



教育图书



功能学具



学生之家

基础教育行业专研品牌

经浙江省中小学教辅材料
评议委员会评议通过

全品智能作业

学·练·考

主编 肖德好

学习册

本册 主编 黄文俊

高中物理

选择性必修第一册 RJ 浙江省

长江出版传媒
崇文书局

CONTENTS



目录

第一章 动量守恒定律	001
1 动量	001
2 动量定理	003
专题 动量定理的应用	006
3 动量守恒定律	009
专题 动量守恒定律的应用	010
4 实验:验证动量守恒定律	012
5 弹性碰撞和非弹性碰撞	015
第 1 课时 弹性碰撞/015	
第 2 课时 非弹性碰撞和碰撞的可行性/017	
专题 碰撞过程的图像问题	019
6 反冲现象 火箭	020
第 1 课时 反冲现象 火箭/020	
第 2 课时 反冲现象的应用——人船模型、爆炸问题/022	
专题 “弹簧类”模型和“光滑圆弧(斜面)轨道”模型	024
专题 “子弹打木块”模型和“滑块—木板”模型	027
专题 力学规律的综合应用	029
第二章 机械振动	033
1 简谐运动	033
2 简谐运动的描述	035
3 简谐运动的回复力和能量	037
4 单摆	039

5 实验:用单摆测量重力加速度	041
6 受迫振动 共振	044

第三章 机械波 046

1 波的形成	046
2 波的描述	048
专题 振动图像与波的图像的综合应用	050
专题 机械波的多解问题	051
3 波的反射、折射和衍射	052
4 波的干涉	054
5 多普勒效应	056

第四章 光 058

1 光的折射	058
第 1 课时 光的折射/058	
第 2 课时 实验:测量玻璃的折射率/060	
2 全反射	062
专题 光的折射与全反射的综合应用	065
3 光的干涉	067
4 实验:用双缝干涉测量光的波长	070
5 光的衍射	072
6 光的偏振 激光	074

■ 参考答案 077

第一章 动量守恒定律

1 动量

学习目标

1. 了解生产生活中的各种碰撞现象.
2. 经历寻求碰撞中不变量的过程,体会探究过程中猜想、推理和论证的重要性.
3. 知道动量概念及其单位,会计算动量的变化量.
4. 认识动量是描述物体运动状态的物理量,深化运动与相互作用的观念.

教材精梳 筑根基

一、寻求碰撞中的不变量

1. 对小球碰撞演示实验的猜想:通过观察分析质量不同小球的碰撞的实验,可以看出,两球碰撞前后的速度之和并不相等,但可能会猜想:两个物体碰撞前后_____之和不变;两个物体碰撞前后速度与质量的_____之和可能是不变的……

2. 对小车碰撞实验数据定量分析可得出结论:两辆小车碰撞前后,动能之和_____,但是质量与速度的乘积之和_____.

二、动量及动量的变化量

1. 动量

(1)定义:物体的_____和_____的乘积.

(2)表达式: $p = \underline{\hspace{2cm}}$.

(3)单位:动量的国际制单位是_____,符号是_____.

(4)方向:动量是_____,它的方向与_____的方向相同.

2. 动量的变化量

(1)定义:物体在某段时间内_____与_____的矢量差.

(2)表达式:_____.

(3)矢量性:动量的变化量也是矢量,方向与_____的方向相同.

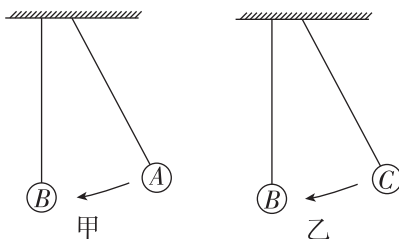
(4)物体沿直线运动时动量变化量的运算:选定坐标轴的方向,动量、动量的变化量用带正、负号的数值表示,从而将矢量运算简化成代数运算(此时的正、负号仅表示方向,不表示大小).

典例攻略 练技能

知识点一 寻求碰撞中的不变量

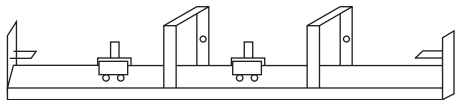
(1)用两根长度相同的细线,分别悬挂A、B两个完全相同的钢球,且两球并排放置.拉起A球,放开后,与静止的B球发生碰撞.可以看到碰撞后A球_____,B球_____,最终摆到_____.碰撞前后,两球的速度之和_____.将上面实验中的A球换成大小相同的C球,使C球质量大于B球质量,用手拉起C球放开后撞击静止的

B球.可以看到碰后B球获得_____,摆起的最大高度_____C球被拉起时的高度.碰撞前后,两球的速度之和_____,速度变化跟它们的_____有关.



(2)用实验数据验证猜想

两辆小车都放在滑轨上,用一辆运动的质量为 m_1 的小车碰撞一辆静止的质量为 m_2 的小车,碰后两辆小车粘在一起运动,小车的速度用滑轨上的计时器测量,下表的数据是某次实验时采集的,其中 v 是运动小车碰前的速度, v' 是碰后两车的共同速度.



	m_1/kg	m_2/kg	$v/(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	$v'/(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$
1	0.519	0.519	0.628	0.307
2	0.519	0.718	0.656	0.265
3	0.718	0.519	0.572	0.321
	E_{k1}/J	E_{k2}/J	$m_1 v/(\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	$(m_1 + m_2) v'/(\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1})$
1	_____	0.049	0.326	0.319
2	0.112	_____	_____	0.328
3	0.117	0.064	0.411	_____

在表中填写缺失的数据,通过分析实验数据,两辆小车碰撞前后动能之和 E_{k1} 与 E_{k2} _____ (填“相等”或“不相等”), _____ 基本不变.

知识点二 动量及动量的变化量

1. 对动量的理解

- (1)瞬时性:物体的动量对应某一时刻或某一位置,是一个状态量.
- (2)矢量性:动量的方向与物体的瞬时速度的方向相同.
- (3)相对性:因物体的速度与参考系的选取有关,故物体的动量也与参考系的选取有关,具有相对性.

2. 动量的变化量 Δp

- (1)表达式: $\Delta p = p_2 - p_1$.
该式为矢量式,运算遵循平行四边形定则,当 p_2 、 p_1 在同一条直线上时,可规定正方向,将矢

量运算转化为代数运算.

- (2)方向:与速度变化的方向相同,在合力为恒力的情况下,由 $\Delta v = a \cdot \Delta t$, $a = \frac{F}{m}$ 知,物体动量变化量的方向也与物体加速度和合外力的方向相同.

(3)物体动量变化的几种典型情况

- ①物体做匀速直线运动时,其动量不变——动量的大小和方向都不变.
- ②物体做匀速圆周运动时,其动量时刻改变——动量的大小不变,但方向时刻改变.
- ③物体做平抛运动时,其动量时刻改变——动量的大小时刻改变,方向也时刻改变.
- ④物体做匀变速直线运动时,其动量时刻改变——动量的大小时刻改变,方向可能改变.

