



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

必修第二册 RJ

数智教辅

索取二维码
贴此处
激活享受服务

AI时代就该用AI学习
遇到问题快扫我

天津出版传媒集团
天津人民出版社

CONTENTS



目录 | 导学案



扫码领取
单元真题练习
全科高考真题卷

05 第五章 抛体运动

PART FIVE

1 曲线运动	107
2 运动的合成与分解	110
第 1 课时 运动的合成与分解一般规律	110
第 2 课时 运动的合成与分解常见模型	112
3 实验:探究平抛运动的特点	114
4 抛体运动的规律	117
第 1 课时 平抛运动的性质和规律	117
第 2 课时 平抛运动的两个重要推论 一般的抛体运动	119
专题课:平抛运动与各种面结合问题	121
专题课:平抛运动中的临界与极值问题	123
◆ 知识整合与通关(五)	125

06 第六章 圆周运动

PART SIX

1 圆周运动	127
第 1 课时 匀速圆周运动	127
第 2 课时 圆周运动的传动问题和周期性问题	129
2 向心力	130
第 1 课时 向心力 实验:探究向心力大小的表达式	130
第 2 课时 向心力的分析与计算	133
3 向心加速度	135
4 生活中的圆周运动	136
专题课:竖直平面内的圆周运动问题	140
专题课:水平面内的圆周运动问题	142
◆ 知识整合与通关(六)	144

07 第七章 万有引力与宇宙航行

PART SEVEN

1 行星的运动	146
2 万有引力定律	148
3 万有引力理论的成就	152
4 宇宙航行	155
专题课:同步卫星及其分析 卫星周期问题	157
专题课:卫星变轨和双星模型	160
5 相对论时空观与牛顿力学的局限性	163
④ 知识整合与通关(七)	165

08 第八章 机械能守恒定律

PART EIGHT

1 功与功率	167
第1课时 功	167
第2课时 功率	169
专题课:变力做功问题和机车启动问题	171
2 重力势能	173
3 动能和动能定理	177
专题课:动能定理的应用	179
4 机械能守恒定律	183
专题课:系统机械能守恒问题	185
5 实验:验证机械能守恒定律	189
专题课:动能定理和机械能守恒定律的综合应用	192
专题课:功能关系及其应用	194
④ 知识整合与通关(八)	198

◆ 参考答案	201
--------	-----



AI学习有疑问
扫码添加AI伴学师



讲课智能体

1 曲线运动

学习任务一 曲线运动的速度方向及其性质

[教材链接] 阅读教材,完成下列填空:

(1)物体的运动轨迹为_____的运动叫作曲线运动.

(2)质点在某一点的速度方向,沿曲线在这一点_____.

(3)在曲线运动中,速度的_____是变化的,由于速度是_____,既有大小,又有方向,所以曲线运动一定是_____运动.

[科学探究] 观察在砂轮上磨刀具和撑开的带着水的伞绕伞柄旋转的图片,请思考:刀具与砂轮接触处的火星、伞面上的水滴分别沿什么方向飞出?



甲



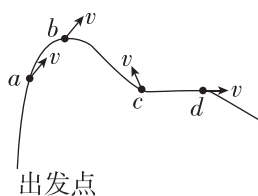
乙

【辨别明理】

- (1)做曲线运动的物体,速度可能不变. ()
- (2)做曲线运动的物体的位移大小可能与路程相等. ()
- (3)做曲线运动的物体加速度一定不为零. ()
- (4)速度变化的运动一定是曲线运动. ()

例 1 [2026·河北衡水中学高一月考] 2025年4月19日,天工 Ultra 机器人参加2025北京亦庄半程马拉松暨人形机器人半程马拉松,以2时40分42秒的成绩夺冠.若如图所示为该机器人比赛过程中经过的 a 、 b 、 c 、 d 四

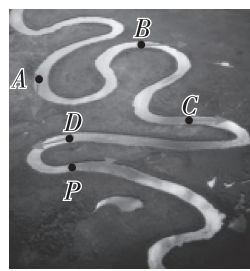
个位置,将机器人视为质点,其中速度方向可能正确的是 ()



- A. a 点
- B. b 点
- C. c 点
- D. d 点

【反思感悟】

例 2 [人教必修二教材改编] 如图所示,是从高空拍摄的一张地形照片,河水沿着弯弯曲曲的河床做曲线运动.图中 A 、 B 、 C 和 D 处河水的速度方向跟 P 处流水的速度方向几乎相同的是 (P 处为下游)



- A. A 和 B
- B. B 和 C
- C. B 和 D
- D. C 和 D

【反思感悟】

【要点总结】

曲线运动是变速运动,一定有加速度,当加速度恒定时为匀变速曲线运动,当加速度变化时为非匀变速曲线运动.

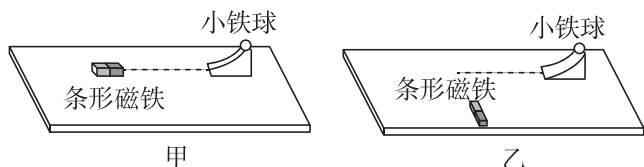
学习任务二 对曲线运动条件的理解

[教材链接] 阅读教材,完成下列填空:

(1)动力学条件:当物体所受合力的方向与它的速度方向_____时,物体做曲线运动.

(2)运动学条件:当物体加速度的方向与它的速度方向_____时,物体做曲线运动.

[科学探究] 如图所示,将圆弧形滑轨放在铺了一层白纸的水平桌面上,使其底端与桌面相切,让小铁球从圆弧形滑轨滚下以获得一定的初速度.为便于观察,从离开滑轨处起沿小铁球运动方向用刻度尺在白纸上画一直线.



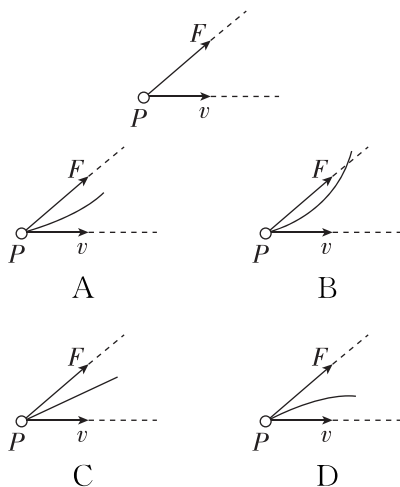
(1)图甲中,磁铁对小铁球的吸引力方向与小铁球的速度方向_____ (选填“在”或“不在”)同一条直线上;图乙中,磁铁对小铁球的吸引力方向与小铁球的速度方向_____ (选填“在”或“不在”)同一条直线上.

(2)小铁球做曲线运动时,受到的吸引力方向指向轨迹弯曲的_____.

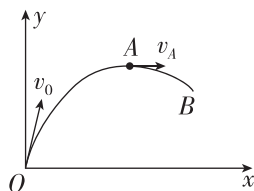
【辨别明理】

- (1)物体受到的合力不为零时一定做曲线运动. ()
- (2)物体受变力作用才做曲线运动. ()
- (3)物体在方向不变的力的作用下不可能做曲线运动. ()
- (4)合力恒定时,可能做曲线运动. ()
- (5)速度不为零,加速度也不为零时,物体一定做曲线运动. ()

例 3 [2025·云南昭通高一期末] 一物体在光滑水平面上运动,运动到 P 点时,对其施加水平恒力 F ,物体在 P 点的速度 v 和恒力 F 的方向如图所示(俯视图).物体在 P 点以后的运动轨迹可能正确的是 ()



变式 1 [2025·石家庄二中高一月考] 一个质点在恒力 F 作用下,在 xOy 平面上从 O 点运动到 B 点的轨迹如图所示,且在 A 点时的速度方向与 x 轴平行,则恒力 F 的方向可能是 ()



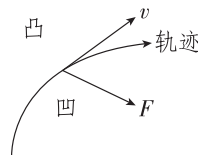
- A. 沿 x 轴正方向 B. 沿 x 轴负方向
C. 沿 y 轴正方向 D. 沿 y 轴负方向

【反思感悟】

【要点总结】

1. 轨迹、速度方向、合力方向的关系

合力指向轨迹的凹侧,轨迹夹在速度方向与合力方向之间.



