目　录

第 8 章　动量 …… 1
8.1　冲量和动量 …… 1
8.2　动量定理 …… 2
8.3　动量守恒定律 …… 4
8.4　动量守恒定律的应用 …… 7
8.5　反冲运动　火箭 …… 10
知识提升园地 …… 12
综合能力评估 …… 16
第 9 章　机械振动 …… 19
9.1　简谐运动 …… 19
9.2　振幅、周期和频率 …… 20
9.3　简谐运动的图象 …… 22
9.4　单摆 …… 24
*9.5　相位 …… 28
9.6　简谐运动的能量　阻尼振动 …… 30
9.7　受迫振动　共振 …… 31
知识提升园地 …… 33
综合能力评估 …… 35
第 10 章　机械波 …… 38
10.1　波的形成和传播 …… 38
10.2　波的图象 …… 39
10.3　波长、频率和波速 …… 42
10.4～10.5　波的衍射　波的干涉 …… 45
*10.6～10.8　驻波　多普勒效应　次声波和超声波 …… 47
知识提升园地 …… 49
综合能力评估 …… 54
第 11 章　分子热运动　能量守恒 …… 57
11.1　物体是由大量分子组成的 …… 57
11.2　分子的热运动 …… 59
11.3　分子间的相互作用 …… 60
11.4　物体的内能　热量 …… 62
11.5　热力学第一定律　能量守恒定律 …… 66
11.6～11.7　热力学第二定律　能源　环境 …… 68
知识提升园地 …… 70
综合能力评估 …… 73
第 12 章　固体、液体和气体 …… 75
*12.1　固体 …… 75
*12.2　固体的微观结构 …… 76
*12.3　液体　表面张力 …… 77
*12.4　毛细现象 …… 80
*12.5　液晶 …… 81
*12.6～*12.7　伯努利方程　湍流现象 …… 83

需要全本请访问 www.ertongbook.com

12.8～12.9　气体的压强　气体的压强、体积、温度间的关系 …… 84
知识提升园地 …… 86
综合能力评估 …… 89
第 13 章　电场 …… 90
13.1　电荷　库仑定律 …… 90
13.2～13.3　电场　电场强度　电场线 …… 93
13.4　静电屏蔽 …… 96
13.5～13.6　电势差　电势　等势面 …… 98
13.7　电势差与电场强度的关系 …… 102
13.8　电容器的电容 …… 104
13.9　带电粒子在匀强电场中的运动 …… 108
*13.10　静电的利用和防止 …… 111
知识提升园地 …… 113
综合能力评估 …… 119
参考答案 …… 1

第8章 动 量

8.1 冲量和动量

知识要点归纳

1. 冲量(I)

力在时间上的累积称为力的冲量. 恒力的冲量是力 F 和力的作用时间 t 的乘积 Ft. 即:

$I=Ft$; 单位:N·s.

2. 动量(p)

物体的质量 m 和速度 v 的乘积 mv 叫做物体的动量. 即:

$p=mv$; 单位:kg·m/s.

3. 动量的运算

动量是矢量,动量的运算服从矢量的运算法则. 即平行四边形法则、三角形法则.

知识考点精析

【考点一 力的冲量和物体动量的认识】

力的冲量是力在时间上的累积,冲量是矢量,累积的过程是矢量的累积过程. 恒力的冲量是力 F 与力的作用时间 t 的乘积 Ft,即 $I=Ft$. 对变力的冲量,首先将变力转化为恒力. 即大范围内是变力,小范围内是恒力,在各个小范围内用 $F\cdot t$ 进行计算,再将各小段冲量求矢量和.

物体的动量是物体的质量 m 和速度 v 的乘积 mv,即 $p=mv$. 动量是一个状态量,是从机械运动的传递与转移的角度描述物体的运动状态. 平时讲运动不灭就是指动量,所以动量是描述物体的机械运动量. 动量是矢量,方向与物体速度方向一致. 机械运动具有相对性,所以物体的动量也具有相对性,它随参考系的选取的不同而不同,因此在讨论动量的传递与转移时,对其状态的描述所选参考系要相同.

【范例 1】 质量 $m=1.0$ kg 的物体,在半径 $R=1.0$ m 的圆轨道上,以2.0 m/s 的线速度做匀速圆周运动,下列说法中,正确的是 ( )

A. 一个周期内,向心力对物体的冲量是 4π N·s

B. 因向心力与速度垂直,所以向心力的冲量等于零

C. 因 $p=mv$,所以匀速圆周运动中动量是不变的

D. 一个周期内物体动量的变化量为零

思维方式 抓住 I、p 的矢量性及其特点进行分析.

◆解析◆ $I=Ft$ 是计算恒力的冲量,向心力是变力,所以 A 错;I 是力在时间上的累积,F 与 v 是否垂直与此问题无关. 所以 B 错;动量是矢量,不仅有大小而且有方向,所以 C 错;物体运动一周,末状态与初状态相同,所以 D 正确.

类题 1 下列有关冲量和动量的说法正确的是 ( )

A. 力越大,它的冲量也越大

B. 恒力 F 与作用时间的乘积越大,则冲量越大

C. 质量越大的物体其动量也越大

D. 速度不变,物体的动量必定不变

【考点二 物体动量的变化 Δp 的计算】

动量是描述物体运动状态的量,当物体受力后运动状态要变化,则动量要变化. 设物体初状态有动量 p,末状态有动量 p',则动量的变化 $\Delta p=p'-p$. 由于动量是矢量,Δp 的计算服从矢量的运算法则.

若 p、p' 在同一直线上,求 Δp 前首先要选定参考方向(正方向),再分析 p、p' 的方位角,与参考方向一致,方位角为零,取正值;与参考方向反向,方位角为 π,取负值.

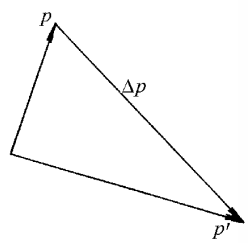


图 8-1-1

若 p、p' 不在一条直线上,求 Δp 先作矢量关系图,即先画好 p、p',再从 p 的末端画一有向线段到 p' 的末端,如图 8-1-1 所示,这一有向线段就是 Δp. 再依据平面几何关系求解 Δp 的大小、方位角.

【范例 2】 质量为 m 的小球从高度 h_1 自由下落,触地后反弹 h_2,触地过程中小球动量变化大小是 ( )

A. $m\sqrt{2gh_1}$

B. $m\sqrt{2gh_2}$

C. $m(\sqrt{2gh_1}-\sqrt{2gh_2})$

D. $m(\sqrt{2gh_1}+\sqrt{2gh_2})$

思维方式 抓住动量的矢量性,并注意预先规定正方向(同一直线上的问题必须这样),然后利用 $\Delta p=p'-p$ 即可.

◆解析◆ 触地前一瞬间小球的速度 v_1,由自由落体过程有 $v_1=\sqrt{2gh_1}$. 反弹速度 v_2,由竖直上抛过程有 $v_2=\sqrt{2gh_2}$. 方向如图8-1-2所示,选向上为正,p 的方位角为 π,p'方位角为 0,由 $\Delta p=p'-p=mv_2-(-mv_1)=m(v_2+v_1)=m(\sqrt{2gh_2}+\sqrt{2gh_1})$,则 D 正确.

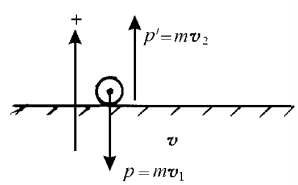


图 8-1-2

类题 2 质量为 0.5 kg 的球以 8 m/s 的水平速度撞在竖直墙面上,以 6 m/s的水平速度反弹,那么撞墙过程中球的动量大小变化了多少?

【范例 3】 如图8-1-3所示,一个质量 $m=0.1$ kg 的小钢球,以 2 m/s 的速度斜射到坚硬的大理石地面上,入射的角度是 45°,碰撞后被斜着弹出,弹出的角度也是 45°,速度仍为 2 m/s,求小球动量变化 Δp 的大小和方向.

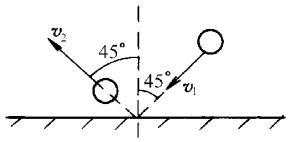


图 8-1-3

思维方式 这是个受力不在同一直线上的问题,而动量是矢量,它的运算法则是矢量的几何法则,先要作好矢量几何关系图.

◆解析◆ 根据 $p=mv$,$p=0.1\times2=0.2$ kg·m/s,$p'=0.1\times2=0.2$ kg·m/s,$\Delta p=p'-p$,其矢量关系图如图 8-1-4 所示.由于$|p'|=|p|$,且 $p'\perp p$,所以关系图为等腰直角三角形,由几何关系可知,$\Delta p=\sqrt{2}\times0.2$ kg·m/s,方位角 $\alpha=45°$,即竖直向上.

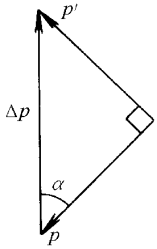


图 8-1-4

类题 3 质量为 m,速率为 v 的物体在半径为 R 的圆轨道上做匀速圆周运动,在 $\frac{1}{6}t$ 时间内物体动量的改变量是多大?

知识探究延伸

实践探究案例

【案例】 神舟六号飞船(质量为 m)返回地面时,在距地面高 h_0 处速度为 v_0,此时打开降落伞减速,经历时间 t_1 在距地面高 h_1 处速度为 v_1(此称第一阶段);接着发动机开始喷气,使飞船进一步减速,经历时间 t_2 最后以速度 v_2 安全降落在地面(第二阶段).试分析:①第一阶段的动能、动量的改变量和阻力的功;②第二阶段动量的改变量和动能的改变量;③整个降落阶段重力的冲量是多少?(运动轨迹设为竖直向下)

◆探究提示◆ 这是一个与科学生活相联系的问题.飞船返回时,降落伞可以使飞船减速,最后发动机向下喷气,可以使飞船进一步减速,总之是使飞船的动量改变(变小)从而安全着陆.