例 1 (多选)关于物体的动量,下列说法中正确的是 ()

- A. 物体的动量越大,其惯性也越大
- B. 物体的速度方向改变,其动量一定改变
- C. 动量相同的物体,运动方向一定相同
- D. 运动的物体在任一时刻的动量方向一定是该时刻的加速度方向

例 2 [2026 · 杭州高二期中] 如图所示,一个质量为 0.18 kg 的垒球,以大小为 25 m/s 的水平速度向左飞向球棒,被球棒打击后反向水平飞回,速度大小变为 45 m/s,则这一过程中动量的变化量 ()

- A. 大小为 3.6 kg · m/s,方向水平向左
- B. 大小为 3.6 kg · m/s,方向水平向右
- C. 大小为 12.6 kg · m/s,方向水平向左
- D. 大小为 12.6 kg · m/s,方向水平向右



【要点总结】

- 动量变化量 Δp 的计算遵守矢量运算法则.
- (1)物体做直线运动的情况:
 - ①先规定正方向;
 - ②用“+”“-”表示各矢量方向;
 - ③将矢量运算简化为代数运算.

(2)初、末状态动量不在一条直线上的情况:
可按平行四边形定则求得 Δp 的大小和方向,这时 Δp 、 p_1 为邻边, p_2 为平行四边形的对角线.

知识点三 动量与动能的比较

物理量	动量	动能
定义式	$p=mv$	$E_k=\frac{1}{2}mv^2$
单位	$\text{kg}\cdot\text{m/s}$	J
标矢性	矢量	标量
变化决定因素	当 m 一定时, v 的大小或方向变化都可使 p 发生变化	当 m 一定时,只有 v 的大小发生变化时才会使 E_k 发生变化
换算关系	$E_k=\frac{p^2}{2m}, p=\sqrt{2mE_k}$	

例3 [2026·宁波中学高二月考] 对于一个质量不变的物体,下列说法中正确的是 ()

- A. 做匀速直线运动的物体,其动量可能变化
- B. 做匀速圆周运动的物体,其动量一定不变
- C. 物体的速度发生变化时,其动量一定变化
- D. 物体的动能发生变化时,其动量可能不变

例4 [2025·金华高二月考] 质量为 0.2 kg 的玩具小车,速度由向左的 3 m/s 变为向右的 5 m/s,取向左为正方向,则小车的动能变化量和动量变化量分别为 ()

- A. 1.6 J, 0.4 kg·m/s
- B. 3.4 J, 0.4 kg·m/s
- C. 1.6 J, -1.6 kg·m/s
- D. 3.4 J, -1.6 kg·m/s

2 动量定理

学习目标	1. 能在恒力情况下进行理论推导,得出动量定理及其表达式. 2. 知道冲量的概念,知道动量定理及其表达式的物理意义. 3. 知道动量定理适用于变力情况,领会求解变力冲量时的极限思想. 4. 会用动量定理解释生产生活中的相关现象和解决实际问题.
------	---

教材精梳 筑根基

一、冲量

- 1. 定义:_____与_____的乘积.
- 2. 表达式: $I=F\Delta t$.
- 3. 单位:_____,符号_____.
- 4. 矢量性:冲量也是矢量,冲量的方向由_____的方向决定.
- 5. 意义:冲量反映了_____对_____的累积效应.
- 6. 作用效果:使物体的_____发生变化.

二、动量定理

- 1. 内容:物体在一个过程中所受力的冲量等于它在这个过程始末的_____.
- 2. 表达式: $I=_____$ 或 $F(t'-t)=_____$.

_____.

3. 变形式: $F=\frac{\Delta p}{\Delta t}$ (牛顿第二定律的动量形式),表示物体动量的_____等于它所受的力.

三、动量定理的应用

- 1. 原理:根据动量定理,如果物体的动量发生的变化是一定的,那么作用的时间短,物体受的力就_____;作用的时间长,物体受的力就_____.
- 2. 应用:易碎物品运输时要用柔软材料包装,跳高时运动员要落在软垫上,在船舷和码头悬挂一些具有弹性的物体(如旧轮胎).

知识点一 冲量

1. 对冲量的理解

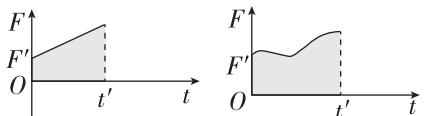
(1) 冲量是过程量

冲量是力作用在物体上的时间累积效应,取决于力和时间这两个因素,所以求冲量时一定要明确所求的是哪一个力在哪一段时间内的冲量.

(2) 冲量是矢量

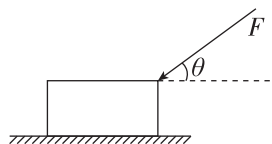
在力的方向不变时,冲量的方向与力的方向相同,如果力的方向是变化的,则冲量的方向与相应时间内物体动量变化量的方向相同.

2. 冲量的计算

恒力的冲量	求某个恒力的冲量:该力和力的作用时间的乘积
变力的冲量	(1)若力与时间成线性关系变化,则可用平均力求变力的冲量 (2)$F-t$ 图像中图线与时间轴围成的面积就是力的冲量. 如图所示 
合力的冲量	(1)求几个力的合力的冲量时,既可以先算出各力的冲量后再求矢量和,也可以先算出各力的合力再求合力的冲量 (2)利用动量定理求合力的冲量(见知识点二)

例 1 [2026·温州高二期中] 某质量为 m 的物体在推力 F 的作用下没有运动,已知重力加速度为 g . 经时间 t 后 ()

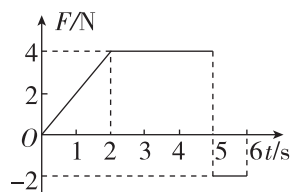
- A. 推力的冲量为零
 B. 推力的冲量为 $Ft \cos \theta$
 C. 合力的冲量为 Ft
 D. 重力的冲量为 $mg t$



[反思感悟]

例 2 [2026·湖州高二期中] 一质量为 0.25 kg 的滑块静置在水平地面上,在水平拉力 F 作用下,由静止开始运动. 已知力 F 随时间变化的规律如图所示,滑块与地面间的动摩擦因数为 0.8 , g 取 10 m/s^2 ,最大静摩擦力等于滑动摩擦力,则 $0 \sim 6 \text{ s}$ 内拉力 F 和滑块受到的合外力的冲量大小分别为 ()

- A. $14 \text{ N} \cdot \text{s}, 3 \text{ N} \cdot \text{s}$
 B. $14 \text{ N} \cdot \text{s}, 0$
 C. $3 \text{ N} \cdot \text{s}, 14 \text{ N} \cdot \text{s}$
 D. $0, 3 \text{ N} \cdot \text{s}$



[反思感悟]

知识点二 动量定理

对动量定理的理解

(1) 动量定理反映了合力的冲量是动量变化的原因.

(2) 动量定理的表达式 $F \cdot \Delta t = \Delta p$ 是矢量式,运用它分析问题时要特别注意冲量、动量及动量变化量的方向,公式中的 F 是物体或系统所受的合力.

(3) 动量定理不仅适用于恒定的作用力,也适用于随时间变化的作用力. 这种情况下,动量定理中的力 F 应理解为变力在作用时间内的平均值.

