

状元 学习方案

THUANGYUAN
XUEXIFANGAN

高中物理必修 2

人教版

主编 刘 强

学案=方法+考点
状元=有方法+知考点



北京出版集团公司
北京教育出版社

★ 内含教材习题答案 ★

状元 学习方案

THUANGYUAN
KUEXIFANGAN

高中物理必修 2

人教 版

主 编：刘 强
本册主编：张 立

 北京出版集团公司
北京教育出版社

通过对状元的走访和研究发现，状元的学习和一般学生的学习有所不同。状元在学习和考试中能“正常”发挥甚至“超常”发挥，很少“失常”发挥，这与状元自身总结的一系列学习方案有着密切的关系。高效的学习和探究，源于对知识本质的领悟和对方法规律的掌握。

状元学习方案

高中物理必修②(人教版)

栏目功能说明

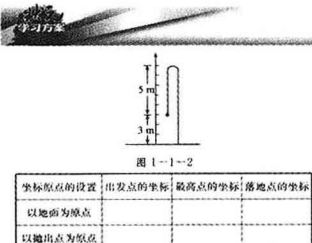


图 1-1-2

坐标原点的设置	出发点的坐标	最高点的坐标	落地点的坐标
以地面为原点			
以抛出点为原点			

高中物理必修(人教版)

C. 甲车向西运动,乙车向东运动
D. 甲、乙两车以相同的速度向东运动

【解析】选择地面为参考系,树木和地面是连在一起的,树木相对地面静止,甲车内乘客发现窗外的树木在向西移动,说明甲车在向东运动。乙车内乘客发现甲车仍没动,说明乙车相对甲车静止,因而甲、乙两车的运动情况相同,故 D 正确。

【答案】D

【同类训练】

1. 以下关于质点的说法正确的是()
A. 只有体积很小或质量很小的物体才可以看成质点
B. 只有运动较快的物体才可以看成质点
C. 在所研究的问题中,物体的形状、大小可以忽略不计时的物体可以看成质点
D. 在任何情况下,物体都可以看成质点

2. 我们描述某个物体的运动时,总是相对一定的参考系,下列说法正确的是()
A. 我们说“太阳东升西落”,是以地球为参考系的
B. 我们说“地球围绕太阳转”,是以地球为参考系的
C. 我们说“同步卫星在高空静止不动”,是以太阳为参考系的
D. 坐在火车上的乘客看到铁路旁的树木、电线杆迎面而来,乘客是以火车为参考系的

【课标训练场】

1. 应用思维点拨
对同一物体的运动,当选择不同的参考系时,对物体的运动描述可能是不同的,其运动轨迹也可能是不同的。

【状元实践】

近几年的高考中,主要考查对质点、参考系等基本概念的正确理解能力和推理能力,题目多以选择题、填空题的形式出现,因此在学习本节时,应着重于概念的理解和掌握。

【例 10】(2011·广东模拟)下列说法正确的是()
A. 参考系必须是固定不动的物体
B. 参考系可以是变速运动的物体
C. 地球很大,又因有自转,研究地球公转时,地球不可作为质点
D. 研究跳水运动员身体转动时,运动员不可作为质点

【解析】参考系的选取是任意的,能不能看做质点要根据具体物理情境判断。

【答案】BD

状元实践

再现本节知识在高中曾经出现过的考查类型、角度和深度。只有知道过去曾经考过什么,做到心中有数,方能立于不败之地。

状元思维

针对本节知识与科技发展、生活实际相联系的问题,或是学科内、学科间的综合问题,进行探究讨论,举例说明。

状元思维 提高素质 培养兴趣

本节内容的难点:一是物体能否看成质点的判断;二是物体抽象成模型和对物体运动描述的对性。本节内容主要是从这两个方法进行考查,在学习时应加强这两个方面的训练。

典题训练

【例 5】下列关于质点的说法中正确的是()

- A. 研究和观察日食时可把太阳看做质点
- B. 研究跳水运动员用背跃式跳高时可把运动员看做质点
- C. 研究子弹射出枪口时的速度可把子弹看做质点
- D. 研究足球运动员踢出的“香蕉球”时可把足球看做质点

【解析】日食分为日全食、日偏食和日环食,它们的形成原理可用图 1-1-3 说明。

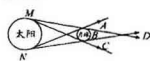


图 1-1-3

当地球上的人处在 A 区域和 C 区域时能观察到日偏食,当处在 B 区域时能观察到日全食,当处在 D 区域时能观察到日环食,若把太阳看做质点, A、C、D 区域均不存在,只存在 B 区域,所以不能观察和研究日偏食和日环食,故不能把太阳看做质点。

用背跃式跳高,当运动员跃起时整个身体弯曲成弧形,然后以身体的一部位为轴转动,故不能把运动员看做质点。

所谓“香蕉球”就是在空中飞行的足球的轨迹是弧形,足球在行进中绕自身的轴高速旋转时才能划出美丽的弧线,形成“香蕉球”,所以不能把足球看做质点。

子弹在枪管中的运动,既有绕自身轴的高速旋转(这样保证子弹飞行的稳定性),又有沿枪管方向的直线运动,在研究子弹射出枪口速度的时候与旋转运动没有关系,只与直线运动有关,所以可以把子弹看做质点,故 C 正确。

【答案】C

【例 6】两列火车平行地停在一个站台上,过了一会儿,甲车内的乘客发现窗外的树木在向西运动,乙车内的乘客发现甲车仍然没有动,如以地面为参考系,上述事实说明()

- A. 甲车向东运动,乙车不动
- B. 乙车向东运动,甲车不动

今天教育的内容百分之八十都应该是方法——方法比事实更重要。

——纳依曼(联合国教科文组织总干事)



目 录

第五章 曲线运动

第一节 曲线运动	(1)
<u>状元学法</u>	(1)
状元笔记	(1)
状元思维	(3)
状元实践	(5)
状元心得	(6)
状元素养	(6)
答案专区	(6)
第二节 平抛运动	(7)
<u>状元学法</u>	(7)
状元笔记	(7)
状元思维	(9)
状元实践	(10)
状元心得	(11)
状元素养	(11)
答案专区	(11)
第三节 实验:研究平抛运动	(13)
<u>状元学法</u>	(13)
状元笔记	(13)
状元思维	(14)
状元实践	(16)
状元心得	(17)
状元素养	(17)
答案专区	(17)
第四节 圆周运动	(18)
<u>状元学法</u>	(18)
状元笔记	(18)
状元思维	(20)
状元实践	(21)
状元心得	(22)
状元素养	(22)
答案专区	(22)
第五节 向心加速度	(23)
<u>状元学法</u>	(23)
状元笔记	(23)
状元思维	(24)
状元实践	(25)
状元心得	(26)
状元素养	(26)

答案专区	(27)
第六节 向心力	(28)
<u>状元学法</u>	(28)
状元笔记	(28)
状元思维	(30)
状元实践	(31)
状元心得	(32)
状元素养	(33)
答案专区	(33)
第七节 生活中的圆周运动	(35)
<u>状元学法</u>	(35)
状元笔记	(35)
状元思维	(38)
状元实践	(39)
状元心得	(40)
状元素养	(40)
答案专区	(40)
章末总结提高	(42)

第六章 万有引力与航天

第一节 行星的运动	(47)
<u>状元学法</u>	(47)
状元笔记	(47)
状元思维	(48)
状元实践	(49)
状元心得	(50)
状元素养	(50)
答案专区	(51)
第二、三节 太阳与行星间的引力 万有引力定律	(52)
<u>状元学法</u>	(52)
状元笔记	(52)
状元思维	(54)
状元实践	(55)
状元心得	(56)
状元素养	(56)
答案专区	(57)
第四节 万有引力理论的成就	(58)
<u>状元学法</u>	(58)
状元笔记	(58)
状元思维	(60)
状元实践	(61)

状元心得	(62)
状元素养	(62)
答案专区	(63)
第五节 宇宙航行	(64)
状元学法	(64)
状元笔记	(64)
状元思维	(66)
状元实践	(68)
状元心得	(69)
状元素养	(69)
答案专区	(70)
第六节 经典力学的局限性	(71)
状元学法	(71)
状元笔记	(71)
状元思维	(72)
状元心得	(73)
状元素养	(73)
章末总结提高	(74)

第七章 机械能守恒定律

第一、二节 追寻守恒量——能量 功	(80)
状元学法	(80)
状元笔记	(80)
状元思维	(83)
状元实践	(85)
状元心得	(85)
状元素养	(86)
答案专区	(86)
第三节 功率	(87)
状元学法	(87)
状元笔记	(87)
状元思维	(89)
状元实践	(90)
状元心得	(91)
状元素养	(91)
答案专区	(92)
第四节 重力势能	(93)
状元学法	(93)
状元笔记	(93)
状元思维	(95)
状元实践	(96)
状元心得	(97)
状元素养	(97)
答案专区	(97)
第五节 探究弹性势能的表达式	(98)
状元学法	(98)

状元笔记	(98)
状元思维	(99)
状元实践	(100)
状元心得	(100)
状元素养	(100)
答案专区	(100)
第六节 实验:探究功与速度变化的关系	(101)
状元学法	(101)
状元笔记	(101)
状元思维	(102)
状元实践	(103)
状元心得	(104)
状元素养	(104)
答案专区	(104)
第七节 动能和动能定理	(105)
状元学法	(105)
状元笔记	(105)
状元思维	(106)
状元实践	(108)
状元心得	(109)
状元素养	(110)
答案专区	(110)
第八节 机械能守恒定律	(111)
状元学法	(111)
状元笔记	(111)
状元思维	(114)
状元实践	(115)
状元心得	(115)
状元素养	(115)
答案专区	(116)
第九节 实验:验证机械能守恒定律	(117)
状元学法	(117)
状元笔记	(117)
状元思维	(118)
状元实践	(119)
状元心得	(121)
状元素养	(121)
答案专区	(121)
第十节 能量守恒定律与能源	(122)
状元学法	(122)
状元笔记	(122)
状元思维	(123)
状元实践	(125)
状元心得	(125)
状元素养	(125)
答案专区	(126)
章末总结提高	(127)
附录:教材课后习题答案	(133)

第五章 曲线运动

★ 本章概述 ★

本章是以曲线运动的两种特殊情况——抛体运动和匀速圆周运动为例,研究物体做曲线运动的条件和规律.本章是牛顿运动定律在处理曲线运动问题中的具体应用.本章中运动的合成与分解是研究复杂运动的基本方法.学习好本章的概念和规律,将加深对速度、加速度及其关系的理解,加深对牛顿运动定律的理解,提高运用牛顿运动定律分析和解决实际问题的能力,同时为后面的学习做好必要准备.本章的重点是平抛运动、抛体运动、圆周运动,难点是圆周运动.

