

曲线运动 (curvilinear motion)

- 定义:
 - 运动轨迹是曲线的运动了
- 方向:
 - 做曲线运动的物体，速度方向始终在轨迹的切线方向上，即某一点的瞬时速度的方向，就是通过该点的曲线的切线方向
- 性质:
 - 由于运动的速度方向总沿轨迹的切线方向，又由于曲线运动的轨迹是曲线，所以曲线运动的速度方向时刻变化。即使其速度大小保持恒定，由于其方向不断变化，所以说：曲线运动一定是变速运动。
 - 由于曲线运动速度一定是变化的，至少其方向总是不断变化的，所以，做曲线运动的物体的加速度必不为零，所受到的合外力必不为零
- 条件:
 - 物体所受合外力方向与物体的速度方向不在同一直线上，一定具有加速度
 - 当加速度的方向与物体的速度的方向在一条直线上 (0° 或 180° 角)，它不改变速度的方向，只改变速度的大小，物体做变速直线运动
 - 当加速度的方向与速度的方向不在一条直线上，它将改变物体的速度方向，使物体做曲线运动
 - 牛顿第二定律：当物体所受合力的方向与它的速度方向不在同一直线上（有了夹角）时，物体做曲线运动
- 例子：
 - 雨伞边的水滴沿切线方向飞出，水滴的飞出方向表示了出了雨伞边各质点的运动方向

抛射体运动

运动的合成与条件

- 分运动与合运动:一个物体同时参与几个运动，这几个运动为分运动，物体的实际运动为合运动。
- 运动的合成:已知分运动求合运动，包括位移、速度和加速度的合成。
- 运动的分解:一直合运动求分运动，阶梯式应按实际“效果”分解，或进行正交分解。

铅直上抛

- 初速向上的抛体运动($a=g\downarrow$)
 - 在最高点的速度 $v = 0$ (下降过程为自由落体)

- 同高度的地方
 - 速度会等大，方向相反（能量守恒定律）
 - 上升时间=下降时间

○ 计算

- 飞行最大的高度
 - 取向上为正， $a=g\downarrow$
 - $v^2 = u^2 + 2as$
 - $0 = u^2 + 2(-g)H$
 - $H = \frac{u^2}{2g}$

- 飞行时间

- 方法一（等加速度）

$$v = u + at$$

$$-u = u + (-g)T$$

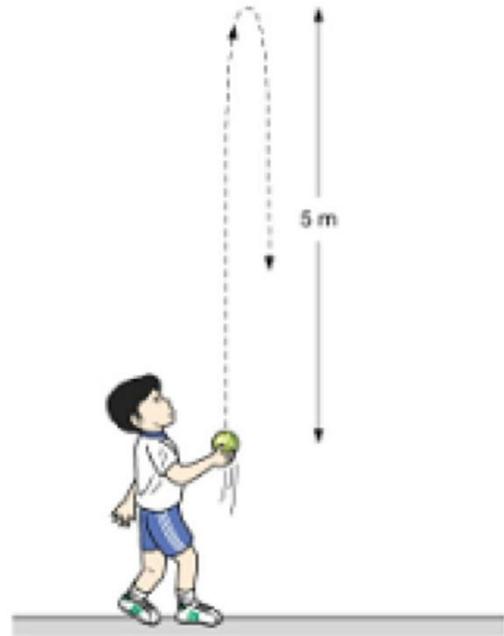
$$T = \frac{2u}{g}$$

- 方法二（自由落体）

$$u = gt$$

$$t = \frac{u}{g}$$

$$T = 2\frac{u}{g}$$

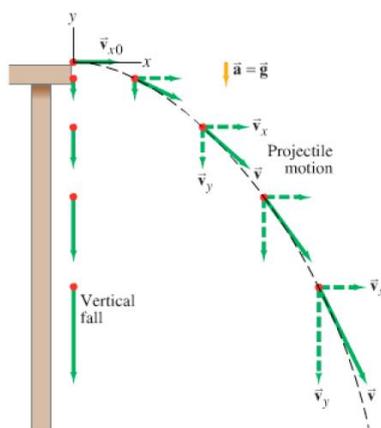
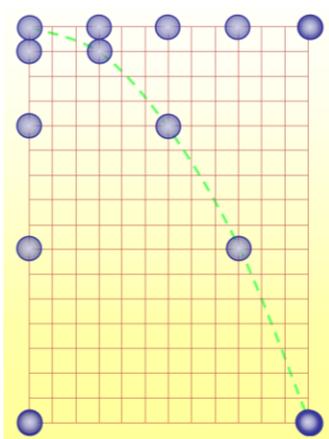


平抛运动

定义:将一物体水平抛出，物体只在重力作用下的运动。

规律:将平抛运动分解为水平方向的匀速直线运动和竖直方向的自由落体运动

水平抛射：初速为水平抛体运动，不管抛出多大力，一抛出，只做等加速的运动($g\downarrow$)



