



教育图书



功能学具



学生之家

基础教育行业专研品牌

30⁺年专注教育行业

全品学练考

主编 肖德好

导学案

高中物理4

选择性必修第一册 RJ

北京
专版

数智教辅

索取二维码
贴此处
激活享受服务

—全品AI学伴—
7×24小时有问必答
高效预复习，吃透每一课

天津出版传媒集团
天津人民出版社

CONTENTS

目录 | 导学案

01 第一章 动量守恒定律

PART ONE

1	动量	091
2	动量定理	094
	第 1 课时 动量定理	094
	第 2 课时 动量定理的应用	097
3	动量守恒定律	100
	第 1 课时 动量守恒定律	100
	第 2 课时 动量守恒定律的应用	103
4	实验:验证动量守恒定律	106
5	弹性碰撞和非弹性碰撞	110
6	反冲现象 火箭	113
	第 1 课时 反冲现象 火箭	113
	第 2 课时 人船模型 爆炸	116
	专题课:“弹簧类”模型和“光滑圆弧(斜面)轨道”模型	118
	专题课:“子弹打木块”模型和“滑块—木板”模型	121
⑩	知识整合与通关(一)	123

02 第二章 机械振动

PART TWO

1	简谐运动	125
2	简谐运动的描述	127
3	简谐运动的回复力和能量	131
4	单摆	134
5	实验:用单摆测量重力加速度	138
6	受迫振动 共振	141
⑩	知识整合与通关(二)	144

03 第三章 机械波

PART THREE

1 波的形成	146
2 波的描述	148
专题课：机械振动和机械波的综合问题	151
3 波的反射、折射和衍射	154
4 波的干涉	156
5 多普勒效应	159
⑩ 知识整合与通关（三）	161

04 第四章 光

PART FOUR

1 光的折射	163
2 全反射	167
3 光的干涉	171
4 实验：用双缝干涉测量光的波长	174
5 光的衍射	177
6 光的偏振 激光	180
⑩ 知识整合与通关（四）	183

◆ 参考答案	185
--------	-----



第一章 动量守恒定律



讲题智能体

1 动量

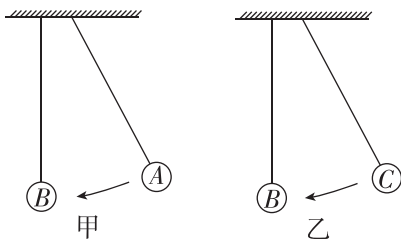
学习任务一 寻求碰撞中的不变量

[问题导学]

在台球厅,你观察到一位高手用一个白色的主球去撞击另一个静止的色球.你发现,有时主球会停下,色球向前运动;有时主球会继续前进,色球也运动.在所有这些千变万化的碰撞中,是否存在一个共同的、不变的物理量?

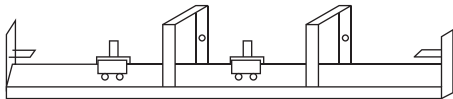


[科学探究] (1)如图甲所示,用两根长度相同的细线,分别悬挂两个完全相同的钢球 A、B,且两球并排放置.拉起 A 球,然后放开,该球与静止的 B 球发生碰撞.可以看到碰撞后 A 球_____,B 球_____,最终摆到_____.碰撞前后,两球的速度之和_____.如图乙所示,将上面实验中的 A 球换成大小相同的 C 球,使 C 球质量大于 B 球质量,用手拉起 C 球至某一高度后放开,撞击静止的 B 球.可以看到碰后 B 球获得_____,摆起的最大高度_____C 球被拉起时的高度.碰撞前后,两球的速度之和_____,速度变化跟它们的_____有关.



(2)用实验数据验证猜想

如图丙所示,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,碰撞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 是运动小车碰撞前的速度, v' 是碰撞后两小车的共同速度, E_{k1} 是碰撞前两小车的动能之和, E_{k2} 是碰撞后两小车的动能之和.

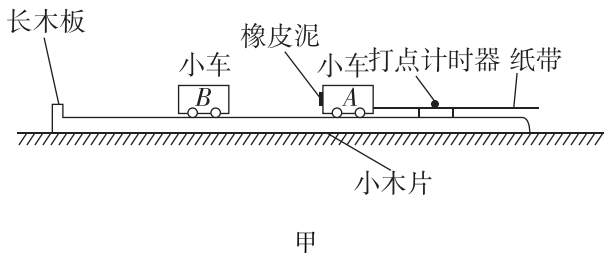


丙

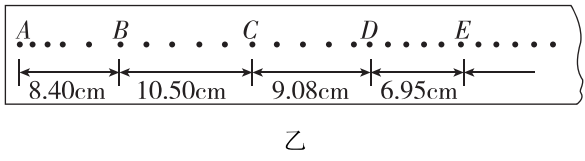
	m_1/kg	m_2/kg	$v/(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	$v'/(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$
1	0.519	0.519	0.628	0.307
2	0.519	0.718	0.656	0.265
3	0.718	0.519	0.572	0.321
	E_{k1}/J	E_{k2}/J	$m_1 v/(\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	$(m_1 + m_2) v'/(\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1})$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

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} _____(选填“相等”或“不相等”),质量与速度的乘积之和_____.

