



总主编◎李朝东

# 教材

# 解析

JIAOCAIJIEXI

人教国标

## 高中物理

### 选修2-3



中国少年儿童新闻出版总社  
中国少年儿童出版社

经典  
学

总主编◎李朝东

教材

解析

JIAOCAIJIEXI

本册主编：李永仁

人教国标

高中物理

选修 2-3

 中国少年儿童新闻出版总社  
中国少年儿童出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

经纶学典·教材解析·物理·2-3:选修/李朝东主编;李永仁  
编写. —北京:中国少年儿童出版社, 2007.5  
ISBN 978-7-5007-8593-4

I. 经… II. ①李…②李… III. 物理课—高中—教学  
参考资料 IV. G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 055721 号

**经纶学典·教材解析  
物 理 选修 2-3  
(人教国标)**

 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: 李朝东

责任编辑: 赵海力 梁丽贤

地 址: 北京东四十二条 21 号

电 话: 010-62006940

E-mail: dakaiming@sina.com

封面设计: 杭永鸿

责任印务: 栾永生

邮政编码: 100708

传 真: 010-62006941

印刷: 合肥瑞丰印务有限公司

经销: 新华书店

开本: 880×1230

1/16

印张: 120

本次印数: 10000 册

2007 年 7 月第 1 版

2007 年 7 月安徽第 1 次印刷

ISBN 978-7-5007-8593-4/G·6380

定价: 168.00 元(共十册)

图书若有印装问题,请随时向承印厂退换。  
版权所有,侵权必究。

当一道道疑似难题摆在你面前时，是胸有成竹，还是

找不着头绪？如果是前者，那恭喜你，你已经跨越了教材与考试之间的差距；如果是后者，那你也别急，《经纶学典·教材解析》在教材与考试间为你搭建一个沟通平台。

不少同学有这样的感觉：教材都熟悉了，课堂上也听懂了，但考试却取不到好成绩。原因在于教材内容与考试要求有差距，课堂教学与选拔性考试有差别。这就需要在教材之上、课堂之外能够得到补充、提升，直至达到高考的选拔要求。本书就是从以下两个方面填补这种差距。

**首先是对教材的深度挖掘。**教材内容通俗易懂，但里面包含着丰富的信息，我们把教材所包含的信息挖掘出来，并进行系统整理，让知识内涵和外延、知识间的联系充分展现。

**第二是对课堂教学的补充和拓展。**本书不是对课堂教学的重复，而是在课堂教学基础上，对课堂教学进行补充、提高，挖掘那些学生难以理解、难以掌握的内容，进行归纳和总结，为学生穿起一条规律性的“线”。物理侧重物理现象的过程分析，各种问题的专题归纳，解题模型的建立，物理实验的设计评价等。这些由于课堂教学时间限制或教师水平发挥的问题，在课堂上并没有全部传授给学生，而这些恰恰就是考试中要考查的，学生拉开差距的所在。

正是本着上述编写理念，本丛书以学生为中心，用最易理解的表现形式呈现学习中难以理解的部分。希望本书为你的成长助力，有更好的想法和意见请登录：[www.jing-lun.cn](http://www.jing-lun.cn)。

编者  
经纶学典

## 读者反馈表

尊敬的读者：

您好！感谢您使用《经纶学典·教材解析》！

为了不断提高图书质量，恳请您写下使用本书的体会与感受，我们将真诚地吸纳。在修订时将刊登您的意见，并予以一定的奖励，以表达我们诚挚的谢意。

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 读者简介                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 姓 名  | 性 别                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 出生年月 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 所在学校 | 通讯地址                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 联系方式 | (H): (O):<br>手机: E-mail:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |
| 本书情况                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |      | 学 科                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 版 本  | 年 级                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |
| 您对本书栏目的评价：<br>1. 教材梳理：<br>全面 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 不全面 <input type="checkbox"/><br>2. 教材拓展：<br>难 <input type="checkbox"/> 合理 <input type="checkbox"/> 易 <input type="checkbox"/><br>3. 典型题解：<br>全面 <input type="checkbox"/> 不全面 <input type="checkbox"/><br>4. 针对性练习：<br>难 <input type="checkbox"/> 合理 <input type="checkbox"/> 易 <input type="checkbox"/><br>5. 拓展阅读：<br>需要 <input type="checkbox"/> 不需要 <input type="checkbox"/><br>6. 五年高考回放：<br>需要 <input type="checkbox"/> 不需要 <input type="checkbox"/> |      | 您对本书体例形式的评价：<br>1. 栏目设置：<br>过多 <input type="checkbox"/> 适中 <input type="checkbox"/> 过少 <input type="checkbox"/><br>2. 题空：<br>过大 <input type="checkbox"/> 正好 <input type="checkbox"/> 过小 <input type="checkbox"/><br>3. 版式：<br>美观 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 不美观 <input type="checkbox"/><br>4. 封面：<br>美观 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 不美观 <input type="checkbox"/> |      | 您的购买行为：<br>1. 您购买本书的途径：<br>广 告 <input type="checkbox"/> 教师推荐 <input type="checkbox"/><br>家长购买 <input type="checkbox"/> 学校统一购买 <input type="checkbox"/><br>自己购买 <input type="checkbox"/> 同学推荐 <input type="checkbox"/><br>2. 您购买本书的主要原因(可多选)：<br>广告宣传 <input type="checkbox"/> 包装形式 <input type="checkbox"/><br>内 容 <input type="checkbox"/> 图书价格 <input type="checkbox"/><br>封面设计 <input type="checkbox"/> 书 名 <input type="checkbox"/> |  |
| 您对本书的其他意见：                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |

欢迎登录：[www.jing-lun.cn](http://www.jing-lun.cn)

通信地址：南京红狐教育传播研究所(南京市租用 16-02#信箱)

邮编：210016



# 目录

M U L U

## 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)     | 6  |
| 3 动量守恒定律(二)     | 15 |
| 4 碰撞            | 24 |
| 5 反冲运动 火箭       | 33 |
| 6 用动量概念表示牛顿第二定律 | 42 |
| 本章总结            | 52 |
| 本章测试题           | 58 |