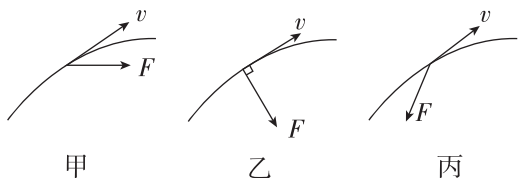
2. 运动的分类

$F(a)$ 与 v 的方向	轨迹特点	加速度特点	运动性质
共线	直线	恒定	匀变速直线运动
		不恒定	非匀变速直线运动
不共线	曲线	恒定	匀变速曲线运动
		不恒定	非匀变速曲线运动

曲线运动特征

(1)运动学特征:曲线运动一定为变速运动。
 (2)动力学特征:物体所受的合力一定不为零且和速度方向始终不在一条直线上(曲线运动条件).若合力方向与速度方向的夹角为 α ,则:

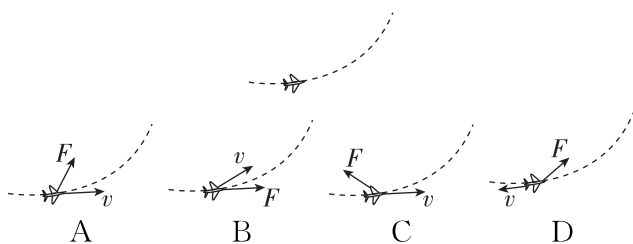
- ① α 为锐角时,速率增大,如图甲.
- ② α 为直角时,速率不变,如图乙.
- ③ α 为钝角时,速率减小,如图丙.



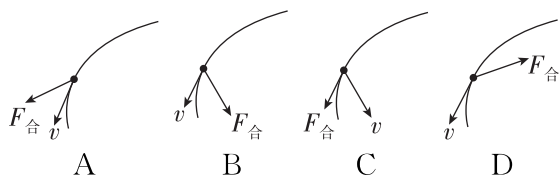
(3)轨迹特征:曲线运动的轨迹始终夹在合力方向与速度方向之间,而且向合力的一侧弯曲,或者说合力的方向总指向曲线的凹侧,轨迹只能平滑变化,不会出现折线.

示例 [2025·广东深圳高一期中] 第十五届中国航展上,我国新一代中型隐身多用途

战斗机歼-35A 惊喜亮相.假设歼-35A 某次飞行表演时正沿图示轨迹加速运动,则歼-35A 所受合力与速度关系可能为 ()

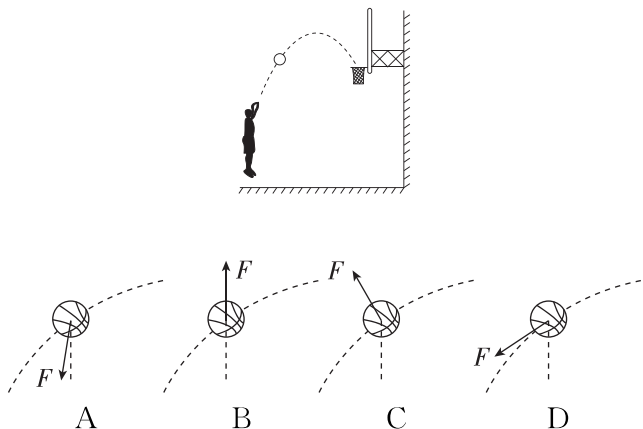


变式 2 [2026·湖南长沙一中高一月考] 在哈尔滨举行的第九届亚冬会短道速滑男子 500 米决赛上,中国队选手林孝俊夺得冠军.比赛中林孝俊减速滑过弯道时所受合力及速度方向可能正确的是 ()



// 随堂巩固 //

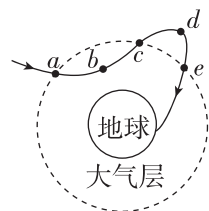
1. (曲线运动轨迹分析)[2023·辽宁卷] 某同学在练习投篮,篮球在空中的运动轨迹如图中虚线所示,篮球所受合力 F 的示意图可能正确的是 ()



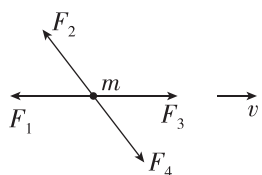
2. (对曲线运动速度方向的理解)“嫦娥五号”返回器携带月球样品在地球上预定区域安全

着陆.在落地之前,它在地球大气层打个“水漂”,如图所示为返回器跳跃式返回过程示意图,虚线圆为大气层的外边界,返回器从 a 点进入大气层,经 a 、 b 、 c 、 d 、 e 回到地面,其中 a 、 c 、 e 为轨迹和大气层外边界的交点.下列说法正确的是 ()

- A. 返回器经过 a 、 c 两点时速度方向可能相同
- B. 返回器经过 c 、 e 两点时速度方向可能相同
- C. 返回器经过 b 、 d 两点时加速度方向可能相同
- D. 返回器经过 d 点时速度方向与加速度方向可能垂直



3. (曲线运动的条件)(多选)[2025·宁夏银川一中高一月考] 如图所示,质量为 m 的物体在四个共点力的作用下做匀速直线运动,速度方向与力 F_1 、 F_3 的方向恰好在同一直线上. 下列说法正确的是 ()



- A. 若只撤去 F_1 , 物体做匀加速直线运动
- B. 若只撤去 F_3 , 物体做匀加速直线运动
- C. 若只撤去 F_2 , 物体做曲线运动, 速度先减小后增大
- D. 若只撤去 F_4 , 物体做曲线运动, 速度先减小后增大

2 运动的合成与分解

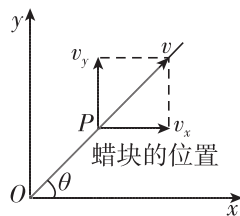
第1课时 运动的合成与分解一般规律

学习任务一 运动描述的实例——探究合运动与分运动

[教材链接] 阅读教材,完成下列填空:

(1)建立直角坐标系

如图所示,以运动开始时蜡块的位置为原点, _____ 的方向和 _____ 的方向分别为 x 轴和 y 轴的正方向.



(2)确定蜡块的位置:蜡块沿玻璃管匀速上升的速度设为 v_y ,玻璃管向右匀速移动的速度设为 v_x .从蜡块开始运动的时刻计时,在 t 时刻,蜡块的位置 P 可以用它的 x 、 y 两个坐标表示: $x = \underline{\hspace{2cm}}$, $y = \underline{\hspace{2cm}}$.

(3)蜡块的运动轨迹

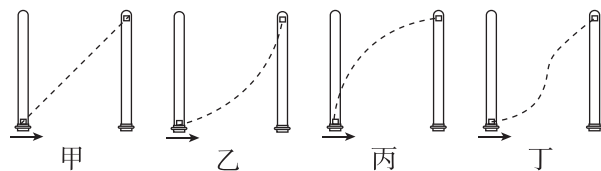
由以上两式可得: $y = \underline{\hspace{2cm}}$. 因为 v_y 、 v_x 都是常量,所以蜡块的运动轨迹是一条 _____.

(4)蜡块运动的速度

①蜡块运动的速度大小 $v = \underline{\hspace{2cm}}$.

②蜡块运动的速度方向与 x 轴正方向的夹角为 θ ,则 $\tan \theta = \underline{\hspace{2cm}}$.

