

动量定理 动量守恒定律

1. (A) (B) 由冲量定义: $\vec{I} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} dt$, 冲量不仅与力的大小有关, 还与力的方向及力的作用时间有关, 所以小力的冲量有可能比大力的冲量大。

(C) (D) 由动量定义: $\vec{P} = m\vec{v}$, 动量 \vec{P} 不仅与速度 \vec{v} 有关, 还与物体的质量 m 有关。 本题选 (B)

2. 物体做匀速圆周运动, 必定受到向心力作用, 向心力由合外力提供: $F_{\text{合}} = F_n = m \frac{v^2}{r} \neq 0$, 方向指向圆心;

由于在匀速圆周运动中物体所受合外力不为零, 则物体的动量不守恒;

运动一周回到原处, 末速度 \vec{v} 和初速度 \vec{v}_0 相等, 即 $\vec{v} = \vec{v}_0$, 则动量改变为零: $\Delta \vec{P} = \vec{P} - \vec{P}_0 = m\vec{v} - m\vec{v}_0 = 0$;

由动量定理: $\vec{I} = \int_0^t \vec{F} dt = \vec{P} - \vec{P}_0 = m\vec{v} - m\vec{v}_0 = 0$, 即合外力的冲量 \vec{I} 为零。 本题选 (C)

3. (A) (B) 冲量不仅与力的大小有关, 还与力的方向及力的作用时间有关, 所以作用在物体上的力大, 力的冲量不一定大。

(C) 冲量是矢量, 不仅有大小, 还有方向。大小相等的冲量不一定相同。

(D) 水平方向上, 物体在推力 \vec{F} 和摩擦力 \vec{f} 的作用下保持静止, 则由动量定理: $\int_0^t (\vec{F} + \vec{f}) dt = \vec{P} - \vec{P}_0 = 0$,

\Rightarrow 水平推力的冲量: $\int_0^t \vec{F} dt = -\int_0^t \vec{f} dt \neq 0$ 。 本题选 (B)

4. 由子弹和摆球构成的系统, 系统外力为重力和绳的拉力, 外力均沿竖直方向, 水平方向合外力为零, 则水平方向动量守恒: 若设子弹和摆球共同运动时在水平方向的速度大小为 v , 得

$$mv_2 \sin 30^\circ = (m+M)v \Rightarrow 20 \times 400 \times \sin 30^\circ = (20+980)v \Rightarrow v = 4 \text{ m/s};$$

竖直方向: 由于摆线长度不可伸缩, 绳上有应力作用, 动量不守恒, 竖直方向共同运动速度为零;

所以子弹和摆球共同运动的速率 (速度大小) 为: $v = 4 \text{ m/s}$ 。 本题选 (B)

5. 由于力的方向不变, 冲量的方向与力的方向相同, 冲量的大小: $I = \int_0^2 F dt = \int_0^2 (6t+3) dt = 18 \text{ N} \cdot \text{s}$ 。

6. (1) 小球运动一周后, 末动量等于初动量, $\vec{P} = \vec{P}_0$, 动量增量: $\Delta \vec{P} = \vec{P} - \vec{P}_0 = 0$, 动量增量的大小等于零;

(2) 重力 $m\vec{g}$ 是恒力, 则小球运动一周所受重力的冲量: $\vec{I}_{\text{重力}} = m\vec{g} \cdot \Delta t = m\vec{g} \cdot \frac{2\pi}{\omega}$, 冲量大小: $I_{\text{重力}} = mg \frac{2\pi}{\omega}$;

(3) 小球在重力 $m\vec{g}$ 和绳拉力 \vec{T} 的作用下做匀速圆周运动, 由动量定理: $\int_0^{\Delta t} (m\vec{g} + \vec{T}) dt = \vec{P} - \vec{P}_0 = 0$,

\Rightarrow 小球所受绳子拉力的冲量: $\vec{I}_{\text{拉力}} = \int_0^{\Delta t} \vec{T} dt = -\int_0^{\Delta t} m\vec{g} dt = -m\vec{g} \cdot \frac{2\pi}{\omega}$, 拉力的冲量大小: $I_{\text{拉力}} = mg \frac{2\pi}{\omega}$ 。