知识过关检测

1. 下列有关冲量的说法中,正确的是 ( )
   A. 力越大冲量也越大
   B. 作用时间越长冲量越大
   C. 对恒力 F 与 t 的乘积越大冲量越大
   D. 向心力的冲量是向心力与运动时间的乘积
2. 下列有关动量的说法中,正确的是 ( )
   A. 速度大的物体动量也大
   B. 质量越大的物体动量也越大
   C. 速度变化大的物体动量变化也大
   D. 质量与速度乘积越大的物体动量越大
3. 下列说法中,正确的是 ( )
   A. 做匀速圆周运动的物体的动量不变
   B. 速度变化了,动量必定变化
   C. 动量变化了,速率必定变化
   D. 凡是做曲线运动的物体动量都在变化
4. 质量 $m=1.0$ kg 的滑块从倾角为 37°、长 5 m 的斜面以速度 $v=1.0$ m/s由顶端匀速下滑到底端,物体下滑过程中,重力的冲量大小是_____,方向_____;支持力的冲量大小是_____,方向_____;摩擦力的冲量大小是_____,方向_____;合外力的冲量是_____.(取 $g=10$ N/kg)
5. 两物体的质量比为 4∶1,动量大小之比为 3∶4,两物体速度大小之比为_____.
6. 质量 $m=1.0$ kg 的球以 5 m/s 的水平速度撞在竖直墙面上,以3 m/s的水平速度弹回,选初速度方向为正方向,那么初状态的动量是_____,末状态的动量是_____,动量的增量 Δp 是_____.
7. 物体 A 初动量大小是 7.0 kg·m/s,碰撞某物体后动量大小是 4.0 kg·m/s.那么物体碰撞过程动量的增量 Δp 的大小范围是_____.
8. 物体 A 初动量大小是 8.0 kg·m/s,碰撞后物体动量大小是 6.0 kg·m/s.且初、末状态动量相互垂直,那么碰撞过程 Δp 的大小是_____.

※ 本讲答案 ※

类题 1 **答案** B

类题 2 **答案** 7.0 kg·m/s

类题 3 **答案** mv

案例 **答案** ①动能的改变量:$\Delta E_K=\frac{1}{2}mv_1^2-\frac{1}{2}mv_0^2$,动量的改变量:$\Delta P=mv_1-mv_0$,阻力的功为:$W_f=-mg(h_0-h_1)+\Delta E_K=\frac{1}{2}mv_1^2-\frac{1}{2}mv_0^2-mg(h_0-h_1)$.

②动能的改变量:$\Delta E_K=\frac{1}{2}mv_2^2-\frac{1}{2}mv_1^2$,动量的改变量:$\Delta P=mv_2-mv_1$.

③重力的冲量为:$I=mg(t_1+t_2)$.注意阻力的冲量必须要用下一节的动量定理才能求出.

8.2 动量定理

知识要点归纳

1. 动量定理

物体所受合外力的冲量等于物体的动量变化.这个结论叫做动量定理.

2. 动量定理的数学表达形式

$F\cdot t=\Delta p=p'-p$

知识考点精析

【考点一 对动量定理的理解】

动量定理研究的是一个物理过程，这个物理过程对应两个状态，即初态 p、末态 p'，此过程是分析力在时间上的累积过程，即力的冲量. 用动量定理研究问题时不涉及过程中变化细节，只注重初、末状态结果的比较. 对过程中的冲量，可以先求合力，再求冲量；也可以先求各力的冲量，再求冲量的矢量和过程中如果是变力，F 可理解为等效的、在时间上的平均作用力.

动量定理的数学表达式 $Ft=\Delta p$ 是一个矢量等式，即 Δp 的方向与 Ft 的方向一致，Δp 的大小与 Ft 的大小相等. 由此可以理解到过程中如果是变力(大小、方向变化)，冲量的方向一定是 Δp 的方向，但不一定是力的方向(用等效平均作用力则是力的方向).

动量定理的应用分为两大类：一类是延缓作用时间，减小作用力，生活中常见的缓冲装置便是如此，缓冲动作也是如此. 另一类是缩短作用时间，增大作用力，生活中的打击、碰撞可获得强大的作用力就是如此.

【范例 1】 下列说法中，正确的是 ( )

A. 力大，对物体的冲量也大

B. 合外力的冲量大，物体的动量也大

C. 合外力的冲量越大物体的动量变化也越大

D. 物体所受合外力越大，物体的动量变化率越快

思维方式 运用概念分析问题，冲量是力对时间的积累，而 Δp 与 p 在大小上没有必然联系.

◆解析◆ 冲量是力在时间上的累积，力大不能说明冲量也大，则 A 错. 合外力的冲量大，根据动量定理是动量的变化 Δp 大，Δp 大不能说明 p 大，则 B 错、C 正确. 根据动量定理的数学表达式 $Ft=\Delta p$，有 $F=\dfrac{\Delta p}{t}$. 即物体动量随时间的变化率等于物体所受的合外力，则 D 正确. 所以，应选 C、D.

类题 1 用相同的外力，使运动的物体停下来，下列说法正确的是 ( )

A. 质量较大的物体所用时间较长

B. 速度较大的物体所用时间较长

C. 动量较大的物体所用时间较长

D. 位移较大的物体所用时间较长

【考点二 用动量定理解题的基本方法】

(1)审题，确定研究对象，对谁、对哪一个过程；

(2)对物体进行受力分析，分析力在过程中的冲量或合力在过程中的冲量；

(3)抓住过程的初末状态，选定好参考方向，对初、末状态的动量大小、方向进行描述；

(4)根据动量定理，列出过程的动量定理的数学表达式；

(5)写清物理概念与物理关系的补充表达式；

(6)求解方程组、并分析作答.

【范例 2】 质量为 m 的钢球从高 h_1 自由下落，触地后反弹 h_2，若触地时间为 Δt，求地面对球的平均作用力.

思维方式 按解题的基本方法一步一步落实，要特别注意动量的方向性，但必须首先规定正方向.

◆解析◆ 对球触地过程，初态是自由下落触地前瞬间，由自由下落有 $v_1=\sqrt{2gh_1}$，弹起离地前的速度 v_2，由竖直向上抛有 $v_2=\sqrt{2gh_2}$，其方向如图 8-2-1 所示，选向上为正，

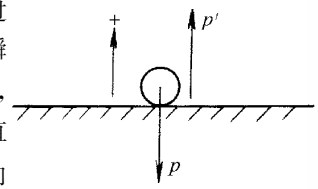


图 8-2-1

$p'=m\sqrt{2gh_1}$，$p=-m\sqrt{2gh_2}$，由 $F\cdot t=\Delta p=p'-p$ 有 $F\times\Delta t=m\sqrt{2gh_2}-(-m\sqrt{2gh_1})=m(\sqrt{2gh_2}+\sqrt{2gh_1})$，则 $F=\dfrac{m}{\Delta t}(\sqrt{2gh_2}+\sqrt{2gh_1})$，$F$ 是合外力的平均值，现求地面的作用力，过程中物体受两个力作用：重力 $G=mg$，地面支持力 N，$F=N-mg$，所以 $N=\dfrac{m}{\Delta t}(\sqrt{2gh_2}+\sqrt{2gh_1})+mg$.

类题 2 将质量 $m=0.5$ kg 的球以 5.0 m/s 的水平速度撞击在竖直墙面上，又以 4.0 m/s 的速度反弹，若撞击时间 $\Delta t=0.05$ s，求球对墙面的平均撞击力.

知识探究延伸

实践探究案例

【案例 1】 一个小孩(20 kg 左右)从高约 30 m 处掉下来，一个大人伸出双手将其接住从而挽救了小孩的生命. 大人在接小孩时从接住到停下来，手臂抱着小孩向下移动约 1 m. 试估算小孩受到大人手臂对他的平均作用力.

◆探究提示◆ 大人接住小孩，身体与手臂向下运动，以减缓冲击力，这个向下运动的过程可视为匀减速运动.

【案例 2】 一个迎面截面积为 50 m^2，初速度为 10 km/s 的宇宙飞船在飞行中进入宇宙尘埃区域，该区域的尘埃密度 ρ 为 2.0×10^{-4} kg/m^3，为了使飞船的速度不改变，推力 F 应增加多少？(飞船与尘埃的碰撞是完全非弹性的，空气阻力不计)

◆探究提示◆ 以尘埃为研究对象(Δt 时间内的 Δm)，它的速度由零变到 v，然后用动量定理.

知识过关检测

1. 甲、乙两物体质量相同，以相同的初速度在粗糙水平面上滑行，甲先停下来，则 ( )

A. 甲物体受冲量较大

B. 乙物体受冲量较大

C. 两物体受冲量一样大

D. 乙比甲滑行较远

2. 甲、乙两物体有相同的动量，且甲的质量较大，在相同力的作用下让其停止，下列说法中，正确的是 ( )

A. 甲的质量较大，所以甲滑行时间较长

B. 甲、乙动量相同，所以滑行时间相等

C. 甲、乙动量相同，所以滑行路程相等

D. 乙的速度较大，所以乙滑行较远

需要全本请访问 www.ertongbook.com

3. 在相等的时间内动量的变化 Δp 相等的运动有 ( )
A. 匀速圆周运动
B. 自由落体运动
C. 平抛物体运动
D. 匀减速直线运动

4. 质量为 0.4 kg 的小球,以 $v_0=10$ m/s 初速度从高 $h=5$ m 的平台边缘水平抛出,g 取 10 m/s^2,那么小球飞行过程中动量的变化 Δp 为_____,着地前一瞬间小球动量的大小是_____.

5. 如图 8-2-2 所示,质量分别为 m_A、m_B 的木块叠放在光滑的水平面上,在 A 上施加一水平恒力 F,使两木块从静止开始做匀加速运动,A、B 无相对滑动,则经过 t s,木块 A 所受的合外力的冲量为_____,木块 B 的动量的增量 Δp 为_____.

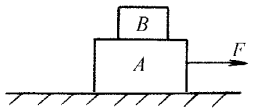


图 8-2-2

6. 用恒力作用于质量为 m 的甲物体上,经过 t s,甲物体沿直线运动的速度从 v_1 增加到 v_2;如果同样的恒力作用于质量为 $\frac{m}{2}$ 的乙物体上,作用时间为 $\frac{t}{2}$,则乙物体的动量改变大小为_____,若乙物体的初速度也是 v_1,那么乙物体的末动量为_____.

7. 有一宇宙飞船,它的正面面积 $S=0.98$ m^2,以 $v=2\times10^3$ m/s 的速度飞入一宇宙尘区,此尘区每立方米空间有一个粒子,粒子的平均质量 $m=2\times10^{-7}$ kg. 要使飞船速度保持不变,飞船的牵引力应增加多少?(设粒子与飞船外壳碰撞后附于飞船上)

8. 用水枪采煤,水枪射出的水以 v m/s 射在煤层上,假设水枪射在煤层上的水被煤层吸收,求水对煤层产生的压强.

