



教材全析

“春雨奖学计划”指定用书

· 配国标人教版 ·



物理

选修 3-5

总主编 严 军 本册主编 吴绍光

WULI

中国少年儿童新闻出版总社
中国少年儿童出版社



教材全析

“春雨奖学金计划”指定用书

· 配国标人教版 ·

物理

选修 3-5

总 主 编 严 军

本册主编 吴绍光

撰 稿 陈以超

图书在版编目(CIP)数据

金四导. 高中物理. 3-5: 选修/严军主编. 北京: 中国少年儿童出版社, 2009. 10

ISBN 978-7-5007-8959-8

I. 金… II. 严… 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(2008)第 066126 号



配国标人教版

“春雨奖学金计划”指定用书

金四导·教材全析

物 理

选修 3-5

出版发行: 中国少年儿童新闻出版总社

中国少年儿童出版社

出版人: 李学谦

执行出版人: 赵恒峰

总主编: 严 军

主 编: 吴绍光

责任编辑: 赵海力

责任校对: 吉海燕

封面设计: 春雨教育编辑部

美术编辑: 周建明

责任印务: 李建国

地 址: 北京市东四十二条 21 号

电 话: 010-64132053

E-mail: dakaiming@sina.com

邮政编码: 100708

传 真: 010-64132053

印刷: 郑州文华印务有限公司

经销: 新华书店

开本: 880 × 1230 1/16

印张: 70

2009 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

字数: 1680 千字

印数: 7000 册

ISBN 978-7-5007-8959-8/G · 6486

定价: 119.00 元(共 7 册)

图书若有印装问题, 请及时向印务部联系退换。

版权所有, 侵权必究。

09-5525

换个方向突围



18世纪末，英国著名医生琴纳忙于解决天花这个难题。他研究了许多病例，仍然没有找到可行的治疗办法。后来，他把思路放到了那些未染上此病的人身上。最后，他从挤奶女工手上提取了微量的牛痘疫苗，接种到一位8岁男孩的胳膊上。一个月后的试验结果证明：琴纳找到了抵御天花的武器。

日本东京三叶咖啡屋有一段时间生意清淡，顾客反映这个店的咖啡太淡了。老板觉得很委屈，事实上同样价格的咖啡，该店下料并不比其他咖啡店少。通过观察，老板发现，原来这与咖啡店所用的杯子有关。他们一直用一种黄色的杯子，由于色彩搭配的原因，用这种杯子装的咖啡总显得浓度不够。后来，他们改用红色的杯子，咖啡的浓度还是和原来一样，但顾客却增加了好几倍。

对待生命里的挫折，我们可以选择两种不同的策略：一种是沿着既定的路走下去，不屈不挠；一种是当道路遇到堵塞时，像琴纳医生和三叶咖啡屋老板一样，懂得从另一个方向实现生命的突围。对前者，

我们曾经奉献过许多的掌声；对后者，我们常常冷嘲热讽，说这样的人“投机取巧”。然而，生命嘲笑了我们的无知，它一次次给予后者娇艳的花朵。

换个方向突围不是一种怯懦，它着眼的始终是生命的终极目标；换个方向突围也不是一种花哨，它立足的永远是一个人踏踏实实的行为。

“一切现在都**孕育**着未来
未来的一切都**生长**于它的昨天
希望，并且为它**奋斗**
请将这一切**放**在你的肩上……”



我们的目标是：

将教材讲深、讲透、讲到位

致读者

亲爱的同学：

这是一柄神奇的金钥匙，为你打开通向桂冠的大门；

这是一座心灵的桥梁，连接着你高远的志向、你的梦想和你书海搏击的身姿。

在新学期到来之际，《教材全析》带着春雨名师的体温，带着春雨人殷殷的嘱托与期盼，悄然来到你的身边。

依据最新《课程标准》，将各学科的全部重点、难点、疑点和易错点一网打尽，全方位的精细讲解与分层级的梯度练习无缝对接——《教材全析》事半功倍的奇妙功效将让你在使用途中渐次感知。

本章学习

引导

巧设情境，缘情入理，激发学生阅读、探究兴趣。

教材拓展

整合

围绕教材的延伸、拓展、演绎、整合的知能增长点，达到全面渗透的要求。

教材要点

研习

全面、深入解析教材重、难、疑点，将教材讲深、讲透、讲到位。



第十六章

动量守恒定律

本章学习

引导

你从高处跳下，落地时总要屈膝，这是为什么呢？当今很多汽车都装有安全气囊，当两辆车迎面相撞时，它可使驾驶员安全脱离险境，但安全气囊是如何在汽车相撞时减轻对人的伤害的呢？2008年9月25日我国“神舟七号”飞船发射成功，你知道它是怎样升到太空的吗？太空中飞行的飞船如何改变自己的状态呢？……所有这些问题等学完本章后，你就会豁然开朗了！

本章主要讲述动量的概念，以及动量定理和动量守恒定律，动量守恒定律为我们解决力学问题开辟了新的途径，因此，本章是力学部分的重点，为了学好本章，希望同学们注意以下几方面：

1. 重视实验探究活动，积极参与探究碰撞中的不变量实验探究活动，了解实验的基本思路；探索实验数据的处理方法，能结合课本提供的参考案例，在不同的探究活动中体验探究自然规律的过程。

2. 重点掌握动量、冲量的基本概念及内涵，特别是它们的矢量性，理解并掌握动量定理及动量守恒定律的内容及意义，把它们与牛顿运动定律进行比较。

3. 理解碰撞及反冲现象，并能应用动量的知识分析解决实际问题，从而深刻理解学习本章知识的重要意义。

4. 总结归纳利用动量定理和动量守恒定律解决问题的一般步骤与方法。

1 实验：探究碰撞中的不变量

教材要点

研习

重点一 实验探究的基本思路

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. 追寻不变量

在一维碰撞的情况下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 ，碰撞前它们速度分别为 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。

碰撞前后速度的变化和物体的质量 m 的关系，我们可以做如下猜测：

$$(1) m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

$$(2) m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2 = m_1 v_1'^2 + m_2 v_2'^2$$

$$(3) \frac{v_1}{m_1} + \frac{v_2}{m_2} = \frac{v_1'}{m_1} + \frac{v_2'}{m_2}$$

分析：①碰撞前后物体质量不变，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必须是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。

【案例1】在“验证动量守恒定律”的实验中，必须测量的量有（ ）。

- A. 小球的质量 m_1 和 m_2
- B. 小球的半径 r
- C. 桌面到地面的高度 H
- D. 小球 m_1 的起始高度 h
- E. 小球从抛出到落地的时间 t

教材拓展

思考题：你认为动量守恒定律成立的条件是什么？

拓展点一 实验操作过程

【案例1】在做“碰撞中的动量守恒”实验时，关于小球的落点，下列说法中正确的是（ ）。

A. 如果小球每次都从同一点无初速度释放，重复几次的落点应该是重合的

B. 由于偶然因素存在，重复操作时小球的落点不重合是正常的，但落点应比较密集

C. 测定 P 点位置时，如果重复 10 次的落点分别为 P_1 、 P_2 、 P_3 、 $\dots$ 、 P_{10} ，则 OP 应读作 OP_1 、 OP_2 、 OP_3 、 $\dots$ 、 OP_{10} 的平均值，即 $OP = \frac{OP_1 + OP_2 + OP_3 + \dots + OP_{10}}{10}$

D. 用半径尽量小的圆把 P_1 、 P_2 、 P_3 、 $\dots$ 、 P_{10} 圈住，此圆的圆心就是入射球的平均落点 P

【答案】 B、D

【关键提醒】 (1) 实验中总有一些偶然误差，故每次的落点不会全部重合；(2) 不能用平均值，这样不能减小误差；(3) 用尽量小的圆圈住落点，可以有效地减小误差。

