

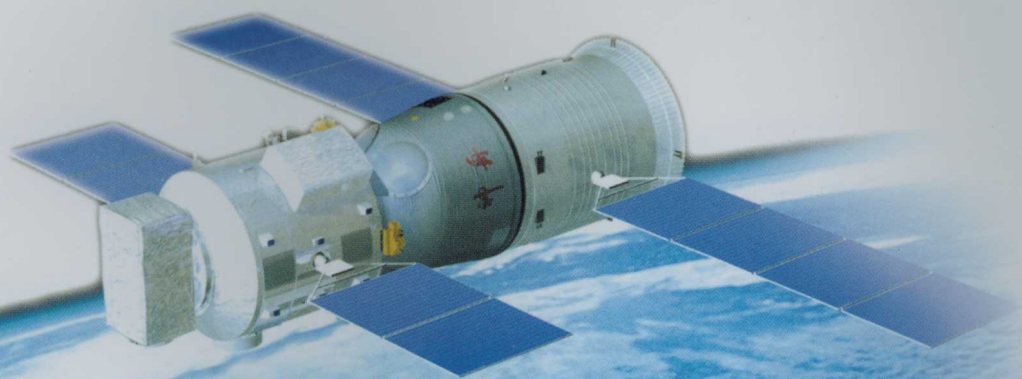
经全国中小学教材审定委员会  
2004 年初审通过

普通高中课程标准实验教科书

# 物理 2

必修

人民教育出版社 课程教材研究所 编著  
物理课程教材研究开发中心



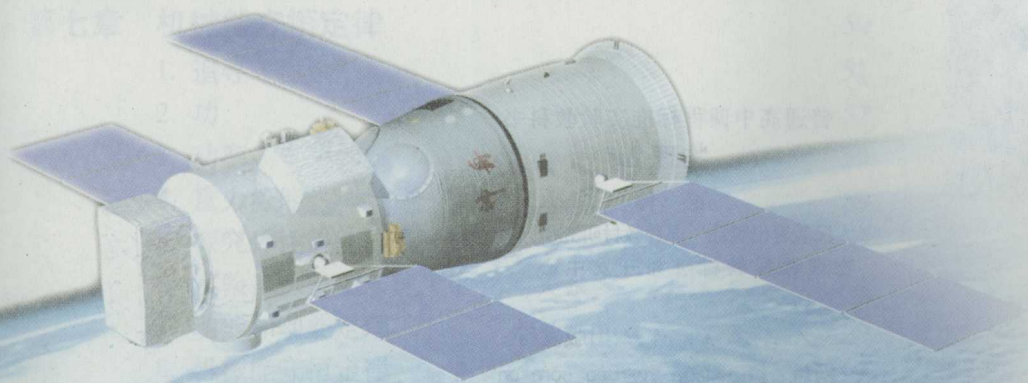
 人民教育出版社

普通高中课程标准实验教科书

# 物理 2

必修

人民教育出版社 课程教材研究所 编著  
物理课程教材研究开发中心



人民教育出版社

总 主 编：张大昌  
副总主编：彭前程  
主 编：张维善  
执笔人员：黄恕伯 孙 新 张维善  
绘 图：王凌波 张傲冰 张 良  
责任编辑：张 颖 苗元秀  
版式设计：马迎莺  
审 读：王存志

普通高中课程标准实验教科书

## 物理 2

必 修

人民教育出版社 课程教材研究所 编著  
物理课程教材研究开发中心

\*

人民教育出版社 出版发行

网址：<http://www.pep.com.cn>

北京恒艺博通印刷有限公司印装 全国新华书店经销

\*

开本：890毫米×1240毫米 1/16 印张：5.25 字数：120 000  
2006年11月第2版 2007年6月第5次印刷

ISBN 978-7-107-20163-9

G · 13213 (课)

定价：6.35 元

著作权所有·请勿擅用本书制作各类出版物·违者必究  
如发现印、装质量问题，影响阅读，请与本社出版科联系调换。  
(联系地址：北京市海淀区中关村南大街17号院1号楼 邮编：100081)



# 目 录

|                 |          |
|-----------------|----------|
| <b>第五章 曲线运动</b> | <b>1</b> |
| 1. 曲线运动         | 2        |
| 2. 质点在平面内的运动    | 4        |
| 3. 抛体运动的规律      | 7        |
| 4. 实验：研究平抛运动    | 11       |
| 5. 圆周运动         | 13       |
| 6. 向心加速度        | 17       |
| 7. 向心力          | 20       |
| 8. 生活中的圆周运动     | 23       |



|                    |           |
|--------------------|-----------|
| <b>第六章 万有引力与航天</b> | <b>28</b> |
| 1. 行星的运动           | 29        |
| 2. 太阳与行星间的引力       | 33        |
| 3. 万有引力定律          | 36        |
| 4. 万有引力理论的成就       | 38        |
| 5. 宇宙航行            | 40        |
| 6. 经典力学的局限性        | 45        |



|                    |           |
|--------------------|-----------|
| <b>第七章 机械能守恒定律</b> | <b>50</b> |
| 1. 追寻守恒量           | 51        |
| 2. 功               | 52        |
| 3. 功率              | 55        |
| 4. 重力势能            | 59        |
| 5. 探究弹性势能的表达式      | 62        |
| 6. 实验：探究功与速度变化的关系  | 64        |
| 7. 动能和动能定理         | 66        |
| 8. 机械能守恒定律         | 69        |
| 9. 实验：验证机械能守恒定律    | 73        |
| 10. 能量守恒定律与能源      | 75        |



|             |           |
|-------------|-----------|
| <b>课题研究</b> | <b>77</b> |
| <b>课外读物</b> | <b>79</b> |





