

第六章

第1节 动量和动量定理



内容索引



01

强基础 增分策略

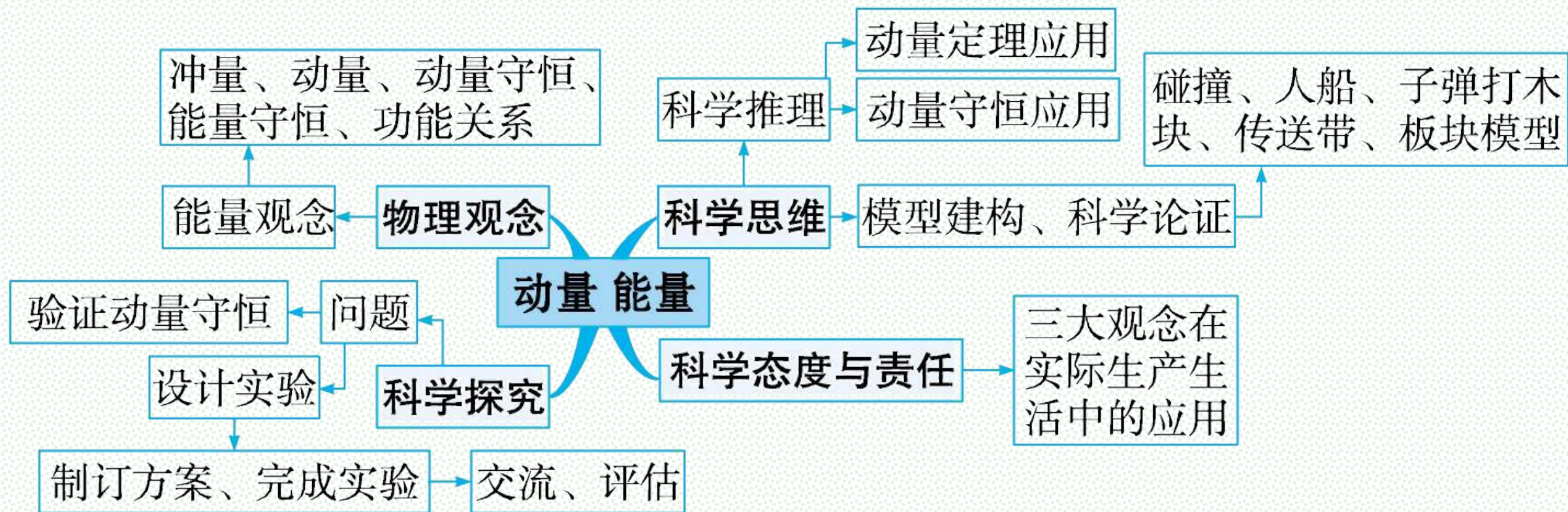
02

增素能 精准突破

【课程标准】

- 1.理解冲量和动量。通过理论推导和实验,理解动量定理和动量守恒定律,能用其解释生产生活中的有关现象。知道动量守恒定律的普适性。
- 2.通过实验,了解弹性碰撞和非弹性碰撞的特点。定量分析一维碰撞问题并能解释生产生活中的弹性碰撞和非弹性碰撞现象。
- 3.体会用守恒定律分析物理问题的方法,体会自然界的和谐与统一

【核心素养】



【试题情境】

生活实践类	生产生活中的缓冲类问题,流体冲力问题,碰撞、爆炸、反冲问题
学习探索类	动量定理的理解及应用、利用动量定理处理流体问题、动量守恒定律的条件及应用、碰撞模型的规律及应用、人船模型类问题的处理方法、子弹打木块模型及滑块滑板模型问题

【考向预测】

本章内容属于高考考查的热点和难点,既有选择题、又有计算题,还会与电磁感应等知识结合。考查的具体内容主要包括以下几个方面:①对动量、冲量、动量定理、动量守恒定律等知识的理解;②用动量定理处理流体问题;③碰撞模型的应用;④结合动量守恒、能量守恒的综合问题;⑤联系动量守恒,以力学综合题的形式出现;⑥爆炸、反冲类问题;⑦动量在电磁感应现象中的应用;⑧动量守恒定律的相关实验

