

根据普通高中课程标准实验教科书（人教版）编写

物理

W U L I

选修 3-5

“伴你学”
新课程

新课程 新思想 新理念
XINKECHENG XINSIXIANG XINLINIAN



山东友谊出版社

编写说明

新一轮基础教育课程改革所构建的新课程体系，在课程功能、课程理念、课程目标、课程内容、课程评价诸方面都较以前有很大的突破和创新。为配合我省普通高中课程改革实验，我们组织了部分资深教研员和一线骨干教师，编写了这套配合普通高中课程标准实验教科书的教学辅导《“伴你学”新课程》丛书，供学生学习新教材时使用。本丛书努力体现高中新课程的理念、教科书的编写意图和高考改革要求，紧扣所选用的教科书特点和学科特点，既重视知识和能力的形成，又重视情感态度的培养。练习的选材贴近学生生活，反映现代科技和生产实际，既能丰富学生的学习生活，又能培养学生的学科能力。

在编写过程中，我们认真学习研究教育部颁布的高中课程标准，准确把握课程改革的理念，以全面提高学生的学科素养为宗旨，力求通过学生的自主学习，落实“知识和技能”、“过程和方法”、“情感态度和价值观”三个维度的目标，使学生在具体的学习活动中培养良好的学习习惯，形成扎实的学科能力，提升自身的学科素养。

为体现新课程、新课改、新高考的理念，本丛书既重视基础知识的积累和基本技能的提高，又重视学生探究学习能力的形成。因此，书中还精心选拟了一些新材料、新题型。如开放性题目和探究性题目，既培养学生提出问题和解决问题的能力，又给学生的自主学习留有空间，供学有余力的学生自主探索，同时也给教师的教学指导留有余地。

本书由郑玉峰主持编写，参加编写和审稿的人员有：孙运堂、刘巨泽、潘为森、丁州龙、徐恒峰、段会玉、赵朝阳、安佰强、王玉洁、刘耀亮、刘超、秦玉庆、李洪军等。

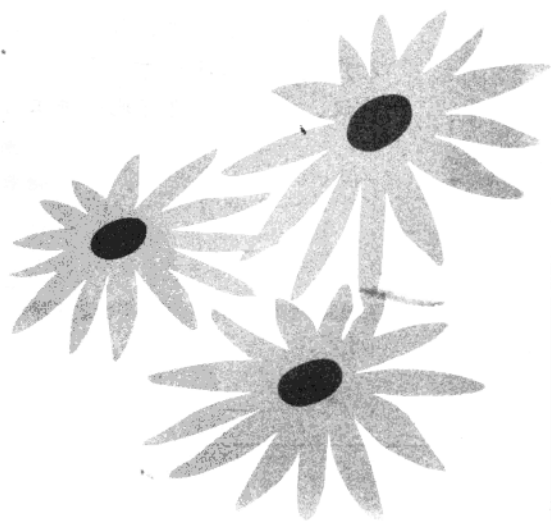
限于编者水平，加之编写时间短促，书中疏漏、错误在所难免，敬请广大读者批评指正。欢迎大家就本书的编写和使用提出宝贵的意见和建议，以便我们更好地改进工作。

编者

2006年2月

目 录

第十六章 动量守恒定律	(1)
第十七章 波粒二象性	(14)
第十八章 原子结构	(20)
第十九章 原子核	(25)
知能评价部分	(31)
实验专题部分	(49)
参考答案	(57)



第十六章 动量守恒定律

第1节 实验:探究碰撞中的不变量

【目标聚焦】

1. 生活中见到的碰撞现象有_____等。
2. 在一维碰撞中,用物体的质量和速度猜想碰撞前后的不变量的形式,并写出几种表达式。
3. 设计一个实验,使连在一起的两滑块由斥力而分开。
4. 认真阅读课本,结合所学知识,在一维碰撞中,测量运动物体的方法有_____。
5. 在课本三个参考案例中,都有碰撞后连成一体的设计方案,你能否提出其他设计方案。

【思维点拨】

【问题情境】某同学运用以下实验器材,设计了一个碰撞实验,来寻找碰撞前后的守恒量:打点计时器、低压交流电源、纸带、表面光滑长木板、带撞针的小车A、带橡皮泥的小车B、天平。

该同学经过以下几个步骤:

- A. 用天平测出小车A的质量 $m_A = 0.4\text{kg}$, 小车B的质量 $m_B = 0.2\text{kg}$ 。
- B. 更换纸带重复操作三次。
- C. 小车A靠近打点计时器放置,在车后固定纸带,把小车B放在长木板中间。
- D. 把长木板平放在桌面上,在一端固定打点计时器,连接电源。
- E. 接通电源,并给A车一定初速度 v_A 。

(1) 该同学正确的实验步骤为_____。

(2) 打点计时器打下的纸带中,比较理想的一条如图16-1-1所示,根据这些数据完成下列表格(一)。

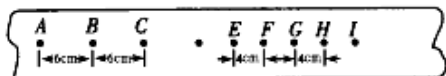


图16-1-1

	碰撞前		碰撞后
	A车	B车	AB整车
质量(kg)			
速度(m/s)			
v/m			
mv			
mv^2			

3. 根据以上数据猜想守恒表达式为_____。

【解析】1. 该同学正确的实验步骤为ADCEB。

2. 碰撞前后为匀速直线运动,由纸带上点迹分布,求出速度,碰后小车A、B合为一体求出小车共同速度。注意打点计时器频率为50Hz,打点间隔为0.02s,通过计算得表(二)。

	碰撞前		碰撞后
	A车	B车	AB整车
质量(kg)	0.4	0.2	0.6
速度(m/s)	3.0	0	2.0
v/m	7.5	0	3.3
mv	1.2	0	1.2
mv^2	3.6	0	2.4

