

搜狐教育频道推荐用书

名师设计与导学

高中同步探究学程

高一物理(下)

北京天利考试信息网 编

西藏人民出版社

丛书主编	王在勇	王 峰						
编 委	王耀堂	时寅敦	王文清	宋立泽	宋福龙	曹大梅	常华锋	
本册主编	王文清							
副 主 编	邱树林	高 明	代延军					
作 者	段来华	左登良	郝恩波	陈英志	商金林	张卫星	陈洪春	
	张同树	吕 强	孙凡涛	赵永坤	贾尊军			
审 读	任金柱	郑振华	王希华	李海水	刘 静	刘梅柱	赵传俊	
	王文清							

名师设计与导学

——高中同步探究学程(高一)

作 者	本书编写组
责任编辑	李海平
封面设计	天利/谭仲秋
出 版	西藏人民出版社
社 址	拉萨市林廓北路 20 号 邮政编码 850000
	北京发行部 :100027 北京 4717 信箱 电话 010 - 64680026、84483652
印 刷	天津市凯旭印务有限公司
经 销	全国新华书店
开 本	16 开(787 × 1092 毫米) 字 数 160 千
印 张	45.5
版 次	2004 年 12 月第 4 版第 1 次印刷
标准书号	ISBN 7 - 223 - 01416 - 4/G · 590
定 价	56.00 元

版权所有 侵权必究

前 言

当前,普通高中教育教学改革正处于重要的转折时期。我们是在认真学习和研究现行教学大纲、新课程标准和《考试说明》的基础上,根据2004年新修订的各科教材,编写了这套《高中同步探究学程》(一年级版)丛书。

该丛书的编写遵循高考改革“3+X”模式和研究性学习思路,体现了课程改革理念。力求达到:有助于教师更好地理解、把握教材,更科学地组织教学;有助于学生更好地掌握学习方法,增强学习兴趣,提高学习效率,进一步提高学生运用知识分析和解决问题的能力。

《高中同步探究学程》(一年级版)丛书包括地理、语文、数学、英语、物理、化学、政治、历史8科,供高中一年级学生同步学习使用。

该丛书主要有以下三个方面的特点:一是“同步”。各学科按单元(章、节、课)进行编写,与教学同步。“典例剖析”结合典型题目给出详尽的分析解答,或侧重于思路,或侧重于方法,或侧重于技巧;“巩固发展”则提供了一定量的紧扣教材内容的题目,通过训练,可以起到巩固新知、发展能力的目的。“单元检测”侧重阶段性测试,可操作性强。二是“导学”。丛书的整体框架突出了对学生学习的指导,如“学习目标”给出了大纲和教材所要求的知识点,给学生以明确的要求;“重点难点透析”旨在帮助学生进一步理解教材的知识结构和重点、难点,指导学生更有针对性地学习;“学法导引”帮助学生掌握具体的学习方法,引导学生探求未知领域。三是“创新”。各学科在注重基础知识、基本技能和基本方法的同时,还强调引导学生从教材中走出

来,逐步向外扩展,引导学生自主学习、合作探究。如“拓展创新”注重设置情景问题,拓宽知识背景,引导学生自己“悟”道理,培养学生灵活运用知识的创新意识和能力。

该丛书的作者是具有丰富教学实践经验和较高教学理论水平的特级教师、高级教师及一线中青年骨干教师。他们既熟悉大纲和教材,又了解学生和高考,使该套丛书的编写贴近学生学和教师教的实际,具有较强的科学性、实用性和权威性。

由于时间仓促和作者水平所限,丛中难免会有不足和疏漏之处,恳请广大读者批评指正,以便在修订时更正。

二〇〇四年十月

目 录



第五章 曲线运动

§ 5.1 曲线运动 (1)

§ 5.2 运动的合成与分解 ... (3)

§ 5.3 平抛物体的运动 (6)

§ 5.4 匀速圆周运动 (10)

§ 5.5 向心力 向心加速度
..... (13)

§ 5.6 匀速圆周运动的实例分析
..... (16)

§ 5.7 离心运动及其应用
..... (20)

综合训练 (25)

第六章 万有引力定律

§ 6.1 行星的运动 (28)

§ 6.2 万有引力定律 (29)

§ 6.3 引力常量的测定 (31)

§ 6.4 万有引力定律在天文学上的
应用 (32)

§ 6.5 人造卫星、宇宙速度
..... (34)

综合训练 (39)

期中测试 (41)

第七章 机械能

§ 7.1 功 (44)

§ 7.2 功率 (47)

§ 7.3 功和能 (49)

§ 7.4 动能、动能定理 (50)

§ 7.5 重力势能 (54)

§ 7.6 机械能守恒定律 (56)

§ 7.7 机械能守恒定律的应用 ...
..... (59)

综合训练 (65)

期末测试(一) (67)

期末测试(二) (70)

参考答案 (73)

§ 5.1 曲线运动



学习目标

1. 理解曲线运动的速度方向沿切线方向,知道曲线运动是变速运动.
2. 知道在曲线运动中,加速度既反映速度大小的变化,又反映速度方向的变化.
3. 掌握物体做曲线运动的条件:合外力和速度方向与速度方向不在同一直线上.



重难点透析

1. 曲线运动的速度

(1) 曲线运动的速度方向是曲线轨迹上某点的切线方向.

曲线运动的速度方向时刻改变,物体在任何时刻的速度方向都沿曲线的切线方向.

曲线运动中一段时间内的平均速度当时间间隔越来越小时,平均速度的方向逐渐向曲线在该点的切线靠拢,当时间段足够短时,平均速度的方向就等于该点的速度方向,即质点在某一点(或某一时刻)的瞬时速度方向.

(2) 曲线运动是变速运动.

速度是矢量,速度变化就一定有加速度,所以曲线运动一定受外力作用.速度变,但加速度不一定变,加速度不变的叫匀变速曲线运动.加速度变的叫变加速曲线运动,速度改变的方向就是加速度的方向,即所受外力的方向.

2. 物体做曲线运动的条件

物体所受的合外力与速度方向不在一条直线上.

当物体所受的合外力与速度方向不在一条直线上时,可以把合外力正交分解为与速度方向在一条

直线上的 F_1 和与速度方向垂直的 F_2 ,则 F_1 产生加速度 a_1 ,将只改变速度的大小, F_2 产生加速度 a_2 只改变速度的方向,则物体就做曲线运动,可见物体速度方向的改变是由垂直速度方向的分力引起的.