(4) 动量定理不仅适用于宏观物体的低速运动,而且对微观粒子的高速运动同样适用.

例 3 关于动量、冲量,下列说法正确的是 ()

- A. 物体受到的合力等于它的动量的变化率
 B. 物体的速度大小没有变化,则它受到的合力冲量大小等于零
 C. 物体动量越大,表明它受到的合力冲量越大
 D. 物体动量的方向就是它受到的合力冲量的方向

知识点三 动量定理的应用

角度一 用动量定理定性解释现象

例 4 [2025·杭州二中高二期中] 行驶中的汽车如果发生剧烈碰撞,车内的安全气囊会被弹出并瞬间充满气体.若碰撞后汽车的速度在很短时间内减小为零,关于安全气囊在此过程中的作用,下列说法正确的是 ()

- A. 增加了司机单位面积的受力大小
- B. 减少了碰撞前后司机动量的变化量
- C. 将司机的动能全部转换成汽车的动能
- D. 延长了司机的受力时间并增大了司机的受力面积

【要点总结】

用动量定理解释相关现象	
第一类	物体动量的变化一定时,由 $\Delta p = F \Delta t$ 知, Δt 越长, F 就越小; Δt 越短, F 就越大
第二类	作用力一定时,力的作用时间越长,物体动量的变化就越大;作用时间越短,动量的变化就越小
第三类	作用时间一定时,作用力越大,物体动量的变化就越大;作用力越小,物体动量的变化就越小

角度二 用动量定理定量计算 **解答规范**

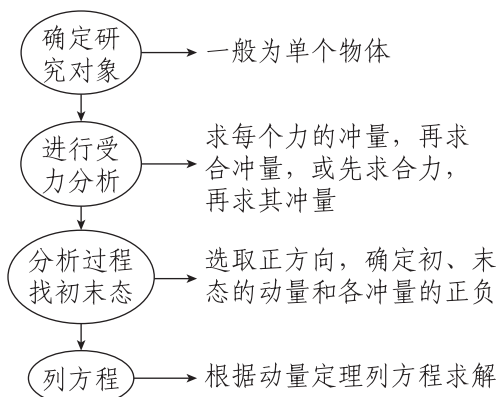
例 5 (11 分)某高校设计专业学生对手机进行了防摔设计,防摔设计是这样的:在屏幕的四个角设置了由弹性塑料、聚合物及超薄金属片组成的保护器,一旦手机内的加速度计、陀螺仪及位移传感器感知到手机掉落,保护器会自动弹出,对手机起到很好的保护作用.总质量为 160 g 的该种型号手机从距离地面 1.25 m 高的口袋中被无意间带出,之后的运动可以看作自由落体运动,平摔在地面上,保护器撞击地面的时间为 0.5 s,不计空气阻力, g 取 10 m/s^2 ,试求:

- (1)手机落地前瞬间的速度大小;
- (2)手机从开始掉落到落地前的过程中重力的冲量大小;
- (3)地面对手机的平均作用力大小.

规范答题区		自评项目 (共 100 分)	自评得分
		书写工整无涂抹(20 分)	
		有必要的文字说明(20 分)	
		使用原始表达式、无代数过程(30 分)	
		有据①②得③等说明(10 分)	
		结果为数字的带有单位,求矢量的有方向说明(20 分)	

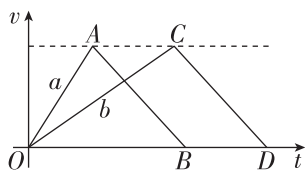
【要点总结】

动量定理应用的基本程序：



【即时演练】 (多选) [2026·宁波高二期中] 水平面上有质量相等的 a 、 b 两个物体，水平推力 F_1 、 F_2 分别作用在 a 、 b 上，一段时间后撤去

推力，物体继续运动一段距离后停下，两物体的 v - t 图像如图所示，图中 $AB \parallel CD$ ，整个过程中两个物体的运动时间分别为 t_1 、 t_2 ，水平推力的冲量分别为 I_1 、 I_2 。则整个过程中正确的有 ()



- A. $\frac{I_1}{I_2} = \frac{t_1}{t_2}$ B. $\frac{F_1}{F_2} = \frac{t_1}{t_2}$
 C. $\frac{F_1}{F_2} > \frac{t_1}{t_2}$ D. $\frac{F_1}{F_2} = \frac{t_2}{t_1}$

专题 动量定理的应用

学习目标	1. 深入理解动能定理和动量定理的物理意义以及运算规则的区别。 2. 了解动量定理与图像综合解题的一般方法。 3. 学会微元法与动量定理结合解决连续体(流体)问题。
------	--

题型攻克 破难关

题型一 动量定理与动能定理的综合

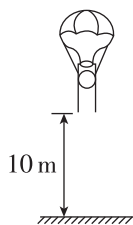
1. 动量定理揭示的是动量变化和冲量的因果关系，即合力对物体的冲量结果是引起物体动量的变化，一般涉及时间时用动量定理；

2. 动能定理揭示的是动能的变化和功的因果关系，即合力对物体做的功结果是引起物体动能的变化，一般涉及位移或路程时用动能定理。

例 1 [2026·萧山二中高二期中] “鸡蛋撞地球”挑战活动要求学生制作鸡蛋“保护器”装置，使鸡蛋在保护装置中从 10 m 的高度处静止下落撞到地面而不破裂。某同学制作了如图所示的鸡蛋“保护器”装置，从 10 m 的高度处静止下落到地面后瞬间速度减小为零，鸡蛋在保护器装置中继续向下运动 0.3 m、用时 0.1 s 后静止且完好无损。已知鸡蛋在装置中运动时受到恒定的作用力，且该装置和鸡蛋的总质量为 0.12 kg，其中鸡蛋质量为 $m_0 = 0.05$ kg，不计下

落过程中装置重力的变化，重力加速度 g 取 10 m/s^2 。求：

- (1) 装置落地前瞬间的速度大小；
 (2) 在下降 10 m 过程中，装置和鸡蛋克服阻力做的功；
 (3) 鸡蛋在装置中继续向下运动 0.3 m 过程中，装置对鸡蛋的冲量大小。



题型二 动量定理在多过程中的应用

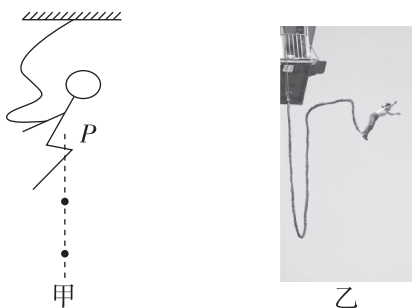
如果物体在不同阶段受力不同,即合外力不恒定,此情况下应用动量定理时,一般采取以下两种方法:

(1)分段处理法:找出每一段合外力的冲量 I_1 、 I_2 、 $\cdots$ 、 I_n ,这些冲量的矢量和即外力的合冲量 $I = I_1 + I_2 + \cdots + I_n$,根据动量定理 $I = p' - p$ 求解,分段处理时,需注意各段冲量的正负.

(2)全过程处理法:在全过程中,第一个力的冲量 I_1 ,第二个力的冲量 I_2 , $\cdots$ 第 n 个力的冲量 I_n ,这些冲量的矢量和即合冲量 I ,根据 $I = p' - p$ 求解,用全过程法求解时,需注意每个力的作用时间及力的方向.

