



导学案★

主编 肖德好

全品

学练考

高中物理

选择性必修第一册 RJ

细分课时

分层设计

夯实基础

突出重点

天津出版传媒集团
天津人民出版社

目录 Contents

01 第一章 动量守恒定律

PART ONE

- 1 动量 导 101
- 2 动量定理 导 103
- 习题课：动量定理的应用 导 107
- 3 动量守恒定律 导 109
- 习题课：动量守恒定律的应用 导 111
- 4 实验：验证动量守恒定律 导 114
- 5 弹性碰撞和非弹性碰撞 导 117
- 6 反冲现象 火箭 导 120
- 专题课：碰撞模型拓展 导 125

02 第二章 机械振动

PART TWO

- 1 简谐运动 导 130
- 2 简谐运动的描述 导 133
- 3 简谐运动的回复力和能量 导 136
- 4 单摆 导 139
- 5 实验：用单摆测量重力加速度 导 141
- 6 受迫振动 共振 导 144

03 第三章 机械波

PART THREE

- 1 波的形成 导 147
- 2 波的描述 导 149
- 专题课：振动图像和波的图像综合应用 导 152
- 3 波的反射、折射和衍射 导 156
- 4 波的干涉 导 158
- 5 多普勒效应 导 161

04 第四章 光

PART FOUR

- 1 光的折射 导 163
 - 第 1 课时 折射现象与折射定律 导 163
 - 第 2 课时 实验：测量玻璃的折射率 导 166
- 2 全反射 导 169
- 专题课：几何光学问题的综合分析 导 173
- 3 光的干涉 导 175
- 4 实验：用双缝干涉测量光的波长 导 178
- 5 光的衍射 导 180
- 6 光的偏振 激光 导 182

◆ 参考答案

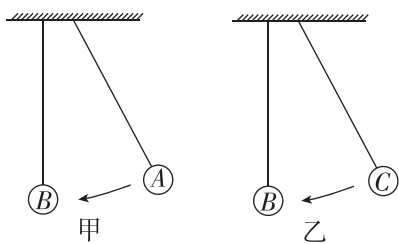
导 185

1 动量

学习任务一 寻求碰撞中的不变量

[科学探究]

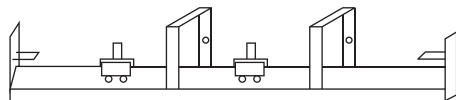
(1)用两根长度相同的细线,分别悬挂A、B两个完全相同的钢球,且两球并排放置.拉起A球,放开后,与静止的B球发生碰撞.可以看到碰撞后A球_____,B球_____,最终摆到_____.碰撞前后,两球的速度之和_____.将上面实验中的A球换成大小相同的C球,使C球质量大于B球质量,用手拉起C球放开后撞击静止的B球.可以看到碰后B球获得_____,摆起的最大高度_____C球被拉起时的高度.碰撞前后,两球的速度之和_____,速度变化跟它们的_____有关.



(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	$m_1v/(\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	$(m_1+m_2)v'/(\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1})$
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} _____(填“相等”或“不相等”), _____基本不变.

学习任务二 动量及动量的变化量

[教材链接] 阅读教材,填写动量的相关知识.

- 定义:物体的_____与_____的乘积.
- 表达式: $p = \underline{\hspace{2cm}}$.
- 单位:动量的国际制单位是_____,符号是_____.
- 方向:动量是_____,它的方向与_____的方向相同.
- 动量变化量 $\Delta p = p_2 - p_1$, Δp 是矢量,方向与 Δv 一致.
- 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 [2023·河北唐山期中] 关于动量,以下说法正确的是 ()

- 做匀速圆周运动的物体,其动量保持不变
- 悬线拉着的摆球在竖直面内摆动时,每次经过最低点时的动量均相等
- 动量相等的物体,其速度一定相等
- 动量相等的物体,其速度方向一定相同

[反思感悟] _____

例 2 [2023·浙江学军中学月考] 质量为 $m = 0.1 \text{ kg}$ 的橡皮泥, 从高 $h = 5 \text{ m}$ 处自由落下 (g 取 10 m/s^2), 橡皮泥落到地面上静止, 取竖直向下的方向为正方向, 求:

- (1) 橡皮泥从开始下落到与地面接触前这段时间内动量的变化;
- (2) 橡皮泥与地面作用的这段时间内动量的变化;
- (3) 橡皮泥从静止开始下落到停止在地面上这段时间内动量的变化.

