

全品



教辅图书



功能学具



学生之家

基础教育行业专研品牌

30⁺年创始人专注教育行业

全品学练考

AI智慧升级版

主编 肖德好

导学案

高中物理

选择性必修第一册 LK

本书为智慧教辅升级版

“讲课智能体”支持学生聊着学，扫码后哪里不会选哪里；随时随地想聊就聊，想问就问。



天津出版传媒集团
天津人民出版社

CONTENTS

目录 | 导学案

01 第1章 动量及其守恒定律

PART ONE

第1节 动量和动量定理	099
专题课：动量定理的应用	103
第2节 动量守恒定律及其应用	105
第1课时 动量守恒定律	105
第2课时 反冲运动与火箭	108
专题课：动量守恒定律的应用	112
第3节 科学验证：动量守恒定律	114
第4节 弹性碰撞与非弹性碰撞	117
专题课：动量与能量综合解决常见模型	120

02 第2章 机械振动

PART TWO

第1节 简谐运动	125
第2节 振动的描述	128
第3节 单摆	132
专题课：单摆的应用	134
第4节 科学测量：用单摆测量重力加速度	136
第5节 生活中的振动	139

第 1 节 波的形成和描述	142
第 1 课时 波的形成	142
第 2 课时 波的描述	144
专题课：波的图像和振动图像综合应用	147
第 2 节 波的反射和折射	150
第 3 节 波的干涉和衍射	152
第 4 节 多普勒效应及其应用	155

第 1 节 光的折射	157
第 2 节 科学测量：玻璃的折射率	160
第 3 节 光的全反射	163
第 4 节 光导纤维及其应用	163
专题课：几何光学问题的综合分析	167

第 1 节 光的干涉	169
第 2 节 科学测量：用双缝干涉测光的波长	173
第 3 节 光的衍射	175
第 4 节 光的偏振	178
第 5 节 激光与全息照相	178

◆ 参考答案	181
--------------	-----



第1章 动量及其守恒定律

第1节 动量和动量定理

学习任务一 动量

[教材链接] 阅读教材,填写动量相关知识

- (1)动量:物体的_____与_____的乘积.
(2)动量的表达式: $p = \rule{1cm}{0.4pt}$.
(3)动量的单位:国际单位制中的单位是_____,符号是_____.
(4)动量的方向:动量是_____,它的方向与物体_____的方向相同.
(5)动量变化量: $\Delta p = p_2 - p_1$, Δp 是矢量,方向与 Δv 一致.

(6)动量变化率:动量的变化量与对应的时间的比值,反映动量变化的快慢.

例1 [2025·江西景德镇期中] 汽车碰撞试验是综合评价汽车安全性能最有效的方法,也是各国政府检验汽车安全性能的强制手段之一.在某次正面碰撞试验中,让质量 $m = 1 \times 10^3 \text{ kg}$ 的汽车以速度 $v_0 = 13 \text{ m/s}$ 驶向固定的碰撞试验台,撞击后汽车的速度变为 $v_1 = 2 \text{ m/s}$,方向与原方向相反.求:

- (1)碰撞前汽车动量的大小;
(2)碰撞前后汽车动量的变化量.

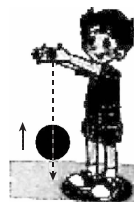


例2 甲、乙两个物体,它们的质量之比 $m_{\text{甲}} : m_{\text{乙}} = 2 : 1$,当它们的速度相同时,它们的动量之比 $p_{\text{甲}} : p_{\text{乙}} = \rule{1cm}{0.4pt}$;当它们的动能相同时,它们动量之比 $p_{\text{甲}}' : p_{\text{乙}}' = \rule{1cm}{0.4pt}$.

[反思感悟] _____

例3 如图所示,小孩把质量为 0.5 kg 的篮球由静止释放,释放后篮球的重心下降的高度为 0.8 m ,反弹后篮球的重心上升的最大高度为 0.2 m .不计空气阻力,重力加速度 g 取 10 m/s^2 ,取竖直向下为正方向,则地面与篮球相互作用的过程中篮球动量变化为 ()

- A. $1 \text{ N} \cdot \text{s}$
B. $-1 \text{ N} \cdot \text{s}$
C. $3 \text{ N} \cdot \text{s}$
D. $-3 \text{ N} \cdot \text{s}$



[反思感悟] _____

【要点总结】

1. 对动量的认识

动量性质	内容
瞬时性	动量是指物体在某一时刻或某一位置的动量
矢量性	动量的方向与物体的瞬时速度的方向相同
相对性	物体的动量与速度一样,也与参考系的选取有关

2. (1)动量的变化量是矢量,其表达式为矢量式,运算遵循平行四边形定则;

(2)当初、末动量的方向在同一条直线上时,可规定正方向,将矢量运算转化为代数运算.

学习任务二 冲量

[教材链接] 阅读教材,填写冲量相关知识

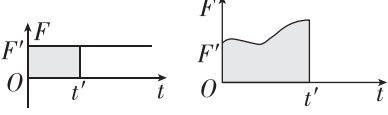
- (1)定义:_____和_____的乘积,即 $I = Ft$. 单位:_____.
- (2)意义:冲量反映了_____对_____的积累效应.
- (3)方向:冲量也是矢量,冲量的方向由_____的方向决定.
- (4)作用效果:使物体的_____发生变化.