力学是关于运动的科学，它的任务是以完备而又简单的方式描述自然界中发生的运动。

——基尔霍夫<sup>①</sup>

## 第五章 曲线运动



到目前为止，我们只研究了物体沿着一条直线的运动，还没有涉及运动方向的改变。实际上，在自然界和技术中，曲线运动随处可见。水平抛出的物体，在落到地面的过程中沿曲线运动；地球绕太阳公转，轨迹接近圆，也是曲线。抛出的物体、公转中的地球，它们的运动都是曲线运动(curvilinear motion)。

从现在开始，我们把目光转向抛体运动、圆周运动，以及更一般的曲线运动，从中你会看到，在研究直线运动时用过的方法，原则上同样可以用来处理曲线运动。通过本章和下一章的学习，你会惊讶地发现：地球上的运动和天体的运动原来遵从同样的科学规律！

<sup>①</sup> 基尔霍夫 (Gustav Robert Kirchhoff, 1824 — 1887)，德国物理学家，对电路和热辐射的理论有杰出的贡献，得出了关于电路和热辐射的两个“基尔霍夫定律”。



## 1

## 曲线运动

说一说<sup>①</sup>

观察图5.1-1、图5.1-2描述的现象，你能不能说清楚，砂轮打磨下来的炽热微粒、飞出去的链球，分别沿着什么方向运动？

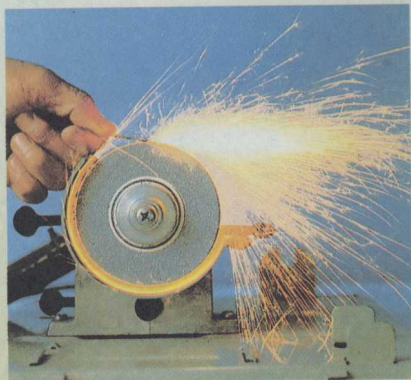


图 5.1-1 微粒沿什么方向飞出？



图5.1-2 链球沿什么方向飞出？

**曲线运动速度的方向** 运动员掷链球时，链球在运动员的牵引下做曲线运动，一旦运动员放手，链球即刻飞出。放手的时刻不同，链球飞出的方向也不一样，可见做曲线运动的物体，不同时刻的速度具有不同的方向。

怎样确定做曲线运动的物体在某一时刻的速度方向？

## 演示

如图5.1-3，水平桌面上摆一条弯曲的轨道，它是由几段稍短的圆弧形轨道组合而成的。钢球由轨道的C端滚入(通过压缩弹簧射入或通过斜面滚入)，在轨道的束缚下做曲线运动。在轨道的下面放一张白纸，蘸有墨水的钢球从出口A离开轨道后在白纸上留下一条运动的痕迹，它记录了钢球在A点的运动方向。

拆去一段轨道，钢球的轨道出口改在B。同样的方法可以记录钢球在轨道B点的运动方向。

白纸上的墨迹与轨道(曲线)有什么关系？

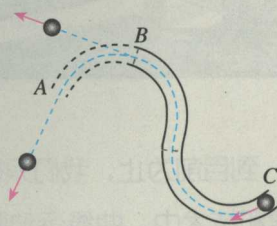


图5.1-3 钢球离开轨道时的速度方向与轨道(曲线)有什么关系？

在讨论曲线运动的速度方向时要明确一个数学概念：曲线的切线。初中数学中我们已经知道圆的切线，对于其他曲线，切线指的是什么？

<sup>①</sup> 本书中，“说一说”栏目和“做一做”栏目，其中的内容是扩展性的，不是基本教学内容。同学们可根据自己的条件在老师的指导下选择学习。



如图5.1-4, 过曲线上的  $A$ 、 $B$  两点作直线, 这条直线叫做曲线的割线。设想  $B$  点逐渐向  $A$  点移动, 这条割线的位置也就不断变化。当  $B$  点非常非常接近  $A$  点时, 这条割线就叫做曲线在  $A$  点的切线(tangent)。

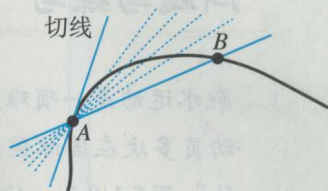


图5.1-4  $A$ 、 $B$  两点靠得很近很近时, 直线  $AB$  就成了曲线的切线。

有了切线的概念, 我们就可以说: 质点在某一点的速度, 沿曲线在这一点切线的方向。

速度是矢量, 它既有大小, 又有方向。不论速度的大小是否改变, 只要速度的方向发生改变, 就表示速度矢量发生了变化, 也就具有加速度。曲线运动中速度的方向在改变, 所以曲线运动是变速运动。

**物体做曲线运动的条件** 物体在什么情况下做曲线运动? 让我们观察下面的实验。

### 演示

一个在水平面上做直线运动的钢球, 从旁侧给它一个力, 例如在钢球运动路线的旁边放一块磁铁, 观察钢球的运动。

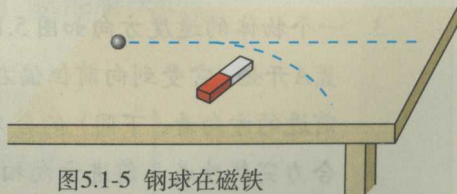


图5.1-5 钢球在磁铁吸引下怎样运动?