3. 由表中数值可看出在 mv 一行中数值相同,可猜想公式为_____。

$$m_A v_A + m_B v_B = (m_A + m_B) v$$

【点评】本题为探究性题目,通过发现现象,对现象提出质疑,大胆猜测得出结论,培养学生对未知领域勇于探索的科学精神,激发学生浓厚的兴趣。

【基础过关】

1. 在探究碰撞中的不变量的实验时,如果速度与设定速度相反,则速度应取_____值。

2. 若 A 、 B 两小球沿同一直线运动,且 $v_A > v_B > 0$, 当 A 与 B 发生碰撞后, A 的速度为 v'_A , B 的速度为 v'_B , 则下列可能存在的是 ()

- A. $v'_A > v'_B > 0$
- B. $v'_B > v'_A > 0$
- C. $v'_A > 0, v'_B = 0$
- D. $v'_A < 0, v'_B > 0$

【能力培养】

1. 如图 16-1-2 所示, A 、 B 两球质量、大小相同, 摆长为 L , 把 A 拉离竖直方向成夹角 θ , 则与 B 球碰撞前速度为_____。

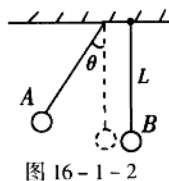


图 16-1-2

2. 根据课本图 16.1-3, 分析两滑片作用后, 它们的运动情况。

3. 光滑水平桌面上有 A 、 B 两个小球, A 球质量为 0.2kg , 以速度 10m/s 跟质量为 0.6kg 的静止的小球 B 发生碰撞, 碰撞后 B 球的速度为 2m/s , A 球的速度变为 4m/s , 方向与原来相同。根据这些数据, 请你猜想在 A 、 B 两球碰撞前后, 有一个什么量是相等的?

第 2 节 动量守恒定律(一)

【目标聚焦】

1. 科学家在追寻碰撞运动前后不变量的努力中, 逐渐明确了_____的概念, 并定义了表达式为_____, 方向和_____相同。

2. 同一系统内, 物体间的相互作用, 叫做它们之间的_____, 系统以外的物体对系统内物体的力叫做_____。

3. 在碰撞中动量变化 $\Delta p =$ _____, 是矢量。

4. 动量守恒定律的内容:_____。

5. 在动量一定的情况下, 每个物体的_____都可以发生很大的变化。

【思维点拨】

【问题情境 1】质量是 1kg 的钢球, 以 5m/s 的速度水平向右运动, 碰到墙壁后以 3m/s 的速度被反向弹回, 钢球的动量改变多少?

【解析】取水平向右为正方向, 钢球碰前的动量为:

$$p_1 = mv_1 = 5\text{kg} \cdot \text{m/s}$$

碰后的动量为:

$$p_2 = mv_2 = -3\text{kg} \cdot \text{m/s}$$

动量变化为:

$$\Delta p = p_2 - p_1 = -3 - 5 = -8(\text{kg} \cdot \text{m/s})$$

负号表示方向水平向左。

【点评】动量是矢量, 动量的变化量也是矢量, 运算时先规定正方向, 式中的“-”不是表动量减小, 而是表示方向与规定正方向相反。动量的变化量应是末状态的动量减去初状态的动量, 即 $\Delta p = p_{\text{末}} - p_0$ 。

【基础过关 1】

1. 下列关于动量及其增量的说法中,

正确的是 ()

- A. 动量的方向一定和速度方向相同
- B. 速度大的动量大
- C. 动量增量的方向一定和动量方向相同
- D. 动量增量的大小一定和动量大小的增量相等

2. 对一个竖直向上抛出的物体, 若不计空气阻力, 则 ()

- A. 上升的高度增加 1 倍, 物体动量变化也增加 1 倍
- B. 上升的时间增加一倍, 物体动量变化也增加一倍
- C. 从开始抛出到落回原地的过程中, 相等时间的动量变化相等
- D. 上升和下降两个过程, 动量变化量相同

3. 以速度 v_0 平抛出一个质量为 1kg 的物体, 若在 3s 后它未与地面及其他物体相碰, 求它在 3s 内动量的变化.

【问题情境 2】如图 16-2-1 所示, 两条完全相同的磁铁固定在质量相等的小车上, 小车在光滑的水平面上, 开始时甲车速度大小为 3m/s , 乙车速度大小为 2m/s , 方向相反, 并在一条直线上, 由于同名磁极相对, 且磁铁的磁性很强, 两车未能相碰, 求当两车距离最近时, 乙车的速度.

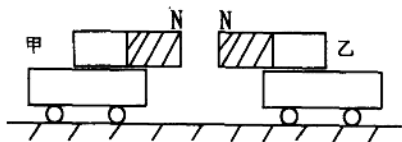


图 16-2-1

【解析】以两车组成的系统为研究对象, 在相互作用的过程中, 距离最近, 设共同速度为 v , 以甲车速度方向为正.

根据动量守恒定律:

$$m_{\text{甲}} v_{\text{甲}} - m_{\text{乙}} v_{\text{乙}} = (m_{\text{甲}} + m_{\text{乙}}) v$$

得 $v = +0.5\text{m/s}$

所以当甲、乙两车的速度大小为 0.5m/s , 方向与甲的初速度方向相同时, 两车相距最近.

【点评】在本题中, 两极之间的斥力是系统内力, 在竖直方向合力为零, 所以系统所受外力之和为零, 系统动量守恒. 对守恒定律, 注意守恒条件的理解, 以及各个物体动量的方向. 本题中, 在两车相距最近时, 速度相同, 动量相同.