3. 判断物体做曲线运动的方法

判断一个物体是否做曲线运动,就要看物体所受的合外力与其速度方向是否在同一条直线上.或看物体的加速度是否与速度方向在一条直线上.即看是否满足以下三条(1)有初速度(2)受到外力作用(或有加速度)(3)外力(或加速度)与速度方向不在一条直线上.



学法导引

学好本节应从课本所举雨伞与砂轮的例子出发,充分理解曲线运动的速度方向是沿曲线的切线,这是学好曲线运动的基础.仔细分析钢珠受磁铁引力、抛出石子受重力做曲线运动的例子,总结出物体做曲线运动的条件.然后从力分解的角度去分析物体速度改变的原因,切实理解掌握物体做曲线运动的条件.



案例剖析

【例1】如图 5-1-1 所示,物体在恒力 F 作用下沿曲线从 A 运动到 B ,这时突然使它受力反向,大小不变,即由 F 变为 $-F$,在此力作用下,物体以后的运动情况是

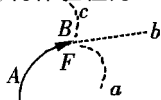


图 5-1-1

- A. 物体不可能沿曲线 Ba 运动
- B. 物体不可能沿直线 Bb 运动
- C. 物体不可能沿曲线 Bc 运动
- D. 物体不可能沿原曲线由 B 返回 A

【解析】 本题考查曲线运动的条件. 物体受力方向与速度方向不在一条直线上时, 物体将做曲线运动, 力的方向是指向轨迹弯曲的一侧的, AB 曲线向下弯曲, 说明力 F 沿某一方向指向 AB 弯曲一侧, 若换成 $-F$, 其方向指向另一侧, 故曲线要向上弯曲, 物体可能沿 Bc 运动, 故 A、B、D 正确.

【例 2】 关于曲线运动, 下列说法正确的是()

- A. 曲线运动一定是变速运动, 速度大小一定要变化
- B. 曲线运动中的加速度一定不为零, 但可以等于恒量

- C. 曲线运动中的物体, 不可能受恒力作用
- D. 在平衡力作用下的物体, 可以做曲线运动

【解析】 做曲线运动的物体速度一定变化, 但速度大小不一定变, 速度变就有加速度, 并且加速度可以是恒量, 此时物体受到恒定外力作用, 综上所述, 选 B 正确.



巩固发展

1. 下列说法中正确的是 ()
 - 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. 某些曲线运动可能是匀速运动
 - D. 曲线运动中某两点瞬时速度方向可能相同
2. 下列说法中正确的是 ()
 - A. 曲线运动中物体的速度方向不是物体的运动方向
 - B. 曲线运动中物体在某点的速度方向即为该点的切线方向
 - C. 曲线运动中速度大小可能不变, 但速度方向一定改变
 - D. 曲线运动中速度方向可能不变, 但速度大小一定改变
3. 物体受到几个外力的作用而做匀速直线运动, 如果撤掉与速度同向的一个力, 其它力不变, 则它有可能 ()
 - A. 做匀速直线运动
 - B. 做匀加速直线运动
 - C. 做匀减速直线运动
 - D. 做曲线运动

4. 下列关于曲线运动的说法中正确的有 ()
 - A. 曲线运动可以是匀速率运动
 - B. 曲线运动一定是变速运动
 - C. 曲线运动可以是匀变速运动
 - D. 曲线运动的加速度可以为零
5. 做曲线运动的物体, 在其轨道上某一点的加速度方向为 ()
 - A. 通过该曲线的切线方向
 - B. 与物体在这一点时所受合外力方向垂直
 - C. 与物体在这一点的速度方向一致
 - D. 与物体在这一点速度方向的夹角一定不为零
6. 做曲线运动的物体, 在运动过程中, 一定变化的物理量是 ()
 - A. 速率
 - B. 速度
 - C. 加速度
 - D. 合外力
7. 下列叙述正确的是 ()
 - A. 物体在恒力作用下不可能做曲线运动
 - B. 物体在变力作用下不可能做直线运动
 - C. 物体在变力或恒力作用下都有可能做曲线运动
 - D. 物体在变力或恒力作用下都可能做直线运动
8. 下列关于运动状态与受力关系的说法中, 正确的是 ()
 - A. 物体运动状态发生改变, 物体受力情况一定发生变化
 - B. 物体在恒定外力作用下的运动, 一定是匀速直线运动
 - C. 物体运动状态保持不变, 说明物体所受的合外力为零
 - D. 物体在做曲线运动的过程中, 受到的合外力不可能是恒力



拓展创新

9. 一个质点受两个互成锐角的力 F_1 和 F_2 作用由静止开始运动, 若运动中保持二力方向不变, 但 F_1 突然增大到 $F_1 + \Delta F$, 则质点此后 ()
 - A. 一定做匀变速曲线运动
 - B. 在相等的时间内速度的变化一定相等
 - C. 可能做匀速直线运动

D. 可能做变加速曲线运动

10. 如图 5-1-2 所示为一质点由 A 经 B 到 C 的运动轨迹, 且在此过程中其速率逐渐变大, 则它在 P 点的加速度方向可能是箭头_____所指的方向; 它在 Q 点的加速度方向可能是箭头_____所指的方向。

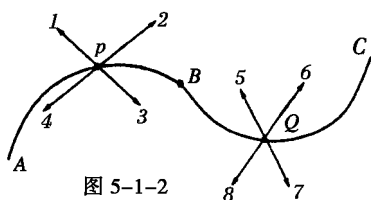


图 5-1-2

§ 5.2 运动的合成与分解



学习目标

1. 知道合运动与分运动的概念, 知道一个运动的分解是按实际运动效果分解的。
2. 正确理解合运动与分运动的关系: (1) 独立性: 分运动独立进行, 互不干扰。(2) 同时性: 合运动与分运动同时开始、进行、结束。(3) 等效性: 合运动与各分运动共同的效果可以相互替代。



重难点透析

1. 合运动与分运动

(1) 合运动与分运动: 如果某物体同时参与几个运动, 那该物体实际的运动叫这几个运动的合运动, 这几个运动叫这个实际运动的分运动。

(2) 合运动与分运动之间的关系

① 独立性: 一个物体同时参与几个分运动时, 各分运动独立进行, 各自产生效果、互不干扰。

② 同时性: 合运动与分运动同时开始, 同时进行, 同时结束。

③ 等效性: 合运动是由各分运动共同产生的总运动效果, 合运动与各分运动总的运动效果可以相互替代。

2. 运动的合成与分解

(1) 概念: 已知分运动情况求合运动的情况叫运动的合成。

已知合运动情况求分运动情况叫运动的分解。

(2) 运动的合成与分解遵循的规则:

① 合运动一定是物体的实际运动

② 分运动之间有独立性

③ 合运动和分运动具有等时性

④ 运动的合成与分解指的是速度、位移、加速度的合成与分解。速度、位移、加速度都是矢量, 它们的合成与分解遵循平行四边形定则, 所以运动的合成与分解遵循平行四边形定则。

3. 合运动的性质与轨迹的判断

合运动的性质: 关键在于合加速度

合运动的轨迹: 取决于 $a_{\text{合}}$ 与 $v_{\text{合}}$ 的方向是否在同一条直线上。

(1) $a_{\text{合}} = 0$, 静止或匀速直线运动

(2) 若 $a_{\text{合}}$ 恒定, 合运动为匀变速运动

$\begin{cases} a_{\text{合}} \text{ 与 } v_{\text{合}} \text{ 在同一条直线上, 匀变速直线运动} \\ a_{\text{合}} \text{ 与 } v_{\text{合}} \text{ 不在同一条直线上, 匀变速曲线运动} \end{cases}$

(3) 若 $a_{\text{合}}$ 不恒定, 合运动为变加速运动

$\begin{cases} a_{\text{合}} \text{ 与 } v_{\text{合}} \text{ 在同一条直线上, 变加速直线运动} \\ a_{\text{合}} \text{ 与 } v_{\text{合}} \text{ 不在同一条直线上, 变加速曲线运动} \end{cases}$

可见, 物体是否作曲线运动取决于 $a_{\text{合}}$ 与 $v_{\text{合}}$ 是否在同一条直线上。

4. 运动合成与分解的几个特例

(1) 合成特例

① 两个匀速直线运动合成后一定是匀速直线运动(或静止)。

② 不在同一直线上的一个匀速直线运动和一个变速直线运动合成后的运动轨迹是曲线。

(2) 分解特例

① 初速度为 v_0 的匀加速直线运动, 可以分解为同方向的一个速度为 v_0 的匀速直线运动和一个初

速度为零的匀加速直线运动。

② 竖直上抛运动可以分解为一个竖直向上的匀速直线运动和一个自由落体运动。



学法导引

1. 两个相互垂直的直线运动的合运动情况的判断:

法一: 若任一时刻两分速度之比为常数, 即 $\frac{v_y}{v_x} = k$, 表示合运动的速度方向大小一直不变, 即物体做匀速直线运动。

法二: 若任一时刻两分位移之比为常数, 即 $\frac{y}{x} = k$, 表示两分位移呈线性关系, 即合运动是匀速直线运动。

如, 两匀速直线运动的合成

$$\frac{v_y}{v_x} = \text{恒量}, (\frac{y}{x} = \frac{v_y t}{v_x t} = \text{恒量})$$

所以其合运动是匀速直线运动。

又如, 竖直方向的匀速直线运动和水平方向的加速度为 0 的匀加速直线运动的合成, $\frac{v_y}{v_x} = \frac{v_0}{at}$ 与时间有关, 故为曲线运动。

也可用以下方法判断:

$$y = v_0 t \quad x = \frac{1}{2} at^2 \text{ 约去 } t \text{ 可得}$$

$$y^2 = kx \text{ 为抛物线方程, 表明是曲线运动。}$$

2. 小船渡河运动分解

小船渡河的运动是船划行的分速度 v_2 与水流分速度 v_1 的合运动。

(1) 小船以最短时间渡河

此时船头应指向河岸, 船的实际航向指向下游。最短渡河时间: $t = \frac{d}{v_2}$

该结论在 $v_1 > v_2$, $v_1 = v_2$, $v_1 < v_2$ 时均成立, 即与水速的大小无关。

(2) 小船以最短航程渡河

① 若 $v_2 > v_1$

如图 5-2-1 所示, 设偏向上游且与河岸成 α 角, 这时 v_1 、 v_2 合速度恰与河岸垂直, 最短航程即为河宽, 船头应偏向上游

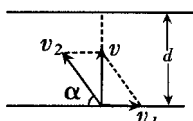


图 5-2-1

$$\cos \alpha = \frac{v_1}{v_2} \quad \alpha = \arccos \frac{v_1}{v_2}$$

$$\text{渡河时间 } t = \frac{d}{\sqrt{v_2^2 - v_1^2}}$$

② 若 $v_2 < v_1$

由于 $v_1 > v_2$, 小船不论向什么方向划行, 也不能垂直河岸渡河, 小船向什么方向划行过河位移最小呢? 由图 5-2-2 可看出

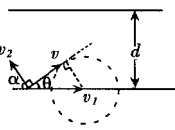


图 5-2-2

小船过河的速度(合速度)矢量的末端, 总是在以水流速度矢量末端为圆心, 以船划行速度为半径的圆上, 显然当小船过河的速度与圆相切时, 小船航程最短。

$$\text{此时 } \theta = \arcsin \frac{v_2}{v_1} \quad \alpha = \frac{\pi}{2} - \arcsin \frac{v_2}{v_1}$$

$$\text{最短位移 } s = \frac{d}{\sin \theta} = \frac{dv_1}{v_2}$$

$$\text{过河时间 } t = \frac{s}{v} = \frac{dv_1}{v_2 \sqrt{v_1^2 - v_2^2}}$$

3. 物体拉绳(或绳拉物体)运动速度的分解

物体实际运动的速度为合速度, 沿绳子方向有分速度 v_1 就是绳子运动的速度, 与绳子垂直方向有一个分速度 v_2 。



案例剖析

【例 1】一船往返于甲乙两码头之间, 从甲到乙, 静水时需时间 $t_{\text{静}}$, 顺水时需时间 $t_{\text{顺}}$, 逆水时需时间 $t_{\text{逆}}$ (设船速, 水速均不变) 求证: $\frac{2}{t_{\text{静}}} = \frac{1}{t_{\text{顺}}} + \frac{1}{t_{\text{逆}}}$

【解析】设甲、乙两码头之间距 s , 船速为 $v_{\text{船}}$, 水流速度为 $v_{\text{水}}$, 则

$$t_{\text{静}} = \frac{s}{v_{\text{船}}}, t_{\text{顺}} = \frac{s}{v_{\text{船}} + v_{\text{水}}}, t_{\text{逆}} = \frac{s}{v_{\text{船}} - v_{\text{水}}}$$

$$\frac{1}{t_{\text{顺}}} + \frac{1}{t_{\text{逆}}} = \frac{v_{\text{船}} + v_{\text{水}}}{s} + \frac{v_{\text{船}} - v_{\text{水}}}{s} = \frac{2v_{\text{船}}}{s} = \frac{2}{t_{\text{静}}}$$

$$\text{即 } \frac{2}{t_{\text{静}}} = \frac{1}{t_{\text{顺}}} + \frac{1}{t_{\text{逆}}}$$

【例 2】如图 5

—2—3 所示在河岸上利用定滑轮拉绳索使小船靠岸,拉绳速度为 v ,当船头绳索与水平面夹角为 θ 时,船的速度是多少?