／ 强基础 增分策略 ／

一、**动量** -----> 动量是状态量,与时刻或位置相对应

1.定义:物体的质量和 速度 的乘积。

2.表达式: $p=mv$ 。

3.单位: $\text{kg}\cdot\text{m/s}$ 。

4.标矢性:动量是矢量,其方向和 速度 方向相同。

易错辨析 (1)动量越大的物体,其速度越大。(\times)

(2)物体的动量越大,其惯性也越大。(\times)

(3)质量相同的物体,动能相同,动量一定相同。(\times)

应用提升1.解答以下两个小题:

(1)质量为2 kg的物体,速度由4 m/s增大为8 m/s,它的动量和动能各增大为原来的几倍?动量变化量为多少?

(2)A物体质量是2 kg,速度是2 m/s,方向向东;B物体质量是3 kg,速度是3 m/s,方向向西。它们的动量的矢量和是多少?它们的动能之和是多少?

答案 (1)2倍 4倍 8 kg·m/s,方向与速度方向相同

(2)5 kg·m/s,方向向西 17.5 J

解析 (1)由动量定义式 $p=mv$ 可知,速度由4 m/s增大为8 m/s,它的动量增大为原来的2倍,由动能定义式 $E_k=\frac{1}{2}mv^2$ 可知,它的动能增大为原来的4倍;动量变化量为 $\Delta p=mv_2-mv_1=8\text{ kg}\cdot\text{m/s}$,方向与速度方向相同。

(2)动量为矢量,取向西为正方向,则A物体的动量为

$$p_A=-2\times 2\text{ kg}\cdot\text{m/s}=-4\text{ kg}\cdot\text{m/s}$$

B物体的动量为

$$p_B=3\times 3\text{ kg}\cdot\text{m/s}=9\text{ kg}\cdot\text{m/s}$$

它们的动量的矢量和是 $p=p_A+p_B=5\text{ kg}\cdot\text{m/s}$,方向向西

动能为标量,则它们的动能之和是

$$E_k=\frac{1}{2}m_A v_A^2 + \frac{1}{2}m_B v_B^2 = 17.5\text{ J}。$$

2.(2022北京昌平期末)一个质量 $m=50\text{ kg}$ 的蹦床运动员,从离水平网面 $h_1=3.2\text{ m}$ 高处自由下落,着网后沿竖直方向蹦回到离水平网面 $h_2=5.0\text{ m}$ 高处。已知运动员与网接触的时间为 $\Delta t=0.9\text{ s}$,重力加速度 g 取 10 m/s^2 。求运动员与网接触的这段时间内动量的变化量 Δp 。

答案 $900\text{ kg}\cdot\text{m/s}$,方向向上

解析 向下接触网面的速度为 $v_1 = \sqrt{2gh_1}$

向上离开网面的速度为 $v_2 = \sqrt{2gh_2}$

设向下为正,动量的变化量为 $\Delta p = -mv_2 - mv_1$

代入数据得 $\Delta p = -900\text{ kg}\cdot\text{m/s}$,方向向上。

二、动量定理

1. 冲量  冲量是过程量,与时间或过程对应

(1) 定义:力和力的作用 时间 的乘积。

(2) 表达式: $I = Ft$ 。

(3) 单位: $N \cdot s$ 。

(4) 标矢性:冲量是矢量,恒力冲量的方向与力的方向 相同。

2. 动量定理

(1) 内容:物体在一个过程始末的动量变化量等于它在这个过程中所受力的 冲量。
“力”指的是合力 

(2) 表达式: $F\Delta t = mv' - mv$ 。

易错辨析 (4)物体所受合力不变,则动量也不改变。(×)

(5)物体沿水平面运动时,重力不做功,其冲量为零。(×)

(6)物体所受合力的冲量的方向与物体末动量的方向相同。(×)

(7)物体所受合力的冲量方向与物体动量变化的方向是一致的。(√)

