归教材 ★ 注重基础

1. 质量为 10 kg 的物体,原来以 10 m/s 的速度做匀速直线运动,后来受到一个恒力的作用,作用 4 s 后,速度变为 -2 m/s. 那么,物体所受恒力的冲量为 \_\_\_\_\_ N · s.
2. 物体沿如图 8-2-2 所示的轨道运动,它运动到 a 点时的速度为  $v$ ,运动到 b 点时的速度为  $3v$ ,已知物体的质量为  $m$ . 试求物体由 a 点运动到 b 点,这段时间内物体所受合外力的冲量的大小为 \_\_\_\_\_,方向为 \_\_\_\_\_.



图 8-2-2

3. 如图 8-2-3 所示,将质量为  $m = 20 \text{ kg}$  的物体以水平拉力  $F = 10 \text{ N}$  由 A 匀速拉到 B,历时 5 s,到 B 后即撤去拉力,又经 5 s 物体停在 C 点,则物体做匀速运动的速度大小为 \_\_\_\_\_.
4. 据报道,苏梅克-列维 9 号彗星(已分裂成若干碎块)与木星相撞时,彗星碰撞后发生巨大爆炸,并与木星融为一体. 假设其中一块质量为  $1.0 \times 10^{12} \text{ kg}$ ,它相对于木星的速度为  $6.0 \times 10^4 \text{ m/s}$ ,在这块彗星与木星碰撞的过程中,它对木星的冲量是 \_\_\_\_\_. (木星质量远大于彗星质量)

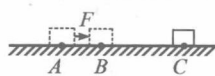


图 8-2-3

学习札记



## 学习札记

5. 对一定质量的物体,施加很大的作用力,则下面说法正确的是 ( )

A. 物体的加速度一定大  
B. 物体的速度一定大  
C. 物体的动量变化一定大  
D. 物体的动量变化率一定大

6. 质量相等的两个物体  $P$  和  $Q$ , 并排静止放在光滑的水平面上, 现用一水平恒力  $F$  推  $P$  物体, 同时与恒力  $F$  同方向给  $Q$  物一个瞬时冲量  $I$ , 使两物体开始运动, 当两个物体重新相遇时, 所经历的时间为 ( )

A.  $\frac{I}{F}$     B.  $\frac{2I}{F}$     C.  $\frac{2F}{I}$     D.  $\frac{F}{I}$

7. 如图 8-2-4 所示, 平面上叠放着木块  $A$ 、 $B$ , 轻推木块  $B$ ,  $A$  会跟着一起动, 若猛击一下木块  $B$ ,  $A$  就不会跟着一起动, 这说明 ( )

A. 轻推木块  $B$  时,  $B$  给  $A$  的冲量小  
B. 轻推木块  $B$  时,  $B$  给  $A$  的冲量大  
C. 猛击木块  $B$  时,  $B$  给  $A$  的冲量小  
D. 猛击木块  $B$  时,  $B$  给  $A$  的冲量大

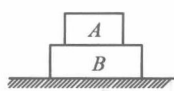


图 8-2-4

8. 如图 8-2-5 所示, 绳  $OA$  长为  $L$ ,  $O$  点固定,  $A$  端拴一个质量为  $m$  的小球, 当小球从水平位置摆向最低点  $B$  的过程中 ( )

A. 绳拉力对小球的冲量为零  
B. 绳拉力对小球的冲量不为零  
C. 重力对小球的冲量大小为  $m\sqrt{2gL}$   
D. 绳拉力对小球的冲量方向竖直向上

图 8-2-5

9. 质量为  $60\text{ kg}$  的建筑工人, 不慎从高空跌下, 由于弹性安全带的保护, 使他被悬挂起来, 已知弹性安全带缓冲时间为  $1.2\text{ s}$ , 安全带的长度为  $5\text{ m}$ ,  $g$  取  $10\text{ m/s}^2$ , 求安全带受的平均冲力是多大?



## 综合创新训练

## 创新应用

10. 宇宙飞船以  $v_0 = 10^4\text{ m/s}$  的速度进入分布均匀的宇宙微粒尘区, 飞船每前进  $s = 10^3\text{ m}$ , 要与  $n = 10^4$  个微粒相碰, 假如每一个微粒的质量  $m = 2 \times 10^{-6}\text{ kg}$ , 与飞船相碰后附在飞船上, 为了使飞船的速度保持不变, 飞船的牵引力应为多大?

