

# 高中物理力学公式

## 一、力学

1、 $f = kx$  : 胡克定律 ( $x$  为伸长量或压缩量,  $k$  为劲度系数, 只与弹簧的长度、粗细和材料有关)

2、 $G = mg$ : 重力 ( $g$  随高度、纬度、地质结构而变化,  $g_{\text{极}} > g_{\text{赤}}$ ,  $g_{\text{低纬}} > g_{\text{高纬}}$ )

3、 $F_{\text{合}} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos\theta}$  : 求  $F_1$ 、 $F_2$  的合力的公式

$F_{\text{合}} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$  : 两个分力垂直时

注意: (1) 力的合成和分解都均遵从平行四边形定则。分解时喜欢正交分解。

(2) 两个力的合力范围:  $|F_1 - F_2| \leq F \leq F_1 + F_2$

(3) 合力大小可以大于分力、也可以小于分力、也可以等于分力。

推论: 三个共点力作用于物体而平衡, 任意一个力与剩余二个力的合力一定等值反向。

解三个共点力平衡的方法: 合成法, 分解法, 正交分解法, 三角形法, 相似三角形法

4、摩擦力的公式:

(1)  $f = \mu N$  : 滑动摩擦力 (动的时候用, 或时最大的静摩擦力)

说明: ①  $N$  为接触面间的弹力 (压力), 可以大于  $G$ ; 也可以等于  $G$ ; 也可以小于  $G$ 。

②  $\mu$  为动摩擦因数, 只与接触面材料和粗糙程度有关, 与接触面积大小、接触面相对运动快慢以及正压力  $N$  无关。

(2)  $0 \leq f_{\text{静}} \leq f_m$  ( $f_m$  为最大静摩擦力)

静摩擦力: 由物体的平衡条件或牛顿第二定律求解, 与正压力无关。

大小范围: 说明: ① 摩擦力可以与运动方向相同, 也可以与运动方向相反。

② 摩擦力可以作正功, 也可以作负功, 还可以不作功。

③ 摩擦力的方向与物体间相对运动的方向或相对运动趋势的方向相反。

④ 静止的物体可以受滑动摩擦力的作用, 运动的物体可以受静摩擦力的作用。

5、 $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ : 万有引力 (适用条件: 只适用于质点间的相互作用)

$G$  为万有引力恒量:  $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$

(1) 在天文上的应用: ( $M$ : 天体质量;  $R$ : 天体半径;  $g$ : 天体表面重力加速度;  $r$  表示卫星或行星的轨道半径,  $h$  表示离地面或天体表面的高度)

a、 $F_{\text{万}} = F_{\text{向}}$  万有引力=向心力 即

$$G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r} = m\omega^2 r = m \frac{4\pi^2}{T^2} r = ma = mg'$$

由此可得:

① 天体的质量:  $M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$ , 注意是被围绕天体 (处于圆心处) 的质量。

② 行星或卫星做匀速圆周运动的线速度:  $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ , 轨道半径越大, 线速度越小。

③ 行星或卫星做匀速圆周运动的角速度:  $\omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$ , 轨道半径越大, 角速度越小。

④ 行星或卫星做匀速圆周运动的周期:  $T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}}$ , 轨道半径越大, 周期越大。

⑤ 行星或卫星做匀速圆周运动的轨道半径:  $r = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}$ , 周期越大, 轨道半径越大。