【要点总结】

动量变化量 Δp 的计算遵守矢量运算法则.

(1) 若物体做直线运动的情况:

- ① 先规定正方向;
- ② 用“+”“-”号表示各矢量方向;
- ③ 将矢量运算简化为代数运算.

(2) 若初、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、转移的运动量 (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, 动量时刻变化, 动能不变	

例 3 下列关于物体的动量和动能的说法, 正确的是 ()

- A. 物体的动量发生变化, 其动能一定发生变化
- B. 物体的动能发生变化, 其动量一定发生变化
- C. 若两个物体的动量相同, 它们的动能也一定相同
- D. 动能大的物体, 其动量也一定大

变式 (多选)[2023·河北正定中学月考] 在光滑水平面上, 原来静止的物体在水平恒力 F 的作用下, 经过时间 t 、通过位移 L 后动量变为 p 、动能变为 E_k . 以下说法正确的是 ()

- A. 在 F 作用下, 这个物体经过位移 $2L$, 其动量等于 $2p$
- B. 在 F 作用下, 这个物体经过位移 $2L$, 其动能等于 $2E_k$
- C. 在 F 作用下, 这个物体经过时间 $2t$, 其动能等于 $2E_k$
- D. 在 F 作用下, 这个物体经过时间 $2t$, 其动量等于 $2p$

[反思感悟]

// 随堂巩固 //

1. (对动量的理解)[2023·江西抚州期末] 关于动量,下列说法中正确的是 ()

- A. 做匀变速直线运动的物体,它的动量一定在改变
- B. 做匀速圆周运动的物体,动量不变
- C. 物体的动量变化,动能也一定变化
- D. 甲物体动量 $p_1 = 5 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$,乙物体动量 $p_2 = -10 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$,所以 $p_1 > p_2$

2. (对动量变化量的理解)质量为 0.2 kg 的球竖直向下以 6 m/s 的速度落至水平地面,再以 4 m/s 的速度反向弹回.取竖直向上为正方向,在小球与地面接触的时间内,关于球的动量变化量 Δp 和合外力

对小球做的功 W ,下列说法正确的是 ()

- A. $\Delta p = 2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}, W = -2 \text{ J}$
- B. $\Delta p = -2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}, W = 2 \text{ J}$
- C. $\Delta p = 0.4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}, W = -2 \text{ J}$
- D. $\Delta p = -0.4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}, W = 2 \text{ J}$

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

学习任务一 冲量

[教材链接] 阅读教材,填写冲量的相关知识.

- (1)定义:_____与_____的乘积,即 $I = F \Delta t$. 单位:_____.
- (2)意义:冲量反映了_____对_____的累积效应.
- (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
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(见学习任务二)

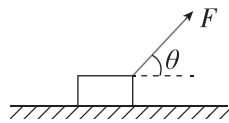
(2)冲量的计算

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
-------	-----------------------

(续表)

变力的冲量	<p>(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</p> <p>(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</p> <div style="text-align: center;"> </div>
合力的冲量	<p>(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</p> <p>(2)利用动量定理求合力的冲量(见学习任务二)</p>

例 1 [2023·河南郑州一中月考] 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,沿粗糙水平面做匀加速运动,经过时间 t ,则 ()

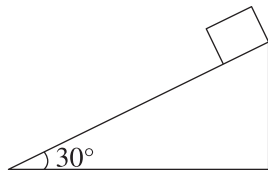


- A. 拉力对物体的冲量大小为 Ft
- B. 拉力对物体的冲量大小为 $Ft \cos \theta$
- C. 摩擦力对物体的冲量大小为 $Ft \cos \theta$
- D. 合外力对物体的冲量大小为零

[反思感悟] _____

变式 1 如图所示,质量为 2 kg 的物体在倾角为 30° 、高为 5 m 的光滑斜面上由静止从顶端下滑到底端的过程中, g 取 10 m/s^2 ,求:

- (1)重力的冲量;
- (2)支持力的冲量;
- (3)合力的冲量.



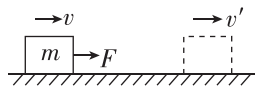
【要点总结】

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)求冲量大小,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.

学习任务二 动量定理的理解和应用

[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.