例1 在研究运动的合成与分解时,蜡块在玻璃管内的液体中匀速上升,同时手持玻璃管沿水平方向做直线运动,得到如图所示的四个轨迹. 下列对图甲、乙、丙、丁中轨迹的描述可能正确的是 ()



- A. 图甲中玻璃管向右做匀加速直线运动
- B. 图乙中玻璃管向右做匀速直线运动
- C. 图丙中玻璃管向右做匀加速直线运动
- D. 图丁中玻璃管先向右匀加速运动再向右匀减速运动

[反思感悟] _____

学习任务二 运动的合成与分解

[教材链接] 阅读教材,完成下列填空:

(1)由分运动求合运动的过程,叫作 _____; 由合运动求分运动的过程,叫作 _____. 运动的合成与分解包括 _____ 的合成与分解和 _____ 的合成与分解.

(2)运动的合成与分解遵从 _____.

[辨别明理]

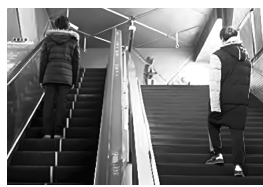
- (1)合运动一定是实际发生的运动. ()
- (2)合运动的速度一定比分运动的速度大. ()
- (3)由两个分速度的大小就可以确定合速度的大小. ()

例 2 [2026·广东深圳中学高一月考] 关于运动的合成与分解,下列说法正确的是 ()

- A. 两个直线运动的合运动一定是直线运动
- B. 合运动的速度一定比每一个分运动的速度都大
- C. 只要知道两个分速度的大小,就一定能确定合速度的大小
- D. 合运动与分运动具有等时性,即它们同时开始、同时结束

例 3 [人教教材必修二改编] 某商场设有步行楼梯和自动扶梯.步行楼梯每级的高度是 0.15 m,自动扶梯与水平面的夹角为 30° ,自动扶梯前进的速度是 0.60 m/s.甲、乙两位顾客,分别从自动扶梯和步行楼梯的起点同时上楼,甲在自动扶梯上站立不动,乙在步行楼梯上以每秒上两个台阶的速度匀速上楼.则 ()

- A. 甲、乙上楼的时间一定相等
- B. 甲、乙上楼的速度大小一定相同



- C. 甲、乙上楼的位移大小一定相同
- D. 甲上楼速度大小为 0.3 m/s

[反思感悟]

【要点总结】

对合运动与分运动关系的理解

同一性	分运动与合运动对应同一物体
独立性	一个物体同时参与两个(或多个)分运动,分运动之间互不影响
等时性	分运动总是同时开始,同时结束
等效性	各分运动叠加起来与合运动有相同的效果,可以相互替代

学习任务三 合运动性质的判断

[模型构建] 互成角度的两个直线运动的合成

两个互成角度 ($0 < \theta < 180^\circ$)的分运动	合运动的性质
两个匀速直线运动	匀速直线运动
一个匀速直线运动、一个匀变速直线运动	匀变速曲线运动
两个初速度为零的匀加速直线运动	匀加速直线运动
两个初速度不为零的匀变速直线运动	若 $v_{\text{合}}$ 与 $a_{\text{合}}$ 共线,则为匀变速直线运动
	若 $v_{\text{合}}$ 与 $a_{\text{合}}$ 不共线,则为匀变速曲线运动

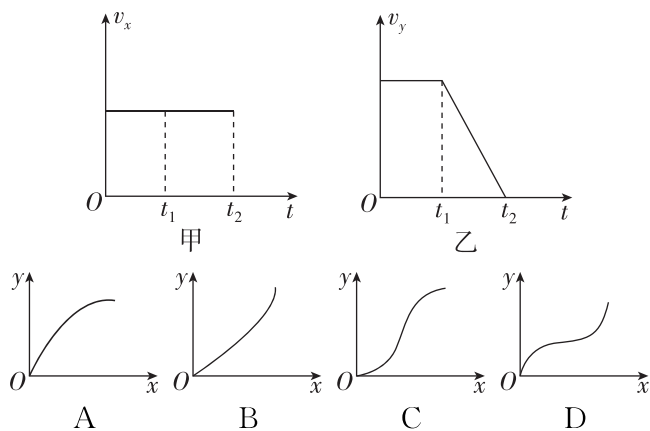
【辨别明理】

- (1)两个不共线匀速直线运动的合运动一定也是匀速直线运动. ()
- (2)两个不共线的分运动是直线运动,它们的合运动一定也是直线运动. ()
- (3)两个不共线匀变速直线运动的合运动不可能是直线运动. ()

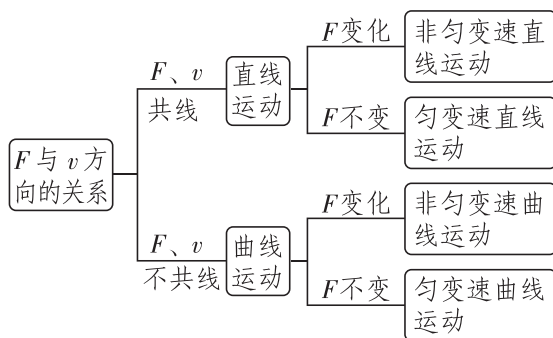
例 4 [2025·江西南昌十中高一月考] 关于合运动与分运动的性质,下列说法正确的是 ()

- A. 若两个分运动均为匀速直线运动,则合运动一定是匀速直线运动
- B. 若一个分运动为匀速直线运动,另一个分运动为匀加速直线运动,则合运动一定是匀加速直线运动
- C. 若两个分运动均为匀变速直线运动,则合运动一定是匀变速直线运动
- D. 合运动的速度大小一定大于任意一个分运动的速度大小

变式 [2026·湖北武汉新洲一中高一月考] 有一架正在飞行的无人机,其在水平方向(以水平向右为 x 轴正方向)和竖直方向(以竖直向上为 y 轴正方向)的速度—时间图像分别如图甲、乙所示.则在 $0 \sim t_2$ 时间内,该无人机的运动轨迹可能为 ()



【要点总结】



// 随堂巩固 //

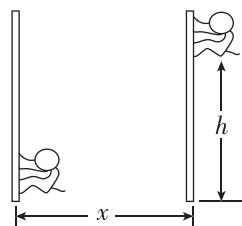
1. (对运动的合成与分解的理解)有关运动的合成,下列说法中正确的是 ()

- A. 两个直线运动的合运动一定是直线运动
- B. 两个不在同一直线上的匀速直线运动的合运动一定是匀速直线运动
- C. 两个初速度不为零的匀加速直线运动的合运动一定是匀加速直线运动
- D. 一个匀加速直线运动和一个匀速直线运动的合运动一定是匀加速直线运动

2. (运动的合成与分解)(多选)[2025·河北张家口高一开学考]在杂技表演中,猴子沿竖直杆向上做初速度为零、加速度为 a 的匀加速

运动,同时人顶着直杆以速度 v_0 水平匀速移动,经过时间 t ,猴子沿杆向上移动的高度为 h ,人顶杆沿水平地面移动的距离为 x ,如图所示.关于猴子的运动情况,下列说法中正确的是 ()

- A. 相对地面做匀速直线运动
- B. 相对地面做匀变速曲线运动
- C. t 时间内猴子对地的位移大小为 x
- D. t 时刻猴子对地的速度大小为 $\sqrt{v_0^2 + (at)^2}$



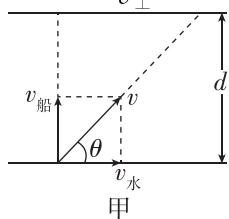
第2课时 运动的合成与分解常见模型

学习任务一 小船渡河模型

[模型建构] 小船的实际运动是船随水流的运动(速度为 $v_{水}$)和船在静水中的运动(速度为 $v_{船}$)的合运动.船的航行方向是实际运动的方向,即合速度的方向.两个方向的运动情况相互独立、互不影响.

(1) 渡河时间最短问题

① 渡河时间 t 取决于河宽 d 及船沿垂直河岸方向上的速度大小,即 $t = \frac{d}{v_{\perp}}$.