[物理观念]

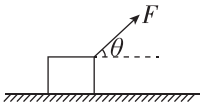
(1)对冲量的理解

过程量	冲量描述的是力的作用对时间的积累效应,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
矢量性	冲量的方向与力的方向相同,合力的冲量方向与相应时间内物体动量变化量的方向相同(见学习任务三)

(2)冲量的计算

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(见学习任务三)

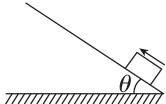
例 4 (多选)如图所示,一个物体在与水平方向成 θ 角的拉力 F 的作用下匀速前进,经过一段时间 t . 关于几个力的冲量,下列说法中正确的是 ()



- A. 重力的冲量为 mgt
- B. 拉力对物体的冲量为 $Ft \cos \theta$

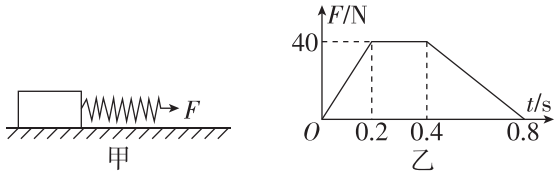
- C. 摩擦力对物体冲量为 $Ft \cos \theta$
- D. 合外力对物体的冲量为 Ft

例 5 [2024 · 龙岩北附高级中学高二月考] 如图所示,一个质量为 m 的物块以某一速度冲上倾角为 θ 的斜面,经过时间 t 速度变为零. 物块与斜面间动摩擦因数为 μ ,重力加速度为 g . 设初速度方向为正方向,在时间 t 内,求:



- (1)物块受到的重力的冲量;
- (2)物块受到的支持力的冲量;
- (3)物块受到的摩擦力的冲量;
- (4)物块受到的合外力的冲量.

例 6 如图甲所示,放在水平地面上的木块与一轻弹簧相连,现用手水平拉弹簧,拉力 F 与时间 t 的函数关系如图乙所示,则 0.8 s 内拉力的冲量为多大?

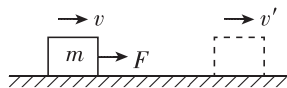


【要点总结】

- 冲量的计算需要注意以下两点
- (1)求各力的冲量或者合力的冲量,首先判断是否是恒力,若是恒力,可直接用力与作用时间的乘积求解;若是变力,要根据力的特点求解,或者利用动量定理求解.
- (2)求冲量小时,一定要注意哪个力在哪一段时间内的冲量,只要力不为零,一段时间内的冲量就不为零.

学习任务三 动量定理 解答规范

[科学推理] 如图所示,一个质量为 m 的物体在碰撞时受到另一个物体对它的恒力 F ,在 F 作用下,经过时间 t ,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改变量 Δp 与恒力 F 及作用时间 t 的关系.



[教材链接] 阅读教材,填写动量定理相关知识

(1)内容:物体在一过程中所受合外力的 _____ 等于该物体在此过程中 _____ 的变化量.

(2)表达式: _____.

(3)矢量性:动量变化量的方向与合外力的 _____ 的方向相同. 注意:还可以在某一方向上应用动量定理.

例 7 (12 分)[2024·建瓯芝华中学高二月考] 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 3.2 m 高处自由下落,着网后沿竖直方向蹦回离水平网面 5.0 m 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 12 分)	自评 + 得分
		书写工整无涂沫 (是否加分项)	☐ (√ 或 ×)
		有必要的文字说明 (1 分)	
		有解题关键公式 (9 分)	
		结果为数字的带 有单位(1 分)	
		求矢量的有方向 说明(1 分)	

【要点总结】

动量定理应用的基本程序:确定研究对象→受力分析→

选取正方向→表示出初末动量和合力的冲量→根据动量定理列方程→代入数据解方程.

学习任务四 碰撞与缓冲的实例分析

[科学本质] 在日常生活中,有不少这样的事例:
跳远时要跳到沙坑里;
跳高时在下落处要放海绵垫子;
从高处往下跳,落地后双腿往往要弯曲;
轮船边缘及轮渡的码头上都装有橡胶轮胎……
这样做的目的是什么?

- 例 8** [2024·福清西山学校高二月考] 对下列各种物理现象的解释正确的是 ()
- A. 易碎品运输时,要用柔软材料包装,是为了延长作用时间以减小作用力
 - B. 击钉时,不用橡皮锤仅仅是因为橡皮锤太轻
 - C. 用手接篮球时,手往往向后缩一下,是为了减小冲量
 - D. 在车内推车推不动,是因为车所受推力的冲量为零

[反思感悟] _____

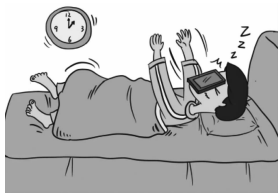
【要点总结】

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 $I = Ft$ 知, t 越长, F 就越小; t 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

// 随堂巩固 //

- 1. (动量)关于物体的动量,下列说法中正确的是 ()
 - A. 运动物体在任一时刻的动量方向一定是该时刻的速度方向
 - B. 物体的动能不变时,其动量一定不变
 - C. 物体的动量越大,其惯性一定越大
 - D. 物体的动能发生变化时,其动量不一定发生变化
- 2. (冲量)竖直上抛一小球,后又落回原地. 小球运动时所受空气阻力大小不变,则 ()
 - A. 从抛出到落回原地的时间内,重力的冲量为零
 - B. 上升阶段空气阻力的冲量小于下落阶段空气阻力的冲量
 - C. 从抛出到落回原地的时间内,空气阻力的冲量为零
 - D. 上升阶段小球动量变化小于下落阶段小球动量变化
- 3. (动量定理) (多选) [2024·泉州二中高二月考] 近年来,随着智能手机的普及,手机已经成为人们日常生活中必不可少的通讯工具,人们对手机的依赖性也越强,有些人甚至喜欢躺着看手机,经常出现手机滑落砸到眼睛的情况. 如图所示,若一部质量 $m = 200\text{ g}$ 的手机,从离人眼约 $h = 20\text{ cm}$ 的高度无初速度掉落,砸到眼睛后手机未反弹,眼睛受到手机冲击

的时间约为 $t = 0.01\text{ s}$,重力加速度 g 取 10 m/s^2 ,下列分析正确的是 ()



- A. 手机对眼睛的冲量方向竖直向上
- B. 手机对眼睛的作用力大小约为 42 N
- C. 全过程手机重力的冲量大小约为 $0.6\text{ N} \cdot \text{s}$
- D. 全过程手机动量的变化量大小为 0
- 4. (碰撞与缓冲的实例分析) 研究发现,啄木鸟的头部很特殊:大脑和头骨之间存在着小小的硬脑膜,头颅坚硬,骨质松而充满气体,似海绵状;从而使啄木鸟啄树时不会发生脑震荡. 下面的解释合理的是 ()
 - A. 啄木鸟头部特殊结构使得树对啄木鸟的力小于啄木鸟对树的力
 - B. 啄木鸟头部特殊结构使得啄木鸟的神经感觉不到头和树的力
 - C. 啄木鸟头部特殊结构使得啄木鸟的头与树的作用时间变长使力变小了
 - D. 啄木鸟头部特殊结构使得树木变得柔软易啄