11. 一场雨的降雨量为 2 小时内  $7.2\text{ cm}$  积水高, 设雨滴落地时的速度相当于它从  $61.25\text{ m}$  高处自由下落时获得的速度, 取  $g = 10\text{ m/s}^2$ , 求雨落地时对每平方米地面产生的平均压力为多大?

## 开放探索

12. 质量为  $M$  的金属块和质量为  $m$  的木块通过细线系在一起, 从静止开始以加速度  $a$  在水中下沉, 经过时间  $t$  线断了, 金属块和木块分开, 如图 8-2-6 所示, 再经过时间  $t'$ , 木块停止下沉, 此时金属块的速度多大? (设此时金属块还没有碰到底面)

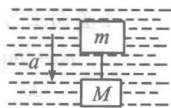
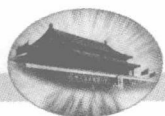


图 8-2-6



## 探究学习

联系生活 ★ 能力提升

学习札记

## 惊呼后的断想

据报载: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“鸽式”战斗机在威尔士地区上空与一只秃鹰相撞,飞机坠毁,飞行员弹射逃生。小小的飞禽何以能撞毁飞机这样的庞然大物?下面我们通过简要计算来说明这一问题。

设:鸟的质量  $m = 1.0 \text{ kg}$ , 鸟的身长  $L = 15 \text{ cm}$  (除去毛), 鸟与飞机相撞面积  $S = 0.01 \text{ m}^2$ , 相撞前鸟的速度约为零 (因远小于飞机速度), 相撞后其速度与飞机相同, 飞机飞行速度  $v = 600 \text{ m/s}$  (现代超音速飞机的飞行速度是声速的二到三倍), 因飞机质量  $M \gg m$ , 故相撞过程中飞机速度不变, 因此, 撞击时间  $t = \frac{L}{v} =$

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

取鸟为研究对象, 因撞击时间极短, 因此可认为撞击时间内, 鸟受到飞机对它的撞击力为  $F$ . 根据动量定理可得:

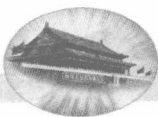
$$F \cdot t = mv_t - mv_0$$

$$F = (mv_t - mv_0) / t = 1.0 \times 600 / 2.5 \times 10^{-4} \text{ N} = 2.4 \times 10^6 \text{ N}.$$

这里所求出的撞击力  $F$ , 实际上只是撞击时间内的平均值, 可近似认为撞击力的峰值  $F_m = 2F = 4.8 \times 10^6 \text{ N}$ .

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表面产生的压强  $P = F/S = 4.8 \times 10^6 / 0.01 \text{ Pa} = 4.8 \times 10^8 \text{ Pa}$ , 这样巨大的压强造成机毁鸟亡的结果就毫不稀奇了。

读完鸟撞飞机, 使我们联想到悬于我们头上的那些太空垃圾——人类发射的火箭抛弃在太空的碎片和零部件、卫星由于爆炸或故障而抛撒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  $v = 6 \text{ km/s}$  与迎面等速而来的宇航员相撞, 其撞击力的平均值  $F = 7.2 \times 10^7 \text{ N}$ ). 虽然至今为止, 还未发生大的灾难, 但已发现, 美国航天飞机的玻璃窗和航天飞机的外壳有被细小的金属微粒和卫星涂料的碎片擦碰的痕迹。1991年9月, 美国“发现号”航天飞机距前苏联火箭残骸特别近时, 为避免灾难性的相撞, 不得不改变运行轨道。因此, 现在越来越多的人呼吁“尽早找出治理宇宙空间垃圾的方法”。