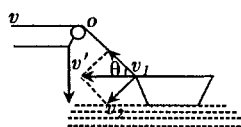


图 5-2-3

【解析】把船的速度 v' 沿绳方向分解为 v_1 ,与绳垂直方向分解为 v_2

$$\text{则 } v_1 = v' \cdot \cos\theta$$

又 v 即为人拉绳子的速度

$$\therefore v' = \frac{v}{\cos\theta}$$

【例 3】河宽为 s ,水流速度为 v_1 ,船在静水中速度 v_2 ($v_1 < v_2$) 求船以最短位移渡河时,船头与河岸夹角多少?渡河时间为多少?

【解析】由图

可知 $v_2 \cdot \cos\theta = v_1$ 时小船位移最短,

此时 $\cos\theta = \frac{v_1}{v_2}$

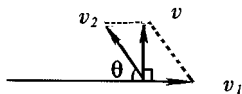


图 5-2-4

$$\theta = \arccos \frac{v_1}{v_2}$$

$$\text{渡河时间为 } t = \frac{s}{v_2 \cdot \sin\theta} = \frac{s}{\sqrt{v_2^2 - v_1^2}}$$



巩固发展

- 关于两个运动的合成,下面说法正确的是 ()
 - 两个在同一条直线上速度大小不等的匀速直线运动的合运动是匀速直线运动
 - 两个不在一条直线上的匀速直线运动的合运动是匀速直线运动
 - 两个在一条直线上的初速不等且加速度不等的匀加速直线运动的合运动是匀变速直线运动
 - 一个匀速直线运动和另一个不同方向的匀加速直线运动的合运动是初速不为零的匀加速直线运动
- 关于运动的合成,下列说法正确的是 ()
 - 两直线运动的合运动一定是直线运动
 - 两直线运动的合运动可以是曲线运动
 - 两个互成角度的匀速直线运动的合运动一定是匀速直线运动

D. 两个分运动的时间一定和它们合运动时间相等

- 一小船以恒定的速度渡河,当行至河中央时,水流速度突然变大,则小船渡河时间将 ()
 - 增大
 - 减小
 - 不变
 - 不能确定
- 小船相对于静水的速度大小不变,在河流的上、下游两地往返一次所用时间,比它在静水中经历同样长的航程所用时间 ()
 - 长些
 - 短些
 - 相等
 - 可能相等
- 在做加速度为 a 的匀加速运动的火车上的人,当车速为 v 时,从窗口向外自由释放一物体 A ,车上的人看到的 A 的轨迹为 ()
 - 竖直线
 - 向后倾斜的直线
 - 向后弯曲的曲线
 - 向后弯曲的抛物线

- 如图 5-2-5 所示,在河岸上用细绳拉船,为了使船匀速靠岸,拉绳的速度必须是 ()

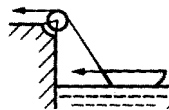


图 5-2-5

- 加速拉
 - 减速拉
 - 匀速拉
 - 匀加速拉
- 某人横渡一条河,船划行速度和水流速度一定,此人过河最短时间为 T_1 ,若此人用最短的位移过河,则需时间为 T_2 ,若船速大于水速,则船速与水速之比为 ()
 - $\frac{T_2}{\sqrt{T_2^2 - T_1^2}}$
 - $\frac{T_2}{T_1}$
 - $\frac{T_1}{\sqrt{T_1^2 - T_2^2}}$
 - $\frac{T_1}{T_2}$
 - 关于运动的合成,正确的是 ()
 - 合运动一定是实际发生的运动
 - 合运动与分运动一定具有等时性
 - 两个分运动之间一定相对独立
 - 两个分运动之间一定相互正交
 - 如图 5-2-6 所示,汽车在水平方向运动,当运动至 P 点时,绳与水平方向夹角为 θ ,若此时时刻物体 M 的速率为 v ,则汽车的速度大小为多少?

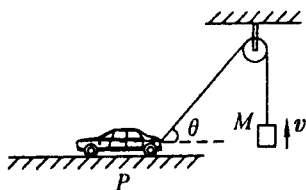
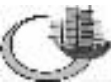


图 5-2-6

10. 某人骑自行车向东行驶,在车速为 10m/s 时,觉得有南风,速度增至 15m/s ,觉得有东南风,求风的速度?
11. 一人逆水游泳,在经过一座桥时失落一水壶,发觉时已过了半小时,回头寻找,在离桥 1000m 处找到,求水流速度?(设水壶能浮于水面,离开人后即随水运动)



拓展创新

12. 某人站在电动扶梯上不动,经时间 t_1 由一楼升到二楼,如果电动扶梯不动,人从一楼走到二楼

的时间 t_2 ,现在扶梯正常运行,人也保持原来的速率沿扶梯向上走,则人从一楼走到二楼的时间为_____.

13. 两个宽度相同但长度不同的台球桌置于水平面上,从两个台球桌边以相同的速度,相同的方向同时分别发出球 A 和 B ,如图所示,设球与框边碰撞时无机械能损失,不计一切摩擦,则 ()
- 图 5-2-7
- A. 两球同时回到最初出发的框边
B. A 球先回到最初出发的框边
C. B 球先回到最初出发的框边
D. 哪一球回到最初出发的框边与两框的具体尺寸有关,由于尺寸未明显给出,故无法确定

§ 5.3 平抛物体的运动



学习目标

- 理解平抛运动的受力特征和加速度特征.
- 学会分解平抛运动,知道两个分运动的独立性和等时性.
- 会求瞬时速度和位移.