(3)若不要求中间量,用全程法更为简便.

例 2 [2026·温州中学高二月考] 蹦极是一项刺激的极限运动,如图,游客将一端固定的轻质弹性长绳绑在腰间或踝关节处,从几十米高处跳下(忽略空气阻力).在某次蹦极中质量为 60 kg 的游客在弹性绳拉直后又经过 3 s 游客的速度减为零.若游客从跳下到弹性绳刚好拉直前的过程称为过程 I,此过程可视为“由静止自由落体 45 m ”,绳开始拉直到游客速度减为零的过程称为过程 II.下列说法正确的是 ()



- A. 过程 I 中游客动量的改变量等于重力的冲量
- B. 过程 II 中游客重力的冲量与绳作用力的冲量大小相等
- C. 在 I 和 II 全过程中,游客的最大速度出现在绳刚好拉直时
- D. 若 g 取 10 m/s^2 ,过程 II 中绳对游客的平均作用力大小为 600 N

[反思感悟]

【即时演练】 [2026·慈溪中学高一期中] 质量为 m 的消防队员从一平台上竖直跳下,下落 3 m 后双脚触地,接着他用双腿弯曲的方法缓冲,使自身重心又下降了 0.5 m .假设在着地过程中地面对他双脚的平均作用力大小恒定,则消防队员 ()

- A. 着地过程中处于失重状态
- B. 着地过程中地面对他双脚的平均作用力大小等于 $7mg$
- C. 在空中运动的加速度大于触地后重心下降过程中的加速度
- D. 在空中运动的平均速度大于触地后重心下降过程中的平均速度

[反思感悟]

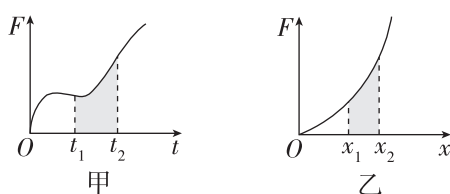
题型三 动量定理与图像法的综合应用

“ $F-t$ ”图像与“ $F-x$ ”图像辨析

冲量是力在时间上的积累,而功是力在空间上的积累.这两种积累作用可以在“ $F-t$ ”图像和“ $F-x$ ”图像上用面积表示.

如图所示.图甲中的曲线是作用在某一物体上的力 F 随时间 t 变化的曲线,图中阴影部分的面积就表示力 F 在时间 $\Delta t = t_2 - t_1$ 内的

冲量.图乙中阴影部分的面积表示力 F 做的功.



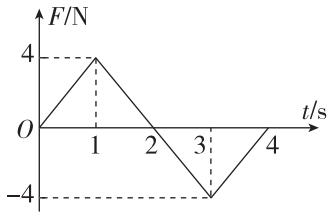
例 3 [2025 · 重庆渝北区高二期末] 一质量为 m 的物体静止在光滑水平面上,从 $t=0$ 时刻起,受到的水平外力 F 如图所示,以向右运动为正方向,则下列说法正确的是 ()

A. 前 1 s 内力 F 对物体的冲量为 $4 \text{ N} \cdot \text{s}$

B. 物体在 $t=1 \text{ s}$ 时和 $t=3 \text{ s}$ 时的动量相同

C. 前 2 s 内力 F 对物体的冲量为 0

D. $t=2 \text{ s}$ 时物体回到出发点



题型四 动量定理在流体中的应用

(一) 流体类“柱状模型”

流体及其特点		通常液体流、气体流等被广义地视为“流体”,质量具有连续性,通常已知密度 ρ
分析步骤	1	建立“柱状模型”,沿流速 v 的方向选取一段柱形流体,其横截面积为 S
	2	微元研究,作用时间 Δt 内的一段柱形流体的长度为 Δl ,对应的质量为 $\Delta m = \rho S \Delta l = \rho S v \Delta t$
	3	建立方程,应用动量定理研究这段柱状流体

(二) 微粒类“柱状模型”

微粒及其特点		通常电子流、光子流、尘埃等被广义地视为“微粒”,质量具有独立性,通常给出单位体积内粒子数 n
分析步骤	1	建立“柱状模型”,沿速度 v 的方向选取一段柱体,其横截面积为 S
	2	微元研究,作用时间 Δt 内一段柱体的长度为 Δl ,对应的体积为 $\Delta V = S v \Delta t$,则微元内的粒子数 $N = n v S \Delta t$
	3	先应用动量定理研究单个粒子,建立方程,再乘 N 计算

例 4 [2026 · 温州瑞安中学高二月考] “水上飞人”是夏季最受欢迎的游乐项目之一. 如图所示,操控者借助“喷射式悬浮飞行器”向下喷出高压水柱的方式实现在水面上方或悬停或急速升降等动作. 假设某玩家的质量为 m (含装备),底部两个喷口的总面积为 S ,当向下喷水速度为 v 时(近似认为水流喷出前的速度为 0),该玩家可以悬停在空中,忽略水管对人的作用力. 若玩家带上一位质量也为 m 的游客一起悬停在空中,则此时喷水速度应该调整为 ()



- A. $\sqrt{2}v$ B. $2v$
- C. $2\sqrt{2}v$ D. $4v$

[反思感悟]

例 5 有一宇宙飞船,它的正面面积 $S = 0.98 \text{ m}^2$,以 $v = 2 \times 10^3 \text{ m/s}$ 的速度飞入一宇宙微粒尘区,此尘区每立方米空间内有一个微粒,微粒的平均质量 $m = 2 \times 10^{-7} \text{ kg}$,设微粒与飞船外壳碰撞后附着于飞船上. 要使飞船速度保持不变,则飞船的牵引力应增加 ()

- A. 0.584 N B. 0.784 N
- C. 0.884 N D. 0.984 N

[反思感悟]

3 动量守恒定律

学习目标

1. 能运用动量定理和牛顿第三定律分析碰撞现象中的动量变化.
2. 在了解系统、内力和外力的基础上,理解动量守恒定律.
3. 能够运用动量守恒定律分析生产生活中的有关现象.
4. 了解动量守恒定律的普遍适用性和牛顿运动定律适用范围的局限性.

教材精梳 筑根基

1. 系统、内力与外力

(1)系统:_____相互作用的物体构成的整体叫作一个力学系统,简称系统.

(2)内力:_____物体间的作用力.

(3)外力:系统_____的物体施加给系统内物体的力.

2. 动量守恒定律

(1)内容:如果一个系统_____,或者_____,这个系统的总动量

保持不变.

(2)表达式:

$m_1v_1 + m_2v_2 =$ _____ (作用前后总动量相等).

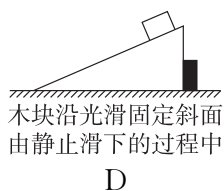
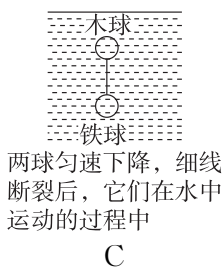
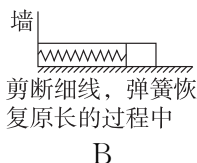
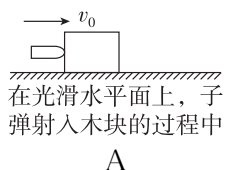
(3)适用条件:系统_____或者所受外力的_____.