## 第十七章 波粒二象性

|                 |    |
|-----------------|----|
| 1 能量量子化:物理学的新纪元 | 61 |
| 2 科学的转折:光的粒子性   | 65 |
| 3 崭新的一页:粒子的波动性  | 75 |
| 4 概率波           | 81 |
| 5 不确定性关系        | 81 |
| 本章总结            | 86 |
| 本章测试题           | 89 |

## 第十八章 原子结构

|             |     |
|-------------|-----|
| 1 电子的发现     | 92  |
| 2 原子的核式结构模型 | 99  |
| 3 氢原子光谱     | 105 |
| 4 玻尔的原子模型   | 109 |
| 本章总结        | 118 |
| 本章测试题       | 121 |



M U L U

目录

## 第十九章 原子核

|             |     |
|-------------|-----|
| 1 原子核的组成    | 123 |
| 2 放射性元素的衰变  | 129 |
| 3 探测射线的方法   | 136 |
| 4 放射性的应用与防护 | 136 |
| 5 核力与结合能    | 142 |
| 6 重核的裂变     | 148 |
| 7 核聚变       | 154 |
| 8 粒子和宇宙     | 160 |
| 本章总结        | 164 |
| 本章测试题       | 168 |

## 第十六章

## 章

## 动量守恒定律

## 1 实验:探究碰撞中的不变量

## A

## 教材梳理

## 知识点一 知识梳理

该实验的目的是追寻碰撞过程中的不变量,由于质量不是描述运动状态的量,因此我们需要在包括物体质量和速度在内的整体关系中探究哪些是不变的,所以实验中需要一方面控制碰撞必须是一维碰撞,另一方面还要测量物体的质量和速度,并通过计算探究不变量存在的可能性。

## 知识点二 实验的基本思路

## 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. 追求不变量

在一维碰撞的情况下,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  $v_1'$ 、 $v_2'$ ,如果速度与我们规定的正方向一致取正值,相反取负值,依次研究以下关系是否成立。

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

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

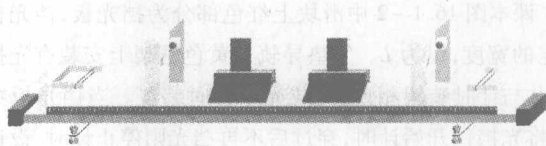
$$(3) m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2 = m_1 v_1'^2 + m_2 v_2'^2;$$

$$(4) \frac{v_1}{m_1} + \frac{v_2}{m_2} = \frac{v_1'}{m_1} + \frac{v_2'}{m_2}。$$

## 知识点三 实验案例

## 案例(一)

实验装置如图所示。不同的质量可以通过在滑块上加重物的办法实现。应用气垫导轨很容易控制滑块碰撞前的速度或使它在碰撞前静止。因此,这个方案是本实验的首选。



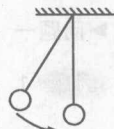
|               | 碰撞前                                 |       | 碰撞后                                   |        |
|---------------|-------------------------------------|-------|---------------------------------------|--------|
| 质量            | $m_1$                               | $m_2$ | $m_1$     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

从以上列表中的三个关系中,找出碰撞前和碰撞后是否相等。

结论:碰撞前后小车的质量与速度的乘积之和是相等的,即碰撞过程中质量与速度的乘积之和是不变量。

## 案例(二)

实验装置如图所示。把两个小球用线悬挂起来,一个小球静止,拉起另一个小球,放下时它们相碰。

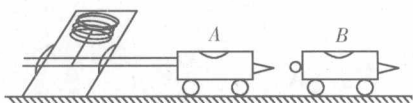


可以测量小球被拉起的角度。从而算出落下时的速度;测量被撞小球摆起的角度,从而算出球被撞后的速度。

也可以用贴胶布、双面胶等方法增大两球碰撞时的能量损失。

## 案例(三)

如图所示,将打点计时器固定在光滑桌面一端,把纸带穿过打点计时器,连在小车的后面。让小车 A 运动,小车 B 静止。在两小车的碰撞端分别装上撞针和橡皮泥,碰撞时撞针插入橡皮泥中,把两个小车连接成一体,通过纸带测出它们碰撞前后的速度。



将以上三个实验过程中测得的数据填自制的下表中,然后探究不变量。

## B 教材拓展

(1) 保证发生一维碰撞: 可以利用凹槽或气垫导轨限定在同一直线上进行碰撞。

(2) 速度的测量:

参考案例一中“光电计时装置”测滑块速度原理。

课本图 16.1-2 中滑块上红色部分为挡光板, 挡光板有一定的宽度, 设为  $L$ 。气垫导轨上黄色框架上安装有光控开关, 并与计时装置相连, 构成光电计时装置。当挡光板穿入时, 将光挡住开始计时, 穿过后不再挡光则停止计时, 设记录的时间为  $t$ , 则滑块相当于在  $L$  的位移上运动了时间  $t$ , 所以滑块匀速运动的速度  $v = \frac{L}{t}$ 。

(3) 探究的各物理量意义:

$mv$ : 速度与质量乘积, 表示物体动量;

$mv^2$ : 质量与速度二次方乘积, 动能的 2 倍;

$\frac{v}{m}$ : 速度与质量的比值。

(4) 通过实验证明两个物体碰撞前后各自的质量与自己的速度的乘积是不变量, 即关系式:  $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$  成立。

## C 典型题解

### ► 问题一 实验操作过程

**例题 1** 在课本参考案例(二)中, 下列说法正确的是

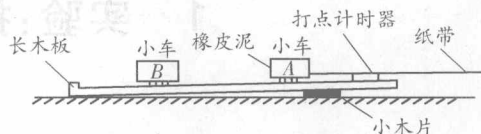
- A. 悬挂两球的细绳长度要适当, 且等长
- B. 由静止释放小球以便较准确地计算小球碰前的速度
- C. 两小球必须都是钢性球, 且质量相同
- D. 两小球碰后可以粘合在一起共同运动

**【解析】** 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  $mgh = \frac{1}{2}mv^2 - 0$ , 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。