※ 本讲答案 ※

类题 1 **答案** C

类题 2 **答案** 90 N

案例 1 **答案** 小孩落下时的速度为 $v=\sqrt{2gh}$. 大人从接住到停下来所用的时间为 $t=\frac{2h'}{v}=\frac{2h'}{\sqrt{2gh}}$. 取向下为正,对小孩的受力分析如图 8-2-3 所示:$(mg-F)t=0-mv$.

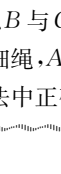


图 8-2-3

$\therefore F=\frac{mv}{t}+mg$

代入数据得:$F=\frac{20\times\sqrt{2\times10\times30}}{2\times1/\sqrt{2\times10\times30}}+20\times10=6\ 200$(N)

案例 2 **答案** 本题中飞船速度不变,但附着在船前沿的尘埃质量不断增加. 如果以飞船为研究对象,因其质量未知而不便用动量定理. 如果以尘埃为研究对象,其附着在船前沿的质量不断增加,也不宜直接用动量定理,为此,我们巧取 Δt 时间内质量为 Δm 的尘埃为研究对象,其速度由零增加到 v,受到飞船的平均作用力为 F,则据动量定理有 $F\Delta t=\Delta mv$……(1),而 $\Delta m=\rho vs\Delta t$……(2),由(1)、(2)式解得 $F=\rho v^2s=2\times10^{-4}\times(10^4)^2\times50$ N$=10^6$ N,即推力增加 10^6 N.

8.3 动量守恒定律



1. 作用力与反作用力的冲量

作用力与反作用力的冲量总是大小相等、方向相反.

2. 两个相互作用的物体各自动量的变化关系

两个相互作用的物体各自动量的变化总是大小相等、方向相反.

3. 系统动量守恒定律

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.

4. 动量守恒定律的适用范围

它不仅适用于两个物体所组成的系统,也适用于多个物体组成的系统;不仅适用于宏观物体组成的系统,也适用于微观粒子所组成的系统.



【考点一 动量守恒条件的讨论】

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. 这就是动量守恒定律.

动量守恒定律的研究对象是一个相互作用的系统. 不受外力或者所受外力之和为零是动量守恒的条件.

若系统由两个物体组成,又满足动量守恒的条件,则两个物体各自动量的变化一定大小相等、方向相反.

【范例 1】 如图 8-3-1 所示,小车 C 停放在光滑水平轨道上,A、B 两滑块放在小车 C 上,在 A、B 间夹有一根被压缩了的弹簧,A、B 与 C 之间的动摩擦因数不为零,当剪断压缩弹簧的细绳,A、B 分别在 C 上反向滑行,在滑行过程中下列说法中正确的是 ( )

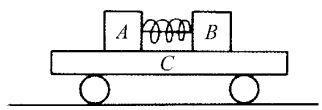


图 8-3-1

A. 若 A、B 在 C 上滑动有摩擦力，且两个摩擦力大小相等，则 A、B 系统动量守恒，A、B、C 系统动量守恒

B. 若 A、B 在 C 上滑动有摩擦力，且两个摩擦力大小相等，则 A、B 系统动量不守恒，A、B、C 系统动量守恒

C. 若 A、B 在 C 上滑动有摩擦力，且两个摩擦力大小不相等，则 A、B 系统动量不守恒，A、B、C 系统动量也不守恒

D. 若 A、B 在 C 上滑动有摩擦力，且两个摩擦力大小不相等，则 A、B 系统动量不守恒，A、B、C 系统动量仍守恒

思维方式 抓住动量守恒定律的条件，分析系统所受外力的合力.

◆解析◆ 系统动量是否动量守恒，是分析系统所受的合外力是否为零. A、B、C 系统的外力是重力和轨道对它们的作用力，由于轨道光滑所以轨道对系统水平方向不施力，则 A、B、C 系统水平方向动量守恒. A、B 系统，水平方向 C 对它们有摩擦力作用且两摩擦力方向正好相反，当两摩擦力大小相等时，水平方向合力为零，动量守恒. 当两摩擦力大小不相等时，水平方向合力不为零，系统动量不守恒. 所以 A、D 正确.

类题 1 下列物理现象中，根据动量守恒的条件，说法正确的是 ( )

A. 质量为 m 的球从高 h 自由落下，正好落在以速度 v 沿光滑水平面运动的装沙小车中，则 m 和小车组成的系统动量守恒

B. 光滑水平面上有一辆平板车，人在平板车上走走停停，人和平板车动量守恒

C. 质量为 m 的球以水平速度碰在一停放在光滑水平面的斜面体的斜面上，以另一速度竖直向上弹起，球与斜面体动量守恒

D. 两辆在光滑水平面上运动的小车，相撞后都静止下来，两辆小车动量守恒

【考点二 对动量守恒及其表达式的理解】

①动量守恒定律的研究对象是相互作用的物体组成的系统；②系统“总动量不变”不仅是指系统初、末两个时刻总动量相等，而且指系统在整个过程中任意两个时刻的总动量都相等；③动量守恒的表达式是矢量式，在高中阶段的学习只限于一维情况，应用时，应先选定正方向，而后按此规定列式.

【范例 2】 如图 8-3-2 所示，上表面粗糙，下表面光滑的木块 A 和 B 紧靠在一起，静止在光滑的水平地面上，A 和 B 的质量分别为 0.5 kg 和 0.4 kg. 现有一个质量为 0.1 kg 的小铅块 C 以100 m/s 的初速度沿两木块上表面滑动，C 最后与木块 B 以 15 m/s 的共同速度继续运动，则 C 在滑动过程中对 A 的水平冲量有多大？

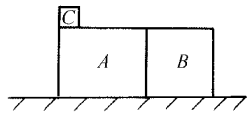


图 8-3-2

思维方式 分析物理过程，明确研究对象，根据守恒条件，找准初、末状态建立守恒等式.

◆解析◆ C 沿 A 上表面滑动时，A、B 一起向右运动，C 滑至 B 上表面后 A、B 分离. 设 A、B 分离时速度为 v，此刻 C 的速度 v_C，对 A、B、C 系统满足动量守恒，有 $m_Cv_0=m_Cv_C+(m_A+m_B)v$，A、B 分离后 A 做匀速直线运动. 对全过程 A、B、C 系统总动量也守恒，有 $m_Cv_0=m_Av+(m_C+m_B)v_B$. 由此两式可得 $v_C=55$ m/s. C 在 A 上表面滑行过程中，对 C 研究，A 对 C 的冲量 $I_{AC}=m_Cv_C-m_Cv_0=-4.5$ N·s. 故 C 对 A 的冲量 $I_{CA}=-I_{AC}=4.5$ N·s.

类题 2 总质量为 M 的列车在平直轨道上以速度 v 匀速行驶，尾部有一节质量为 m 的车厢突然脱钩. 设机车的牵引力恒定不变，求脱钩车厢停止运动时列车的速度.

知识探究延伸

实践探究案例

【案例 1】 连同装备质量 $M=100$ kg 的宇航员离飞船 45 m处与飞船相对静止，他带有一个装有 $m=0.5$ kg 的氧气贮筒，其喷嘴可以使氧气以 $v=50$ m/s 的速度在极短的时间内相对宇航员自身喷出. 他要返回时，必须向相反的方向释放氧气，同时还要留一部分氧气供返回途中呼吸. 设他的耗氧率 R 是 2.5×10^{-4} kg/s，问：要最大限度地节省氧气，并安全返回飞船，所用掉的氧气是多少？

◆探究提示◆ 动量守恒定律中的各个速度应统一对应于某一个惯性参考系，在本问题中，飞船沿圆轨道运行，不是惯性参考系，在一段很短的圆弧上，可视为惯性参考系. 问题中氧气的速度是相对宇航员而不是飞船，因此在列表达式时注意速度的相对性.

实验能力训练

【案例 2】 利用图 8-3-3 所示实验装置，可以验证动量守恒定律. 实验步骤如下：

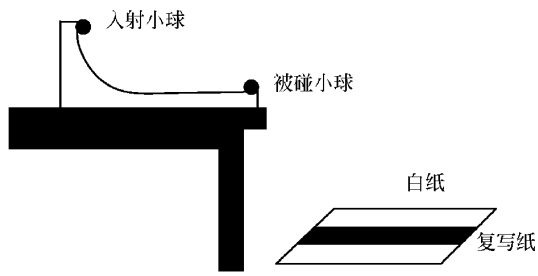


图 8-3-3

①用天平称出两个小球的质量 m_1、m_2，用游标卡尺测出

小球的半径 r_0.

②将斜槽固定在桌边,使槽的末端点切线是水平的,被碰小球放在斜槽前边的小支柱上,调节实验装置,使两球相平碰时处于同一高度,以保证它们碰撞后的速度方向都在同一条水平直线上.

③在地上铺一张白纸,白纸上铺放复写纸,当小球落在复写纸上时,便在白纸上留下了球落地的痕迹,以便记录小球飞出的水平距离,在白纸上记下重锤线所指的位置 O,它表示碰撞时小球的球心在纸上的垂直投影.

④先不放上被碰小球,让入射小球(m 大的)从斜槽上某一高度滚下,重复 10 次,用尽可能小的圆把所有的小球落点圈在里面,圆心 P 就是小球落点的平均位置.

⑤把被碰小球放在支柱上,让入射小球从原来的高度流下,使它们发生正碰,重复实验 10 次,用同样的方法标出碰撞后入射小球落点的平均位置和被碰小球落点的平均位置.

⑥如图 8-3-4 所示,过 ON 在纸上作一条直线,在直线 ON 上取 $OO'=2r$,用刻度尺测量线段 OM、OP、$O'N$ 的长度用小球飞行的时间做时间单位,则 OP 的长等于入射小球在碰撞前的速度 v_1,OM 长等于入射小球碰撞后的速度 v_1',$O'N$ 的长度等于被碰小球碰撞后的速度 v_2'.

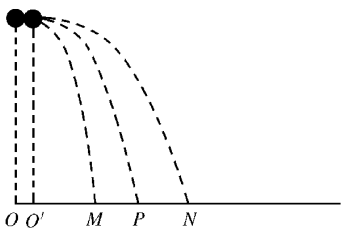


图 8-3-4

⑦将数据代入表达式:$m_1\overline{OP}=m_1\overline{OM}+m_2\overline{O'N}$,看等式是否成立.

看完以上文字请回答以下问题:

1)为什么入射小球的质量要大于被碰小球的质量?

2)某同学用图 8-3-5 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、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 8-3-5 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 8-3-6 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.