【案例2】在课本参考案例二中，下列说法正确的是（ ）。

- A. 悬挂两球的细绳长度要适当，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. 两小球必须都是钢性球，且质量相同
- D. 两小球碰后可以粘在一起共同运动

让学习快乐、高效、无障碍

也许，你是“春雨教育”图书的老朋友；也许，你是春雨人的新相识，选择了怀抱理想的春雨人，选择了曾托举数千学子成功跨入清华、北大之门的“春雨教育”品牌图书，你就选择了快乐的学习历程，选择了胜利的桂冠，选择了梦想的成功！

关注“春雨奖学金计划”吧。如果你成功了，别忘了让我们分享你的经验和喜悦。我们盼望你成为“龙虎榜”中的一员，盼望你的照片和你的学习感悟成为激励下一届同学的生动资料。

你搏击的路上，有《教材全析》一路相伴，那是春雨人在为你的拼搏加油，那是春雨人在为你的成功喝彩。

教材全析

第十六章 动量守恒定律

课后习题

不要求掌握结论。

1. 2球增加的速度和它质量的乘积(即2球增加的动量)等于1球减少的速度和它质量的乘积(即1球减少的动量)。
2. 动量 [提示]从纸带上测出小车碰撞前后的速度,注意:碰撞前只有A车运动,碰撞后A、B两车一起运动。

考点闯关

不要求掌握结论。

基础巩固题

1. 两球相向运动,发生正碰,碰撞后两球均静止,于是可以断定,在碰撞以前()。
A. 两球的质量相等

本章知识、能力提升平台

知识结构

见书附录, 请找考纲。

动量	基本概念	物体的动量 $p=mv$ 力的冲量 $I=Fit$ (F 为恒力)
	基本规律	动量定理 $Fit=mv'-mv$ (F 为恒力) 动量守恒定律 $m_1v_1+m_2v_2=m_1v_1'+m_2v_2'$
	碰撞	
	常见应用	爆炸 反冲

1. 动量守恒条件

(1) 动量守恒的条件:

- ①系统不受外力或所受的外力为零;
- ②系统所受的外力不为零,但系统若在某一方向上的合力为零,则在这一方向上的分动量守恒;
- ③系统所受的外力不为零,但系统的内力远大于外力时,可忽略外力,近似认为系统动量守恒,如碰撞、爆炸等现象。

(2) 由动量守恒的条件判断系统动量守恒的步骤如下:

- ①明确系统由哪几个物体组成;
- ②对系统中各物体进行受力分析,分清哪些是内力,哪些是外力;
- ③看所有外力的合力是否为零,从而判定系统的动量是否守恒。

2. 动量守恒定律的理解要点

(1) 动量守恒定律的研究对象是两个或两个以上的物体所组成的系统,动量守恒不是指系统内各个物体的动量不变,而是指它们在相互作用过程中系统的总动量不变,动量守恒不只是系统在初、末两时刻的总动量相等,而是整个相互作用过程中任意两时刻的总动量都相等。

(2) 常见的几种动量守恒定律的表达式:

- ① $p=p'$ (系统的初动量等于末动量);
- ② $m_1v_1+m_2v_2=m_1v_1'+m_2v_2'$ (适用于相互作用的两个物体组成的系统,初动量等于末动量);
- ③ $\Delta p_1=-\Delta p_2$ (相互作用的两物体动量的增量大小相等,方向相反);
- ④ $p=0$ (系统总动量增量为0)。

(3) 因为动量是矢量,所以动量守恒定律的表达式是矢量式,在作用前后动量都在一条直线上时,选取正方向,将矢量运算简化为代数运算。

(4) 速度 v 与参考系的选取有关,因此相互作用的物体的速度 v_1, v_2, v_1', v_2' 必须相对同一参考系,通常相对地面而言。

(5) 动量是状态量,具有瞬时性,动量守恒指的是任意两个确定状态系统的动量矢量和相等,因此动量守恒定律表达式中 v_1, v_2 必须是相互作用前同一时刻两物体的瞬时速度, v_1', v_2' 必须是相互作用后同一时刻两物体的瞬时速度。

(6) 动量守恒定律不仅适用于宏观物体的低速运动,也适用于微观现象和高速运动。

3. 动量定理的理解要点

(1) 中学物理中,动量定理研究的对象通常是单个物体。

(2) 公式 $Fit=p'-p$ 是矢量式,两边不仅大小相等,而且方向相同,公式中 Fit 是物体所受的合外力的冲量。(3) 公式 $Fit=p'-p$ 除表明两边大小、方向关系外,还说明了两边的因果关系,即合外力的冲量是动量变化的原因。

(4) 动量定理说明的是合外力的冲量与动量变化的关系,反映力对时间的积累效果,与物体的初、末动量无必然联系,动量变化的方向与合外力的冲量方向相同,而物体在某一时刻的动量方向跟合外力的冲量方向无必然联系。

课后习题

精解

与教材同步,跟教学配合,讲析结合,具有很强的针对性、实用性。

考点闯关

训练

每单元精选习题,紧扣考点,题题精彩,让学生在训练中体验成功的喜悦。

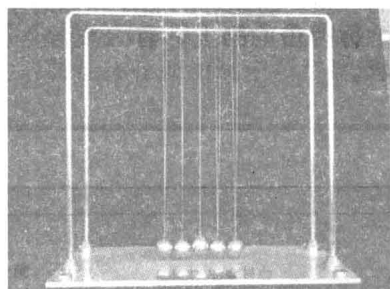
本章知识、能力提升平台

网络式再现每单元知识模块的重点和衍生关系,帮助学生将书读薄。

Contents 目录

● 第十六章 动量守恒定律

- 1 实验:探究碰撞中的不变量/1
- 2 动量守恒定律(一)/5
- 3 动量守恒定律(二)/8
- 4 碰撞/12
- 5 反冲运动 火箭/15
- 6 用动量概念表示牛顿第二定律/19



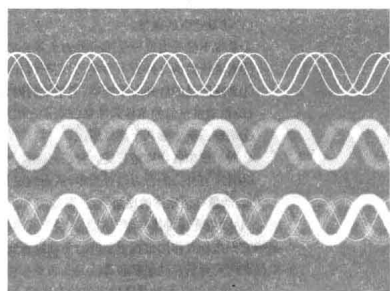
本章知识、能力提升平台/23

第十六章能力提升评估(A 卷)/27

第十六章能力提升评估(B 卷)/29

● 第十七章 波粒二象性

- 1 物理学的新纪元:能量量子化/31
- 2 科学的转折:光的粒子性/31
- 3 崭新的一页:粒子的波动性/37
- 4 概率波/40
- 5 不确定性关系/40



本章知识、能力提升平台/44

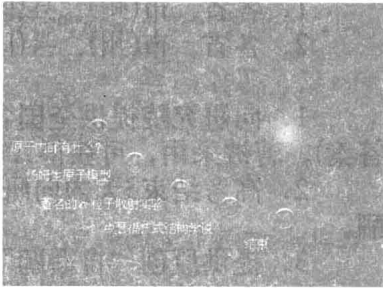
第十七章能力提升评估(A 卷)/48

第十七章能力提升评估(B 卷)/50



● 第十八章 原子结构

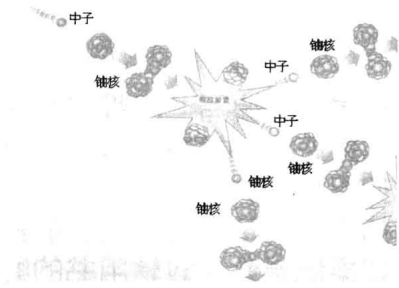
- 1 电子的发现/52
- 2 原子的核式结构模型/52
- 3 氢原子光谱/55
- 4 玻尔的原子模型/55