★ 学习方法 ★

通过本章的学习,要明确做曲线运动的条件和如何描述曲线运动.学会处理复杂曲线运动的基本方法——运动的合成与分解.抛体运动和圆周运动都来源于生活,所以应会用抛体运动和圆周运动的规律分析实际问题,以便更深刻地理解规律,提高分析问题的能力.本章用到的方法有极值分析法、数学分析法.

第一节 曲线运动

★ 状元学法 ★ 温故迎新 运筹帷幄

知识必备(你还记得吗?)	新课引入(迎新)
1. 直线运动:物体运动的轨迹为直线的运动,称为直线运动. 2. 力的概念:力是改变物体运动状态的原因. 3. 矢量的合成遵循平行四边形定则.	人们很早就知道河流有像蛇一样弯曲着流动的倾向,即使是在平坦的地区流动的河流,也不可能保持笔直,这是为什么呢?本节我们将探究物体做曲线运动的条件.

★ 状元笔记 ★ 善于归纳 活学活用

► 知识点1 ◀ 曲线运动的速度(★★)

区分直线运动和曲线运动

直线运动:轨迹是直线的运动.如:在平直轨道上前进的火车的运动.

曲线运动:运动轨迹是曲线的运动.如:汽车拐弯时是沿曲线运动的,地球、月球、人造地球卫星也是沿曲线运动的.

问题探究:怎样确定做曲线运动的物体在任意时刻的速度方向.

探究:下雨天,在泥水中行驶的汽车,其车轮上飞溅出来的泥水是沿着车轮的切线方向飞出的,泥水被车轮从地面上粘起,具有了车轮的速率,在飞溅出去以后,由于具有惯性;它将沿直线运动,它离开车轮的速度方向就是车轮上那个点当时的速度方向.同理,在飞转的砂轮上磨刀具,刀具与砂轮接触处有火星沿砂轮的切线方向飞出,说明切线方向是火星离开砂轮时砂轮上该点的速度方向.

归纳总结:做曲线运动的质点在某一点的速度的方向,沿曲线在这一点切线方向.

规律说明:(1)曲线运动的性质——曲线运动是一种变速运动.速度是矢量,速度的变化不仅指速度大小的变化,也包括速度方向的变化.做曲线运动的物体,速度方向是时刻改变的,

所以曲线运动是一种变速运动.

(2)曲线运动一定有加速度.做曲线运动的物体的速度方向时刻在变化,物体所受合外力一定不为零,所以,做曲线运动的物体一定有加速度.

例1 关于质点做曲线运动的说法中,正确的是()

- A. 曲线运动一定是变速运动
- B. 变速运动一定是曲线运动
- C. 有些曲线运动可能是匀速运动
- D. 曲线运动轨迹上任一点的切线方向就是在这一点的瞬时速度方向

【解析】曲线运动轨迹上各点的速度,沿曲线在该点的切线方向,所以一定是变化的,而速度是矢量,当它的方向变化时,我们也说速度是变化的,所以 A、D 正确, C 错误;直线运动中速度也可能是变化的,如:匀加速直线运动,所以 B 是错误的.

【答案】AD

点拨:曲线运动一定是变速运动,而变速运动不一定是曲线运动.运动是否为曲线运动要看合外力方向和初速度方向的关系.

跟踪训练

1. 如图 5-1-1 所示,物体沿曲线由 a 点运动至 b 点,关于物体在 ab 段的运动,下列说法中正确的是()

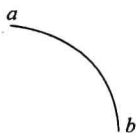


图 5-1-1

- A. 物体的速度可能不变
- B. 物体的速度不可能均匀变化
- C. a 点的速度方向由 a 指向 b
- D. ab 段的位移大小一定小于路程

知识点2 运动描述的实例(★★)

问题探究:教材演示实验中,蜡块的运动特点(轨迹、速度、位移)是怎样的?

探究过程:(1)蜡块的位置

以蜡块的初始位置为坐标原点,水平向右和竖直向上的方向分别为 x 、 y 轴的正方向建立坐标系,如图乙所示.设蜡块的分速度分别为 v_x 和 v_y ,从开始运动计时, t 时刻的位置 P 可以用它的 x 、 y 两个坐标表示

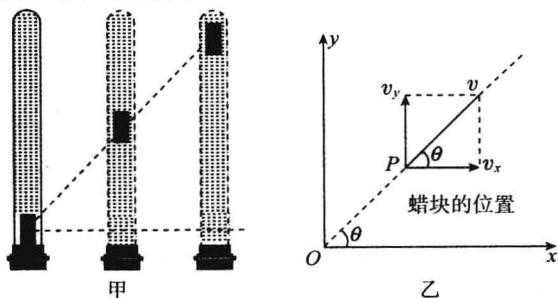


图 5-1-2

$$x = v_x t \quad ①$$

$$y = v_y t \quad ②$$

(2)蜡块的运动轨迹

①②两式消去 t , 得 $y = \frac{v_y}{v_x} x$, v_x 、 v_y 均是常量, 所以, 蜡块的轨迹是一条过原点的直线.

(3)蜡块的位移

经历时间 t , 蜡块位移的大小 $OP = \sqrt{x^2 + y^2} = t \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$. 设 OP 与 x 轴的夹角为 θ , 则 $\tan \theta = \frac{v_y}{v_x}$, 即位移的方向可确定.

(4)蜡块的速度

根据位移和速度的关系得 $v = \frac{OP}{t} = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$.

归纳总结:求轨迹方程的一般方法:写出有物理意义的任一时刻物体的位置坐标,消去 t , 并注意 x 、 y 的取值范围, 可得到 y 与 x 的关系方程, 此即为轨迹方程.

规律说明:(1)两个匀速直线运动的合运动仍是匀速直线运动;

(2)一个匀速直线运动和一个匀变速直线运动的合运动仍是匀变速运动, 当二者共线时为匀变速直线运动, 不共线时为匀变速曲线运动;

(3)两个匀变速直线运动的合运动仍是匀变速运动, 当合初速度与合加速度方向在同一条直线上时, 是直线运动; 当二者不在同一直线上时, 是曲线运动.

例2如图 5-1-3 所示, 红蜡块能在玻璃管内的水中匀速上升, 若红蜡块从 A 点匀速上升的同时, 使玻璃管水平向右做匀加速直线运动, 则红蜡块实际运动的轨迹是图中的()

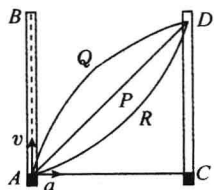


图 5-1-3

- A. 直线 P B. 曲线 Q C. 曲线 R D. 无法确定

【解析】红蜡块参与了竖直方向的匀速直线运动和水平方向的匀加速直线运动两个分运动, 实际运动的轨迹即为合运动的轨迹. 由于它在任一点的合速度方向是向上或斜向右上方的, 而合加速度就是水平向右的加速度, 它与速度方向之间有一定夹角, 故轨迹是曲线. 又因为物体做曲线运动时曲线总向加速度方向偏折(或加速度方向总是指向曲线的凹侧), 故选项 B 正确.

【答案】B

点拨:用运动学公式求轨迹的一般方法, 可设水平匀加速运动的加速度为 a , 则水平方向: $x = \frac{1}{2} at^2$, 竖直方向: $y = vt$. 消去 t 得: $x = \frac{a}{2v^2} \cdot y^2$, 这显然是一条以横轴为对称轴的抛物线.

例3雨滴在空中以 4 m/s 的速度竖直下落, 人打着伞以 3 m/s 的速度向东急行, 如果希望单位时间内打向伞的雨量大而使人淋雨少, 伞柄应指向什么方向()

- A. 伞柄应向前倾斜, 与竖直方向成 37°
B. 伞柄应向前倾斜, 与竖直方向成 53°
C. 伞柄应向后倾斜, 与竖直方向成 37°
D. 伞柄应向后倾斜, 与竖直方向成 53°

【解析】因为人向东走路, 雨对人具有向西的速度 $v_1 = 3 \text{ m/s}$, 雨实际又向下运动, 有竖直向下的速度 $v_2 = 4 \text{ m/s}$, 雨对人相当于同时参与了两个分运动(如图 5-1-4 所示), 雨对人的合速度 $v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = 5 \text{ m/s}$, 故 $\tan \theta = \frac{v_2}{v_1} = \frac{4}{3}$, $\theta = 53^\circ$, 即伞柄与竖直方向成 37° .

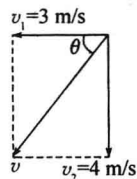


图 5-1-4

【答案】A

点拨:本题中, 当伞面垂直于雨滴相对于人的速度方向时, 人淋的雨最少.

例4一人在绕竖直轴做顺时针匀速转动的大圆盘的边缘用玩具枪射击竖直转轴. 已知人随盘转动的速度大小为 v_1 , 子弹的速度为 v_2 , 分析说明人怎样射击才能击中目标.

【解析】子弹飞出的实际速度 v 是人随圆盘转动的速度 v_1 与子弹相对枪口的速度 v_2 的合速度. 要击中目标, 就要使合速度对准竖直轴目标 O 点, 所以射击时枪口不应直接对准目标 O 点, 而应与人和目标的连线成一合适的角度 θ , 如图 5-1-5 所示, $\sin \theta = \frac{v_1}{v_2}$.

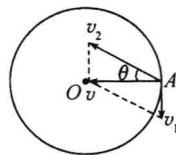


图 5-1-5

点拨:要击中目标就要使合速度的方向对准目标.