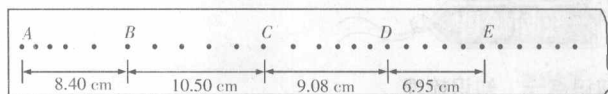
**【答案】** ABD

### ► 问题二 实验数据的处理

**例题 2** 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, 他设计的装置如图甲所示。在小车 A 后面连着纸带, 电磁打点计时器电源频率为 50 Hz, 长木板的一端下垫着小木片用以平衡摩擦力。



甲



乙

(1) 若已得到打点纸带如图乙所示, 并测得各计数点间距离标在图上, A 为运动起始的第一点, 则应选 \_\_\_\_\_ 段起计算 A 碰撞前速度, 应选 \_\_\_\_\_ 段来计算 A 和 B 碰撞后的共同速度。

(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:

碰撞前两车质量与速度乘积之和为 \_\_\_\_\_  $\text{kg} \cdot \text{m/s}$ ;

碰撞后两车质量与速度乘积之和为 \_\_\_\_\_  $\text{kg} \cdot \text{m/s}$ 。

(3) 结论 \_\_\_\_\_。

**【解析】** (1) 从分析纸带上打点的情况看, BC 段既表示小车做匀速运动, 又表示小车有较大的速度, 而 AB 段相同时间内间隔不一样, 说明刚开始不稳定, 因此 BC 段较准确描述小车 A 碰撞前的运动情况, 故应选用 BC 段计算 A 碰撞前的速度, 从 CD 段打点情况看, 小车的运动情况还没稳定, 而在 DE 段小车运动稳定, 故应选 DE 段计算小车 A 和 B 碰撞后的共同速度。

(2) 小车 A 碰撞前速度

$$v_1 = \frac{BC}{T} = \frac{10.50 \times 10^{-2}}{0.1} \text{ m/s} = 1.050 \text{ m/s};$$

小车 A 碰前的质量与速度乘积为

$$m_1 v_1 = 0.40 \times 1.050 = 0.420 \text{ kg} \cdot \text{m/s}。$$

碰撞后小车 A、B 共同速度

$$v' = \frac{DE}{T} = \frac{6.95 \times 10^{-2}}{0.1} \text{ m/s} = 0.695 \text{ m/s};$$

两车碰撞后的质量与速度乘积之和为

$$m_1 v_1' + m_2 v_1' = (m_1 + m_2) v_1' = (0.40 + 0.20) \times 0.695 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 0.417 \text{ kg} \cdot \text{m/s}。$$

**[答案]** (1)  $BC \quad DE$  (2) 0.420 0.417 (3) 碰前的质量与速度乘积之和等于碰后的质量与速度乘积之和,即碰撞过程中的不变量为质量与速度乘积之和

**[点评]** 明确碰撞前后及碰撞中小车的运动情况,并会通过纸带来分析研究小车的运动,从而找出不变量。

**例 3** 如图所示,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 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(闪光时间间隔为 0.4 s),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?



**[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  $t_1 = \frac{\Delta s''_A}{v'_A} = \frac{0.15}{0.75} \text{ s} = 0.2 \text{ s}$ ,由此可知:从拍摄第一次照片到发生碰撞的时间为  $t_2 = (0.4 - 0.2) \text{ s} = 0.2 \text{ s}$ ,则碰撞前  $B$  物体的速度为  $v_B = \frac{\Delta s''_B}{\Delta t_2} = \frac{0.2}{0.2} \text{ m/s} = 1.0 \text{ m/s}$ ,由题意得  $v_A = 0$ 。

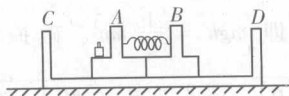
(2) 碰撞前:  $m_A v_A + m_B v_B = 1.5m_A$ ,

碰撞后:  $m_A v'_A + m_B v'_B = 0.75m_A + 0.75m_A = 1.5m_A$ ,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。

**[答案]** (1)  $v_A = 0 \quad v_B = 1.0 \text{ m/s} \quad v'_A = 0.75 \text{ m/s} \quad v'_B = 0.5 \text{ m/s}$  (2) 是不变量

### ► 问题三 实验原理及注意事项

**例 4** 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,同时起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  $D$  碰撞同时,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\_\_\_\_\_。

**[解析]** (1) 为了保证滑块  $A$ 、 $B$  作用后做匀速直线运动,必须使气垫导轨水平,需要用水准仪加以调试。

(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  $(M + m) \frac{L_1}{t_1} - M \frac{L_2}{t_2}$ 。

**[答案]** (1) 用水准仪测量使得导轨水平 (2)  $A$  至  $C$  的距离  $L_1$ 、 $B$  至  $D$  的距离  $L_2$  (3)  $0 \quad (M + m) \frac{L_1}{t_1} - M \frac{L_2}{t_2}$

**[点评]** 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。

### D 针对性练习

1. 在“探究碰撞中的不变量”的实验中,为了顺利地完成任务,入射球质量为  $m_1$ ,被碰球质量为  $m_2$ ,二者关系应是

A.  $m_1 > m_2$

B.  $m_1 = m_2$

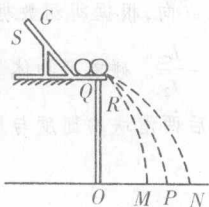
C.  $m_1 < m_2$

D. 以上三个关系都可以

2. 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

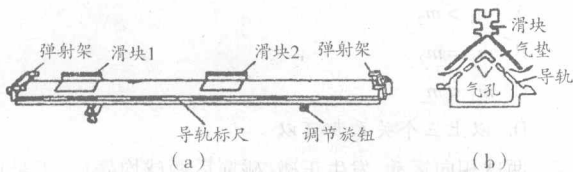
- B. 两球的速度大小相同  
C. 两球的质量与速度的乘积之和的大小相等  
D. 以上都不能断定
3. 在“探究验证”的实验一中,若绳长  $l$ ,球 1、2 分别由偏角  $\alpha$  和  $\beta$  静止释放,则在最低点碰撞前的速度大小分别为 \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_. 若碰撞后向同一方向运动最大偏角分别为  $\alpha'$  和  $\beta'$ ,则碰撞后两球的瞬时速度大小分别为 \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。
4. 如图是研究两小球碰撞的实验示意图,已知它们的质量分别为  $m_1$  和  $m_2$ ,且  $m_1 = 2m_2$ ,两小球的半径  $r$  相同,都等于 1.2 cm。当小球  $m_1$  从 A 处沿斜槽滚下经槽的末端水平飞出后落在地面上的 P 点处。当  $m_1$  仍从 A 点滚下与支柱上的小球  $m_2$  对心碰撞后, $m_1$ 、 $m_2$  分别落到 M 和 N 点处,用直尺测得  $OM = 19.0$  cm,  $ON = 68.2$  cm,  $OP = 52.3$  cm。设碰撞前瞬间  $m_1$  的速度大小为  $v_1$ ,碰撞后瞬间  $m_1$ 、 $m_2$  的速度大小分别为  $v_1'$ 、 $v_2'$ ,小球做平抛运动的时间为  $T$ ,则  $v_1 =$  \_\_\_\_\_ cm/s,  $v_1' =$  \_\_\_\_\_ cm/s,  $v_2' =$  \_\_\_\_\_ cm/s。通过以上实验数据,可以得到的结论是 \_\_\_\_\_。