重难点透析

- 平抛运动及其性质
 - 定义:平抛运动是水平抛出的物体只在重力作用下所做的运动.

- 物体作平抛运动的条件:
 - 有水平初速度
 - 只受重力作用
- 运动性质:由于只受重力,故加速度恒等于 g ,为匀变速运动.又加速度与初速度不在同一直线上,故做曲线运动,可见平抛运动是初速度不为零的匀变速曲线运动.

2. 平抛运动的处理方法与规律

(1) 处理方法

分解为水平方向与竖直方向的运动

- 水平方向:初速度 v_0 ,无外力,故做匀速直线运动
- 竖直方向:初速度为 0 ,只受重力作用,故做自由落体运动

(2) 规律见下表

项 目 内 容	速度	加速度	位移	图示
水平方向	$v_x = v_0$	$a_x = 0$	$x = v_0 t$	
竖直方向	$v_y = gt$	$a_y = g$ 竖直向下	$y = \frac{1}{2} gt^2$	
平抛运动	$v_t = \sqrt{v_0^2 + v_y^2}$ 与水平方向夹角 $\tan\theta = \frac{gt}{v_0}$	$a = g$ 竖直向下	$s = \sqrt{x^2 + y^2}$ 与水平方向夹角 $\tan\theta = \frac{y}{x} = \frac{gt}{2v_0}$	

注意:运动学公式只适用于直线运动,因此曲线运动要分解成两个直线运动后才能应用运动学公式.

3. 平抛运动的轨迹是一条抛物线

$$\left. \begin{aligned} y &= \frac{1}{2}gt^2 \\ x &= v_0t \end{aligned} \right\} \Rightarrow y = \frac{g}{2v_0^2}x^2 \text{ 是一条抛物线}$$

4. 平抛运动物体的飞行时间

设抛出点高度为 h , 则 $h = \frac{1}{2}gt^2$

$$\therefore t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

可见,平抛物体的飞行时间仅由高度 h 决定,与物体的质量初速度无关

5. 平抛物体的水平射程

$$s = v_0t = v_0\sqrt{\frac{2h}{g}}$$

可看出,平抛物体的初速度 v_0 越大,抛出点离地越高,则物体沿水平方向通过的距离 s 越大.



学法导引

平抛运动规律的应用

水平方向 $x = v_0t, v_x = v_0$

$$y = \frac{1}{2}gt^2, v_y = gt$$

$$\text{在 } xOy \text{ 平面内 } s = \sqrt{x^2 + y^2} \quad v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

从图 5-3-1 可看出这些物理量全在两个三角形中, x, y, s 在 $\triangle OAB$ 中, 我们称为位移三角形, v_x, v_y, v 在 $\triangle BCD$ 中我们称为速度三角形.

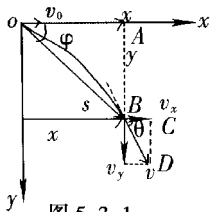


图 5-3-1

我们常见题目有:

① 已知末速度 v 的大小或方向. 解这类题目可抓住速度三角形. 解题关键为设出时间, 利用两个分运动的等时性, 及勾股定理、三角函数等知识求解.

② 已知末位移 s 的大小或方向. 解这类题目可抓住位移三角形. 解题关键为设出时间 t , 利用两分运动的等时性, 及勾股定理、三角函数知识求解.

若已知 v (或 s) 的大小结合勾股定理求解, 若已知 v (或 s) 的方向结合三角函数求解.



案例剖析

【例 1】如图 5-3-2 所示, 以 9.8m/s 的水平速度 v_0 抛出的物体, 飞行一段时间后, 垂直地撞在倾角 θ 为 30° 的斜面上, 可知物体完成这段飞行时间是

A. $\frac{\sqrt{3}}{3}\text{s}$

B. $\frac{2\sqrt{3}}{3}\text{s}$

C. $\sqrt{3}\text{s}$

D. 2s

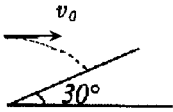


图 5-3-2

【解析】本题为已知末速度的方向, 作出速度分解的矢量图, 如图 5-3-3 所示, 利用速度三角形知识.

$$v_x = v_0, v_y = gt$$

$$\tan\theta = \frac{v_x}{v_y} = \frac{v_0}{gt}$$

$$t = \frac{v_0}{g \cdot \tan\theta} = \sqrt{3}\text{s} \quad \text{选 C.}$$

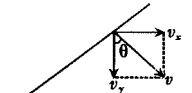


图 5-3-3

【例 2】一架飞机水平的匀速飞行, 从飞机上每隔 1s 释放一个铁球, 先后共释放 4 个, 若不计空气阻力, 从地面上观察 4 个球

- A. 在空中任何时刻总排成抛物线, 它们的落地点是等间距的
- B. 在空中任何时刻总排成抛物线, 它们的落地点是不等间距的
- C. 在空中任何时刻总在飞机正下方, 排成竖直的线, 它们的落地点是等间距的
- D. 在空中任何时刻总在飞机正下方, 排成竖直的直线, 它们的落地点是不等间距的

【解析】因铁球从飞机上释放后做平抛运动, 在水平方向上具有与飞机相同的速度, 不论铁球何时从飞机上释放, 铁球与飞机在水平方向上都无相对运动, 铁球同时还做自由落体运动, 它在竖直方向离飞机越来越远, 所以四个铁球在落地前始终处于飞机正下方排成一条竖直直线. 又因为飞机上每隔 1s 释放一个铁球, 而每个球在空中运动的时间又是相等的, 所以, 这 4 个球落地的时间也依次相差 1s , 而 4 个铁球在水平方向上的速度都相同, 其落地

点必然是等间距的,综上所述,选 C.

【例 3】

从高 H 的 A 处平抛一物体,其水平射程为 $2s$,在 A 点正上方高为 $2H$ 的 B 处,

以同方向平抛另一物体,其水平射程为 s ,两物体在空中的运行轨迹在同一竖直面内,且都从同一屏 M 的顶端擦过,求屏 M 的高度.