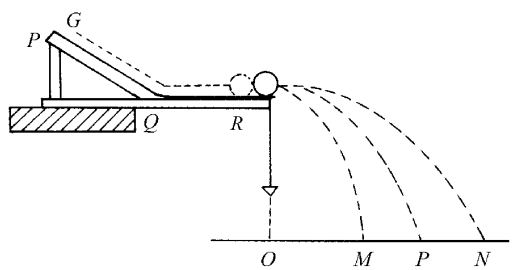


图 8-3-5

①碰撞后 B 球的水平射程应取为 _____ cm.

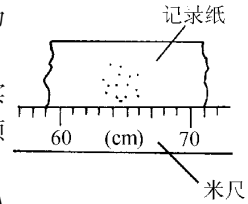


图 8-3-6

②在以下选项中,哪些是本次实验必须进行的测量?(　　)(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)如果要验证完全非弹性碰撞的动量守恒,该实验应如何改进或通过什么方式实现?

知识过关检测

1. 质量 $m_1=2$ kg、$m_2=5$ kg 的两小车之间压缩一根轻弹簧后静止在光滑水平面上,放手让小车弹开,测得 m_2 受冲量 10 N·s,下列对此过程说法中,正确的是 (　　)

A. m_2 获得 10 kg·m/s 的动量

B. m_1 受的冲量大小也是 10 N·s

C. 弹开后 m_1、m_2 的动量总和为 0

D. 弹开后 m_1、m_2 的动量总和为 20 kg·m/s

2. 如图 8-3-7 所示,质量为 M 的盒子放在光滑的水平面上,盒子内表面不光滑,盒内放有一块质量为 m 的物体,从某一时刻起给 m 一个水平向右的初速度 v_0,那么在物块与盒子前后壁多次往复碰撞后 (　　)

A. 两者的速度均为零

B. 两者的速度总不会相等

C. 盒子的最终速度为 $\frac{m}{M}v_0$,向右

D. 盒子的最终速度为 $\frac{m}{M+m}v_0$,向右

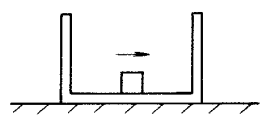


图 8-3-7

3. 某人站在静止浮于水面的船上,从某时刻开始人从船头走向船尾,设水的阻力不计,那么在这段时间内,人和船的运动情况是 (　　)

A. 人匀速行走,船匀速后退,两者速度大小与它们的质量成反比

B. 人加速行走,船加速后退,而且加速度大小与它们的质量成反比

C. 人走走停停,船退退停停,两者动量总和总是为零

D. 当人从船头走到船尾停止运动后,船由于惯性还会继续后退一段距离

4. 甲、乙两人站在小车左右两端,如图 8-3-8 所示,当他俩同时相向而行时,发现小车向右运动,下列说法正确的是(假设轨道光滑) (　　)

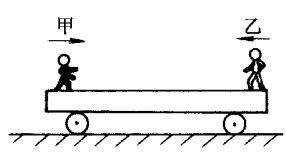


图 8-3-8

A. 乙的速度必定大于甲的速度

B. 乙对小车的冲量必定大于甲对小车的冲量

C. 乙的动量大小必定大于甲的动量大小

D. 甲、乙动量总和必定不为零

5. 用两个小车 A、B 验证动量守恒定律，两车放在水平轨道上，B 车静止，A 车连接纸带（穿过打点计时器）向右运动，如图 8-3-9(甲)所示，它和 B 车碰撞后连在一起向右运动（两车相互碰撞时间极短），并打下纸带. 已知 A 车质量 $m_A=0.12$ kg，B 车质量 $m_B=0.11$ kg，打点计时器打点时间间隔为 $T=0.02$ s，图 8-3-9(乙)为纸带，测得 $PA=9.5$ mm，$PB=19.1$ mm，$PC=28.7$ mm，$PD=38.2$ mm，$PE=47.8$ mm，$PF=57.3$ mm，$PG=66.9$ mm，$PH=71.8$ mm，$PI=76.6$ mm，$PJ=81.5$ mm，$PK=86.4$ mm，$PL=91.2$ mm，$PM=96.1$ mm.

据此可得两车碰前的总动量为_____，碰后的总动量为_____，从纸带上 P 点开始计时，经过_____ s 的时间后两车相碰.

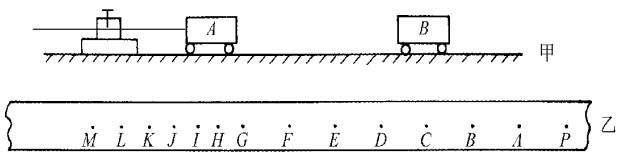


图 8-3-9

6. 质量为 M 的铁球与质量为 m 的木球用细线连在一起在深水中以速度 v_0 匀速向下沉，某时刻绳子突然断了，当木块停止下沉时铁球的速度是多大？

7. 如图 8-3-10 所示，小木块质量 $m=0.5$ kg，以速度 $v=30$ m/s 水平地滑上一个静止在光滑地面上的平板小车，小车质量 $M=2$ kg，木块与车之间的动摩擦因数 $\mu=0.3$. 求：(g 取 10 m/s^2)

①木块与小车相对静止时小车的速度；

②木块滑上小车到与车相对静止所用时间.

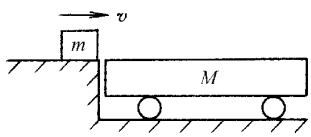


图 8-3-10

8. 如图 8-3-11 所示，质量分别为 m_A、m_B、m_C 的三个物体置于光滑的水平面上，A 从 B 的光滑圆弧槽的右端自静止滑下. 当 A 滑到圆弧槽的底端时 A 的速度大小为 v. 求：A 再沿槽向左滑到最高点时，A、B、C 三物体的速度各多大.

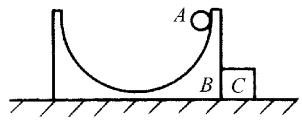


图 8-3-11

※ 本讲答案 ※

类题 1 答案 BD

类题 2 答案 $\dfrac{M}{M-m}v$

案例 1 答案 设喷出氧气的质量为 m' 后，宇航员获得的速度为 v'，喷气的过程中满足动量守恒定律，有：

$0=(M-m')v'+m'(-v+v')$ 得 $v'=m'v/M$

宇航员即以 v' 匀速靠近飞船，到达飞船所需的时间

$t=s/v'=Ms/m'v$

这段时间内耗氧 $m''=Rt$，故其用掉氧气 $m'+m''=2.25\times10^{-2}/m'+m'$

因为 $(2.25\times10^{-2}/m')\times m'=2.5\times10^{-2}$ 为常数，

所以当 $2.25\times10^{-2}/m'=m'$，即 $m'=0.15$ kg 时用掉氧气最少，共用掉氧气是 $m'+m''=0.3$ kg.

案例 2 答案 1)为了避免入射小球反弹.

2)用圆规作一个最小的圆将 10 个落点痕迹圈入，圆心的位置就为落点的平均位置，按读数要求：准确值加一位估计值，应是 64.7 cm.

要测三个落点到 O 点的距离，则 A、B 正确. 要测两小球质量，则 D 正确. 本实验 B 球不是放在槽末端的支柱上，而是槽末端，则平抛起点都是 R 点，所以不必测球直径. 实验要验证的内容与高度无关，所以 A、B、D 正确.

3)在被碰小球上的被碰点粘上橡皮泥（注意应将其与被碰小球的质量一起计算）.

8.4 动量守恒定律的应用



1. 动量守恒定律的应用中要注意三性

(1)瞬时性：状态参量的描述是瞬时关系，不能把上一个状态的状态参量用于下一个状态上.

(2)相对性:对初、末状态的参量描述所选参考系要一致.

(3)方向性:动量是矢量,不仅要描述大小还要描述方向.求和是矢量和.

2. 碰撞、爆炸满足动量守恒

碰撞、爆炸过程时间 $\Delta t\to 0$,则有限外力的冲量 $Ft\to 0$,则系统 $\Delta p\to 0$,有 $p'=p$. 动量守恒.

3. 如果系统在某一个方向上合力为零,则在这一个方向上满足动量守恒



【考点一　对动量守恒中的瞬时性、相对性、方向性的分析】

动量是一个状态量,在相互作用的一个系统中,各个部分的动量是时刻变化的,对某一个状态的描述,不能把描述上一个状态的参量引入到这一时刻,状态参量应与时刻对应. 例如:人站在小车上与小车一起以 5 m/s 的速度运动. 轨道对小车的摩擦不计. 若人手中有一个铅球,人将铅球以 10 m/s 的速度相对于车沿车前进的方向推出. 描述铅球的速度时有人往往认为是(5+10) m/ s=15 m/s,这种认为是错误的,因为这个 5 m/s 是前一个时刻的参量,在人推球的过程中车的运动状态已经发生了变化,当球出手时车速已变为 v,那么铅球的速度应为 $v+10$ m/s.

动量是描述机械运动的运动状态的量,机械运动是相对的,与参考系的选取密切相关,因此对初态动量的描述与末态动量的描述所选参考系要一致,只有参考系相同,动量才具有可比性,否则就失去了比较的意义.

动量是矢量,不仅要描述其大小,而且还要描述其方向,对动量进行运算过程中,应按矢量的运算法则进行,在描述过程中应作好矢量关系图.

【范例 1】 光滑水平轨道上有一辆小车,车的质量为 20 kg,质量为60 kg 的人站在小车上,与车一起以 5 m/s 的速度运动,试求:① 人相对于车以 2 m/s 的速度沿车前进的反方向行走,车速多大? ② 人相对于车以 2 m/s 竖直跳起,车速多大? ③ 人相对于轨道以 2 m/s 竖直跳起,车速多大?

思维方式　注意状态的瞬时性,运动的相对性,矢量的方向性,找准各状态下的状态参量.

◆解析◆　由于水平轨道是光滑的,人、车系统水平方向动量守恒. 系统的初动量 $p=(20+60)\times 5=400$ kg·m/s. 设人反向行走时车的速度为 v_1,系统动量 $p_1=20v_1+60(v_1-2)$. 由 p 守恒,有 $p_1=p$,则 $20v+60(v-2)=400$,$v_1=6.5$ m/s. 设人相对于车竖直跳时车速为 v_2. 由于是相对于车竖直,则人与车水平方向相对静止,有共同速度,则系统动量 $p_2=20v_2+60v_2$. 由 p 守恒,$p_2=p$,则 $20v_2+60v_2=400$,$v_2=5$ m/s. 人相对于轨道竖直跳起,人水平方向速度为零,则系统的动量 $p_3=20v_3$,由 p 守恒 $p_3=p$,则 $20v_3=400$,$v_3=20$ m/s.

