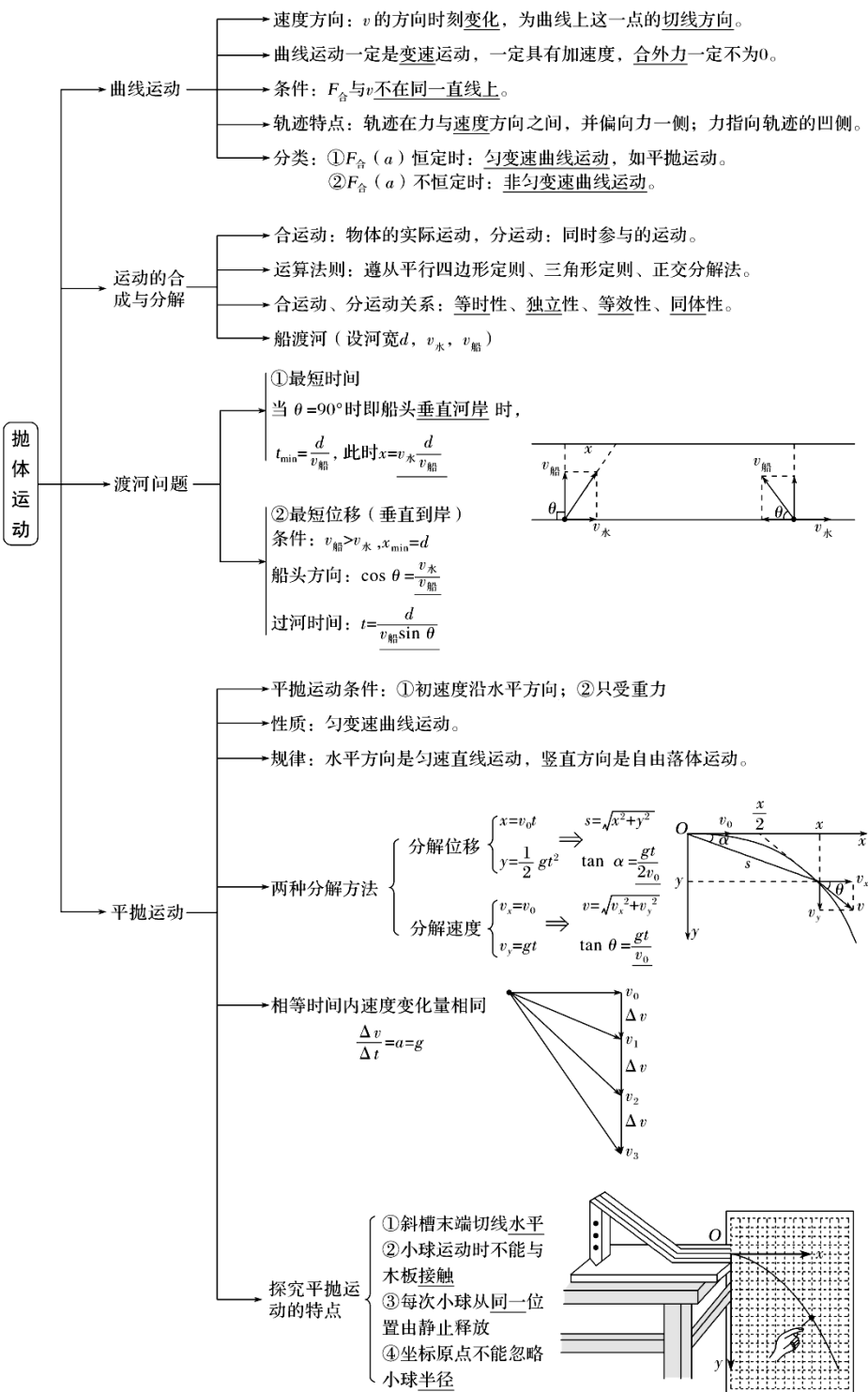


# 第五章 抛体运动知识梳理

## 内容预览

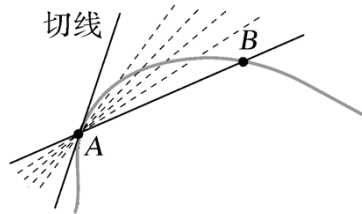




## 第1节 曲线运动

### 一、曲线运动的速度方向

1.切线：如图所示，当  $B$  点非常非常接近  $A$  点时，这条割线就叫作曲线在  $A$  点的切线。



2.速度方向：质点在某一点的速度方向，沿曲线在这一点切线方向。

3.运动性质：速度是矢量，既有大小，又有方向。曲线运动中速度的方向是变化的，所以曲线运动是变速运动。

### 二、物体做曲线运动的条件

1.动力学角度：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。

2.运动学角度：当物体的加速度方向与速度方向不在同一直线上时，物体做曲线运动。

#### 3.物体运动性质的判断

(1)判断物体做曲线运动还是直线运动的方法

$F_{\text{合}}$ (或  $a$ )与  $v$  在一条直线上  $\rightarrow$  直线运动

$F_{\text{合}}$ (或  $a$ )与  $v$  不在一条直线上  $\rightarrow$  曲线运动

(2)判断物体做变速运动还是匀速运动的方法

$F_{\text{合}}$ (或  $a$ )为 0  $\rightarrow$  匀速运动

$F_{\text{合}}$ (或  $a$ )恒定  $\rightarrow$  匀变速运动

$F_{\text{合}}$ (或  $a$ )变化  $\rightarrow$  非匀变速运动

### 三、曲线运动的轨迹、合力与速度方向的关系

#### 1.合外力与轨迹的关系

(1)物体做曲线运动时，其轨迹向合外力所指的一方弯曲，即合外力的方向总是指向曲线轨迹的凹侧。

(2)曲线运动的轨迹夹在速度方向和合外力方向之间。

#### 2.合外力与速度的关系

切向分力改变速度的大小，法向分力改变速度的方向。

## 第2节 运动的合成与分解

### 一、运动的合成与分解

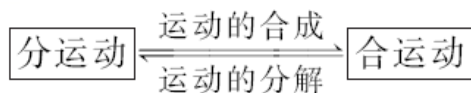
#### 1.合运动与分运动

(1)合运动：指在具体问题中，物体实际所做的运动。

(2)分运动：指物体沿某一方向具有某一效果的运动。

## 2.运动的合成与分解

由分运动求合运动叫作运动的合成；反之，由合运动求分运动叫作运动的分解，即：