【基础过关 2】

1. 一个系统动量守恒的条件是 ()

- A. 系统必须不受外力作用
- B. 系统所受外力之和为零
- C. 系统不受摩擦力的作用
- D. 系统没有内力作用

2. 甲球与乙球相碰, 碰后甲球速度减小 5m/s , 乙球速度增加 3m/s , 则两球质量之比 $m_{\text{甲}}:m_{\text{乙}}$ 为 ()

- A. 2:1 B. 3:5 C. 5:3 D. 1:2

3. 质量为 2kg 的小平板车 B 静止在光滑水平面上, 板的一端静止着一物体 A , $M_A = 2\text{kg}$, 如图 16-2-2 所示, 一颗子弹质量为 20g , 以 600m/s 的水平速度射穿 A 后, 速度变为 100m/s , 若 A 、 B 间的动摩擦因数为 0.05 , g 取 10m/s^2 , 求:

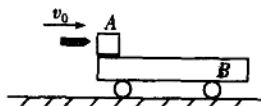


图 16-2-2

(1) 子弹射穿 A 时, A 的速度为多少?

(2) 当 A 与 B 相对静止时, 它们的共同速度为多少?

【能力培养】

1. 下列说法中正确的是 ()

- A. 速度大的物体它的动量一定也大
 B. 动量大的物体它的速度一定也大
 C. 只要物体的运动速度大小不变, 物体的动量也保持不变
 D. 竖直上抛的物体经过空间中同一点的动量不相同

2. 下列说法中错误的是()

- A. 某一物体的动量改变, 一定是速度大小改变
 B. 某一物体的动量改变, 一定是速度方向改变
 C. 某一物体的运动速度改变, 其动量一定改变
 D. 某一物体的运动状态改变, 其动量一定改变

3. 下列情况中, 物体的动量不变的是()

- A. 在平直路面上匀速前进的汽车
 B. 汽车在拐弯的过程中, 速度大小不变
 C. 水平飞来的足球撞到竖直墙后又沿原路返回
 D. 匀速直线运动的洒水车在洒水

4. 质量为 M 的小车在水平地面上以速度 v_0 匀速向右运动, 当车中的砂子从底部的漏斗中不断流下时, 车子的速度将()

- A. 减小 B. 不变
 C. 增大 D. 无法确定

5. 质量为 1kg 的物体以某一速度在水平面上滑行, 其位移随时间变化情况如图 16-2-3 所示, 若取 $g = 10\text{m/s}^2$, 则 $m_2 =$ _____ kg .

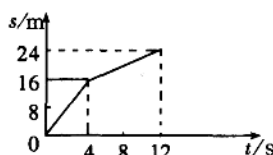


图 16-2-3

6. 一个物体的质量是 2kg , 此物体竖直下落, 以 10m/s 的速度碰到水泥地面上, 随后又以 8m/s 的速度被弹起来, 若取竖直向上为正方向, 物体的动量变化了多少?

7. 一个质量为 5kg 的物体做自由落体运动, 它在第一秒内的动量变化是多少? 方向如何? 第三秒内的动量变化是多大? 方向如何?

8. 质量为 2kg 的小车以 2m/s 的速度沿光滑的水平面向右运动, 若将质量为 2kg 的砂袋以 3m/s 的速度迎面扔上小车, 则砂袋与小车一起运动的速度的大小是多少? 方向如何?

第3节 动量守恒定律(二)

【目标聚焦】

1. 动量守恒定律的适用条件是_____.
2. 动量守恒定律的一般表达式为_____.
3. 动量守恒定律的普适性是指:动量守恒定律不仅适用于_____物体,也适用于_____物体,不仅适用于_____运动,也适用于_____运动.
4. 试由牛顿第二定律推导动量守恒定律.

【思维点拨】

【问题情境1】如图

16-3-1所示,质量为 M 的小车静止在光滑水平面上,小车的右端站着质量



图 16-3-1

为 m 的人,若人以相对车的速度 u 水平向右跳离小车,求人离开小车后小车的速度.

【解析】在人跳离车的过程中,由人和车组成的系统在水平方向上不受外力,在该方向上动量守恒.由于给出的人的速度 u 是相对车的,而本题要求出车对地速度,故应把人对车的速度转化为对地的速度.有的同学可能认为:由于车原来是静止的,所以 u 就是人对地速度,这种认识是错误的,因为人对车的速度 u 是人在离开车时相对运动着的车的速度,而不是相对于静止的车的速度.

取向右为正方向,设人跳离车后小车的速度大小为 v ,则人对地的速度大小为 $(u-v)$,根据动量守恒定律,有 $m(u-v) - Mv = 0$,小车的速度大小 $v = mu/M + m$,方向向左.

【点评】应用动量守恒定律时要把握好以下几点:

(1)系统性:动量守恒定律反映的是两个或两个以上的物体构成系统,对相互作用过程中动量变化的规律,研究对象是一个系统而不是单个物体,解题时应首先明确所研究的系统由哪些物体构成.

(2)矢量性:初、末状态系统的总动量要按矢量运算法则计算,系统的总动量在相互作用前后不仅大小相等而且方向相同.

(3)同时性:系统在某状态的总动量必须是同一时刻各个物体动量的矢量和.

(4)相对性:系统中各物体在相互作用前后的动量,必须是相对于同一参照系的.

【基础过关1】

1. 在图 16-3

-2 所示的装置中,木块 B 与水平桌面间的接触是光滑的,子弹 A 沿水平方向射入木块后留在木

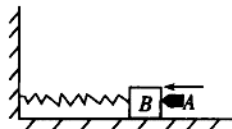


图 16-3-2

块内,将弹簧压缩到最短.现在将子弹、木块和弹簧合在一起作为研究对象(系统),则此系统在从子弹开始射入木块到弹簧被压缩至最短的过程中 ()

- A. 动量守恒,机械能守恒
- B. 动量不守恒,机械能不守恒
- C. 动量守恒,机械能不守恒
- D. 动量不守恒,机械能守恒

2. 有一竖直向上发射的炮弹,炮弹的质量为 $M = 6.0\text{kg}$ (内含炸药质量可以忽略),射出的初速度 $v_0 = 60\text{m/s}$,当炮弹到达最高点时,爆炸为沿水平方向运动的两片,其中一片质量为 $m = 4.0\text{kg}$.现要求这一片不能落在以发射点为圆心,以 $R = 600\text{m}$ 为半径的圆周范围,则刚爆炸完时两弹片的总动能至少多大? (g 取 10m/s^2).

