

# 第7讲 动量 动量综合应用

张雪峰

## 1. 动量定理

(1) 内容: 物体在一个过程始末动量改变量等于它在这个过程中所受力冲量。

(2) 表示式:  $F \cdot \Delta t = \Delta p = p' - p$ 。

(3) 矢量性: 动量改变量方向与协力方向相同, 能够在某一方向上应用动量定理。

## 2. 动量、动能、动量改变量关系

(1) 动量改变量:  $\Delta p = p' - p$ 。

(2) 动能和动量关系:  $E_k = \frac{p^2}{2m}$ 。

## 3. 动量守恒定律

(1) 条件: 系统不受外力或系统所受外力矢量和为零。

(2) 表示式:  $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$ 。

改变人生

## 命题热点一

## 命题热点二

## 命题热点三

动量、动量定理和动量守恒定律

**例1**(多项选择)(·全国 III卷)一质量为2 kg物块在合外力 $F$ 作用下从静止开始沿直线运动。 $F$ 随时间 $t$ 改变图线如图所表示,则( )

A. ~~A~~B 1 s时物块速率为1 m/s

B.  $t=2$  s时物块动量大小为4 kg·m/s

C.  $t=3$  s时物块动量大小为5 kg·m/s

D.  $t=4$  s时物块速度为零

No  
Image

**解析** 依据动量定理 $Ft=m\cdot\Delta v$ 得, $t=1$  s时物块速率为1 m/s,A正确; $t=2$  s时物块动量大小为4 kg·m/s,B正确; $t=3$  s时物块动量大小为前3 s内图线与时间轴所围成图形总面积 $S=2\times 2\text{ N}\cdot\text{s}-1\times 1\text{ N}\cdot\text{s}=3\text{ N}\cdot\text{s}$ ,故 $t=3$  s时物块动量大小为3 kg·m/s,C错误;因为前4 s内图线与时间轴所围成图形总面积不为零,故冲量不为零,速度不为零,D错误。

命题热点一

命题热点二

命题热点三

**例2**如图所表示,质量为 $m_1=0.2\text{ kg}$ 小物块 $A$ ,沿水平面与小物块 $B$ 发生正碰,小物块 $B$ 质量为 $m_2=1\text{ kg}$ 。碰撞前, $A$ 速度大小为 $v_0=3\text{ m/s}$ , $B$ 静止在水平地面上。因为两物块材料未知,将可能发生不一样性质碰撞,已知 $A$ 、 $B$ 与地面间动摩擦因数均为 $\mu=0.2$ ,重力加速度 $g$ 取 $10\text{ m/s}^2$ ,求碰后 $B$ 在水平面上滑行时间。

No  
Image

**答案**  $0.25\text{ s} \leq t \leq 0.5\text{ s}$

改变人生

命题热点一

命题热点二

命题热点三

**解析** 假如两物块发生是完全非弹性碰撞,碰后共同速度为 $v_1$ ,则由动量守恒定律有 $m_1v_0=(m_1+m_2)v_1$

碰后, $A$ 、 $B$ 一起滑行直至停下,设滑行时间为 $t_1$ ,则由动量定理有

$$\mu(m_1+m_2)gt_1=(m_1+m_2)v_1$$

$$\text{解得 } t_1=0.25 \text{ s}$$

假如两物块发生是完全弹性碰撞,碰后 $A$ 、 $B$ 速度分别为 $v_A$ 、 $v_B$ ,则由动量守恒定律有 $m_1v_0=m_1v_A+m_2v_B$

$$\text{由机械能守恒有 } \frac{1}{2}m_1v_0^2 = \frac{1}{2}m_1v_A^2 + \frac{1}{2}m_2v_B^2$$