专题课：动量定理的应用

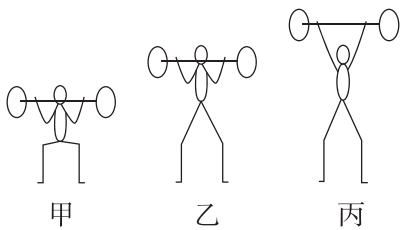
学习任务一 动量定理与动能定理的综合应用

[科学思维]

动量定理与动能定理的对比

		动量定理	动能定理
描述的 因果关系	因	合力的冲量	合力做的功
	果	物体动量的变化	物体动能的变化
适用情况		涉及时间	涉及位移或路程

例 1 (多选)[2025·重庆八中高二月考] 一质量为 m 的运动员托着质量为 M 的重物从下蹲状态(图甲)缓慢运动到站立状态(图乙),该过程重物和人的肩部相对位置不变,运动员保持乙状态站立 Δt 时间后再将重物缓慢向上举,至双臂伸直(图丙).甲到乙、乙到丙过程重物上升高度分别为 h_1 、 h_2 ,经历的时间分别为 t_1 、 t_2 ,重力加速度大小为 g ,则 ()



- A. 地面对运动员的冲量为 $(M+m)g(t_1+t_2+\Delta t)$,地面对运动员做的功为 0
- B. 地面对运动员的冲量为 $(M+m)g(t_1+t_2)$,地面对运动员做的功为 $(M+m)g(h_1+h_2)$
- C. 运动员对重物的冲量为 $Mg(t_1+t_2+\Delta t)$,运动员对重物做的功为 $Mg(h_1+h_2)$
- D. 运动员对重物的冲量为 $Mg(t_1+t_2)$,运动员对重物做的功为 0

学习任务二 动量定理与图像法的综合应用

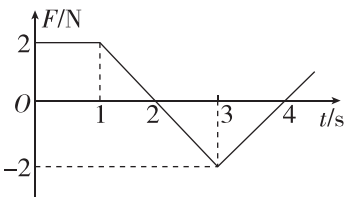
[科学思维]

$F-t$ 图像与 $F-s$ 图像对比

	$F-t$ 图像	$F-s$ 图像
图像示例		
图像描述的意义	力随时间变化	力随位移变化
图像所围面积的意义	力的冲量	力做的功
积累效应	力的时间积累	力的空间积累

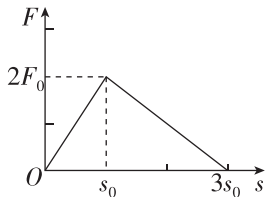
例 2 [2024·四川泸县一中月考] 质点所受的合力 F 方向始终在同一直线上,大小随时间变化的情况如图所示,已知 $t=0$ 时刻质点的速度为零.在图示的 $t=1\text{ s}$ 、 2 s 、 3 s 、 4 s 各时刻中,质点动能最小的时刻是 ()

- A. 1 s
- B. 2 s
- C. 3 s
- D. 4 s



[反思感悟]

例 3 [2025·陕西榆次一中高二开学考] 一质量为 m 的物体静止在光滑水平面上,某时刻起受到水平向右的大小随位移变化的力 F 的作用, F 随位移变化的规律如图所示.下列说法正确的是 ()



- A. 物体先做匀加速运动,后做匀减速运动
- B. 物体在 $0\sim 3s_0$ 运动过程中,合外力的最大冲量为 $\sqrt{6mF_0s_0}$
- C. 物体在 $0\sim 3s_0$ 运动过程中,合外力的最大冲量为 $2\sqrt{mF_0s_0}$
- D. 物体在 $0\sim 3s_0$ 运动过程中,重力的冲量为零

[反思感悟]

学习任务三 动量定理与微元法的综合应用

1. 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 $\Delta m = \rho S v \Delta t$
	3	建立方程，应用动量定理研究这段柱状流体

例 4 [2024·河北唐山高二期末] 近些年高压水枪水射流清洗技术迅速发展，可以用于清洗汽车上许多种类的污垢层。设高压水枪洗车时，垂直射向车身的圆柱形水流的横截面直径为 d ，水从出水口水平出射，水打到车身后不反弹顺车身流下。已知车身受到水的平均冲力大小为 F ，水的密度为 ρ ，则水的流量 Q (单位时间流出水的体积) 为 ()

- A. $\frac{1}{2}\sqrt{\frac{\rho d}{\pi F}}$
B. $\frac{d}{2}\sqrt{\frac{\pi F}{\rho}}$
C. $2\sqrt{\frac{\rho d}{\pi F}}$
D. $2d\sqrt{\frac{\pi F}{\rho}}$



[反思感悟] _____

2. 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 5 (多选) [2024·湖南师大附中月考] 宇宙尘埃有很大的科研价值，某人造地球卫星携带的收集装置，卫星飞行进入一个尘埃区，尘埃区每单位体积空间有 n 颗尘埃，尘埃的平均质量为 m_0 ，卫星正面面积为 S ，前进速度保持为 v_0 ，为了保持卫星原有的飞行速度，以下说法正确的是 ()

- A. 卫星推进器需要提供的推力随卫星质量增大而增加
B. 随卫星质量的增大，卫星推进器需要提供的推力不变
C. 卫星推进器提供的推进功率为 $n S m_0 v_0^3$
D. 卫星推进器提供的推进功率为 $n S m_0 v_0^2$