2. 动量定理应用的基本程序:

- (1)确定研究对象.
- (2)对研究对象进行受力分析.可以先求每个力的冲量,再求各力冲量的矢量和;或先求合力,再求其冲量.
- (3)抓住过程的初、末状态,选好正方向,确定各动量和冲量的正、负号.
- (4)根据动量定理列方程,如有必要还需要补充其他方程,最后代入数据求解.

角度一 用动量定理定性解释现象

例 2 [2020·全国卷 I] 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

[反思感悟]

[科学思维]

1. 动量定理的理解

- (1)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)动量定理反映了合力的冲量是动量变化的原因.

变式 2 [2023·山东青岛二中月考] 物理课堂上老师给同学们做了一个演示实验:一支粉笔从一定高度由静止落下,第一次实验落在讲桌平铺的毛巾上没有被摔断,第二次从同样高度直接落在讲桌上粉笔被摔断了,这是由于 ()

- A. 粉笔直接落在讲桌上的动量比落在毛巾上大
 B. 粉笔直接落在讲桌上的动量变化量比落在毛巾上大
 C. 粉笔直接落在讲桌上的冲量比落在毛巾上大
 D. 粉笔直接落在讲桌上的冲力比落在毛巾上大

【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 3 (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 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】

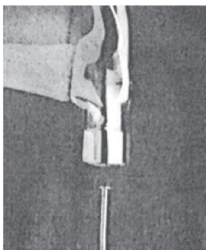
题干关键	获取信息
离水平网面 3.2 m 高处自由下落	可获取接触网时的速度
蹦回离水平网面 5.0 m 高处	可获取离开网时的速度
作用力当作恒力	可直接应用 $mv' - mv = F_{\text{合}} \cdot \Delta t$

规范答题区	自评项目 (共 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)	

例 4 如图所示,用 0.5 kg 的铁锤钉钉子. 打击前铁锤的速度为 4 m/s , 打击后铁锤的速度变为 0 , 设打击时间为 0.01 s , g 取 10 m/s^2 .

(1) 不计铁锤所受的重力, 铁锤钉钉子的平均作用力是多大?

(2) 考虑铁锤所受的重力, 铁锤钉钉子的平均作用力是多大?



拓展延伸

你分析一下, 在计算铁锤钉钉子的平均作用力时, 在什么情况下可以不计铁锤所受的重力.

【要点总结】

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是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. 物体动量的增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) [2023 · 湖南长沙一中月考] 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) [2023 · 浙江余姚中学月考]

在一次摸高测试中, 一质量为 70 kg 的同学先下蹲, 再用力蹬地的同时举臂起跳, 在刚要离地时其手指距地面的高度为 1.95 m ; 离地后身体形状近似不变, 手指摸到的最大高度为 2.40 m , 若从蹬地到离开地面的时间为 0.2 s , 则在不计空气阻力情况下, 起跳过程中他对地面的平均压力约为 (g 取 10 m/s^2) ()

- A. 1050 N
- B. 1400 N
- C. 1750 N
- D. 1900 N



习题课：动量定理的应用

学习任务一 动量定理与动能定理的综合

[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 [2022·湖北卷] 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]

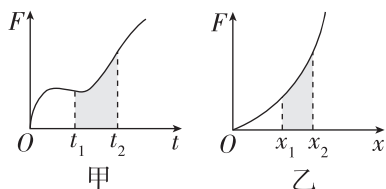
学习任务二 动量定理与图像法的综合应用

[科学思维]

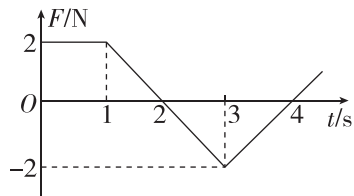
“ $F-t$ ”图像与“ $F-x$ ”图像辨析

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.