【问题情境 2】在光滑水平面上有一长 $L = 2\text{m}$ 的木板 C , 它的两端各有一挡板, C 的质量 $m_c = 5\text{kg}$, 在 C 的正中央并排放着两个可视为质点的滑块 A 、 B , 质量分别为 $m_A = 1\text{kg}$, $m_B = 4\text{kg}$. 开始时 A 、 B 、 C 都静止, 并且 AB 间夹有少量的塑胶炸药, 如图 16-3-3 所示, 炸药爆炸使得 A 以 6m/s 的速度水平向左运动, 如果 A 、 B 与 C 间的摩擦可忽略不计, 两滑块中任一块与挡板碰撞后都与挡板结合成一体, 爆炸和碰撞时间可忽略, 求:



图 16-3-3

(1) 当两滑块都与挡板相碰后, 板 C 的速度多大?

(2) 到两个滑块都与挡板碰撞为止, 板的位移大小和方向如何?

【解析】由于爆炸 A 、 B 相互作用系统满足动量守恒, A 、 B 分离后以不同速率奔向挡板, A 先到达挡板与 C 作用, 发生碰撞, 以后 C 与另外一物体有相对运动, 直到碰撞为止, 整个过程动量守恒.

(1) 设向左的方向为正方向, 对 A 、 B 组成的系统, 由动量守恒定律, 有

$$m_A v_A + m_B v_B = 0$$

$$\text{得 } v_B = -1.5\text{m/s}$$

对 A 、 B 、 C 组成的系统, 开始时静止, 由动量守恒有:

$$(m_A + m_B + m_C) v_c = 0$$

得 $v_c = 0$, 即最终木板 C 的速度为 0.

(2) A 先与 C 相碰, 由动量守恒:

$$m_A v_A = (m_A + m_C) v_{\text{共}}$$

$$\therefore v_{\text{共}} = 1\text{m/s}$$

从炸药爆炸到 A 、 B 相碰的时间

$$t_1 = \frac{L}{v_A} = \frac{1}{6}\text{s}$$

此时 B 距 C 的右壁

$$s_B = \frac{L}{2} - v_B t_1 = 0.75\text{m}$$

设再经过 t_2 时间 B 与 C 相碰, 则

$$t_2 = \frac{s_B}{v_B + v_{\text{共}}} = 0.3\text{s}$$

故 C 向左的位移

$$\Delta s_c = v_{\text{共}} t = 1 \times 0.3\text{m} = 0.3\text{m}$$

【点评】对这类多过程问题, 一定要弄清有哪些具体过程以及各过程是怎样衔接的, 力求建立完整的物理图景. 本题属于典型的爆炸类综合问题, 从 A 、 B 分离, 到 A 、 B 先后与挡板碰撞, 整个过程贯穿着动量守恒定律.

【基础过关 2】

1. 如图 16-3-4

- 4 所示, 质量为

$m_2 = 1\text{kg}$ 的滑块静

止于光滑的水平面

上, 一小球 $m_1 = 50\text{g}$ 以 1000m/s 的速率碰到滑块后又以 800m/s 速率被弹回, 滑块获得的速率为多少?

2. 手榴弹在离地面高 h 处的速度方向恰好沿水平向左, 速度的大小为 v , 此时, 手榴弹炸裂成质量相等的两块, 设消耗的火药质量不计, 爆炸后, 前半块的速度方向仍沿水平向左, 速度大小为 $3v$, 那么后半块在炸后的瞬间其速度多大? 方向如何?

【能力培养】

1. 甲、乙两人同时从原来静止的小车的左、右两端相向而行, 若水平地面对车轮的摩擦不计, 要保证小车始终静止, 下列说法可行的是 ()

- A. 甲、乙两人行走的速度大小应相等
- B. 甲、乙两人行走的动量大小应相等
- C. 甲、乙两人的动能相同

D. 甲、乙两人对车的作用力大小应相等

2. 如图 16-3-5

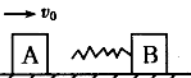


图 16-3-5

所示,在光滑水平面上放置 A、B 两物体,其中 B 物体上固定着一个质量不计的弹簧,并静止在水平面上, A 物体以速度 v_0 向 B 运动,并压缩弹簧,以下说法正确的是 ()

- A. 任意时刻, A、B 受到的弹簧作用力总是大小相等,方向相反
- B. 当 A、B 两物体距离最近时, B 物体的速度最大
- C. 当 A、B 两物体距离最近时, 两物体的速度相等
- D. 当弹簧再次恢复原长时, B 物体的速度达到最大值

3. 如图 16-3

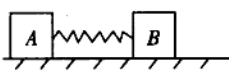


图 16-3-6

-6 所示,光滑桌面上有质量分别为 m_1 和 m_2 的两木块 A、

B,开始时轻弹簧处于压缩状态,放手之后两木块被弹开,在此过程中,下面结论中正确的是 ()

- A. 两木块速度大小与质量成反比
- B. 两木块的加速度大小总是相同
- C. 两木块的动能相同
- D. 两木块具有完全相同的动量

4. 一辆平板车

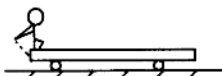


图 16-3-7

停止在光滑的水平面上,车上一人(原来也静止)用大锤敲打车的左端,如图 16-3-7 所示,在锤的连续敲打下,这辆平板车将 ()

- A. 左右来回运动
- B. 向左运动
- C. 向右运动
- D. 静止不动

5. 一导弹离地面高度为 h 水平飞行,某时刻导弹的速度为 v ,突然爆炸成质量相同的 A、B 两块, A、B 同时落到地面,

两落地点相距 $4v\sqrt{\frac{2h}{g}}$, 两落地点与爆炸前导弹在同一竖直平面内,不计空气阻力,已知爆炸后瞬间 A 的动能 E_{KA} 大于 B 的动能 E_{KB} , 则 $E_{KA}:E_{KB} =$ _____.

