

## 高中物理平抛运动落地方式的归纳

步国平

(镇江崇实女子中学 江苏 镇江 212004)

李锦云

(镇江市外国语学校 江苏 镇江 212004)

(收稿日期:2015-10-13)

**摘要:**平抛运动是典型的匀变速曲线运动的模型,高考的要求较高,即理解平抛运动的确切含义以及与其他知识的联系,能够进行叙述和解释,并能在实际问题的分析、综合、推理和判断等过程中运用.笔者通过近10年的高三物理教学,归纳出平抛运动在高考试题中呈现的方式主要因为落地方式的不同,从而考查学生对平抛运动的理解.

**关键词:**平抛运动 落地方式 归纳

曲线运动及其应用历来是高考的重点、难点和热点,而平抛运动是典型的匀变速曲线运动,也是近几年高考的热点之一.笔者通过近10年的高三物理教学,归纳出平抛运动在高考试题中呈现的方式主要因为落地方式的不同,从而考查学生对平抛运动的理解.现将个人的教学心得归纳如下.

### 1 落到水平面上

**【例1】**(2011年高考广东卷第17题)如图1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

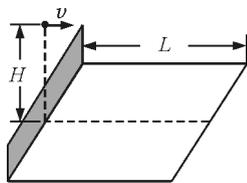


图1

A. 球的速度 $v$ 等于 $L\sqrt{\frac{g}{2H}}$

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:**网球做平抛运动,平抛运动是水平方向上的匀速直线运动和竖直方向上的自由落体运动的合运动,球的初速度 $v=L\sqrt{\frac{g}{2H}}$ ,A正确.球从击出到落地的时间 $t=\frac{2H}{g}$ ,B正确.球从击球点至落地点的位移等于 $\sqrt{H^2+L^2}$ ,与球的质量无关,选项C,D错误.

**【例2】**(2012年高考全国新课标卷第15题)如图2所示, $x$ 轴在水平地面内, $y$ 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.  $a$ 的飞行时间比 $b$ 的长

B.  $b$ 和 $c$ 的飞行时间相同

C.  $a$ 的水平速度比 $b$ 的小

D.  $b$ 的初速度比 $c$ 的大

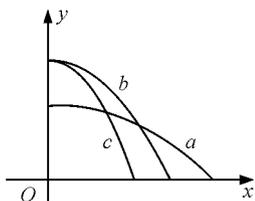


图2

解析:根据  $h = \frac{1}{2}gt^2$ , 可知  $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ , 所以  $t_a <$

$t_b = t_c$ , 即 A 错误, B 正确; 由  $v = \frac{x}{t}$  得  $v_a > v_b > v_c$ ,

所以 C 错误, D 正确.

## 2 落到斜面上

**【例3】**(2010年高考全国卷第18题)一水平抛出的小球落到一倾角为  $\theta$  的斜面上时,其速度方向与斜面垂直,运动轨迹如图3中虚线所示.小球在竖直方向下落的距离与在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.  $2 \tan \theta$

解析:如图3平抛的末速度与竖直方向的夹角

等于斜面倾角  $\theta$ , 根据有  $\tan \theta = \frac{v_0}{gt}$ . 则下落高度与水

平射程之比为  $\frac{y}{x} = \frac{gt^2}{2v_0 t} = \frac{gt}{2v_0} = \frac{1}{2 \tan \theta}$ , D 正确.

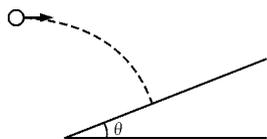


图3

**【例4】**(2012年高考上海卷第12题)如图4所示,斜面上  $a, b, c$  3点等距,小球从  $a$  点正上方  $O$  点抛出,做初速为  $v_0$  的平抛运动,恰落在  $b$  点.若小球初速变为  $v$ ,其落点位于  $c$ , 则

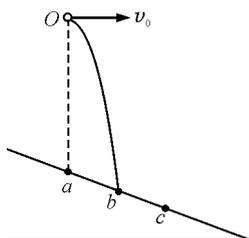


图4

A.  $v_0 < v < 2v_0$       B.  $v = 2v_0$

C.  $2v_0 < v < 3v_0$       D.  $v > 3v_0$

解析:过  $b$  点做一条水平直线,若没有斜面,则小球将落到过  $b$  点的水平直线上,由运动轨迹可知,小球初速度为  $v$  时,其水平位移为  $v_0 t < x < 2v_0 t$ , 其中  $t$  为小球下落到过  $b$  点水平直线的的时间,因而有  $v_0 < v < 2v_0$ , 选项 A 正确.

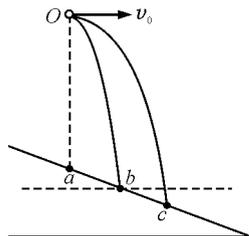


图5

综合上述4道高考试题可以发现,处理平抛运动时主要还是抓住不变量和变量,利用位移和速度的分解来解答,具体如图6所示.