跟踪训练

2. 某人骑自行车以 4 m/s 的速度向正东方向行驶, 天气预报报告当时刮正北风, 风速也是 4 m/s , 则骑车人感觉的风速方向和大小分别为()

- A. 西北风, 风速 4 m/s
B. 西北风, 风速 $4\sqrt{2} \text{ m/s}$
C. 东北风, 风速 4 m/s
D. 东北风, 风速 $4\sqrt{2} \text{ m/s}$

3. 两个互相垂直的匀变速直线运动, 初速度分别为 v_1 和 v_2 , 加速度分别为 a_1 和 a_2 , 它们的合运动的轨迹()

- A. 如果 $v_1 = v_2 = 0$, 那么轨迹一定是直线
 B. 如果 $v_1 \neq 0, v_2 \neq 0$, 那么轨迹一定是曲线
 C. 如果 $a_1 = a_2$, 那么轨迹一定是直线
 D. 如果 $\frac{a_1}{a_2} = \frac{v_1}{v_2}$, 那么轨迹一定是直线

► 知识点3 物体做曲线运动的条件(★★★)

问题探究: 物体在什么情况下才会做曲线运动?

探究: 如图 5-1-6 所示, 一个小球在水平桌面上沿直线滚动, 离开桌面后做曲线运动. 小球在桌面上所受合力的大小等于摩擦力 F_f 的大小, 合力与物体速度在同一条直线上, 合力只改变速度的大小, 不改变速度的方向, 所以小球做直线运动; 小球离开桌面后所受合力为小球的重力 mg , 而小球的初速度沿水平方向, 即合力与速度的方向不在同一条直线上, 可将合力分解到沿着速度的方向和垂直于速度的方向上, 沿着速度方向的分力改变速度的大小, 垂直于速度方向的分力改变速度的方向, 所以小球做曲线运动.

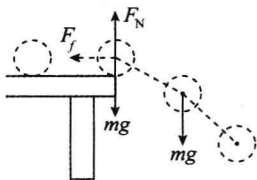


图 5-1-6

归纳总结: 物体所受合力的方向与它的速度方向不在同一条直线上.

规律说明: (1) 曲线运动的速度与加速度

根据牛顿第二定律 $F=ma$, 物体的加速度与物体所受的合外力存在瞬时对应的关系, 而且加速度方向与合外力方向一致, 因此, 做曲线运动的物体的加速度与速度不在同一条直线上. 速度的方向是轨迹在该点的切线方向, 加速度的方向是合外力的方向.

(2) 曲线运动的分类

① 加速度恒定(即大小、方向都不变)的曲线运动, 叫做匀变速曲线运动;

② 加速度变化(大小、方向之一变化或两者都变化)的曲线运动, 叫做变加速曲线运动.

(3) 做曲线运动的物体, 其轨迹始终夹在合外力方向与速度方向之间, 且向合外力所指的方向弯曲. 若已知物体的运动轨迹, 可判断出物体所受合外力的大致方向.

例 5 下面说法中正确的是()

- A. 做曲线运动的物体的速度方向必定变化
 B. 速度变化的运动必定是曲线运动
 C. 加速度恒定的运动不可能是曲线运动
 D. 加速度变化的运动必定是曲线运动

【解析】 在曲线运动中, 运动的质点在任一点的速度方向, 就是通过这一点的曲线的切线方向, 所以曲线运动的速度方向一定是变化的, 所以 A 正确; 速度是矢量, 既有大小, 又有方向, 速度的大小或方向其中一个变化或两个都变化, 速度就变化, 若速度大小变化, 方向不变, 物体就做直线运动, 所以 B 不正确; 物体做曲线运动的条件是加速度方向与速度方向不在同一直线上, 所以 C 不正确; 加速度是矢量, 既有大小, 又有方向, 若加速度方向不变, 仅是大小变化, 且加速度方向与速度方向在同一直线上时, 物体做变加速直线运动, 所以 D 不正确.

【答案】 A

点拨: 解答此题时, 要注意理解物体做曲线运动的条件和物体做曲线运动的特点, 并进一步理解速度、加速度的矢量性及速度、加速度变化的特征.

例 6 质点沿轨道 AB 做曲线运动, 速率逐渐减小, 图 5-1-7 中可能正确地表示了质点在 C 处的加速度方向的是()

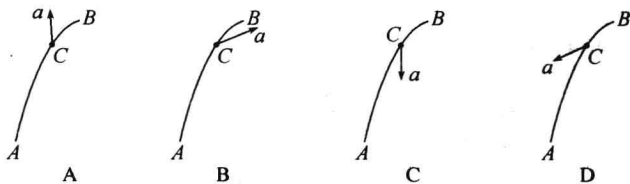


图 5-1-7

【解析】 做曲线运动的物体, 所受合力垂直速度方向的分力指向轨道的曲率中心. 根据质点运动的速率是逐渐减小的, 说明质点所受合力沿速度方向的分力跟速度方向相反, 质点的加速度沿速度方向的分量也跟速度方向相反. A、B 中沿速度方向的加速度分量跟速度方向相同, 质点的速率是逐渐增大的, 与题设要求不符, 因此 A、B 是错误的; D 中加速度沿速度方向的分量跟速度方向相反, 使质点速率不断减小, 但垂直于速度方向的加速度分量方向不是指向 C 点的曲率中心, 所以 D 是错误的; 故只有 C 是正确的.

【答案】 C

点拨: 曲线运动的轨迹向加速度方向弯曲, a 与 v 成锐角, 速度增大; a 与 v 成钝角, 速度减小.

跟踪训练

4. 下列说法中正确的是()

- A. 物体在恒力作用下不可能做曲线运动
 B. 物体在变力作用下一定做曲线运动
 C. 物体在恒力或变力作用下都可能做曲线运动
 D. 做曲线运动的物体, 其速度方向与加速度方向一定不在同一直线上

5. 一物体由静止开始下落一小段时间后突然受一恒定水平风力的影响, 但着地前一小段时间风突然停止, 则其运动轨迹的情况可能是图 5-1-8 中的()

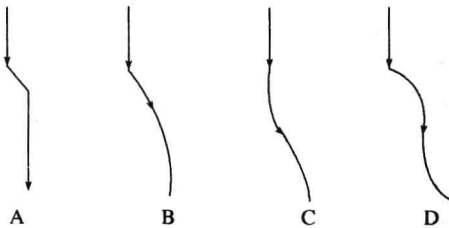


图 5-1-8

6. 下列说法中正确的是()

- A. 合外力方向与速度方向相同时, 物体做加速直线运动
 B. 合外力方向与速度方向成锐角时, 物体做曲线运动
 C. 合外力方向与速度方向成钝角时, 物体做减速直线运动
 D. 合外力方向与速度方向相反时, 物体做减速直线运动

状元思维 提高素质 培养兴趣

本节内容的难点: 一是曲线运动的特点和条件; 二是曲线运动中合力与速度的关系. 本节例题及训练题都是围绕曲线运

动的方向、曲线运动的条件及物体运动性质的描述几个问题而设置的。

典题训练营

例7 对曲线运动的下列判断,正确的是()

- A. 变速运动一定是曲线运动
- B. 曲线运动一定是变速运动
- C. 速率不变的曲线运动是匀速运动
- D. 曲线运动是速度不变的运动

【解析】 本题考查了对曲线运动特点、性质的理解。做曲线运动的物体所受的合外力方向与速度方向不在一条直线上,因此它的速度方向时刻改变,所以速度是变化的,D错,B对;但变速运动不一定是曲线运动,如:匀加速直线运动,A错;速度是矢量,只要大小或方向有一个量发生变化,速度就会发生变化,C错。

【答案】 B

点拨: 物体是否做曲线运动,关键在于合力的方向和速度方向是否共线,只要合力的方向与速度的方向共线,物体就做直线运动;只要合力的方向与速度的方向不共线,物体就做曲线运动。

例8 物体在几个共点恒力的作用下处于平衡状态,若其中的一个恒力突然撤去,该物体的运动状态可能是()

- A. 匀加速直线运动
- B. 匀减速直线运动
- C. 匀变速曲线运动
- D. 匀速直线运动

【解析】 物体原来处于平衡状态,合外力为零;撤去一个恒力后,合外力不为零。合外力与撤去的恒力大小相等、方向相反,合外力为恒力。如果物体原来静止,撤去一个恒力后,物体做初速度为零的匀加速直线运动。如果物体原来做匀速直线运动,且速度方向与撤去的那个恒力方向在同一直线上(相反或相同),则撤去该恒力后,物体将做匀变速直线运动。如果物体原来做匀速直线运动,而撤去的那个恒力的方向与原来的速度方向不在同一直线上,则物体将做匀变速曲线运动。物体原来处于平衡状态,撤去一个力后,物体受力不再平衡,故不可能做匀速直线运动。所以只有选项A、B、C正确。

【答案】 ABC

同类训练

1. 物体做曲线运动()

- A. 速度的方向时刻在改变
- B. 速度的大小一定改变
- C. 速度的方向不能确定
- D. 不一定是变速运动

2. 如图5-1-9所示,一质点从M点到N点做曲线运动,当它通过P点时,其速度 v 和加速度 a 的关系可能正确的是()

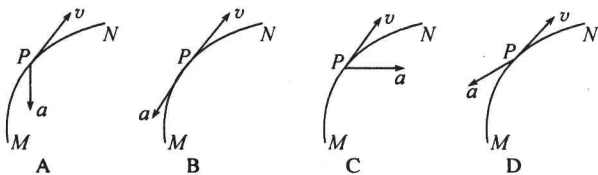


图5-1-9

3. 关于曲线运动,下面说法中正确的有()

- A. 速度大小可能不变,速度方向一定改变
- B. 速度大小一定改变,速度方向可能不变
- C. 做曲线运动的物体,加速度一定不为零
- D. 做曲线运动的物体,加速度可能为零