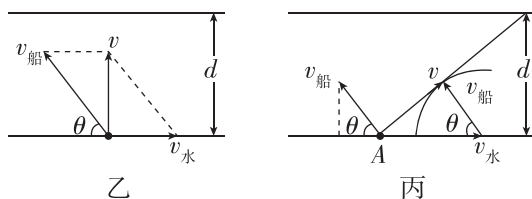


② 若要渡河时间最短,只要使船头垂直于河岸航行即可,如图甲所示,此时 $t = \frac{d}{v_{船}}$.

请记住:要渡河时间最短,船头应垂直指向河对岸,即 $v_{船}$ 与水流方向垂直,渡河时间与 $v_{水}$ 无关.

(2) 渡河位移最短问题

① 若 $v_{水} < v_{船}$,最短的位移为河宽 d ,船头与上游河岸的夹角 θ 满足 $\cos \theta = \frac{v_{水}}{v_{船}}$,如图乙所示.



②若 $v_{\text{水}} > v_{\text{船}}$, 如图丙所示, 从出发点 A 开始作矢量 $v_{\text{水}}$, 再以 $v_{\text{水}}$ 末端为圆心, 以 $v_{\text{船}}$ 的大小为半径画圆弧, 自出发点 A 向圆弧作切线, 切线方向即为船位移最小时的合运动的方向. 这时船头与河岸的夹角 θ 满足 $\cos \theta = \frac{v_{\text{船}}}{v_{\text{水}}}$, 最短位移 $x_{\text{短}} = \frac{d}{\cos \theta}$.

例 1 [2026 · 广东中山纪念中学高一月考] 一小船渡河, 河宽 $d = 180 \text{ m}$, 水流速度大小 $v_1 = 2.5 \text{ m/s}$, 船在静水中的速度大小为 $v_2 = 5 \text{ m/s}$. ($\sin 37^\circ = \cos 53^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = \sin 53^\circ = 0.8$)

- (1) 要使船在最短的时间内渡河, 船头应朝什么方向? 最短时间是多少?
- (2) 要使船渡河的航程最短, 船头应朝什么方向? 用多长时间?

(3) 若船在静水中的速度为 $v_2' = 1.5 \text{ m/s}$, 要使船渡河的航程最短, 船头应朝什么方向? 位移是多少?

【要点总结】

1. 解决小船渡河问题的关键是: 正确区分合运动与分运动. 沿船头指向方向的运动是分运动, 船的实际运动是合运动, 一般情况下与船头指向不共线.
2. 小船渡河时间最短与位移最短是两种不同的运动情境, 时间最短时, 位移不是最短.
3. 渡河最短时间与船随水漂流的速度大小无关, 只要船头指向与河岸垂直, 渡河时间即为最短.

学习任务二 关联速度模型

[模型构建] “关联速度”模型

(1) “关联速度”

关联体一般是两个或两个以上由轻绳或轻杆联系在一起, 或直接挤压在一起的物体, 它们的运动称为关联运动. 一般情况下, 在运动过程中, 相互关联的两个物体不是都沿绳或杆运动的, 即二者的速度通常不同, 但却有某种联系, 我们称二者的速度为“关联速度”.

(2) 常见的模型及“关联速度”分解(如表所示)

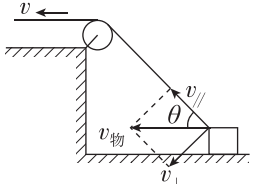
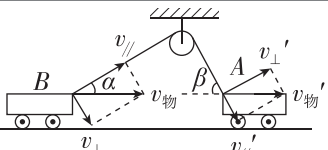
① 确定合运动的方向: 物体实际运动的方向就是合运动的方向, 即合速度的方向.

② 确定合运动的两个效果.

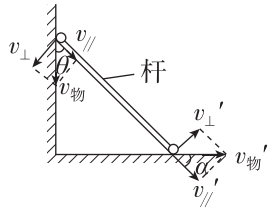
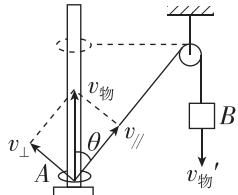
效果 1: (平动效果) 沿绳或杆方向的运动

效果 2: (转动效果) 垂直绳或杆方向的运动

③ 根据沿绳(或杆)方向的速度相等列方程求解

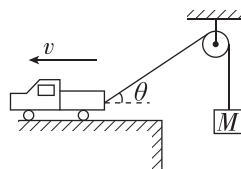
	$v = v_{\parallel} = \underline{\hspace{2cm}}$
	即 $v_{\parallel} = v_{\parallel}' = \underline{\hspace{2cm}}$

(续表)

	$v_{\parallel} = v_{\parallel}'$ 即 $\underline{\hspace{2cm}}$
	$v_{\text{物}}' = v_{\parallel} = \underline{\hspace{2cm}}$

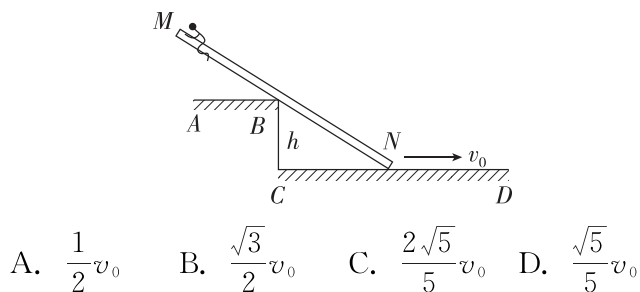
例 2 如图所示, 汽车通过绳子绕过定滑轮连接重物 M 一起运动, 不计滑轮摩擦和绳子质量, 已知汽车以速度 v 匀速向左运动, 绳子与水平方向夹角为 θ , 重物 M 的速度用 v_M 表示. 则 ()

- 重物做匀速运动
- 重物做匀变速运动
- $v_M = v \cos \theta$
- $v = v_M \cos \theta$



[反思感悟]

例 3 [2025·贵州贵阳高一期末] 火灾逃生的首要原则是离开火灾现场,如图所示是火警设计的一种让当事人快捷逃离现场的救援方案:用一根不变形的轻杆 MN 支撑在楼面平台 AB 上, N 端在水平地面上向右以速度 v_0 匀速运动,被救助的人员紧抱在 M 端随轻杆一起向平台 B 端靠近,平台高为 h ,当 $CN = 2h$ 时,被救人员向 B 点运动的速率是 ()

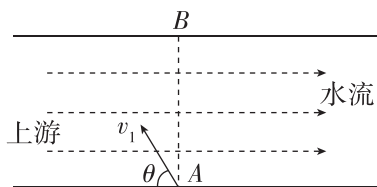


- A. $\frac{1}{2}v_0$ B. $\frac{\sqrt{3}}{2}v_0$ C. $\frac{2\sqrt{5}}{5}v_0$ D. $\frac{\sqrt{5}}{5}v_0$

[反思感悟]

// 随堂巩固 //

1. (小船渡河模型)(多选)[2025·湖南雅礼中学高一月考] 如图所示,某一段河流的两岸相互平行,各处的水流速度相同且平稳,小船以大小为 $v_1 = 5 \text{ m/s}$ (在静水中的速度)、方向与上游河岸夹角 $\theta = 53^\circ$ 的速度从 A 处渡河,经过一段时间 $t = 60 \text{ s}$ 正好到达正对岸的 B 处,则下列说法中正确的是 ($\sin 53^\circ = 0.8$) ()

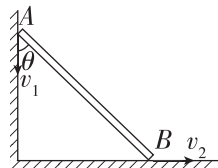


- A. 河中水流速度为 3 m/s
B. 由已知条件可知河宽为 240 m

- C. 小船渡河的最短时间为 60 s
D. 小船以最短的时间渡河的位移是 $d = 240 \text{ m}$

2. (关联速度模型) 如图所示,一根长直轻杆 AB 在墙角沿竖直墙和水平地面滑动(假设 A 端不脱离墙面). 当 AB 杆和墙的夹角为 θ 时,杆的 A 端沿墙下滑的速度大小为 v_1 , B 端沿地面滑动的速度大小为 v_2 , 则 v_1 、 v_2 的关系是 ()

- A. $v_1 = v_2$
B. $v_1 = v_2 \cos \theta$
C. $v_1 = v_2 \tan \theta$
D. $v_1 = v_2 \sin \theta$



3 实验:探究平抛运动的特点

[教材链接] 阅读教材,完成下列填空:

1. 抛体运动

(1)定义:以 _____ 将物体抛出,在空气阻力 _____ 的情况下,物体只受 _____ 作用,这时的运动叫作抛体运动.