例 1 某同学设计了一个用打点计时器探究碰撞过程中不变量的实验:在小车 A 的前端粘有橡皮泥,推动小车 A 使之做匀速运动,然后与原来静止在前方的小车 B 相碰并黏合成一体,继续做匀速运动,他设计的具体装置如图甲所示.在小车 A 后连着纸带,电磁打点计时器电源频率为 50 Hz,长木板下垫着小木片用以平衡摩擦力.



(1)若已得到打点纸带如图乙所示,并将测得的各计数点间距离标在图上,A 点是运动起始的第一点,则应选_____段来计算 A 的碰前速度,应选_____段来计算 A 和 B 碰后的共同速度(均选填“AB”“BC”“CD”或“DE”).

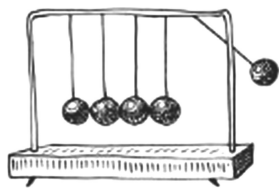


(2)已测得小车 A 的质量 $m_A = 0.40 \text{ kg}$,小车 B 的质量 $m_B = 0.20 \text{ kg}$,结合(1)中测量结果可得:碰前 $m_A v_A + m_B v_B = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$;碰后 $m_A v_A' + m_B v_B' = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$.(以上两空结果保留 3 位有效数字)比较发现,在误差允许范围内,碰撞前后两个小车质量与速度的乘积之和_____.

学习任务二 动量及动量的变化量

[问题导学]

你玩过“牛顿摆”吗?五个钢球排成一排,拉起一端的一个球,放手后,另一端的球会被弹起,中间的球却几乎不动.如果把两端的钢球换成两个质量不同的球,会发生什么?



[教材链接] 阅读教材,完成下列填空.

一、动量

- 定义:物理学中把_____和_____的乘积 mv 定义为物体的动量.
- 表达式:_____.
- 单位:_____,符号是_____.
- 矢量性:动量是矢量,动量的方向与_____的方向相同,运算遵守_____定则.

二、动量的变化量

- 定义:物体在某段时间内_____与_____的矢量差.
- 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).
- 表达式:_____.
- 矢量性:动量的变化量也是矢量,方向与_____的方向相同.

例 2 (多选)[2025·北京一六一中学高二月考]

质量为 0.5 kg 的金属小球,以 6 m/s 的速度水平抛出,抛出后经过 0.8 s 落地,不计阻力, g 取 10 m/s^2 .则以下说法正确的是 ()

- 小球刚落地时,动量的大小为 $4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
- 小球刚落地时,动量的大小为 $5 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
- 小球从抛出到刚落地的动量变化量的大小为 $4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
- 小球从抛出到刚落地的动量变化量的大小为 $2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$

【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。

学习任务三 动量与动能的比较

[科学思维]

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
性质	矢量	标量
特点	(1)动量是可以在相互作用的物体间传递、转移的动量 (2) v 的大小或方向变化都可使 p 发生变化	(1)动能可以转化为内能、光能、电能等其他形式的能量 (2)只有 v 的大小发生变化时才会使 E_k 发生变化
联系	都是状态量,分别从不同的侧面反映和表示机械运动, $E_k=\frac{p^2}{2m}$, $p=\sqrt{2mE_k}$	
典例	匀速圆周运动中动量时刻变化,动能不变	

例 3 [2024·北京中关村中学高二月考] 小球 A 的质量为 m ,速度为 v ,与同一水平直线上运动的小球 B 相撞,小球 A 以原速率 v 反向弹回,以小球碰前的速度方向为正方向,关于上述过程小球 A 的动能变化和动量变化,以下结果正确的是 ()

- A. 0,0
- B. 0,-2mv
- C. 0,2mv
- D. $mv^2,0$

例 4 [2023·北京大兴区高二期中] 质量为 2 kg 的物体,速度由向东的 5 m/s 变为向西的 5 m/s,关于它的动量和动能下列说法正确的是 ()

- A. 动量和动能都发生了变化
- B. 动量和动能都没有发生变化
- C. 动量发生了变化,动能没有发生变化
- D. 动能发生了变化,动量没有发生变化

// 随堂巩固 //

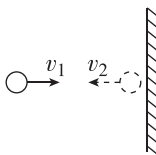
1. (对动量的理解)(多选)下列关于动量的说法正确的是 ()

- A. 质量大的物体,动量一定大
- B. 甲物体的动量 $p_1=5\text{ kg}\cdot\text{m/s}$,乙物体的动量 $p_2=-10\text{ kg}\cdot\text{m/s}$,所以 $p_1>p_2$
- C. 一个物体的速率改变,它的动量一定改变
- D. 一个物体的运动状态改变,它的动量一定改变

2. (动量及动量的变化量)[2024·北京顺义区一中高二月考] 一个质量为 0.1 kg 的小球以 3 m/s 的速度水平向右运动,碰到墙壁后以 3 m/s 的速度沿同一直线反弹,取水平向右为正

方向,则碰撞前后小球的动能和动量分别变化了 ()

- A. 0.9 J,0
- B. 0,0.6 kg·m/s
- C. 0,-0.6 kg·m/s
- D. -0.9 J,0



3. (动量与动能的比较)两辆汽车的质量分别为 m_1 和 m_2 ,沿水平方向同方向行驶且具有相等的动能,已知 $m_1>m_2$,则此时两辆汽车的动量 p_1 和 p_2 的大小关系是 ()

