

4

抛体运动的规律

问题



在排球比赛中，你是否曾为排球下网或者出界而感到惋惜？如果运动员沿水平方向击球，在不计空气阻力的情况下，要使排球既能过网，又不出界，需要考虑哪些因素？如何估算球落地时的速度大小？



上节课我们通过实验探究了平抛运动的特点，本节我们将从理论分析的角度，对抛体运动的规律作进一步分析。

平抛运动的速度

在研究直线运动时，我们已经认识到，为了得到物体的速度与时间的关系，要先分析物体受到的力，由合力求出物体的加速度，进而得到物体的速度与时间的关系。关于平抛运动，我们仍然可以遵循这样的思路，只是要在相互垂直的两个方向上分别研究。

以速度 v_0 沿水平方向抛出一物体，物体做平抛运动。以抛出点为原点，以初速度 v_0 的方向为 x 轴方向，竖直向下的方向为 y 轴方向，建立平面直角坐标系（图 5.4-1）。

由于物体受到的重力是竖直向下的，它在 x 方向的分力是 0，根据牛顿运动定律，物体在 x 方向的加速度是 0；又由于物体在 x 方向的分速度 v_x 在运动开始的时候是 v_0 ，所以它将保持 v_0 不变，与时间 t 无关，即在整个运动过程中始终有

$$v_x = v_0$$

在 y 方向受到的重力等于 mg 。以 a 表示物体在 y 方向的加速度，应用牛顿第二定律，得到 $mg = ma$ ，所以 $a = g$ ，即物体在竖直方向的加速度等于自由落体加速度。

物体的初速度 v_0 沿 x 方向，它在 y 方向的分速度是 0，

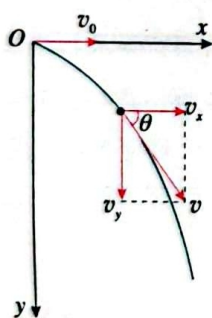


图 5.4-1 速度和它在 x 、 y 方向上的分矢量

所以,物体在 y 方向的分速度 v_y 与时间 t 的关系是

$$v_y = gt$$

根据矢量运算法则,代表速度矢量 v 和它的两个分矢量 v_x 、 v_y 的三个有向线段正好构成一个矩形的对角线和一对邻边(图5.4-1)。由勾股定理可知

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + g^2 t^2}$$

由此式可知,物体在下落过程中速度 v 越来越大,这与日常经验是一致的。

速度的方向可以由图5.4-1中的夹角 θ 来表示。在图中, θ 是直角三角形的一个锐角,它的正切等于对边与邻边之比,即

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

由上式可知,随着物体的下落,角 θ 越来越大。也就是说,物体运动的方向越来越接近竖直向下的方向。这也与日常经验一致。

【例题1】

将一个物体以10 m/s的速度从10 m的高度水平抛出,落地时它的速度方向与水平地面的夹角 θ 是多少? 不计空气阻力, g 取10 m/s²。

分析 物体在水平方向不受力,所以加速度的水平分量为0,水平方向的分速度是初速度 $v_0 = 10$ m/s;在竖直方向只受重力,加速度为 g ,初速度的竖直分量为0,可以应用匀变速直线运动的规律求出竖直方向的分速度。按题意作图5.4-2,求得分速度后就可以求得夹角 θ 。

解 以抛出时物体的位置 O 为原点,建立平面直角坐标系, x 轴沿初速度方向, y 轴竖直向下。

落地时,物体在水平方向的分速度

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

根据匀变速直线运动的规律,落地时物体在竖直方向的分速度 v_y 满足以下关系

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

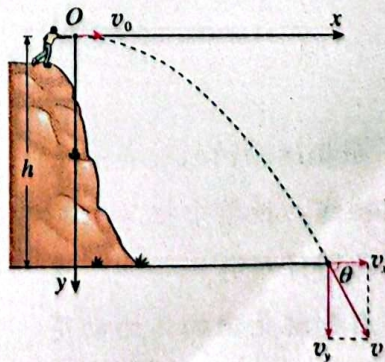


图5.4-2