(4)普适性:动量守恒定律既适用于低速物体,也适用于高速(接近光速)物体.既适用于宏观领域,也适用于_____领域.

典例攻略 练技能

知识点一 动量是否守恒的判定

例 1 (多选)[2026·宁波中学高二月考] 以下四个图中,系统动量守恒的是 ()



【要点总结】

系统动量是否守恒的判定方法

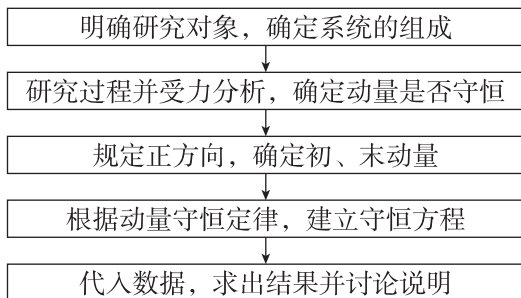
1. 选定研究对象及研究过程,分清外力与内力.
2. 分析系统受到的外力矢量和是否为零,若外力矢量和为零,则系统动量守恒;若系统内各物体间相互作用的内力远大于系统所受的外力,则系统动量近似守恒.
3. 除了利用动量守恒条件判定外,还可以通过实际过程中系统各物体各方向上总动量是否保持不变来进行直观的判定.

知识点二 动量守恒定律的应用

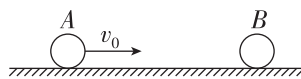
1. 动量守恒定律的五种性质

性质	内容
矢量性	动量守恒定律的表达式是一个矢量式,其矢量性表现在:①该式说明系统的总动量在相互作用前、后不仅大小相等,方向也相同;②在求初、末状态系统的总动量 $p = p_1 + p_2 + \dots$ 和 $p' = p_1' + p_2' + \dots$ 时,要按矢量运算法则计算
相对性	在动量守恒定律中,系统中各物体在相互作用前、后的动量必须相对于同一惯性参考系,各物体的速度通常均为对地的速度
条件性	动量守恒定律的成立是有条件的,应用时一定要首先判断系统是否满足动量守恒的条件
同时性	动量守恒定律中 $p_1、p_2、\dots$ 必须是系统中各物体在相互作用前同一时刻的动量, $p_1'、p_2'、\dots$ 必须是系统中各物体在相互作用后同一时刻的动量
普适性	动量守恒定律不仅适用于两个物体组成的系统,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,也适用于微观粒子组成的系统

2. 利用动量守恒定律解题的步骤



例 2 [2026 · 宁波余姚中学高二月考] 如图所示，光滑的水平面上，小球 A 以速度 v_0 向右运动并与原来静止的小球 B 发生对心正碰，碰后 A 球速度反向，大小为 $\frac{v_0}{5}$ ，B 球的速率为 $\frac{v_0}{2}$ 。A、B 两球的质量之比为 ()



- A. 12 : 5 B. 8 : 5
C. 5 : 8 D. 5 : 12

例 3 [2025 · 温州瑞安中学高二期中] 《三国演义》中“草船借箭”是后人熟悉的故事。若草船的质量为 M ，每支箭的质量为 m ，草船以速度 v_1 驶来时，对岸士兵多箭齐发，箭以相同的速度 v_2 水平射中草船。假设此时草船正好停下来，不计水的阻力，则射出的箭的数目为 ()

- A. $\frac{(M+m)v_1}{mv_2}$ B. $\frac{Mv_1}{(M+m)v_2}$
C. $\frac{Mv_1}{mv_2}$ D. $\frac{mv_1}{Mv_2}$

专题 动量守恒定律的应用

学习目标	1. 理解某一方向上的动量守恒。 2. 会利用动量守恒定律分析和解决多物体、多过程问题(重难点)。 3. 会分析动量守恒定律应用中的临界问题。
------	---

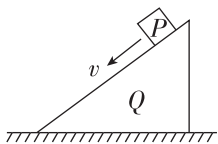
题型攻克 破难关

题型一 某一方向上的动量守恒

若系统受到的合外力不为零，则系统的动量不守恒。但若在某一方向上受到的合力为零，则系统在此方向上动量守恒。系统在某一方向动量守恒时，动量守恒表达式为：(以水平方向动量守恒为例) $m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'$ 。

例 1 (多选) [2026 · 广东江门高二期中] 物体 P 从置于光滑水平面上的斜面体 Q 的顶端以一定的初速度沿斜面往下滑，如图所示。在下滑过程中，P 的速度越来越小，最后相对斜面体静止，那么由 P 和 Q 组成的系统 ()

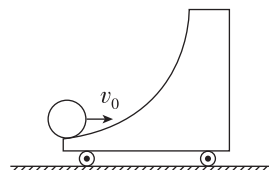
- A. 动量守恒
B. 水平方向动量守恒
C. 最后 P 和 Q 一定都静止在水平面上



D. 最后 P 和 Q 以一定的速度共同向左运动

例 2 (多选) [2026 · 宁波高二期中] 带有 $\frac{1}{4}$ 光滑圆弧轨道，质量为 m 的小车静止置于光滑水平面上，如图所示，一质量也为 m 的小球以速度 v_0 水平冲上小车，到达某一高度后，小球又返回车的左端，重力加速度为 g ，则 ()

- A. 在整个过程中，小球和车水平方向系统动量守恒
B. 小球返回车的左端时，速度为 v_0



- C. 小球上升到最高点时，小车的速度为 $\frac{1}{2}v_0$
D. 小球在弧形槽上上升的最大高度为 $\frac{v_0^2}{4g}$

题型二 多物体、多过程中动量守恒的判断

多物体、多过程中动量守恒的判断注意以下两点:

(1) 分析题意, 明确研究对象

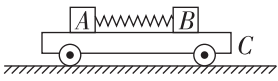
对于多个物体、比较复杂的物理过程, 要明确在哪些阶段中, 哪些物体发生相互作用, 从而确定所研究的系统是由哪些物体组成的.

(2) 要对各阶段所选系统内的物体进行受力分析

弄清哪些是系统内部物体之间相互作用的内力, 哪些是系统外物体对系统内物体作用的外力. 在受力分析的基础上根据动量守恒定律条件, 判断能否应用动量守恒定律.