- A. $p_1=p_2$
- B. $p_1<p_2$
- C. $p_1>p_2$
- D. 无法比较

2 动量定理

第1课时 动量定理

学习任务一 冲量的理解与计算

[问题导学]

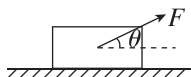
将一把直尺(或一支笔杆)放在桌边,尺身大部分悬空.把一个笔帽轻轻地扣在直尺悬空的一端.现在,你的手边有一张长长的纸条.你的挑战是:将纸条放在笔帽和直尺之间,然后在不碰倒笔帽和直尺的情况下,将纸条从它们之间抽出来.你应该缓慢而稳定地拉动纸条,还是应该极其迅速地抽出纸条?想想看为什么.

[教材链接] 阅读教材,完成下列填空.

1. 冲量:力与_____的乘积.
2. 定义式: $I = F\Delta t$.单位是_____,符号是_____.
3. 物理意义:冲量反映了_____对_____的累积效应.
4. 标矢性:冲量是_____,如果力的方向恒定,则冲量的方向与力的方向_____.
5. 作用效果:使物体的_____发生变化.

例1 (多选)[2026·北京人大附中高二月考]

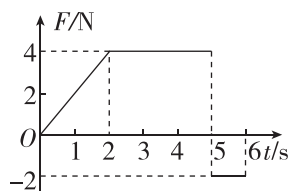
如图所示,一物体静止在水平地面上,受到与水平方向成 θ 角的恒定拉力 F 作用,经过时间 t 后,物体仍保持静止.下列说法正确的有 ()



- A. 物体所受拉力 F 的冲量大小为 $Ft\cos\theta$
- B. 物体所受摩擦力的冲量大小是 $Ft\cos\theta$
- C. 物体所受支持力的冲量大小为零
- D. 物体所受合力的冲量大小为零

[反思感悟]

例2 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]

[技法点拨]

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(见学习任务二)

学习任务二 动量定理的理解和应用

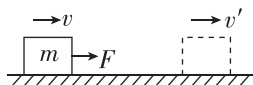
[问题导学]

对比两种跳落姿势:A. 从高处跳下,双腿僵直落地;B. 从同样高度跳下,屈膝缓冲落地.运用动量定理分析,为什么姿势 B(屈膝)更安全?它如何改变了你与地面相互作用的时间和力?



从高处跳下的人

[科学推理] 如图所示,一个质量为 m 的物体在光滑的水平面上受到向右的恒定外力 F 作用,经过时间 Δt 速度从 v 变为 v' ,应用牛顿第二定律和运动学公式推导物体的动量变化量 Δp 与恒力 F 及作用时间 Δt 的关系.



[教材链接] 阅读教材,完成下列填空.

1. 内容:物体在一个过程中所受力的 _____ 等于它在这个过程始末的 _____.

2. 表达式: $I = \underline{\hspace{2cm}}$ 也可以写作 $F(t' - t) = \underline{\hspace{2cm}}$.

3. 变形式: $F = \underline{\hspace{2cm}}$ (牛顿第二定律的动量形式),它表示物体动量的 _____ 等于物体所受的力.

[科学思维]

1. 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.

2. 动量定理的应用

(1) 应用动量定理定性解释生活中的现象.

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 $I = \Delta p$ 求变力的冲量.

3. 应用动量定理解题的一般步骤

(1) 选定研究对象,明确运动过程.

(2) 进行受力分析和运动的初、末状态分析.

(3) 选定正方向,根据动量定理列方程求解.

角度一 用动量定理定性解释生活中的现象

例 3 如图所示,体操运动员在落地时总要屈腿,这是为了 ()

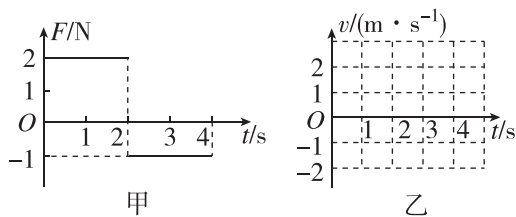


- A. 减小落地时的动量
- B. 减小落地过程的动量变化
- C. 减少作用时间增大作用力
- D. 增加作用时间减小作用力

角度二 用动量定理定量计算

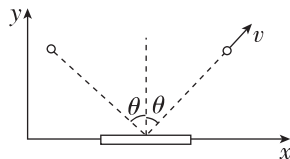
例 4 一个质量为 2 kg 的物体在合力 F 的作用下,从静止开始在光滑水平地面上做直线运动.以向右为正方向,合力 F 随时间 t 变化的图像如图甲所示.

- (1)在图乙中画出前 4 s 物体运动的 $v-t$ 图像;
- (2)求出 $t=3\text{ s}$ 时物体动量的大小;
- (3)求出前 4 s 内物体受到的冲量大小.



例 5 在运用动量定理处理二维问题时,可以在相互垂直的 x 、 y 两个方向上分别研究.例如,质量为 m 的小球斜射到木板上,入射的角度是 θ ,碰撞后弹出的角度也是 θ ,碰撞前后的速度大小都是 v ,如图所示,碰撞过程中忽略小球所受重力.

