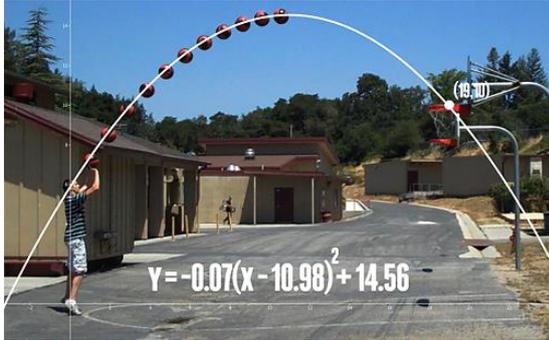
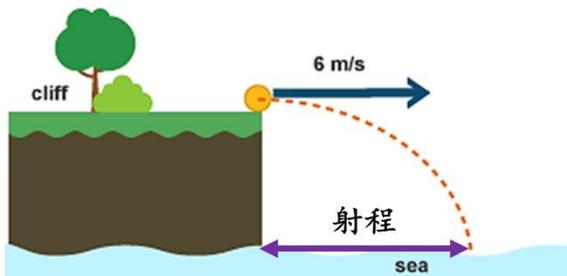


第 6 章：平面运动

1. 当物体加速度的方向或所受合力的方向与它速度方向不在一条直线上时，物体将做曲线运动。



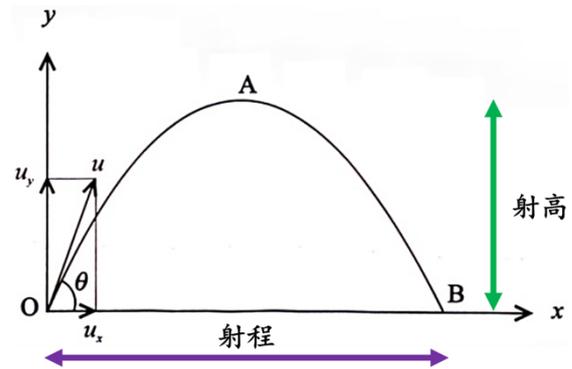
2. 典型的曲线运动有平抛运动、斜抛运动、圆周运动等。
3. **平抛运动的特点及规律：**
- 水平方向的分速度， $u_x = u$
 竖直方向的分速度， $u_y = 0 \text{ ms}^{-1}$
 - 平抛运动可看作水平方向的匀速直线运动以及竖直方向的自由落体运动的合运动。(不考虑空气阻力)
 - 平抛运动的二要素是射程和飞行时间。



4. **斜抛运动的特点及规律：**
- 水平方向的分速度， $u_x = u \sin \theta$
 竖直方向的分速度， $u_y = u \cos \theta$
 - 斜抛运动可看作水平方向的匀速直线运动以及竖直方向的自由落体运动的合运动。(不考虑空气阻力)
 - 斜抛运动的三要素是射程、射高和飞行时间。

Prepared by: Mr. Ong Choong Min

- 物体上升至最高点所需的时间，即是物体以 $u_y = u \sin \theta$ 的初速度竖直上抛至最高点所需的时间。
- 物体在斜抛运动过程中，最小的速率是在射高。



5. **匀速圆周运动的基本公式：**

- 切线速度是物体通过的弧长与时间的比值。

$$v = \frac{s}{t} \quad \text{单位: } \text{ms}^{-1}$$
 $v = \text{切线速度} \quad s = \text{圆弧长度}$
 $t = \text{时间}$
- 角速度是半径扫过的角度与时间的比值。

$$\omega = \frac{\theta}{t} \quad \text{单位: } \text{rads}^{-1}$$
 $\omega = \text{角速度} \quad \theta = \text{角度 (rad)}$
 $t = \text{时间}$
- 角速度与其切线速度的关系式是 $v = r\omega$ 。
- 周期是物体运动一周所需的时间。

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad \text{单位: } \text{s}$$
 $T = \text{周期} \quad \omega = \text{角速度}$
- 频率是物体在一秒内所转过的圈数。

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{单位: } \text{Hz}$$

6. 向心力是物体做匀速圆周运动时所受的合力方向始终指向圆心。

$$F_c = mr\omega^2 / \frac{mv^2}{r} \quad \text{单位: } \text{N}$$

- $F_c = \text{向心力} \quad m = \text{质量}$
 $r = \text{圆周半径} \quad \omega = \text{角速度}$
 $v = \text{切线速度}$