6. 用火箭发射人造地球卫星,假设最后一节火箭的燃料用完后,火箭壳体和卫星一起以速度 $v = 7.0 \times 10^3 \text{ m/s}$ 绕地球做匀速圆周运动. 已知卫星质量 $m = 500 \text{ kg}$, 最后一节火箭壳体的质量 $M = 100 \text{ kg}$, 某时刻火箭壳体与卫星分离,分离时卫星与火箭壳体沿轨道切线方向的相对速度 $u = 1.8 \times 10^3 \text{ m/s}$, 试分析计算: 火箭壳体的速度多大? 分离后卫星的速度增加到多大? 分离后它们将如何运动?

7. 质量为 M 的木块被固定在光滑水平面上, 质量为 m 的子弹以速度 v_0 水平飞来, 穿过木块后速度为 $\frac{v_0}{2}$, 如果木块可以自由滑动, 同样的子弹以 v_0 水平飞来, 刚好穿透木块, 设木块对子弹阻力不变, 则 M/m 是多少?

第4节 碰 撞

【目标聚焦】

1. 如果碰撞过程中机械能守恒, 这样的碰撞叫做_____.

2. 如果碰撞过程中机械能不守恒, 这样的碰撞叫做_____.

3. 两小球质量为 m_1 、 m_2 且 $m_1 = m_2$, m_1 以 v_1 与静止的 m_2 对心碰撞, 碰后 m_1 的速度 $v_1 =$ _____, m_2 的速度 $v_2 =$ _____.

4. 两个小球质量为 m_1 、 m_2 , 且 $m_1 \ll m_2$, m_1 以速度 v_1 与静止的 m_2 发生对心碰撞, 碰后 m_1 的速度 $v'_1 =$ _____, m_2 的速度 $v'_2 =$ _____.

5. _____ 叫做散射.

【思维点拨】

【问题情境】甲、乙两球在光滑水平轨道上同向运动, 已知它们的动量分别是 $p_{\text{甲}} = 5\text{kg} \cdot \text{m/s}$, $p_{\text{乙}} = 7\text{kg} \cdot \text{m/s}$, 甲追乙并发生碰撞, 碰后乙球的动量变为 $p'_{\text{乙}} = 10\text{kg} \cdot \text{m/s}$, 则两球质量 $m_{\text{甲}}$ 与 $m_{\text{乙}}$ 的关系可能是

()

- A. $m_{\text{甲}} = m_{\text{乙}}$ B. $m_{\text{乙}} = 2m_{\text{甲}}$
C. $m_{\text{乙}} = 4m_{\text{甲}}$ D. $m_{\text{乙}} = 6m_{\text{甲}}$

【解析】由碰撞中动量守恒可求得

$$p'_{\text{甲}} = 2\text{kg} \cdot \text{m/s}$$

要使甲追上乙则必有: $v_{\text{甲}} > v_{\text{乙}}$

$$\text{即 } \frac{p_{\text{甲}}}{m_{\text{甲}}} > \frac{p_{\text{乙}}}{m_{\text{乙}}}$$

$$\text{得 } m_{\text{乙}} > 1.4m_{\text{甲}} \quad \text{①}$$

碰撞后 $p'_{\text{甲}}$ 、 $p'_{\text{乙}}$ 均大于零, 表示同向运动, 则应有

$$v'_{\text{乙}} \geq v'_{\text{甲}} \text{ 即 } \frac{p'_{\text{甲}}}{m_{\text{甲}}} \leq \frac{p'_{\text{乙}}}{m_{\text{乙}}}$$

$$\text{得 } m_{\text{乙}} \leq 5m_{\text{甲}} \quad \text{②}$$

碰撞过程中, 动能不增加, 则

$$\frac{p_{\text{甲}}^2}{2m_{\text{甲}}} + \frac{p_{\text{乙}}^2}{2m_{\text{乙}}} \geq \frac{p_{\text{甲}}'^2}{2m_{\text{甲}}} + \frac{p_{\text{乙}}'^2}{2m_{\text{乙}}}$$

$$\text{即 } \frac{5^2}{2m_{\text{甲}}} + \frac{7^2}{2m_{\text{乙}}} \geq \frac{2^2}{2m_{\text{甲}}} + \frac{10^2}{2m_{\text{乙}}}$$

$$\text{推得 } m_{\text{乙}} \geq \frac{51}{21}m_{\text{甲}} \quad \text{③}$$

由①②③, 知 $m_{\text{甲}}$ 与 $m_{\text{乙}}$ 的关系为

$$\frac{51m_{\text{甲}}}{21} \leq m_{\text{乙}} \leq 5m_{\text{甲}}, \text{ 正确答案为 C.}$$

【点评】解析碰撞问题时, 一般应遵从三个原则:

(1) 动量守恒原则;

(2) 能量原则——碰后两物体总动能不大于碰前两物体的总动能;

(3) 速度方向原则——若一物体所受撞击方向与撞击前速度同向, 则碰后速度必然增大; 反之, 碰后速度要减小或反向.

【基础过关】

1. 在光滑水平面上, 动能为 E_0 , 动量的大小为 p_0 的小钢球 1 与静止的小钢球 2 发生碰撞, 碰撞前后球 1 的运动方向相反, 将碰撞后球 1 的动能和动量的大小分别记为 E_1 、 p_1 , 球 2 的动能和动量的大小分别记为 E_2 、 p_2 , 则必有 ()

- A. $E_1 < E_0$ B. $p_1 < p_0$
C. $E_2 > E_0$ D. $p_2 > p_0$

2. 在光滑水平面上有两个同一直线上运动的甲球和乙球, 甲和乙的动量大小相等, 质量之比为 1:5, 发生正碰后动量大小之比为 1:11, 求碰撞前后甲球速度大小之比.