【解析】 设屏高为 h ,下落到地面时对 A 、 B 分别有

$$x_A=2s=v_A\sqrt{\frac{2H}{g}}$$

$$x_B=s=v_B\sqrt{\frac{2\times 2H}{g}}$$

$$\therefore v_A=2\sqrt{2}v_B$$

下落到屏顶时有

$$x_A'=v_A\sqrt{\frac{2(H-h)}{g}}$$

$$x_B'=v_B\sqrt{\frac{2(2H-h)}{g}}\text{ 又 }x_A'=x_B'$$

$$\therefore v_A\sqrt{(H-h)}=v_B\sqrt{(2H-h)}$$

$$\therefore 2\sqrt{2}\sqrt{(H-h)}=\sqrt{2H-h}$$

$$\therefore h=\frac{6}{7}H$$

【例 4】 如图 5-3-4

所示,把一物体从倾角为 30° 的斜面上的 A 点平抛,物体落到斜面上的 B 点运时间 $\sqrt{3}s$,求抛出时的速度为多少?(取 $g=10\text{m/s}^2$)

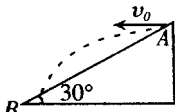


图 5-3-4

【解析】 本题已知末位移的方向,可画出位移分解图如图 5-3-5 所示利用位移三角形求解

设飞行时间为 t

$$x=v_0t\qquad y=\frac{1}{2}gt^2$$

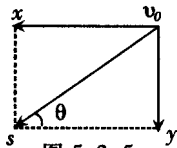


图 5-3-5

$$\therefore \tan\theta=\frac{y}{x}=\frac{\frac{1}{2}gt^2}{v_0t}=\frac{gt}{2v_0}$$

$$\therefore v_0=\frac{gt}{2\tan\theta}=\frac{10\sqrt{3}}{2\times\frac{\sqrt{3}}{3}}\text{m/s}=15\text{m/s}$$



巩固发展

- 关于平抛运动,下列说法中正确的是 ()
 - 平抛运动是加速度不变的匀变速运动
 - 水平射程只决定于初位置的高低,与初速度无关
 - 水平射程只决定于初速度大小,与初位置高度无关
 - 速度和加速度的方向都是在不断变化的
- 火车做匀速直线运动,一人从窗口伸手让一物体落下,不计空气阻力,在地上的人看物体,物体做 ()
 - 自由落体运动
 - 与火车反方向沿抛物线方向运动
 - 以火车的速度为初速度做平抛运动
 - 斜向下做匀加速直线运动
- 飞机以 200m/s 的水平速度飞行,某时刻让 A 球落下,相隔 1.0s 又让 B 球落下,不计空气阻力,关于 A 球与 B 球在空中位置关系,正确的是 ()
 - A 球在 B 球的后下方
 - A 球在 B 球的前下方
 - A 球在 B 球的正下方
 - 不能确定
- 将小球从斜面顶点以初速度 v_0 水平抛出,小球落在斜面上的速度方向与斜面成 α 角,如图 5-3-6 所示,若增大 v_0 ,小球仍落在斜面上,则角 α 的变化是 ()
 - 增大
 - 减小
 - 不变
 - 无法断定
- 一个物体以速度 v 水平抛出,经过一段时间,物体的竖直方向分速度的数值为 v ,大小与水平方向分速度相等,则物体运动的时间为 ()

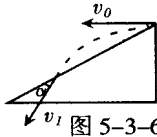


图 5-3-6

- A. $\frac{v}{2g}$ B. $\frac{v}{g}$ C. $\frac{2v}{g}$ D. 无法确定

6. 甲、乙两人从距地面 h 高处水平抛出两个小球, 甲球的落地点距抛出点的水平距离是乙的 2 倍, 不计空气阻力, 为了使乙球的落地点与甲球相同, 则乙抛出点的高度可能为 ()

A. $2h$ B. $\sqrt{2}h$ C. $4h$ D. $3h$

7. 以初速 v_0 做平抛运动的物体, 在 t 时刻的速度大小是 ()

A. $v_0 + gt$ B. $v_0 - gt$
C. $\sqrt{v_0^2 + (gt)^2}$ D. $\sqrt{v_0^2 - (gt)^2}$

8. 如图 5-3-7 所示, 斜面上有 a, b, c, d 四个点, $ab = bc = cd$, 从 a 点正上方的 O 点以速度 v 水平抛出一个球, 它落到斜面上的 b 点, 若小球从 O 点以速度 $2v$ 水平抛出, 不计空气阻力, 则它落在斜面上的 ()

- A. b 与 c 之间某一点
B. c 点
C. c 与 d 之间某一点
D. d 点

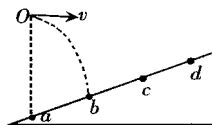


图 5-3-7

9. 以初速度 v_0 平抛一个物体, 在物体落地时它的速度增加到 v_0 的 25 倍, 则从抛出到它的速度增为 v_0 的 3 倍所需的时间是 ()

A. $3v_0/g$ B. $\sqrt{3}v_0/g$
C. $2\sqrt{2}v_0/g$ D. $(\sqrt{3}-1)v_0/g$

10. 如图 5-3-8 所示, 在竖直方向上不同的高度 a, b 两点, 同时水平抛出两个小球, 高度之比为 $h_a : h_b = 1 : 4$, 水平射程 $s_a : s_b = 2 : 1$, 则下列判断正确的是 ()

- A. c 点是两球在空中相碰点
B. $u_a : u_b = 2 : 1$
C. $t_a : t_b = 1 : 2$
D. 两球落地速度可能相等

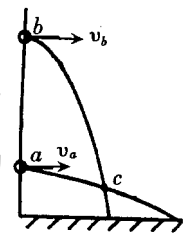


图 5-3-8

11. 炮台高出海面 45m, 炮弹的水平出口速度为 600 m/s, 如果一艘敌舰以 36km/h 的速度沿直线逃离炮台, 立即被哨兵发现, 哨兵用了 15s 时间告诉炮手, 炮手填充炮弹花费了 1min, 问该敌舰能否逃离

炮台控制区域?

12. 用下述方法可测出子弹的速度, 让子弹沿水平射出, 在离枪口 s 远处竖立两块相距 Δl 的薄纸, 测出薄纸上两弹孔的竖直距离 Δh , 则可测出弹丸的速度. 试证明 $v = \sqrt{\frac{g\Delta l}{\Delta h}(s + \frac{\Delta l}{2})}$

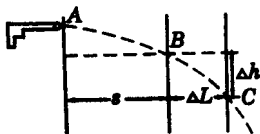


图 5-3-9



拓展创新

13. 第一次从高为 h 处水平抛出一个球, 其水平射程为 s , 第二次用跟前一次相同的速度从另一处水平抛出另一个球, 水平射程比前一次多了 Δs , 不计空气阻力, 则第二次抛出点的高度为_____.