当物体所受合力的方向与它的速度方向不在同一直线上时, 物体做曲线运动。

抛出的石子, 当所受重力的方向与速度的方向不在同一直线上时, 它做曲线运动; 人造地球卫星绕地球运行, 由于地球对它的引力与速度的方向不在同一直线上, 所以卫星做曲线运动。

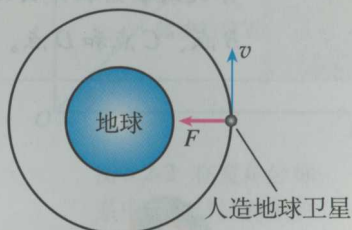


图5.1-6 人造地球卫星做曲线运动

### 做一做<sup>①</sup>

如图5.1-7, 取一根稍长的细杆, 一端固定一枚铁钉, 另一端用羽毛或纸片做一个尾翼, 这就做成一个能够显示曲线运动速度方向的“飞镖”。在空旷地带把飞镖斜向上抛出, 飞镖在空中的指向就是它做曲线运动的速度方向。飞镖落至地面插入泥土后的指向就是它落地瞬时的速度方向。改变飞镖的投射角, 观察它插至地面时的不同角度。与飞镖在空中做曲线运动的轨迹相联系, 体会曲线运动的速度方向与轨迹曲线的关系。



图5.1-7 显示抛体运动速度方向的飞镖

<sup>①</sup> 本书中, “做一做” 栏目和 “说一说” 栏目, 其中的内容是扩展性的, 不是基本教学内容。同学们可根据自己的条件在老师的指导下选择学习。



## 问题与练习

1. 跳水运动是一项难度很大又极具观赏性的运动，我国运动员多次在国际跳水赛上摘金夺银，被誉为跳水“梦之队”。图5.1-8是一位跳水队员从高台做“反身翻腾二周半”动作时头部的运动轨迹，最后运动员沿竖直方向以速度 $v$ 入水。整个运动过程中，在哪几个位置头部的速度方向与入水时 $v$ 的方向相同？在哪几个位置与 $v$ 的方向相反？在图中标出这些位置。
2. 汽车以恒定的速率绕圆形广场一周用时2 min，每行驶半周，速度方向改变多少度？汽车每行驶10 s，速度方向改变多少度？先作一个圆表示汽车运动的轨迹，然后作出汽车在相隔10 s的两个位置速度矢量的示意图。
3. 一个物体的速度方向如图5.1-9中 $v$ 所示。从位置A开始，它受到向前但偏右（观察者沿着物体前进的方向看，下同）的合力。到达B时，这个合力突然改成与前进方向相同。到达C时，又突然改成向前但偏左的力。物体最终到达D。请你大致画出物体由A至D的运动轨迹，并标出B点、C点和D点。

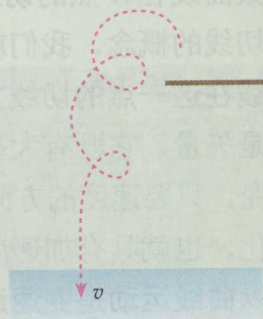


图5.1-8 某跳水运动员头部的运动轨迹

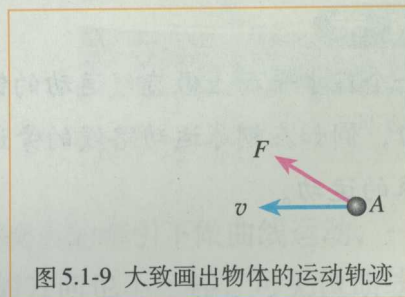


图5.1-9 大致画出物体的运动轨迹

## 2

## 质点在平面内的运动

研究物体的运动时，坐标系的选取很重要。例如，对于直线运动，最好沿着这条直线建立一个坐标系，即建立一个一维直线坐标系。但是，有时在对运动做深入分析之前，物体的运动形式并不清楚，甚至难以判断它的运动轨迹是不是直线。这时，就需要选择其他类型的坐标系。例如，研究质点在平面内的运动时，可以选择平面直角坐标系。