类题 1　光滑水平轨道上有一质量为 $M=50$ kg 的平板车,车上站着质量 $m=70$ kg 的人,以共同速度 v_0 匀速前进,当人以相对于车速度 $v=2$ m/s 向后行走,则人运动后车的速度_____(填"增加"或"减少")了_____ m/s.

【考点二　动量守恒条件的拓展】

动量守恒的条件是系统 $\sum F=0$,由动量定理 $F\cdot t=\Delta p$,$\sum F=0$,则 $F\cdot t=0$,$\Delta p=0$,所以有 $p'=p$,即系统动量不变. 要使 $F\cdot t=0$,除 F 为零外还可以是 $t\to 0$,当一个过程进行非常快,内力远大于外力时,有限的外力在这一过程中的冲量 $Ft\to 0$,同样有 $p'=p$,即系统动量不变. 碰撞与爆炸就属于这种情况,因此碰撞与爆炸问题无论有无外力,只要外力是有限大的,这一过程就满足动量守恒.

力和运动都是矢量,都具有独立性,某一方向上的受力只影响这一方向上的运动,而对另一方向上的运动无影响,如重力是竖直方向,它只影响竖直方向的运动. 根据力和运动的矢量性、独立性,如果一个系统某一方向上满足动量守恒条件,那么这一方向上可用动量守恒去研究.

【范例 2】 质量 $M=2.9$ kg 的木块,停放在动摩擦因数 $\mu=0.2$ 的水平面内. 质量为 100 g 的弹丸以 180 m/s 的水平速度射入木块中,随木块一起沿水平面运动,求在水平面上滑行的距离.

思维方式　理清物理过程,分析物理现象,找准物理规律,描述过程现象,综合求解问题.

◆解析◆　碰撞,无论水平面有无摩擦动量都守恒. 初态 $p=0.1\times 180$ kg·m/s. 末态有共同速度 $p'=(2.9+0.1)v$,由 $p'=p$,即 $3v=18$,$v=6$ m/s. 对滑行过程,由 $\sum F=ma$,有 $f=(2.9+0.1)a$,$f=\mu N=\mu(2.9+0.1)g$,所以 $a=2.0$ m/s^2. 由 $v_t^2=v_0^2+2as$,有 $0^2=6^2+2(-2)s$,$s=9$ m.

类题 2　质量为 0.3 kg 的木块静止在水平桌面上,木块与桌面间 $\mu=0.2$,一颗质量 $m=6$ g 的子弹从水平方向射入木块,然后与木块一起向前运动 25 cm 后静止,求子弹射入木块前一瞬间的速度.

【范例 3】 如图8-4-1所示,平板车停放在光滑水平轨道上质量为 $M=2.0$ kg,质量 $m=500$ g 的小滑块,停在小车的平台上,小车另一端安置了一个$\frac{1}{4}$圆弧轨道,轨道的最低点与小车平台相切. 现给 m 一个水平向右的初速度 $v_0=10$ m/s,结果 m 从圆弧轨道上滑出,求 m 滑出时小车的速度. 并分析还会重返圆弧轨道吗?

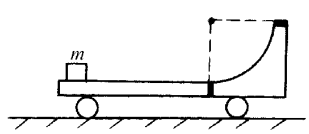


图 8-4-1

思维方式　动量守恒问题中,状态分析尤为重要,抓住和分析状态是写出守恒等式的关键. 本题动量不守恒,但水平方

向动量守恒.

◆解析◆ 轨道光滑,M、m 水平方向满足动量守恒,系统初动量 $p=mv_0=0.5\times10\ \text{kg}\cdot\text{m/s}$. 由于是$\frac{1}{4}$圆弧,最低点与平台相切,则最高点切线垂直于小车平台. 从轨道上滑出,速度方向定为轨道的切线,即垂直于小车平台,那么 m 在水平方向与车应具有相同速度,系统动量 $p'=(M+m)v_{车}$,由 $p'=p$ 有 $(2.0+0.5)v_{车}=5.0$,$v_{车}=2\ \text{m/s}$. 由于水平方向有共同的运动状态,m 相对于车竖直上抛,定会回到抛出点,所以会重返圆弧轨道.

类题 3 质量为 M 的斜面体,停放在光滑水平面上. 质量为 m 的球,以 v_1 的水平速度撞击在斜面体的斜面上,以 v_2 的竖直速度弹起,求碰撞后斜面体的速度.

知识探究延伸

实践探究案例

【案例】 气功碎石表演中,质量 $M=200\ \text{kg}$ 的石板压在演员身上,另一个演员举起质量 $m=5\ \text{kg}$ 的铁锤,使劲地向石板砸去,石板被砸碎了,而演员安然无恙,试通过分析和必要的理论计算来说明其中的奥妙.

◆探究提示◆ 锤砸到石板上,这个瞬间的过程可以认为锤、石板动量守恒,然后从石板获得的动能可以看出其中的奥妙所在.

知识过关检测

1. 如图 8-4-2 所示,小车放在光滑的水平面上,将系绳小球拉开到一定角度,然后同时放开小球和小车,那么在以后的过程中 ( )

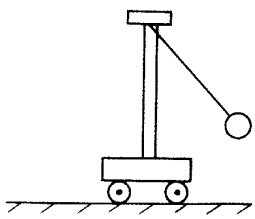


图 8-4-2

A. 小球向左摆动时,小车也向左运动,且系统动量守恒
B. 小球向左摆动时,小车向右运动,且系统动量守恒
C. 小球向左摆到最高点,小球的速度为零而小车速度不为零
D. 在任意时刻,小球和小车在水平方向的动量一定,大小相等、方向相反

2. 小车在光滑水平面上匀速前进,某时刻将质量相等的两球以相同的对地速率水平抛出,其中一个抛出方向与车运动方向同向,另一个与车运动方向反向,抛出后小车速度 ( )
A. 变大 B. 变小 C. 不变 D. 无法确定

3. 一个质量为 M 的平板车以速度 v 在光滑水平面上滑行,质量为 m 的烂泥团从离车 h 高处自由下落,恰好落在车面上,则小车的速度大小是 ( )
A. 仍是 v B. $\frac{Mv}{M+m}$
C. $\frac{m\sqrt{2gh}}{M+m}$ D. $\frac{Mv+m\sqrt{2gh}}{M+m}$

4. 在光滑水平冰面上,甲、乙两人各乘一辆小车,两人质量相等,两车质量也相等,甲手中持一个小球,开始时甲、乙均静止,甲向正东方向将球沿冰面推给乙,乙接住后又向正西方向将球推给甲,如此推接数次后,甲又将球推出,球在冰面上向东运动,但已无法追上乙,此时甲的速度 $v_{甲}$、乙的速度 $v_{乙}$,球的速度 v 之间的大小关系是 ( )
A. $v_{甲}=v_{乙}\geqslant v$ B. $v<v_{甲}<v_{乙}$
C. $v_{甲}<v\leqslant v_{乙}$ D. $v\leqslant v_{乙}<v_{甲}$

5. 甲物体质量为 m,乙物体质量为 $2m$,它们以相同动量在光滑水平面上运动,并发生碰撞,碰撞后甲沿与原来相反的方向弹回,速度减小到原来的一半,碰撞后甲、乙的速率之比为_____.

6. 一滑冰者质量为 50 kg,在水平冰面上推着一个质量为 20 kg 的木箱,以 10 m/s 的速度滑行,突然他用力向前推出木箱,他自己的速度减小到 8 m/s 继续向前滑行,则此时木箱的速度大小为_____.

7. 甲、乙两小孩各坐一辆冰车在摩擦不计的冰面上相向运动. 已知,甲连同冰车的总质量 $M=30\ \text{kg}$,乙连同冰车的总质量也是 30 kg,甲还推着一只质量 $m=15\ \text{kg}$ 的箱子. 甲、乙滑行的速度大小均为 2 m/s,为了避免相撞,在某时刻甲将箱子沿冰面推给乙,箱子滑到乙处给乙接住. 试求:甲至少用多大的速度将箱子推出,才可避免和乙相撞?

8. 如图 8-4-3 所示,水平地面光滑,A、B 两小车质量均为 5 kg,其上表面均长 1.6 m,且与地面均相距 0.8 m. B 车静止,它的上表面光滑,若右端放一质量 4 kg 的小滑块 C. A 车上表面粗糙,动摩擦因数为 0.2,它以 6 m/s 的速度向右运动. A 车与 B 车碰撞后连在一起以相同速度向右运动,设碰撞时间极短可忽略,g 取 $10\ \text{m/s}^2$. 求:①A 与 B 碰撞后,滑块 C 经多长时间落地? ②C 落地时与 A 车左端相距多远?

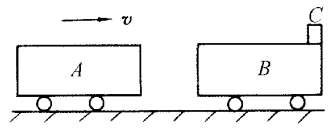


图 8-4-3

需要全本请访问 www.ertongbook.com

※ 本讲答案 ※

类题 1 答案　增加　$\frac{7}{6}$

类题 2 答案　51 m/s

类题 3 答案　$\frac{mv_1}{M}$

案例 答案　设锤砸到石板前的速度为 v_0，石板获得的瞬时速度为 v，以锤和石板为研究系统，则 $mv_0=Mv$（$\because m<M$，$\therefore$ 砸上后认为共同运动时 m 略去）

$v=(m/M)v_0$，

所以石板获得的能量

$E_{石}=(\frac{1}{2})Mv^2=(m/M)\cdot(\frac{1}{2})mv_0^2$，当 $M\gg m$ 时，石板的动能极小，$E_{石}=\frac{1}{40}E_{锤}$.

8.5　反冲运动　火箭



1. 反冲运动

物体的一部分以一定速度离开物体的过程中，给剩余部分一个反向冲量，使剩余部分获得反向的动量.

2. 反冲运动遵守的基本规律

当合外力为零时，系统动量守恒；当合外力不为零，但内力远大于外力时，系统动量守恒；当合外力不为零，也不满足内力远大于外力，但在某一方向上合力为零时，则这一方向上动量守恒.