- (1)分别求出碰撞前后 x 、 y 方向上小球的动量变化量 Δp_x 、 Δp_y ;
- (2)分析说明小球对木板的作用力的方向.



【易错警示】

应用动量定理的四点注意事项

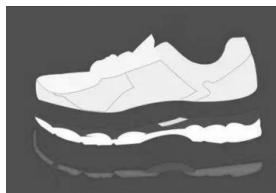
- (1)明确物体受到冲量作用的结果导致物体动量的变化.冲量和动量都是矢量,它们的加、减运算都遵循平行四边形定则.
- (2)列方程前首先要选取正方向,与规定的正方向一致的力或动量取正值,反之取负值,而不能只关注力或动量数值的大小.
- (3)分析速度时一定要选取同一个参考系,未加说明时一般是选地面为参考系,同一道题目中一般不要选取不同的参考系.
- (4)公式中的冲量应是合力的冲量,求动量的变化量时要严格按公式,且要注意是末动量减去初动量.

// 随堂巩固 //

1. (冲量与动量)某物体在一段运动过程中受到的冲量为 $-1\text{ N}\cdot\text{s}$,则 ()
- A. 物体的初动量方向一定与这个冲量方向相反

- B. 物体的末动量一定是负值
- C. 物体的动量一定减小
- D. 物体动量的变化量的方向一定与所规定的正方向相反

2. (动量定理解释现象)减震性跑步鞋通常有较柔软且弹性好的夹层鞋底帮助足部减震. 如图是某品牌跑鞋结构示意图, 关于减震的分析下列说法正确的是 ()



- A. 减震跑步鞋减小了脚掌受力时间
- B. 减震跑步鞋减小了人脚与地面作用前后动量的变化量
- C. 减震跑步鞋减小了人脚与地面作用过程的作用力
- D. 减震跑步鞋减震部分吸收的能量不能再释放出来

3. (动量定理的应用)(多选)人们对手机的依赖性越来越强, 有些人喜欢躺着看手机, 经常出现手机碰到头部的情况. 若手机质量为 120 g , 从离人约 20 cm 的高度无初速度掉落, 碰到头部后手机未反弹, 头部受到手机的冲击时间约为 0.2 s , 重力加速度 g 取 10 m/s^2 . 下列分析正确的是 ()



- A. 手机刚接触头部的速度大小约为 2 m/s
- B. 手机对头部的冲量大小约为 $0.48\text{ N} \cdot \text{s}$
- C. 手机对头部的作用力大小约为 1.2 N
- D. 手机与头部作用过程中手机动量变化约为 $0.48\text{ kg} \cdot \text{m/s}$

第2课时 动量定理的应用

学习任务一 动量定理与动能定理的区别和应用

[科学思维]

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 一质点做曲线运动, 在前一段时间内速度大小由 v 增大到 $2v$, 在随后的一段时间内速度大小由 $2v$ 增大到 $5v$. 前后两段时间内, 合外力对质

点做功分别为 W_1 和 W_2 , 合外力的冲量大小分别为 I_1 和 I_2 . 下列关系式一定成立的是 ()

- A. $W_2 = 3W_1, I_2 \leq 3I_1$
- B. $W_2 = 3W_1, I_2 \geq I_1$
- C. $W_2 = 7W_1, I_2 \leq 3I_1$
- D. $W_2 = 7W_1, I_2 \geq I_1$

[反思感悟]

.....
.....
.....

学习任务二 应用动量定理处理多过程问题 解答规范

[科学思维]

1. 多过程问题首先需要画出运动过程示意图, 若包含碰撞过程或缓冲过程往往需运用动量定理解题. 尤其碰撞过程, 虽然时间短暂, 但需提炼出来, 并且重点探究.

2. 单物体多过程问题注意过程间的联系为衔接速度, 常用规律有动量定理、动能定理, 可分段使用, 也可全程列式, 有时综合使用.
3. 多物体多过程问题, 主要运用整体法和隔离法解题, 并且需注意物体运动的等时性.

例 2 (9 分) 蹦床是运动员在一张绷紧的弹性网上蹦跳、翻滚并做各种空中动作的运动项目. 一个质量为 60 kg 的运动员, 从离水平网面为 3.2 m 高处自由下落, 着网后沿竖直方向蹦回离水平网面为 5.0 m 的高处. 已知运动员与网接触的时间为 1.2 s, 若把这段时间内网对运动员的作用力当作恒力处理, 求该力的大小和方向. (g 取 10 m/s^2)

【审题指导】

题干关键	获取信息
离水平网面 3.2 m 高处自由下落	可获取接触网时的速度
蹦回离水平网面 5.0 m 高处	可获取离开网时的速度
作用力当作恒力	可直接应用 $mv'-mv=F_{\text{合}}\cdot\Delta t$

规范答题区		自评项目 (共 9 分)	自评+ 得分
		书写工整无涂抹(是否加分项)	☐ (√或×)
		有必要的文字说明(1 分)	
		有解题关键公式(6 分)	
		结果为数字的带有单位(1 分)	
		求矢量的有方向说明(1 分)	

【易错警示】

(1) 动量定理是矢量式, 规定正方向后, 力、速度、冲量、动量均要遵循规定, 与规定的正方向相同, 则为正值, 与规定的正方向相反, 则为负值.