我们以下面实验中蜡块的运动为例，看一看怎样在平面直角坐标系中研究物体的运动。

## 演示

在一端封闭、长约1 m的玻璃管内注满清水，水中放一个红蜡做的小圆柱体R，将玻璃管的开口端用橡胶塞塞紧(图5.2-1甲)。



将玻璃管倒置(图5.2-1乙), 蜡块  $R$  沿玻璃管上升。如果在玻璃管旁边竖立一个米尺, 可以看到蜡块上升的速度大致不变, 即蜡块做匀速直线运动。

再次将玻璃管上下颠倒, 在蜡块上升的同时, 将玻璃管紧贴着黑板沿水平方向向右匀速移动, 观察蜡块相对于黑板的运动。

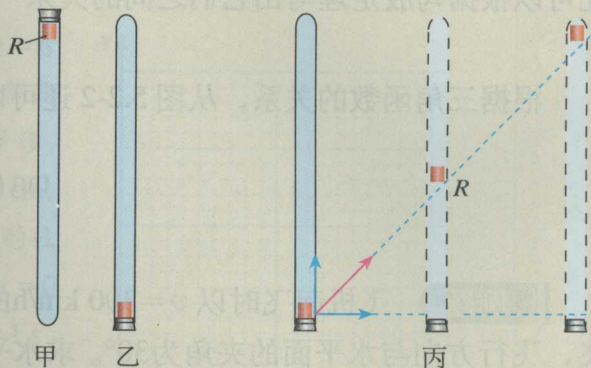


图 5.2-1 红蜡块的运动

在图丙的实验中, 蜡块既向上做匀速运动, 又由于玻璃管的移动而向右做匀速运动, 在黑板的背景前我们看出蜡块是向右上运动的。那么, 蜡块在黑板上留下的轨迹是直线吗? 它相对于黑板的运动是匀速运动吗? 这些都不是仅凭“看”就能解决的。

**蜡块的位置** 建立直角坐标系(图5.2-2): 以运动开始时蜡块的位置为原点  $O$ , 水平向右的方向和竖直向上的方向分别为  $x$  轴和  $y$  轴的方向。

将玻璃管向右移动的速度设为  $v_x$ , 蜡块沿玻璃管匀速上升的速度设为  $v_y$ ,  $v_x$ 、 $v_y$  都不随时间变化, 是常量。从蜡块开始运动的时刻计时。在时刻  $t$ , 蜡块的位置  $P$  可以用它的两个坐标  $x$ 、 $y$  表示

$$x = v_x t$$

$$y = v_y t$$

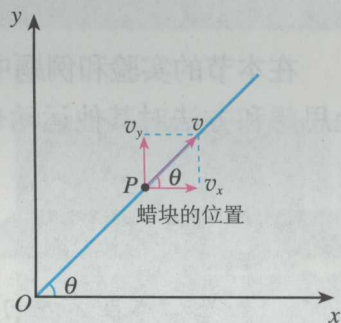


图 5.2-2 在直角坐标系中研究蜡块的运动

**蜡块运动的轨迹** 蜡块的轨迹是什么样的? 在数学上, 关于  $x$ 、 $y$  两个变量的关系式描述一条曲线(包括直线), 而在上面  $x$ 、 $y$  的表达式中, 除了  $x$ 、 $y$  之外还有一个变量  $t$ , 所以我们应该从这两个式子中消去  $t$ , 于是得到

$$y = \frac{v_y}{v_x} x$$

由于  $v_x$  和  $v_y$  都是常量, 所以  $\frac{v_y}{v_x}$  也是常量, 可见  $y = \frac{v_y}{v_x} x$

代表的是一条过原点的直线, 也就是说, 蜡块相对于黑板的运动轨迹是直线。

这里说的“常量”, 指的是它不随坐标  $x$ 、 $y$  变化, 也就是说, 在任何位置  $\frac{v_y}{v_x}$  的值都是一样的。

**蜡块的速度** 速度  $v$  和它的两个分速度  $v_x$ 、 $v_y$  的关系已经在图 5.2-2 中形象地标出, 因



此可以根据勾股定理写出它们之间的关系

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

根据三角函数的关系,从图 5.2-2 还可以确定速度  $v$  的方向,即确定角  $\theta$  的正切

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

**例题** 飞机起飞时以  $v = 300 \text{ km/h}$  的速度斜向上飞,飞行方向与水平面的夹角为  $30^\circ$ 。求水平方向的分速度  $v_x$  和竖直方向的分速度  $v_y$ 。

**解** 把  $v = 300 \text{ km/h}$  按水平方向和竖直方向分解(图 5.2-3),可得

$$v_x = v \cos 30^\circ = 260 \text{ km/h}$$

$$v_y = v \sin 30^\circ = 150 \text{ km/h}$$

飞机在水平方向和竖直方向的分速度分别为  $260 \text{ km/h}$  和  $150 \text{ km/h}$ 。

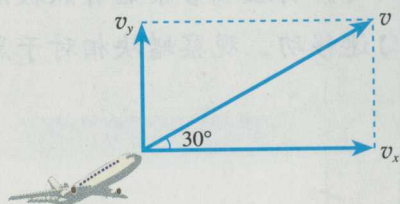


图 5.2-3 求水平方向和竖直方向的分速度

在本节的实验和例题中,物体沿着相互垂直的两个方向的分速度都不随时间变化,但以上思想和方法对其他运动也是适用的。

### 思考与讨论

如果物体在  $x$  方向的分速度不随时间改变,而在  $y$  方向的分速度随时间均匀增加,即  $v_x = v_0$ ,  $v_y = at$  (式中  $v_0$ 、 $a$  都是常量),请你大致画出物体运动的轨迹。

### 问题与练习

1. 炮筒与水平方向成  $60^\circ$  角,炮弹从炮口射出时的速度是  $800 \text{ m/s}$ ,这个速度在水平方向和竖直方向的分速度各是多大?画出速度分解的图示。
2. 在许多情况下,跳伞员离开飞机后最初一段时间降落伞并不张开,跳伞员做加速运动。随后,降落伞张开,跳伞员做减速运动。速度降至一定值后便保持不变,跳伞员做匀速运动,直至落地。如果无风时某跳伞员竖直下落,着地时速度是  $5 \text{ m/s}$ ,在有风的情况下,风使他以  $4 \text{ m/s}$  的速度沿水平方向向东运动。他将以多大速度着地?计算并画图说明。
3. 一艘炮舰沿河由西向东行驶,在炮舰上发炮射击北岸的目标。要击中目标,射击方向应直接对准目标,还是应该偏东或偏西一些?作俯视图,并说明理由。