## 3.运动的合成与分解所遵循的法则

(1)运动的合成与分解指的是对位移、速度、加速度这些描述运动的物理量进行合成与分解。

(2)位移、速度、加速度都是矢量，对它们进行合成与分解时遵循平行四边形定则。

## 3.合运动与分运动的特性

(1)独立性：一个物体同时参与几个分运动，各分运动独立进行，不受其他分运动的影响。

(2)等时性：各分运动经历的时间与合运动经历的时间相等，求物体的运动时间时，可选择一个简单的运动进行求解。

(3)等效性：各分运动叠加起来与合运动有相同的效果，即分运动与合运动可以“等效替代”。

(4)同体性：各分运动与合运动是同一个物体的运动。

## 二、小船过河问题

### 1.小船参与的两个分运动

(1)船相对水的运动(即船在静水中的运动)，它的方向与船头的指向相同。

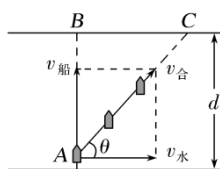
(2)船随水漂流的运动，它的方向与河岸平行。

2.区别三个速度：水流速度  $v_{水}$ 、船在静水中的速度  $v_{船}$ 、船的实际速度(即船的合速度) $v_{合}$ 。

### 3.两类最值问题

#### (1)渡河时间最短问题

由于水流速度始终沿河道方向，不能提供指向河对岸的分速度。因此若要渡河时间最短，只要使船头垂直于河岸航行即可。由图甲可知， $t_{短} = \frac{d}{v_{船}}$ ，此时船渡河的位移  $x = \frac{d}{\sin \theta}$ ，位移方向满足  $\tan \theta = \frac{v_{船}}{v_{水}}$ 。

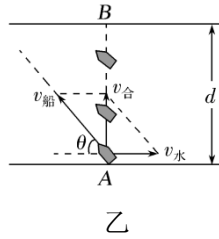


甲

#### (2)渡河位移最短问题

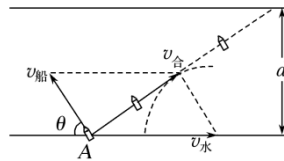
①  $v_{水} < v_{船}$  最短的位移为河宽  $d$ ，此时渡河所用时间  $t = \frac{d}{v_{船} \sin \theta}$ ，船头与上游河岸夹角  $\theta$  满足  $\cos \theta = \frac{v_{水}}{v_{船}}$ ，

如图乙所示。



②若  $v_{水} > v_{船}$ ，如图丙所示，从出发点  $A$  开始作矢量  $v_{水}$ ，再以  $v_{水}$  末端为圆心，以  $v_{船}$  的大小为半径画圆弧，自出发点  $A$  向圆弧作切线即为船位移最小时的合运动的方向。这时船头与上游河岸夹角  $\theta$  满足  $\cos \theta = \frac{v_{船}}{v_{水}}$ ，