(2) 动量定理中, 等号左侧为合外力的冲量, 首先应对研究对象进行完整的受力分析, 不要丢掉某个力的冲量, 尤其不要丢掉重力的冲量.

学习任务三 应用动量定理处理流体问题

[问题导学]

消防员用高压水枪灭火时, 水柱从水枪口高速喷出, 能稳稳地击中远处的火点. 消防员需要用力把住水枪, 以防止水枪后退. 水枪为什么会有一个向后的趋势? 试用动量定理分析.



(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 3 [2025 · 北京东城区高二期末] 某市在冬季常见最大风力为 9 级(风速约为 20 m/s 到 24 m/s). 如图所示的该市某品牌抗风卷帘门面积为 S , 所能承受的最大压力为 F . 设空气密度为 ρ , 空气吹到卷帘门上速度立刻减为零, 则此卷帘门能承受的垂直方向最大风速 v 为 ()



- A. $\sqrt{\frac{F}{\rho S}}$
- B. $\sqrt{\frac{F}{2\rho S}}$
- C. $\frac{F}{2\rho S}$
- D. $\frac{F}{\rho S}$

[反思感悟] _____

例 4 用豆粒模拟气体分子, 可以模拟气体压强产生的机理. 如图所示, 从距秤盘 0.8 m 高度把 1000 粒的豆粒连续均匀地倒在秤盘上, 持续作用时间为 1 s, 豆粒与秤盘碰撞前后瞬间速度方向都与秤盘垂直, 且速率不变. 若每个豆粒只与秤盘碰撞一次, 且碰撞时间极短, 且在豆粒与秤盘碰撞时间内, 碰撞力远大于豆粒受到的重力. 已知 1000 粒的豆粒的总质量为 0.1 kg. 不计空气阻力, 重力加速度 g 取 10 m/s², 求碰撞过程中秤盘受到的压力大小.



// 随堂巩固 //

1. (动量定理与动能定理的区别和应用)(多选)如图所示,观察发现,短道速滑“接棒”的运动员甲提前站在“交棒”的运动员乙前面,并且开始向前滑行,待乙追上甲时,乙猛推甲一把,使甲获得更大的速度向前冲出.在乙推甲的过程中,忽略运动员与冰面间在水平方向上的相互作用,则 ()



- A. 甲对乙的冲量大小一定等于乙对甲的冲量大小
B. 甲、乙的动量变化一定大小相等方向相反
C. 甲的动能增加量一定等于乙的动能减少量
D. 甲对乙做多少负功,乙对甲就一定做多少正功

2. (应用动量定理处理流体问题)[2025·北京顺义区高二期末] 高压水枪喷出的水流垂直射在墙壁上,水对墙壁产生冲击力.将水枪出水口喷出的水流看作横截面积为 S 的水柱,喷出水流的速度为 v ,水柱垂直射向竖直墙壁后速度

变为 0.忽略水从枪口喷出后的发散和重力对水柱的影响,已知水的密度为 ρ ,下列说法正确的是 ()

- A. 水枪在 Δt 时间内从枪口喷出水的质量为 $\rho v \Delta t$
B. 水柱在 Δt 时间内对墙壁冲击力的冲量大小为 $\rho S v \Delta t$
C. 水柱对墙壁平均冲击力的大小为 $\rho S v$
D. 液体流量是指单位时间内流经某一管道或通道横截面的液体体积,由此水枪出水口的流量 $Q = S v$

3. (应用动量定理处理流体问题)[2024·北京八中高二月考] 为估算池中睡莲叶面承受雨滴冲击产生的平均压强,小明在雨天将一圆柱形水杯置于露台,测得 $t = 1$ h 内杯中水上升的高度 h 为 45 mm. 查询得知,当时雨滴竖直下落速度 v 约为 12 m/s. 设雨滴冲击睡莲后无反弹,雨滴与叶面碰撞时间极短,碰撞力远大于雨滴重力.雨水的密度为 $1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$. 据此估算 1 m^2 叶面受力约为 ()

- A. 0.15 N B. 0.54 N
C. 1.5 N D. 5.1 N

3 动量守恒定律

第 1 课时 动量守恒定律

学习任务一 动量守恒定律

[科学论证] 如图所示,在光滑水平桌面上有两个向同一方向做匀速直线运动的物体 A、B,质量分别为 m_1 、 m_2 ,速度分别为 v_1 、 v_2 ,且 $v_2 > v_1$. 当 B 追上 A 时发生碰撞,碰撞时间 Δt 极短,碰撞过程中 B 对 A 的作用力为 F_1 ,A 对 B 的作用力为 F_2 ,碰撞后 A、B 的速度分别是 v_1' 、 v_2' . 请用所学知识证明:碰撞前后两物体的动量之和不变.



[教材链接] 阅读教材,完成下列填空.

1. 系统、内力和外力

(1)系统:_____相互作用的物体构成的整体.

(2)内力:系统_____物体间的作用力.

(3)外力:系统_____的物体施加给系统_____物体的力.

2. 动量守恒定律

(1)内容:如果一个系统不受_____,或者所受_____的矢量和为0,这个系统的总动量保持不变.