5. 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:

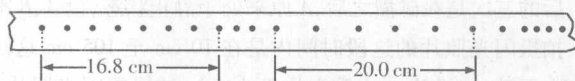
- ①安装好气垫导轨,调节气垫导轨的调节旋钮,使导轨水平;  
②向气垫导轨通入压缩空气;



- 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;

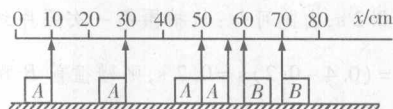
- ④滑块 1 挤压导轨左端弹射架上的橡皮绳;  
⑤把滑块 2 放在气垫导轨的中间;  
⑥先 \_\_\_\_\_,然后 \_\_\_\_\_,让滑块带动纸带一起运动;  
⑦取下纸带,重复步骤④⑤⑥,选出较理想的纸带如下图所示:



- 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 \_\_\_\_\_。

6. A、B 两滑块在同一光滑的水平直导轨上相向运动发生碰撞(碰撞时间极短)。用闪光照相,闪光 4 次摄得的闪光照片如下图所示。已知闪光的时间间隔为  $\Delta t$ ,而闪光本身持续时间极短,在这 4 次闪光的瞬间,A、B 两滑块均在 0 ~ 80 cm 刻度范围内,且第一次闪光时,滑块 A 恰好通过  $x = 55$  cm 处,滑块 B 恰好通过  $x = 70$  cm 处,问:



- (1)碰撞发生在何处?  
(2)碰撞发生在第一次闪光后多长时间?  
(3)设两滑块的质量之比为  $m_A : m_B = 2 : 3$ ,试分析碰撞前后两滑块的质量与速度乘积之和是否相等?

#### 【参考答案】

1. D  
2. C  
3. 见解析 解析:碰撞前和碰撞后两球运动时,各自满足机械能守恒,即  $mgh = \frac{1}{2}mv^2$ 。碰撞前:球 1:  $v_1 = \sqrt{2gl(1 - \cos \alpha)}$  球 2:  $v_2 = \sqrt{2gl(1 - \cos \beta)}$  碰撞后:

$$\text{球 } 1: v_1' = \sqrt{2gl(1 - \cos \alpha')} \quad \text{球 } 2: v_2' = \sqrt{2gl(1 - \cos \beta')}.$$

4.  $\frac{52.3}{T} \quad \frac{19.0}{T} \quad \frac{68.2}{T}$  在误差范围内碰撞前与碰撞后两小球质量与速度乘积之和是不变的 解析:  $P$  点是碰撞前  $m_1$  的落地点, 所以  $v_1 = \frac{52.3}{T}$ .  $M$  点是碰撞后  $m_1$  的落地点, 所以  $v_1' = \frac{19.0}{T}$ .  $N$  点是碰撞后  $m_2$  的落地点, 所以  $v_2' = \frac{68.2}{T}$ . 碰撞前的质量与速度乘积之和为  $m_1 v_1 = m_1 \times$

$\frac{52.3}{T}$ . 碰撞后的质量与速度乘积之和为  $m_1 v_1' + m_2 v_2' = m_1 \times \frac{19.0}{T} + m_2 \times \frac{68.2}{T} = m_1 \left( \frac{19.0 + 34.1}{T} \right) = m_1 \times \frac{53.1}{T}$ , 由此可得到的结论是: 在误差范围内, 碰撞前与碰撞后两小球质量与速度乘积之和是不变的。

5. (1) 接通打点计时器的电源 放开滑块 1 (2) 0.620 0.618 (3) 纸带与打点计时器的限位孔有摩擦 解析: 作用前滑块 1 的速度  $v_1 = \frac{0.2}{0.1} \text{ m/s} = 2 \text{ m/s}$ , 其质量与速度的乘积为  $0.31 \text{ kg} \times 2 \text{ m/s} = 0.620 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ , 作用后滑块 1 和滑块 2 具有相同的速度  $v = \frac{0.168}{0.14} \text{ m/s} = 1.2 \text{ m/s}$ , 其质量与速度的乘积之和为  $(0.310 \text{ kg} + 0.205 \text{ kg}) \times 1.2 \text{ m/s} = 0.618 \text{ m/s}$ .

6. (1) 60 cm (2)  $\frac{\Delta t}{2}$  (3) 碰撞前后两滑块的质量与速度乘积之和相等 解析: (1) 据题意分析知: 碰撞发生在第 1、2 两次闪光时刻之间, 碰后  $B$  静止, 故碰撞发生在  $x = 60 \text{ cm}$  处. (2) 碰撞后  $A$  向左做匀速运动, 设其速度为  $v_A'$ , 则

$$\Delta v_A' \Delta t = 20,$$

碰撞到第二次闪光时  $A$  向左运动 10 cm, 时间为  $t'$ , 有

$$v_A' t' = 10,$$

第一次闪光到发生碰撞时间为  $t$ , 有  $t + t' = \Delta t$ ,

由以上各式得  $t = \frac{\Delta t}{2}$ .