课标训练场

1. 应用思维点拨

当物体所受合力与速度方向不在同一直线上时,物体做曲线运动。

如图5-1-10所示,一物体受到的合力 F 跟初速度 v_0 的方向不在同一直线上(夹角为 θ 且 $\theta \neq 0^\circ, \theta \neq 180^\circ$)时做的运动,我们可沿切线方向和垂直切线方向分析 F 对运动的影响效果。将 F 沿这两个方向正交分解为 F_1 和 F_2 ,分析可知, F_1 使物体速度大小发生改变(F_1 产生的加速度 a_1 反映速度大小的变化快慢, a_1 与 v_0 同向,运动速度将变大), F_2 使物体速度方向发生改变(F_2 产生的加速度 a_2 反映速度方向的变化快慢, F_2 使物体速度方向向左下方偏转),即在 F 作用下,物体速度的大小和方向同时不断改变,物体必定做曲线运动。

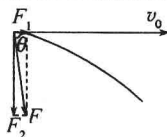


图5-1-10

其中,当 $\theta=0^\circ$ 或 $\theta=180^\circ$ 时, $F_2=0$, v 方向不变,物体做直线运动。

当 $\theta=90^\circ$ 时, $F_1=0$, v 大小不变, $F_2 \neq 0$, v 方向改变,物体做速度大小不变、方向改变的曲线运动。

当 $0^\circ < \theta < 90^\circ$ 或 $90^\circ < \theta < 180^\circ$ 时, F 的分力 F_1 、 F_2 均不为零,物体做速度大小和方向都改变的曲线运动。

例9 在光滑平面上的一运动质点以速度 v 通过原点 O , v 与 x 轴成 α 角(如图5-1-11所示),与此同时,质点上加有沿 x 轴正方向的恒力 F_x 和沿 y 轴正方向的恒力 F_y ,则()

- A. 因为有 F_x ,质点一定做曲线运动
- B. 如果 $F_y > F_x$,质点向 y 轴一侧做曲线运动
- C. 如果 $F_y = F_x \tan \alpha$,质点做直线运动
- D. 如果 $F_x > F_y \cot \alpha$,质点向 x 轴一侧做曲线运动

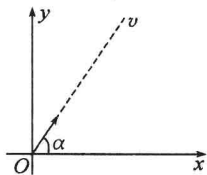


图5-1-11

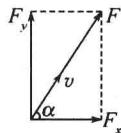


图5-1-12

【解析】 质点所受合外力与速度方向不在同一直线上时,质点做曲线运动;若所受合外力始终与速度同方向,则做直线运动。若 $F_y = F_x \tan \alpha$,则 F_x 和 F_y 的合力 F 与 v 在同一直线上(如图5-1-12所示),此时质点做直线运动;若 $F_x > F_y \cot \alpha$,则 F_x 、 F_y 的合力 F 与 x 轴的夹角 $\beta < \alpha$,则质点向 x 轴一侧做曲线运动。

【答案】 CD

点拨: 当物体所受合外力的方向跟物体速度的方向不在同一直线上、而是成一定角度时,合外力产生的加速度的方向跟速度的方向也成一定角度。一般情况下,这时的加速度不仅反映了速度大小的变化,还包含了速度方向的改变。

2. 探究开放思维点拨

做曲线运动的物体必有加速度,必受合外力。可以先根据物体的受力情况判断其加速度,进而判断物体的运动情况。

例10 关于合外力对物体速度的影响,下列说法中正确的是()



A. 如果合外力方向总跟速度方向垂直,则物体的速度大小不会改变,而物体的速度方向会改变

B. 如果合外力方向跟速度方向成锐角,则物体的速率将增大,方向也会发生变化

C. 如果合外力方向跟速度方向成钝角,则物体的速率将减小,方向也会发生变化

D. 如果合外力方向跟速度方向在同一直线上,则物体的速度方向不改变,只是速率发生变化

【解析】合外力是否改变速率,完全取决于合外力在速度方向上的分力情况。如果分力与速度同方向,则加速度方向与速度同方向,速率将增大;如果分力与速度反方向,则加速度方向与速度反方向,速率将减小;合外力与速度方向垂直,则在速度方向上的分力为零,线加速度也为零,速率不变;可见,选项 A、B、C 都正确。合外力方向跟速度方向在同一直线上,有两种情况:①同方向,则合外力只改变速度大小,不改变速度方向;②反方向,则合外力不仅改变速度大小,还要改变速度方向:合外力先使物体的速率不断减小,当速率减为零时,速度方向即反向,随后速率再逐渐增大。可见,选项 D 是错误的。本题应选 A、B、C。

【答案】ABC

点拨:注意变速运动中速度方向的变化。

3. 创新思维点拨

(1) 对曲线运动位移的理解

物体做曲线运动时,某段时间内的位移大小与该段时间通过的路程是不相等的。

(2) 对曲线运动速度方向的理解

由平均速度的定义知 $\bar{v} = \frac{x}{t}$, 则曲线运动的平均速度应为时间 t 内位移与时间的比值,如图 5-1-13 所示,AB 段 $\bar{v} = \frac{x_{AB}}{t}$ 。

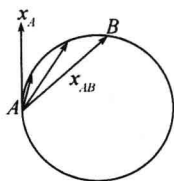


图 5-1-13

随着时间取值的减小,由图 5-1-13 可知,时间 t 内位移的方向逐渐向 A 点的切线方向靠近,当时间趋向无限短时,位移方向即为 A 点的切线方向,故极短时间内的平均速度的方向即为 A 点的瞬时速度方向,即 A 点的切线方向。

例 11 一圆周长为 4 m,质点沿着这个圆周运动,当它通过 1 m 弧长时速度方向改变了多少? 位移多大? 试作图分析。

【解析】圆的周长为 4 m,质点沿着圆周运动 1 m 的弧长,即质点运动了 $\frac{1}{4}$ 圆周,如图 5-1-14 所示,质点从 A 点运动到 B 点,所以速度方向改变了 $\frac{\pi}{2}$ 。设物体的位移为 l ,有 $l = \sqrt{2}r$,

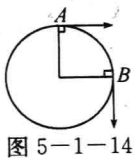


图 5-1-14

且 $2\pi r = 4$ m,由以上两式可求得 $l = \frac{2\sqrt{2}}{\pi}$ m。

点拨:质点做圆周运动的偏向角的大小等于质点运动的圆弧所对圆心角的大小。

同类训练

4. 运动会上,铅球从运动员手中推出后在空中飞行,若不计空气阻力,它的运动将是()

A. 曲线运动,加速度的大小和方向均不变,是匀变速曲线运动

B. 曲线运动,加速度的大小不变、方向改变,是非匀变速曲线运动

C. 曲线运动,加速度的大小及方向均改变,是非匀变速曲线运动

D. 若水平抛出则是匀变速曲线运动,若斜向上抛出则不是匀变速曲线运动

5. 一质点在 xOy 平面内运动的轨迹如图 5-1-15 所示,下列判断正确的是()

A. 若 x 方向始终匀速,则 y 方向先加速后减速

B. 若 x 方向始终匀速,则 y 方向先减速后加速

C. 若 y 方向始终匀速,则 x 方向先减速后加速

D. 若 y 方向始终匀速,则 x 方向先加速后减速

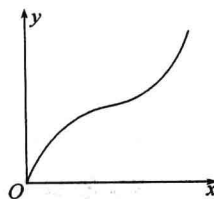


图 5-1-15

状元实践 借鉴高考 未雨绸缪

近几年高考中,本节内容主要考查对曲线运动性质及曲线运动条件的理解,题目以选择题为主,因此,学习本节时应着重于概念的理解和掌握。

例 12 (2010 · 上海)降落伞在匀速下降过程中遇到水平方向吹来的风,若风速越大,则降落伞()

A. 下落的时间越短

B. 下落的时间越长

C. 落地时速度越小

D. 落地时速度越大

【解析】降落伞在竖直方向上的运动为匀速直线运动,水平方向的风不能影响降落伞竖直方向的运动,因此,下落时间不变;但是风速越大,降落伞的水平速度越大,落地速度也就越大,故选 D。

【答案】D

例 13 (2009 · 广东理科基础)船在静水中的航速为 v_1 ,水流的速度为 v_2 。为使船行驶到河正对岸的码头,则 v_1 相对 v_2 的方向应为()

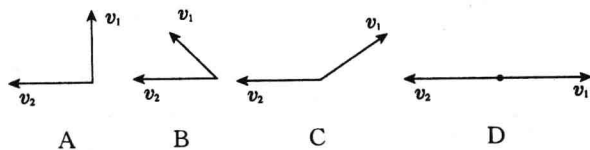


图 5-1-16

【解析】根据运动的合成与分解的知识,可知要使船垂直到达对岸即要使船的合速度方向指向对岸,根据平行四边形定则可知 C 正确。

【答案】C

例 14 (2010 · 江苏模拟)如图 5-1-17 所示,某质点在恒力 F 的作用下从 A 点沿图中所示曲线运动到 B 点,到达 B 点后,质点受到的力大小不变,但方向恰与 F 相反,则它从 B 点开始的运动轨迹可能是图中的()

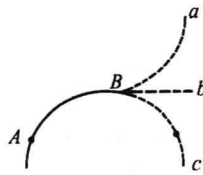


图 5-1-17

- A. 曲线 a B. 曲线 b
C. 曲线 c D. 以上三条曲线都不可能

【解析】物体由 A 到 B 是在恒力作用下沿曲线运动的, 那么, 力 F 的方向必然指向轨迹 AB 的凹侧, 即轨迹始终处于外力与速度的夹角之中. 可以肯定运动到 B 点时, 该力 F 一定指向过 B 点的切线的下方, 反向后, 运动的轨迹应该在 $-F$ 与过 B 点的切线之间, 所以轨迹应该是曲线 a .