4. 在图 5.2-1 的实验中, 假设从某时刻 ( $t=0$ ) 开始, 红蜡块在玻璃管内每 1 s 上升的距离都是 10 cm, 从  $t=0$  开始, 玻璃管向右匀加速平移, 每 1 s 通过的水平位移依次是 4 cm、12 cm、20 cm、28 cm。在图 5.2-4 中,  $y$  表示蜡块竖直方向的位移,  $x$  表示蜡块随玻璃管通过的水平位移,  $t=0$  时蜡块位于坐标原点。请在图中标出  $t$  等于 1 s、2 s、3 s、4 s 时蜡块的位置, 并用平滑曲线描绘蜡块的轨迹。

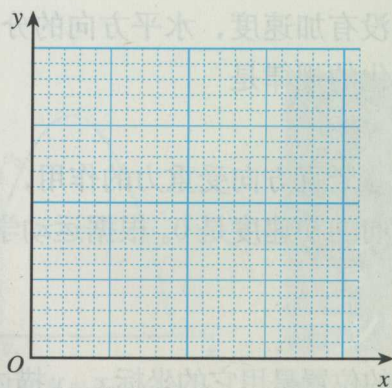


图 5.2-4 描出蜡块的轨迹

## 3

## 抛体运动的规律

以一定的速度将物体抛出, 在空气阻力可以忽略的情况下, 物体只受重力的作用, 它的运动叫做**抛体运动(projectile motion)**。如果抛体运动的初速度是沿水平方向的, 这个运动叫做**平抛运动**。以一定速度从水平桌面上滑落的物体、运动员水平击出的排球、水平管中喷出的水流等, 都在做平抛运动。



图 5.3-1 垒球、铁饼、标枪被投掷后在空中的运动可以大致看做抛体运动。

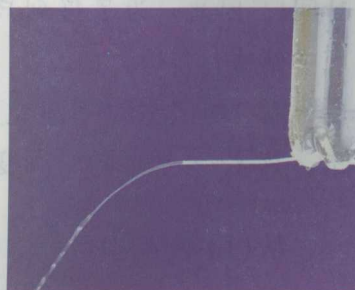


图 5.3-2 喷出的水柱显示了平抛运动的轨迹

我们在这节重点研究平抛运动的规律, 所用的方法就是上节研究蜡块运动时用到的方法。

**抛体的位置** 首先研究以速度  $v_0$  水平抛出的物体的位置随时间变化的规律。

用手把小球水平抛出, 小球从离开手的瞬间(此时速度为  $v_0$ , 是平抛运动的初速度)开始, 做平抛运动。我们以小球离开手的位置为坐标原点, 以水平方向为  $x$  轴的方向, 竖直向下的方向为  $y$  轴的方向, 建立坐标系(图 5.3-3), 并从这一瞬间开始计时。

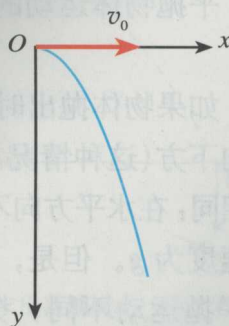


图 5.3-3 研究平抛运动的坐标系



小球在抛出后的运动过程中, 由于只受重力的作用, 即在水平方向不受力, 所以小球在水平方向没有加速度, 水平方向的分速度保持  $v_0$  不变。也就是说, 运动中小球的水平坐标随时间变化的规律是

$$x = v_0 t \quad (1)$$

小球在竖直方向受重力的作用, 根据牛顿第二定律, 它在竖直方向产生加速度  $g$ 。小球在竖直方向的初速度是 0。根据运动学的规律, 小球在竖直方向的坐标随时间变化的规律是

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

小球的位置是用它的坐标  $x$ 、 $y$  描述的, 所以, (1)(2) 两式确定了小球在任意时刻  $t$  的位置。

### 抛体的轨迹

**例题1** 讨论物体以速度  $v_0$  水平抛出后运动的轨迹。

**分析** 在初中数学中已经学过, 直角坐标系中的一条曲线可以用包含  $x$ 、 $y$  两个变量的一个关系式来描述, 如图 5.3-4。研究这个关系式可以得知曲线的性质。

从图 5.3-4 的例子可以看出, 描述曲线的关系式中并不包含时间  $t$ , 因此, 为了得到只含  $x$ 、 $y$  的关系式, 应该从 (1)(2) 两式中消去  $t$ 。

**解** 仿照图 5.3-3 建立直角坐标系。以速度  $v_0$  水平抛出的物体, 其  $x$ 、 $y$  坐标随时间变化的规律分别为前面的 (1)(2) 两式。

从 (1) 中解出  $t = \frac{x}{v_0}$ , 代入 (2) 式, 得到

$$y = \frac{g}{2v_0^2} x^2 \quad (3)$$

式中  $g$ 、 $v_0$  都是与  $x$ 、 $y$  无关的常量, 所以  $\frac{g}{2v_0^2}$  也是常量。这正是初中数学中的二次函数  $y = ax^2$ , 二次函数的图象是一条抛物线! “抛物线”的名称就是这样得到的。