## 第八章

## 第3节 动量守恒定律



## 自主学习



## 主干知识 ←提前预习 勤于归纳→

认真阅读教材,完成下列各题

- 选定的,有\_\_\_\_\_的物体通常称为系统.
- 系统中,\_\_\_\_\_的相互作用力称为内力. \_\_\_\_\_对系统中物体的作用力叫做外力.
- 动量守恒定律.
  - 内容:一个系统\_\_\_\_\_或者\_\_\_\_\_,这个系统的总动量\_\_\_\_\_.
  - 表达式:\_\_\_\_\_.
  - 适用条件:系统\_\_\_\_\_或者\_\_\_\_\_.
  - 适用范围:动量守恒定律是自然界\_\_\_\_\_适用的基本规律之一,它既适用于宏观、低速物体,也适用于微观、高速物体.
- 质量为 2 g 的子弹以 500 m/s 的速度水平射入质量为 1 kg 的静止的光滑水平面上的物体,子弹从物体中穿出的速度减为 100 m/s,此时物体的速度为\_\_\_\_\_m/s;以子弹初速度方向为正方向,则子弹受到的冲量为\_\_\_\_\_N·s,木块受到的冲量为\_\_\_\_\_N·s.
- 在光滑水平面上,质量分别为 0.4 kg 和 0.2 kg 的两个物体分别以 4 m/s 和 2 m/s 的速度相向运动,碰后两物体粘在一起,则它们共同的速度大小为\_\_\_\_\_m/s.
- 两个小球在光滑的水平面上沿同一条直线相向运动,发生正碰. 碰后两个小球都静止下来,于是可以肯定两个小球在碰撞前一定是具有\_\_\_\_\_.

## 点击思维 ←温故知新 查漏补缺→

- 一辆平板车静止在光滑的水平面上,车上一个人(原来也静止)用大锤敲打车的左端如图 8-3-1 所示,在锤的连续敲打下,这辆平板车将( )
  - 左右振动
  - 向左运动
  - 向右运动
  - 静止不动
- 下面关于动量守恒的判断中,正确的是( )
  - 静止于水面的两船间用绳相连,船上的人用力拉绳子,两船靠近,如果两船所受阻力可忽略,则两船和人组成的系统动量必守恒
  - 两球在光滑的水平面上相向运动,发生碰撞后,两球都静止,则两球组成的系统的动量不守恒
  - 水平飞行的子弹击中并穿过放在水平桌面上的木块,由于子弹对木块的作用力远大于桌面对木块的摩擦力,因此子弹击中木块的过程中,子弹、木块组成的系统动量守恒
  - 斜面置于光滑的水平面上,物体沿光滑斜面下滑,则物体与斜面组成的系统动量守恒

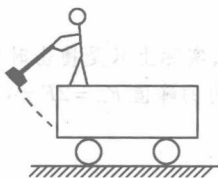


图 8-3-1



## 名师导学



## 典例分析

抓住重点 ★ 举一反三

**例 1** 一质量  $m_A = 0.2 \text{ kg}$ , 沿光滑水平面以速度  $v_A = 5 \text{ m/s}$  运动的物体 A 撞上静止于该水平面上质量  $m_B = 0.5 \text{ kg}$  的物体 B. 若碰撞前后, 两物体运动方向始终在同一直线上, 且撞后物体 A 的速度大小为 1 m/s, 求撞后物体 B 的速度大小是多少?

**思路分析:** 物体 A、B 在光滑的平面上, 当物体 A 撞击物体 B 的过程中, 只有 AB 间的相互作用, 没有其他力的作用, 在水平向上系统的动量守恒.

**解:** A、B 两物体在碰撞过程中, 动量守恒, 因 A 的质量小于 B 的质量, 所以撞后 A 的速度方向可以向前, 也可以向后, 当撞后 A 的速度仍向前时, 由动量守恒定律有:  $m_A v_A = m_A v'_A + m_B v'_B$



## 规律总结

善于总结 ★ 触类旁通

- 方法点拨:** 分析相互作用的物体是否满足动量守恒的条件时, 一定要分清内力和外力. 在同一物理过程中, 系统的动量是否守恒, 与系统的选取密切相关, 因此在运用动量守恒定律解题时, 一定要明确在哪一过程中哪些物体组成的系统动量守恒.



即  $0.2 \times 5 = 0.2 \times 1 + 0.5v'_B$   $\therefore v'_B = 1.6 \text{ m/s}$

当撞后  $A$  的速度方向与原来相反时,有

$0.2 \times 5 = -0.2 \times 1 + 0.5 \cdot v'_B$   $\therefore v'_B = 2.4 \text{ m/s}$

即撞后  $B$  的速度为  $1.6 \text{ m/s}$  或  $2.4 \text{ m/s}$ .

**例2** 甲、乙两人均以  $2 \text{ m/s}$  的速度在冰上相向滑行,  $m_{\text{甲}} = 50 \text{ kg}$ ,  $m_{\text{乙}} = 52 \text{ kg}$ , 甲拿着一个质量  $\Delta m = 2 \text{ kg}$  的小球, 当甲将球传给乙, 乙再传给甲, 这样传球若干次后, 乙的速度变为零, 求甲的速度.