【答案】A

状元心得



答案专区

跟踪训练

1. D 解析: 做曲线运动的物体的速度方向时刻改变, 即使速度大小不变, 速度方向也会发生变化, 故 A 项错; 做曲线运动的物体必定受到力的作用, 当物体所受力为恒力时, 物体的加速度恒定, 速度均匀变化, B 项错; a 点的速度方向是 a 点的切线方向, C 项错; 做曲线运动的物体的位移大小必小于路程, D 项正确.
2. D 解析: 若无风, 人向东骑行, 则相当于人不动, 刮正东风, 而实际风从正北方刮来, 所以人感觉到的风应是这两个方向风的合成, 所以 $v_{\text{合}} = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = \sqrt{4^2 + 4^2} \text{ m/s} = 4\sqrt{2} \text{ m/s}$, 风向为东北方向, 如图 5-1-18 所示.

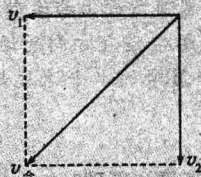


图 5-1-18

3. AD 解析: 合加速度和合速度在一条直线上, 物体做直线运动; 若合加速度和合速度不在一条直线上, 则物体做曲线运动. 当 $v_1 = v_2 = 0$ 时, 物体沿合加速度方向 (即合力方向) 做初速度为零的匀加速直线运动, 所以 A 是正确的; 根据合加速度与合速度的方向关系才能确定物体的运动轨迹, B、C 不能确定轨迹的形状, 所以 B、C 是错误的; D 中, 合加速度 a 与合速度 v 在一条直线上, 即合外力与合速度在一条直线, 所以物体做直线运动, 因此 D 是正确的.
4. CD 解析: 物体是否做曲线运动, 与力的大小没有关系, 关键在于合力的方向与速度的方向是否共线, 只要合力的方向与速度的方向在同一条直线上, 物体就做直线运动; 只要合力的方向与速度的方向不在同一条直线上, 物体就做曲线运动, 所以 A、B 错, C 正确; 由于加速度方向与合力的方向一致, 所以 D 正确.
5. C 解析: 开始下落一小段时间后, 小球有竖直向下的速度 v , 此时水平风力与重力合力为 F , F 与 v 成一夹角, 物体开始做匀变速曲线运动, 假设风力水平向右, 将出现图 5-1-19 所示的曲线 AB 段; 若风力向左, 将出现图 5-1-20 所示的曲线 AC 段. 假设从上面两种情况下的 B 点或 C 点开始风力突然停止, 物体在重力作用下, 分别沿曲线 BD 或 CE 运动, 并且 D 、 E 两点速度方向不可能

状元素养

补充知识 拓展视野

河流为什么都是弯曲的?

世界上所有的大河流, 都是由一条主流和若干条支流共同组成的. 而这些支流又有许多更小的溪流或水流, 共同汇集到支流里. 这些流水的来源, 除了天上所下的雨外, 还有沿途路上积在地面的水, 或是地下水等.

河流形成的过程中, 由于两岸岩层侵蚀作用的不同, 或其他的原因, 刚开始河流都会有些弯曲. 因此, 在弯曲的地方, 凹岸附近的水流会较急, 冲力大; 凸岸的地方水流较缓, 冲力小. 于是, 凹岸的泥沙就容易被水冲走, 并逐渐后退; 凸岸却因水流缓, 泥沙不易冲走, 反而使流水带来的泥沙堆积在这里. 时间一久, 凹的地方就变得更凹, 凸的地方就变得更凸, 河流的弯曲度也就更加明显了.

河流弯曲度的形成, 说明了河流向两岸侵蚀的力量十分强大. 它就像一把强劲的铲子, 不停朝河流的源头、底部、两侧开挖, 好让自己的河谷加长、加深、加宽, 使水流更加畅行无阻.

竖直向下, 因为 BD 与 CE 段的水平分速度始终没有变化, 落到地面时合速度必与地面有一夹角, 根据以上分析可知只有 C 正确.

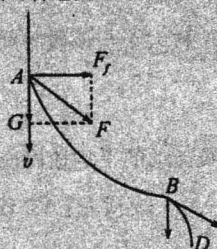


图 5-1-19

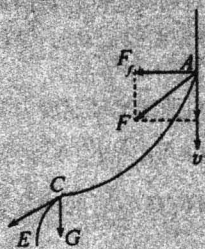


图 5-1-20

6. ABD 解析: 当物体加速度方向与速度方向相同时, 物体做加速直线运动, 选项 A 正确; 当物体加速度方向与速度方向成锐角时, 加速度与速度平行的分量使速率增大, 加速度与速度垂直的分量使速度方向改变, 物体做曲线运动, 选项 B 正确; 当物体加速度方向与速度方向成钝角时, 加速度与速度方向平行的分量使速率减小, 加速度与速度垂直的分量改变速度方向, 物体做曲线运动, 选项 C 错误; 若物体加速度与速度方向相反, 物体做减速直线运动, 选项 D 正确.

同类训练

1. A 解析: 曲线运动的速度沿曲线的切线方向, 是变速运动, 所以 A 正确, C、D 错; 当合力与速度方向始终垂直时, 速度大小不变, B 错.
2. AC 解析: 做曲线运动的物体, 所受合力与 v 成一夹角, 且合力指向曲线弯曲的凹侧, 故 A、C 正确.
3. AC 解析: 在曲线运动中, 物体的瞬时速度与通过这一点的曲线的切线方向相同, 因此, 做曲线运动的物体的速度方向一定改变, 但速度大小不一定变化, 因此 A 对, B 错; 既然做曲线运动的物体速度方向一定变化, 曲线运动一定是变速运动, 因此, 加速度不可能为零, 换句话说, 加速度为零的物体一定是做匀速直线运动或静止, 故 C 对, D 错.
4. A 解析: 铅球抛出后, 仅受重力作用, 而重力的大小及方向均恒定不变, 故加速度的大小及方向均不变, 做匀变速曲线运动, 故选项 A 正确.
5. BD



第二节 平抛运动

状元学法

温故迎新

运筹帷幄

知识必备(你还记得吗?)	新课引入(迎新)
1. 如果一个运动(包括位移、速度、加速度)跟几个运动共同产生的效果相同,那么,这个运动就是这几个运动的合运动,这几个运动就是这个运动的分运动。 2. 匀速直线运动的位移公式 $x=vt$; 自由落体运动的速度公式 $v=gt$, 位移公式 $s=\frac{1}{2}gt^2$。	在一次“飞车过黄河”的表演中,汽车在空中飞经最高点后在对岸着地,已知汽车从最高点至着地点经历时间为 0.8 s, 两点间的水平距离 $s=30$ m, 忽略空气阻力,从最高点到着地点的轨迹是什么曲线? 能计算出最高点到着地点的高度差吗?

状元笔记

善于归纳

活学活用

► 知识点1 ◀ 平抛物体的运动规律(★★★)

(一) 抛体的位置

问题探究: 怎样确定做平抛运动的物体任一时刻的位置?

探究: 物体的位置是用它的坐标 x 、 y 描述的, 对于初速度为 v_0 的平抛运动的位置随时间变化的规律, 我们借助坐标系来研究。取抛出点为坐标原点, 取水平方向为 x 轴, 正方向与初速度 v_0 的方向相同, 取竖直方向为 y 轴, 正方向向下。如图 5-2-1 所示, 做平抛运动的物体在运动过程中只受重力作用, 而重力的方向是竖直向下的, 没有水平方向的分力, 所以物体在水平方向没有加速度, 水平方向的 v_0 不变, 物体的水平坐标随时间变化的规律是 $x=v_0t$; 在竖直方向, $a=g$, 而竖直方向初速度为 0, 根据运动学规律, 物体在竖直方向上的坐标随时间变化的规律是 $y=\frac{1}{2}gt^2$ 。

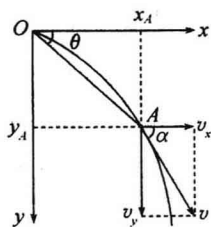


图 5-2-1

归纳总结: 平抛运动物体的位移公式(位置坐标):

水平分位移 $x=v_0t$,

竖直分位移 $y=\frac{1}{2}gt^2$ 。

t 时间内合位移的大小和方向 $l=\sqrt{x^2+y^2}$, $\tan \theta=\frac{y}{x}$ =

$\frac{g}{2v_0}t$ (θ 为合位移与水平面的夹角)。

规律说明: (1) 平抛运动的轨迹方程 $y=\frac{g}{2v_0^2}x^2$, 平抛运动的轨迹是抛物线;

(2) 运动时间 $t=\sqrt{\frac{2h}{g}}$, 即平抛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;

(3) 射程 $x=v_0\sqrt{\frac{2h}{g}}$, 取决于竖直下落高度 h 和初速度 v_0 。

例 1 如图 5-2-2 所示, 在高空中有四个小球, 在同一位置同时以速率 v 向上、向下、向左、向右被射出, 经过 1 s 后四个小球在空中的位置构成的正确图形是()

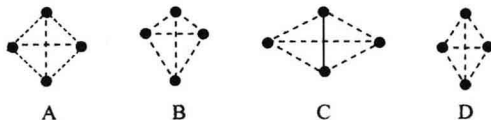


图 5-2-2

【解析】 四个小球分别做竖直上抛运动、竖直下抛运动、向左平抛运动、向右平抛运动, 它们均只受重力作用, 加速度均为 g , 故四个小球的相对加速度为零, 竖直方向两个小球以相对速度 $2v$ 匀速分开, 水平方向两个小球也是以相对速度 $2v$ 匀速分开, 选项 A 正确。

【答案】 A

跟踪训练

- 从一架水平匀速飞行的飞机上每隔相等的时间释放一个物体, 不计空气阻力, 这些物体在空中的运动情况是()
 - 地面上的观察者看到这些物体在空中排列在抛物线上, 它们都做平抛运动
 - 地面上的观察者看到这些物体在空中排列在一条直线上, 它们都做平抛运动
 - 飞机上的观察者看到这些物体在空中排列在抛物线上, 它们都做自由落体运动
 - 飞机上的观察者看到这些物体在空中排列在一条直线上, 它们都做自由落体运动

(二) 抛体的速度

问题探究: 平抛运动是曲线运动, 做曲线运动的物体的速度方向时刻改变, 我们如何确定做平抛运动的物体的瞬时速度呢?