本章知识、能力提升平台/60
第十八章能力提升评估/63

● 第十九章 原子核

- 1 原子核的组成/65
- 2 放射性元素的衰变/68
- 3 探测射线的方法/72
- 4 放射性的应用与防护/73
- 5 核力与结合能/75
- 6 重核的裂变/78
- 7 核聚变/78
- 8 粒子和宇宙/81



本章知识、能力提升平台/84
第十九章能力提升评估(A 卷)/87
第十九章能力提升评估(B 卷)/89

选修 3-5 综合提升评估(A 卷)/91
选修 3-5 综合提升评估(B 卷)/93

第十六章

动量守恒定律

本章学习

探究新知的乐趣从这里开始。

你从高处跳下,落地时总要屈膝,这是为什么呢?当今很多汽车都装有安全气囊,当两辆车迎面相撞时,它可使驾驶员安全脱离险境,但安全气囊是如何在汽车相撞时减轻对人的损害的呢?2008年9月25日我国“神舟七号”飞船发射成功,你知道它是怎样升到太空的吗?太空中飞行的飞船如何改变自己的状态呢?……所有这些问题等学完本章后,你就会豁然开朗了!

本章主要讲述动量的概念,以及动量定理和动量守恒定律,动量守恒定律为我们解决力学问题开辟了新的途径,因此,本章是力学部分的重点.为了学好本章,希望同学们注意以下几方面:

1. 重视实验探究活动,积极参与探究碰撞中的不变量实验探究活动,了解实验的基本思路;探索实验数据的处理方法.能结合课本提供的参考案例,在不同的探究活动中体验探究自然规律的过程.

2. 重点掌握动量、冲量的基本概念及内涵,特别是它们的矢量性.理解并掌握动量定理及动量守恒定律的内容及意义,把它们与牛顿运动定律进行比较.

3. 理解碰撞及反冲现象,并能应用动量的知识分析解决实际问题,从而深刻理解学习本章知识的重要意义.

4. 总结归纳利用动量定理和动量守恒定律解决问题的一般步骤与方法.

1 实验:探究碰撞中的不变量

教材要点

锁定重难点,实现各个击破.

要点一 实验探究的基本思路

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. 追寻不变量

在一维碰撞的情况下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 ,碰撞前它们速度分别为 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.

碰撞前后速度的变化和物体的质量 m 的关系,我们可以做如下猜测:

$$(1) m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2';$$

$$(2) m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2 = m_1 v_1'^2 + m_2 v_2'^2;$$

$$(3) \frac{v_1}{m_1} + \frac{v_2}{m_2} = \frac{v_1'}{m_1} + \frac{v_2'}{m_2}.$$

分析:①碰撞前后物体质量不变,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必须是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.

【案例1】在“验证动量守恒定律”的实验中,必须测量的量有().

- A. 小球的质量 m_1 和 m_2
- B. 小球的半径 r
- C. 桌面到地面的高度 H
- D. 小球 m_1 的起始高度 h
- E. 小球从抛出到落地的时间 t
- F. 小球 m_1 和 m_2 碰撞后飞出的水平距离
- G. 小球 m_1 未碰撞飞出的水平距离

【精析】小球的质量必须要测定;而由于被碰小球一般都放在斜槽的末端,故小球的半径不必测出;由于小球在空中运动的时间相同,故不必测出桌面到地面的高度,也不必测出小球在空中运动的时间;入射小球的起始高度只要相同就可以了,不必知道具体的高度;小球平抛的水平位移和小球平抛的初速度成正比,故需测出.

【解答】 A、F、G.

【顿有所悟】实验可以采用不同的实验装置,但我们追寻的是目标不变.

要点二 实验条件的保证、实验数据的测量

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.

【案例2】在做“碰撞中的动量守恒”实验时,必须做到().

- A. 斜槽轨道必须是笔直的
- B. 把小球放到斜槽末端的槽口时,小球必须能够静止
- C. 碰撞的瞬间,入射球与被碰球的球心连线与轨道的末端的切线平行
- D. 以上都不需要做到

【精析】斜槽末端水平时,小球放在其末端时应能静止;碰撞时两球球心的连线与轨道末端切线平行,才能确保小

球离开斜槽后做平抛运动,也保证碰撞是一维的。

【解答】 B、C。

关键提醒 1. 实验中如何保证碰撞是一维的,即两物体在碰撞之前和碰撞之后都沿同一直线运动?

为保证实验成功,可将被碰小球放在斜槽轨道水平部分的末端,或用气垫导轨来做实验,这样可保证碰撞是一维的。而碰撞是一维的,实验误差就能尽可能减小,才便于我们找出碰撞中什么量才是不变的。(控制变量法)

2. 实验中怎样测定小球的质量?

要知道碰撞中的不变量,就必须知道物体的质量,而物体的质量可以用天平加以测量。测量之前要先对天平进行调零,再测量,测量时,左盘中放被测物,右盘中放砝码。

3. 怎样测量两个物体在碰撞前后的速度?

(1)根据平抛运动的知识,由平抛物体的水平位移和竖直下落的高度可求出物体做平抛的初速度,而物体在平抛后下落的高度都相同,故物体平抛运动的时间相同,即物体平抛运动的初速度与水平位移成正比。

(2)用频闪照相法,得到物体的频闪照片,然后由频闪的时间间隔和照片上的测量数据可求出物体的速度。

(3)用打点计时器,将物体和纸带连成一体,用打点计时器打出清晰的纸带,测量纸带上的距离,再由打点间隔可求出物体的速度。

教材拓展

激活智慧,步入融会贯通佳境。

拓展点一 实验操作过程

【案例1】 在做“碰撞中的动量守恒”实验时,关于小球的落点,下列说法中正确的是()。

A. 如果小球每次都从同一点无初速度释放,重复几次的落点应该是重合的

B. 由于偶然因素存在,重复操作时小球的落点不重合是正常的,但落点应比较密集

C. 测定P点位置时,如果重复10次的落点分别为 P_1 、 P_2 、 P_3 、 $\dots$ 、 P_{10} ,则OP应该取 OP_1 、 OP_2 、 OP_3 、 $\dots$ 、 OP_{10} 的平均值,即 $OP = \frac{OP_1 + OP_2 + OP_3 + \dots + OP_{10}}{10}$

D. 用半径尽量小的圆把 P_1 、 P_2 、 P_3 、 $\dots$ 、 P_{10} 圈住,此圆的圆心就是入射球的平均落点P

【解答】 B、D。

关键提醒 (1)实验中总有一些偶然误差,故每次的落点不会全部重合;(2)不能用平均值,这样不能减小误差;(3)用尽量小的圆圈住落点,可以有效地减小误差。

【案例2】 在课本参考案例二中,下列说法正确的是()。

A. 悬挂两球的细绳长度要适当,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. 两小球必须都是钢性球,且质量相同

D. 两小球碰后可以粘合在一起共同运动

【精析】 两绳等长能保证两球正碰,以减小实验误差,所以A正确。由于计算碰撞前速度时用到了 $mgh = \frac{mv^2}{2}$ —0,即初速度为0,B正确。本实验中对小球的性能无要求,C

错误。两球正碰后,有各种运动情况,所以D正确。

【解答】 A、B、D。

关键提醒 不同的实验,原理不同,实验的操作过程也不同。

拓展点二 实验数据的处理

【案例3】 实验时,小球的落点分别如图所示的M、N、P点,应该比较下列哪两组数值在误差范围内相等,从而验证动量守恒定律?()。

- A. $m_1 \cdot \overline{OP}$ B. $m_2 \cdot \overline{OM}$
C. $m_1 \cdot \overline{ON}$ D. $m_1 \cdot \overline{OM} + m_2 \cdot \overline{ON}$

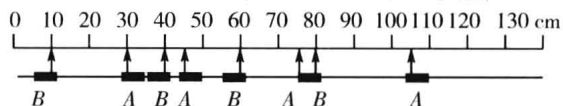
【解答】 A、D。

关键提醒 碰撞中的不变量应是碰撞前后系统的总动量,即物体的质量和速度的乘积之和。

【案例4】 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,用闪光相机每隔0.4 s的时间拍摄一次照片,每次拍摄时闪光的延续时间很短,可以忽略,如图所示,已知A、P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之和是不是不变量?