[反思感悟] _____

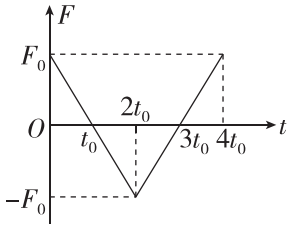
// 随堂巩固 //

1. (动量定理与动能定理的综合应用) (多选) [2025·山西翼城中学高二月考] 如图所示，一个质量为 0.18 kg 的垒球以 25 m/s 的水平速度飞向球棒，被球棒打击后反向水平飞回，速度大小变为 45 m/s ，设球棒与垒球的作用时间为 0.01 s 。下列说法正确的是 ()

- A. 球棒对垒球的平均作用力大小为 1260 N
B. 球棒对垒球的平均作用力大小为 360 N
C. 球棒对垒球做的功为 126 J
D. 球棒对垒球做的功为 36 J



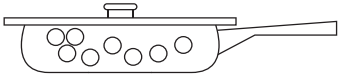
2. (动量定理与图像法的综合应用) 在光滑水平面上，一静止的物体受到一水平力 F 的作用， F 随时间 t 的变化规律如图所示，则下列说法正确的是 ()



- A. 在 $0 \sim 4t_0$ 时间内，力 F 做的功为 0
B. 在 $2t_0$ 时刻，物体的速度最大
C. 在 $3t_0$ 时刻，物体的加速度最大
D. 在 $0 \sim 2t_0$ 时间内，力 F 的冲量为 $F_0 t_0$

3. (动量定理与微元法的综合应用) [2024·宁夏石嘴山三中高二月考] 平底煎锅正在炸豆子. 假设每个豆子的质量均为 m , 弹起的豆子均垂直撞击平板锅盖, 撞击速度均为 v . 每次撞击后速度大小均变为 $\frac{2}{3}v$, 撞击的时间极短, 发现质量为 $M(M \gg m)$ 的锅盖刚好被顶起. 重力加速度为 g , 则单位时间撞击锅盖的豆子个数

为 ()



- A. $\frac{3Mg}{5mv}$
- B. $\frac{2Mg}{5mv}$
- C. $\frac{2Mg}{3mv}$
- D. $\frac{3Mg}{2mv}$

第2节 动量守恒定律及其应用

第1课时 动量守恒定律

学习任务一 对动量守恒条件的理解

[教材链接] 阅读教材, 填写动量守恒定律相关知识

(1) 动量守恒定律

① 内容: 一个系统不受_____或者所受_____为 0 时, 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 适用条件: 系统不受_____或者所受_____为 0.

(2) 系统、内力和外力

① 系统: 两个(或多个)相互作用的物体构成的一个整体.

② 内力: 系统_____物体间的相互作用力. 内力_____系统的总动量.

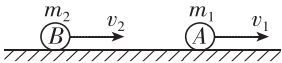
③ 外力: 系统_____的物体对系统内部物体的作用力.

(3) 动量守恒的条件

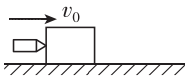
三种情况	条件
理想守恒	系统不受外力或者所受合外力为零, 该系统的总动量守恒
近似守恒	系统所受合外力不为零, 但系统所受合外力远小于系统内力时, 该系统的总动量可认为近似守恒
某一方向上守恒	系统在某一方向上所受的合外力为零时, 在该方向上系统的总动量仍然守恒

[科学论证] 如图所示, 在光滑水平桌面上, 质量分别为 m_1 、 m_2 的两球 A、B 沿着同一直线分别以 v_1 和 v_2 的速度同向运动, $v_2 > v_1$. 当 B 球追上 A 球

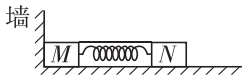
时发生碰撞, 碰撞后 A、B 两球的速度分别为 v_1' 和 v_2' . 试用动量定理和牛顿第三定律推导两球碰前后总动量守恒.



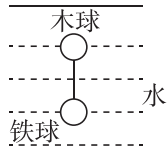
例 1 [2025·河北武安一中高二月考] 如图所示的四幅图所反映的物理过程中, 系统动量守恒的是 ()



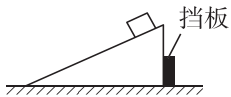
甲 在光滑水平面上, 子弹射入木块的过程中



乙 剪断细线, 弹簧恢复原长的过程中



丙 两球匀速下降, 细线断裂后, 它们在水中运动的过程中



丁 木块沿光滑固定斜面由静止滑下的过程中

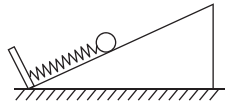
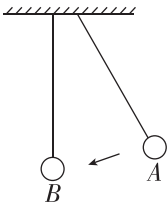
- A. 只有甲、乙
- B. 只有丙、丁
- C. 只有甲、丙
- D. 只有乙、丁

[反思感悟] _____

例 2 如图所示,用两根长度相同的线绳,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 球停止运动而静止, B 球开始运动,最终摆到和 A 球被拉起时同样的高度.则下列说法正确的是 ()

- A. 从放开 A 球到 B 球摆到最高点的过程中, A、B 组成的系统机械能守恒
- B. 从放开 A 球到 B 球摆到最高点的过程中, A、B 组成的系统动量守恒
- C. A 球与 B 球碰撞的过程中, A 球的动量守恒
- D. A 球与 B 球碰撞的过程中, A、B 两球的动能之和保持不变

例 3 (多选) 如图所示,光滑的水平面上足够长的光滑斜面的底端挡板上安装有轻质弹簧,弹簧另一端连接有一小球,保持斜面不动、向下缓慢压缩弹簧后由静止释放小球与斜面,在之后的运动过程中,下列说法正确的是 ()



- A. 小球、弹簧与斜面组成的系统动量守恒
- B. 小球、弹簧与斜面组成的系统水平方向动量守恒
- C. 小球、弹簧与斜面组成的系统机械能守恒
- D. 小球的机械能守恒

[反思感悟]

【要点总结】

关于动量守恒定律理解的两个误区:

(1)误认为只要系统初、末状态的动量相同,系统动量就守恒.产生误区的原因是没有正确理解动量守恒定律.系统在变化的过程中每一个时刻动量均不变,才符合动量守恒定律.