探究: 我们从实验和理论两方面都可以证明做平抛运动的物体在水平方向上做匀速直线运动, 在竖直方向上做自由落体运动, 所以, 在这两个方向上的速度公式为 $v_x=v_0$, $v_y=gt$, 由 v_x 和 v_y 的值, 可以求出物体在这个时刻的瞬时速度(即合速度)的大小和方向。

归纳总结: 任一时刻 t 的速度(如图 5-2-3 所示):

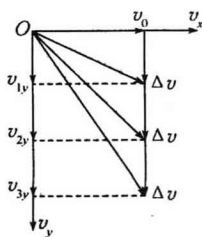


图 5-2-3

水平分速度 $v_x = v_0$, 竖直分速度 $v_y = gt$,

合速度的大小和方向 $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$,

$\tan \alpha = \frac{v_y}{v_x} = \frac{gt}{v_0}$ (α 为合速度与水平面的夹角).

规律说明:平抛物体在运动中的速度变化:水平方向上速度保持 $v_x = v_0$ 不变;竖直方向上加速度恒为 g , 速度 $v_y = gt$;从抛出点起,每隔 Δt 时间的速度的矢量关系如图5-2-3所示.这一矢量关系有两个特点:(1)任意时刻的速度水平分量均等于初速度 v_0 ;(2)任意相等时间间隔 Δt 内的速度改变量均竖直向下,且 $\Delta v = \Delta v_y = g\Delta t$.

例2 特技表演者驾驶汽车飞越黄河,汽车从飞经空中最高点开始到着地为止这一过程可以看成平抛运动.已知汽车从最高点至着地所经历的时间为 0.8 s ,两点间的水平距离为 30 m ,则最高点与着地点间的高度差为_____,在最高点时的速度大小为_____. (g 取 10 m/s^2)

【解析】设最高点速度为 v_0 ,由平抛运动规律知竖直方向上是自由落体运动,即 $h = \frac{1}{2}gt^2$,又 $t = 0.8\text{ s}$,故 $h = 3.2\text{ m}$.在水平方向上是匀速直线运动, $x = v_0 t$,故 $v_0 = \frac{x}{t} = \frac{30\text{ m}}{0.8\text{ s}} = 37.5\text{ m/s}$.

【答案】 3.2 m 37.5 m/s

点拨:分别运用竖直方向做自由落体运动和水平方向做匀速直线运动的规律进行计算.

例3 做平抛运动的物体,在落地前的最后 1 s 内,其速度方向由跟竖直方向成 60° 角变为跟竖直方向成 45° 角,求物体抛出时的速度和下落的高度.

【解析】设物体初速度为 v_0 ,根据题意画出速度关系的矢量图,如图5-2-4所示.最后 1 s 内速度的变化 $\Delta v = g\Delta t = 9.8\text{ m/s}$,且方向竖直向下.分析矢量图可得 $v_0 \cot 45^\circ - v_0 \cot 60^\circ = \Delta v$,解得 $v_0 \approx 23.2\text{ m/s}$.物体在竖直方向做自由落体运动,其下落高度 $h = \frac{v_y^2}{2g} = \frac{(v_0 \cot 45^\circ)^2}{2g} \text{ m} \approx 27.5\text{ m}$.

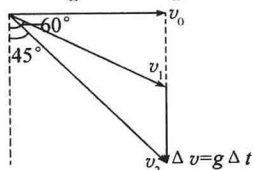


图5-2-4

【答案】 23.2 m/s 27.5 m

点拨:因为平抛运动中任意相等时间间隔 Δt 内的速度变化量相等且方向不变,所以,平抛运动的性质是匀变速曲线运动.

例4 一个小球以初速度 $v_0 = 3\text{ m/s}$ 水平抛出,落地时速度为 $v = 5\text{ m/s}$,阻力不计, g 取 10 m/s^2 ,求:

- (1)小球在空中飞行的时间;
- (2)小球的位移.

【解析】(1)如图5-2-5所示,由平抛运动规律可知: $v^2 = v_0^2 + v_y^2$,又 $v_y = gt$, $\therefore v^2 = v_0^2 + g^2 t^2$, $\therefore t = \frac{\sqrt{v^2 - v_0^2}}{g} = \frac{\sqrt{5^2 - 3^2}}{10} \text{ s} = 0.4\text{ s}$.

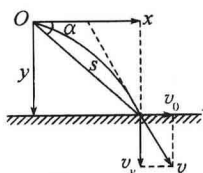


图5-2-5

(2)竖直方向位移 $y = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 0.4^2 \text{ m} = 0.8\text{ m}$,

水平方向位移 $x = v_0 t = 3 \times 0.4 \text{ m} = 1.2\text{ m}$,

小球的位移 $s = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{1.2^2 + 0.8^2} \text{ m} \approx 1.4\text{ m}$.

设位移与水平方向夹角为 α ,则 $\tan \alpha = \frac{y}{x} = \frac{0.8}{1.2} = \frac{2}{3}$,

$\therefore \alpha = \arctan \frac{2}{3}$.

【答案】 (1) 0.4 s (2) 1.4 m ,与水平面夹角为 $\arctan \frac{2}{3}$.

跟踪训练

2. 在高处以初速度 v_0 水平抛出一石子,当它的速度方向由水平变化到与水平方向成 θ 角的过程中,石子的水平位移的大小是()

- A. $\frac{v_0^2 \sin \theta}{g}$ B. $\frac{v_0^2 \cos \theta}{g}$
C. $\frac{v_0^2 \tan \theta}{g}$ D. $\frac{v_0^2 \cot \theta}{g}$

3. 以水平速度 $v_0 = 9.8\text{ m/s}$ 抛出的石块,飞行一段时间后落地,落地时的速度与水平方向成 60° 角,则完成这段飞行的时间为()

- A. $\frac{\sqrt{3}}{3}\text{ s}$ B. $\frac{2\sqrt{3}}{3}\text{ s}$
C. $\sqrt{3}\text{ s}$ D. 2 s

4. 飞机以 150 m/s 的水平速度匀速飞行,某时刻让 A 球从飞机中落下,相隔 1 s 又让 B 球从飞机中落下,不计空气阻力,在以后运动中关于 A 球与 B 球的相对位置关系,正确的是()

- A. A 球在 B 球的前下方
B. A 球在 B 球的后下方
C. A 球在 B 球的正下方约 5 m 处
D. 以上说法都不对

知识点2 斜抛物体的运动规律(★★★)

问题探究:在投掷标枪的过程中,选手们总是把标枪向斜上方抛出,不考虑空气阻力,我们把这种物体只在重力作用下,以一定的初速度斜向上或斜向下抛出的运动,称为斜抛运动.斜抛运动有哪些规律呢?

探究:做斜抛运动的物体有一定的初速度,只受重力作用,则我们可以把斜抛运动分解为水平方向的匀速直线运动和竖直方向的匀变速直线运动.其中,水平方向上的匀速直线运动的速度是物体初速度在水平方向上的分量;竖直方向上的匀变速直线运动的初速度是物体初速度在竖直方向上的分量,加速度为重力加速度 g .

归纳总结:(1)斜上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竖直上抛运动. (θ 为初速度与水平面的夹角)

水平方向: $v_x = v_0 \cos \theta$, $x = v_x t$;

竖直方向: $v_y = v_0 \sin \theta - gt$, $y = v_0 t \sin \theta - \frac{1}{2}gt^2$.

(2)斜下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竖直下抛运动.

水平方向: $v_x = v_0 \cos \theta$, $x = v_x t$;

竖直方向: $v_y = v_0 \sin \theta + gt$, $y = v_0 t \sin \theta + \frac{1}{2}gt^2$.

规律说明:斜抛物体的运动轨迹是抛物线.



例5 以斜向上与水平方向成 60° 角抛出一球,如图 5-2-6 所示,1 s 末其速度仍斜向上,但速度方向与水平方向成 45° 角, g 取 10 m/s^2 . 求:

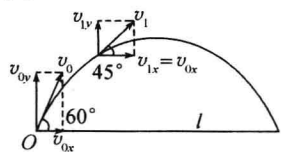


图 5-2-6

(1) 抛出时的初速度;

(2) 小球上升的最大高度和水平射程 l .

【解析】 (1) 1 s 末的水平速度仍为 v_{0x} , 由于瞬时速度与水平面成 45° 角, 所以竖直方向的速度和水平方向的速度相等, 即 $v_{0x} = v_{1y} = v_{0y} - gt_1$. 又 $v_{0x} = v_0 \cos 60^\circ$, $v_{0y} = v_0 \sin 60^\circ$, 故有 $v_0 \cos 60^\circ = v_0 \sin 60^\circ - gt_1$, 故 $v_0 \approx 27.3 \text{ m/s}$.

$$(2) \text{最大高度 } h_{\max} = \frac{v_{0y}^2}{2g} = \frac{(v_0 \sin 60^\circ)^2}{2g} \approx 27.9 \text{ m}.$$

$$\text{水平射程 } l = v_{0x} t, \text{ 且 } t = \frac{2v_{0y}}{g},$$

$$\text{故 } l = v_0 \cos 60^\circ \cdot \frac{2v_0 \sin 60^\circ}{g} \approx 64.5 \text{ m}.$$

【答案】 (1) 27.3 m/s (2) 27.9 m 64.5 m

跟踪训练

5. 关于斜抛运动, 下列说法中正确的是 ()

- A. 物体被抛出后, 速度增大, 加速度减小
- B. 物体被抛出后, 速度先减小, 再增大
- C. 物体被抛出后, 沿着轨迹的切线方向, 先做减速运动, 再做加速运动, 加速度始终沿着切线方向
- D. 斜抛物体的运动是匀变速曲线运动

状元思维 提高素质 培养兴趣

本节课的重点和难点是掌握平抛运动的规律以及运用平抛运动的规律解答有关问题. 在学习中应加强这方面的理解和应用.

典题训练营

例6 关于抛体运动, 下列说法中正确的有 ()

- A. 是匀变速曲线运动
- B. 是加速度恒定的运动
- C. 在相等的时间内速度的变化量相等
- D. 在相等的时间内位移的变化量相等

【解析】 抛体运动是指以一定的初速度, 可能沿向上、向下、水平或倾斜方向抛出, 在仅受重力作用下的运动, 由于仅受重力, 故加速度恒定, 故 B 正确. 其轨迹可能是直线, 如: 上抛或下抛, 故 A 错误. 在相等时间内 $\Delta v = gt$, 故速度变化量相等, C 正确, D 错误.