设碰后 $B$ 滑行时间为 $t_2$ ,则 $\mu m_2gt_2=m_2v_B$

$$\text{解得 } t_2=0.5 \text{ s}$$

可见,碰后 $B$ 在水平面上滑行时间 $t$ 满足

$$0.25 \text{ s} \leq t \leq 0.5 \text{ s}$$

改变人生

命题热点一

命题热点二

命题热点三

**思维导引**因为 $A$ 、 $B$ 发生碰撞性质有各种情况,先讨论两种极限情况滑行时间,即弹性碰撞和完全非弹性碰撞滑行时间,实际滑行时间应该介于这两种情况之间。



命题热点一

命题热点二

命题热点三

**例3**(·全国 II卷)如图所表示,光滑冰面上静止放置一表面光滑斜面体,斜面体右侧一蹲在滑板上小孩和其面前冰块均静止于冰面上。某时刻小孩将冰块以相对冰面 $3\text{ m/s}$ 速度向斜面体推出,冰块平滑地滑上斜面体,在斜面体上上升最大高度为 $h=0.3\text{ m}$ ( $h$ 小于斜面体高度)。已知小孩与滑板总质量为 $m_1=30\text{ kg}$ ,冰块质量为 $m_2=10\text{ kg}$ ,小孩与滑板一直无相对运动。重力加速度大小 $g$ 取 $10\text{ m/s}^2$ 。



- (1)求斜面
- (2)经过计算判断,冰块与斜面体分离后能否追上小孩?

改变人生

**答案** (1) $20\text{ kg}$  (2)看法析

命题热点一

命题热点二

命题热点三

**解析** (1)要求向右为速度正方向。冰块在斜面体上运动到最大高度时二者到达共同速度,设此共同速度为 $v$ ,斜面体质量为 $m_3$ 。由水平方向动量守恒和机械能守恒定律得

$$m_2 v_{20} = (m_2 + m_3) v \quad (1)$$

$$\frac{1}{2} m_2 v_{20}^2 = \frac{1}{2} (m_2 + m_3) v^2 + m_2 g h \quad (2)$$

式中 $v_{20} = -3 \text{ m/s}$ 为冰块推出时速度。

联立①②式并代入题给数据得

$$m_3 = 20 \text{ kg} \quad (3)$$

改变人生



## 命题热点一

## 命题热点二

## 命题热点三

(2) 设小孩推出冰块后速度为  $v_1$ , 由动量守恒定律有

$$m_1 v_1 + m_2 v_{20} = 0 \quad (4)$$

代入数据得  $v_1 = 1 \text{ m/s}$  (5)

设冰块与斜面体分离后速度分别为  $v_2$  和  $v_3$ , 由动量守恒和机械能守恒定律有

$$m_2 v_{20} = m_2 v_2 + m_3 v_3 \quad (6)$$

$$\frac{1}{2} m_2 v_{20}^2 = \frac{1}{2} m_2 v_2^2 + \frac{1}{2} m_3 v_3^2 \quad (7)$$

联立 (3)(6)(7) 式并代入数据得  $v_2 = 1 \text{ m/s}$  (8)

因为冰块与斜面体分离后速度与小孩推出冰块后速度相同且处于后方, 故冰块不能追上小孩。

命题热点一

命题热点二

命题热点三

**思维导引**以冰块和斜面体为研究对象,水平方向动量守恒,当冰块在斜面体上升到最大高度时,冰块和斜面体有共同水平速度。冰块和斜面体组成一个系统,机械能守恒。



命题热点一

命题热点二

命题热点三

**拓展训练** 上述例3中,小孩推开冰块过程中,小孩消耗内能是多少?

**答案** 60 J

**解析**  $\Delta E = \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 = 60 \text{ J}。$

改变人生

命题热点一

命题热点二

命题热点三

## 规律方法普通碰撞三个制约关系

普通碰撞介于弹性碰撞和完全非弹性碰撞之间:动量守恒,机械能(或动能)有损失,遵照以下三个制约关系:

(1)动量制约:碰撞过程中必须受到动量守恒定律制约,总动量方向恒定不变,即 $p_1+p_2=p_1'+p_2'$ 。

(2)动能制约:在碰撞过程中,碰撞双方总动能不会增加,即 $E_{k1}+E_{k2} \geq E_{k1}'+E_{k2}'$ 。

(3)运动制约:碰撞要受到运动合理性要求制约,假如碰前两物体同向运动,碰撞后原来在前面物体速度必增大,且大于或等于原来在后面物体碰后速度。

改变人生

命题热点一

命题热点二

命题热点三

动量定理、动量守恒定律在动力学中综合应用

**例4**(多项选择)(·河南南阳模拟)如图甲所表示,一轻弹簧两端与质量分别为 $m_1$ 和 $m_2$ 两物块 $A$ 、 $B$ 相连接,并静止在光滑水平面上。现使物块 $B$ 瞬时取得水平向右速度 $3\text{ m/s}$ ,以此刻为计时起点,两物块速度随时间改变规律如图乙所表示,从图象信息可得( ) **BD**