14. 如图 5-3-10, 链条相邻两环的中心距离为 5cm, 枪管延长线穿过第 5 环中心, $L = 100\text{m}$, 子弹射出枪口的速度为 1000m/s, 不计空气阻力, g 取 10m/s^2 , 求:

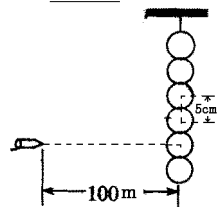


图 5-3-10

(1) 若子弹射出的同时, 悬挂链条的绳子断了, 子弹穿过了哪一个环? 为什么?

(2) 若子弹射出前 0.1 秒绳子断了, 子弹穿过了哪一个环? 为什么?

§ 5.4 匀速圆周运动



学习目标

1. 知道匀速圆周运动是一种变速且变加速的运动。
2. 理解线速度、角速度和周期的概念及其之间的各种关系。
3. 会用有关公式求简单圆周运动的线速度和角速度。



重难点透析

1. 匀速圆周运动

质点沿圆周运动,如果在相等时间内通过的圆弧长都相等,这种运动就叫匀速圆周运动。

注:匀速圆周运动是一种常见曲线运动。在圆周运动中,最简单的就是匀速圆周运动。它是一种变速运动,“匀速”是指匀速率而不是匀速度,即速率大小不变。

2. 描述匀速圆周运动快慢的物理量

(1) 线速度

定义:质点通过的弧长 s 与所用时间 t 的比值,(或说单位时间内通过的圆弧长)。公式: $v = \frac{s}{t}$

单位:米/秒(m/s)

方向:线速度的方向在圆周该点的切线方向。

注:线速度其实就是物体做圆周运动的瞬时速度,匀速圆周运动是变速圆周运动就因为其线速度方向不断改变。 v 越大,运动越快。

(2) 角速度

定义:圆周的半径转过的角度 φ 与所用时间 t 的比值。

$$\text{公式: } \omega = \frac{\varphi}{t}$$

单位:弧度——弧长与半径的比值叫弧度, π 弧度 $= 180^\circ$,角速度越大表明质点运动得越快。

(3) 周期和频率

周期(T):做匀速圆周运动的物体运动一周所需要的时间,单位,秒(s)。

频率(f):物体 1s 内完成匀速圆周运动的周数。单位,赫兹(Hz)

注:周期和频率互为倒数关系,即 $T = \frac{1}{f}$

(4) 转数(n)

定义:做匀速圆周运动的物体每分钟转过的圈数,用 n 表示。单位:转/分(r/min)

3. 描述匀速圆周运动的各物理量间关系

$$v = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi r f \quad \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad v = r\omega$$

$$T = \frac{1}{f} \quad f = \frac{n}{60}$$



学法导引

皮带传动中的相同量

1. 皮带传动中,若皮带不打滑,皮带上各点以及与皮带接触的主动轮、从动轮边缘上的各点线速度相同。

2. 同一轮上的各点(不论是主动轮还是从动轮),尽管转动半径不同,但在相同的时间内半径转过的角度相同,所以角速度相同。



案例剖析

【例 1】机械手表中的时针与分针的运动可视为匀速圆周运动,时针与分针从第一次重合到第二次重合中间经历的时间为

$$\text{A. } 1\text{h} \quad \text{B. } \frac{11}{12}\text{h} \quad \text{C. } \frac{13}{12}\text{h} \quad \text{D. } \frac{12}{11}\text{h}$$

【解析】分针与时针从第一次重合到第二次重合,分针转过的角度比时针多了 2π 。

$$\text{设再经 } t \text{ 时间重合, } \omega_{\text{分}} = \frac{2\pi}{12} \text{ rad/h, } \omega_{\text{时}} = \frac{2\pi}{1} \text{ rad/h}$$

$$\text{由题意得 } \omega_{\text{分}} t - \omega_{\text{时}} t = 2\pi$$

$$t = \frac{2\pi}{\omega_{\text{分}} - \omega_{\text{时}}} = \frac{12}{11}\text{h} \quad \text{故选 D}$$

【例 2】半径为 r 和 R 的圆柱体靠摩擦传动,已知 $R = 2r$, A 、 B 分别在大小圆柱的边缘上, $O_2C = r$, 如图 5-4-1 所示,若两圆柱体之

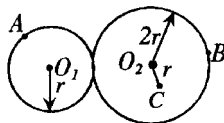


图 5-4-1

间没有打滑现象则

$v_A : v_B : v_C = ? \quad \omega_A : \omega_B : \omega_C = ?$

【解析】 O_1 、 O_2 两轮不打滑, 则 O_1 、 O_2 轮轴边缘上的 A 、 B 两点线速度大小一定相等。

B 、 C 两点在同一轮上, 则 B 、 C 两点的角速度 ω 一定相等。

$\therefore v_A = v_B, \omega_B = \omega_C, v_B = 2\omega_B r, v_C = \omega_C r$

$\therefore v_B = 2v_C$

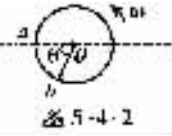
$\therefore v_A : v_B : v_C = 2 : 1 : 1$

又 $\therefore \omega_A = \frac{v_A}{r}, \omega_B = \frac{v_B}{2r}$

$\therefore \omega_A = 2\omega_B$

$\therefore \omega_A : \omega_B : \omega_C = 2 : 1 : 1$

【例 3】 如图 5-4-2 所示, 直径为 d 的纸质圆筒以角速度 ω 绕轴 O 匀速转动, 枪口对准圆筒上 a 点沿直径方向发射一颗子弹, 在圆筒旋转不到半圈的时间内, 子弹恰好从 b 点穿出。已知 ao 和 bo 之间的夹角 θ , 则子弹的速度 v_0 为_____。



【解析】 子弹穿过两个小孔所需时间 $t = \frac{d}{v_0}$

纸质圆筒在该段时间内转过角度为 $\pi - \theta$, 则 $\pi - \theta = \omega t$

$\therefore v_0 = \frac{d\omega}{\pi - \theta}$



巩固发展

1. 匀速圆周运动是 ()
A. 速度不变的运动
B. 角速度不变的运动
C. 周期不变的运动
D. 受力不变的运动
2. 下列说法正确的是: ()
A. 在匀速圆周运动中线速度是恒量, 角速度也是恒量
B. 在匀速圆周运动中角速度是变量, 角速度是恒量
C. 线速度是矢量, 其方向是圆周的切线方向, 而 ω 是标量
D. 线速度和角速度都是矢量, 但高中阶段不研究角速度方向