(2)条件:

- ①有一定的初速度;
②只受重力作用.

2. 平抛运动

(1)定义:初速度沿 _____ 方向的抛体运动.

(2)特点:

- ①初速度沿 _____ 方向;
②只受 _____ 作用.

(3)平抛运动的性质:加速度为 g 的匀变速曲线

运动.

【实验思路】

1. 思路:把复杂的曲线运动分解为不同方向上的两个相对简单的直线运动.

2. 平抛运动的分解方法

(1)平抛运动的特点:物体是沿着水平方向抛出的,在运动过程中只受到竖直向下的重力作用.

(2)分解方法:分解为水平方向的分运动和竖直方向的分运动.

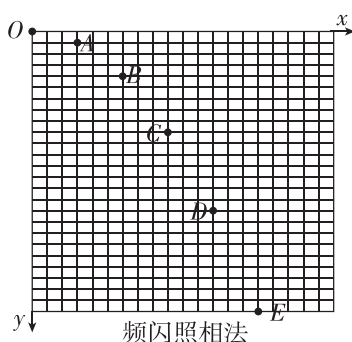
方案一 利用频闪照相或者录制视频的方法探究平抛运动

【实验步骤】

1. 让小球从水平桌面上飞出,在小球后面放置带方格的黑板作为背景.

2. 用频闪照相或者录制视频的方法,记录小球在不同时刻的位置.

3. 以抛出点为坐标原点,以初速度方向为 x 轴正方向,



竖直向下为 y 轴正方向,建立直角坐标系,记录小球的水平位移和竖直位移.

4. 记录需要测量的数据.小球其他位置中心依次为 A 、 B 、 C 、 D 、 E 、 \dots ,过 A 、 B 、 C 、 D 、 E 、 \dots 点分别作 x 、 y 轴的垂线,在 x 、 y 轴上测量 OA 、 OB 、 OC 、 OD 、 OE 、 \dots 之间的距离,记为 x_{OA} 、 y_{OA} 等,建立表格.

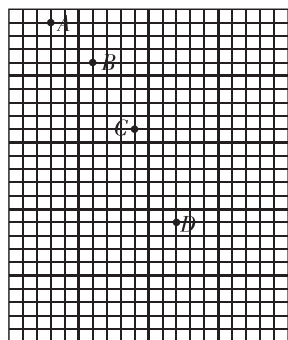
	OA	OB	OC	OD	OE	$\dots\dots$
t	T	$2T$	$3T$	$4T$	$5T$	$\dots\dots$
x/mm						
y/mm						

5. 判断水平方向和竖直方向分别做什么运动.

(1) 在误差允许的范围内,若 $x_{OA} = x_{AB} = x_{BC} = x_{CD} = x_{DE}$,则表明平抛运动的水平分运动为匀速直线运动.

(2) 在误差允许的范围内,若 $y_{DE} - y_{CD} = y_{CD} - y_{BC} = y_{BC} - y_{AB} = y_{AB} - y_{OA}$,则根据 $(y_{DE} + y_{CD}) - (y_{BC} + y_{AB}) = 4aT^2$, T 为频闪周期,可得加速度 a .若 $a = g$ (g 为重力加速度),且 $y_{OA} : y_{AB} : y_{BC} : y_{CD} : y_{DE} = 1 : 3 : 5 : 7 : 9$,则表明平抛运动的竖直分运动为自由落体运动.

例 1 如图所示为一小球做平抛运动的频闪照片的一部分,闪光频率是 10 Hz ,图中背景方格的边长均为 5 cm .



(1) 定性分析:由于频闪时间间隔相等,根据 _____,可判断水平方向是 _____;根据 _____,

可判断竖直方向是 _____.

(2) 定量计算:

① 小球运动中水平分速度的大小是 _____ m/s .

② 小球经过 B 点时的速度大小是 _____ m/s .

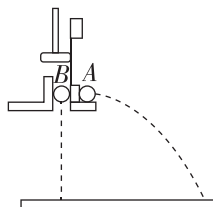
[反思感悟]

方案二 利用平抛竖落仪和斜槽探究平抛运动

(一) 探究平抛运动竖直分运动的特点

1. 把两个等大的金属小球放置在如图所示的装置上.

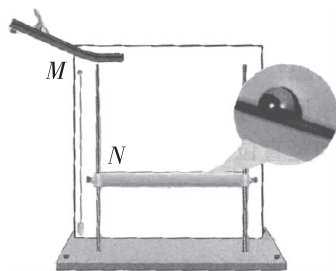
2. 用小锤击打弹性金属片,观察两球的运动轨迹,比较它们落地时间的先后.



3. 分别改变小球距离地面的高度和小锤击打的力度,多次重复实验,比较它们落地时间的先后.

4. 若两小球总是同时落地,则表明平抛运动的竖直分运动是自由落体运动.

(二) 探究平抛运动水平分运动的特点



1. 将一张白纸和复写纸固定在装置的背板上.

2. 按照图示安装实验装置,使斜槽 M 末端水平.

3. 把斜槽末端上钢球球心位置在白纸上的投影标记为 O 点.

4. 使钢球从斜槽上同一位置由静止滚下,上下调节装置中的倾斜挡板 N ,使钢球落到上面,钢球挤压复写纸,在白纸上留下印迹.

5. 上下调节挡板 N ,重复步骤 4,在白纸上记录钢球所经过的多个位置.

6. 用平滑曲线把这些印迹连接起来,就得到钢球做平抛运动的轨迹.

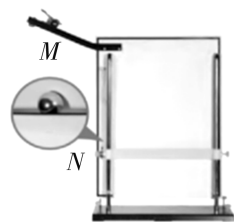
7. 以 O 点为坐标原点,水平方向为 x 轴,竖直方向为 y 轴,建立平面直角坐标系.

8. 在钢球平抛运动轨迹上选取分布均匀的六个点—— A 、 B 、 C 、 D 、 E 、 F ,用刻度尺、三角板测出它们的坐标 (x, y) ,并记录在下面的表格中,已知当地重力加速度 g 的值,利用公式 $y = \frac{1}{2}gt^2$ 和 $x = v_0t$,求出小球做平抛运动的初速度 v_0 ,最后算出 v_0 的平均值.

	A	B	C	D	E	F
x/mm						
y/mm						
$v_0 =$						
$x \sqrt{\frac{g}{2y}} / (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$						
v_0 的平均值 $/ (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$						

例 2 在做“研究平抛运动”的实验时,如图所示,让小球多次沿同一轨道运动,通过描点法画小球做平抛运动的轨迹.为了能较准确地描绘运动轨迹:

(1)实验前要检查斜槽末端是否水平,请简述你的检查方法: _____



(2)每次释放小球的位置必须 _____ (填“相同”或“不同”),每次必须由 _____ (填“运动”或“静止”)释放小球.

(3)将球的位置记录在纸上后,取下纸,将点连成 _____ (填“折线”“直线”或“平滑曲线”).

【注意事项】

1. 平板必须处于竖直平面内,固定时要用铅垂线检查坐标纸竖线是否竖直.
2. 钢球每次必须从斜槽上同一位置由静止滚下.
3. 坐标原点不是槽口的端点,应是钢球在槽口时球心在平板上的投影点.
4. 钢球开始滚下的位置高度要适中,以使钢球做平抛运动的轨迹由坐标纸的左上角一直到达右下角为宜.
5. 应在轨迹上选取离坐标原点 O 较远的一些点来计算初速度.