例 3 [2026 · 宁波高二期中] A 、 B 两物体质量不同, 原来静止在平板小车 C 上, A 、 B 间有一根被压缩的弹簧, 地面水平且光滑. 当两物体被同时释放后, 下列说法错误的是 ()

- A. 若 A 、 B 与平板车上表面间的动摩擦因数相同, 则 A 、 B 组成系统的动量守恒
- B. 若 A 、 B 与平板车上表面间的动摩擦因数相同, 则 A 、 B 、 C 组成系统的动量守恒



C. 若 A 、 B 所受的摩擦力大小相等, 则 A 、 B 组成系统的动量守恒

D. 若 A 、 B 所受的摩擦力大小相等, 则 A 、 B 、 C 组成系统的动量守恒

例 4 [2025 · 衢州高二期末] 如图所示, 质量均为 0.9 kg 的木块 A 和 B 并排放置在光滑水平面上, A 上固定一竖直轻杆, 轻杆上端系一长为 1.125 m 的细线, 细线另一端系一质量为 0.1 kg 的小球 C , 开始时, 细线水平且恰好拉直. 现将小球 C 由静止释放, 摆到最低点时, 木块 A 恰好与木块 B 相撞并粘在一起, 不计空气阻力, g 取 10 m/s^2 , 则 ()

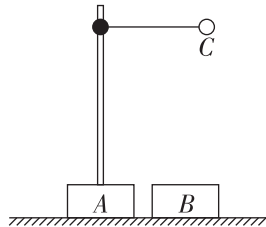
A. 小球 C 下摆过程 A 、 C 组成的系统动量守恒

B. 小球 C 摆到最低点时速度大小为

$$\frac{3\sqrt{10}}{2} \text{ m/s}$$

C. 碰撞过程木块 B 受到的冲量大小为 $0.225 \text{ N} \cdot \text{s}$

D. 碰撞过程损失的机械能为 1.125 J



题型三 动量守恒定律应用的临界问题

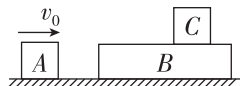
在动量守恒定律的应用中, 常常出现相互作用的两物体相距最近(或最远)、恰好不相撞、弹簧最长(或最短)或物体开始反向运动等临界状态, 其临界条件常常表现为两物体的相对速度关系或相对位移关系, 这些特定关系的判断是求解这类问题的关键.

例 5 [2026 · 江苏无锡高二期中] 如图所示, 木块 A 的质量为 $m_A = 1 \text{ kg}$, 足够长的木板 B 的质量为 $m_B = 4 \text{ kg}$, 质量为 $m_C = 4 \text{ kg}$ 的木块 C 置于静止的木板 B 上, 水平面光滑, B 、 C 之间有摩擦. 现使 A 以 $v_0 = 12 \text{ m/s}$ 的初速度向右运动, 与 B 碰撞后以 4 m/s 的速度弹回, C 始终未脱离 B . 求:

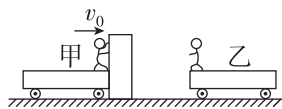
(1) B 运动过程中的最大速度的大小;

(2) C 运动过程中的最大速度的大小;

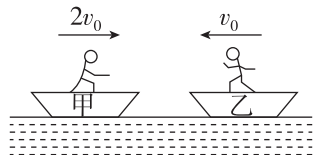
(3) 整个过程中系统损失的机械能.



例 6 [2026·宁波高二期中] 如图所示,甲、乙两小孩各乘一辆冰车在光滑水平冰面上游戏,甲和他的冰车总质量为 30 kg,乙和他的冰车总质量也为 30 kg,游戏时甲推着一质量为 10 kg 的木箱,和他一起以 $v_0 = 3.5 \text{ m/s}$ 的速度向右滑行,乙在甲的正前方相对地面静止,为避免碰撞,甲将木箱推给乙,使木箱与乙一起运动,则甲至少以相对地面多大的速度将箱子推出才能避免与乙相撞?



【即时演练】 (多选)[2026·宁波中学高二月考] 如图所示,甲、乙两船的总质量(包括船、人和货物)分别为 $80m_0$ 、 $20m_0$,两船沿同一直线相向运动,速度大小分别为 $2v_0$ 、 v_0 . 为避免两船相撞,甲船上的人不断地将质量为 m_0 的货物袋以相对地面为 $6.2v_0$ 的水平速度抛向乙船,且被乙船上的人接住,假设某一次甲船上的人将货物袋抛出且被乙船上的人接住后,刚好可保证两船不致相撞,不计水的阻力. 则此时 ()



- A. 甲、乙两船的速度大小为 $1.4v_0$
- B. 甲、乙两船的速度大小为 $1.25v_0$
- C. 从甲船抛出的总货物袋数为 12 个
- D. 从甲船抛出的总货物袋数为 10 个

【反思感悟】 _____

4 实验:验证动量守恒定律

学习目标	1. 能依据已有知识合理设计实验方案. 2. 能合理地选择实验器材,获得实验数据,分析实验数据,形成结论. 3. 能撰写实验报告,用学过的物理术语、图表等交流本实验的探究过程与结论. 4. 坚持实事求是,在合作中既能坚持观点又能修正错误.
------	--

【实验思路】

1. 一维碰撞

两个物体碰撞前沿同一直线运动,碰撞后 _____ 运动,这种碰撞叫作一维碰撞.

2. 实验的基本思路

在一维碰撞的情况下,与物体运动有关的物理量只有物体的 _____ 和 _____.

3. 验证动量守恒定律

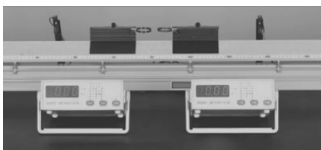
设两个物体的质量分别为 m_1 和 m_2 ,碰撞前的速度分别为 v_1 和 v_2 ,碰撞后的速度分别为 v_1' 和 v_2' ,若速度与我们设定的坐标轴的方向一

致,则取正值,否则取负值. 探究 $m_1v_1 + m_2v_2 =$ _____ 是否成立.

方案一 研究气垫导轨上滑块碰撞时的动量守恒

【实验原理】

如图所示. 这一实验装置不仅能保证碰撞是一维的,还可以做出多种情形的碰撞,速度的测量误差较小,这个方案是本实验的首选.

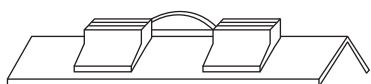


【实验器材】

学生电源、气垫导轨、滑块、天平、光电门、光电计时器等。

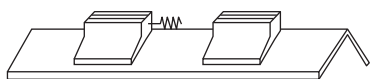
【物理量的测量】

1. 用天平测量两个滑块的质量 m_1 、 m_2 。
2. 调整导轨使之处于水平状态,并使光电计时器系统正常工作。
3. 如图甲所示,用细线将弹簧片弯成弓形,放在两个滑块之间,并使它们静止,然后烧断细线,两滑块随即向相反的方向运动。



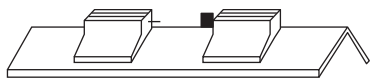
甲

4. 记录滑块上遮光条的宽度 Δx 以及光电计时器显示的遮光时间 Δt ,利用公式 _____ 计算出两滑块相互作用前后的速度。
5. 如图乙所示,在一个滑块上装上弹簧,使两个滑块相互碰撞,重复步骤 4。



乙

6. 如图丙所示,在两个滑块的碰撞端分别装上撞针和橡皮泥,二者相碰后粘在一起,重复步骤 4。



丙

【数据处理】

将实验中测得的物理量填入如下表格。

($m_1 =$ _____ ; $m_2 =$ _____)