- A. 在 $t_1$ 、 $t_3$ 时刻两物块到达共同速度 $1\text{ m/s}$ ,且弹簧都处于伸长状态
- B. 从 $t_3$ 到 $t_4$ 时刻弹簧由压缩状态恢复到原长
- C. 两物体质量之比为 $m_1 : m_2 = 1 : 2$
- D. 在 $t_2$ 时刻物块 $A$ 与 $B$ 动能之比为 $E_{k1} : E_{k2} = 8 : 1$

命题热点一

命题热点二

命题热点三

**解析** 图线与坐标轴围成面积表示位移,在 $t_1$ 时刻物块B位移大于物块A位移,此时弹簧处于拉伸状态,在 $t_3$ 时刻物块B做加速运动,即受到向右弹力,所以此时弹簧处于压缩状态,当物块B加速度为零时,弹簧弹力为零,所以 $t_4$ 时刻物块B受到弹力为零,即弹簧恢复原长,故从 $t_3$ 到 $t_4$ 时刻弹簧由压缩状态恢复到原长,所以A错误、B正确;因为整个过程中两物块和弹簧组成系统动量守恒,故在 $0\sim t_1$ 过程中有 $m_2 \times 3 \text{ m/s} = (m_2 + m_1) \times 1 \text{ m/s}$ ,解得 $m_1 : m_2 = 2 : 1$ ,C错误;在 $t_2$ 时刻物块A速度为 $v_A = 2 \text{ m/s}$ ,物块B速度为 $v_B = -1 \text{ m/s}$ ,解得 $E_{k1} : E_{k2} = 8 : 1$ ,故D正确。

改变人生

命题热点一

命题热点二

命题热点三

**例5** 如图所表示,一条带有圆轨道长轨道水平固定,圆轨道竖直,底端分别与两侧直轨道相切,半径 $R=0.5\text{ m}$ ,物块 $A$ 以 $v_0=6\text{ m/s}$ 速度滑入圆轨道,滑过最高点 $Q$ ,再沿圆轨道滑出后,与直轨上 $P$ 处静止物块 $B$ 碰撞,碰后粘在一起运动, $P$ 点左侧轨道光滑,右侧轨道呈粗糙段、光滑段交替排列,每段长度都为 $l=0.1\text{ m}$ ,物块与各粗糙段间动摩擦因数都为 $\mu=0.1$ , $A$ 、 $B$ 质量均为 $m=1\text{ kg}$ (重力加速度 $g$ 取 $10\text{ m/s}^2$ ;  $A$ 、 $B$ 视为质点,碰撞时间极短)。

No  
Image

改变人生

- (1) 求 $A$ 滑过 $Q$ 点时速度大小 $v$ 和受到弹力大小 $F$ 。
- (2) 若碰后 $AB$ 最终停顿在第 $k$ 个粗糙段上,求 $k$ 数值。
- (3) 求碰后 $AB$ 滑至第 $n$ 个( $n < k$ )光滑段上速度 $v_n$ 与 $n$ 关系式。



命题热点一

命题热点二

命题热点三

**答案** (1)4 m/s 22 N (2)45

(3) $v_n = 9 - 0.2n$  m/s ( $n=0, 1, 2, \dots$ )