(2)误认为动量守恒定律中各物体的动量可以相对于任何参考系.出现该误区的原因是没有正确理解动量守恒定律.应用动量守恒定律时,各物体的动量必须是相对于同一惯性参考系,一般情况下,选地面为参考系.

学习任务二 动量守恒定律的应用

[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
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

(续表)

性质	内容
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
选择系统和过程→判断是否满足动量守恒→确定初、末状态的动量→选择正方向→列动量守恒表达式求解

例 4 花样滑冰是技巧与艺术性相结合的一个冰上运动项目,在音乐伴奏下,运动员在冰面上表演各种技巧和舞蹈动作,极具观赏性.甲、乙两运动员以速度大小为 1 m/s 沿同一直线相向运动.相遇时彼此用力推对方,此后甲以 1 m/s、乙以 2 m/s 的速度向各自原方向的反方向运动,推开时间极短,忽略冰面的摩擦,则甲、乙运动员的质量之比是 ()

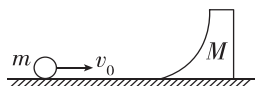
A. 1 : 3 B. 3 : 1 C. 2 : 3 D. 3 : 2

[反思感悟]

学习任务三 某一方向上动量守恒定律的应用

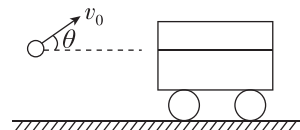
[科学思维] 若系统受到的合外力不为零,则系统的动量不守恒.但若在某一方向上受到的合力为零,则系统在此方向上动量守恒时,仍可以在该方向上列动量守恒方程进行求解.

例 5 [2024·江苏树人中学高二月考] 如图所示,质量为 M 的滑块静止在光滑的水平面上,滑块的光滑弧面底部与桌面相切,一个质量为 m 的小球以速度 v_0 向滑块滚来,小球最后未越过滑块,则小球到达最高点时,小球和滑块的速度大小是 ()



- A. $\frac{mv_0}{M+m}$ B. $\frac{mv_0}{M}$
C. $\frac{Mv_0}{M+m}$ D. $\frac{Mv_0}{m}$

例 6 [2024·江西南昌一中高二月考] 如图所示,一个小孩将质量为 m_1 的石头以大小为 v_0 、仰角为 θ 的初速度抛入一个装有砂子的总质量为 M 的静止砂车中,砂车与水平地面间的摩擦可以忽略.球和砂车获得共同速度后,砂车底部出现一小孔,砂子从小孔中漏出,则 ()

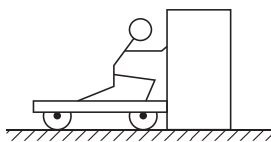


- A. 石头和砂车的共同速度 $v = \frac{m_1 v_0 \cos \theta}{M + m_1}$
B. 石头和砂车获得共同速度后漏砂过程中系统动量守恒
C. 砂子漏出后做直线运动,水平方向的速度变小
D. 当漏出质量为 m_2 的砂子时,砂车的速度 $v' = \frac{M v_0 \cos \theta}{M + m_1}$

[反思感悟]

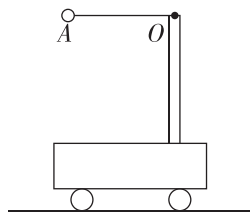
// 随堂巩固 //

1. (对动量守恒条件的理解) [2024·浙江诸暨中学高二期中] 如图所示,小车与木箱紧挨着静止在光滑的水平冰面上,现有一男孩站在小车上用力向右迅速推出木箱.关于上述过程,下列说法中正确的是 ()



- A. 男孩和木箱组成的系统动量守恒
B. 小车与木箱组成的系统动量守恒
C. 男孩、小车与木箱三者组成的系统动量守恒
D. 木箱的动量增量与男孩、小车的总动量增量相同

2. (对动量守恒条件的理解) [2024·甘肃会宁四中高二月考] 一辆小车静止在光滑的水平面上,小车立柱上用一条长为 L 的轻绳拴一个小球,小球与悬点在同一水平面上,轻绳拉直后小球从 A 点由静止释放,如图,不计一切阻力,下面说法中正确的是 ()



- A. 小球的机械能守恒,动量守恒
B. 小车的机械能守恒,动量也守恒
C. 小球和小车组成系统机械能守恒,水平方向上动量守恒
D. 小球和小车组成系统机械能不守恒,总动量不守恒

3. (动量守恒定律的应用) 鱼雷快艇在南海海域附近执行任务.假设鱼雷快艇的总质量为 M ,以速度 v 前进,现沿快艇前进方向发射一颗质量为 m 的鱼雷后,快艇速度减为原来的 $\frac{3}{5}$,不计水的阻力,则鱼雷的发射速度为 ()

- A. $\frac{2M+3m}{5m}v$ B. $\frac{2M}{5m}v$
C. $\frac{4M-m}{5m}v$ D. $\frac{4M}{5m}v$

4. (某方向上动量守恒定律的应用) (多选) 如图所示,在光滑水平面上有一辆平板车,一人手握大锤站在车上.开始时人、锤和车均静止.此人将锤抡起至最高点,此时大锤在头顶的正上方,然后,人用力使锤落下敲打车的左端,如此周而复始,使大锤连续地敲打车的左端,最后,人和锤都恢复至初始状态并停止敲打.在此过程中,下列说法中正确的是 ()



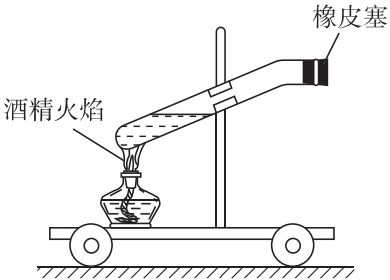
- A. 锤从最高点落下至刚接触车的过程中,车的动量方向先水平向右,后水平向左
B. 锤从刚接触车的左端至锤的速度减小至零的过程中,车具有水平向左的动量,车的动量减小至零
C. 锤从刚离开车的左端至运动到最高点的过程中,车具有水平向右的动量,车的动量先增大后减小
D. 在任一时刻,人、锤和车组成的系统动量守恒

第 2 课时 反冲运动与火箭

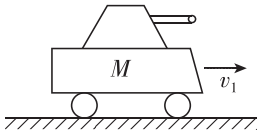
学习任务一 反冲运动

[教材链接] 阅读教材,填写反冲运动相关知识
(1)定义:静止的物体在内力的作用下分裂为两部分,其中一部分向一个方向运动,另一部分沿_____方向运动.
(2)规律:系统内力_____外力,可以用_____定律来处理反冲运动问题.