【考点一　反冲运动中，质量为 M 的物体将 Δm 以相同的相对速度 u 一次性冲出、多次性冲出、连续冲出，剩余部分的速度分析】

反冲现象中满足动量守恒. 系统初动量为零，即 $p=0$. 对一次性冲出，设剩余部分的速度为 v_1，那么冲出的速度大小为 $u-v_1$，方向相反，则 $p_1'=(M-\Delta m)v_1+[-\Delta m(u-v_1)]$，由 $p_1'=p$，有 $(M-\Delta m)v_1+[-\Delta m(u-v_1)]=0$，$v_1=\frac{\Delta m}{M}u$. 对多次性冲出，不妨分析分两次冲出，每次 $\frac{\Delta m}{2}$，对第一个 $\frac{\Delta m}{2}$，由上讨论有 $v_{21}=\frac{\Delta m}{2M}u$. 再冲第二个 $\frac{\Delta m}{2}$，初态动量 $p_{21}=\left(M-\frac{\Delta m}{2}\right)v_{21}$，设冲出 $\frac{\Delta m}{2}$ 后速度为 v_2，则 $\frac{\Delta m}{2}$ 冲出的速度大小为 $u-v_2$，方向相反，那么 $p_{22}=(M-\Delta m)v_2+\left[-\frac{\Delta m}{2}(u-v_2)\right]$，由 $p_{21}=p_{22}$，有 $(M-\Delta m)v_2+\left[-\frac{\Delta m}{2}(u-v_2)\right]=\left(M-\frac{\Delta m}{2}\right)\frac{\Delta m}{2M}u$，$v_2=\frac{4\Delta mM-\Delta m^2}{M(M-2\Delta m)}u=\frac{\Delta m}{M}\left(\frac{4M-\Delta m}{M-2\Delta m}\right)u$，显然 $\frac{4M-\Delta m}{M-2\Delta m}>1$，所以 $v_2>v_1$. 同理可以推测再将 $\frac{\Delta m}{2}$ 分两次其速度会更大，所以相同的相对速度，连续性冲出比有限次冲出，相同质量速度会更大.

【范例 1】 小车停在光滑水平轨道上，车上有一人和一筐球，车、人、球的总质量为 M，开始静止在轨道上，人以相同的相对于车的速度 u，不断地朝一个方向水平抛出小球，求当第 n 个小球抛出后，小车的速度.（设每个小球质量均为 m）

思维方式　按物理现象进行的顺序逐步推理，从推理式中提炼一般表达式. 注意速度的相对性.

◆解析◆　由于轨道光滑，每次抛球，水平方向 p 守恒. 设第一次抛球、第二次抛球、…、第 n 次抛球后车的速度分别为 v_1、v_2、…、v_n，以车运动方向为正，则有：

第一次抛球后 $0=(M-m)v_1+[-m(u-v_1)]$，所以 $v_1=\frac{m}{M}u$.

第二次抛球后 $(M-m)v_1=(M-2m)v_2+[-m(u-v_2)]$，所以 $v_2=\frac{m}{M}u+\frac{m}{M-m}u$.

第三次抛球后 $(M-2m)v_2=(M-3m)v_3+[-m(u-v_3)]$，所以 $v_3=\frac{m}{M}u+\frac{m}{M-m}u+\frac{m}{M-2m}u$.

同理推知，第 n 次抛球后小车的速度为

$$v_n=\frac{m}{M}u+\frac{m}{M-m}u+\frac{m}{M-2m}u+\cdots+\frac{m}{M-(n-1)m}u=mu\sum_{i=0}^{n-1}\frac{1}{M-im}.$$

类题 1　一辆平板车停放在光滑水平面上，质量为 40 kg，质量分别为 60 kg 的两人站在平板车上. 试讨论：

①两人同时以 10 m/s 的水平速度相对于车向同一方向跳离车，车的速度多大？

②两人先后以 10 m/s 的水平速度相对于车向同一方向跳离车，车的速度多大？

【考点二　物体动量的变化 ΔP 的计算】

一个原来静止的系统，由于某一部分的运动对另一部分有冲量，使另一部分也跟随着运动. 若现象中满足动量守恒或某个方向上满足动量守恒，则有 $Mv-mv_0=0$，有 $v=\frac{mv_0}{M}$. 物体在这一方向有速度，经过时间的累积，物体在这一方向上运动一段距离，则距离关系同样满足 $s_M=\frac{m}{M}s_m$. 由于物体都发生了运动，它们之间有相对运动，根据相对运动知识，$\overrightarrow{s_{Mm}}=\overrightarrow{s_M}-\overrightarrow{s_m}$ 运动是矢量，这是矢量关系式，选 s_M 为正向，则相对距离 $s_{相}=s_M-(-s_m)=s_M+s_m$.

【范例 2】 如图8-5-1所示，半圆形弧形轨道半径为 R，停放在光滑水平面上，圆弧轨道也是光滑的，质量为 M. 现让质量为 m 的小球从轨道的右边从静止下滑，当小球到达左端时，M 后退多远？

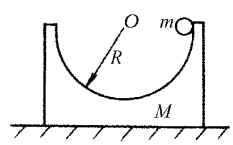


图 8-5-1

思维方式 水平方向 p 守恒，只讨论水平方向的移动距离.

◆解析◆ M、m 系统水平方向 p 守恒，由 p 守恒有 $Mv_x=mv_x$，水平速度在时间上的累积是水平位移，则位移大小关系有 $Ms_M=ms_m$，水平方向相对位移 $s_{相}=2R$，有 $2R=s_M+s_m$，所以 $s_M=\frac{m}{M+m}2R$.

类题 2 人和气球静止悬浮于离地面高 h 的空中，人的质量为 M，气球与装置的质量为 m，若人要沿一根绳子回到地面，这根绳子要有多长？

知识探究延伸

实践探究案例

【案例 1】 一只装了许多石头的船用桨划到湖中，不小心将桨丢在水中而无法捡到了，划船的人能有什么办法捡到桨或者使船靠岸？

◆探究提示◆ 可以从两方面考虑：①利用作用力与反作用力，用手或脚划水；②利用反冲，向要前进的反向丢石头.

【案例 2】 下面是一个物理演示实验，它显示：图 8-5-2 中下落的物体 A、B 经反弹后，B 能上升到比初始位置高的地方. A 是某种材料做成的实心球，质量 $m_1=0.28$ kg，在其顶部的凹坑中插着质量 $m_2=0.1$ kg 的木棍 B. B 只是松松地插在凹坑中，其下端与坑底之间有小间隙.

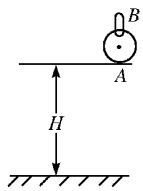


图 8-5-2

将此装置从 A 的下端离地板的高度 $H=1.25$ m 处由静止释放. 实验中，A 触地后在极短的时间内反弹，且其速度大小不变；接着木棍 B 脱离球 A 开始上升，而球 A 恰好停留在地板上，求木棍 B 上升的高度.（重力加速度 $g=10$ m/s^2）.

◆探究提示◆ 这是一个碰撞后反弹的问题，初看容易认为是不可能的，实际上利用动量守恒和能量关系就可以求出木棍上升的高度.

知识过关检测

1. 两辆质量相同的小车 A 和 B，置于光滑水平面上，一人站在 A 车上，两车均静止. 若这个人从 A 车跳到 B 车，接着又跳回 A 车，仍与 A 车保持相对静止，则此时 A 车的速率 （ ）

A. 等于零　　B. 小于 B 车的速率

C. 大于 B 车的速率　　D. 等于 B 车的速率

2. 一个静止的质量为 M 的原子核，放射出一个质量为 m 的粒子，粒子离开原子核的相对于核的速度为 v_0，原子核剩余部分的速率等于 （ ）

A. v_0　　B. $\frac{m}{M-m}v_0$　　C. $\frac{m}{M}v_0$　　D. $\frac{m}{2m-M}v_0$

3. 静止在水面上的船长 L，质量为 M，一个质量为 m 的人站在船头，当此人由船头走到船尾的过程中，船移动的距离为（不计水的阻力） （ ）

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

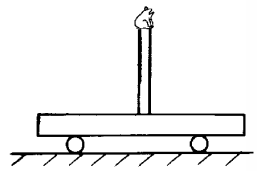
4. 载人气球原静止于高 h 的空中，气球质量为 M，人的质量为 m，若人要沿绳梯着地，则绳梯的长度至少为 （ ）

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

5. 一个质量 $M=3.0$ kg 的斜面体静置于光滑水平面上，斜面倾角为 37°，斜面长 $L=2.0$ m，一个质量 $m=1.0$ kg 的金属滑块，从斜面顶端静止下滑，当滑到斜面底端时，斜面体后退的距离为_____.

6. 质量分别为 2.0 kg 和 3.0 kg 的物块 A、B 停放在光滑水平面上，中间夹着一被压缩的弹簧，释放弹簧，1 s 末两物体间的距离为 10 m. 那么弹开时 A 的速度大小 $v_A=$_____，B 的速度大小 $v_B=$_____.

7. 如图 8-5-3 所示，质量为 m 的青蛙蹲在高 h、立在小车中间的细杆上，开始系统处于静止，若小车的质量为 M，那么青蛙以最小多大的速度水平起跳才能跳离小车.（设车长为 L）


图 8-5-3

8. 质量 $M=20$ kg 的小车置于光滑水平面上，质量 $m=60$ kg 的人站在小车上，车上还放有质量为 $m'=5$ kg 的四个铅球，系统处于静止状态，此人先后将四个铅球向同一个方向、以 10 m/s 的速度相对于车向同一个方向水平推出，求第四个球推出后车的速度.

※ 本讲答案 ※

类题 1 答案 ①7.5 m/s ②9 $\frac{3}{4}$ m/s

类题 2 答案 $L=\frac{M+m}{m}h$

案例 1 答案 ①可以用手或脚代替桨划船；②根据动量守恒，向要求船前进的反方向丢石头.

案例 2 答案 根据题意，A 碰地板后，反弹速度的大小等于它下落到地面时的速度的大小，由机械能守恒得

$(m_1+m_2)gH=\frac{1}{2}(m_1+m_2)v_1^2$，$v_1=\sqrt{2gH}$

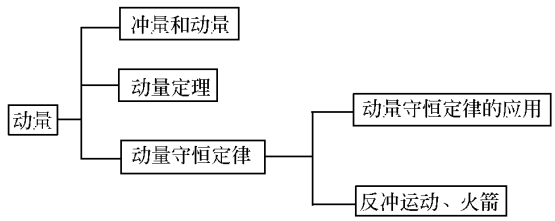
A 刚反弹时速度向上，立刻与下落的 B 碰撞，碰前 B 的速度 $v_2=\sqrt{2gH}$

由题意，碰后 A 速度为 0，以 v_2 表示 B 上升的速度，根据动量守恒 $m_1v_1-m_2v_2=m_2v_2'$ 令 h 表示 B 上升的高度，有 $\frac{1}{2}m_2v_2'^2=m_2gh$，

由以上各式并代入数据得：$h=4.05$ m.