(3) 取向右为正方向

碰撞前:  $A$  的速度  $v_A = \frac{5}{\Delta t/2}$ ,  $B$  的速度为  $v_B = -\frac{10}{\Delta t/2}$ ,

质量与速度的乘积之和为  $m_A v_A + m_B v_B = m_A \times \frac{5}{\Delta t/2} + m_B \times \frac{-10}{\Delta t/2} = -m_A \times \frac{20}{\Delta t}$ .

碰撞后:  $A$  的速度为  $v_A' = -\frac{10}{\Delta t/2}$ ,  $B$  的速度为  $v_B' = 0$ ,

$$\begin{aligned} \text{质量与速度的乘积之和为 } m_A v_A' + m_B v_B' &= m_A \times \left( -\frac{10}{\Delta t/2} \right) + 0 \\ &= -m_A \times \frac{20}{\Delta t}. \end{aligned}$$

由此可得碰撞前后两滑块的质量与速度乘积之和相等。

### E 课后答案点拨

1. 2 球增加的质量与速度的乘积与 1 球所减小的质量与速度的乘积相等 点拨: 在碰撞中 2 球的质量与速度的乘积的增加量为  $0.1 \times 9 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ , 1 球的质量与速度的乘积的减小量为  $0.3 \times (8 - 5) \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 0.9 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ . 可见, 在这些碰撞中 2 球增加的质量与速度的乘积与 1 球所减小的质量与速度的乘积相等。

2. 碰撞前后质量与速度的乘积之和是相等的 点拨: 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, 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  $B$  车碰撞后连在一起做匀速直线运动的速度为

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

碰撞前两车的质量与速度的乘积之和为

$$m_A v = 0.6 \times 0.9 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 0.54 \text{ kg} \cdot \text{m/s};$$

碰撞后两车的质量与速度的乘积之和为

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

可见质量与速度的乘积在碰撞前后是相等的。

### F 拓展阅读

探究碰撞中的不变量方法有多种(比如本节所述就有三种方案), 但不论哪种, 都要从生产、生活中的现象(包括实验现象)中提出问题, 然后猜想, 再去设计实验来验证。这就需要学生亲自动手, 体验寻找碰撞中的不变量。

对实验结果的分析 and 论证应该明确, 有限次简单的测量是得不出普适性的物理规律的, 要通过长期的实验分析和论证。科学探究应该注意的就是猜想与假设这两个要素, 猜想和假设是创造性思维中最活跃的因素, 自然规律不是根据有限的(尽管可知是大量的)事实归纳出来的, 就知识的建立常常不在于实验证据的多寡, 而在于研究者的洞察力。科学中的重大发现是这样, 日常生活与工作中的新认识、新见解也是这样。

## 2 动量守恒定律(一)

### A 教材梳理

#### 知识点一 动量

1. 定义:物体的质量  $m$  与速度  $v$  的乘积叫物体的动量。

用符号  $p$  表示,即  $p = mv$ 。

2. 动量的矢量性:动量既有大小,又有方向,是矢量,动量的方向由速度的方向决定,运算遵循矢量运算法则。

3. 单位:国际单位是千克·米/秒,符号是  $\text{kg} \cdot \text{m/s}$ 。

注意:(1)动量是矢量,动量与动量变化量的区别。

(2)动量是状态量,对应瞬时时刻或某一位置的状态。

#### 知识点二 系统、内力和外力

1. 系统:所选定的有相互作用的物体组称为系统。包含两个或两个以上的物体。

2. 内力:系统中各物体之间的相互作用力。

3. 外力:外部其他物体对系统内各物体的作用力。

注意:内力与外力随系统的变化而变化。

#### 知识点三 动量守恒定律

1. 内容:如果一个系统不受外力,或者所受外力的矢量和为零,这个系统的总动量保持不变,这就是动量守恒定律。

2. 表达式:对两个物体组成的系统,常写成:

$$p_1 + p_2 = p_1' + p_2' \text{ 或 } m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

3. 适用条件:系统不受外力或者所受外力之和为零。

### B 教材拓展

#### 拓展点一 动量的变化量

因为动量是矢量,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  $p$  就发生变化。

(1)动量的变化量公式  $\Delta p = p_2 - p_1 = mv_2 - mv_1$ 。

(2)同一直线上的动量变化的计算。

根据动量的变化量公式  $\Delta p = p_2 - p_1$ ,我们在求同一直线上的动量变化量时可按以下步骤:

①选定一个正方向,一般以初速度方向为正方向。

②确定动量变化前后两个时刻的动量  $p_1$  和  $p_2$ ,注意其中的正负号,即与正方向相同的量为正号,与正方向相反的量为负号。

③代入  $\Delta p = p_2 - p_1$  式中进行计算,计算结果为正,表示其方向与正方向相同;结果为负,表示其方向与正方向相反。

注意:(1)由于动量是矢量,因此上式是矢量式,即动量的变化  $\Delta p$  不是指动量数值的增大或减小。

(2)物体在一条直线上的矢量运算,在规定正方向后,可转换成代数运算。

#### 拓展点二 内力和外力的区分

内力和外力是相对的,两个物体相互作用,如果选择每个物体为研究对象,则对每个相互作用的物体来说都是外力,它参与每个物体运动状态的变化;若选择两个物体构成的系统(整体)为研究对象,则此时相互作用力称为内力。

注意:内力能引起系统内单个物体的动量变化,但不会引起系统动量总量的变化。

#### 拓展点三 动量守恒定律的理解要点

1. 系统性:动量守恒定律反映的是两个或两个以上物体组成的系统,在相互作用过程中的动量变化规律。所以动量守恒定律的研究对象是一个系统,而不是单个物体,应用动量守恒定律解题时,应明确所研究的系统是由哪些物体构成的。

2. 矢量性:动量守恒定律的表达式是一个矢量式,其矢量性表现在:(1)系统的总动量在相互作用前后,不仅大小相等,同时方向也相同。因此系统初状态总动量的方向决定了末状态总动量的方向,反过来,根据末状态总动量的方向也可判断初状态总动量的方向。(2)在求初、末状态系统的总动量时,要按矢量运算法则计算。如果在一条直线上时,可选定一个正方向,将矢量运算转化为代数运算。