	碰撞前		碰撞后		结论
速度	v_1	v_2	v_1'	v_2'	
mv	$m_1v_1+m_2v_2$		$m_1v_1'+m_2v_2'$		

代入实验数据,看在误差允许的范围内动量是否守恒。

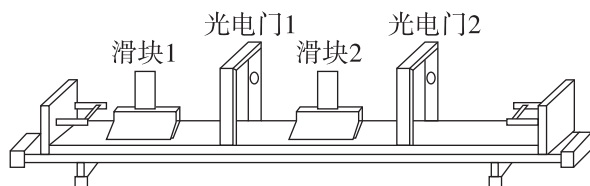
【注意事项】

1. 滑块速度的测量:滑块在气垫导轨上运动的

速度 $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$,式中 Δx 为滑块上的遮光条的宽度(由仪器说明书上给出,也可以直接测量), Δt 为光电计时器显示的遮光条经过光电门的时间。

2. 注意速度的矢量性:规定一个正方向,碰撞前、后滑块速度的方向与正方向比较,跟正方向相同即为正值,跟正方向相反即为负值,也就是说,比较 $m_1 v_1 + m_2 v_2$ 与 $m_1 v_1' + m_2 v_2'$ 是否相等时,应该把速度的正、负号代入计算。

例 1 [2026 · 宁波效实中学高二月考] 某同学利用气垫导轨做“验证动量守恒定律”的实验,气垫导轨装置如图所示,所用的气垫导轨装置由导轨、滑块、弹射架、光电门等组成。



(1)下面是实验的主要步骤:

- ①安装好气垫导轨,调节气垫导轨的调节旋钮,使导轨水平;
- ②向气垫导轨通入压缩空气;
- ③接通数字计时器;
- ④把滑块 2 静止放在气垫导轨的中间;
- ⑤滑块 1 挤压导轨左端弹射架上的橡皮绳;
- ⑥释放滑块 1,滑块 1 通过光电门 1 后与左侧带有固定弹簧(未画出)的滑块 2 碰撞,碰后滑块 2 和滑块 1 依次通过光电门 2,两滑块通过光电门 2 后依次被制动;
- ⑦读出滑块通过光电门的挡光时间分别为:滑块 1 通过光电门 1 的挡光时间 $\Delta t_1 = 10.01 \text{ ms}$,通过光电门 2 的挡光时间 $\Delta t_2 = 49.99 \text{ ms}$,滑块 2 通过光电门 2 的挡光时间 $\Delta t_3 = 8.35 \text{ ms}$;
- ⑧测出挡光板的宽度均为 $d = 5 \text{ mm}$,测得滑块 1 的质量为 $m_1 = 300 \text{ g}$,滑块 2(包括弹簧)的质量为 $m_2 = 200 \text{ g}$ 。

(2)数据处理与实验结论:

- ①实验中气垫导轨的作用是:

A. _____ ;
B. _____ .

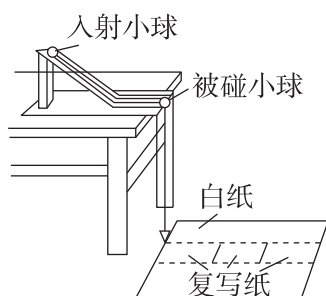
②碰撞前滑块 1 的速度 v_1 为 _____ m/s; 碰撞后滑块 1 的速度 v_2 为 _____ m/s; 碰撞后滑块 2 的速度 v_3 为 _____ m/s. (结果均保留两位有效数字)

③碰撞前系统的总动量为 $m_1 v_1 =$ _____.
碰撞后系统的总动量为 $m_1 v_2 + m_2 v_3 =$ _____.
由此可得实验结论: _____.

方案二 研究斜槽末端小球碰撞时的动量守恒

【实验原理】

如图所示, 利用平抛运动的水平方向和竖直方向的等时性和独立性特点可知, 高度相同则运动时间相同, 水平方向做匀速直线运动, 故可用水平位移替代水平初速度.



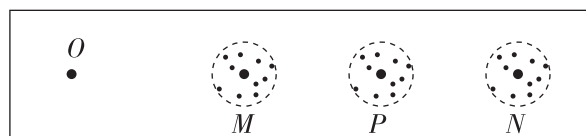
【实验器材】

斜槽轨道、铅垂线、天平、小球、白纸、复写纸、刻度尺等.

【物理量的测量】

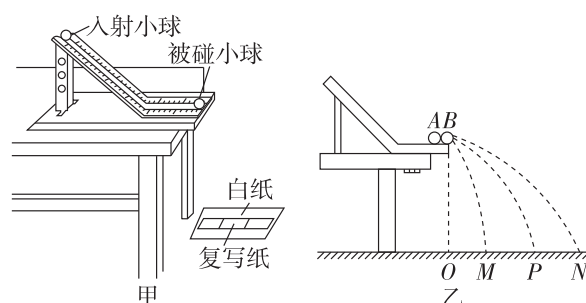
1. 用天平测出两个小球的质量 m_1 、 m_2 , 并选定质量大的小球为入射小球 (设 $m_1 > m_2$).
2. 按照图所示安装实验装置, 调整固定斜槽使斜槽末端水平.
3. 白纸在下, 复写纸在上, 且在适当位置铺放好. 记下铅垂线所指的位置 O .
4. 不放被碰小球, 让入射小球从斜槽上某固定高度处由静止滚下, 重复 10 次. 用圆规画尽量小的圆把所有的小球落点圈在里面, 圆心 P 就是小球落点的平均位置.
5. 把被碰小球放在斜槽末端, 让入射小球从斜槽同一高度处由静止滚下, 使它们发生碰撞, 重复实验 10 次. 用步骤 4 的方法标出碰后入射小球落点的平均位置 M 和被碰小球落点的平均

位置 N , 如图所示.



6. 测量线段 OP 、 OM 、 ON 的长度. 将测量数据填入表中, 最后代入 _____, 看在误差允许的范围内此式是否成立.

例 2 [2025 · 宁波高二期末] “探究碰撞中的不变量”的实验装置如图甲所示, 实验原理如图乙所示.



(1) 实验室有如下 A、B、C 三个小球, 从中选出入射小球与被碰小球, 则入射小球应该选取 _____;

- A. 直径 $d_1 = 2$ cm, 质量 $m_1 = 12$ g
- B. 直径 $d_1 = 2$ cm, 质量 $m_2 = 24$ g
- C. 直径 $d_2 = 3$ cm, 质量 $m_3 = 4$ g

(2) 关于本实验, 下列说法正确的是 _____;

- A. 小球每次都必须从斜槽上的同一位置由静止释放
- B. 必须测量出斜槽末端到水平地面的高度
- C. 实验中需要用到铅垂线
- D. 斜槽必须足够光滑且末端保持水平

(3) 选取第 (1) 题中的两个小球完成实验后, 用刻度尺测量 M 、 P 、 N 与 O 点的距离 x_1 、 x_2 、 x_3 , 若两球在碰撞过程中机械能守恒, 则下列式子成立的是 _____.

- A. $x_3 = x_1 + x_2$
- B. $2x_2 = x_1 + x_3$
- C. $x_3^2 = x_1^2 + x_2^2$

5 弹性碰撞和非弹性碰撞

学习目标

1. 了解弹性碰撞和非弹性碰撞.
2. 会分析具体实例中的碰撞特点及类型.
3. 会用动量、能量的观点解决生产生活中与一维碰撞相关的实际问题.