7. 向心加速度是物体做匀速圆周运动的加速度。

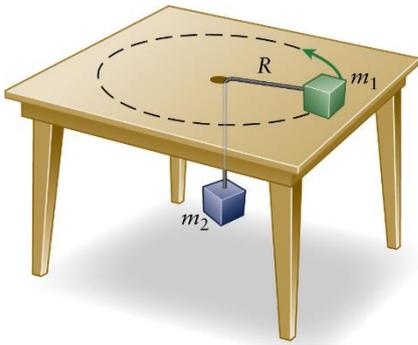
$$a_c = r\omega^2 / \frac{v^2}{r} \quad \text{单位: ms}^{-2}$$

a_c = 向心加速度 r = 圆周半径
 ω = 角速度 v = 切线速度

8. 水平面内的圆周运动:

$$F_c = mr\omega^2 / \frac{mv^2}{r} \quad \text{单位: N}$$

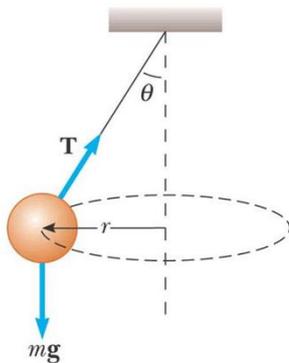
F_c = 向心力 m = 质量
 r = 圆周半径 ω = 角速度
 v = 切线速度



9. 圆锥摆:

作用在摆球上的力有绳子的弹力和摆球的重量。

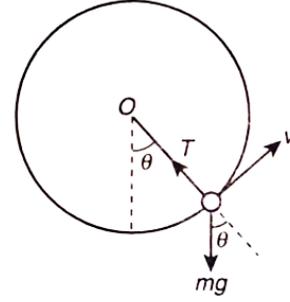
- 摆球的重量 = 绳子的竖直分力
- 向心力 = 绳子的水平分力



10. 竖直平面内的圆周运动:

$$T = \frac{mv^2}{r} + mg \cos \theta \quad \text{单位: N}$$

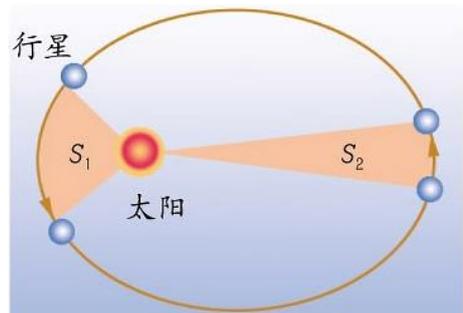
T = 绳子的张力 m = 质量
 v = 切线速度 r = 圆周半径
 g = 重力加速度



- a) 物体来到最低点时，绳子所承受的拉力最大。此时绳子比较容易断裂。
- b) 物体要达到最高点需具有 $v \geq \sqrt{gr}$ 的速度。否则物体无法完成圆周运动。

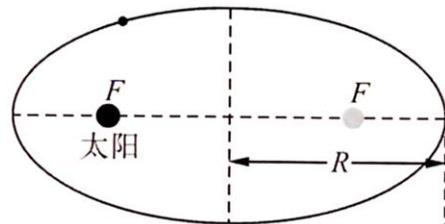
11. 开普勒定律:

- a) 开普勒第一定律 (轨道定律)
所有行星绕太阳运动的轨道都是椭圆，太阳处在椭圆的一个焦点上。
- b) 开普勒第二定律 (面积定律)
对每个行星而言，太阳与行星的连线在相等的时间内扫过的面积相等。行星靠近太阳时速度大，远离太阳时速度小。



- c) 开普勒第三定律 (周期定律)
所有行星轨道的半长轴的三次方跟它的公转周期的二次方的比值都相等。

$$\frac{R^3}{T^2} = k$$



12. **万有引力定律:**

引力的大小与两个物体的质量的乘积成正比、与它们之间的距离的二次方成反比。

$$F = \frac{GMm}{r^2} \quad \text{单位: N}$$

F = 万有引力 G = 引力常量

M/m = 质量 r = 两球心的距离

13. 三大宇宙速度:

- a) 第一宇宙速度 (7.9 km s^{-1})
物体恰好环绕地球做匀速圆周运动。
物体的速度 $7.9 \text{ km s}^{-1} < v < 11.2 \text{ km s}^{-1}$,
它仍绕地球运行, 但运行轨迹是椭圆。
- b) 第二宇宙速度 (11.2 km s^{-1})
物体脱离地球的束缚, 而围绕太阳运行。
- c) 第三宇宙速度 (16.7 km s^{-1})
物体脱离太阳的束缚, 而飞到太阳系外成为自由天体。