应用提升3.(人教版教材选择性必修第一册P₂₉习题改编)在离地面同一高度有质量相同的三个小球a、b、c,a球以速率 v_0 竖直上抛,b球以相同速率 v_0 竖直下抛,c球做自由落体运动,不计空气阻力,下列说法正确的是()

A.a球与b球落地时动量不同

B.a球与b球落地时动量的改变量相同

C.三球中动量改变量最大的是a球,最小的是b球

D.只有b、c两球的动量改变量方向是向下的

答案 C

解析 由动能定理可得 $mgh = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}v_0^2$, 则a球与b球落地时动能相同, 速度方向都是竖直向下, 所以a球与b球落地时动量相同, 则A错误; 根据动量定理可得 $\Delta p = mg\Delta t$, 由于a球与b球落地时间不同, 所以a球与b球落地时动量的改变量不相同, 所以B错误; 三球中a球的运动时间最长, b球的运动时间最短, 则三球中动量改变量最大的是a球, 最小的是b球, 所以C正确; 根据动量定理, 可知动量改变量的方向与合力的冲量方向相同, 所以三球的动量改变量方向是相同的, 则D错误。

4.高空作业须系安全带。如果质量为 m 的高空作业人员不慎跌落,从开始跌落到安全带对人刚产生作用力前,人下落的距离为 h (可视为自由落体运动),此后经历时间 t ,安全带达到最大伸长量,若在此过程中该作用力始终竖直向上,重力加速度为 g ,忽略空气阻力,则该段时间安全带对人的平均作用力大小为(A)

A. $\frac{m \sqrt{2gh}}{t} + mg$

B. $\frac{m \sqrt{2gh}}{t} - mg$

C. $\frac{m \sqrt{gh}}{t} + mg$

D. $\frac{m \sqrt{gh}}{t} - mg$

解析 安全带对人起作用之前,人做自由落体运动,由 $v^2=2gh$ 可得,安全带对人起作用前瞬间,人的速度 $v=\sqrt{2gh}$;安全带达到最大伸长量时,人的速度为零;从安全带开始对人起作用到安全带伸长量最大,取竖直向下为正方向,由动量定理可得 $(mg-\bar{F})t=0-mv$,故 $\bar{F}=\frac{mv}{t}+mg=\frac{m\sqrt{2gh}}{t}+mg$,故选项 A 正确。

5.(人教版教材选择性必修第一册P₃₀习题改编)
下图为高空坠物的公益广告,形象地描述了高空坠物对人伤害的严重性。小明同学用下面的实例来检验广告的科学性:设一个50 g的鸡蛋从25楼的窗户自由落下,相邻楼层的高度差为3 m,鸡蛋与地面撞击时间约为 2×10^{-3} s,不计空气阻力, g 取 10 m/s^2 ,则该鸡蛋对地面平均冲击力约为多少?

一个鸡蛋的威力



从4楼抛下会让人砸起肿包
从8楼抛下可以砸破人的头皮
从18楼抛下可以砸裂行人头骨
从25楼抛下可能使人当场死亡

答案 950.5 N

解析 一层楼高大约3 m,鸡蛋坠下的高度约为 $h=24\times 3\text{ m}=72\text{ m}$

落地速度 $v=\sqrt{2gh}=38\text{ m/s}$

由动量定理,有 $(F-mg)t=mv$

得 $F=950.5\text{ N}$

该鸡蛋对地面平均冲击力约为950.5 N。

旁栏边角 人教版教材选择性必修第一册P₉

阅读“STSE”——汽车碰撞试验,完成下面题目。

在汽车正面碰撞试验中,碰撞瞬间产生反方向大小为 $40g$ (g 为重力加速度, g 取 10 m/s^2)的加速度时,安全气囊会自动瞬间弹出。在某次碰撞试验中,某品牌型号汽车以 54 km/h 的速度撞击固定屏障,若车辆前部发生 200 mm 变形,安全气囊是否会弹出?如果该型号汽车质量为 1.5 t ,在某次交通事故中,汽车以 72 km/h 的速度与一载重为 30 t 、等候放行的卡车发生追尾事故,据测算,两车的碰撞时间为 0.05 s ,碰后一起向前运动了一段距离,汽车的安全气囊是否会弹出?