【精析】 (1)由图分析可知碰撞后

$$v_B' = 0.50 \text{ m/s},$$

$$v_A' = 0.75 \text{ m/s}.$$

从发生碰撞到第二次拍摄照片,A运动的时间是 $t_1 = 0.2 \text{ s}$,由此可知,从拍摄第一次照片到发生碰撞的时间为 $t_2 = 0.2 \text{ s}$,则碰撞前B物体的速度为 $v_B = 1.0 \text{ m/s}$,由题意得 $v_A = 0$ 。

(2)碰撞前 $m_A v_A + m_B v_B = 1.5m_A$ 。

碰撞后 $m_A v_A' + m_B v_B' = 1.5m_A$ 。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。

【解答】 (1) $v_A = 0$, $v_A' = 0.75 \text{ m/s}$, $v_B = 1.0 \text{ m/s}$, $v_B' = 0.50 \text{ m/s}$; (2)是不变量。

归纳整理 常用实验数据的处理方法有代数法、列表法、图象法等,不论采用哪种方法减小实验误差是宗旨。

拓展点三 实验原理及注意事项

1. 实验注意事项

在实验过程中,有以下一些情况需要注意:

(1)斜槽末端切线要水平;

- (2) 每次小球下滑要从同一高度处由静止开始；
 (3) 要保证对心碰撞，先调高低，再调远近，最后调左右；
 (4) 小球的诸多落点要用圆规画尽可能小的圆把所有的落点都圈在里面，该小圆的圆心即为小球的平均落点；
 (5) 入射小球的质量 m_1 和被碰小球的质量 m_2 的大小关系是 $m_1 > m_2$ 。

如果入射小球的质量小于被碰小球的质量，将会发生的现象为：碰撞后入射小球将先返回斜槽，然后再离开斜槽做平抛运动，由于存在摩擦，入射小球离开斜槽时的速度小于碰撞后它的速度。

2. 实验中的问题分析

如果三点（即不放被碰小球时入射小球落点的平均位置与碰撞后两小球落点的各自平均位置）不在一条直线上，且偏离很大，说明实验中存在什么问题？应该如何校正？

说明碰撞不是正碰，即碰撞时两球球心的连线与轨道末端的切线不平行。解决的方法之一是调节被碰小球的位置，直到两球能发生正碰为止，二是将被碰小球直接放在斜槽的末端，这样做还有一个好处，即两球做平抛运动的起点相同。

你能设计出更好的实验装置，尽量减小实验误差，来完成该实验吗？

【案例 5】在做“碰撞中的动量守恒”实验时，小球在碰前和碰后的速度可以用小球飞出的水平距离来表示，其原因是（ ）。

- A. 小球飞出后的加速度相同
 B. 小球飞出后水平方向速度相同
 C. 小球在水平方向都做匀速直线运动，水平位移与时间成正比
 D. 小球在空间水平方向做匀速直线运动，而其竖直位移相同，故而飞行时间相等，这样，水平位移与初速度成正比

【解答】 D。

【案例 6】如图所示，在实验室用两端带竖直挡板 C、D 的气垫导轨和有固定挡板的质量都是 M 的滑块 A、B，做探究碰撞中不变量的实验：

(1) 把两滑块 A 和 B 紧贴在一起，在 A 上放质量为 m 的砝码，置于导轨上，用电动卡销卡住 A 和 B，在与 A 和 B 的固定挡板间放一弹簧，使弹簧处于水平方向上的压缩状态。

(2) 按下电钮使电动卡销放开，同时启动两个记录两滑块运动时间的电子计时器，当 A 和 B 与挡板 C 和 D 碰撞时，电子计时器自动停表，记下 A 至 C 运动时间 t_1 ，B 至 D 运动时间 t_2 。

(3) 重复几次取 t_1 、 t_2 的平均值。

请回答以下几个问题：

- ① 在调整气垫导轨时应注意_____；
 ② 应测量的数据还有_____；
 ③ 作用前 A、B 两滑块速度与质量乘积之和为_____，作用后 A、B 两滑块速度与质量乘积之和为_____。

【精析】 ① 为了保证滑块 A、B 分开后做匀速直线运动，必须使气垫导轨水平，需要用水平仪加以调试；

② 要求出 A、B 两滑块在卡销放开后的速度，需测出 A 至 C 的时间 t_1 和 B 至 D 的时间 t_2 ，并且要测量出两滑块到

挡板的距离 L_1 和 L_2 ，再由公式 $v = \frac{s}{t}$ 求出其速度；

③ 设向左为正方向，根据所测数据求得两滑块的速度分别为 $v_A = \frac{L_1}{t_1}$ ， $v_B = \frac{L_2}{t_2}$ 。碰前两物体静止， $v=0$ ，速度与质量乘积之和为 0，碰后两滑块的速度与质量乘积为 $(M+m)\frac{L_1}{t_1} - \frac{ML_2}{t_2}$ 。

【解答】 ① 使气垫导轨水平；② A 到 C 的时间 t_1 、B 到 D 的时间 t_2 、两滑块到挡板的距离 L_1 和 L_2 ；③ 0 ； $(M+m)\frac{L_1}{t_1} - \frac{ML_2}{t_2}$ 。

顿有所悟 要求两物体在碰撞前后质量与速度乘积的关系，就要根据不同的仪器直接或间接测量，最后比较在误差范围内其乘积是否相等即可。

课后习题精解

不要坐享其成哦！

1. 2 球增加的速度和它质量的乘积（即 2 球增加的动量）等于 1 球减少的速度和它质量的乘积（即 1 球减少的动量）。

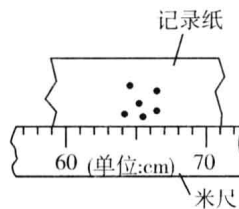
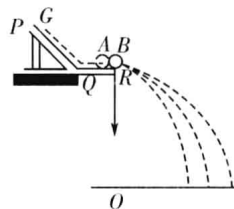
2. 动量 [提示] 从纸带上测出小车碰撞前后的速度，注意：碰撞前只有 A 车运动，碰撞后 A、B 两车一起运动。

考点闯关训练

长风破浪会有时。

基础巩固题

1. 两球相向运动，发生正碰，碰撞后两球均静止，于是可以断定，在碰撞以前（ ）。
- A. 两球的质量相等
 B. 两球的速度大小相同
 C. 两球的质量与速度的乘积之和的大小相等
 D. 以上都不能断定
2. 某同学用图甲所示装置通过半径相同的 A、B 两球的碰撞来验证动量守恒定律，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 球和 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 在记录纸上的垂直投影点，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，米尺的零点与 O 点对齐。



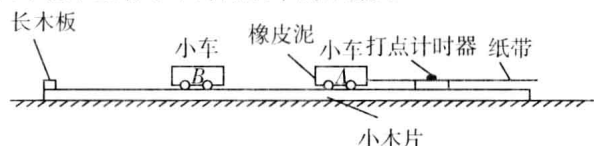
(1) 碰撞后 B 球的水平射程应取为_____cm。

(2) 在以下选项中，哪些是本次实验必须进行测量的？

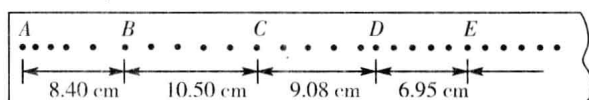
答：_____（填选项号）。

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(或两球质量之比)
 E. 测量G点相对于水平槽面的高度
3. 在“探究验证动量守恒”的实验中,若绳长 L ,球1、2分别由偏角 α 和 β 静止释放,则在最低点碰撞前的速度大小分别为_____.若碰撞后向同一方向运动的最大偏角分别为 α' 和 β' ,则碰撞后两球的瞬时速度大小分别为_____.
4. 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所示.在小车A后连着纸带,电磁打点计时器的电源频率为50 Hz,长木板下垫着小木片用以平衡摩擦力.