刚着地的速度 $V_y = U + at = 0 + gt$

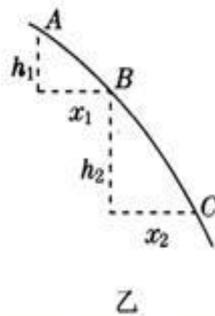
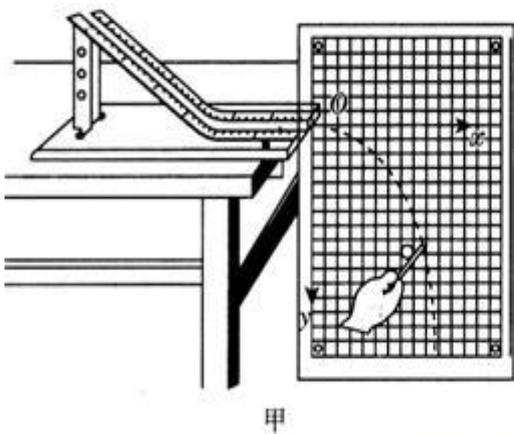
$$\text{或 } V_y = \sqrt{2gh}$$

实际运动速度 $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$

速度的方向 $\tan \theta = \frac{V_y}{V_x}$

	x	y
初速	U	0
加速度	0	g↓
运动模式	水平等速	自由落体
	决定射程	决定飞行时间
计算	$d = V_x \cdot t$ $d = U \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}}$	$h = \frac{1}{2}gt^2$ $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ <p>时间与质量的大小和V_x无关</p>

数学计算抛物线



出发后 t 秒瞬间

X:等速运动, $x = V_0 \cdot t \dots\dots\dots(1)$

Y:自由落体, $y = 0 - \frac{1}{2}gt^2 \dots\dots\dots(2)$

$t = \frac{x}{V_0} \dots\dots\dots(3)$

代 (3) 入 (2) $\therefore y = \frac{g}{2V_0^2}x^2$

SJUEC.COM

斜抛运动

斜向抛射：初速为斜向的抛体运动，在空中飞翔为一等加速度运动(g↓)

	X	Y
初速	$V_0 \cos \theta$	$V_0 \sin \theta \uparrow$
加速度	0	g↓
运动模式	水平等速	铅直上抛
计算	<p>水平射程</p> $s = d \times t$ $s = (V_0 \cos \theta) \times \frac{2V_0 \sin \theta}{g}$ $= \frac{V_0^2 \times 2 \sin \theta \cos \theta}{g}$	<p>飞行时间</p> $V = U + at$ $-V_y = V_y + (-g)T$ $\therefore T = \frac{2V_y}{g} = \frac{2V_0 \sin \theta}{g}$ <p>最大高度</p>

	$= \frac{V_0^2 \sin 2\theta}{g}$ <p>*当 V_0 固定, $\theta = 45^\circ$ 时, 射程最大</p> $X_m = \frac{V_0^2}{g}$ $V_0 = \sqrt{g X_m}$	$V^2 = U^2 + 2as$ $0^2 = Uy^2 + 2(-g)H$ $\therefore H = \frac{V_y^2}{2g} = \frac{(V_0 \sin \theta)^2}{2g}$
--	---	--

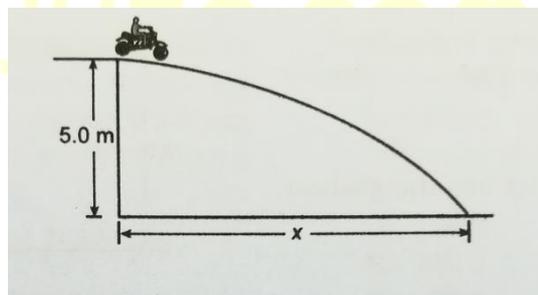
合力方向与轨迹的关系

物体做曲线运动的轨迹一定夹在合力方向和速度方向之间, 速度方向与轨迹方向一直, 合力方向指向曲线轨迹的凹侧。

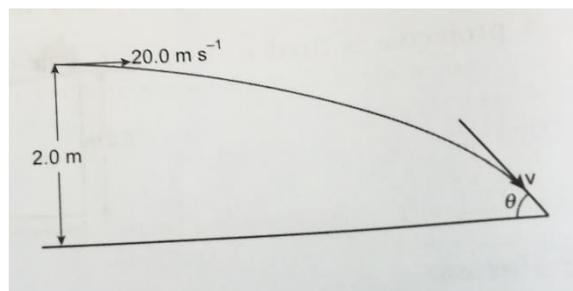
练习

1. A motorcycle stunt-rider moving horizontally takes off from a point 5m above the ground with a speed of 30ms^{-1} . How far away does the motorcycle land?

摩托车特技骑手以 30ms^{-1} 的速度水平移动距离地面上 5m 处起飞。摩托车能有多远的射程?