最短位移  $x_{短} = \frac{d}{\cos \theta}$ ，而渡河所用时间仍用  $t = \frac{d}{v_{船} \sin \theta}$  计算。



### 三、实际运动中的两类关联速度模型(模型建构)

关联速度问题一般是指物拉绳(或杆)和绳(或杆)拉物问题。高中阶段研究的绳都是不可伸长的，杆都是不可伸长且不可压缩的，即绳或杆的长度不会改变。绳、杆等连接的两个物体在运动过程中，其速度通常是不一样的，但两个物体沿绳或杆方向的速度大小相等，我们称之为关联速度。

#### 1. 解决关联速度问题的一般步骤

第一步：先确定合运动，即物体的实际运动。

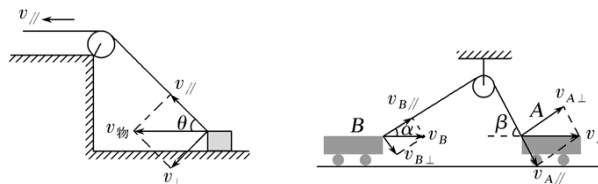
第二步：确定合运动的两个实际作用效果，一是沿绳(或杆)方向的平动效果，改变速度的大小；二是沿垂直于绳(或杆)方向的转动效果，改变速度的方向。即将实际速度正交分解为垂直于绳(或杆)和平行于绳(或杆)方向的两个分量并作出运动矢量图。

第三步：根据沿绳(或杆)方向的速度相等列方程求解。

#### 2. 常见的两种模型

##### (1) 绳牵联模型

单个物体的绳子末端速度分解 如图甲所示， $v_{\perp}$  一定要正交分解在垂直于绳子方向，这样  $v_{\parallel}$  的大小就是拉绳的速率，注意切勿将绳子速度分解。



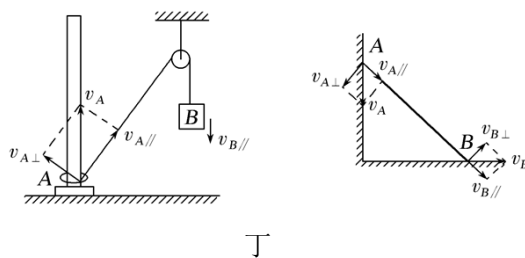
甲

乙

两个物体的绳子末端速度分解：如图乙所示两个物体的速度都需要正交分解，其中两个物体的速度沿着绳子方向的分速度是相等的，即  $v_{A\parallel} = v_{B\parallel}$ 。

如图丙所示，将圆环的速度分解成沿绳方向和垂直于绳方向的分速度， $B$  的速度与  $A$

沿绳方向的分速度相等，即  $v_{A\parallel} = v_{B\parallel}$ 。



## (2) 杆牵连模型

如图丁所示，将杆连接的两个物体的速度沿杆和垂直于杆的方向正交分解，则两个物体沿杆方向的分速度大小相等，即  $v_{A\parallel} = v_{B\parallel}$ 。

## 第3节 实验：探究平抛运动的特点

### 一、抛体运动和平抛运动

1. 抛体运动：以一定的速度将物体抛出，在空气阻力可以忽略的情况下，物体只受重力作用的运动。
2. 平抛运动：初速度沿水平方向的抛体运动。
3. 平抛运动的特点

- (1) 初速度沿水平方向；
- (2) 只受重力作用。

### 二、实验思路

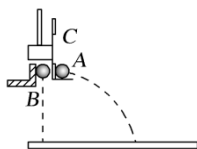
1. 思路：把复杂的曲线运动分解为不同方向上两个相对简单的直线运动。
2. 平抛运动的分解方法

由于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，可尝试将平抛运动分解为水平方向的分运动和竖直方向的分运动。

### 三、进行实验

#### 1. 探究平抛运动竖直分运动的特点

(1) 实验按图示装置进行实验，小钢球  $A$ 、 $B$  位于相同高度处，用小锤击打弹性金属片，金属片  $C$  受到小锤的击打，向前推动  $A$ ，小钢球  $A$  具有水平初速度，做平抛运动，同时松开小钢球  $B$ ，自由下落，做自由落体运动。



#### (2) 分析

仔细观察可知，不管两个小钢球距地面的高度为多大，或小锤击打金属片的力度多大(小锤击打金属片的力度越大，小钢球  $A$  水平抛出的初速度越大)，两小钢球每次都同时落地，说明两小钢球在空中运动的时间相等，即做平抛运动的物体在竖直方向上的分运动是自由落体运动。