例 1 如图所示,小车静止放在水平光滑玻璃上,点燃酒精灯,水蒸气将橡皮塞水平喷出,小车沿相反方向运动. 已知小车的总质量 $M=3\text{ kg}$,水平喷出的橡皮塞的质量 $m=0.1\text{ kg}$.
(1)若橡皮塞喷出时获得的水平速度大小为 $v=2.9\text{ m/s}$,求小车的反冲速度;
(2)若橡皮塞喷出时速度大小仍为 $v=2.9\text{ m/s}$,方向与水平方向成 60° 角,小车的反冲速度又如何?
(小车一直在水平方向运动)



例 2 如图所示,火炮车连同炮弹的总质量为 M ,当炮管水平时,火炮车在水平路面上以 v_1 的速度向右匀速行驶,发射一枚质量为 m 的炮弹后,火炮车的速度变为 v_2 ,仍向右行驶,则炮弹相对炮筒的发射速度 v_0 为 ()



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

[反思感悟] _____

【要点总结】

1. 反冲的特点

运动方向相反	物体的不同部分在内力作用下向相反方向运动
机械能增加	反冲中,由于有其他形式的能转化为机械能,所以系统的机械能增加
动量守恒	反冲运动中,相互作用的内力一般情况下远大于外力或在某一方向上内力远大于外力,所以可以用动量守恒定律(或在某一方向上应用动量守恒定律)来处理

2. 讨论反冲应注意的问题

位移的忽略性	时间极短,位移为零
速度的方向性	在列动量守恒方程时,可任意规定某一部分的运动方向为正方向,则反方向的这一部分的速度就要取负值
速度的相对性	在一些反冲运动的题目中,遇到的速度是相互作用的两物体的相对速度,但是动量守恒定律中要求速度是对同一惯性参考系的速度(通常为对地的速度),因此应先将相对速度转换成对同一惯性参考系的速度(通常为对地的速度),再列动量守恒定律方程

学习任务二 火箭原理

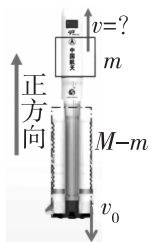
[教材链接] 阅读教材,填写火箭相关知识

(1)工作原理:利用_____的原理,火箭燃料燃烧产生的高速气流从火箭尾部喷出,使火箭向前飞行.

(2)火箭最终速度的取决条件:①喷气速度;②质量比(即火箭开始飞行时的质量与燃料燃尽时的质量之比).火箭发射所携带的负荷_____,喷气速度_____,燃料_____,火箭能达到的速度就越大.

(3)采用多级火箭发射的目的:每一级火箭发射后外壳自动脱离,减轻了火箭的质量,增大了下一级火箭工作过程中的质量比.

[物理建模] 火箭开始飞行时的质量为 M ,燃料燃尽时的质量为 m ,火箭燃气的对地喷射速度为 v_0 ,燃料燃尽后火箭的速度 v 为多大?



设火箭的速度方向为正方向,
由动量守恒得

$$0 = mv - (M - m)v_0$$

$$\text{解得 } v = \frac{M - m}{m} v_0 = \left(\frac{M}{m} - 1 \right) v_0$$

结论——决定火箭最大飞行速度的因素:

$$v = \frac{M - m}{m} v_0 = \left(\frac{M}{m} - 1 \right) v_0$$

质量比 $\frac{M}{m}$ 指向 $\frac{M}{m}$

喷气速度 v_0 指向 v_0

火箭起飞前的质量 M 指向 M

燃料燃尽时的质量 m 指向 m

例 3 [2024·上海嘉定一中高二期末] 如图所示,某中学航天兴趣小组的同学将静置在地面上的质量为 M (含水)的自制“水火箭”释放升空,在极短的时间内,质量为 m 的水以相对地面为 v_0 的速度竖直向下喷出.已知重力加速度为 g ,空气阻力不计,下列说法正确的是 ()

A. 火箭的推力来源于火箭外的空气对它的反作用力

B. 水喷出的过程中,火箭和水机械能守恒

C. 火箭获得的最大速度为 $\frac{Mv_0}{M - m}$

D. 火箭上升的最大高度为 $\frac{m^2 v_0^2}{2g(M - m)^2}$



[反思感悟]

例 4 在太空中,一火箭喷气发动机每次喷出 $m = 200 \text{ g}$ 的气体,气体离开发动机时的速度 $v = 1000 \text{ m/s}$ (相对地面),已知火箭质量 $M = 300 \text{ kg}$,当第三次气体喷出后,火箭的速度为多大?

【要点总结】

1. 在火箭发射过程中,由于内力远大于外力,故可认为动量守恒.取火箭的速度方向为正方向,发射前火箭的总动量为 0,发射后的总动量为 $mv' - (M - m)v$,则由动量守恒定律得 $mv' - (M - m)v = 0$,所以 $v' = \frac{M - m}{m} v$.

2. 在反冲运动中常遇到变质量物体的运动,如在火箭的运动过程中,随着燃料的消耗,火箭本身的质量不断减小,此时必须取火箭本身(包括剩余燃料)和在相互作用的短时间内喷出的所有气体为研究对象,取相互作用的这个过程为研究过程来进行研究.

学习任务三 爆炸

[科学思维]

爆炸过程的特点:

(1)相互作用时间很短,可忽略物体的位移,认为物体在碰撞前后处于同一位置.

(2)相互作用力先是急剧增大,然后再急剧减小,平均作用力很大,远远大于外力,因此作用过程的动量可看成守恒.

(3)有其他形式的能量转化为机械能,系统的动能增加.