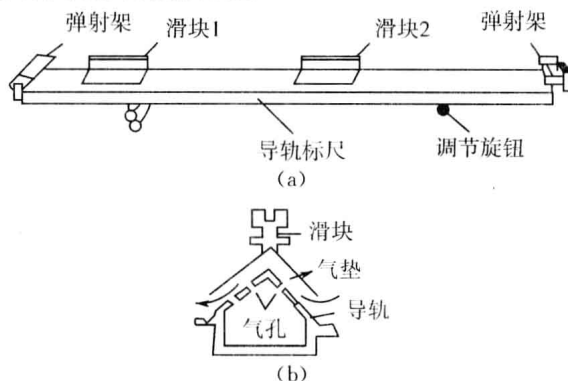
- (1) 若已得到的打点纸带如图所示,并将测得的各计数点间距离标在图上,A点是运动起始的第一点,则应选_____段来计算A的碰前速度,应选_____段来计算A和B碰后的共同速度(以上两格填“AB”“BC”“CD”或“DE”).



- (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,碰前 $m_A v_A + m_B v_B =$ _____ kg·m/s;碰后 $m_A v_A' + m_B v_B' =$ _____ kg·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.
5. 在“验证动量守恒定律”的实验中,必须要求的条件是().
- A. 轨道是光滑的
 B. 轨道末端的切线是水平的
 C. m_1 和 m_2 的球心在碰撞的瞬间在同一高度
 D. 碰撞的瞬间 m_1 和 m_2 球心连线与轨道末端的切线平行
 E. 每次 m_1 都要从同一高度由静止滚下
6. 在做“验证碰撞中的动量守恒”实验时,入射球每次都应该从斜槽上同一位置无初速度释放,这是为了使().
- A. 小球每次都能水平飞出槽口
 B. 小球每次都以相同的速度飞出槽口
 C. 小球在空中飞行时间不变
 D. 小球每次都能做对心碰撞
7. 在做“验证碰撞中的动量守恒”实验时,安装斜槽轨道时,应该让斜槽的末端点的切线保持水平,这样做的目的是为了使().
- A. 入射球得到较大的速度
 B. 入射球与被碰球对心碰撞后的速度均沿水平方向
 C. 两球碰撞时动能无损失
 D. 入射球和被碰球均能从同一高度飞出

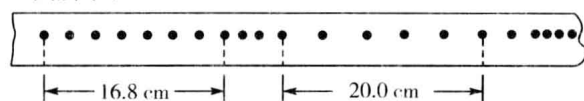
综合创新题

8. 某同学利用打点计时器和气垫导轨做“探究碰撞中的不变量”的实验:气垫导轨装置如图(a)所示,所用的气垫导轨装置由导轨、滑块、弹射架等组成.在空腔导轨的两个工作面上均匀分布着一定数量的小孔,向导轨空腔内不断通入压缩空气,压缩空气会从小孔中喷出,使滑块稳定地漂浮在导轨上,如图(b)所示,这样就大大减小了因滑块和导轨之间的摩擦而引起的误差.



- (1) 下面是实验的主要步骤:

- ① 安装好气垫导轨,调节气垫导轨的调节旋钮,使导轨水平;
- ② 向气垫导轨通入压缩空气;
- ③ 把打点计时器固定在紧靠气垫导轨左端弹射架的外侧,将纸带穿过打点计时器越过弹射架并固定在滑块1的左端,调节打点计时器的高度,直至滑块拖着纸带移动时,纸带始终在水平方向;
- ④ 滑块1挤压导轨左端弹射架上的橡皮绳;
- ⑤ 把滑块2放在气垫导轨的中间;
- ⑥ 先_____,然后_____,让滑块带动纸带一起运动;
- ⑦ 取下纸带,重复步骤④⑤⑥,选出较理想的纸带如下图所示:



- ⑧ 测得滑块1(包括撞针)的质量为310 g,滑块2(包括橡皮泥)的质量为205 g.
 试完善实验步骤⑥的内容.

- (2) 已知打点计时器每隔0.02 s打一个点,计算可知,两滑块相互作用前质量与速度的乘积之和为 _____ kg·m/s;两滑块相互作用以后质量与速度的乘积之和为 _____ kg·m/s(保留三位有效数字).
- (3) 试说明(2)问中两结果不完全相等的主要原因是_____.

9. 实验中采用的两个小球的质量分别是 m_1 、 m_2 ,且 $m_1 < m_2$;两小球的半径对应为 r_1 、 r_2 ,且 $r_1 = r_2$.斜槽轨道的摩擦可忽略不计,本实验应怎样做?

10. 实验中发现碰撞后系统(m_1 、 m_2)水平方向的总动量小于碰撞前系统水平方向的总动量,请分析误差来源。

11. 如何保证小球在碰撞前后做平抛运动? 怎样检查?

2 动量守恒定律(一)

教材要点

锁定重难点, 实现各个击破。

要点一 动量: 物理学中把物体的质量与速度的乘

积定义为物体的动量, 用字母“ p ”表示

表达式: $p=mv$, 单位: $\text{kg} \cdot \text{m/s}$, 读作“千克米每秒”。

关键提醒 1. 状态量: 动量包含了“参与运动的物质”与“运动速度”两方面的信息, 反映了由这两方面共同决定的物体的运动状态, 具有瞬时性。

2. 相对性: 这是由于速度与参考系的选择有关, 通常以地球(即地面)为参考系。

3. 矢量性: 动量的方向与速度方向一致, 运算遵循矢量运算法则(平行四边形定则)。

【案例 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

【精析】 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。

【解答】 C、D。

归纳整理 动量是状态量, 求动量时必须明确是哪一物体在哪一状态的动量。动量是矢量, 它的方向与瞬时速度的方向相同。

顿有所悟 我们用动量来描述运动物体所能产生的机

械效果的强弱以及这个效果发生的方向, 动量的大小等于质量和速度的乘积, 动量的方向与速度方向一致。

要点二 系统、内力和外力

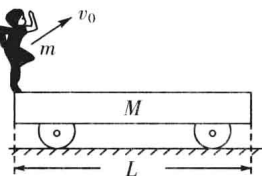
1. 系统: 相互作用的物体组成系统。
2. 内力: 系统内物体相互间的作用力。
3. 外力: 外物对系统内物体的作用力。

关键提醒 1. 系统要由两个或两个以上的物体组成, 如相互碰撞的两个物体、炮弹爆炸后各部分也组成一个系统。

2. 内力是系统内物体间的相互作用, 该力的施、受力物体均是系统内的物体。

3. 外力是系统外的物体对系统内物体的作用力, 该力的施力物体不在系统内, 而是在系统外, 但受力物体是系统内的物体。

【案例 2】 如图所示, 光滑水平面上, 静置一上表面水平的小车, 一质量为 m 的人用力斜向上跳起, 试分析如果把人和车看成一整体, 所受的力中哪些是外力? 哪些是内力?