平抛物体运动的轨迹是一条抛物线。

如果物体抛出时的速度  $v_0$  不沿水平方向, 而是斜向上方或斜向下方(这种情况常称为斜抛), 它的受力情况与平抛运动完全相同: 在水平方向不受力, 加速度是 0; 在竖直方向只受重力, 加速度为  $g$ 。但是, 斜抛运动沿水平方向和竖直方向的初速度与平抛运动不同, 分别是  $v_x = v_0 \cos \theta$  和  $v_y = v_0 \sin \theta$ 。仿照例题 1 中的方法也能得到描述斜抛物体运动轨迹的关系式。图 5.3-5 是根据相应的关系式作出的斜抛运动的轨迹。

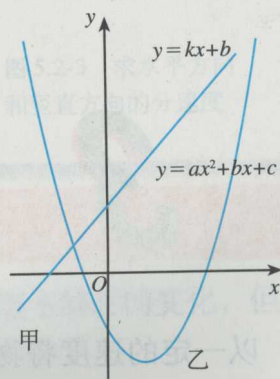


图 5.3-4 直角坐标系中的曲线可以用包含  $x$ 、 $y$  两个变量的关系式来描述。

在研究抛体运动时, 我们仍需要从物体的受力情况来确定其运动情况。抛体的运动发生在平面内, 需要在  $x$ 、 $y$  两个方向上做出受力分析, 在两个方向上分别应用牛顿运动定律和运动学的规律, 然后再根据要求做综合处理。



### 说一说

1. 尝试导出表达图 5.3-5 所示斜抛物体运动轨迹的关系式。讨论这个关系式中物理量之间的关系, 看看能够得出哪些结论。

2. 以上讨论都有一个前提, 即空气的阻力可以忽略。如果速度不大, 例如用手抛出一个石块, 这样处理的误差不大。但是物体在空气中运动时, 速度越大, 阻力也越大。所以, 研究炮弹的运动时就不能忽略空气的阻力。炮弹运动的实际轨迹大致是怎样的?

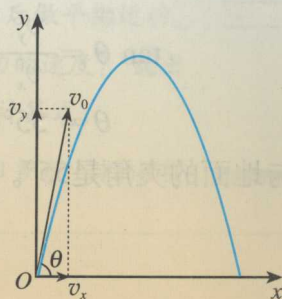


图 5.3-5 斜抛物体的轨迹



喷出的水做斜抛运动

**抛体的速度** 物体被抛出后速度的大小和方向都在不断地变化。如果想知道抛体在某一时刻运动速度的大小和方向, 可以通过这一时刻的两个分速度来求得。

例如, 以速度  $v_0$  水平抛出的物体, 水平初速度为  $v_0$ , 水平方向受力为 0; 竖直初速度为 0, 竖直方向受力为重力。

仿照图 5.3-3 建立坐标系, 如图 5.3-6 所示。用  $v_x$  和  $v_y$  分别表示物体在抛出后的任意时刻  $t$  的水平分速度和竖直分速度, 在这两个方向上分别应用运动学的规律, 有

$$v_x = v_0$$

$$v_y = gt$$

根据  $v_x$  和  $v_y$  的值, 按照勾股定理可以求得物体在这个时刻速度(即合速度)的大小和方向。

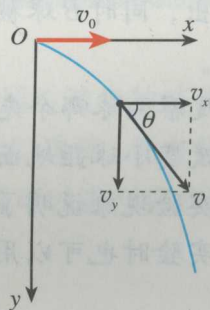


图 5.3-6 按照勾股定理和三角函数的关系可以求出  $v$  和  $\theta$

**例题2** 将一个物体以  $10 \text{ m/s}$  的速度从  $10 \text{ m}$  的高度水平抛出, 落地时它的速度方向与地面的夹角  $\theta$  是多少(不计空气阻力, 取  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )?

**分析** 按题意作图 5.3-7。物体在水平方向不受力, 所以水平加速度为 0, 水平速度总等于初速度  $v_0 = 10 \text{ m/s}$ ; 在竖直方向的加速度为  $g$ , 初速度为 0, 可以应用匀变速运动的规律求出竖直方向的速度。

**解** 以抛出时物体的位置为原点建立直角坐标系,  $x$  轴沿初速度方向,  $y$  轴竖直向下。

落地时, 物体在水平方向的速度

$$v_x = v_0 = 10 \text{ m/s}$$

落地时物体在竖直方向的速度记为  $v_y$ , 在竖直方向应用匀变速运动的规律, 有

$$v_y^2 - 0 = 2gh$$

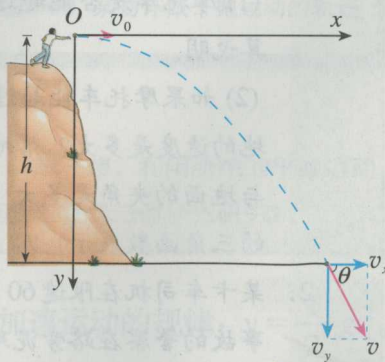


图 5.3-7 求出落地时  $x$ 、 $y$  两个方向的速度, 就能得到  $\tan \theta$ , 进而求出  $\theta$ 。



由此解出

$$v_y = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 10} \text{ m/s} = 14.1 \text{ m/s}$$

$$\tan \theta = \frac{v_y}{v_x} = 1.41$$

$$\theta = 55^\circ$$

物体落地时速度与地面的夹角是 $55^\circ$ 。

### 做一做

如图 5.3-8, 用小锤打击弹性金属片后, A 球沿水平方向抛出, 同时 B 球被松开, 自由下落。A、B 两球同时开始运动。

观察两球哪个先落地。

改变小球距地面的高度和打击的力度, 重复这个实验。

实验现象说明了什么问题?