3. 相对性:在动量守恒定律中,系统中各物体在相互作用前后的动量,必须相对于同一参考系。解题时,常取地面为参考系,各物体的速度均为对地的速度。

4. 同时性:动量守恒定律中的  $p_1$ 、 $p_2$ ...必须是系统中各物体在相互作用前同一时刻的动量, $p_1'$ 、 $p_2'$ ...必须是系统中各物体在相互作用后同一时刻的动量。

#### 拓展点四 动量守恒定律应用的三种情况

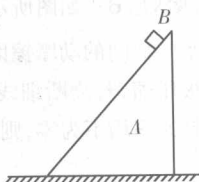
1. 系统不受外力或所受外力之和为零。

例如:两小球在光滑水平面上运动时,都受到重力和桌面的支持力作用,但小球所受的这两个力都相互平衡,因而系统

受到的合外力为零,相当于没有受到外力作用。

2. 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,则这个方向上的动量守恒。

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,而且它们运动时的动量大小相等、方向相反,其总动量还是零。



(3) 若系统受到的合外力不为零,但系统的内力(即系统间的相互作用力)远大于外力,可以认为系统的动量守恒。

这时系统的内力往往是指相互作用时的瞬时力,如爆炸、碰撞等过程。

例如:在空中爆炸的炸弹,炸弹受到重力的作用,合外力不为零,但在爆炸过程中火药的爆炸力比其重力大得多,则可认为爆炸过程中的动量守恒。

## C 典型题解

### ► 问题一 动量的概念

**例题 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]** CD

**[点评]** 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。

### ► 问题二 动量变化的计算

**例题 2** 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  $h = 0.45 \text{ m}$ ,则球与地面接触这段时间内动量的变化为多少?

**[解析]** 本题考查动量的变化量,解题的关键是弄清初末状态的动量及方向。

**[答案]** 取向下的方向为正,则由  $H$  处下落,与地面接触前瞬间的速度  $v_1 = \sqrt{2gH} = 4 \text{ m/s}$ ,这时的动量  $p_1 = mv_1 = 0.2 \text{ kg} \times 4 \text{ m/s} = 0.8 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 。与地面接触后离开地面前瞬间的速度  $v_2 = -\sqrt{2gh} = -3 \text{ m/s}$ ,这时的动量  $p_2 = mv_2 = 0.2 \text{ kg} \times 3 \text{ m/s} = 0.6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 。则  $\Delta p = p_2 - p_1 = [(-0.6) - 0.8] \text{ kg} \cdot \text{m/s} = -1.4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ 。动量的变化方向为负,说明动量的变化方向向上。

**[点评]** 在求物体动量的变化时,正方向的选取是任意的,比如本题,也可以取向上为正方向,则  $p_1 = -0.8 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ ,  $p_2 = 0.6 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ ,则  $\Delta p = p_2 - p_1 = [0.6 - (-0.8)] \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 1.4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ ,动量变化的方向为正,也说明动量的变化方向向上。所以说,对于正方向的选取并不影响其实际的结果。但需注意,一旦选定正方向后,各矢量的正负就确定了。

### ► 问题三 动量守恒的条件

**例题 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

**[解析]** 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最后一只手后系统所具有的总动量相等,即不为零,D对。

[答案] ACD

[点评] 动量守恒定律都有一定的适用范围,在应用这一定律时,必须明确它的使用条件,不可盲目地套用。

**例题 4** 若物体在运动过程中受到的合外力不为零,则 ( )

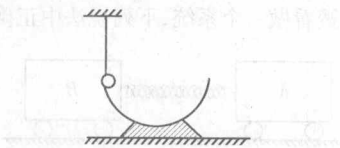
- A. 物体的动能不可能总是不变的
- B. 物体的动量不可能总是不变的
- C. 物体的加速度一定变化
- D. 物体的速度方向一定变化

[解析] 由“合外力不为零”可知,物体不可能做匀速直线运动,其他各种情况皆可能存在。

- (1)当物体做匀速圆周运动时,动能不变,A错。
- (2)当合外力恒定时,加速度不变,故C错。
- (3)当物体做单向直线运动时,D错。

[答案] B

**例题 5** 如图所示,光滑圆槽的质量为  $M$ ,静止在光滑的水平面上,其内表面有一小球被细线吊着恰位于槽的边缘处,如果将线烧断,则小球滑到另一边的最高点时,圆槽的速度为 ( )



- A. 0
- B. 向左
- C. 向右
- D. 无法确定

[解析] 小球和圆槽组成的系统在水平方向不受外力,故系统在水平方向上的动量守恒( $\Delta p_x = 0$ )。

细线被烧断瞬间,系统在水平方向的总动量为零。又知小球到达最高点时,球与槽水平方向上有共同速度,设为  $v'$ ,由动量守恒定律有:  $0 = (M + m)v'$ ,所以  $v' = 0$ 。正确答案为选项 A。

[答案] A

[点评] 小球和圆槽组成系统在竖直方向上受到重力和地面支持力,两者不平衡,故竖直方向动量不守恒(小球有竖直方向速度)。

小球在圆槽内运动速度如果不与圆槽速度相等,则小球在槽内将进一步运动,小球就没有到达其在圆槽内的最高点。当其到达最高点时,说明小球没有竖直方向的速度(否则还

要进一步上升),其水平速度与圆槽的速度相同。

#### ►问题四 动量守恒定律的应用

**例题 6** 如图所示,两物块质量关系为  $m_1 = 2m_2$ ,两物块与水平面间的动摩擦因数  $\mu_2 = 2\mu_1$ ,两物块原来静止,轻质弹簧被压缩,若烧断细线后,弹簧恢复到原长时,两物块脱离弹簧且速率均不为零,则 ( )



- A. 两物块在脱离弹簧时速率最大
- B. 两物块在刚脱离弹簧时速率之比为  $\frac{v_1}{v_2} = \frac{1}{2}$
- C. 两物块的速率同时达到最大
- D. 两物块在弹开后同时达到静止

[解析] 烧断细线后,对  $m_1$ 、 $m_2$  及弹簧组成的系统,在  $m_1$ 、 $m_2$  运动过程中,都受到滑动摩擦力的作用,其中  $F_1 = \mu_1 m_1 g$ ,  $F_2 = \mu_2 m_2 g$ ,根据题设条件,两摩擦力大小相等,方向相反,系统所受外力的合力为零,动量守恒。