【答案】 BC

点拨: 抛体运动的性质是仅在重力作用下的匀变速运动.

例7 飞机以恒定速度 v_0 沿水平方向飞行, 飞行高度为 2 000 m, 在飞行过程中相对静止地释放一枚炸弹, 经 30 s 后飞行员听到炸弹落地的爆炸声. 假设此爆炸声向空间各个方向传播速度都为 320 m/s, 炸弹受到的空气阻力可忽略, 求飞机飞行速度 v_0 的大小. (g 取 10 m/s^2)

【解析】 飞机释放的炸弹在空中做平抛运动, 竖直方向的分运动是自由落体运动, 根据位移公式 $h = \frac{1}{2}gt^2$, 求得炸弹在

空中飞行的时间 $t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 2000}{10}} \text{ s} = 20 \text{ s}$. 炸弹落地后立即爆炸发出爆炸声, 声波在 $t_2 = 10 \text{ s}$ 内传播的距离 $l_2 = vt_2 = 320 \times 10 \text{ m} = 3200 \text{ m}$.

整个过程如图 5-2-7 所示, 由图可知, 飞机在 30 s 内水平飞行的距离 $x = l_1 + l_3 = v_0 t_1 + \sqrt{l_2^2 - h^2}$.

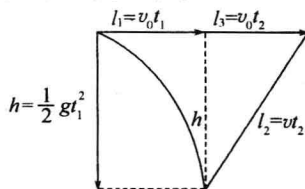


图 5-2-7

又 $x = v_0 \times 30 \text{ s}$, 故 $30v_0 = 20v_0 + \sqrt{3200^2 - 2000^2}$, 解得 $v_0 \approx 250 \text{ m/s}$.

【答案】 250 m/s

例8 如图 5-2-8 所示, 水平桌面高 $h = 0.8 \text{ m}$, 桌面上在 A 点有一向右以速度 $v_0 = 1 \text{ m/s}$ 运动的木块, 当木块滑过桌边 B 点以后做平抛运动落到距桌边的水平距离 $L = 0.32 \text{ m}$ 处, 若 A、B 之间的距离为 0.9 m , g 取 10 m/s^2 , 求木块和桌面的动摩擦因数 μ .

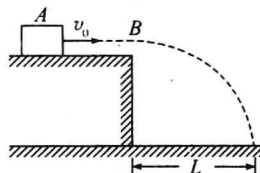


图 5-2-8

【解析】 设物体在 AB 段运动的加速度为 a , 到 B 处的速度为 v_1 , AB 距离 $l = 0.9 \text{ m}$, 则由 $\mu mg = ma$, 有 $a = \mu g$, $v_1^2 - v_0^2 = -2al$, 过 B 点后做平抛运动, 有 $h = \frac{1}{2}gt^2$, $L = v_1 t$, 联立以上各式解得 $\mu = 0.02$.

【答案】 0.02

点拨: 物体在到 B 点前做匀减速直线运动, 过 B 点之后做平抛运动, 两者之间的联系是匀减速直线运动的末速度等于平抛运动的初速度.

同类训练

1. 物体做平抛运动时, 描述物体竖直方向的速度 v_y (取向向下为正) 随时间变化的图线是图 5-2-9 中的 ()

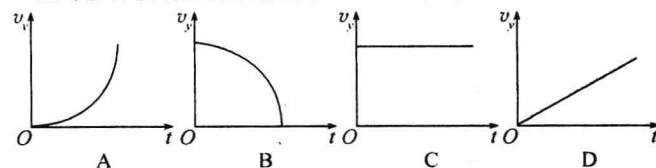


图 5-2-9

2. 火车以 1 m/s^2 的加速度在平直轨道上加速行驶, 车厢中一乘客把手伸到窗外, 从距地面 2.5 m 高处自由释放一物体. 如果不计空气阻力, 则物体落地时与乘客的水平距离为 (g 取 10 m/s^2) ()

- A. 0
- B. 0.5 m
- C. 0.25 m
- D. 因为不知火车当时的速度, 故无法判断

3. 一小球以初速度 v_0 水平抛出,落地时速度为 v ,阻力不计:

- (1) 小球在空中飞行的时间;
- (2) 抛出点离地面的高度;
- (3) 水平射程;
- (4) 小球的位移.

课标训练场

1. 应用思维点拨

在日常生活和科学技术中,经常用平抛知识解决问题.解决这类问题应先理清物理情景,找出各物理量的关系,再利用平抛运动的性质解决问题.

例9 一艘敌舰以 $v_1=12$ m/s 的速度逃跑,执行追击任务的飞机,在距水面高 $h=320$ m 的水平线上以速度 $v_2=105$ m/s 同向飞行,为击中敌舰,应提前投弹.如果空气阻力忽略不计,重力加速度 g 取 10 m/s². 飞机投弹时,沿水平方向与敌舰之间的距离应为多大? 如果投弹后飞机仍以原速度飞行,在炸弹击中敌舰时,飞机与敌舰有何位置关系?

【解析】 投下的炸弹在竖直方向上做自由落体运动,在水平方向上以飞机的速度 v_2 做匀速直线运动,炸弹在空中的飞行时间 $t=\sqrt{\frac{2h}{g}}=\sqrt{\frac{2\times 320}{10}}=8$ s. 在这 8 s 的时间内,炸弹沿水平方向飞行的距离 $s_2=v_2t=840$ m,敌舰在同一方向上前进的距离 $s_1=v_1t=96$ m. 如图 5-2-10 所示,飞机投弹时水平方向上“提前”距离应为 $s=v_2t-v_1t=744$ m. 在炸弹飞行的过程中,炸弹与飞机沿水平方向的运动情况相同,都以速度 v_2 做匀速直线运动,所以飞机与炸弹水平方向上无相对运动,炸弹击中敌舰时,飞机在敌舰的正上方.

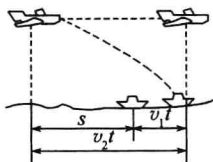


图 5-2-10

【答案】 744 m 飞机在敌舰的正上方.

点拨: 飞机追击敌舰投弹时,要考虑到敌舰也在前进,投出的炸弹做平抛运动,炸弹击中目标时的水平位移与该时间内目标的位移之差就是飞机投弹时距离目标的水平距离.

2. 创新思维点拨

本节内容经常出现与其他知识综合或与实际生活相联系的题目.

例10 如图 5-2-11 所示,高为 h 的车厢在平直轨道上匀减速向右行驶,加速度大小为 a ,车厢顶部 A 点处有油滴滴落到车厢地板上,车厢地板上的 O 点位于 A 点正下方,则油滴落在地板上的点必在 O 点____(填“左”或“右”)方,离 O 点距离为_____.

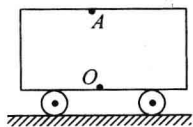


图 5-2-11

【解析】 本题是考查物体运动合成与追及相遇的综合问题.当油滴离开车厢顶部时,油滴水平方向不受力,做匀速直线

运动;油滴竖直方向受重力,做自由落体运动.设油滴离开车厢顶部时速度为 v_0 ,油滴落到车厢上的时间为 t ,这段时间内油滴的水平位移 $x_1=v_0t$;车的水平位移 $x_2=v_0t-\frac{1}{2}at^2$;因为 $x_1>x_2$,所以油滴落在 O 点右方,距 O 点距离 $\Delta x=x_1-x_2=v_0t-(v_0t-\frac{1}{2}at^2)$. 而 $h=\frac{1}{2}gt^2$,得 $t=\sqrt{\frac{2h}{g}}$,所以得 $\Delta x=\frac{1}{2}at^2=\frac{1}{2}a\cdot(\sqrt{\frac{2h}{g}})^2=\frac{a}{g}h$.

【答案】 右 $\frac{a}{g}h$

点拨: 车与油滴在水平方向的运动性质不同,油滴匀速,车匀减速,所以水平方向油滴相对于车厢底板做匀加速直线运动.

同类训练

4. 如图 5-2-12 所示,排球场总长为 18 m,设球网的高度为 2 m,运动员站在离网 3 m 的线上(如图中虚线所示)正对网跳起将球水平击出(空气阻力不计),设击球点在 3 m 线正上方高度为 2.5 m 处,试问击球速度在什么范围内才能使球既不触网也不越界.(设球出手时的速度与球网垂直, g 取 10 m/s²)

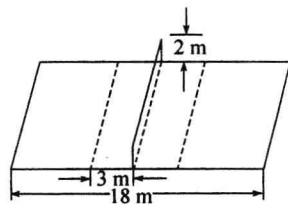


图 5-2-12

5. 有 A、B、C 三个小球, A 距地面较高, B 其次, C 最低,如图 5-2-13 所示. A、C 两球在同一竖直线上,相距 10 m,三球同时开始运动, A 球竖直下抛, B 球平抛, C 球竖直上抛,三球初速度的大小相同, 5 s 后三球相遇,不考虑空气阻力,求:

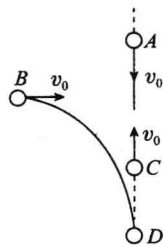


图 5-2-13

- (1) 三球的初速度大小是多少?
- (2) 开始运动时, B 球离 C 球的水平距离和竖直高度各是多少?

状元实践 借鉴高考 未雨绸缪

抛体运动知识是高考的重点,应能够熟练掌握抛体运动的规律,并在以后的学习中注意将抛体运动的知识与动能定理、机械能守恒等知识综合运用.