(2)表达式:对两个物体组成的系统,常写成_____或者 $p_1 + p_2 = p_1' + p_2'$.

(3)动量守恒定律的应用情景

情景 1:系统不受外力.(理想条件)

情景 2:系统受到外力,但外力的合力为零.(实际条件)

情景 3:系统受到外力,且外力的合力不为零,但在某一方向上不受外力或所受外力合力为零时,则系统在这一方向上动量守恒.(单向条件)

情景 4:系统所受外力合力不为零,但系统内力远大于外力,外力相对来说可以忽略不计,因而系统动量近似守恒.(近似条件)

(4)普适性:动量守恒定律适用于目前为止物理学研究的_____领域.

例 1 (多选)下列关于系统动量守恒的说法正确的是 ()

- A. 只要系统所受的合外力为零,系统动量就守恒
- B. 系统内有摩擦力,系统动量可能守恒

- C. 系统所受合外力不为零,其动量一定不守恒,但有可能在某一方向上守恒
- D. 如果系统所受合外力远大于内力,可近似认为系统动量守恒

例 2 把一支枪水平固定在小车上,小车放在光滑的水平面上,枪发射出一颗子弹时,关于枪、子弹和车,下列说法正确的是 ()

- A. 枪和子弹组成的系统动量守恒
- B. 枪和车组成的系统动量守恒
- C. 三者组成的系统因为子弹和枪筒之间的摩擦力很小,使系统的动量变化很小,可忽略不计,故系统动量近似守恒
- D. 三者组成的系统动量守恒,因为系统只受重力和地面支持力这两个外力作用,且这两个外力的合力为零,故系统动量守恒

【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;若外力在某一方向上合力为零,则在该方向上系统动量守恒.系统动量严格守恒的情况很少,在分析具体问题时要注意把实际过程理想化.
- 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.

学习任务二 动量守恒定律的基本应用

[科学思维]

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

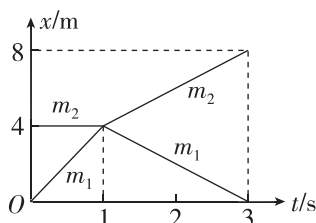
(续表)

性质	内容
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. 处理动量守恒问题的步骤

- (1) 分析题目涉及的物理过程,选择合适的系统、过程,这是正确解决此类题目的关键;
- (2) 判断所选定的系统、过程是否满足动量守恒的条件;
- (3) 确定物理过程及其系统内物体对应的初、末状态的动量;
- (4) 确定正方向,选取恰当的动量守恒的表达式求解.

例 3 [2025·北京东城区高二期末] 质量为 m_1 和 m_2 的两个物体在光滑水平面上正碰,其位置坐标 x 随时间 t 变化的图像如图所示. 下列说法正确的是 ()



- A. 碰撞前质量为 m_2 的物体的速率大于质量为 m_1 的物体的速率
- B. 碰撞后质量为 m_2 的物体的速率大于质量为 m_1 的物体的速率
- C. 碰撞后质量为 m_2 的物体的动量大于质量为 m_1 的物体的动量
- D. 碰撞后质量为 m_2 的物体的动能小于质量为 m_1 的物体的动能

[反思感悟]

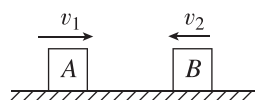
例 4 构建物理模型是一种研究物理问题的科学思维方法. 每一个模型的建立都有一定的条件和使用范围,要根据实际情况加以运用.

(1) 如图所示,两滑块 A、B 在光滑水平面上沿同一直线相向运动. 滑块 A 的质量为 M , 速度大小为 v_1 , 方向水平向右; 滑块 B 的质量为 m , 速度大小为 v_2 , 方向水平向左. 滑块 A、B 相碰后粘在一起向右运动. 已知滑块 A、B 碰撞过程中的相互作用时间为 t . 求:

- a. 碰后滑块 A、B 的共同速度大小 $v_{共}$;
- b. 碰撞过程中 A、B 之间的平均作用力大小 $\overline{F_1}$.

(2) 鸟撞飞机是威胁航空安全的重要因素之一. 假设飞机和鸟沿水平方向迎面相撞, 碰后粘在一起. 已知飞机的质量约为 $M' = 5 \times 10^4$ kg, 飞机的速度约为 $v_2' = 500$ m/s. 若鸟可视为圆柱体, 质量约为 $m' = 0.5$ kg, 身長约为 $l = 0.25$ m.

- a. 请建立合理的运动模型, 估算鸟与飞机的撞击时间 Δt ;
- b. 请估算撞击过程中鸟与飞机之间的平均作用力 $\overline{F_2}$ 的大小.



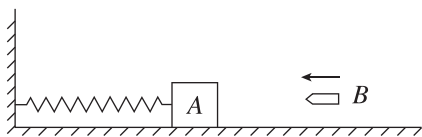
【要点总结】

系统动量守恒的几点说明

- (1) 系统的动量守恒, 并不是系统内各物体的动量都不变. 一般来说, 系统的动量守恒时, 系统内各物体的动量是变化的, 但系统内各物体的动量的矢量和是不变的.
- (2) 动量守恒定律是矢量方程, 规定正方向后, 方向与正方向一致的矢量取正值, 方向与正方向相反的矢量取负值.
- (3) 系统动量严格守恒的情况是很少的, 在分析守恒条件是否满足时, 要注意将实际过程理想化.