实验时也可以用耳朵“听”来判断两球落地的先后。

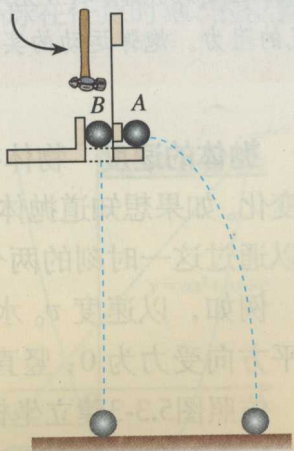


图 5.3-8 观察两球落地的先后

### 问题与练习

- 在一次摩托车跨越壕沟的表演中, 摩托车从壕沟的一侧以速度  $v = 40 \text{ m/s}$  沿水平方向飞向另一侧, 壕沟的宽度及两侧的高度如图 5.3-9 所示。摩托车前后轴距  $1.6 \text{ m}$ , 不计空气阻力。

(1) 摩托车是否能越过壕沟? 请计算说明。

(2) 如果摩托车能越过壕沟, 它落地的速度是多大? 落地速度的方向与地面的夹角是多大 (可用这个角的三角函数表示)?

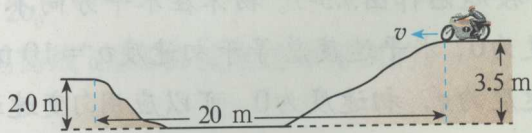


图 5.3-9 研究摩托车的运动

- 某卡车司机在限速  $60 \text{ km/h}$  的公路上因疲劳驾驶而使汽车与路旁障碍物相撞。处理事故的警察在路旁泥地中发现了卡车顶上的一个金属零件, 可以判断, 这是事故发生时该零件从卡车顶上松脱后被抛出而陷在泥地里的。警察测得该零件原位置与陷落点的水平距离为  $13.3 \text{ m}$ , 车顶距泥地的竖直高度为  $2.45 \text{ m}$ 。请你根据这些数据为判断该车是否超速提供证据。



3. 如图 5.3-10, 在水平桌面上用练习本做成一个斜面, 使一个钢球从斜面上某一位置滚下, 钢球沿桌面飞出后做平抛运动。怎样用一把刻度尺测量钢球在水平桌面上运动的速度? 说出测量步骤, 写出用所测的物理量表达速度的计算式。

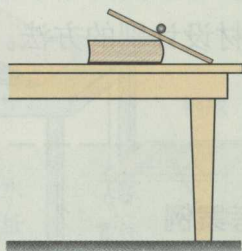


图5.3-10 测量小球的速度

## 4

### 实验：研究平抛运动

在这个实验中, 我们首先设法描绘某物体做平抛运动的轨迹, 然后通过这个轨迹研究平抛运动的特点。怎样描出平抛运动的轨迹? 后面提供了几种方法供同学们选择。现在假定已经用某种方法得到了一个物体做平抛运动的轨迹(图5.4-1), 我们看一看可以进行哪些研究。

#### 1. 判断平抛运动的轨迹是不是抛物线

在  $x$  轴上作出等距离的几个点  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ ……把线段  $OA_1$  的长度记为  $l$ , 那么  $OA_2 = 2l$ 、 $OA_3 = 3l$ ……由  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ ……向下作垂线, 垂线与抛体轨迹的交点记为  $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$ ……如果轨迹的确是一条抛物线,  $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$ ……各点的  $y$  坐标与  $x$  坐标间的关系应该具有  $y = ax^2$  的形式 ( $a$  是一个待定的常量)。

用刻度尺测量某点的  $x$ 、 $y$  两个坐标, 代入  $y = ax^2$  中求出常量  $a$  (例如  $a = 0.23$ , 可以不写单位), 于是知道了代表这个轨迹的一个可能的关系式 (即  $y = 0.23x^2$ )。

测量其他几个点的  $x$ 、 $y$  坐标。怎样通过这些测量值来判断这条曲线是否真的是一条抛物线?

#### 2. 计算平抛物体的初速度

在后面案例介绍的几种方法中, 如果要求不太高, 可以忽略空气阻力的作用。这样, 抛体在竖直方向只受到重力的

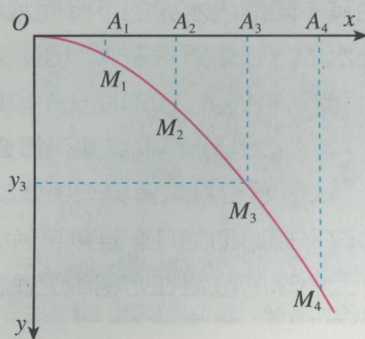


图 5.4-1 某物体做平抛运动的轨迹

想一想, 利用所绘的平抛运动的轨迹还能进行什么研究?

作用, 因此它的加速度是常量, 等于  $g$ , 它的  $y$  坐标的变化符合匀加速运动的规律:  $y = \frac{1}{2}gt^2$ 。

于是, 测量某点的下落距离, 例如在  $M_3$  点的下落距离  $y_3$  (图 5.4-1), 根据这个数据就可以算出抛体下落到这点所用的时间  $t_3$ 。为了得到抛体的初速度, 还需测量什么量? 进行怎样的计算?