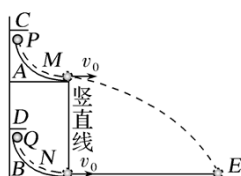
### (3)结论

做平抛运动的物体在竖直方向上做自由落体运动。

### 2.探究平抛运动水平分运动的特点

(1)实验在图示的实验装置中，两个相同的弧形轨道  $M$ 、 $N$ ，上端分别装有电磁铁  $C$ 、 $D$ ；调节  $C$ 、 $D$  的高度，使  $AC=BD$ 。将小铁球  $P$ 、 $Q$  分别吸在  $C$ 、 $D$  上，然后切断电源，使球以相同的初速度  $v_0$  分别同时从  $M$ 、 $N$  的末端水平射出，其中与轨道  $N$  相切的水平面光滑。

实验发现两铁球在  $P$  球落地时相遇。只增大或减小轨道  $M$  的高度再进行实验，结果两铁球总是在  $P$  球落地时相遇。



### (2)分析

只改变轨道  $M$  的高度，相当于只改变  $P$  球做平抛运动的竖直高度，发现  $P$ 、 $Q$  两球总是在  $P$  球落地时相遇，即  $P$  球在水平方向上的运动不因  $P$  球在竖直方向上运动时间的长短而改变，总是和在水平面上做匀速直线运动的  $Q$  球有完全相同的运动情况。

### (3)结论

做平抛运动的物体在水平方向上做匀速直线运动；平抛运动的各分运动具有独立性。

## 四、其他方案

### 1.频闪照相法

(1)实验现象：利用频闪照相机得到物体做平抛运动与自由落体运动对比的频闪照片如图所示。



### (2)现象分析

①在竖直方向上，两球运动经过相等的时间，下落相同的高度，即在竖直方向上的运动是相同的，都是自由落体运动。

②在水平方向上，平抛运动在通过相等的时间内前进的距离相同，即水平方向上的运动是匀速直线运动。

### (3)理论分析

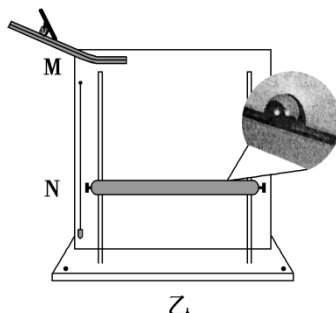
①水平方向：初速度为  $v_0$ ，物体不受力，即  $F_x=0$ ，物体由于惯性而做匀速直线运动。

②竖直方向：初速度为零，物体受重力作用，即  $F_y=mg$ ， $a=g$ ，物体做自由落体运动。

## 2. 描迹法

### (1) 实验方法

①按如图乙所示安装好实验装置，将一张白纸和复写纸固定在装置的背板上，调节斜槽 M 末端水平。



②让钢球在斜槽中从某一高度由静止滚下，落在水平放置的可上下调节的倾斜挡板 N 上，就会挤压复写纸，在白纸上留下印迹。上下调节挡板 N，通过多次实验，在白纸上记录钢球所经过的多个位置。最后，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。

③把小球平抛运动的抛出点印记在白纸上，取下白纸，以抛出点  $O$  为坐标原点，以水平方向为  $x$  轴，竖直向下为  $y$  轴建立直角坐标系，在小球平抛运动轨迹上选取  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$  四点，使  $y_A:y_B:y_C:y_D=1:4:9:16$ ；测出  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$  四点的  $x$  坐标值，若  $x_A:x_B:x_C:x_D=1:2:3:4$ ，即可知平抛运动的水平分运动为匀速运动。

### (2) 注意事项

①实验中必须使斜槽末端的切线水平(检验是否水平的方法是：将小球放在斜槽末端水平部分，看其是否能静止)。

②方木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。

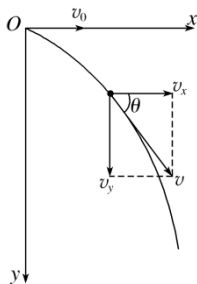
③小球每次必须从斜槽上同一位置由静止滚下。

④坐标原点不是槽口的端点，应是小球出槽口时球心在木板上的投影点。

⑤小球开始滚下的位置高度要适中，以使小球平抛运动的轨迹由坐标纸的左上角一直到达右下角为宜。

## 第 4 节 抛体运动的规律

### 一、平抛运动的速度



以速度  $v_0$  沿水平方向抛出一物体，以抛出点为原点，建立如图所示的平面直角坐标系。

1. 水平方向：不受力，加速度是  $0$ ，水平方向为匀速直线运动， $v_x = v_0$ 。

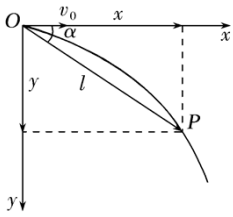
2. 竖直方向：只受重力，由牛顿第二定律得到  $mg = ma$ 。所以  $a = g$ ，又初速度为  $0$ ，所以竖直方向为自由落体运动， $v_y = gt$ 。