**思路分析:** 对于甲、乙和小球三者组成的系统, 在小球传递的过程中, 不受其他外力的作用系统动量守恒. 在这里我们只需考虑初末状态即可.

**解:** 在水平方向上甲、乙球间相互作用, 没有其他外力作用, 在水平方向上系统动量守恒,  $(m_{\text{甲}} + \Delta m)v - m_{\text{乙}} \cdot v = (m_{\text{甲}} + \Delta m) \cdot v_{\text{甲}}$

$$\therefore v_{\text{甲}} = \frac{(m_{\text{甲}} + \Delta m - m_{\text{乙}}) \cdot v}{m_{\text{甲}} + \Delta m} = 0$$

**错解:** 甲、乙两人原来的总动量为:  $50 \times 2 - 52 \times 2 = -4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

当球传若干次后乙的速度为零, 故乙的动量为零, 这时球在甲的手中, 设甲的速度为  $v_{\text{甲}}$ , 甲和乙 (包括球) 的总动量与原来总动量相等:

$$m_{\text{甲}} \cdot v_0 - m_{\text{乙}} \cdot v_0 = (m_{\text{甲}} + \Delta m)v_{\text{甲}} \quad v_{\text{甲}} = -\frac{4}{52} = -\frac{1}{13} (\text{m/s})$$

**错解分析:** 小球开始时在甲的手中与甲有相同的速度, 因而初态时动量应包含小球的.

**例3** 试在下述简化情况下由牛顿定律导出动量守恒定律的表达式, 系统是两个质点, 相互作用力是恒力, 不受其他力, 沿直线运动. 要求说明推导过程和每步的根据, 以及式中各符号和最后结果中各项的意义.

**思路分析:** 由  $F = ma$  推导出  $m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'$  的表达式.

**解:** 令  $m_1$  和  $m_2$  分别表示两质点的质量,  $F_1$  和  $F_2$  分别表示它们所受的作用力,  $a_1$  和  $a_2$  分别表示它们的加速度,  $t_1$  和  $t_2$  分别表示  $F_1$  和  $F_2$  作用的时间,  $v_1$  和  $v_2$  分别表示它们相互作用过程中的初速度,  $v_1'$  和  $v_2'$  分别表示末速度.

根据牛顿第二定律有  $F_1 = m_1a_1$   $F_2 = m_2a_2$

由加速度定义可知  $a_1 = \frac{v_1' - v_1}{t_1}$   $a_2 = \frac{v_2' - v_2}{t_2}$

将②式代入①式得  $F_1t_1 = m_1(v_1' - v_1)$   $F_2t_2 = m_2(v_2' - v_2)$

根据牛顿第三定律, 可知  $F_1 = -F_2$   $t_1 = t_2$

由③、④可得  $m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'$

其中  $m_1v_1$ 、 $m_2v_2$  为两质点的初动量,  $m_1v_1'$  和  $m_2v_2'$  为两质点的末动量, 这就是动量守恒定律的表达式.

**2 方法点拨:** (易错点拨)

动量守恒定律, 不考虑作用的中间过程, 只考虑要分析的两个状态下的动量, 动量守恒是一状态下的总动量与另一状态下的总动量相等.

(误区点拨)

要想应用动量守恒定律准确、快捷的列出方程, 应注意: ①速度的矢量性; ②速度的瞬时性; ③速度的同一性, 即定律中所有速度都是相对同一惯性参照系而言; ④速度的同时性, 即等式两边的速度分别为同一时刻的速度.

**3 方法点拨:** (误区点拨)

本题为 1999 年全国高考题. 本题知识点有牛顿第二、三定律, 加速度定义, 动量守恒定律内容. 主要考查学生的推理能力, 要求考生推导时要以物理概念、规律和事实为依据, 思维过程合乎逻辑, 推导严密. 这类问题最常见的失误在于推导过程中依据不明确、过程不严密. 如: 不写明依据的规律、所用字母的意义及推导结果的物理意义.