例11 (2010·全国 I) 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 5-2-14 中虚线所示. 小球在竖直方向下落的距离与水平方向通过的距离之比为()

- A. $\frac{1}{\tan \theta}$ B. $\frac{1}{2\tan \theta}$ C. $\tan \theta$ D. $2\tan \theta$

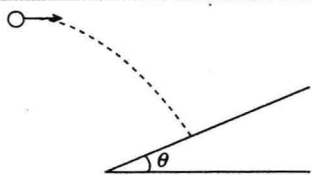


图 5-2-14

【解析】 本题考查了平抛运动. 平抛运动中经常涉及物体的水平速度、竖直速度、水平位移、竖直位移、位移偏转角和速度偏转角这六个内容. 在本题中, 小球垂直打在斜面上, 说明小球的速度与水平方向的夹角与 θ 互余, 所以有 $\frac{v_y}{v_x} = \tan \alpha = \frac{1}{\tan \theta}$, 又速度偏转角的正切是位移偏转角正切的 2 倍, 所以有 $\frac{y}{x} = \frac{1}{2} \tan \alpha = \frac{1}{2 \tan \theta}$, 所以答案为 B.

【答案】 B

例 12 (2011 · 广东) 如图 5-2-15 所示, 在网球的网前截击练习中, 若练习者在球网正上方距地面 H 处, 将球以速度 v 沿垂直球网的方向击出, 球刚好落在底线上, 已知底线到网的距离为 L , 重力加速度取 g , 将球的运动视作平抛运动, 下列表述正确的是 ()

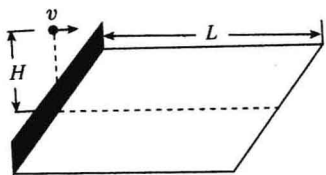


图 5-2-15

- A. 球的速度 v 等于 $L\sqrt{\frac{2H}{g}}$
 B. 球从击出至落地所用时间为 $\sqrt{\frac{2H}{g}}$
 C. 球从击球点至落地点的位移等于 L
 D. 球从击球点至落地点的位移与球的质量有关

【解析】 由平抛运动规律: $L = vt$, $H = \frac{1}{2}gt^2$ 求出 B 正确.

【答案】 B

例 13 (2011 · 海南) 如图 5-2-16 所示, 水平地面上有一个坑, 其竖直截面为半圆, ab 为沿水平方向的直径. 若在 a 点以初速度 v_0 沿 ab 方向抛出一小球, 小球会击中坑壁上的 c 点. 已知 c 点与水平地面的距离为圆半径的一半, 求圆的半径. (g 取 10 m/s^2)

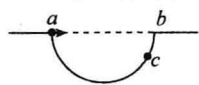


图 5-2-16

【解析】 设圆半径为 r , 质点做平抛运动, 则:

$$x = v_0 t \quad ①$$

$$y = \frac{1}{2} r = \frac{1}{2} g t^2 \quad ②$$

过 c 点做 $cd \perp ab$ 与 d 点, $\text{Rt} \triangle acd \sim \text{Rt} \triangle cbd$ 可得

$$cd^2 = ad \cdot db \text{ 即为: } \left(\frac{r}{2}\right)^2 = x(2r-x) \quad ③$$

$$\text{由 } ①②③ \text{ 得: } r = \frac{4(7 \pm 4\sqrt{3})}{g} v_0^2.$$

$$\text{【答案】 } \frac{4(7 \pm 4\sqrt{3})}{g} v_0^2$$

状元心得 图解归纳 了然于胸

抛体运动的规律	平抛运动	水平方向: 匀速直线运动, $v_x = v_0$, $x = v_0 t$ 竖直方向: 自由落体运动, $v_y = gt$, $y = \frac{1}{2}gt^2$
	斜抛运动	水平方向: 匀速直线运动 竖直方向: 竖直上抛(或下抛)运动

状元素养 补充知识 拓展视野

跳高时为什么要助跑

在体育比赛中, 跳远的运动员选择较长的助跑距离, 而跳高运动员的助跑距离则要短得多. 如果选择较长的助跑距离, 是否就跳不高呢?

跳高运动员能腾起越过横杆, 靠的是助跑的惯性和起跳蹬地的支撑反作用力. 由于惯性而使运动员保持的速度的方向是水平向前的, 而支撑反作用力是垂直(或近似垂直)向上的, 所以起跳后运动员的身体重心沿着一个抛物线轨迹运动. 这个抛物线轨迹的高度, 取决于起跳时腾起初速度和腾起角的大小, 也就是说, 腾起初速度和腾起角是增加跳高高度的关键. 一般说来, 应该尽可能增大这两项数值, 而最大腾起角为 90° . 然而, 由于跳高不是单纯的垂直向上运动, 越过横杆还必须有一个向前的力量; 再则, 还须充分利用水平速度来增大腾起初速度, 因此, 腾起角应小于 90° . 至于腾起初速度, 则和运动员的素质和技术的熟练程度密切相关. 腾起初速度越大, 跳得就越高. 当腾起角一定时, 腾起初速度是起决定作用的.

答案专区 详解详析 启迪思维

跟踪训练

1. BD

2. C **解析:** 由平抛运动的规律知竖直方向上的速度 $v = v_0 \tan \theta = gt$, 则 $t = \frac{v_0 \tan \theta}{g}$. 又根据水平方向的位移 $x = v_0 t$, 所以 $x = \frac{v_0^2 \tan \theta}{g}$.

3. C **解析:** 作出落地时的速度矢量图, 如图 5-2-17 所示.

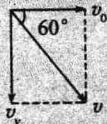


图 5-2-17

设落地时竖直分速度为 v_y , 则有

$$v_y = v_0 \tan 60^\circ \quad ①$$

在竖直方向为自由落体运动, 有

$$v_y = gt \quad ②$$

$$\text{由 } ①② \text{ 两式解得 } t = \frac{v_0 \tan 60^\circ}{g} = \sqrt{3} \text{ s.}$$

4. D **解析:** A 球与 B 球在水平方向都是以 150 m/s 的速度匀速运动, 则 A 球与 B 球必定在同一条竖直线上. 由于 A 球先抛出, A 球相对 B 球在竖直方向上做匀加速直线运动, 所以两球之间的相对位置不是固定的, 即 A 球与 B 球之间的竖直距离在增大, 其位置关系是: $\Delta h = h_A - h_B = \frac{g(t+1)^2}{2} - \frac{gt^2}{2} = g \frac{(2t+1)}{2}$, 即球 A 与球 B

相隔的距离 Δh 随 t 的增大而增大.

5. D 解析: 斜抛物体的运动的水平方向是匀速直线运动, 竖直方向是竖直上抛或竖直下抛运动, 抛出后只受重力, 故加速度恒定; 若是斜向上抛, 则竖直分速度先减小后增大; 若是竖直下抛, 则竖直分速度一直增大, 其轨迹为抛物线, 故选项 D 正确.

同类训练

1. D 解析: 做平抛运动的物体, 水平方向做匀速直线运动 ($v_x = v_0$), 竖直方向做自由落体运动 ($v_y = gt$), 所以平抛运动在竖直方向的分速度 v_y 随时间变化的图线是一条直线, 斜率代表重力加速度.

2. C 解析: 火车做匀加速直线运动, 物体做平抛运动, 其初速度为火车当时的速度 v_0 , 抛出点到地面的高度 $h = 2.5$ m, 设落地时间为 t , 在这一段时间内, 火车前进了 x_1 , 物体沿水平方向前进了 x_2 , 则 $x_1 = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$, $x_2 = v_0 t$, $h = \frac{1}{2} g t^2$, 联立以上三式可得 $x_1 - x_2 = \frac{a h}{g} = \frac{1 \times 2.5}{10}$ m = 0.25 m.

3. (1) 由平抛运动知识可知 $v_t^2 = v_0^2 + g^2 t^2$,

$$\text{解得 } t = \frac{1}{g} \sqrt{v_t^2 - v_0^2}.$$

(2) 在竖直方向上做自由落体运动

$$h = \frac{1}{2} g t^2 = \frac{1}{2} g \cdot \frac{1}{g^2} (v_t^2 - v_0^2) = \frac{1}{2g} (v_t^2 - v_0^2).$$

(3) 在水平方向上是匀速直线运动

$$x = v_0 t = \frac{v_0 \sqrt{v_t^2 - v_0^2}}{g}.$$

$$(4) s = \sqrt{x^2 + h^2} = \frac{1}{2g} \sqrt{2v_0^2 v_t^2 - 3v_0^4 + v_t^4},$$

$$\text{位移与水平方向的夹角 } \tan \alpha = \frac{h}{x} = \frac{\sqrt{v_t^2 - v_0^2}}{2v_0}.$$

4. 设刚好不触网时, 击球速度为 v_1 ,

则水平位移为 3 m 的过程中有:

$$\text{水平方向 } x_1 = v_1 t_1,$$

$$\text{竖直方向 } y_1 = \frac{1}{2} g t_1^2,$$

$$\text{解得 } v_1 = 3\sqrt{10} \text{ m/s}.$$

设刚好不越界时, 击球速度为 v_2 ,

$$\text{则水平方向 } x_2 = v_2 t_2,$$

$$\text{竖直方向 } y_2 = \frac{1}{2} g t_2^2,$$

$$\text{所以 } v_2 = 12\sqrt{2} \text{ m/s}.$$

即球速在 $3\sqrt{10} \text{ m/s} < v < 12\sqrt{2} \text{ m/s}$ 范围内, 排球既不触网也不越界.

5. 设在 D 点相遇, 取竖直向下为坐标正方向.

$$(1) \text{对 A 球: } h_{AD} = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2,$$

$$\text{对 C 球: } h_{CD} = -v_0 t + \frac{1}{2} g t^2,$$

$$h_{AD} - h_{CD} = 10 \text{ m},$$

$$\text{即 } 2v_0 t = 10 \text{ m, 则可得 } v_0 = \frac{10}{2 \times 5} \text{ m/s} = 1 \text{ m/s}.$$

$$(2) \text{B 球与 C 球的水平距离 } s_{BC} = v_0 t = 1 \times 5 = 5 \text{ m},$$

$$\text{B 球与 C 球的竖直距离 } h_{BC} = h_{BD} - h_{CD} = \frac{1}{2} g t^2 -$$

$$\left(-v_0 t + \frac{1}{2} g t^2 \right) = v_0 t = 1 \times 5 = 5 \text{ m}.$$