3. 平抛运动的速度

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

(2) 方向：与水平方向夹角满足  $\tan \theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{gt}{v_0}$

二、平抛运动的位移与轨迹



1. 平抛运动的位移

(1) 水平方向： $x = v_0 t$     (2) 竖直方向： $y = \frac{1}{2} g t^2$     (3) 合位移：① 大小  $l = \sqrt{x^2 + y^2}$

② 方向与水平方向夹角满足  $\tan \alpha = \frac{y}{x} = \frac{gt}{2v_0}$

2. 平抛运动的轨迹

(1) 根据  $x = v_0 t$  求得， $t = \frac{x}{v_0}$ ，代入  $y = \frac{1}{2} g t^2$  得  $y = \frac{g}{2v_0^2} x^2$ 。

(2)  $\frac{g}{2v_0^2}$  这个量与  $x$ 、 $y$  无关，满足数学中  $y = ax^2$  的函数形式，所以平抛运动的轨迹是一条抛物线。

三、平抛运动几个重要物理量和推论

1. 平抛运动的几个重要物理量

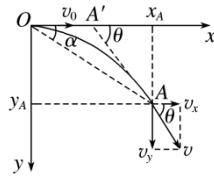
(1) 运动时间： $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ ，只由下落高度决定，与初速度无关。

(2) 水平位移(射程)： $x = v_0 t = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$ ，由初速度和下落高度共同决定。

(3) 落地速度： $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$ ，与水平方向的夹角为  $\theta$ ， $\tan \theta = \frac{v_y}{v_0} = \frac{\sqrt{2gh}}{v_0}$ ，落地速度由初速度和下落高度共同决定。

2. 平抛运动的两个重要推论

(1) 做平抛运动的物体在某时刻，其速度方向与水平方向的夹角为  $\theta$ ，位移方向与水平方向的夹角为  $\alpha$ ，则有  $\tan \theta = 2 \tan \alpha$ 。



(2)做平抛运动的物体在任意时刻速度的反向延长线一定通过此时水平位移的**中点**。

#### 四、与斜面有关的平抛运动

运动情形	分析方法	运动规律	飞行时间
从空中抛出垂直落到斜面上 	分解速度，构建速度三角形	水平方向： $v_x = v_0$ 竖直方向： $v_y = gt$ $\theta$ 与 $v_0$ 、 $t$ 的关系： $\tan \theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{v_0}{gt}$	$t = \frac{v_0}{g \tan \theta}$
从斜面抛出又落到斜面上 	分解位移，构建位移三角形	水平方向： $x = v_0 t$ 竖直方向： $y = \frac{1}{2} g t^2$ $\theta$ 与 $v_0$ 、 $t$ 的关系： $\tan \theta = \frac{y}{x} = \frac{gt}{2v_0}$	$t = \frac{2v_0 \tan \theta}{g}$

#### 五、斜抛运动

处理方法	水平竖直正交分解 化曲为直	最高点一分为二变平抛运动 逆向处理	将初速度和重力加速度 沿斜面和垂直斜面分解
基本规律	水平速度： $v_x = v_0 \cos \theta$ $x = v_0 \cos \theta \cdot t$	最高点：速度水平 $v_{0x} = v_0 \cos \theta$	垂直斜面： $g_1 = g \cos \alpha$ $v_1 = v_0 \sin \theta - g_1 \cdot t$

	竖直速度: $v_y = v_0 \sin \theta - gt$  $y = v_0 \sin \theta - \frac{1}{2}gt^2$  最高点: $h_m = \frac{(v_0 \sin \theta)^2}{2g}$		$y = v_0 \sin \theta - \frac{1}{2}g_1 t^2$  沿着斜面: $g_2 = g \sin \alpha$  $v_2 = v_0 \cos \theta + g_2 \cdot t$  $x = v_0 \cos \theta + \frac{1}{2}g_2 t^2$  最高点: $h_m = \frac{(v_0 \sin \theta)^2}{2g_1}$
--	--	--	---

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/508003012135007032>