知识提升园地

本章知识图解



知识学后提升

动量守恒定律是宏观世界和微观世界都遵守的共同规律，应用非常广泛. 动量守恒定律的适用条件是相互作用的物质系统不受外力，实际上真正满足不受外力的情况几乎是不存在的. 所以，动量守恒定律应用重在“三个”选取，并且注意利用数学方法.

1. 动量守恒条件近似性的选取

根据动量守恒定律成立时的受力情况分以下三种：(1) 系统受到的合外力为零的情况；(2) 系统所受的外力比相互作用力（内力）小很多，以致可以忽略外力的影响. 因为动量守恒定律是针对系统而言的，它告诉我们，系统内各个物体之间尽管有内力作用，不管这些内力是什么性质的力，系统内力的冲量只能改变系统中单个物体的动量，而不能改变系统的总动量. 如碰撞问题中的摩擦力，碰撞过程中的重力等外力比相互作用的内力小得多且碰撞时间很短时，可忽略其力的冲量的影响，认为系统的总动量守恒. 这是物理学中忽略次要因素，突出重点的常用方法；(3) 系统整体上不满足动量守恒的条件，但在某一特定方向上，系统不受外力或所受的外力远小于内力，则系统沿这一方向的分动量守恒.

2. 动量守恒过程的选取

满足动量守恒条件时，总动量保持不变，不是仅指系统初末两状态总动量相等，而是指系统在相互作用的整个过程中，每一时刻总动量都不变. 动量守恒条件是否满足，关键在于过程如何选取.

3. 动量守恒系统的选取

对多个物体相互作用中动量守恒问题，如何选取系统，是学生常感棘手的问题. 因为对多个物体组成的系统，有时应用系统动量守恒，有时应用某部分动量守恒，有时分过程多次应用动量守恒，有时只抓住初、末状态动量守恒即可. 要善于观察、分析，正确选取动量守恒系统.

4. 数学归纳法在动量守恒中的应用

有类问题，涉及物体之间的多次动量守恒，这时往往涉及数学归纳法的运用，要求学生有较高的应用数学方法解决物理问题的能力.

思维拓展例题

【范例 1】 如图 8-T-1 所示，一质量为 $M=0.5$ kg 的斜面体 A，原来静止在光滑的水平面上，一质量 $m=40$ g 的小球 B 以水平速度 $v_0=30$ m/s 运动到斜面 A 上，碰撞时间极短，碰后变为竖直向上运动，求物体 A 碰后的速度.

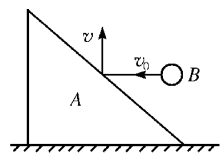


图 8-T-1

思维方式　系统动量不守恒，但水平方向动量守恒.

◆解析◆　由题意知，小球 B 与斜面 A 的碰撞时间极短，说明碰撞过程中相互作用力很大，斜面体 A 所受水平面的支持力要发生很大变化. 它并不满足“外力远远小于内力”的条件，整个系统总动量并不守恒，但这个外力是沿竖直方向. 而在水平方向上，由于水平面是光滑的，故 A 与 B 组成的系统在水平方向上不受外力，其动量是守恒的.

设碰后斜面体 A 的速度为 v，而小球 B 碰后水平速度为零，由水平方向的动量守恒定律，有 $0+mv_0=Mv+0$，

所以：$v=(\frac{m}{M})v_0=\left(\frac{0.04}{0.5}\right)\times 30$ m/s$=2.4$ m/s.

类题 1　如图 8-T-2 所示，在光滑水平面上，静止放着一个质量为 M，长为 L 的小车，一个质量为 m 的人站在小车的一端，求此人至少以多大速度起跳，才能跳到小车的另一端.

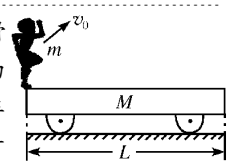


图 8-T-2

【范例 2】 如图 8-T-3 所示，在平直的公路上，质量为 M 的汽车牵引着质量为 m 的拖车匀速行驶，速度为 v_0，在某一时刻拖车脱钩了，若汽车的牵引力保持不变，在拖车刚刚停止运动的瞬间，汽车的速度多大？

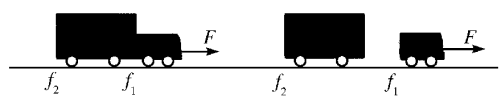


图 8-T-3

思维方式　开始时汽车与拖车组成的系统合外力为零，脱钩后，从单个个体看所受合外力不为零，但就系统而言，阻力不变，牵引力不变，合外力仍为零，因此动量仍然守恒.

◆解析◆　在汽车与拖车脱钩前，两者共同向前做匀速直线运动，说明汽车和拖车组成的系统所受合外力为零. 在脱钩后，虽然汽车和拖车已分离开了，这时汽车做匀加速运动，拖车做匀减速运动，它们各自所受合外力都不为零，但由于

汽车牵引力不变，它所受的阻力没有改变. 拖车一直向前运行，它受的阻力也没有改变，脱钩后系统所受的合阻力 $f=f_1+f_2$ 不变. 说明脱钩后至拖车刚刚停止的过程中，若以两者构成的系统为研究对象，系统所受合外力仍然为零. 动量守恒定律仍然成立.

设拖车刚刚停止时汽车的速度为 v，取汽车前进的方向为正方向，则有

$(M+m)v_0=Mv$，即 $v=\dfrac{M+m}{M}v_0$.

类题 2 质量为 100 kg 的甲车同质量 50 kg 的人一起以 2 m/s的速度在光滑水平面上匀速向前运动，质量为 150 kg 的乙车以 7 m/s 的速度匀速由后面追来，为避免相撞，当两车靠近时甲车上的人至少以多大水平速度跳上乙车.

【范例 3】 人和冰车的总质量为 M，另有一木球，质量为 m，$M:m=31:2$，人坐在静止于水平冰面的冰车上，以速度 v(相对地面)将原来静止的木球沿冰面推向正前方的固定挡板，球与冰面、车与冰面的摩擦均可不计，空气阻力也忽略不计. 设球与挡板碰撞后，球被反向弹回，速率与碰前相等，人接住球后再以同样的速度 v(相对地面)将球沿冰面向正前方推向挡板，则人推球多少次后不能再接到球?

思维方法 就整个过程而言，系统动量不守恒，因为每次挡板给球以作用力. 但就抛出过程和接住过程而言，动量守恒. 并注意数学归纳法的使用.

◆解析◆ 第一次推出球：$Mv_1=mv$ ①

小车的速度为 $v_1=\dfrac{mv}{M}$

第一次接到球：$mv+Mv_1=(M+m)v_1'$ ②

第二次抛出球：$(M+m)v_1'=-mv+Mv_2$ ③

小车的速度为 $v_2=\dfrac{3mv}{M}$

第二次接到球：$mv+Mv_2=(M+m)v_2'$ ④

第三次抛出球：$(M+m)v_2'=-mv+Mv_3$ ⑤

小车的速度为 $v_3=\dfrac{5mv}{M}$

由数学归纳法可知第 n 次抛出小球后，小车的速度为 $v_n=\dfrac{(2n+1)mv}{M}$，当 $v_n\geqslant v$ 时，小车上的人将无法接到小球，代入数据得 $n\geqslant 8.25$，取 $n=9$.

本题的另一种解法即是对系统应用动量定理. 小球和小车的动量逐渐变大，其原因是小车和小球组成的系统在整个过程中受到墙壁的冲量，每次墙壁对小球的冲量(也是对系统的冲量)等于 $2mv$，当抛出小球 n 次后，小球与墙壁碰撞了 n 次，根据动量定理，$2nmv=mv+Mv_n$，当 $v_n\geqslant v$ 时，小车上的人将无法接到小球，代入数据得 $n\geqslant 8.25$，取 $n=9$.

类题 3 如图 8-T-4 所示，一排人站在 x 轴的水平轨道旁，原点 0 两侧的人的序号都记为 $n(n=1,2,3,\cdots)$. 每人只有一个沙袋，$x>0$ 一侧的每个沙袋质量为 $m=14$ kg，$x<0$ 一侧的每个沙袋质量为 $m'=10$ kg. 一质量为 $M=48$ kg 的小车以某初速度从原点出发向正 x 方向滑行，不计轨道阻力，当车每经过一人身旁时，此人就把沙袋以水平速度 u 朝与车速相反的方向沿车面扔到车上，u 的大小等于扔此沙袋之前的瞬间速度大小的 $2n$ 倍(n 是此人的序号数)

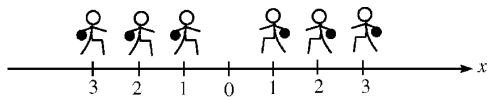


图 8-T-4

(1)空车出发后，车上堆积了几个沙袋时车就反向滑行?

(2)车上最终有大小沙袋共多少个?

【范例 4】 在光滑水平面上，有一质量 $m_1=20$ kg 的小车，通过一根几乎不可伸长的轻绳与另一质量 $m_2=25$ kg 的拖车连接，一质量 $m_3=15$ kg 的物体放在拖车上的平板上，物体与平板间的动摩擦因数 $\mu=0.2$. 开始时，拖车静止，绳未拉紧，如图 8-T-5 所示，小车以 $v_0=3$ m/s 的速度前进. 求：①m_1、m_2、m_3 以同一速度前进时，其速度的大小；②物体在拖车平板上移动的距离.

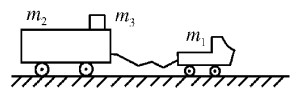


图 8-T-5

思维方法 整个运动过程可分成两个阶段：①绳子被拉紧，m_1 与 m_2 获得共同速度，m_1、m_2 系统动量守恒，但有机械能损失；②绳子拉紧后，在摩擦力作用下 m_3 加速，m_1 与 m_2 减速，直到三者以同一速度运动.

◆解析◆ 绳刚被拉紧时，设 m_1 与 m_2 的共同速度为 v_1，m_1 和 m_2 动量守恒，有：$m_1v_0=(m_1+m_2)v_1$ 得：$v_1=\dfrac{4}{3}$ m/s.

再对 m_1、m_2、m_3 系统，由动量守恒得：

$m_1v_0=(m_1+m_2+m_3)v_2$ 得 $v_2=1$ m/s.

绳拉紧后，物体在拖车上相对滑动，设拖车位移为 s_1，物体位移为 s_2，分别对两车、物体由动能定理得：

拖车：$\mu m_3gs_1=\dfrac{1}{2}(m_1+m_2)v_1^2-\dfrac{1}{2}(m_1+m_2)v_2^2$

物块：$\mu m_3gs_2=\dfrac{1}{2}m_3v_2^2$.