// 随堂巩固 //

1. (实验器材选取)在“探究平抛运动的特点”实验中,为减小空气阻力对小球运动的影响,应采用 _____ ()

- A. 实心小铁球
- B. 空心小铁球
- C. 实心小木球
- D. 以上三种小球都可以

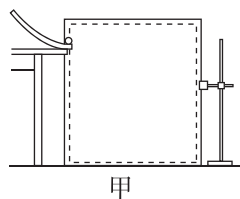
2. (实验条件)[2025·浙江温州中学高一期中]在“探究平抛运动的特点”的实验中,如果小球每次从斜槽滚下的初始位置不同,则下列说法错误的是 _____ ()

- A. 小球平抛的初速度不同
- B. 小球每次做不同的抛物线运动
- C. 小球在空中运动的时间每次均不同
- D. 小球通过相同的水平位移所用的时间均不同

3. (实验综合)采用如图甲所示的实验装置做“研究平抛运动”的实验.

(1)实验时需要用到 _____.

- A. 弹簧测力计
- B. 重垂线
- C. 打点计时器

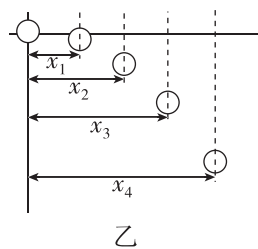


(2)做实验时,让小球多次沿同一轨道运动,通过描点法画出小球平抛运动的轨迹.下列的一些操作要求,正确的是 _____.

- A. 每次必须由同一位置静止释放小球
- B. 每次必须严格地等距离下降记录小球位置
- C. 小球运动时不应与木板上的白纸相接触
- D. 记录的点应适当多一些

(3)若用频闪摄影方法来验证小球在平抛过程中水平方向是匀速运动,记录下如图乙所示的频闪照片.在测得 x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 后,需要验证的关系是_____.

已知频闪周期为 T ,用下列计算式求得水平速度,误差较小的是_____.



- A. $\frac{x_1}{T}$ B. $\frac{x_2}{2T}$ C. $\frac{x_3}{3T}$ D. $\frac{x_4}{4T}$

4 抛体运动的规律

第1课时 平抛运动的性质和规律

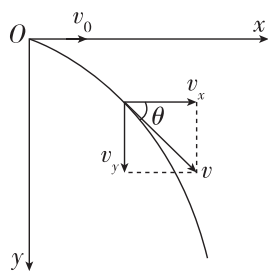
学习任务一 平抛运动参量分析

[科学探究] 平抛运动的研究方法:

以速度 v_0 沿水平方向抛出一物体,以抛出点为原点,以初速度 v_0 的方向为 x 轴正方向,竖直向下的方向为 y 轴正方向,建立如图所示的平面直角坐标系.

(1)水平方向:物体不受力,加速度 $a_x = \underline{\hspace{2cm}}$, $v_x = v_0$.

(2)竖直方向:初速度是 0,物体只受重力,加速度 $a_y = \underline{\hspace{2cm}}$, $v_y = \underline{\hspace{2cm}}$.



(3)合速度

①大小: $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2}$.

②方向: $\tan \theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{gt}{v_0}$ (θ 为 v 与 v_0 的夹角).

[辨别明理]

(1)平抛运动是曲线运动,它的速度方向不断改变,不可能是匀变速运动. ()

(2)平抛运动可以分解为水平方向的匀速直线运动和竖直方向的自由落体运动. ()

(3)平抛运动的速度方向沿轨迹的切线方向,速度大小、方向都不断变化. ()

(4)做平抛运动的物体的速度方向与水平方向的夹角越来越大,若抛出点足够高,速度方向最终可能竖直向下. ()

例1 (多选)[2026·山东青岛二中高一月考] 关于做平抛运动的物体,下列说法正确的是 ()

- A. 物体在任意相等时间内位移的增加量都相等
B. 物体做的是加速度大小、方向都不变的匀变速曲线运动
C. 水平射程由初速度决定,初速度越大,水平射程越大
D. 在空中运动的时间由下落高度决定,与初速度无关

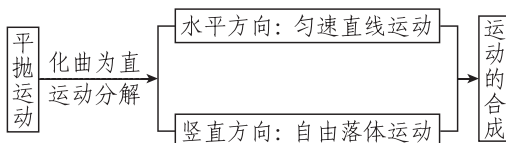
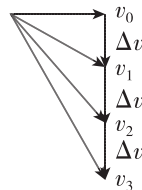
变式 [2026·湖北荆州中学高一月考] 如图所示,青蛙先后两次从高处荷叶上的同一位置,跳到低处荷叶上 A、B 两点,A、B 在同一水平面内且 A 点更靠近青蛙的起跳点.将青蛙的跳跃视为平抛运动,则 ()

- A. 运动时间 $t_A > t_B$
B. 运动时间 $t_A < t_B$
C. 起跳速度 $v_A < v_B$
D. 速度变化量 $\Delta v_A < \Delta v_B$



[要点总结]

- 平抛运动的性质:加速度为 g 的匀变速曲线运动.
- 速度变化特点:任意两个相等的时间间隔内速度的变化量相同, $\Delta v = g\Delta t$,方向竖直向下,如图所示.
- 平抛运动的研究方法:运动的分解与合成.



学习任务二 平抛运动基本公式的应用和轨迹分析

[模型建构] 平抛运动的规律

(1) 水平方向: $x = \underline{\hspace{2cm}}$.

(2) 竖直方向: $y = \underline{\hspace{2cm}}$.

(3) 轨迹方程: $y = \underline{\hspace{2cm}}$, 式中 g 、 v_0 都是与 x 、 y 无关的常量, 所以其轨迹是一条抛物线.

例 2 从某一高度处水平抛出一物体, 它落地时速度是 50 m/s , 方向与水平方向成 53° 角. 求: (不计空气阻力, g 取 10 m/s^2 , $\cos 53^\circ = 0.6$, $\sin 53^\circ = 0.8$)

(1) 抛出点的高度和水平射程;

(2) 抛出后 3 s 末的速度;

(3) 抛出后 3 s 内的位移.

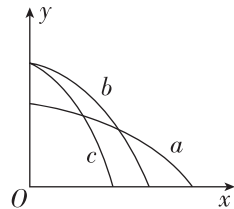
例 3 如图所示, x 轴在水平地面上, y 轴沿竖直方向. 图中画出了从 y 轴上沿 x 轴正向抛出的三个小球 a 、 b 和 c 的运动轨迹, 其中 b 和 c 是从同一点抛出的, 不计空气阻力, 则 ()

A. a 的初速度比 b 的小

B. a 的初速度比 c 的大

C. a 的飞行时间比 b 的长

D. b 的飞行时间比 c 的长



[要点总结]

影响做平抛运动的物体的飞行时间、水平射程及落地速度的因素:

(1) 飞行时间: 由 $h = \frac{1}{2}gt^2$, 得到运动时间 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$, 即做平抛运动的物体在空中的飞行时间仅取决于下落的高度 h , 与初速度 v_0 无关.

(2) 水平射程: $x = v_0 t = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$, 即水平位移与初速度 v_0 和下落的高度 h 有关.

(3) 落地速度: $v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$, v 由初速度 v_0 和下落高度 h 共同决定.