// 随堂巩固 //

1. (动量守恒的判断)[2025·北京三十五中高二月考] 如图所示,木块 A 置于光滑水平面上,水平轻质弹簧左端固定于竖直墙壁上,右端与木块 A 相连接,弹簧处于原长状态.子弹 B 沿水平方向射入木块后留在木块内,将弹簧压缩到最短.现将子弹、木块和弹簧一起作为研究对象(系统),在从子弹开始射入木块到弹簧压缩至最短的整个过程中,该系统 ()

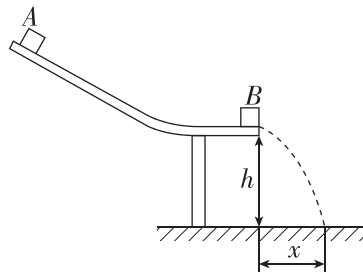


- A. 动量守恒,机械能守恒
- B. 动量不守恒,机械能不守恒
- C. 动量守恒,机械能不守恒
- D. 动量不守恒,机械能守恒

2. (动量守恒定律的基本应用)[2025·北京十五中高二月考] 如图所示,小物块 A、B 的质量均为 $m=0.10\text{ kg}$,B 静止在轨道水平段的末端. A 以水平速度 v_0 与 B 碰撞,碰后两物块粘在一

起水平抛出. 抛出点距水平地面的高度为 $h=0.45\text{ m}$,两物块落地点距轨道末端的水平距离为 $x=0.30\text{ m}$,重力加速度 g 取 10 m/s^2 ,不计阻力. 求:

- (1) 两物块在空中运动的时间 t ;
- (2) 两物块碰前 A 的速度大小 v_0 ;
- (3) 两物块碰撞过程中损失的机械能 ΔE .



第2课时 动量守恒定律的应用

学习任务一 某一方向动量守恒定律的应用

[问题导学]

在“看谁滑得远”的比赛中,参赛者站在静止于水平地面的滑板车上,向前扔出同一袋沙包,滑板车向后滑行一段距离后停下来,将滑板车和参赛者看成一个整体,请简要回答:

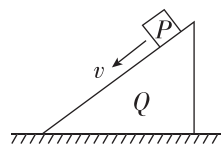
参赛者如何扔沙包可使滑板车向后滑行的距离更大.

[科学思维]

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) 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向下滑, 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



【易错警示】

系统某一方向动量守恒,不等同于系统动量守恒.与物体某方向受力平衡,不能判定物体受力平衡的道理类似.竖

直方向系统动量是否守恒,可直接研究竖直方向的分速度的变化,也可间接研究竖直方向所受的合外力是否为零.

学习任务二 多物体、多过程中动量守恒定律的应用

[科学思维]

多物体系统是指由两个以上的物体构成的系统,如果系统满足动量守恒条件,在对问题进行分析时,既要注意系统总动量守恒,又要注意系统内部分物体的动量守恒.解决问题时应注意:

(1)灵活选取研究对象:有时需应用整体系统动量守恒,有时只需应用部分物体系统动量守恒.

研究对象的选取,一是取决于系统是否满足动量守恒的条件,二是根据所研究问题的需要.

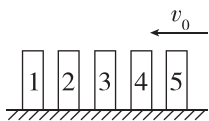
(2)灵活进行运动过程的选取和分析:通常对全过程进行分段分析,并找出联系各阶段的状态量.列式时有时需分过程多次应用动量守恒定律,有时只需针对初、末状态建立动量守恒的关系式.

例 2 甲、乙两人站在光滑的水平冰面上,他们的质量都是 M ,甲手持一个质量为 m 的球.现甲把球以对地为 v 的速度传给乙,乙接球后又以对地为 $2v$ 的速度把球传回甲(忽略空气阻力),甲接到球后,甲、乙两人的速度大小之比为 ()

- A. $\frac{2M}{M-m}$ B. $\frac{M+m}{M}$
C. $\frac{2(M+m)}{3M}$ D. $\frac{M}{M+m}$

例 3 [2024·北京二中高二期中] 质量相等的五个物块在一光滑水平面上排成一条直线,且彼此隔开一定的距离,具有初速度 v_0 的第 5 号物块向左运动,依次与其余四个静止物块发生碰撞,如图所示,最后这五个物块粘成一个整体,则它们最后的速度为 ()

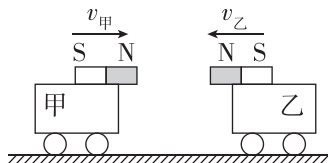
- A. v_0 B. $\frac{v_0}{5}$
C. $\frac{v_0}{3}$ D. $\frac{v_0}{4}$



例 4 如图,两条磁性很强且完全相同的磁铁分别固定在质量相等的两个小车上,水平面光滑,开始时甲车沿水平方向向右运动、速度大小为 3 m/s ,乙车速度大小为 2 m/s ,两车在同一条直线上相向运动.

(1)当乙车速度为零时,甲车的速度是多大? 方向如何?

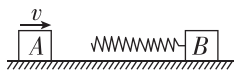
(2)由于磁性极强,两车不会相碰,那么两车的距离最小时,乙车的速度是多大? 方向如何?