例 5 (多选)[2025·哈尔滨九中高二期开学考] 冲天炮飞上天后在天空中爆炸. 当冲天炮从水平地面斜飞向天空后且恰好沿水平方向运动的瞬间, 突然炸裂成一大一小的 P 、 Q 两块, 且质量较大的 P 仍沿原来方向飞出去, 则 ()

- A. 质量较大的 P 先落回地面
- B. 炸裂前后瞬间, 总动量守恒
- C. 炸裂后, P 飞行的水平距离较大
- D. 炸裂时, P 、 Q 受到的内力的冲量大小相等

[反思感悟]

变式 [2024·四川石室中学期末] 以初速度 v_0 与水平方向成 60° 角斜向上抛出的手榴弹(空气阻力不计), 到达最高点时炸成质量分别是 m 和 $2m$ 的两块弹片. 爆炸后瞬间质量较大的一块弹片沿着原来的

水平方向以 $2v_0$ 的速度飞行. 求:

- (1) 质量较小的另一块弹片速度的大小和方向;
- (2) 爆炸过程中有多少化学能转化为弹片的动能.

| 素养提升 |

“人船模型”问题

1. “人船模型”问题是利用动量守恒求解的一类问题. 适用条件是:

- (1) 系统由两个物体组成且相互作用前静止, 系统总动量为零;
 - (2) 在系统内发生相对运动的过程中至少有一个方向的动量守恒(如水平方向或竖直方向).
- 注意两物体的位移是相对同一参考系的位移. 在解题时要画出各物体的位移关系草图, 找出各长度间的关系.

2. 人船模型的特点

(1) 位移大小关系

① 人和船的位移大小与质量成反比, 即 $m_1 s_1 = m_2 s_2$.

② 人从船头走到船尾时, 人和船的位移大小之和等于船长, 即 $s_1 + s_2 = L$.

(2) 速度大小关系: 人动船动, 人停船停; 人快船快, 人慢船慢.

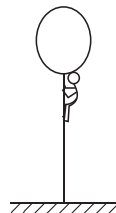
(3) 位移方向关系: 人左船右.

示例 1 有一条捕鱼小船停靠在湖边码头, 小船又窄又长(重 1 吨左右), 一位同学想用个卷尺粗略测定它的质量, 他进行了如下操作: 首先将船平行于码头自由停泊, 然后他轻轻从船尾上船, 走到船头后停下, 而且轻轻下船, 用卷尺测出船后退的距离 d , 然后用卷尺测出船长 L . 已知他身体的质量为 m , 则小船的质量为 ()

- A. $\frac{mL}{d}$
- B. $m(L-d)$
- C. $\frac{m(L-d)}{d}$
- D. $\frac{L}{d}$

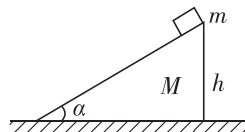
示例 2 [2025·北京五十中高二期考] 如图所示, 一个质量为 $m_1 = 50 \text{ kg}$ 的人抓在一只大气球下方, 气球下面有一根长绳. 气球和长绳的总质量为 $m_2 = 20 \text{ kg}$, 长绳的下端刚好和水平地面接触, 静止时人离地面的高度为 $h = 5 \text{ m}$ (可以把人看作质点). 如果这个人开始沿绳向下滑, 当他滑到绳下端时, 他离地的高度是 ()

- A. 5 m
- B. 3.6 m
- C. 2.6 m
- D. 8 m



示例 3 [2024·湖南长郡中学高二期考] 如图所示, 一个倾角为 α 的直角斜面体静置于光滑水平面上, 斜面体质量为 M , 高度为 h . 今有一质量为 m 的小物体沿光滑斜面下滑, 当小物体从斜面顶端自由下滑到底端时, 斜面体在水平面上移动的距离是 ()

- A. $\frac{mh}{M+m}$
- B. $\frac{Mh}{M+m}$
- C. $\frac{mh}{(M+m)\tan\alpha}$
- D. $\frac{Mh}{(M+m)\tan\alpha}$



// 随堂巩固 //

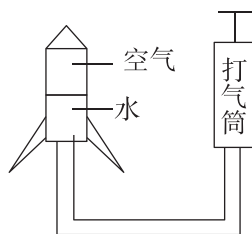
1. (反冲) 下列不属于反冲运动的是 ()

- A. 喷气式飞机的运动
- B. 直升机的运动
- C. 火箭的运动
- D. 反击式水轮机的运动

2. (火箭原理)[2024·江西丰城九中高一月考] 如图甲所示,水火箭又称气压式喷水火箭、水推进火箭,由饮料瓶、硬纸片等废旧材料制作而成.图乙是水火箭的简易原理图:用打气筒向水火箭内不断打气,当内部气体压强增大到一定程度时发射,发射时可近似认为水从水火箭中向下以恒定速度 $v_0 = 40 \text{ m/s}$ 在不到 0.1 s 时间内喷完,使水火箭升空.已知水和水火箭的质量分别为 $m_1 = 0.4 \text{ kg}$ 、 $m_2 = 0.3 \text{ kg}$,忽略空气阻力,水刚好喷完时,水火箭的速度最接近 ()



甲



乙

- A. 12 m/s
- B. 30 m/s
- C. 50 m/s
- D. 120 m/s

3. (“人船模型”问题)(多选)[2024·内蒙古赤峰二中月考] 某同学想用气垫导轨模拟“人船模型”.该同学到实验室里,将一质量为 M 、长为 L 的滑块置于水平气垫导轨上(不计摩擦)并接通电源.该同学又找来一个质量为 m 的蜗牛置于滑块的一端,在食物的诱惑下,蜗牛从该端移动到另一端.下面说法正确的是 ()

- A. 只有蜗牛运动,滑块不运动
- B. 滑块对地的位移是 $\frac{M}{M+m}L$
- C. 蜗牛对地的位移是滑块的 $\frac{M}{m}$ 倍
- D. 滑块与蜗牛运动的距离之和为 L