【能力培养】

1. 若物体在运动过程中受到的合外力

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

2. 如图 16-4-1

所示, a 、 b 两木块用轻弹簧连接静止在光滑水平面上, 现给木块 b



图 16-4-1

一个向左的初速度, 此后 ()

- A. 弹簧有最大压缩量时, a 的速度一定比 b 的速度大
- B. 弹簧有最大伸长量时, 两木块的速度都等于零
- C. 弹簧由伸长状态变到其形变消失时, a 的速度一定比 b 的速度小
- D. 弹簧形变消失时, b 的速度可能向右

3. 如图 16-4-2 所示, 设车厢长为 L , 质量为 M , 静止在光滑的水平面上, 车厢内有一质量

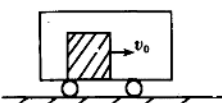


图 16-4-2

为 m 的物体以初速度 v_0 向右运动, 与车厢来回碰撞 n 次后, 静止在车厢中, 这时车厢速度是 ()

- A. v_0 水平向右
- B. 0
- C. $mv_0/(M+m)$, 水平向右
- D. $mv_0/(M-m)$, 水平向左

4. 质量为 4.0kg 的物体 A 静止在水平桌面上, 另一质量为 2.0kg 的物体 B 以 5.0m/s 的水平速度与物体 A 相撞, 碰撞后物体 B 以 1.0m/s 的速度反向弹回. 相撞过程中损失的机械能是_____ J.

5. 一列火车共有 n 节车厢, 各车厢之间间隙相等, 间隙长度的总和为 s , 第一节车厢以 v 向第二节车厢运动, 碰撞后两车

厢不分开, 直到 n 节车厢全部运动, 则火车的最后速度为多大? 整个过程中所经历的时间为多长?

第 5 节 反冲运动 火箭

【目标聚焦】

1. 一个静止的物体在内力的作用下分裂成为两部分, 一部分向某个方向运动, 另一部分必然向相反的方向运动, 这个现象叫做_____.

2. 喷气式飞机和火箭的飞行应用了_____的原理.

3. 要使火箭得到的速度越大, ①火箭喷出的燃气的速度_____, ②火箭喷出的物质的质量与火箭本身质量之比_____.

4. 举例说出生活中的反冲现象, 并自做一个反冲实验.

【思维点拨】

【问题情境】如图 16-5-1

所示, 发射人造卫星时, 先把卫星送入近地点 Q , 然后使其沿椭圆轨道到达远地点 P , 此时速度为 v , 若

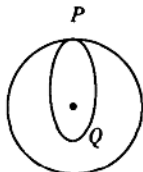


图 16-5-1

P 点到地心的距离为 R , 卫星的总质量为 m , 地球半径为 R_0 , 地面上的重力加速度为 g , 则欲使卫星从 P 点起绕地球做半径为 R 的圆轨道运动, 卫星在 P 点处应将质量为 Δm 的燃气以多大的对地速度向后喷出? (将连续喷气等效为一次性喷气)

【解析】以卫星和喷出的燃气 Δm 为系统, 系统在运动方向上不受外力作用, 该方

向上满足动量守恒的条件,取卫星在 P 点的运动方向为正方向,设喷气速度大小为 v_1 ,卫星因反冲而达到的速度为 v_2 ,由动量守恒定律得:

$$mv = (m - \Delta m)v_2 + \Delta m(-v_1) \quad ①$$

做圆轨道运动的条件是

$$\frac{G(m - \Delta m)M}{R^2} = (m - \Delta m)\frac{v_2^2}{R_0^2} \quad ②$$

由牛顿第二定律万有引力定律可求得重力加速度

$$g = \frac{GM}{R_0^2} \quad ③$$

由②和③得:

$$v_2 = R_0 \sqrt{\frac{g}{R}}$$

代入①得:

$$v_1 = \frac{(m - \Delta m)R_0 \sqrt{\frac{g}{R}} - mv}{\Delta m}$$

【点评】将卫星发射到预定的轨道,必须经过加速、调姿、变轨等一系列过程.本题是卫星实现变轨过程的一个简化模型,它是利用反冲运动来实现的,本题综合运用动量守恒定律、牛顿第二定律和万有引力定律来解题.

【基础过关】

1. 如图 16-5-2 所示,质量为 M 的密闭气缸置于光滑水平面上,缸内设一隔板,隔板右侧是真空,隔板左侧是质量为 m 的高压气体,若将隔板突然抽去,则气缸的运动情况是 ()

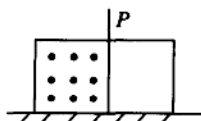


图 16-5-2

- 保持静止不动
- 向左移动一定距离后回复静止
- 向左移动一定距离后继而做匀速直线运动
- 先向左移动,后向右移动回到原来

的位置

2. 质量为 M 的火箭原来以速度 v_0 在太空中飞行,现在突然向后喷出一股质量为 Δm 的气体,喷出的气体相对火箭的速度为 v ,则喷出后火箭的速率为 ()

- $(mv_0 + \Delta mv)/M$
- $(mv_0 - \Delta mv)/M$
- $(Mv_0 + \Delta mv)/m$
- $(Mv_0 - \Delta mv)/m$

3. 一门旧式大炮水平发射出一枚质量为 10kg 的炮弹,炮弹飞出的速度是 600m/s ,炮身的质量是 2t ,求大炮后退的速度是多少?若大炮后退中所受阻力是它重力的 30% ,则大炮能后退多远?