第1课时 弹性碰撞

教材精梳 筑根基

一、弹性碰撞和非弹性碰撞

1. 弹性碰撞: 如果系统在碰撞前后动能_____, 这类碰撞叫作弹性碰撞.
2. 非弹性碰撞: 如果系统在碰撞后动能_____, 这类碰撞叫作非弹性碰撞.

二、弹性碰撞的实例分析

1. 正碰: 两个小球相碰, 碰撞之前球的运动速度与_____的连线在同一条直线上, 碰撞之后两球的速度仍会沿着_____.

碰撞称为正碰, 也叫作对心碰撞或一维碰撞.

2. 一维弹性碰撞分析: 假设物体 m_1 以速度 v_1 与原来静止的物体 m_2 发生正碰, 碰撞后它们的速度分别为 v_1' 、 v_2' , 碰撞中动量守恒: $m_1 v_1 =$ _____; 弹性碰撞中没有动能损失: $\frac{1}{2} m_1 v_1^2 =$ _____. 可以解出两个物体碰撞后的速度分别为: $v_1' =$ _____, $v_2' =$ _____.

典例攻略 练技能

知识点一 弹性碰撞

1. 碰撞过程的四个特点

- (1) 时间短: 在碰撞现象中, 相互作用的时间很短.
- (2) 相互作用力大: 碰撞过程中, 相互作用力先急剧增大, 后急剧减小, 平均作用力很大.
- (3) 位移小: 碰撞过程是在一瞬间发生的, 时间极短, 在物体发生碰撞的瞬间, 可忽略物体的位移, 认为物体在碰撞前后仍在同一位置.
- (4) 满足动量守恒的条件: 系统的内力远远大于外力, 所以即使系统所受合外力不为零, 外力也可以忽略, 系统的总动量守恒.

2. 弹性碰撞

- (1) 理解: 如果系统在碰撞前后动能不变, 这类碰撞叫作弹性碰撞.
 - (2) 发生弹性碰撞时, 内力是弹性力, 只发生机械能的转移, 系统内无机械能损失.
- 钢球、玻璃球碰撞时的形变能够完全恢复, 能量损失很小, 它们的碰撞可以看作弹性碰撞; 木制

品碰撞时形变不能完全恢复, 一般情况下不能作为弹性碰撞处理; 橡皮泥球之间的碰撞是典型的非弹性碰撞.

例1 在光滑水平面上, 甲、乙两物体的质量分别为 m_1 、 m_2 , 它们沿东西方向的一直线相向运动, 其中甲物体以速度 6 m/s 由西向东运动, 乙物体以速度 2 m/s 由东向西运动. 碰撞后两物体运动方向都与原方向相反, 速度的大小都是 4 m/s. 求:

- (1) 甲、乙两物体的质量之比;
- (2) 通过计算说明这次碰撞是弹性碰撞还是非弹性碰撞.

知识点二 弹性碰撞实例分析

两质量分别为 m_1 、 m_2 的小球发生弹性正碰，入射球的初速度 $v_1 \neq 0$ ，被碰球的初速度 $v_2 = 0$ ，则有

$$m_1 v_1 = m_1 v_1' + m_2 v_2',$$

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2'^2,$$

$$\text{可得 } v_1' = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_1, v_2' = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_1.$$

分情况讨论：

(1) 当 $m_1 = m_2$ 时， $v_1' = 0$ ， $v_2' = v_1$ 。（质量相等，速度交换）

(2) 当 $m_1 > m_2$ 时， $v_1' > 0$ ， $v_2' > 0$ ，且 $v_2' > v_1'$ 。（大碰小，一起跑）

(3) 当 $m_1 < m_2$ 时， $v_1' < 0$ ， $v_2' > 0$ 。（小碰大，要反弹）

(4) 当 $m_1 \gg m_2$ 时， $v_1' = v_1$ ， $v_2' = 2v_1$ 。（极大碰极小，大不变，小加倍）

(5) 当 $m_1 \ll m_2$ 时， $v_1' = -v_1$ ， $v_2' = 0$ 。（极小碰极大，小等速率反弹，大不变）

例 2 [2026 · 广东广州高二期中] 水平面上有 2 个等大的钢球，空心钢球的质量为实心钢球质量的一半。空心钢球以 0.6 m/s 、水平向左的速度与静止的实心钢球正碰，碰后空心钢球与实心钢球速度分别为 v_1 、 v_2 ，两钢球的碰撞可视为弹性碰撞。下列说法正确的是 ()

- A. v_1 大小为 0.2 m/s ，方向水平向左
- B. v_1 大小为 0.2 m/s ，方向水平向右
- C. v_2 大小为 0.2 m/s ，方向水平向左
- D. v_2 大小为 0.1 m/s ，方向水平向左

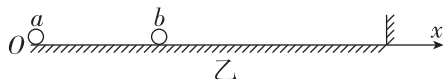
例 3 [2026 · 台州高二期中] 台球运动是一项普及性很高的运动，如图乙所示，在一次台球击球中，以母球 a 所在处为原点 O 建立 Ox 坐标轴， Ox 轴与水平球台面重合，在 $x = 1.5 \text{ m}$ 处是足够高的竖直挡壁，挡壁与 x 轴垂直。开始时，子球 b 静止在 $x = 0.5 \text{ m}$ 处，某时刻将母球 a 沿 x 轴正向以 $v_0 = 3.0 \text{ m/s}$ 击出与 b 球碰撞。已知 a 、 b 两球的质量均为 $m = 0.15 \text{ kg}$ 且视为质点，两球与台面的阻力是球重的 $\frac{1}{10}$ ，两球的碰撞为弹性正碰，球与

挡壁碰撞的过程中将损失三分之一的动能，两球始终不离开台球桌面且所有碰撞时间极短， g 取 10 m/s^2 。求：

- (1) 第一次两球相碰前 a 球的速度大小 v_a ；
- (2) 第一次两球碰撞过程中 b 球的动量变化量大小 Δp ；
- (3) b 球与挡壁碰撞过程中给挡壁的冲量 I 。（计算结果保留两位有效数字）



甲

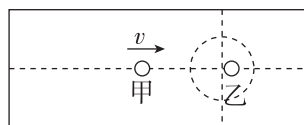


乙

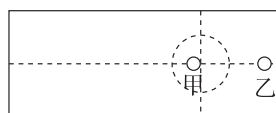
【即时演练】 [2026 · 杭州高二期中] 图甲为冬奥会上中国队员投掷冰壶的镜头，在某次投掷中，冰壶甲运动一段时间后与静止的冰壶乙发生碰撞(图乙)，已知两冰壶质量相等，碰撞可看作弹性正碰，下列四幅图中能表示两冰壶最终位置的是 ()



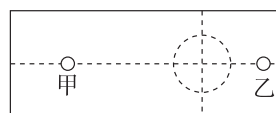
甲



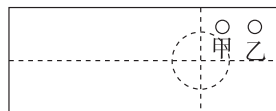
乙



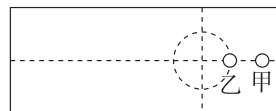
A



B



C



D