3. 如图 5-4-3, 一个球绕中心轴线 OO' 以 ω 的角速度做匀速圆周运动, 则

- A. A 、 B 两点线速度相等
B. A 、 B 两点线速度之比为 $\cos \theta : 1$
C. A 、 B 两点角速度相等
D. A 、 B 两点角速度之比为 $\cos \theta : 1$

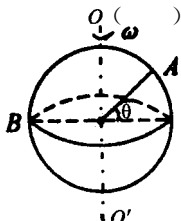


图 5-4-3

4. 一个做圆周运动的物体 ()
A. 只要圆半径不变, 它一定做匀速圆周运动
B. 只要半径转过的角度与时间成正比, 它一定做匀速圆周运动
C. 只要速度方向随时间均匀变化, 它一定做匀速圆周运动
D. 只要周期和转速随时间不断变化, 它一定做匀速圆周运动
5. 通常机械表的秒针正常转动的角速度大约是 ()
A. 0.65 rad/s B. 0.1 rad/s
C. 3 rad/s D. 6 rad/s
6. 时针和分针转动时 ()
A. 分针的角速度是时针的 12 倍
B. 时针的周期是 12 小时, 分针的周期是 60 秒
C. 如果分针的长度是时针的 1.5 倍, 则分针端点的角速度是时针端点的 1.5 倍
D. 如果分针的长度是时针的 1.5 倍, 则分针端点的线速度是时针端点的 18 倍

7. 如图 5-4-4 所示, O_1 为皮带传动的主动轮的轴心, 轮半径为 r_1 , O_2 为从动轮的轴心, 轮半径为 r_3 ; r_2 为固定在从动轮上的小轮半径。已知 $r_3 = 2r_1, r_2 = 1.5r_1$, A 、 B 和 C 分别是 3 个轮边缘上的点, 质点 A 、 B 、 C 的角速度之比是 ()

- A. $1 : 2 : 3$
B. $2 : 4 : 3$
C. $2 : 1 : 1$
D. $3 : 6 : 2$

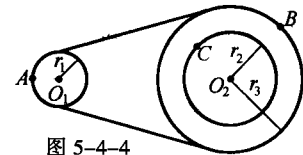


图 5-4-4

8. 甲沿着半径为 R 的圆周跑道匀速跑步, 乙沿着半径为 $2R$ 的圆周跑道跑步, 在相同的时间内, 甲、乙各自跑了一圈, 他们的角速度和线速度的大小分别为 ω_1 、 ω_2 和 v_1 、 v_2 , 则 ()

- A. $\omega_1 > \omega_2, v_1 > v_2$
 B. $\omega_1 < \omega_2, v_1 < v_2$
 C. $\omega_1 = \omega_2, v_1 < v_2$
 D. $\omega_1 = \omega_2, v_1 = v_2$

9. 如图 5-4-5 所示,在半径为 R 的水平圆板中心轴正上方高 h 处水平抛出一球,圆板做匀速转动,当圆板半径 OB 转到与初速度平行时,小球开始抛出,要使球与圆板只碰一次,且落点为 B ,这样,小球的初速度 $v_0 =$ _____ 圆板转动角速度 $\omega =$ _____.

10. 雨伞边缘半径为 r ,且高出地面 h ,雨伞以角速度 ω 旋转,雨滴自伞边缘飞出后在地面上形成一个圆圈,则圆圈的半径 R 是多大?

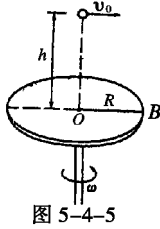


图 5-4-5

11. 如图 5-4-6 所示,小球 Q 在竖直平面内做匀速圆周运动,当 Q 转到与 O 点在同一水平线上时,另有一小球 P 在距圆周最高点为 h 处开始自由下落,要使两球在圆周最高点相碰,则小球 Q 的角速度 ω 应满足什么条件?

12. 为了测定子弹的飞行速度,在一根水平放置的轴杆上固定着两个薄圆盘 A, B , A, B 平行相距 2m ,轴杆的转速为 3600r/min . 子弹穿过两盘留

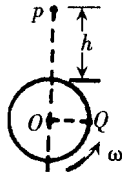


图 5-4-6

下两个弹孔 a, b ,测得两弹孔所在的半径间的夹角为 30° . 如图 5-4-7 所示,则子弹的速度至少是多大?

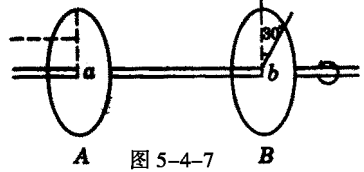


图 5-4-7



拓展创新

13. 半径为 R 的大圆盘以角速度 ω 旋转,如图 5-4-8 所示,有人在盘边 P 点上随盘转动,他想用枪击中圆盘中心的目标 O ,若子弹速度为 v_0 ,则:

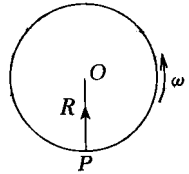


图 5-4-8

- A. 枪应瞄准目标 O 射击
 B. 枪应向 PO 右方偏过 θ 射击,而 $\cos\theta = \omega R/v_0$
 C. 枪应向 PO 左方偏过 θ 射击,而 $\tan\theta = \omega R/v_0$
 D. 枪应向 PO 左方偏过 θ 射击,而 $\sin\theta = \omega R/v_0$
 14. 一辆实验小车可沿水平地面(图中纸面)上的长直轨道匀速向右运动. 有一台发出细光束的激光器装在小转台 M 上,到轨道的距离 MN 为 $d = 10\text{m}$,如图 5-4-9 所示,转台匀速转动,使激光束在水平面内扫描,扫描一周时间为 $T = 60\text{s}$,光束转动方向由箭头标出. 光束与 MN 的夹角为 45° 时,光束正好射到小车上,如果再经过 $\Delta t = 2.5\text{s}$,光束又射到小车上,则小车的速度为多少?(保留两位有效数字)

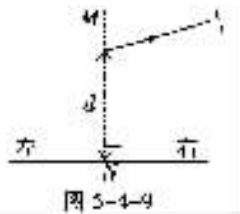


图 5-4-9