两物块未脱离弹簧时,在水平方向各自受到弹簧力和地面对物体的摩擦力作用,其运动过程分为两个阶段:先是弹簧弹力大于摩擦力,物块做变加速运动,直到弹簧弹力等于摩擦力时,物块速度达到最大,此后弹簧弹力小于摩擦力,物块做变减速运动,弹簧恢复原长时,两物块与弹簧脱离。

脱离弹簧后,物块在水平方向只受摩擦力作用,做匀减速运动,直到停止。

综合以上分析可知,A选项是错误的,在从开始直到最后停止的整个过程中,系统动量守恒,则有

$$0 = m_1 v_1 - m_2 v_2,$$

显然,任一时刻,两物块的速率之比  $\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1} = \frac{1}{2}$ ;当  $v_1$  最大时, $v_2$  亦最大;当  $v_1 = 0$  时,亦有  $v_2 = 0$ ,所以 B、C、D 选项都正确。

[答案] BCD

[点评] 对于所研究的系统,只要所受外力的合力为零,无论有多少个过程,无论系统内各物体是否接触,也无论系统内物体间相互作用力的性质如何,其动量守恒定律都适用。解题中既可以对分过程列式,也可以对全过程列式,无须考虑过程的细节。

#### ►问题五 动量守恒的矢量性

**例题 7** 质量为 3 kg 的小球 A 在光滑水平面上以 6 m/s 的速度向右运动,恰遇上质量为 5 kg 的小球 B 以 4 m/s 的速度向左运动,碰撞后 B 球恰好静止,求碰撞后 A 球的速度。

[解析] 本题考查动量守恒定律的应用,解题时特别注意动

量的方向。两球在光滑水平面上运动,碰撞过程中系统所受合外力为零,因此系统动量守恒。碰撞前两球动量已知,碰撞后B球静止,取A球初速度方向为正,由动量守恒定律列式即可求解。

**[答案]** 对A、B组成的系统,由动量守恒定律得:

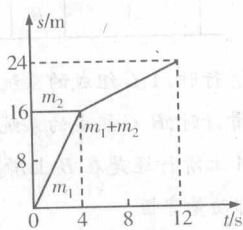
$$m_A v_A + m_B v_B = m_A v_A', \\ v_A' = \frac{m_A v_A + m_B v_B}{m_A} = \frac{3 \times 6 + 5 \times (-4)}{3} \text{ m/s} \approx -0.67 \text{ m/s}.$$

即碰后A球速度大小为0.67 m/s,方向向左

**[点评]** (1) 动量守恒定律是矢量式,解题中要注意正方向的选取及始末状态各动量的方向。(2) 应用动量守恒定律的一般步骤为:①确定研究对象;②分析系统的受力情况,判定系统是否满足动量守恒;③选取正方向,分析系统的初、末状态的动量;④利用动量守恒定律列方程求解。

### ► 问题六 动量守恒定律的理解

**例题 8** (动量守恒与运动图象) 质量为1 kg的物体 $m_1$ ,以某一初速度在水平面上滑行,过一段时间后与 $m_2$ 发生碰撞,其位移随时间变化的情况如图所示,若 $g$ 取 $10 \text{ m/s}^2$ ,则 $m_2 =$           kg。

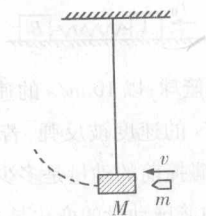


**[解析]** 通过位移—时间图象,挖掘出两个物体运动的信息——碰撞前、后两个物体的速度,形成物理情景,运用动量守恒定律求解。

位移—时间图象的斜率表示物体运动的速度,由各段直线的斜率知碰前 $m_1$ 匀速运动, $v_1 = 4 \text{ m/s}$ , $m_2$ 静止,碰后两者粘合在一起共同做匀速运动, $v = 1 \text{ m/s}$ ,由 $m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v$ ,解得 $m_2 = 3 \text{ kg}$ 。

**[答案]** 3

**例题 9** (动量守恒与圆周运动) 如图所示,质量为 $m$ 的子弹,以速度 $v$ 水平射入用轻绳悬挂在空中的木块,木块的质量为 $M$ ,绳长为 $L$ ,子弹停留在木块中,求子弹射入木块后的瞬间绳子张力的大小。



**[解析]** 物理过程共有两个阶段:射入阶段和圆周运动阶段。射入阶段可认为木块还未摆动,绳子没有倾斜,子弹和木块所组成的系统水平方向不受外力作用,动量守恒。子弹停留在木块中后以一定的速度做变速圆周运动,绳子倾斜,水平方向有了分力,动量不再守恒。

在子弹射入木块的这一瞬间,系统动量守恒。取向左为正方向,由动量守恒定律有: $0 + mv = (m + M) v_1$ ,

$$\text{解得} \quad v_1 = \frac{mv}{m + M}.$$

随后整体 $(m + M)$ 以速度 $v_1$ 向左摆动做圆周运动。在圆周运动的最低点,整体只受重力 $(m + M)g$ 和绳子的拉力 $F$ 作用,由牛顿第二定律有(取向上为正方向):

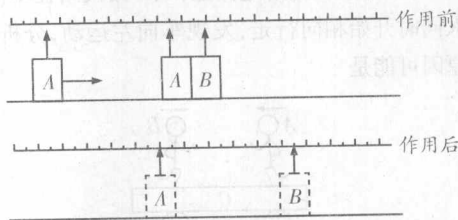
$$F - (m + M)g = (m + M) \frac{v_1^2}{L}.$$

$$\text{将 } v_1 \text{ 代入即得: } F = (m + M)g + (m + M) \frac{v^2}{L} \\ = (m + M)g + \frac{m^2 v^2}{(m + M)L}.$$

$$\text{[答案]} \quad (m + M)g + \frac{m^2 v^2}{(m + M)L}$$

**例题 10** (动量守恒的实验探究) 图是A、B两滑块碰撞前后闪光照片的示意图(部分)。图中滑块A的质量为0.14 kg,滑块B的质量为0.22 kg,所用标尺的分度值是0.5 cm,每秒闪光10次。试根据图示回答:

- (1) 作用前后滑块A动量的增量为多少? 方向如何?
- (2) 碰撞前后总动量是否守恒?