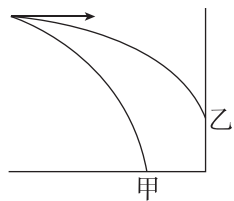
// 随堂巩固 //

1. (对平抛运动的理解) 关于平抛运动, 下列说法中不正确的是 ()

- A. 平抛运动是一种在恒力作用下的曲线运动
- B. 平抛运动的速度方向与加速度方向的夹角保持不变
- C. 平抛运动的速度大小是时刻变化的
- D. 平抛运动的速度方向与加速度方向的夹角一定越来越小

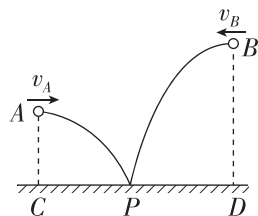
2. (平抛运动公式应用和轨迹分析) [2026 · 河北邢台一中高一月考] 如图所示, 小明将网球从同一位置分别以 v_1 、 v_2 的速度水平击出,

网球分别落在甲、乙两点, 忽略空气阻力, 网球可看作质点, 则 v_1 、 v_2 的大小关系是 ()



- A. $v_1 > v_2$
- B. $v_1 < v_2$
- C. $v_1 = v_2$
- D. 无法判断

3. (多个物体做平抛运动的对比) 如图所示, A 、 B 两小球分别从距地面高度为 h 、 $2h$ 处以速度 v_A 、 v_B 水平抛出, 均落在水平面上 CD 间的中点 P , 它们在空中运动的时间分别为 t_A 、 t_B . 不计空气阻力, 下列结论正确的是 ()



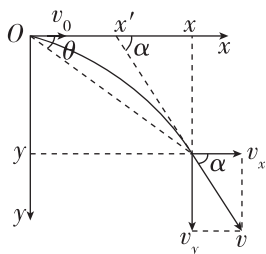
- A. $t_A : t_B = 1 : \sqrt{2}$
- B. $t_A : t_B = 1 : 2$
- C. $v_A : v_B = 1 : \sqrt{2}$
- D. $v_A : v_B = 1 : 2$

第2课时 平抛运动的两个重要推论 一般的抛体运动

学习任务一 平抛运动的两个重要推论

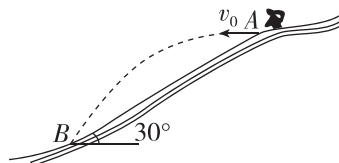
[科学推理]

(1) 如图所示, 设质点做平抛运动的速度方向与水平方向的夹角(速度偏向角)为 α , 位移方向与水平方向的夹角(位移偏向角)为 θ , 试证明 $\tan \alpha = 2 \tan \theta$.



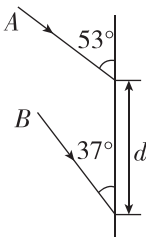
(2) 试证明平抛运动的速度的反向延长线过水平位移的中点, 即 $x' = \frac{x}{2}$.

例1 [2025·湖北武汉二中高一月考] 跳台滑雪是一项勇敢者的运动, 如图某运动员从跳台 A 处沿水平方向飞出, 在斜面 AB 上的 B 处着陆, 斜面 AB(可看作直线)与水平方向夹角为 30° 且足够长, 不计空气阻力, 下列说法正确的是 ()



- A. 运动员落在 B 处的速度与水平方向夹角为 60°
- B. 运动员在斜面上的落点到 A 点的距离与初速度成正比
- C. 运动员飞出的水平速度减小, 落在斜坡上的速度与水平方向夹角减小
- D. 运动员飞出的水平速度减小, 落在斜坡上的速度与水平方向夹角不变

例2 在电视剧里, 我们经常看到这样的画面: 屋外刺客向屋里投来两支飞镖, 落在墙上, 如图所示. 现设飞镖是从同一位置做平抛运动射出来的, 飞镖 A 与竖直墙壁成 53° 角, 飞镖 B 与竖直墙壁成 37° 角, 两落点相距为 d , 不计空气阻力, 那么刺客离墙壁的距离为 ($\sin 37^\circ = 0.6, \cos 37^\circ = 0.8$) ()



- A. $\frac{9}{7}d$
- B. $2d$
- C. $\frac{24}{7}d$
- D. $\frac{12}{7}d$

[反思感悟]

学习任务二 一般的抛体运动

[模型建构]

(1) 斜抛运动: 以一定的初速度将物体沿与水平方向成一定角度的方向抛出, 物体仅在重力作用下所做的曲线运动.

(2) 斜抛运动的性质: 斜抛运动是加速度恒为重力加速度 g 的匀变速曲线运动, 轨迹是抛物线.

(3) 斜抛运动的基本规律(以斜向上抛为例说

明, 如图所示)

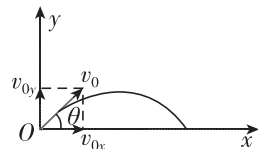
① 水平方向: $v_{0x} = v_0 \cos \theta$,

$F_{\text{合}x} = 0$.

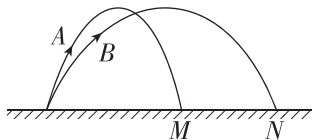
② 竖直方向: $v_{0y} =$

$v_0 \sin \theta, F_{\text{合}y} = mg$.

(4) 斜抛运动可以看作是水平方向的匀速直线运动和竖直方向的竖直上抛(或下抛)运动的合运动.

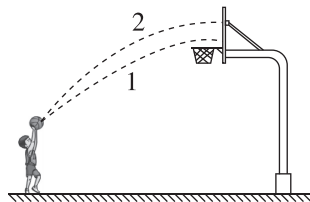


例3 (多选)[2025·西安高新一中高一月考] 如图所示,从水平地面上同一位置抛出两小球A、B,分别落在地面上的M、N点.两球运动的最大高度相同.空气阻力不计.从小球抛出到落地的过程中,下列说法正确的是 ()



- A. A比B的加速度大
- B. B的飞行时间比A的长
- C. A在最高点的速度比B在最高点的速度小
- D. 两小球相等时间内的速度变化量相等

例4 [2026·江苏镇江实验高级中学高一月考] 某同学练习定点投篮,其中有两次篮球垂直撞在竖直篮板上,篮球的轨迹分别如图中曲线1、2所示.不计空气阻力,第2次与第1次相比,篮球()



- A. 在空中运动的加速度小
- B. 在空中运动的时间较短
- C. 被抛出时的竖直分速度较大
- D. 被抛出时的水平分速度较大

| 素养提升 |

类平抛问题

1. 类平抛运动的分析

所谓类平抛运动,就是受力特点和运动特点类似于平抛运动的运动,即受到一个恒定的外力且外力与初速度方向垂直,物体做匀变速曲线运动.

(1)受力特点:物体所受合力为恒力,且与初速度的方向垂直.

(2)运动特点:沿初速度 v_0 方向做匀速直线运动,沿合力方向做初速度为零的匀加速直线运动.

2. 求解方法

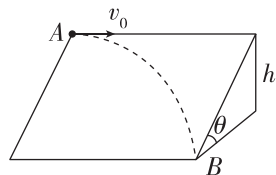
(1)常规分解法:将类平抛运动分解为沿初速度方向的匀速直线运动和垂直于初速度方向(即沿合力方向)的匀加速直线运动.

(2)特殊分解法:对于有些问题,可以过抛出点建立适当的直角坐标系,将加速度 a 分解

为 a_x 、 a_y ,初速度 v_0 分解为 v_x 、 v_y ,然后分别在 x 、 y 方向上列方程求解.