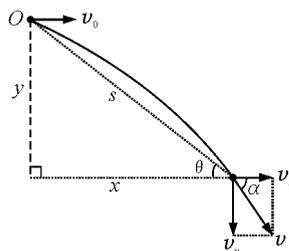


图6

分速度:水平分速度为  $v_x = v_0$ .

竖直分速度为  $v_y = gt$ .

分位移:水平分位移  $x = v_0 t$ .

竖直分位移  $y = \frac{1}{2}gt^2$ .

合速度:合速度  $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ ,  $\tan \alpha = \frac{gt}{v_0}$ ,  $\alpha$  为

(合)速度方向与水平方向的夹角.

合位移:物体的合位移

$$s = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\tan \theta = \frac{\frac{1}{2}gt^2}{v_0 t} = \frac{gt}{2v_0} = \frac{\tan \alpha}{2}$$

$\theta$  为物体的(合)位移与水平方向的夹角.

教师在高三物理教学过程中可以强调两点:其一为合成与分解的思想应用,如分速度、合速度,分位移,合位移;其二为“1图8式两直角”,即图6这1

张图;分速度的2个表达式、分位移的2个表达式、合速度1个表达式、合速度与水平方向速度夹角正切1个表达式、合位移1个表达式、合位移与水平方向位移夹角正切1个表达式,共8式;位移 $x, y$ 和 $v_x, v_y$ 所夹的两个直角.这样不管以后平抛运动的落地方式是什么都不会超出这两点范畴.

### 3 落到抛物线面上

**【例5】**(2012年高考全国卷第26题)一探险队员在探险时遇到一山沟,山沟的一侧竖直,另一侧的坡面呈抛物线形状.此队员从山沟的竖直一侧,以速度 $v_0$ 沿水平方向跳向另一侧坡面.如图7所示,以沟底的 $O$ 点为原点建立坐标系 $Oxy$ .已知,山沟竖直一侧的高度为 $2h$ ,坡面的抛物线方程为 $y = \frac{1}{2h}x^2$ ,探险队员的质量为 $m$ .人视为质点,忽略空气阻力,重力加速度为 $g$ .

(1) 求此人落到坡面时的动能;

(2) 此人水平跳出的速度为多大时,他落在坡面时的动能最小? 动能的最小值为多少?

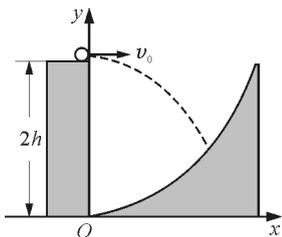


图7

**解析:**(1) 设探险队员跳到坡面上时水平位移为 $x$ , 竖直位移为 $H$ ,

由平抛运动规律有

$$x = v_0 t \quad H = \frac{1}{2}gt^2$$

由几何关系得到

$$y = 2h - H$$

坡面的抛物线方程为

$$y = \frac{1}{2h}x^2$$

整个过程中,由动能定理可得

$$mgH = E_k - \frac{1}{2}mv_0^2$$

联立以上5个表达式得到

$$E_k = \frac{1}{2}mv_0^2 + \frac{2mg^2h^2}{v_0^2 + gh}$$

(2) 根据落地时的动能表达式进行数学变式得到

$$E_k = \frac{1}{2}mv_0^2 + \frac{2mg^2h^2}{v_0^2 + gh} = \frac{1}{2}m\left(v_0^2 + \frac{4g^2h^2}{v_0^2 + gh}\right) = \frac{1}{2}m\left[(v_0^2 + gh) + \frac{4g^2h^2}{(v_0^2 + gh)} - gh\right]$$

当 $(v_0^2 + gh) = \frac{4g^2h^2}{(v_0^2 + gh)}$ 时落地动能最小,即

$$v_0^2 = gh \text{ 时动能最小, 动能最小值为 } E_k = \frac{3mgh}{2}.$$

### 4 落到圆面上

**【例6】**(2011年高考海南卷第15题)如图8,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.



图8

**解析:**设圆半径为 $R$ ,过 $c$ 点作 $ab$ 的垂线 $cd$ ,如图9所示.

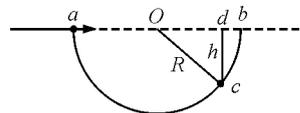


图9

根据几何关系得到: $cd = \frac{R}{2}$ ,直角三角形 $Odc$ 中

$$Od = \frac{\sqrt{3}R}{2}$$

由平抛运动规律有

$$ad = R + \frac{\sqrt{3}R}{2} = v_0 t$$

$$cd = \frac{R}{2} = \frac{1}{2}gt^2$$

联立两个表达式可以解得

$$R = \frac{(28 - 16\sqrt{3})}{g}v_0^2$$

从物体做平抛运动落地接触面的不同入手,笔者对几种情况分别做了求解和归纳,加强对基础知识的掌握,并能举一反三,提高教学效果.