**[解析]** 从图中A、B两位置的变化可得知,作用前,B是静止的;作用后B向右运动,A向左运动。图中相邻两刻线间的距离为0.5 cm,碰撞前,A物在 $\frac{1}{10} \text{ s}$ 内的位移为 $0.5 \times 10 \text{ cm} = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}$ 。碰撞后,A物向左移动,位移为 $0.5 \text{ cm} = 0.005 \text{ m}$ 。B向右移动,位移为 $0.5 \times 7 \text{ cm} = 0.035 \text{ m}$ ,所用时间皆为 $\frac{1}{10} \text{ s}$ 。

**[答案]** (1) 取向右为正方向,根据速度公式 $v = \frac{s}{t}$ 得

$$\text{碰撞前: } v_A = \frac{s_A}{t} = \frac{0.05}{0.1} \text{ m/s} = 0.5 \text{ m/s},$$

$$\text{碰撞后: } v_A' = \frac{s_A'}{t} = -\frac{0.005}{0.1} \text{ m/s} = -0.05 \text{ m/s},$$

$$v_B' = \frac{0.035}{0.1} \text{ m/s} = 0.35 \text{ m/s},$$

$$\Delta p_A = m_A v_A' - m_A v_A = 0.14 \times (-0.05) \text{ kg} \cdot \text{m/s} - 0.14 \times 0.5 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = -0.077 \text{ kg} \cdot \text{m/s}, \text{ 方向向左.}$$

(2) 碰撞前总动量

$$p = p_A = m_A v_A = 0.14 \times 0.5 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 0.07 \text{ kg} \cdot \text{m/s};$$

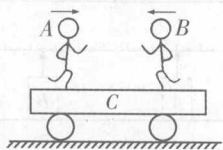
碰撞后总动量

$$p' = m_A v_A' + m_B v_B' = 0.14 \times (-0.05) \text{ kg} \cdot \text{m/s} + 0.22 \times 0.35 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 0.07 \text{ kg} \cdot \text{m/s},$$

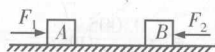
所以作用前后总动量守恒。

### D 针对性练习

- 下列关于动量的一些说法,正确的是 ( )
  - 质量大的物体,其动量一定大
  - 质量和速率都相同的物体,它们的动量一定相同
  - 一个物体的运动状态变化,它的动量一定改变
  - 物体的动能不变,它的动量也一定不变
- 把一支枪水平固定在小车上,小车放在光滑的水平地面上,枪发射出子弹时,关于枪、子弹、车的下列说法中正确的是 ( )
  - 枪和子弹组成的系统动量守恒
  - 枪和车组成的系统动量守恒
  - 只有忽略不计子弹和枪筒之间的摩擦,枪、车和子弹组成系统的动量才近似守恒
  - 枪、子弹、车组成的系统动量守恒
- 如图所示,小车放在光滑地面上,A、B两人站在车的两端,这两人同时开始相向行走,发现车向左运动,分析小车运动的原因可能是 ( )



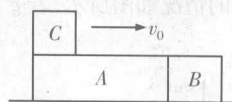
- A、B质量相等,但A比B速率大
  - A、B质量相等,但A比B速率小
  - A、B速率相等,但A比B的质量大
  - A、B速率相等,但A比B的质量小
- 如图所示,两个大小相等,方向相反且在同一直线上的力  $F_1$ 、 $F_2$ ,分别作用于静止在光滑水平地面上的物块A和B上,发生相同大小的位移之后撤去力  $F_1$ 、 $F_2$ ,此后两物块碰撞粘合在一起,若A的质量较B的大,以下说法中正确的是 ( )



- 碰撞后两物块皆静止
- 碰撞后两物块运动方向与A原来运动方向一致
- 碰撞后两物块运动方向与B原来运动方向一致
- 以上三种情况都有可能发生

- 质量  $M = 100 \text{ kg}$  的小船静止在水面上,船头站着质量  $m_{\text{甲}} = 40 \text{ kg}$  的游泳者甲,船尾站着质量  $m_{\text{乙}} = 60 \text{ kg}$  的游泳者乙,船头指向左方。若甲、乙两游泳者同时在同一水平线上甲朝左、乙朝右以  $3 \text{ m/s}$  的速率跃入水中,则 ( )
  - 小船向左运动,速率为  $1 \text{ m/s}$
  - 小船向左运动,速率为  $0.6 \text{ m/s}$
  - 小船向右运动,速率大于  $1 \text{ m/s}$
  - 小船仍静止

- 如图所示,A、B两木块紧靠在一起且静止于光滑水平面上,物块C以一定的初速度  $v_0$  从A的左端开始向右滑行,最后停在B木块的右端,对此过程,下列叙述正确的是 ( )



- 当C在A上滑行时,A、C组成的系统动量守恒
  - 当C在B上滑行时,B、C组成的系统动量守恒
  - 无论C是在A上滑行还是在B上滑行,A、B、C三物块组成的系统都动量守恒
  - 当C在B上滑行时,A、B、C组成的系统动量不守恒
- 一列车正以速度  $v$  沿平直的轨道向前匀速行驶。车厢中一乘客相对车以速度  $u$  ( $u < v$ ) 向车尾走去。若以列车行驶的方向为正方向,设乘客的质量为  $m$ ,则乘客相对车的动量为\_\_\_\_\_,相对于地面的动量为\_\_\_\_\_。
  - 如图所示,一轻质弹簧两端连着物块A和B,放在光滑的水平面上,如果物块A被水平速度为  $v_0$  的子弹射中并嵌在物块A中,已知物块A的质量是物块B质量的  $\frac{3}{4}$ ,子弹质量是物块B质量的  $\frac{1}{4}$ ,则弹簧被压缩到最短时物体A的速度为\_\_\_\_\_。



- 质量为  $0.75 \text{ kg}$  的篮球,以  $10 \text{ m/s}$  的速度竖直砸在篮球场上,随后又以  $8 \text{ m/s}$  的速度被反弹,若取竖直向上为正方向,则篮球与地面碰撞前的动量是多少? 碰撞后的动量是多少? 在此过程中篮球动量的变化是多少?