以下参考案例介绍了描绘平抛物体运动轨迹的几种方法,供选择。同学们也可以根据自己的器材设计别的方法。

### 参考案例

1. 利用实验室的斜面小槽等器材装配图 5.4-2 所示的装置。钢球从斜槽上滚下,冲过水平槽飞出后做平抛运动。每次都使钢球在斜槽上同一位置滚下,钢球在空中做平抛运动的轨迹就有一定的。设法用铅笔描出小球经过的位置。通过多次实验,在竖直白纸上记录钢球所经过的多个位置,连起来就得到钢球做平抛运动的轨迹。

可以把笔尖放在小球可能经过的位置,如果小球能够碰到笔尖,就说明位置找对了。

2. 如图 5.4-3,倒置的饮料瓶内装着水,瓶塞内插着两根两端开口的细管,其中一根弯成水平,且水平端加接一段更细的硬管作为喷嘴。

水从喷嘴中射出,在空中形成弯曲的细水柱,它显示了平抛运动的轨迹。设法把它描在背后的纸上就能进行分析处理了。

插入瓶中的另一根细管的作用,是保持从喷嘴射出水流的速度,使其不随瓶内水面的下降而减小。这是因为该管上端与空气相通,A 处水的压强始终等于大气压,不受瓶内水面高低的影响。因此,在水面降到 A 处以前的很长一段时间内,都可以得到稳定的细水柱。

3. 用数码照相机或数码摄像机记录平抛运动的轨迹。

数码照相机大多具有摄像功能,每秒拍摄约 15 帧照片。可以用它拍摄小球从水平桌面飞出后做平抛运动的几张连续照片。如果用数学课上画函数图象的方格黑板做背景,就可以根据照片上小球的位置在方格纸上画出小球的轨迹。

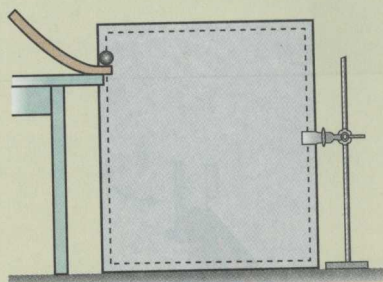


图 5.4-2 钢球做平抛运动的实验装置

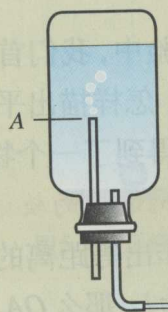


图 5.4-3 水平喷出的细水柱显示平抛运动轨迹

### 说一说

某同学使小球沿课桌面水平飞出,用数码照相机来拍摄小球做平抛运动的录像(每秒 15 帧),并将小球运动的照片打印出来。请问:他大约可以得到几帧小球正在空中运动的照片?

### 问题与练习

1. 某同学设计了一个探究平抛运动特点的家庭实验装置,如图 5.4-4。在水平桌面上放置一个斜面,每次都让钢球从斜面上的同一位置滚下,滚过桌边后钢球便做平抛



运动。在钢球抛出后经过的地方水平放置一块木板(还有一个用来调节木板高度的支架,图中未画),木板上放一张白纸,白纸上有复写纸,这样便能记录钢球在白纸上的落点。桌子边缘钢球经过的地方挂一条铅垂线。

已知平抛运动在竖直方向上的运动规律与自由落体运动相同,在此前提下,怎样探究钢球水平分速度的特点?请指出需要的器材,说明实验步骤。

2. 某同学为了省去图5.4.4中的水平木板,把第1题中的实验方案做了改变。他把桌子搬到墙的附近,使从水平桌面上滚下的钢球能打在墙上,把白纸和复写纸附在墙上,记录钢球的落点。改变桌子和墙的距离,就可以得到多组数据。如果采用这种方案,应该怎样处理数据?

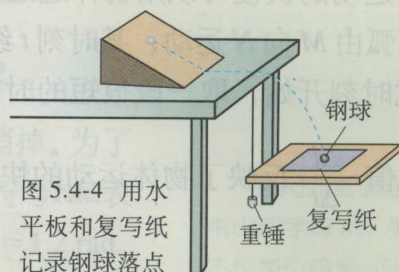


图 5.4-4 用水平板和复写纸记录钢球落点

## 5

### 圆周运动

物体沿着圆周的运动是一种常见的运动。日常生活中,电风扇工作时叶片上的点、时钟的分针和时针上的点、田径场弯道上赛跑的运动员等,都在做圆周运动。科学研究中,大到地球绕太阳的运动,小到电子绕原子核的运动,也常用圆周运动的规律来讨论。



图 5.5-1 圆周运动是一种常见的运动

#### 思考与讨论

如图5.5-2,自行车的大齿轮、小齿轮、后轮是相互关联的三个转动部分。如果以自行车车架为参考系,行驶时,这三个轮子上各点在做圆周运动。那么,哪些点运动得更快些?也许它们运动得一样快?



图 5.5-2 自行车的大齿轮、小齿轮、后轮中的质点都在做圆周运动。哪些点运动得更快些?

**线速度** 在前面的讨论中,同学们一定出现了不同意见。为什么会有不同意见?因为到目前为止,关于圆周运动,还没有大家认可的描述方法。