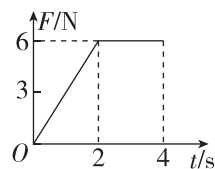
例 2 [2023·北京四中月考] 质点所受的合力 F 方向始终在同一直线上, 大小随时间变化的情况如图所示, 已知 $t=0$ 时刻质点的速度为零. 在图示的 $t=1\text{ s}, 2\text{ s}, 3\text{ s}, 4\text{ s}$ 各时刻中, 质点动能最小的时刻是 ()



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

[反思感悟]

变式 1 (多选) [2023·天津一中月考] 一质量 $m = 2\text{ kg}$ 的物块静止在光滑的水平面上, 从 $t=0$ 时刻开始, 物块受到水平向右的外力 F 作用, 外力 F 随时间 t 变化的关系如图所示, 则下列说法正确的是 ()



- A. 第 2 s 末物块的速度大小为 3 m/s
 B. 第 3 s 末物块的动量大小为 12 kg·m/s
 C. 第 4 s 末外力的瞬时功率为 18 W
 D. 第 3 s 内与第 4 s 内物块的动能增加量相等

[反思感悟]

学习任务三 动量定理与微元法的综合应用

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

例 3 [2024·福建厦门期末] 鼓浪屿原名“圆沙洲”，因岛西南有一海蚀岩洞受浪潮冲击时声如擂鼓，故自明朝起雅化为今称的“鼓浪屿”，现为中国第 52 项世界遗产项目。某次涨潮中，海浪以 5 m/s 的速度垂直撞击到一平直礁石上，之后沿礁石两侧流走，已知礁石受冲击的面积为 2 m^2 ，海水的密度为 $1.05 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ，则海浪对礁石的冲击力约为 ()

A. $1.05 \times 10^4 \text{ N}$ B. $5.25 \times 10^4 \text{ N}$
 C. $7.88 \times 10^4 \text{ N}$ D. $2.63 \times 10^5 \text{ N}$

[反思感悟]

(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 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]

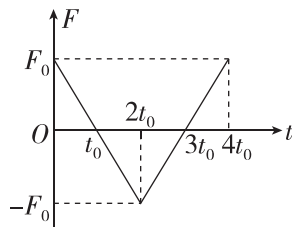
// 随堂巩固 //

1. (动量定理与动能定理的综合应用)(多选) 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. (微元法的应用)(多选)如图所示为清洗汽车用的高压水枪. 设水枪喷出水柱直径为 D , 水流速度为 v , 水柱垂直汽车表面, 水柱冲击汽车后水的速度为零, 手持高压水枪操作, 进入水枪的水流速度可忽略不计, 已知水的密度为 ρ . 下列说法正确的是 ()

- A. 高压水枪单位时间喷出的水的质量为 $\rho\pi vD^2$
 B. 高压水枪单位时间喷出的水的质量为 $\frac{1}{4}\rho\pi vD^2$

C. 水柱对汽车的平均冲力为 $\frac{1}{4}\rho D^2 v^2$

D. 当高压水枪喷口的出水速度变为原来的 2 倍时, 喷出的水对汽车的压强变为原来的 4 倍



3 动量守恒定律

学习任务一 对动量守恒的理解

[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.



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)

例 1 [2023·河北石家庄二中月考] 下列关于系统动量守恒的说法正确的是 ()

- ①只要系统所受的合外力为零, 系统动量就守恒
 ②系统内有摩擦力, 系统动量可能守恒
 ③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
 ④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

- A. ①②③ B. ①②④
 C. ①③④ D. ②③④

[反思感悟]

[教材链接] 阅读教材, 填写相关知识.

(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 _____ 的物体对系统 _____ 的物体的作用力.

(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 $p_1 + p_2 = p_1' + p_2'$.

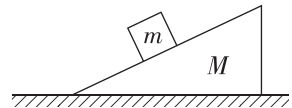
③动量守恒定律的应用情景

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

例 2 如图所示, 质量为 M 的斜劈静止在光滑水平面上, 斜劈的上表面粗糙, 一个质量为 m 的小物块从斜劈的顶端由静止滑下, 则由斜劈和小物块组成的系统, 在小物块下滑过程中 ()

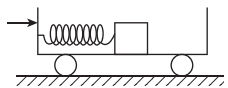


- A. 动量守恒, 机械能守恒
 B. 动量守恒, 机械能不守恒
 C. 动量不守恒, 机械能守恒
 D. 动量不守恒, 机械能不守恒

[反思感悟]

// 随堂巩固 //

1. (对动量守恒的理解)[2021·全国乙卷] 如图所示,光滑水平地面上有一小车,一轻弹簧的一端与车厢的挡板相连,另一端与滑块相连,滑块与车厢的水平底板间有摩擦.用力向右推动车厢,使弹簧压缩,撤去推力时滑块在车厢底板上有相对滑动.在地面参考系(可视为惯性系)中,从撤去推力开始,小车、弹簧和滑块组成的系统 ()