【解答】 根据内力与外力的物理意义可知: 把人和车当做整体, 则重力、水平面的支持力是外力, 人和车之间的作用力是内力。如果单独分析人的受力, 则重力、车对人的作用力都是外力。

顿有所悟 内力和外力随系统的变化而变化。

要点三 动量守恒定律

1. 内容: 一个系统不受外力或者所受外力之和为零, 这个系统的总动量保持不变。这个结论叫做动量守恒定律。

2. 适用条件: 系统不受外力或者所受外力之和为零。

3. 公式: $p_1' + p_2' = p_1 + p_2$, 即 $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$, 或 $\Delta p_1 = -\Delta p_2$, 或 $\Delta p_{\text{总}} = 0$ 。

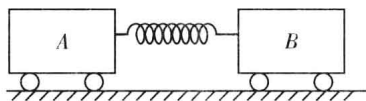
关键提醒 (1) 研究对象: 几个相互作用的物体组成的系统(如: 碰撞);

(2) 矢量性: 以上表达式是矢量表达式, 列式前应先规定正方向;

(3) 同一性(即所用速度都是相对同一参考系、同一时刻而言的);

(4) 成立条件: 系统不受外力, 或受合外力为 0。要正确区分内力和外力。

【案例 3】 在光滑水平面上 A、B 两小车中间有一弹簧, 如图所示。用手抓住小车并将弹簧压缩后使小车处于静止状态。将两小车及弹簧看做一个系统, 下列说法中正确的是()。



- A. 两手同时放开后, 系统总动量始终为零
- B. 先放开左手, 再放开右手后, 动量不守恒
- C. 先放开左手, 再放开右手后, 总动量向左
- D. 无论何时放手, 两手放开后, 在弹簧恢复原长的过程中, 系统总动量都保持不变, 但系统的总动量不一定为零

【精析】 在两手同时放开后, 水平方向无外力作用,

只有弹簧的弹力(内力),故动量守恒,即系统的总动量始终为零,A对;先放开左手,再放开右手后,是指两手对系统都无作用力之后的那一段时间,系统所受合外力也为零,即动量是守恒的,B错;先放开左手,系统就在右手作用下,产生向左的冲量,故有向左的动量,再放开右手后,系统的动量仍守恒,即此后的总动量向左,C对;其实,无论何时放开手,只要是两手都放开就满足动量守恒的条件,即系统的总动量保持不变.若同时放开,那么放手后系统的总动量就等于放手前的总动量,即为零;若两手先后放开,那么两手都放开后的总动量就与放开后一只手后系统所具有的总动量相等,即不为零,D对.

【解答】 A、C、D.

归纳整理 动量守恒定律都有一定的使用范围,在应用这一定律时,必需明确它的使用条件.

要点四 动量守恒定律的简单应用

1. 分析题意,明确研究对象,要明确所研究的系统是由哪几个物体组成的.

2. 要对系统内的物体进行受力分析,弄清哪些是系统内部物体之间的作用力即内力,哪些是外力,在受力分析的基础上根据动量守恒条件,判断能否应用动量守恒定律.

3. 明确所研究的相互作用过程,确定过程的始末状态,即系统内各个物体的初动量和末动量的量值或表达式.

4. 建立动量守恒方程,代入已知量,解出待求量,计算结果如果是正的,说明该量与选定的正方向相同,如果为负,则与选定的正方向相反.

对动量守恒的条件理解,必须注意两点:(1)系统动量守恒与系统内部物体间相互作用力(内力)的多少、性质及大小无关,系统内部物体间的相互作用力的冲量不会改变系统的总动量,但可以改变系统内各个物体的动量,使某些物体的动量增加,另一些物体的动量减少,而总动量仍然保持不变.(2)系统外力的矢量和为零,不是指系统一定不受外力作用.

关键提醒 ①动量是矢量,动量守恒定律方程是矢量方程,对于一维动量守恒问题,要先规定正方向,化矢量运算为代数运算.

②系统中各物体的速度要相对同一参考系,一般均相对于地面而言.

【案例4】 质量为 m 的小球 A 沿光滑水平面以速度 v_0 与质量为 $2m$ 的静止小球 B 发生正碰,碰撞后 A 球的速度为原来的 $\frac{1}{3}$,那么小球 B 的速度大小为多少?

【解析】 这里 A 球碰撞的速度方向有两种可能,可能与原来方向相同,也可能与原来方向相反,当与原来方向相同时,有

$$mv_0 = m \frac{v_0}{3} + 2mv_1,$$

解得 $v_1 = \frac{v_0}{3}.$

当与原来方向相反时,有

$$mv_0 = m \left(-\frac{v_0}{3} \right) + 2mv_2,$$

解得 $v_2 = \frac{2v_0}{3}.$

因此碰后小球 B 的速度大小可能是 $\frac{v_0}{3}$ 或 $\frac{2}{3}v_0$.

【解答】 $\frac{v_0}{3}$ 或 $\frac{2v_0}{3}.$

顿有所悟 速度是矢量,题目中只告诉碰后 A 球的速度大小,而没有说明方向,所以解题时一定要注意它有两种可能,以防漏解.

教材拓展

激活智慧,步入融会贯通佳境.

拓展点一 动量与动能

	动量	动能
定义	物体的质量与速度的乘积	物体由于运动而具有的能
定义式	$p = mv$	$E_k = \frac{1}{2}mv^2$
矢标性	矢量	标量
特点	状态量	状态量
关联方程	$p = \sqrt{2mE_k}$ $p = \frac{2E_k}{v}$	$E_k = \frac{p^2}{2m}$ $E_k = \frac{1}{2}pv$

【案例1】 下列说法正确的是().

- A. 物体的动能不变化,则动量也一定不变
- B. 物体的动能变化,则动量一定变化
- C. 物体的动量不变化,则动能也一定不变
- D. 物体的动量变化,则动能也一定变化

【解析】 动能是标量,动量是矢量;如果物体的动能发生变化,则一定是物体的速度大小发生了变化,即速度发生了变化,动量则一定变化,B选项正确;动能不变化只表示物体的速度大小不变化,但速度的方向可能变化,所以物体的动量可能发生变化,A错误;反之可知若物体的动量发生变化,则动能不一定发生变化,D选项错误;若物体动量不变化,则速度一定不变,所以动能也一定不变化,C正确.

【解答】 B、C.

归纳整理 动量是矢量,既有大小又有方向,判断物体动量是否变化既要考虑大小又要考虑方向.

拓展点二 动量的变化量

定义:若运动物体在某一过程的始、末动量分别为 p 和 p' ,则称 $\Delta p = p' - p$ 为物体在该过程中的动量变化.

关键提醒 动量变化 Δp 是矢量,方向与速度变化量 Δv 相同.

一维情况下: $\Delta p = m\Delta v = mv_2 - mv_1$,为矢量差.

若物体在某一过程的始、末动量 p 和 p' 不在一条直线上,则必须利用平行四边形计算动量的变化量.

【案例2】 质量为 m ,速度是 v 的小球与墙壁垂直相碰后以原速率返回,则小球动量的变化为(以球与墙壁碰撞前的速度方向为正方向)().

- A. 0
- B. mv
- C. $2mv$
- D. $-2mv$



【精析】 以球与墙壁碰撞前的速度方向为正方向,球与墙壁碰撞前的动量为 $p=mv$,碰撞后的动量为 $p'=-mv$.碰撞前后动量的变化为 $\Delta p=p'-p=-2mv$ (“-”号表示 Δp 的方向与碰撞前小球的速度方向相反).

【解答】 D.