【能力培养】

1. 下面属于应用反冲运动的有 ()

- 喷气式飞机正在飞行
- 反击式水轮机的转动
- 电扇叶片的转动
- 火箭发射人造卫星

2. 一颗卫星在高空绕地球做匀速圆周运动,如果从卫星上发射一枚小火箭,发射的方向与卫星运动的方向相反,则下列现象:

- ①火箭竖直下落,而卫星的轨道半径增大;
- ②火箭和卫星都沿原轨道运动;
- ③火箭和卫星都不沿原轨道运动;
- ④火箭运行的轨道半径减小,卫星运行的轨道半径增大.

可能发生的是 ()

- ①③
- ②
- ③
- ①④

3. 一个静止的、质量为 M 的不稳定原子核,当它放出质量为 m ,速度为 v 的

粒子后,原子核剩余部分的速度等于 ()

- A. $-v$ B. $-\frac{M}{M-m}v$
 C. $\frac{-m}{M-m}v$ D. $-\frac{m}{M}v$

4. 为了采集木星和火星之间星云的标本,将航天器制成勺形.航天器质量为 10^4 kg ,正以 10 km/s 的初速度运行,星云物质速度为 100 m/s ,方向与航天器相同,航天器为无动力装置,如果每秒可搜集 10 kg 星云物质,一小时后航天器速度变为_____.

5. 火箭喷气发动机每次喷出 $m = 200 \text{ g}$ 的气体,喷出气体相对地面的速度为 $v = 1000 \text{ m/s}$,设火箭的质量 $M = 300 \text{ kg}$,发动机每秒喷气 20 次,在不考虑地球引力及空气阻力的情况下,火箭发动机 1s 末的速度是多大?

第 6 节 用动量概念表示牛顿第二定律

【目标聚焦】

1. 牛顿第二定律用动量表示为_____.
2. _____叫做力的冲量.
3. 动量定理的表达式可表示为_____.
4. 物体动量的变化率等于_____.

5. 要使物体的动量发生一定的变化,可以用较大的力作用较短的_____,也可以用较小的力作用较长的时间.

【思维点拨】

【问题情境 1】百米跑运动员在起跑阶段,猛力蹬击踏板,在短时间内完成加速过程,获得很大的起跑速度.起跑的好坏直接影响着比赛成绩,试分析其中包含的物理道理.

【解析】我们可以先假设 t 相同,讨论 F 与 v 的关系,或假设 $m\Delta v$ 一定,讨论 F 与 t 的关系.

如果起跑时间 t 相同,则爆发力越大,获得的冲量就越大,速度变化就越快,起跑速度 v 也越大.

如果想要获得某一起跑速度 v ,由动量定理知,爆发力越大,所采用时间越小.

实际起跑时,运动员是靠猛力蹬击踏板,脚给踏板一个作用力,从而获得踏板的反作用力来充当爆发力达到加速的目的,因此起跑时要猛力蹬击踏板.

【点评】这是一道以生活实例为载体的试题,以此考查应用理论知识分析解决实际问题的能力.

生活中有许多现象可以用动量定理去解释,如玻璃杯子掉到水泥地上容易摔碎,而掉在软垫上就不会损坏;在躺着的人身上放一块较大的石板,用大铁锤快速打击石板,只要石板不碎,人就不会受到伤害等.用动量定理解释的现象一般分为两类:一类是物体的动量的变化一定时,力的作用时间越短,力就越大;另一类是作用力一定,此时力的作用时间越长,动量的变化就越大.

【基础过关 1】

1. 从同一高度落下的玻璃杯掉在水泥地上易碎,是因为掉在水泥地上时,杯子

()

- A. 受到的冲量大
B. 受到的作用力大
C. 动量的变化量大
D. 动量大

2. 从高处跳到低处时, 为了安全, 一般都是让脚尖着地, 这样做是为了 ()

- A. 减小冲量
B. 减小动量的变化量
C. 增大与地面的冲击时间, 从而减小冲力
D. 增大人对地面的压强, 起到安全作用

3. 如图 16

-6-1 所示, 把重物压在纸带上, 用一水平力缓缓拉动纸带, 重物跟着一起运

动. 若迅速拉动纸带, 纸带将会从重物下面抽出. 解释这些现象的正确说法是 ()

- A. 在缓缓拉动纸带时, 重物和纸带间的摩擦力大
B. 在迅速拉动纸带时, 纸带给重物的摩擦力小
C. 在缓缓拉动纸带时, 纸带给重物的冲量大
D. 在迅速拉动纸带时, 纸带给重物的冲量小

【问题情境 2】装煤机在 2s 内将 10t 煤装入水平匀速前进的车厢内, 车厢速度为 5m/s, 若不计阻力, 车厢保持原速匀速运动, 则需要增加的水平牵引力大小为 _____ N.

【解析】以煤为研究对象, 煤落入车厢后受到水平方向摩擦力 F_f 的作用, 根据动量定理, 设车前方向为正, 则

$$F_f \Delta t = \Delta p = m \Delta v$$

$$F_f = m \frac{\Delta v}{\Delta t} = 10 \times 10^3 \times \frac{2}{5} \text{ N} = 2.5 \times 10^4 \text{ N}$$

以车厢为研究对象, 匀速运动时受到牵引力 F 与地面的阻力 F_1 平衡, 煤卸入过程中又受到向后的摩擦力 F'_f 作用, 则

$$F' = F'_f + F_1$$

$$\text{得 } \Delta F = F' - F_1 = F'_f = 2.5 \times 10^4 \text{ N}$$

【点评】装煤机将煤沿竖直方向卸入水平匀速运动的车厢中时, 煤在竖直方向的动量要减为零, 而在水平方向上动量要增为 mv , 这一动量的增加是车厢底板对煤施加冲量作用的结果. 而车厢又要保持匀速运动, 必然要增大牵引力. 可设想一等效过程, 让煤一次性进入车厢的过程取代逐渐落入车厢过程, 从而使问题简化.