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

2. (动量守恒定律的简单应用)某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. $\frac{4M}{5m}v$

3. (动量守恒定律的应用)某火车机车以 0.8 m/s 的速度驶向停在铁轨上的 15 节与机车相同的车厢,跟它们对接.机车跟第 1 节车厢相碰后,它们连在一起具有一个共同的速度,紧接着又跟第 2 节车厢相碰,就这样,直至碰上最后一节车厢.设机车和车厢的质量相等,则跟最后一节车厢相碰后车厢的速度为(铁轨的摩擦忽略不计) ()

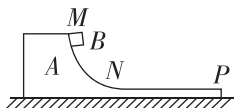
- A. 0.053 m/s
- B. 0.05 m/s
- C. 0.057 m/s
- D. 0.06 m/s

习题课：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

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) $m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'$.

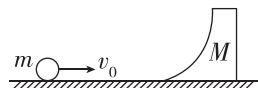
例 1 (多选)如图所示,木块 A 静置于光滑的水平面上,其曲面部分 MN 光滑,水平部分 NP 粗糙.现有一物体 B 自 M 点由静止下滑,设 NP 足够长,则以下说法正确的是 ()



- A. A、B 最终以同一不为零的速度运动
- B. A、B 最终速度均为零
- C. 木块 A 先做加速运动,后做减速运动
- D. 木块 A 先做加速运动,后做匀速运动

[反思感悟]

变式 1 [2023·上海中学月考] 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. $\frac{Mv_0}{m}$

[反思感悟]

学习任务二 多物体、多过程中动量守恒的判断

[科学思维] 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 2 如图所示,在光滑水平面上有两个并排静止放置的木块 A、B,已知 $m_A = 0.5 \text{ kg}$, $m_B = 0.3 \text{ kg}$. 现有质量 $m_0 = 0.08 \text{ kg}$ 的小物块 C 以初速度 $v_0 = 25 \text{ m/s}$ 在 A 表面沿水平方向向右滑动,由于 C 与 A、B 间均有摩擦,C 最终停在 B 上,B、C 最后的共同速度 $v = 2.5 \text{ m/s}$. 求:

(1) 木块 A 的最终速度的大小;

(2) 小物块 C 滑离木块 A 的瞬时速度的大小.



变式 2 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. 重力加速度 g 取 10 m/s^2 ,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)



【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,那么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.

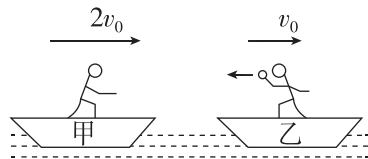
学习任务三 动量守恒定律应用的临界问题

[科学思维] 分析临界问题的关键是寻找临界状态,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、避免相碰和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与相对位移关系,这些特定关系的判断是求解这类问题的关键.

例 3 如图所示,光滑水平轨道上放置长木板 A (上表面粗糙)和滑块 C ,滑块 B 置于 A 的左端,三者质量分别为 $m_A = 2 \text{ kg}$ 、 $m_B = 1 \text{ kg}$ 、 $m_C = 2 \text{ kg}$. 开始时 C 静止, A 、 B 一起以 $v_0 = 5 \text{ m/s}$ 的速度匀速向右运动, A 与 C 发生碰撞(时间极短)后 C 向右运动,经过一段时间, A 、 B 再次达到共同速度一起向右运动,且恰好不再与 C 碰撞. 求 A 与 C 发生碰撞后瞬间 A 的速度大小.



变式 3 [2023·湖北荆州中学月考] 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)



// 随堂巩固 //

1. (某方向上的动量守恒)(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 ()



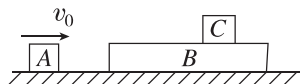
- A. 锤从最高点落下至刚接触车的过程中,车的动量方向先水平向右,后水平向左
- B. 锤从刚接触车的左端至锤的速度减小至零的过程中,车具有水平向左的动量,车的动量减小至零
- C. 锤从刚离开车的左端至运动到最高点的过程中,车具有水平向右的动量,车的动量先增大后减小
- D. 在任一时刻,人、锤和车组成的系统动量守恒

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)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.



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 _____.

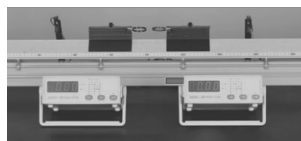
3. 验证动量守恒定律

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.