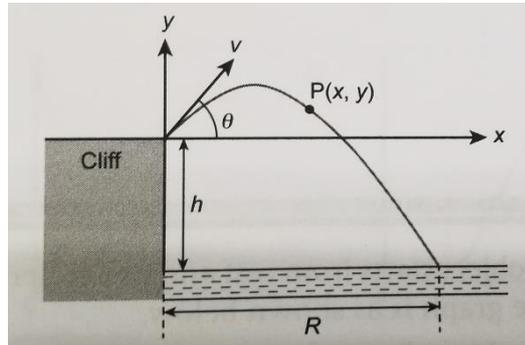


2. The diagram shows the path of a bullet fired horizontally with a velocity of 20ms^{-1} from a height of 2m. Calculate 该图显示了从 2 米高度以 20ms^{-1} 的速度水平发射的子弹的路径。计算

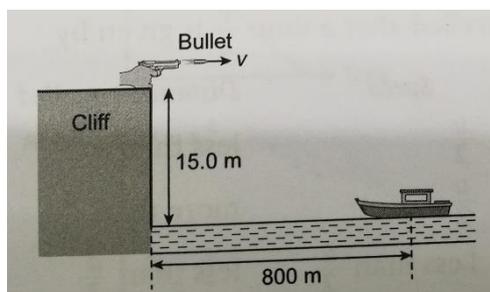


- a. The speed of the bullet, v 子弹的速度, v

- b. The angle when the bullet hits the ground 子弹击中地面时的角度, θ
3. A stone is thrown vertically upwards with an initial speed of 24 ms^{-1} from the top of a tower 60.0m above the ground 从高出地面 60.0 米的塔顶以 24 ms^{-1} 的初始速度向上垂直扔石头
- a. Determine the speed of the stone when it strikes the ground 石头撞击地面时的速度
- b. Calculate the time taken to reach the ground from the instant it is thrown 计算从投掷瞬间到达地面所需的时间
4. A stone is thrown from a cliff which is at a height, h above the water surface with a velocity v at an angle θ to the horizontal as shown in the figure below. After a time, t , the stone is at $P(x,y)$ 一块石头从高度为 h 的悬崖抛出, 高度为 h , 水平面的速度为 v , 与水平线成 θ 角, 如下图所示。经过一段时间后, 石头在 $P(x, y)$

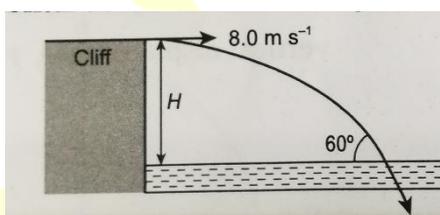


- a. Write the expressions for the x and y -coordinates of P 写出 P 的 x 和 y 坐标的表达式
- b. The height $h=10\text{m}$, $v=12\text{ms}^{-1}$ and $\theta=60^\circ$. Calculate the horizontal distance R 高度 $h = 10\text{m}$, $v = 12\text{ms}^{-1}$, $\theta = 60^\circ$ 。计算水平距离 R 。
5. a. An object is projected with a speed of v at an angle θ to the horizontal. Derive the Cartesian equation for the trajectory of the object. 一个物体以与角度 θ 相对于水平线的速度 v 投影。导出对象轨迹的笛卡尔方程。
- b. The figure below shows a boat approaching a cliff of height 15m at a constant speed of 12 ms^{-1} . A bullet is fired horizontally with a speed u when the boat is 800m from the cliff. The bullet strikes the boat.
下图显示了一艘以 12 ms^{-1} 的恒定速度驶近高度 15 米的悬崖。当船离悬崖 800 米时, 子弹以速度 u 水平发射, 子弹击中船。



- I. The bullet strikes the boat how many seconds after been fired? 子弹在多少秒后击中船?
- II. What is the distance of the boat from the cliff when it is struck by the bullet? 当它被子弹击中时, 船从悬崖上的距离是多少?
- III. Find the initial speed v of the bullet 子弹的初始速度 v
- IV. Determine the magnitude and direction of the velocity of the bullet when it strikes the boat 子弹击中船时速度的大小和方向

6. A ball is kicked horizontally from a cliff of height H with a velocity 8ms^{-1} . The ball hits the water at an angle of 60° to the horizontal as shown in the diagram. 从高度为 H 的悬崖上以 8ms^{-1} 的速度水平踢球。如图所示, 球以 60° 的角度与水平面接触。



- a. Neglecting air resistance, calculate 忽略空气阻力, 计算
 - i. Speed of the ball when it hits the water 当球碰到水时的速度
 - ii. H , the height of the cliff 悬崖的高度
- b. If air resistance is not negligible, discuss the change in the angle that the ball hits the water 如果空气阻力不可忽略, 请讨论球撞击水的角度变化