**解析** (1)从开始到  $Q$  的过程中,由动能定理得

$$-mg \cdot 2R = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 \quad (1)$$

$$\text{解得 } v = 4 \text{ m/s} > \sqrt{gR} = \sqrt{5} \text{ m/s} \quad (2)$$

在  $Q$  点,由牛顿第二定律得

$$F_N + mg = m \frac{v^2}{R} \quad (3)$$

$$\text{解得 } F_N = 22 \text{ N} \quad (4)$$

改变人生



命题热点一

命题热点二

命题热点三

(2)  $A$  撞  $B$ , 由动量守恒得

$$mv_0 = 2mv' \quad (5)$$

$$\text{解得 } v' = \frac{v_0}{2} = 3 \text{ m/s} \quad (6)$$

设摩擦距离为  $x$ , 则

$$-\mu \cdot 2mgx = 0 - \frac{1}{2} \times 2mv'^2 \quad (7)$$

$$\text{解得 } x = 4.5 \text{ m} \quad (8)$$

$$\text{所以 } k = \frac{x}{l} = 45 \quad (9)$$

(3)  $AB$  滑至第  $n$  个光滑段上, 由动能定理得

$$-\mu \cdot 2mgnl = \frac{1}{2} \times 2mv_n^2 - \frac{1}{2} \times 2mv^2 \quad (10)$$

$$\text{所以 } v_n = \sqrt{9 - 0.2n} \text{ m/s} (n=0, 1, 2, \dots) \quad (11)$$

改变比

命题热点一

命题热点二

命题热点三

**思维导引1.**物块 $A$ 从开始到 $Q$ 运动过程中,机械能守恒。

**2.**物块 $A$ 和物块 $B$ 碰撞过程中动量守恒。碰撞后整体动能因为摩擦全部转化为内能。

改变人生

命题热点一

命题热点二

命题热点三

## 规律方法动量定理、动量守恒定律在动力学中综合应用分析思绪

1. 选取研究对象。以机械能守恒定律、能量守恒定律及动量守恒定律研究对象为系统。
2. 选取研究过程及其过程中所遵照物理规律,要尤其注意动能定理、机械能守恒定律、能量守恒定律、动量定理及动量守恒定律灵活应用。
3. 列方程求解。
4. 检验计算结果。

改变人生

命题热点一

命题热点二

命题热点三

动量定理、动量守恒定律在电磁学中综合应用

**例6**如图所表示,两根平行光滑金属导轨 $MN$ 、 $PQ$ 放在水平面上,左端向上弯曲,导轨间距为 $l$ ,电阻不计。水平段导轨所处空间存在方向竖直向上匀强磁场,磁感应强度为 $B$ 。导体棒 $a$ 与 $b$ 质量均为 $m$ ,电阻值分别为 $R_a=R, R_b=2R$ 。 $b$ 棒放置在水平导轨上足够远处, $a$ 棒在弧形导轨上距水平面 $h$ 高度处由静止释放。运动过程中导体棒与导轨接触良好且一直与导轨垂直,重力加速度为 $g$ 。



- (1)求 $a$ 棒刚进入磁场时受到安培力大小和方向。
- (2)求最终稳定时两棒速度大小。
- (3)从 $a$ 棒开始下落到最终稳定过程中,求 $b$ 棒上产生内能。

改变人生

命题热点一

命题热点二

命题热点三

**答案** (1)  $F = \frac{B^2 l^2 \sqrt{2gh}}{3R}$ , 方向水平向左 (2)  $\frac{\sqrt{2gh}}{2}$  (3)  $\frac{mgh}{3}$

**解析** (1) 设  $a$  棒刚进入磁场时的速度为  $v$ , 从开始下落到进入磁场, 根据机械能守恒定律有

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2$$

$a$  棒切割磁感线产生的感应电动势  $E = Blv$

根据闭合电路欧姆定律  $I = \frac{E}{R+2R}$

$a$  棒受到的安培力  $F = BIl$

联立以上各式解得  $F = \frac{B^2 l^2 \sqrt{2gh}}{3R}$ , 方向水平向左。

改变人生

命题热点一

命题热点二

命题热点三

(2) 设两棒最后稳定时的速度为  $v'$ , 从  $a$  棒开始下落到两棒速度达到稳定, 根据动量守恒定律

$$mv = 2mv'$$

$$\text{解得 } v' = \frac{1}{2} \sqrt{2gh}。$$

(3) 设  $a$  棒产生的内能为  $E_a$ ,  $b$  棒产生的内能为  $E_b$ 。

根据能量守恒定律

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 2mv'^2 + E_a + E_b$$

两棒串联, 内能与电阻成正比  $E_a = 2E_b$

$$\text{解得 } E_b = \frac{1}{3}mgh。$$

改变人生

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/865313003143011140>