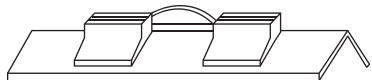


【实验器材】

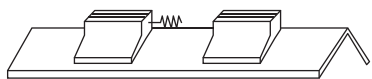
学生电源、气垫导轨、滑块、天平、光电门、光电计时器等.

【物理量的测量】

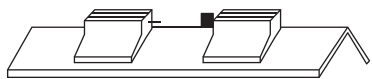
1. 用天平测量两个滑块的质量 m_1 、 m_2 。
2. 调整导轨使之处于水平状态,并使光电计时器系统正常工作。
3. 如图所示,用细线将弹簧片弯成弓形,放在两个滑块之间,并使它们静止,然后烧断细线,两滑块随即向相反的方向运动。



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。



6. 如图所示,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。



【数据处理】

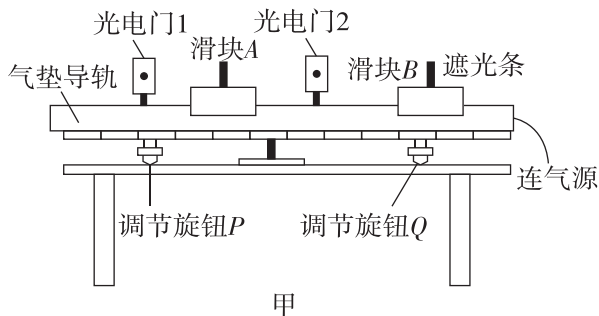
将实验中测得的物理量填入如下表格。

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

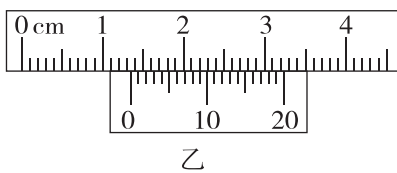
	碰撞前		碰撞后		结论
	v_1	v_2	v'_1	v'_2	
速度					
mv	$m_1 v_1 + m_2 v_2$		$m_1 v'_1 + m_2 v'_2$		

代入实验数据,看在误差允许的范围内动量是否守恒。

例 1 [2023·北京八中月考] 图甲是验证动量守恒定律的装置,气垫导轨上安装了 1、2 两个光电门,两滑块上均固定一相同的竖直遮光条。



- (1)用游标卡尺测得遮光条的宽度如图乙所示,其读数为 _____ mm。



- (2)实验前,接通气源后,在导轨上轻放一个滑块,给滑块一初速度,使它从轨道左端向右运动,发现滑块通过光电门 1 的时间大于通过光电门 2 的时间。为使导轨水平,可调节 Q 使轨道右端 _____ (选填“升高”或“降低”)一些。

- (3)测出滑块 A 和遮光条的总质量为 m_A ,滑块 B 和遮光条的总质量为 m_B ,遮光条的宽度用 d 表示。将滑块 A 静置于两光电门之间,将滑块 B 静止于光电门 2 右侧,推动 B,使其获得水平向左的速度,经过光电门 2 并与 A 发生碰撞且被弹回,再次经过光电门 2。光电门 2 先后记录的挡光时间为 Δt_1 、 Δt_2 ,光电门 1 记录的挡光时间为 Δt_3 ,则实验中两滑块的质量应满足 m_A _____ m_B (选填“>”“<”或“=”),实验需要验证的动量守恒表达式为 _____ (用题中给定的符号表示)。

- (4)若实验发现碰撞过程中机械能、动量均守恒,则 Δt_1 、 Δt_2 、 Δt_3 应满足的关系式是 _____。

- A. $\Delta t_1 + \Delta t_2 = \Delta t_3$ B. $\Delta t_2 - \Delta t_1 = \Delta t_3$
 C. $\frac{1}{\Delta t_1} + \frac{1}{\Delta t_2} = \frac{1}{\Delta t_3}$ D. $\frac{1}{\Delta t_1} - \frac{1}{\Delta t_2} = \frac{1}{\Delta t_3}$