⑥行星或卫星做匀速圆周运动的向心加速度： $a = \frac{GM}{r^2}$ ，轨道半径越大，向心加速度越小。

⑦地球或天体重力加速度随高度的变化： $g' = \frac{GM}{r^2} = \frac{GM}{(R+h)^2}$

特别地，在天体或地球表面： $g_0 = \frac{GM}{R^2}$        $g' = \frac{R^2}{(R+h)^2} g_0$

⑧天体的平均密度： $\rho = \frac{M}{V} = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2} = \frac{3\pi r^3}{GT^2 R^3}$       特别地：当  $r=R$  时： $\rho T^2 = \frac{3\pi}{G}$

b、 $mg = G \frac{Mm}{R^2}$  在地球表面或地面附近的物体所受的重力等于地球对物体的引力，所以  $gR^2 = GM$ 。在不知地球质量的情况下可用其半径和表面的重力加速度来表示，此式在天体运动问题中经常应用，称为**黄金代换式**。

c、 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}} = \sqrt{gR} = 7.9\text{km/s}$ ：第一宇宙速度

第一宇宙速度在地面附近绕地球做匀速圆周运动所必须具有的速度。也是人造卫星的最小发射速度。

$v_2=11.2\text{km/s}$ ：第二宇宙速度，使物体挣脱地球引力束缚的**最小发射速度**。

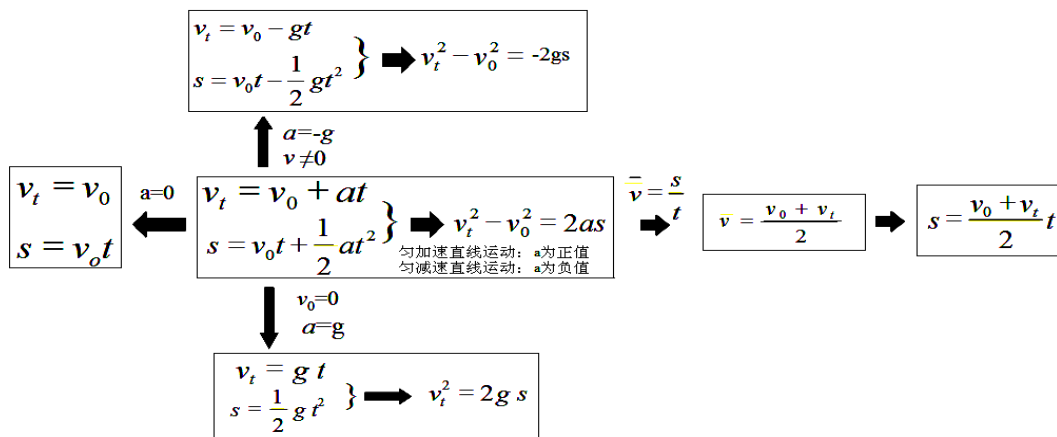
$v_3=16.7\text{km/s}$ ：第三宇宙速度，使物体挣脱太阳引力束缚的**最小发射速度**。

6、 $F_{\text{合}} = ma = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ ： **牛顿第二定律** （后面一个是据动量定理推导）

理解：（1）矢量性 （2）瞬时性 （3）独立性 （4）同体性 （5）同系性 （6）同单位制

$F = -F'$ ： **牛顿第三定律**（两个力大小相等，方向相反作用在同一直线上，分别作用在两个物体上）

7、匀变速直线运动：



**基本规律：**

$$v_t = v_0 + at \quad S = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

**几个重要推论：**

(1)  $v_t^2 - v_0^2 = 2as$       (结合上两式 知三求二)

A	S	a	t	B
---	---	---	---	---

(2)  $v_{t/2} = \frac{v_0 + v_t}{2} = \frac{s}{t}$  : AB 段中间时刻的即时速度

$V_0$	$V_{t/2}$	$V_{s/2}$	$V_t$
-------	-----------	-----------	-------

(3)  $v_{s/2} = \sqrt{\frac{v_0^2 + v_t^2}{2}}$  : AB 段位移中点的即时速度

匀速:  $v_{t/2} = v_{s/2}$  , 匀加速或匀减速直线运动:  $v_{t/2} < v_{s/2}$

(4) 初速为零的匀加速直线运动,

1.  $1^2: 2^2: 3^2 \dots n^2$ : 1s、2s、3s……ns 内的位移之比

2.  $1: 3: 5 \dots (2n-1)$ : 第 1s 内、第 2s 内、第 3s 内……第 ns 内的位移之比

3.  $1: (\sqrt{2}-1): (\sqrt{3}-\sqrt{2}) \dots (\sqrt{n}-\sqrt{n-1})$ : 在第 1m 内、第 2m 内、第 3m 内……第 nm 内的时间之比