4. (爆炸)[2024·河北衡水二中高一月考] 节假日,某游乐场在确保安全的情况下燃放爆竹.工作人员点燃一质量为 $m = 0.3 \text{ kg}$ 的爆竹,在 $t = 0.01 \text{ s}$ 时间内爆竹发生第一次爆炸向下高速喷出少量高压气体(此过程爆竹位移可以忽略),然后被竖直发射到距地面 $H = 20 \text{ m}$ 的最高处,此时剩余火药发生第二次爆炸,将爆竹炸成两部分,其中一部分的质量为 $m_1 = 0.2 \text{ kg}$,以速度 $v_1 = 20 \text{ m/s}$ 向东水平飞出,第二次爆炸时间极短,重力加速度 g 取 10 m/s^2 ,不计空气阻力和火药的质量.求:

- (1) 第一次火药爆炸,爆竹动量变化量的大小;
- (2) 第一次火药爆炸过程中高压气体对爆竹平均作用力的大小;
- (3) 第二次火药爆炸后爆竹两部分落地点间距 s 的大小.

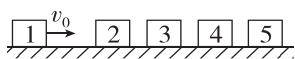
专题课:动量守恒定律的应用

学习任务一 多物体、多过程中动量守恒定律的应用

[科学思维] 对于多物体、多过程,应用动量守恒定律解题时应注意:

- (1)分清作用过程中的不同阶段,并按作用关系将系统内的物体分成几个小系统.
- (2)对不同阶段、不同的小系统准确选取初、末状态,分别列动量守恒方程.
- (3)在研究地面上物体间相互作用的过程时,各物体运动的速度均应取地球为参考系.

例 1 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,初速度大小为 v_0 的第 1 号物块向右运动,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. $2v_0$ B. $0.5v_0$
C. $\frac{1}{5}v_0$ D. v_0

[反思感悟] _____

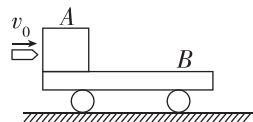
例 2 [2024·湖北黄石二中高二月考] 如图所示,光滑水平地面上依次放置着质量 $m=0.08\text{ kg}$ 的 10 块完全相同的长直木板.一质量 $M=1.0\text{ kg}$ 、大小可忽略的小铜块以初速度 $v_0=6.0\text{ m/s}$ 从长木板左侧滑上木板,当铜块滑离第一块木板时,速度大小为 $v_1=4.0\text{ m/s}$,铜块最终停在第二块木板上.求:

- (1)第一块木板的最终速度;
- (2)铜块的最终速度.(结果保留两位有效数字)



例 3 如图所示,质量为 m_B 的平板车 B 上表面水平,开始时静止在光滑水平面上,在平板车左端静置一质量为 m_A 的物体 A ,一颗质量为 m_0 的子弹以 v_0 的水平初速度射入物体 A ,射穿 A 后速度变为 v ,子弹穿过物体 A 的时间极短.已知 A 、 B 之间的动摩擦因数不为零,平板车 B 车身足够长,且 A 与 B 最终相对静止.求:

- (1)子弹射穿物体 A 的瞬间物体 A 的速度大小 v_A ;
- (2)平板车 B 和物体 A 的最终速度大小 $v_{共}$.



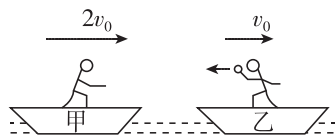
【要点总结】

一个系统如果满足动量守恒条件,并且由两个以上的物体构成,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动量守恒.注重系统内部分物体动量守恒分析,可以使求解突破关键的未知量,增加方程个数,为问题的最终解答铺平道路.

学习任务二 动量守恒定律应用中的临界问题

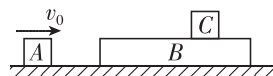
[科学思维] 在动量守恒定律的应用中,常常出现相互作用的两物体相距最近(或最远)、恰好不相撞或物体开始反向运动等临界状态,其临界条件常常表现为两物体的相对速度关系或相对位移关系,这些特定关系的判断是求解这类问题的关键.

例 4 [2024·宁夏石嘴山三中高二期中] 如图所示,甲、乙两船的总质量(包括船、人和货物)分别为 $10m$ 、 $12m$,两船沿同一直线向同一方向运动,速度分别为 $2v_0$ 、 v_0 . 为避免两船相撞,乙船上的人将一质量为 m 的货物沿水平方向抛向甲船,甲船上的人将货物接住,求抛出货物的最小速度.(不计水的阻力)



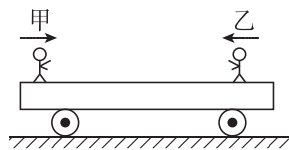
例 5 [2025·江苏锡山高级中学高二月考] 如图所示,木块 A 的质量 $m_A=1\text{ kg}$,足够长的木板 B 的质量 $m_B=4\text{ kg}$,质量为 $m_C=1\text{ kg}$ 的木块 C 置于木板 B 上,水平面光滑, B 、 C 之间有摩擦.开始时 B 、 C 均静止,现使 A 以 $v_0=12\text{ m/s}$ 的初速度向右运动,与 B 碰撞后以 4 m/s 的速度弹回.求:

- (1) B 运动过程中的最大速度;
- (2) C 运动过程中的最大速度.



// 随堂巩固 //

1. (多物体中动量守恒定律的应用)[2024·湖北武汉高一期末] 如图所示,甲、乙两人分别站在静止小车的左、右两端,当他俩同时相向行走时,发现小车向右运动(车与地面之间无摩擦). 下列说法不正确的是 ()



- A. 乙的速度一定大于甲的速度
- B. 乙对小车的摩擦力的冲量一定大于甲对小车的摩擦力的冲量
- C. 乙的动量一定大于甲的动量
- D. 甲、乙的动量之和一定不为零

2. (多物体、多过程中动量守恒定律的应用) 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. $\frac{M}{M+m}$

3. (动量守恒定律应用中的临界问题) 质量为 M 的木块在光滑水平面上以速度 v_1 水平向右运动,质量为 m 的子弹以速度 v_2 水平向左射入木块. 要使木块停下来,必须使发射子弹的数目为(子弹留在木块中不穿出) ()

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