归纳整理 动量的变化量总等于末动量与初动量的差,是矢量,一定要注意方向.

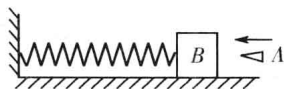
拓展点三 动量守恒条件的拓展

- 当 $F_{\text{内}} \gg F_{\text{外}}$ 时,系统动量可视为守恒;(如爆炸问题)
- 若系统受到的合外力不为零,但在某个方向上的合外力为零,则这个方向的动量守恒.

例如:如图所示,斜面体 A 的质量为 M ,把它置于光滑的水平面上,一质量为 m 的滑块 B 从斜面体 A 的顶部由静止滑下,与斜面体分离后以速度 v 在光滑的水平面上运动,在这一现象中,物块 B 沿斜面体 A 下滑时,A 与 B 间的作用力(弹力和可能的摩擦力)都是内力,这些力不予考虑.但物块 B 还受到重力作用,这个力是 A、B 系统以外的物体的作用,是外力;物体 A 也受到重力和水平面的支持力作用,这两个力也不平衡(A 受到重力、水平面支持力和 B 对它的弹力在竖直方向平衡),故系统的合外力不为零.但系统在水平方向没有受到外力作用,因而在水平方向可应用动量守恒,当滑块在水平地面上向左运动时,斜面体将会向右运动,且它们运动时的动量大小相等、方向相反,其总动量还是零.

拓展点四 动量守恒定律与机械能守恒定律适用条件的区别

【案例 3】 如图所示,光滑水平地面上子弹经极短时间打进与固定于墙壁的弹簧相连的木块中.



(1)从子弹开始入射木块到相对木块静止的过程中,子弹与木块作为一个系统动量是否守恒?机械能是否守恒?说明理由.

(2)从子弹与木块共同向右运动到把弹簧压缩到最短的过程中,子弹与木块和弹簧组成的系统动量是否守恒?机械能是否守恒?说明理由.

【精析】 本题涉及两个过程:一是子弹射入木块到二者相对静止,二是木块带着子弹向右压缩弹簧直到弹簧最短.第一个过程中由于子弹与木块间存在摩擦力做功,系统有机械能转化为动能,所以机械能不守恒,但系统受外力之和为零,所以动量守恒;第二个过程中对于木块、子弹和弹簧组成的系统只有弹簧弹力做功,系统动能转化为弹簧的弹性势能,所以机械能守恒,但系统受到墙壁的作用力外力之和不为零,所以系统动量不守恒.

【解答】 见精析.

归纳整理 对不同的对象(系统),对应不同的过程中,受力情况不同,总动量可能变化,也可能守恒.机械能守恒与动量守恒的条件不同,一个过程动量守恒、机械能不一定守恒,反之亦然.

顿有所悟 在学习物理的过程中,重要的一项基本功是正确恰当地选取研究对象、研究过程,根据实际情况选用对应的物理规律,不能生搬硬套.

课后习题精解

不要坐享其成哦!

- (1)2 倍 4 倍 (2)动量变化量为 $12 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 动能没有变化 (3) $6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$,方向向西 33 J

总结:动量是矢量,动量求和是矢量和,动能是标量,直接求代数和.

- 还等于零;速率之比为 $9:10$.
- 7.4 m/s ,与原来方向相同
- 88.2 m/s 83.3 m/s

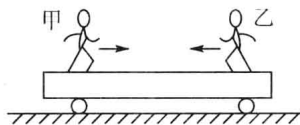


考点闯关训练

长风破浪会有时。

基础巩固题

- 物体在运动过程中的加速度不为零,那么以下结论中正确的是().
A. 物体的速度大小一定随时间变化
B. 物体的速度方向一定随时间变化
C. 物体的动能一定随时间变化
D. 物体的动量一定随时间变化
- 一个人静止在完全光滑的冰面上,可以使他离开的方法是().
A. 向后踢脚
B. 手臂向后甩
C. 在冰面上滚动
D. 脱下外衣水平抛出
- 如图所示,一小车静止在光滑水平面上,甲、乙两人分别站在左右两侧,整个系统原来静止,则当两人同时相向走动时().

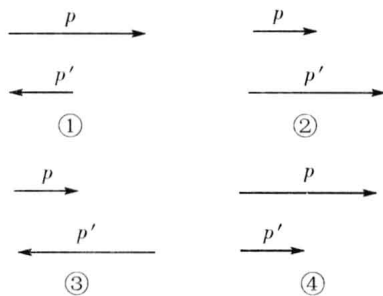


- 要使小车静止不动,甲、乙速率必相等
 - 要使小车向左运动,甲的速率必须比乙的大
 - 要使小车向左运动,甲的动量必须比乙的大
 - 要使小车向左运动,甲的动量必须比乙的小
- 甲、乙两溜冰者,质量分别为 50 kg 和 52 kg ,甲手里拿着一质量为 2 kg 的球,两人均以 2 m/s 的速度在冰面上相向滑行.甲将球抛给乙,乙再将球抛给甲,这样抛接若干次后,乙的速度为零,则甲的速度是多大?

5. 一质量为 $m=0.2\text{ kg}$ 的皮球从高 $H=0.8\text{ m}$ 处自由落下, 与地面相碰后反弹的最大高度为 $h=0.45\text{ m}$, 则球与地面接触的这段时间内动量的变化为多少?

综合创新题

6. 如图所示, p 、 p' 分别表示物体受到冲量前、后的动量, 短线表示的动量大小为 $15\text{ kg}\cdot\text{m/s}$, 长线表示的动量大小为 $30\text{ kg}\cdot\text{m/s}$, 箭头表示动量的方向. 在下列所给的四种情况下, 物体动量改变量相同的是().



A. ①②

B. ②④

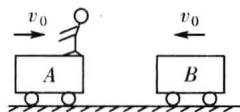
C. ①③

D. ③④

7. 如图所示, 在水平地面上放置质量均为 $M=400\text{ g}$ 的木块 A 和 B, 一质量为 $m=50\text{ g}$ 的子弹以水平速度 $v_0=1\,000\text{ m/s}$ 射入木块 A, 当子弹穿出木块 A 时, 速度 $v_1=800\text{ m/s}$, 子弹未穿出木块 B, 若木块与地面间的动摩擦因数为 $\mu=0.2$, 求子弹射入 B 后, B 木块在地面上前进的距离.



8. 如图所示, 有 A、B 两辆质量均为 $M=100\text{ kg}$ 的小车, 在光滑水平面上以相同的速率 $v_0=2\text{ m/s}$ 在同一直线上相对运动, A 车上有一质量为 $m=50\text{ kg}$ 的人至少要以多大的速度(对地)从 A 车跳到 B 车上, 才能避免两车相撞?



9. 两只船以相同速度 v 一前一后向右行驶, 水的阻力不计, 船连物总质量都为 M . 现在前面的船将质量为 m 的物体以速度 $2v$ (相对于水面) 向后抛入后面的船, 求此后两船的速度分别为多大?

10. 在光滑水平面上, 三个质量相同的小球 A、B、C 依次排列在一条直线上, B、C 静止, A 沿直线以 5 m/s 的速度向 B 运动, B 被碰后再与 C 碰, 最后 C 的速度为 2 m/s , A 和 B 的速度大小和方向相同, 则 B 与 C 碰撞前 B 的速度大小是多少? B 与 C 碰撞后 B 的速度大小和方向又如何?

3 动量守恒定律(二)

教材要点

锁定重难点, 实现各个击破.