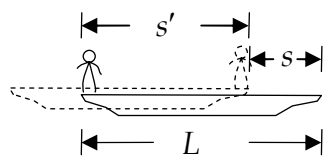
7. 人和小船构成的系统在水平方向不受外力, 则系统在水平方向动量守恒。设在运动过程中任一时刻 t , 小船相对地面的速度大小为 v , 方向水平向右; 人相对地面的速度大小为 v' , 方向水平向左。又设整个过程中船相对地面移动距离为 s , 人相对地面移动距离为 s' , 如图所示。

由水平方向动量守恒: $0 = Mv - mv' \Rightarrow Mv = mv' \Rightarrow Mv dt = mv' dt$,

$$\Rightarrow \int_0^T Mv dt = \int_0^T mv' dt \Rightarrow M \int_0^T v dt = m \int_0^T v' dt \Rightarrow Ms = ms';$$

又由图可知: $s + s' = L$, 联立上述两式, 解得 $s = \frac{m}{M+m} L$, $s' = \frac{M}{M+m} L$;

所以船移动距离: $s = \frac{m}{M+m} L = \frac{50}{100+50} \times 3.6 \text{ m} = 1.2 \text{ m}$ 。



(第7题图)

8. 建立如图所示坐标系, 小球碰撞前入射速度: $\vec{v}_0 = v \cos \alpha \vec{i} - v \sin \alpha \vec{j}$, 碰后速度: $\vec{v} = -v \cos \alpha \vec{i} - v \sin \alpha \vec{j}$,

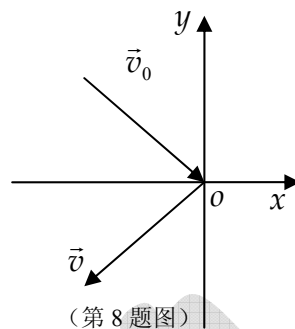
由动量定理, 小球受到墙壁作用力的冲量:

$$\vec{I} = \int_0^{\Delta t} \vec{F} dt = \vec{F} \cdot \Delta t = m\vec{v} - m\vec{v}_0 = -2mv \cos \alpha \vec{i},$$

$$\Rightarrow \text{小球受到墙壁的平均作用力: } \vec{F} = -\frac{2mv \cos \alpha}{\Delta t} \vec{i},$$

根据牛顿第三定律, 作用力与反作用力大小相等, 方向相反,

$$\Rightarrow \text{墙壁受到小球的平均冲力: } \vec{F}' = \frac{2mv \cos \alpha}{\Delta t} \vec{i}.$$



9. (1) 由于子弹穿透物体的时间极短, 子弹和物体构成的系统在水平方向动量守恒:

$$mv_0 = mv + Mv' \Rightarrow \text{子弹刚穿出时, 物体的速度大小: } v' = \frac{m}{M}(v_0 - v) = \frac{47}{15} \text{ m/s},$$

物体获得速度 v' 后, 在重力 Mg 和绳拉力 T 的作用下将绕悬挂点做圆周运动, 向心力: $T - Mg = M \frac{v'^2}{l}$,

$$\Rightarrow \text{子弹刚穿出时绳中拉力: } T = M(g + \frac{v'^2}{l}) = 26.5 \text{ N};$$

(2) 设水平方向为 ox 轴, 子弹入射前动量: $\vec{P}_0 = m\vec{v}_0 = mv_0 \vec{i}$, 刚穿出时动量: $\vec{P} = m\vec{v} = mv \vec{i}$,

由动量定理, 子弹在穿透过程中受到的冲量: $\vec{I} = \int_0^{\Delta t} \vec{F} dt = \vec{P} - \vec{P}_0 = mv \vec{i} - mv_0 \vec{i} = -4.7 \text{ N} \cdot \text{s} \vec{i}$.

10. 如图, 设水平方向为 ox 轴, 忽略水对船的阻力, 人和船构成的系统在水平方向上动量守恒。

人跳离第一条船的过程: $mv - Mu_1 = 0$,

$$\Rightarrow u_1 = \frac{m}{M}v, \text{ 方向水平向左,}$$

$$\Rightarrow \text{第一条船的速度: } \vec{u}_1 = -\frac{m}{M}\vec{v};$$

人跳上第二条船的过程: $mv = (m+M)u_2 \Rightarrow u_2 = \frac{m}{m+M}v$, 方向水平向右,

$$\Rightarrow \text{第二条船的速度: } \vec{u}_2 = \frac{m}{m+M}\vec{v}.$$