示例 (多选)如图,一光滑宽阔的斜面倾角为 θ ,高为 h ,现有一小球在A处以水平速度 v_0 射出,最后从B处离开斜面,重力加速度为 g ,下列说法正确的是 ()

- A. 小球的运动轨迹为抛物线
- B. 小球的加速度为 $g \sin \theta$
- C. 小球从A处到达B处所用的时间为

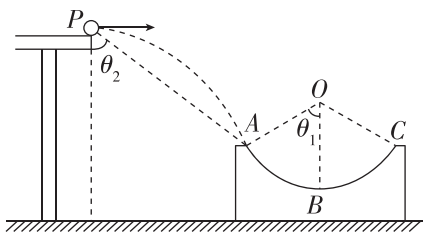


- D. 小球到达B处时水平方向位移大小为 $v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$

// 随堂巩固 //

1. (平抛运动二级结论的应用)如图所示,圆弧形凹槽固定在水平地面上,其中ABC是以O为圆心的一段圆弧,位于竖直平面内.现有一小球从水平桌面的边缘P点向右水平飞出,

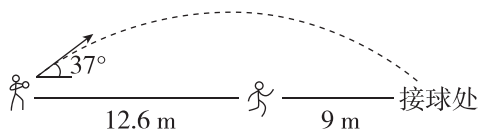
小球恰好能从A点沿圆弧的切线方向进入轨道,OA与竖直方向的夹角为 θ_1 ,PA与竖直方向的夹角为 θ_2 ,已知 $\cot \theta = \frac{1}{\tan \theta}$,下列说法正确的是 ()



- A. $\tan \theta_1 \tan \theta_2 = 2$ B. $\cot \theta_1 \tan \theta_2 = 2$
 C. $\tan \theta_1 \cot \theta_2 = 2$ D. $\cot \theta_1 \cot \theta_2 = 2$

2. (一般的抛体运动)[2025·江西南昌高一期末] 篮球运动中,“快攻”是一种很具有观赏性的进攻方式. 发球者从底线将篮球大力发出,接球者迅速跑到前场接球,攻框得分. 篮球的运动可视为忽略空气阻力的抛体运动,某时刻,接球者从距离发球者 12.6 m 的位置向对

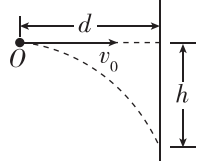
方场地匀速奔跑,与此同时,发球者将球沿斜向上的方向抛出,速度与水平方向夹角为 37° ,发球与接球时篮球离地高度相同,重力加速度 g 取 10 m/s^2 . $\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$,为使接球者奔跑 9 m 后接到篮球,则下列说法正确的是 ()



- A. 发球者抛出篮球的速度大小为 16 m/s
 B. 篮球在空中运动的时间为 1.6 s
 C. 接球者奔跑的速度大小为 5 m/s
 D. 篮球在空中运动的加速度先减小后增大

专题课:平抛运动与各种面结合问题

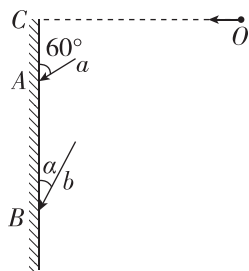
学习任务一 与竖直面有关的平抛运动

图示	
定量关系	水平方向: $d = v_0 t$ 竖直方向: $h = \frac{1}{2} g t^2$

例 1 [2025·河南实验中学高一月考] 如图所示,飞镖 a 、 b 从同一位置 O 水平向左掷出,分别打在镖盘上 A 、 B 两点,镖盘上的 C 点与 O 在同

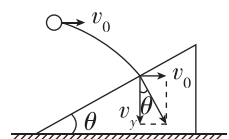
一条水平线上, a 、 b 与竖直镖盘的夹角分别为 60° 和 α . 已知 $AB = 2AC$, 不计空气阻力,下列说法正确的是 ()

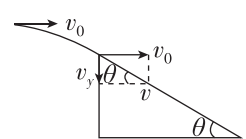
- A. 飞镖 a 、 b 在空中飞行的时间之比为 1 : 3
 B. 飞镖 a 、 b 的初速度大小之比为 3 : 1
 C. 飞镖 a 、 b 打在镖盘上时的速度大小之比为 1 : 1



- D. 飞镖 b 与镖盘的夹角 α 的正切值为 $\frac{\sqrt{3}}{2}$

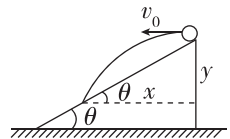
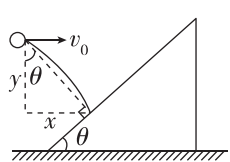
学习任务二 与斜面有关的平抛运动

	情景示例	解题策略
已知速度方向	从斜面外平抛,垂直落在斜面上,如图所示,即已知速度的方向垂直于斜面 	分解速度 $\tan \theta = \frac{v_0}{v_y} = \frac{v_0}{gt}$

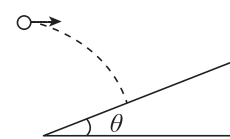
	情景示例	解题策略
已知速度方向	从斜面外水平抛出,恰好无碰撞地进入斜面轨道,如图所示,即已知该点速度沿斜面方向 	分解加速度 $\tan \theta = \frac{v_y}{v_0} = \frac{gt}{v_0}$

(续表)

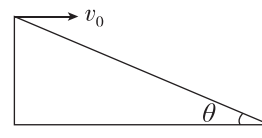
(续表)

	情景示例	解题策略
已知位移方向	<p>从斜面上平抛又落到斜面上,如图所示,即已知位移的方向沿斜面向下</p> 	<p>分解位移</p> $\tan \theta = \frac{y}{x} = \frac{\frac{1}{2}gt^2}{v_0 t} = \frac{gt}{2v_0}$
	<p>在斜面外平抛,落在斜面上时位移最小,如图所示,即已知位移方向垂直于斜面</p> 	<p>分解位移</p> $\tan \theta = \frac{x}{y} = \frac{v_0 t}{\frac{1}{2}gt^2} = \frac{2v_0}{gt}$

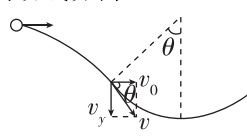
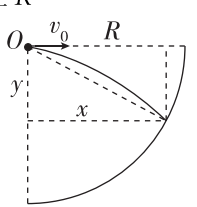
例 2 一水平抛出的小球落到一倾角为 θ 的斜面上时,其速度方向与斜面垂直,运动轨迹如图虚线所示,则下列说法正确的是 ()

- A. 水平速度与竖直速度之比为 $\tan \theta$
- B. 水平速度与竖直速度之比为 $\frac{1}{\tan \theta}$
- C. 水平位移与竖直位移之比为 $\frac{2}{\tan \theta}$
- D. 水平位移与竖直位移之比为 $\frac{1}{2 \tan \theta}$
- 

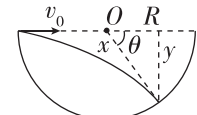
例 3 (多选) 如图所示,一质点从倾角为 θ 的斜面顶端以水平初速度 v_0 抛出,重力加速度为 g ,则下列说法正确的是 ()

- A. 质点抛出后,经时间 $\frac{v_0 \tan \theta}{g}$ 离斜面最远
- B. 质点抛出后,当离斜面最远时速度大小为 $\frac{v_0}{\sin \theta}$
- C. 质点抛出后,当离斜面最远时速度大小为 $\frac{v_0}{\cos \theta}$
- D. 质点抛出后,经时间 $\frac{v_0}{g \tan \theta}$ 离斜面最远
- 

学习任务三 与圆弧面有关的平抛运动

	情景示例	解题策略
已知速度方向	<p>从圆弧形轨道外平抛,恰好无碰撞地进入圆弧形轨道,如图所示,即已知速度方向沿该点圆弧的切线方向</p> 	<p>分解速度</p> $\tan \theta = \frac{v_y}{v_0} = \frac{gt}{v_0}$
利用位移关系	<p>从圆心处抛出,落到半径为 R 的圆弧上,如图所示,即已知位移大小等于半径 R</p> 	$\begin{cases} x = v_0 t \\ y = \frac{1}{2}gt^2 \\ x^2 + y^2 = R^2 \end{cases}$

(续表)

	情景示例	解题策略
利用位移关系	<p>从与圆心等高的圆弧上抛出,落到半径为 R 的圆弧上,如图所示,即水平位移 x 与 R 的差的平方与竖直位移的平方之和等于半径的平方</p> 	$\begin{cases} x = R + R \cos \theta \\ x = v_0 t \\ y = R \sin \theta = \frac{1}{2}gt^2 \\ (x - R)^2 + y^2 = R^2 \end{cases}$

例 4 如图所示,斜面 ABC 与圆弧轨道相接于 C 点,从 A 点水平向右飞出的小球恰能从 C 点沿圆弧切线方向进入轨道. OC 与竖直方向的夹角为 $\theta = 60^\circ$,若 AB 的高度为 h ,忽略空气阻力,则 BC 的长度为 ()