(5)  $\Delta s = aT^2$  : 初速无论是否为零, 匀变速直线运动的质点, 在连续相邻的相等的时间间隔内的位移之差为一常数 ( $a$ : 匀变速直线运动的加速度  $T$ : 每个时间间隔的时间)

### 8、自由落体运动

$V_0=0, a=g$

9、竖直上抛运动: 上升过程是匀减速直线运动, 下落过程是匀加速直线运动。全过程是初速度为  $V_0$ 、加速度为  $-g$  的匀减速直线运动。

(1)  $H = \frac{V_0^2}{2g}$  : 上升最大高度

(2)  $t = \frac{V_0}{g}$  : 上升的时间

(3)、上升、下落经过同一位置时的加速度相同, 而速度等值反向

(4)、上升、下落经过同一段位移的时间相等。

(5)  $t = \frac{2V_0}{g}$  : 从抛出到落回原位置的时间

(6)  $S = V_0 t - \frac{1}{2} g t^2$        $V_t = V_0 - g t$  : 适用全过程的公式  
 $V_t^2 - V_0^2 = -2 g S$  ( $S$ 、 $V_t$  的正、负号的理解)

### 10、匀速圆周运动公式

$V = \frac{s}{t} = \frac{2\pi R}{T} = \omega R = 2\pi f R$ : 线速度

$\omega = \frac{\phi}{t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$  : 角速度

$a = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R = \frac{4\pi^2}{T^2} R = 4\pi^2 f^2 R$ : 向心加速度

$F = ma = m \frac{v^2}{R} = m \omega^2 R = m \frac{4\pi^2}{T^2} R = 4\pi^2 m f^2 R$  : 向心力

注意: (1) 匀速圆周运动的物体的向心力就是物体所受的合外力, 总是指向圆心。

(2) 卫星绕地球、行星绕太阳作匀速圆周运动的向心力由万有引力提供。

(3) 氢原子核外电子绕核作匀速圆周运动的向心力是原子核对核外电子的库仑力。

11、**平抛运动公式**：水平方向的匀速直线运动和竖直方向的初速度为零的匀加速直线运动（即自由落体运动）的合运动

水平分运动：

$$x = v_0 t : \text{水平位移}$$

$$v_x = v_0 : \text{水平分速度}$$

竖直分运动：

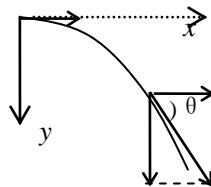
$$y = \frac{1}{2} g t^2 : \text{竖直位移}$$

$$v_y = g t : \text{竖直分速度}$$

$$\tan \theta = \frac{V_y}{V_0} \quad v_y = v_0 \tan \theta \quad v_0 = v_y \cot \theta$$

$$v = \sqrt{V_0^2 + V_y^2} \quad v_0 = v \cos \theta \quad v_y = v \sin \theta$$

$$\tan \alpha = \frac{y}{x} \quad \tan \theta = 2 \tan \alpha$$



12、 $W = F s \cos \alpha$  : **功** (适用于恒力的功的计算,  $\alpha$  是  $F$  与  $s$  的夹角)

(1) 力  $F$  的功只与  $F$ 、 $s$ 、 $\alpha$  三者有关, 与物体做什么运动无关

(2) 理解正功、零功、负功

(3) 功是能量转化的量度

重力的功-----量度-----重力势能的变化

电场力的功-----量度-----电势能的变化

\*分子力的功-----量度-----分子势能的变化

合外力的功-----量度-----动能的变化

安培力做功-----量度-----其它能转化为电能

13、动能和势能：

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 : \text{动能}$$

$$E_p = m g h : \text{重力势能} \quad (\text{与零势能面的选择有关})$$

$$14、W_{\text{合}} = \Delta E_k = E_{k2} - E_{k1} = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2$$