①

②

③

④



## 基础能力训练

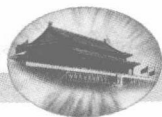
回归教材 ★ 注重基础

- 下列说法中违反动量守恒定律的是 ( )
  - 两运动物体  $A$  和  $B$  相碰后合为一体,  $A$  减少的动量等于  $B$  增加的动量
  - 质量相等的两物体以相同速率相向运动, 作正碰后以原来的速率分开
  - 质量不相等的两个物体, 以相同的速率相向运动, 作正碰后以某一相同的速率向同一个方向运动
  - 质量不相等的两个物体, 以相同的速率相向运动, 作正碰后各以原来的速率分开
- 甲、乙两船漂浮在静止的水面, 甲船上的人通过轻

绳牵引乙船, 水的阻力不计, 在乙船靠近甲船的过程中 ( )

- 两船的位移大小相同
  - 两船受的冲量大小相同
  - 两船的动量大小相同
  - 两船的末速度大小相同
- 在光滑水平面上停着一辆平板车, 车左端站着一个大, 右端站着一个小, 此时平板车静止. 在成人和小孩相向运动而交换位置的过程中, 平板车的运动情况应该是 ( )

学习札记



## 学习札记

- A. 向右运动      B. 向左运动  
C. 停止      D. 上述三种都可能
4. 甲、乙两人站在光滑的水平冰面上, 他们的质量都是  $M$ , 甲手持一个质量为  $m$  的球, 现甲把球以地对地  $v$  的速度传给乙, 乙接球后又以地对地  $2v$  的速度把球传回甲, 甲接到球后甲、乙两人的速度大小之比为 ( )

- A.  $\frac{2M}{M-m}$       B.  $\frac{M+m}{M}$   
C.  $\frac{2(M+m)}{3M}$       D.  $\frac{M}{M+m}$

5. 小平板车  $A$  静止在光滑水平面上, 木块  $B$  以水平速度  $v_0$  自小车右端滑向左端, 如图 8-3-2 所示. 由于木块与车之间存在摩擦, 所以木块滑上车后开始做减速运动, 车开始做加速运动. 若车足够长, 则车的速度达到最大值应发生在 ( )
- A. 木块速度最小时  
B. 木块在车上停止相对滑动时  
C. 车和木块的速度相同时  
D. 车开始做匀速直线运动时

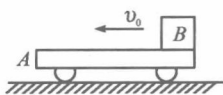


图 8-3-2

6. 质量为  $m_1$  的气球, 气球下面吊一根轻绳, 绳上有一质量为  $m_2$  的人抓着绳子 ( $m_1$  中不包括  $m_2$ ), 开始时气球和人停在高为  $H$  的空中不动. 若此人想沿这条绳子滑下而且安全到达地面, 此绳子的长度不能小于 \_\_\_\_\_.

7. 如图 8-3-3 所示, 质量为  $1 \text{ kg}$  的铜块静止于光滑的水平面上, 一颗质量为  $50 \text{ g}$  的子弹以  $1000 \text{ m/s}$  的速率碰到铜块后, 又以  $800 \text{ m/s}$  的速率被弹回, 则铜块获得的速率为 \_\_\_\_\_  $\text{m/s}$ .

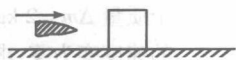


图 8-3-3

8. 如图 8-3-4 所示, 在光滑的水平面上有两块并列放置的木块  $A$  和  $B$ , 已知  $A$ 、 $B$  的质量分别是  $500 \text{ g}$  和  $300 \text{ g}$ . 今有质量为  $80 \text{ g}$  的小钢块  $C$  (质点) 以  $25 \text{ m/s}$  的水平速度滑上  $A$  的上表面, 由于  $C$  与  $A$ 、 $B$  的上表面有摩擦. 钢块  $C$  最后停在  $B$  上,  $C$  和  $B$  一起以  $2.5 \text{ m/s}$  的速度共同前进. 求:

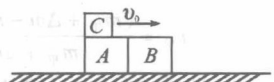


图 8-3-4

- (1) 木块  $A$  最后的速度.  
(2)  $C$  在离开  $A$  时的速度.



## 综合创新训练

## 创新应用

9. 如图 8-3-5 所示, 如果悬挂球的绳子能承受的最大拉力  $F_m = 10 \text{ N}$ , 球质量  $m = 0.5 \text{ kg}$ ,  $L = 0.3 \text{ m}$ , 锤头质量  $M = 0.857 \text{ kg}$ , 如果锤沿水平方向打击球  $m$ , 锤头速率多大时才能把绳子打断? (设  $m$  原来静止, 打击后锤头静止,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

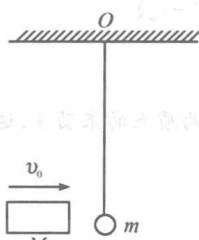


图 8-3-5

## 开放探索

10. 把一个质量  $m = 0.2 \text{ kg}$  的小球放在高度  $h = 5.0 \text{ m}$  的直杆的顶端 (如图 8-3-6), 一颗质量  $m' = 0.01 \text{ kg}$  的子弹以  $v_0 = 500 \text{ m/s}$  的速度沿水平方向击中小球, 并穿过球心. 小球落地处离杆的距离  $s = 20 \text{ m}$ . 求子弹落地处离杆的距离.