不能将车厢与煤隔离后分别研究, 不能用牛顿第三定律将两者联系起来, 不能对煤和车厢的运动状态进行分析都会造成错误.

【基础过关 2】

1. 古代有“守株待兔”寓言. 设兔子的头部受到大小等于自身体重的打击力时即可致死, 并设兔子与树桩作用时间为 0.2s, 则被撞死的兔子的奔跑速度可能为 (g 取 10 m/s^2 , 设撞后不反弹) ()

- A. 1m/s B. 1.5m/s
C. 2m/s D. 2.5m/s

2. 一架质量为 500kg 的直升飞机, 其螺旋桨把空气以 50m/s 的速度下推, 恰使直升飞机停在空中, 则每秒钟螺旋桨所推下的空气质量为 _____ kg.

3. 质量为 0.2kg 的小球沿光滑水平面以 5m/s 的速度冲向墙壁, 又以 4m/s 的速度反向弹回, 如图 16-6-2 所示, 球与墙的作

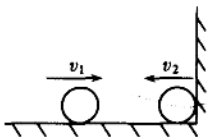


图 16-6-2

用时间为 0.05s ，求：

- (1) 小球动量的增量；
- (2) 小球受到的平均冲力。

【能力培养】

1. 下述运动中，物体在单位时间内的动量变化保持恒定的是 ()

- A. 匀速圆周运动
- B. 竖直上抛运动
- C. 单摆运动
- D. 平抛运动

2. 对一个质量不变的物体，下列说法正确的是 ()

- A. 物体的动能发生变化，其动量必定变化
- B. 物体所受的合外力不为零，物体的动量肯定要发生变化，但物体的动能不一定变
- C. 物体的动量发生变化，其动能必定变化
- D. 物体所受的合外力为零时，物体的动量一定不发生变化

3. 如图 16-6-3 所示，两个质量相等的物体在同一高度沿倾角不同的两个光滑斜面由静止自由滑下，到达斜面底端的过程中，两个物体具有的物理量相同的是 ()

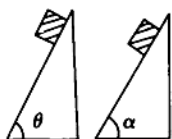


图 16-6-3

- A. 重力的冲量
- B. 合力的冲量
- C. 刚到达底端时的动量
- D. 以上几个物理量都不相同

4. 设木块与水平冰面间的动摩擦因数为 μ ，则以初速度 v_0 运动的木块在该冰面上滑行的时间是 ()

- A. $v_0/2\mu g$
- B. $v_0/\mu g$
- C. $v_0^2/2\mu g$
- D. $2v_0/\mu g$

5. 国产水刀——超高压数控万能水切割机以其神奇的切割性能在北京国际展览中心举行的第五届国际机床展览会上引起轰动，它能切割 40mm 厚的钢板， 50mm 厚的大理石及其他材料。

水刀就是将普通的水加压，使其从口径为 0.2mm 的喷嘴中以 $800\text{m/s} \sim 1000\text{m/s}$ 的速度射出的水射流。我们知道，任何材料承受的压强都有一定限度。设想有一水刀的水射流横截面积为 S ，垂直入射的速度 $v = 800\text{m/s}$ ，水射流与材料接触后，速度为零，且不附在材料上，水的密度 $\rho = 1 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ ，则此水刀不能切割下述材料的中的哪几项(数值为材料所能承受的压强限度)()

- A. 橡胶 $5 \times 10^7 \text{Pa}$
- B. 花岗石 $1.2 \times 10^8 \text{Pa} \sim 2.6 \times 10^8 \text{Pa}$
- C. 铸铁 $8.8 \times 10^8 \text{Pa}$
- D. 工具钢 $6.7 \times 10^8 \text{Pa}$

6. 一质量为 m 的小摆球系在长为 L 的轻细线下方，成为一单摆，在摆球从左最大位移处摆到右最大位移处的过程中，绳的拉力冲量大小为 _____，方向 _____。

7. 物体 A 初动量大小是 $7.0 \text{kg} \cdot \text{m/s}$ ，碰撞某物体后动量大小是 $4.0 \text{kg} \cdot \text{m/s}$ ，那么物体碰撞过程动量的增量 Δp 的大小范围是多少？

8. 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。要求说明推导过程中每步的根据，以及式中各符号和最后结果中各项的意义。

第十七章 波粒二象性

第1节 能量量子化：

物理学的新纪元

【目标聚焦】

1. 我们周围的一切物体都在辐射电磁波,这种辐射与物体的温度有关,所以叫做_____.

2. 某种物体能够完全吸收入射的各种波长的电磁波而不发生反射,这种物体叫做_____,简称_____.

3. 黑体辐射的强度与波长的关系为:随着温度的升高,一方面,_____,另一方面,_____.

4. 1900年底,德国物理学家普朗克认为振动着的带电微粒的能量_____,把不可再分的最小能量值 ϵ 叫做_____,表达式:_____.

【能力培养】

1. 随着温度的升高,各种波长的辐射强度都有增加,辐射强度的极大值移动方向为_____ ()

- A. 波长较长的方向
- B. 波长较短的方向
- C. 不移动
- D. 都有可能

2. 在室温时,热辐射的主要成分是波长_____(填“较长”“较短”)的电磁波.当温度升高时,热辐射中较短的波长成分_____.

3. 黑体辐射电磁波的强度按波长的分布只与黑体的_____有关.

4. 根据普朗克的假说,电磁波中的能量值是_____的,或者说微观粒子的能量是_____的.

5. 关于黑体的说法中,正确的是_____ ()

- A. 能吸收全部入射的电磁波
- B. 能反射全部的电磁波
- C. 能辐射各种波长的电磁波
- D. 不能辐射电磁波

6. 一收音机能接收波长为660m的电磁波,求这种电磁波的能量子的值是多少?

7. 试画出黑体辐射的强度与波长关系的图象.