动能定理：外力对物体所做的总功等于物体动能的变化（增量）。

15、机械能守恒定律：

$$m g h_1 + \frac{1}{2} m v_1^2 = m g h_2 + \frac{1}{2} m v_2^2 \quad \text{机械能} = \text{动能} + \text{重力势能} + \text{弹性势能}$$

条件：系统只有内部的重力或弹力（指弹簧的弹力）做功。有时重力和弹力都做功。**具体应用**：自由落体运动，抛体运动，单摆运动，物体在光滑的斜面或曲面，弹簧振子等

$$16、P = \frac{W}{t} = F v \cos \alpha : \text{功率(在 } t \text{ 时间内力对物体做功的平均功率)}$$

$P = F v$  ( $F$  为牵引力, 不是合外力;  $v$  为即时速度时,  $P$  为即时功率;  $v$  为平均速度时,  $P$  为平均功率;  $P$  一定时,  $F$  与  $v$  成反比)

17、功能原理：外力和“其它”内力做功的代数和等于系统机械能的变化

18、功能关系：功是能量变化的量度。

$$Q = f S_{\text{相对}} = E_2 - E_1 \quad \text{摩擦力乘以相对滑动的路程等于系统失去的机械能, 等于摩}$$

擦产生的热

19、 $P=mv$  物体的动量

\*20、 $I= Ft$  力的冲量

\*21、 $F_{合}t=mv_2-mv_1$ :动量定理 (物体所受合外力的冲量等于它的动量的变化)

23、 $m_1v_1+m_2v_2=m_1v_1'+m_2v_2'$  或 $\Delta p_1 = -\Delta p_2$  或 $\Delta p_1+\Delta p_2=0$

动量守恒定律 (注意设正方向)

适用条件: (1) 系统不受外力作用。

(2) 系统受外力作用, 但合外力为零。

(3) 系统受外力作用, 合外力也不为零, 但合外力远小于物体间的相互作用力。

(4) 系统在某一个方向的合外力为零, 在这个方向的动量守恒。

$mV_1+MV_2=(M+m)V$  完全非弹性碰撞(能量损失最大)

24、 $F=-kx$  简谐振动的回复力

$a = -\frac{k}{m}x$  加速度

25、 $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$  单摆振动周期 (与摆球质量、振幅无关)

\*26、 $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$  弹簧振子周期

27、共振: 驱动力的频率等于物体的固有频率时, 物体的振幅最大

28、机械波: 机械振动在介质中传播形成机械波。它是传递能量的一种方式。

产生条件: 要有波源和介质。

波的分类: ①横波: 质点振动方向与波的传播方向垂直, 有波峰和波谷。

②纵波, 质点振动方向与波的传播方向在同一直线上。有密部和疏部。

波长  $\lambda$ : 两个相邻的在振动过程中对平衡位置的位移总是相等的质点间的距离。

$\lambda = vT = \frac{v}{f}$

注意: ①横波中两个相邻波峰或波谷间距离等于一个波长。

②波在一个周期时间里传播的距离等于一个波长。

波速: 波在介质中传播的速度。机械波的传播速度由介质决定。

波速  $v$  波长  $\lambda$  频率  $f$  关系:  $v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$  (适用于一切波)

注意: 波的频率即是波源的振动频率, 与介质无关。

29、 $F_{浮} = \rho gV$  浮力

30、 $\rho = \frac{m}{V}$  密度,  $m = \rho V$ ,  $V = \frac{m}{\rho}$

\*31、 $M = FL$  力矩

\*32、 $M_{顺}=M_{逆}$  力矩平衡条件