可解得物体在拖车上移动的距离为：

$\Delta s=s_1-s_2=0.33$ m

[注：也可由 $\mu m_3g\Delta s=\dfrac{1}{2}(m_1+m_2)v_1^2-\dfrac{1}{2}(m_1+m_2+m_3)v_2^2$ 可求得]

类题 4 长 12 m，质量为 50 kg 的木板右端有一立柱，木板置于水平地面上，木板与地面间的动摩擦因数为 0.1，质量为 50 kg 的人立于木板左端，木板与人均静止，当人以 4 m/s^2 的加速度匀加速向右奔跑至板的右端时立即抱住木柱，试求：(g 取 10 m/s^2)

(1)人在奔跑过程中受到的摩擦力的大小，

(2)人从开始奔跑至到达木板右端所经历的时间，

(3)人抱住木柱后，木板向什么方向滑动? 滑行多远的

距离?

【范例 5】 水平地面上有一长为 $l_1=13$ cm 的铝板,铝板的 A、B 两端各有一小墙,两墙间的距离 $l_2=12$ cm,铝板的质量 $m=200$ g,在铝板上放一质量与铝板相同的铁球,其直径 $d=2$ cm,设铁球与铝板之间是光滑的,而铝板与地面间的动摩擦因数为 $\mu=0.2$,开始时铁球紧贴 B 端小墙,铁球与铝板都是静止的,如图 8-T-6 所示,现突然给铝板一个水平冲量,大小为 $\Delta I=1.5$ N·s,方向沿着 $A\rightarrow B$. 设铁球与小墙碰撞没有动能损失,且碰撞时间极短,求从铝板开始运动到铁球与铝板均又恢复静止的过程中,铁球与铝板两端的小墙一共碰撞了多少次?

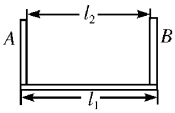


图 8-T-6

思维方法 当铝板获得向右运动的速度时,由于铁球与铝板无摩擦,铁球保持静止,而铝板由于受地面的摩擦力作用,将做减速运动,当铝板 A 端与铁球相碰时,由于时间极短,它们之间的相互作用力远大于铝板与地面的摩擦力,可认为系统动量守恒,碰后铁球与铝板互换速度. 铁球运动过程中,由于水平方向不受外力,速度恒定,到 B 端时与 B 板相碰,铁球与铝板交换速度,重复上述过程,直到一起速度为零.

◆解析◆ 系统动能仅在铝板运动过程中损失. 铝板运动过程中所受摩擦力 $f=\mu\cdot 2mg$ 恒定. 设最初铝板获得的速度为 v,整个过程中铝板位移为 s,因此有:

$$\Delta I=mv-0\cdots①$$

$$f\cdot s=\frac{1}{2}mv^2\cdots②$$

由以上式子可得:

$$s=\frac{(\Delta I)^2}{4\mu m^2 g}=7.03\text{ m}$$

所求碰撞次数为:

$$N=2\left(\frac{s}{l}\right)=2\left(\frac{s}{l_2-d}\right)=2\left(\frac{703}{10}\right)=140\text{ 次}$$

类题 5 有 n 个完全相同的物块放在光滑水平面上沿一直线排开,物块间距离均为 d. 开始物块 1 以初速度 v_0 向物块 2 运动,碰撞后粘在一起,又向物块 3 运动,粘在一起后又向物块 4 运动……,如此进行下去,求:①物块 n 的速度 v_n 多大?②从物块 1 开始运动时,到物块 n 开始运动经历的总时间是多少?(忽略每次碰撞所用的时间)

※ 本讲答案 ※

类题 1 答案 $v_{min}=\sqrt{\frac{MgL}{M+m}}$

类题 2 答案 3 m/s

类题 3 答案 (1)3 (2)11

类题 4 答案 (1)200 N (2)$t=2$ s (3)向右,$s=2$ m

类题 5 答案 ①$v_n=\frac{v_0}{n}$ ②$\frac{d}{2v_0}n(n-1)$

新形势新高考

1. (2003·全国高考)若航天飞机在一段时间内保持绕地心做匀速圆周运动,则 ( )
   A. 它的速度的大小不变,动量也不变
   B. 它不断地克服地球对它的万有引力做功
   C. 它的动能不变,引力势能也不变
   D. 它的速度的大小不变,加速度等于零

2. (2004·天津理综)如图 8-Z-1 所示,光滑水平面上有大小相同的 A、B 两球在同一直线上运动. 两球质量关系为 $m_B=2m_A$,规定向右为正方向,A、B 两球的动量均为 6 kg·m/s,运动中两球发生碰撞,碰撞后 A 球的动量增量为 −4 kg·m/s,则 ( )


图 8-Z-1

   A. 左方是 A 球,碰撞后 A、B 两球速度大小之比为 2∶5
   B. 左方是 A 球,碰撞后 A、B 两球速度大小之比为 1∶10
   C. 右方是 A 球,碰撞后 A、B 两球速度大小之比为 2∶5
   D. 右方是 A 球,碰撞后 A、B 两球速度大小之比为 1∶10

3. (2003·全国高考)某同学用图 8-Z-2(1)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、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8-Z-2(1)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8-Z-2(2)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.

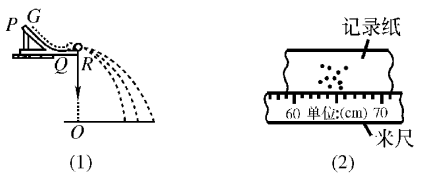


图 8-Z-2

   (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的测量?
   答:_____(填选项号).
   A. 水平槽上未放 B 球时,测量 A 球落点位置到 O 点的距离
   B. A 球与 B 球碰撞后,测量 A 球落点位置到 O 点的距离
   C. 测量 A 球或 B 球的直径
   D. 测量 A 球和 B 球的质量(或两球质量之比)
   E. 测量 G 点相对于水平槽面的高度

4. (2003·全国高考)图8-Z-3(1)所示为一根竖直悬挂的不可伸长的轻绳,下端拴一小物块 A,上端固定在 C 点且与一能

测量绳的拉力的测力传感器相连.已知有一质量为 m_0 的子弹 B 沿水平方向以速度 v_0 射入 A 内(未穿透),接着两者一起绕 C 点在竖直面内做圆周运动.在各种阻力都可忽略的条件下测力传感器测得绳的拉力 F 随时间 t 的变化关系如图 8-Z-3(2)所示.已知子弹射入的时间极短,且图 2 中 $t=0$ 为 A、B 开始以相同速度运动的时刻.根据力学规律和题中(包括图)提供的信息,对反映悬挂系统本身性质的物理量(例如 A 的质量)及 A、B 一起运动过程中的守恒量,你能求得哪些定量的结果?

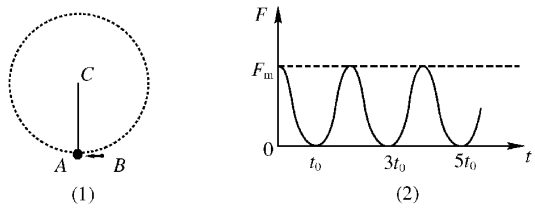


图 8-Z-3

5.(2003·全国高考)(1)如图 8-Z-4(1)所示,在光滑水平长直轨道上,放着一个静止的弹簧振子,它由一轻弹簧两端各连接一个小球构成,两小球质量相等.现突然给左端小球一个向右的速度 v_0,求弹簧第一次恢复到自然长度时,每个小球的速度.

(2)如图 8-Z-4(2)所示,将 N 个这样的振子放在该轨道上.最左边的振子 1 被压缩至弹簧为某一长度后锁定,静止在适当位置上,这时它的弹簧性势能为 E_0.其余各振子间都有一定的距离.现解除对振子 1 的锁定,任其自由运动,当它第一次恢复到自然长度时,刚好与振子 2 碰撞,此后,继续发生一系列碰撞,每个振子被碰后刚好都是在弹簧第一次恢复到自然长度时与下一个振子相碰.求所有可能的碰撞都发生后,每个振子弹性势能的最大值.已知本题中两球发生碰撞时,速度交换,即一球碰后的速度等于另一球碰前的速度.

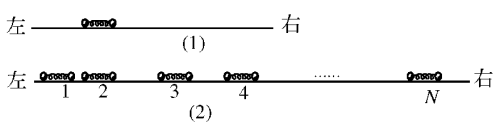


图 8-Z-4

6.(2004·渝、川、湘、鄂、吉理综)(20 分)柴油打桩机的重锤由气缸、活塞等若干部件组成,气缸与活塞间有柴油与空气的混合物.在重锤与桩碰撞的过程中,通过压缩使混合物燃烧,产生高温高压气体,从而使桩向下运动,锤向上运动.现把柴油打桩机和打桩过程简化如下:

柴油打桩机重锤的质量为 m,锤在桩帽以上高度为 h 处(如图8-Z-5(1))从静止开始沿竖直轨道自由落下,打在质量为 M(包括桩帽)地钢筋混凝土桩子上.同时,柴油燃烧,产生猛烈推力,锤和桩分离,这一过程的时间极短.随后,桩在泥土中向下移动一距离 l.已知锤反跳后到达最高点时,锤与已停下的桩帽之间的距离也为 h(如图 8-Z-5(2)).已知 $m=1.0\times10^3$ kg,$M=2.0\times10^3$ kg,$h=2.0$ m,$l=0.20$ m,重力加速度 $g=10$ m/s^2,混合物的质量不计.设桩向下移动的过程中泥土对桩的作用力 F 是恒力,求此力的大小.

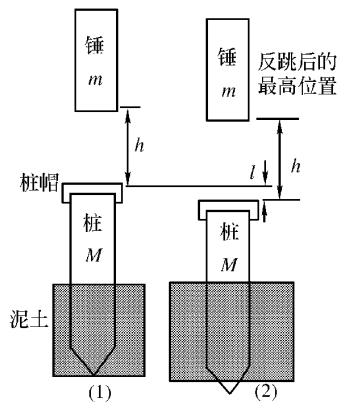


图 8-Z-5

7.(2004·北京理综)(20 分)对于两物体碰撞前后速度在同一直线上,且无机械能损失的碰撞过程,可以简化为如下模型:A、B 两物体位于光滑水平面上,仅限于沿同一直线运动.当它们之间的距离大于等于某一定值 d 时,相互作用力为零;当它们之间的距离小于 d 时,存在大小恒为 F 的斥力.设 A 物体质量 $m_1=1.0$ kg,开始时静止在直线上某点;

需要全本请访问 www.ertongbook.com