答案 能弹开 不能弹开

解析 碰撞时产生的反向加速度 $a = \frac{v^2}{2x}$

得 $a = 562.5 \text{ m/s}^2$

因为 $a > 40g$, 则能弹开。

两辆车在碰撞过程中动量守恒, 有 $mv_0 = (m + m_1)v$

得 $v = \frac{20}{21} \text{ m/s}$

对汽车有 $a' = \frac{v_0 - v}{t}$

得 $a' = 381 \text{ m/s}^2$, 因为 $a' < 40g$, 不能弹开。

／ 增素能 精准突破 ／

1. 动量、动能、动量变化量的比较

项目	动量	动能	动量变化量
定义	物体的质量和速度的乘积	物体由于运动而具有的能量	物体末动量与初动量的矢量差
定义式	$p=mv$	$E_k=\frac{1}{2}mv^2$	$\Delta p=p'-p$
矢标性	矢量	标量	矢量
特点	状态量	状态量	过程量
关联方程	$E_k=\frac{p^2}{2m}, E_k=\frac{1}{2}pv, p=\sqrt{2mE_k}, p=\frac{2E_k}{v}$		

2. 冲量的四种计算方法

公式法	利用定义式 $I= Ft$ 计算冲量,此方法仅适用于求恒力的冲量,无需考虑物体的运动状态
图像法	利用 $F-t$ 图像计算, $F-t$ 图像围成的面积表示冲量,此法既可以计算恒力的冲量,也可以计算变力的冲量
平均值法	若力的方向不变,大小随时间均匀变化,即力为时间的一次函数,则力 F 在某段时间 t 内的冲量 $I=\frac{F_1+F_2}{2}t$, F_1 、 F_2 为该段时间内初、末两时刻力的大小
动量定理法	如果物体受到大小或方向变化的力的作用,则不能直接用 $I= Ft$ 求变力的冲量,可以求出该力作用下物体动量的变化量,由 $I=\Delta p$ 求变力的冲量

【对点演练】

1.(2023天津模拟)如图所示,学生练习用脚颠球。足球的质量为 0.4 kg ,某一次足球由静止自由下落 0.8 m ,被重新颠起,离开脚部后竖直上升的最大高度为 0.45 m 。已知足球与脚部的作用时间为 0.1 s ,重力加速度 g 取 10 m/s^2 ,不计空气阻力,下列说法正确的是(C)

A.足球从下落到再次上到最大高度,全程用了 0.7 s

B.在足球与脚接触的时间内,合外力对足球做的功为 1.4 J

C.足球与脚部作用过程中动量变化量大小为 $2.8\text{ kg}\cdot\text{m/s}$

D.足球从最高点下落至重新回到最高点的过程中重力的冲量大小为 $4\text{ N}\cdot\text{s}$



解析 足球下落时间为 $t_1 = \sqrt{\frac{2h_1}{g}} = 0.4 \text{ s}$, 足球上升时间为 $t_2 = \sqrt{\frac{2h_2}{g}} = 0.3 \text{ s}$, 总时间为 $t = t_1 + t_2 + t_3 = 0.8 \text{ s}$, A 错误; 在足球与脚接触的时间内, 合外力对足球做的功为 $W_{\text{合}} = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$, 根据运动学公式 $v_1^2 = 2gh_1, v_2^2 = 2gh_2$, 解得 $W_{\text{合}} = -1.4 \text{ J}$, B 错误; 足球与脚部作用过程中动量变化量大小为 $\Delta p = mv_2 - (-mv_1) = 2.8 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$, C 正确; 足球从最高点下落至重新回到最高点的过程中重力的冲量大小 $I_G = mgt = 0.4 \times 10 \times 0.8 \text{ N}\cdot\text{s} = 3.2 \text{ N}\cdot\text{s}$, D 错误。

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/116110234043011002>