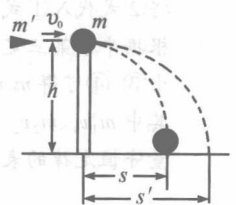


图 8-3-6

## 探究学习

联系生活 ★ 能力提升

## 动量守恒定律的一个重要结论及应用

牛顿定律告诉我们一个物体所受合外力为零,则其质心(即质量中心,一般认为与重心重合)就保持静止或匀速直线运动状态不变,由此可推广到物体系统上去,一个系统所受合外力为零,尽管其内力发生相互作用,各物体运动状态不同,但系统的质心应保持静止或匀速直线运动状态不变。

当一个系统受到合外力为0时,系统的总动量守恒,系统重心的速度将保持不变。若系统在某一方向上受到的合外力为0,则系统在该方向上的动量守恒,系统的重心在这一方向上的速度不变,这是关于动量守恒的一个重要结论。用这一结论去解决某些问题,会变得十分简便。

【例1】如图8-3-7所示,光滑的木板AB水平放置,左端用一光滑铰链固定在墙上,右端用一轻绳挂在天花板,板上放着木块M和m, M和m之间用轻弹簧相连接,开始,弹

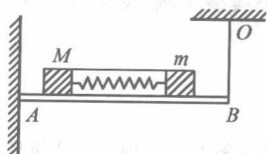


图8-3-7

簧被压缩, M和m之间用细绳拉住,并处于静止状态。细绳剪断后, M和m在板上来回振动。问细线OB的拉力将如何变化?

【思路点拨】M和m组成的系统满足动量守恒条件,因为系统原来处于静止状态,重心速度为0,虽然后来M和m都做来回振动,但系统的重心速度仍然为0,重心位置不变,故M和m对木板的作用力所产生的对A点的总力矩不变,所以细线OB的拉力也不会变化。

【例2】如图8-3-8所示,质量为m的小孩站在质量为M的小车的右端,处于静止状态,已知车的长度为l,则当小孩走到小车的左端时,小车将向右移动多少距离?(忽略小车运动时受到的阻力)

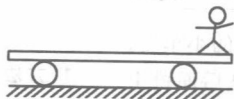


图8-3-8

【思路点拨】如图8

-3-9所示,设小车的重心在a线上,人的重心原来是在b线上,系统的重心在c线上, a、c的间距为x,则有  $Mgx = mg(l/2 - x)$ , 所以  $x = \frac{m}{2(M+m)}l$ 。因为系

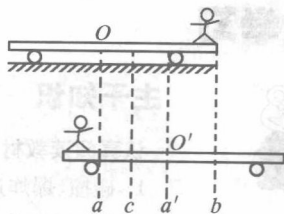


图8-3-9

统原来静止,受到的合外力为0,则系统重心的速度为0,重心位置没有移动,人走到小车的左端时,根据对称性,车的重心将向右移动到a'处,移动的距离  $s = 2x = \frac{m}{M+m}l$ 。

【例3】图8-3-10是表示质量为M的密闭气缸置于光滑水平面上,缸内设一隔板P,隔板右是真空,隔板左是质量为m的高压气体,若将隔板突然抽去,则气缸的运动情况是

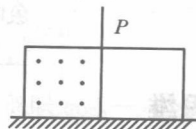


图8-3-10

- ( )
- A. 保持静止不动
  - B. 向左移动一定距离后回复静止
  - C. 向左移动一定距离后继而做匀速直线运动
  - D. 先向左移动,后向右移动回到原来位置

【思路点拨】抽去隔板前后,系统所受合外力皆为0,因此系统合质心位置始终保持不变,抽去隔板以后,气体向右扩散,气体质心右移,为保持系统合质心位置不变,气缸质心必左移,当整个气缸充满了气体而停止扩散时,气缸也就停止了向左的移动而静止。