【反思感悟】

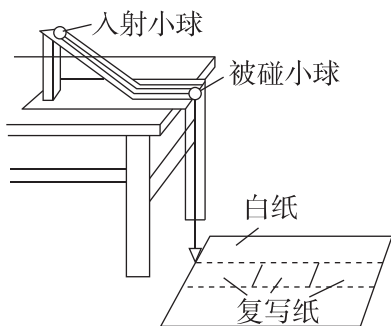
【注意事项】

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。

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。

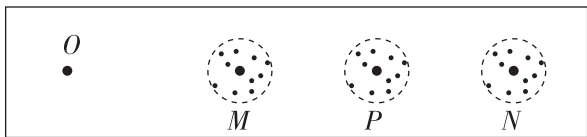


【实验器材】

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】

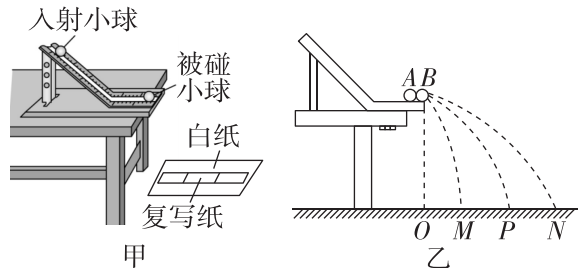
1. 用天平测出两个小球的质量 m_1 、 m_2 ，并选定质量大的小球为入射小球(设 $m_1 > m_2$)。
2. 按照图所示安装实验装置，调整固定斜槽使斜槽末端水平。
3. 白纸在下，复写纸在上，且在适当位置铺放好。记下铅垂线所指的位置 O 。
4. 不放被碰小球，让入射小球从斜槽上某固定高度处由静止滚下，重复 10 次。用圆规画尽量小的圆把所有的小球落点圈在里面，圆心 P 就是小球落点的平均位置。
5. 把被碰小球放在斜槽末端，让入射小球从斜槽同一高度处由静止滚下，使它们发生碰撞，重复实验 10 次。用步骤 4 的方法标出碰后入射小球落点的平均位置 M 和被碰小球落点的平均位置 N ，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 [2023·辽宁沈阳二中月考] 在“探究碰撞中的不变量”实验中，通过碰撞后做平抛运动测量速度的方法来进行实验，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 三个小球供此实验使用，则入射小球应该选取 _____ 进行实验(填字母代号)；

- A. 直径 $d_1 = 2$ cm, 质量 $m_1 = 24$ g
- B. 直径 $d_1 = 2$ cm, 质量 $m_2 = 12$ 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 _____ (填字母代号)；

- A. 斜槽必须足够光滑且安装时末端必须保持水平
- B. 小球每次都必须从斜槽上的同一位置由静止释放
- C. 必须测量出斜槽末端到水平地面的高度
- D. 实验中需要用到秒表测量小球空中飞行的时间

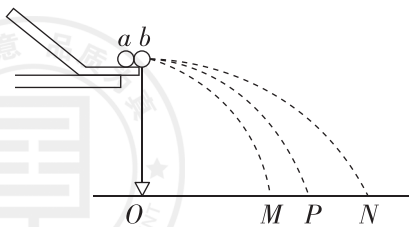
(3) 用刻度尺测量 M 、 P 、 N 距 O 点的距离依次为 x_1 、 x_2 、 x_3 ，通过验证等式 _____ 是否成立，从而验证动量守恒定律(填字母代号)。

- A. $m_2 x_2 = m_2 x_1 + m_1 x_3$
- B. $m_1 x_1 = m_2 x_2 + m_3 x_3$
- C. $m_1 x_2 = m_1 x_1 + m_2 x_3$
- D. $m_2 x_1 = m_2 x_2 + m_1 x_3$

【反思感悟】 _____

// 随堂巩固 //

1. (用平抛运动验证动量守恒定律)[2023·石家庄一中月考] 利用斜槽轨道做“验证动量守恒定律”的实验，实验中小球运动轨迹及落点的情况简图如图所示。



(1) 除了图中的器材外，还需要 _____ (填选项前的字母)。

- A. 停表
- B. 刻度尺
- C. 天平
- D. 弹簧测力计
- E. 游标卡尺

(2) 下列关于实验的一些要求中必要的是 _____ (填选项前的字母)。

- A. 两个小球的质量应满足 $m_a \ll m_b$
- B. 实验中重复多次让 a 球从斜槽上释放，应特别注意让 a 球从同一位置由静止释放
- C. 斜槽轨道末端的切线必须水平
- D. 需要测出轨道末端到水平地面的高度
- E. 必须测量出小球的直径