要点一 动量守恒的内容及其数学表达式

1. $p=p'$. (系统相互作用前总动量等于系统相互作用后的总动量)
2. $\Delta p=0$. (系统总动量增量为零)
3. $\Delta p_1=-\Delta p_2$. (相互作用的两个物体组成的系统, 两物体动量增量大小相等, 方向相反)
4. $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$. (相互作用的两个物体组成的系统, 作用前的动量和等于作用后的动量和)
5. 动量守恒的研究对象是两个或两个以上的物体所组成的物体系统.

关键提醒 动量守恒定律的数学表达式很多, 但本质都是相同的, 在不同的问题中巧妙的选取表达式, 会带来方便.

【案例 1】 质量均为 M 的两船 A、B 静止在水面上, A 船上有一质量为 m 的人以速度 v_1 跳向 B 船, 又以速度 v_2 跳离 B 船, 再以速度 v_3 跳离 A 船, 如此往返 10 次, 最后回到 A 船上, 此时 A、B 两船的速度之比是多少?

【精析】 动量守恒定律跟过程的细节无关, 对整个过程, 由动量守恒定律

$$(M+m)v_1 + Mv_2 = 0,$$

得

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{-M}{M+m}.$$



【解答】 A、B 两船的速度之比 $\frac{v_1}{v_2} = -\frac{M}{M+m}$, 负号表示

两者速度方向相反。

归纳整理 动量守恒定律为我们解决复杂过程的问题, 提供了一个有效简便的方法和手段, 对于一个复杂过程只要满足动量守恒的条件, 我们可以不去关心具体过程, 而只着眼于初始和末状态即可解决问题。

要点二 动量守恒定律的普适性

比牛顿定律具有更广的适用范围, 高速(接近光速)、微观(小到分子、原子尺度)领域牛顿定律不再适用, 而动量守恒定律仍然适用。

【案例 2】 在高速公路上发生一起交通事故, 一辆质量为 1 500 kg 向南行驶的长途客车迎面撞上一质量为 3 000 kg 的向北行驶的卡车, 碰后两辆车接在一起, 并向南滑行了一小段距离停止。根据测速仪的测定, 长途客车碰前以 20 m/s 的速度行驶, 由此可判断卡车碰前的行驶速度为()。

- A. 小于 10 m/s
- B. 大于 10 m/s, 小于 20 m/s
- C. 大于 20 m/s, 小于 30 m/s
- D. 大于 30 m/s, 小于 40 m/s

【精析】 假设两车碰后静止, 根据动量守恒定律得卡车碰前的行驶速度为 10 m/s。碰撞后两车向南行驶一小段, 则要求卡车碰前的动量比长途客车的动量略小, 故卡车碰前的行驶速度比 10 m/s 略小。

【解答】 A。

顿有所悟 这类问题如果使用牛顿运动定律求解, 则非常繁琐, 利用动量守恒进行估算则相对方便。

要点三 应用动量守恒定律解题的注意事项

1. 因为动量是矢量, 所以动量守恒定律的表达式也是矢量式, 等式两边总动量应为系统内所有物体动量的矢量和, 等式两边的两个状态的总动量不仅大小相等, 而且方向相同。

2. 因为动量是状态量, 所以动量守恒定律表达式中的动量都是确定状态下的动量, 必须注意等式两边分别对应系统的两个确定状态, 等式左边或右边是系统内各物体在对应状态下的总动量, 这称为状态的同一性。

3. 因为动量是相对量, 所以动量守恒定律表达式中的动量必须是相对于同一参照物的, 通常取地球为参照物, 也可取相对于地球做匀速直线运动的物体为参照物。若系统内物体的动量是相对不同的参照物的, 则在代入动量守恒表达式时务必转化成相对于同一参照物, 这称为参照物的同一性。

【案例 3】 一质量为 M 的气球连接一个绳梯, 梯上站着一个质量为 m 的人, 气球不动。如果这个人以相对梯的速度 u 沿梯向上走, 求气球速度为多少?

【精析】 以向上方向为正方向, 根据人梯系统动量守恒定律

$$mv_{\text{人对地}} + Mv_{\text{梯对地}} = 0,$$

$$\text{又} \quad v_{\text{人对地}} = v_{\text{人对梯}} + v_{\text{梯对地}},$$

$$\text{即} \quad m(u + v_{\text{梯}}) + Mv_{\text{梯}} = 0.$$

$$\text{解得} \quad v_{\text{梯}} = -\frac{mu}{M+m}, \text{此即为气球对地速度。}$$

关键提醒 $v_{\text{梯}}$ 数值小于零, 表明速度方向与所取正方向相反, 即向下。

顿有所悟 动量守恒定律方程中各物体的速度要相对同一参考系, 一般均相对于地面而言, 如果题中物体速度不是相对地面的一定要要进行变换, 常用牵连速度公式 $\vec{v}_{AC} = \vec{v}_{AB} + \vec{v}_{BC}$ 。

活动结论 “思考与讨论” P₁₂

钢球入射时速度方向与碰撞后速度方向不在同一直线上, 动量也就不在同一直线上, 因此需将速度分解到水平方向和竖直方向, 可见水平分速度没有变化, 只有竖直速度发生变化, 竖直速度从向下的 $v \cos 45^\circ$ 变为向上的 $v \cos 45^\circ$, 则 $\Delta p = m\Delta v = 2mv \cos 45^\circ = \sqrt{2}mv$, 方向竖直向上。



教材拓展

激活智慧, 步入融会贯通佳境。

拓展点一 动量守恒定律的重要意义

从现代物理学的理论高度来认识, 动量守恒定律是物理学中最基本的普适原理之一(另一个最基本的普适原理就是能量守恒定律)。从科学实践的角度来看, 迄今为止, 人们尚未发现动量守恒定律有任何例外。相反, 每当在实验中观察到似乎是违反动量守恒定律的现象时, 物理学家们就会提出新的假设来补救, 最后总是以有新的发现而胜利告终。例如静止的原子核发生 β 衰变放出电子时, 按动量守恒, 反冲核应该沿电子的反方向运动。但云室照片显示, 两者径迹不在一条直线上。为解释这一反常现象, 1930 年泡利提出了中微子假说。由于中微子既不带电又几乎无质量, 在实验中极难测量, 直到 1956 年人们才首次证明了中微子的存在(2000 年高考综合题 23②就是根据这一历史事实设计的)。又如人们发现, 两个运动着的带电粒子在电磁相互作用下动量似乎也是不守恒的。这时物理学家把动量的概念推广到了电磁场, 把电磁场的动量也考虑进去, 总动量就又守恒了。

【案例 1】 2002 年, 美国《科学》杂志评出的“2001 年世界十大科技突破”中, 有一项是加拿大萨德伯里中微子观测站的成果。该站揭示了中微子失踪的原因, 即观测到的中微子数目比理论值少是因为部分中微子在运动过程中转化为一个 μ 子和一个 τ 子。在上述研究中有以下说法: ①该研究过程中牛顿第二定律依然适用; ②该研究中能的转化和守恒定律依然适用; ③若发现 μ 子和中微子的运动方向一致, 则 τ 子的运动方向与中微子的运动方向也可能一致; ④若发现 μ 子和中微子的运动方向相反, 则 τ 子的运动方向与中微子的运动方向也可能相反。其中正确的是()。

- A. ①②
- B. ①③
- C. ②③
- D. ③④

【精析】 牛顿运动定律适用于“低速”“宏观”物体, 而动量守恒定律和能量守恒定律是自然界中的普适规律, 在中微子转化为 μ 子和 τ 子时, 动量守恒和能量守恒定律仍然适用, 当 μ 子与中微子的运动方向一致时, τ 子的运动方向有可能与中微子的运动方向相同, 也有可能中微子运动方向相反; 但 μ 子运动方向与中微子运动方向相反时, τ 子的运动方向与中微子的运动方向一定相同。

【解答】 C。