【技法点拨】

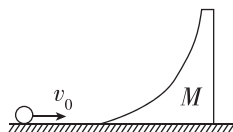
常见的临界问题

- 光滑水平面上的 A 物体以速度 v 去撞击静止的 B 物体, A 、 B 两物体相距最近时, 两物体速度必定相等, 此时弹簧最短, 其压缩量最大。



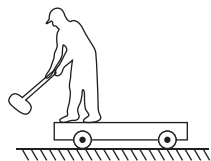
- 物体 A 以速度 v_0 滑到静止在光滑水平面上的足够长的小车 B 上, 当 A 、 B 两物体的速度相等时, A 在 B 上滑行的距离最远。

- 质量为 M 的滑块静止在光滑水平面上, 滑块的光滑弧面底部与水平面相切, 一个质量为 m 的小球以速度 v_0 向滑块滚来。设小球不能越过滑块, 则小球到达滑块上的最高点(即小球竖直方向上的速度为零)时, 两物体的速度肯定相等(方向为水平向右)。



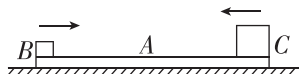
// 随堂巩固 //

- (某一方向上动量守恒) 如图所示, 在光滑的水平面上有一辆平板车。开始时人、锤和车都处于静止状态。人站在车左端, 且始终与车保持相对静止, 人抡起锤敲打车的左端, 每当锤打到车左端时都立即与车具有共同速度。在连续的敲打的过程中, 下列说法正确的是 ()



- 小车将持续地向右运动
- 锤、人和车组成的系统机械能守恒
- 每次大锤被向左抡到最高点的时刻, 人和车的速度都向右
- 每当锤打到车左端的时刻, 人和车立即停止运动

- (多物体动量守恒的判断) 如图所示, 光滑水平面上放置一足够长木板 A , 其上表面粗糙, 两个质量和材料均不同的物块 B 、 C , 以不同的水平速度分别从两端滑上长木板 A 。当 B 、 C 在木板 A 上滑动的过程中, 由 A 、 B 、 C 组成的系统 ()

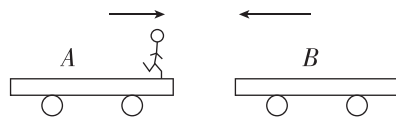


- 动量守恒, 机械能守恒
- 动量守恒, 机械能不守恒
- 动量不守恒, 机械能守恒
- 动量不守恒, 机械能不守恒

- (动量守恒定律的应用) 如图所示, 光滑水平面上的 A 、 B 两小车质量都是 M , A 车上站立一质量为 m 的人, 两车在同一直线上相向运动。为避免两车相撞, 人从 A 车跳到 B 车上, 最终 A 车停止运动, B 车获得反向速度 v_0 。

(1) 求两小车和人组成的系统的初动量大小和方向;

(2) 若要求人跳跃速度尽量小, 为避免两车相撞, 则人跳上 B 车后, A 车的速度为多大?



4 实验:验证动量守恒定律

【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_____.

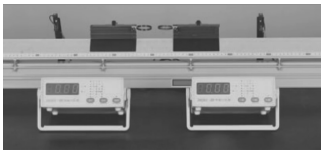
3. 验证动量守恒定律

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】

如图甲所示. 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.



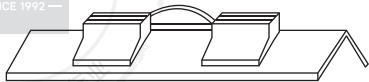
甲

【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】

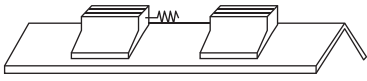
- 1. 用天平测量两个滑块的质量 m_1 、 m_2 .
- 2. 调整导轨使之处于水平状态,并使光电计时器系统正常工作.
- 3. 如图乙所示,用细线将弹簧片弯成弓形,放在两个滑块之间,并使它们静止,然后烧断细线,两滑块随即向相反的方向运动.



乙

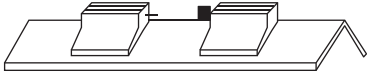
- 4. 记录滑块上遮光条的宽度 Δx 以及光电计时器显示的遮光时间 Δt ,利用公式_____计算出两滑块相互作用前后的速度.

- 5. 如图丙所示,在一个滑块上装上弹簧,使两个滑块相互碰撞,重复步骤 4.



丙

- 6. 如图丁所示,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.



丁

【数据处理】

将实验中测得的物理量填入表格.

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

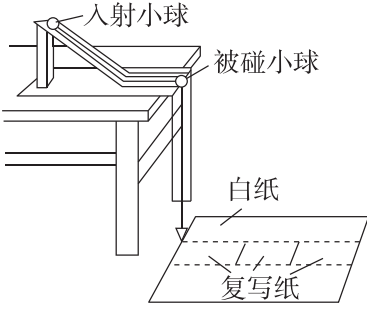
	碰撞前		碰撞后		结论
速度	v_1	v_2	v_1'	v_2'	
mv	$m_1v_1+m_2v_2$		$m_1v_1'+m_2v_2'$		

代入实验数据,看在误差允许的范围内动量是否守恒.

方案二 研究斜槽末端小球碰撞时的动量守恒

【实验原理】

如图甲所示. 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.



甲