

# 匀变速直线运动规律



## 1 匀变速直线运动的公式

匀变速直线运动的基本公式

①速度与时间的关系:  $v = v_0 + at$

②位移与时间的关系:  $x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$

③位移与速度的关系:  $v^2 - v_0^2 = 2ax$

匀变速直线运动的常用结论

①  $\Delta x = aT^2$ , 即任意相邻相等时间内的位移之差相等, 可以推广到  $x_m - x_n = (m-n)aT^2$ 。

②  $v_{\frac{t}{2}} = \bar{v}$ , 某段时间的中间时刻的瞬时速度等于该段时间内的平均速度。

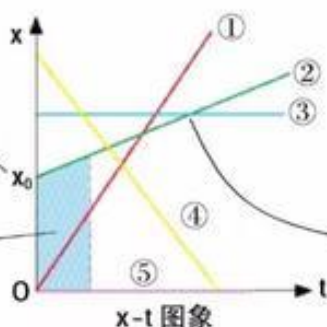
③  $v_{\frac{x}{2}} = \sqrt{\frac{v_0^2 + v^2}{2}}$ , 某段位移的中间位置的瞬时速度。总有  $v_{\frac{t}{2}} > v_{\frac{x}{2}}$ 。

## 2 x-t 图象与 v-t 图象

x-t 图象的斜率表示物体的速度。

纵轴截距表示物体的初始位置。

x-t 图象中的面积无意义。



①②④物体做匀速直线运动, 且  $v_1 > v_2$ , ①②与④运动方向相反。

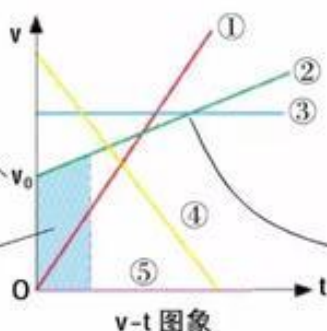
③⑤物体静止。

图线交点表示物体相遇的时刻和位置。

v-t 图象的斜率表示物体的加速度。

纵轴截距表示物体的初始速度。

图线与 t 轴所围面积表示物体在一段时间内通过的位移。



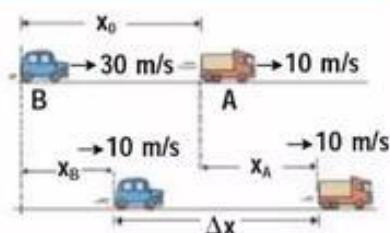
①②物体做匀加速直线运动, 且  $a_1 > a_2$ , ④物体做匀减速直线运动。

③物体做匀速直线运动。⑤物体静止。

图线交点表示物体在此时刻速度相同。

## 3 追及、相遇问题的处理

- (1) 抓住一个临界条件——**速度相等**, 它是物体间能否追上或两者距离最大、最小的临界条件。
- (2) 分析两物体运动过程, 画出两物体运动的过程草图, 得出位移关系。
- (3) 联立方程求解, 并对结果进行分析。
- (4) 若被迫赶物体做匀减速运动, 一定要注意被追上前该物体是否已停止运动。

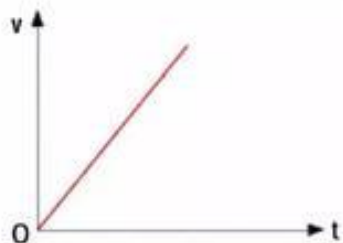


B 车减速至与 A 车速度相同时, 间距最小,  $\Delta x = x_A + x_0 - x_B$ 。

# 自由落体运动和竖直上抛运动



## 1 自由落体运动的基本规律



自由落体运动的  $v-t$  图象为过原点的倾斜直线,斜率为  $g$ 。

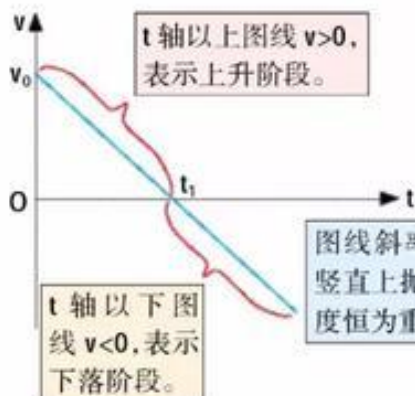
自由落体运动实质是初速度为 0 的匀加速直线运动。基本公式:

①速度公式:  $v=gt$

②位移公式:  $h=\frac{1}{2}gt^2$

③速度与位移关系:  $v^2=2gh$

## 2 竖直上抛运动的基本规律



$t$  轴以上图线  $v>0$ , 表示上升阶段。

$t$  轴以下图线  $v<0$ , 表示下落阶段。

图线斜率不变,表示竖直上抛运动的加速度恒为重力加速度。

基本公式(以竖直向上为正方向):

①速度公式:  $v=v_0-gt$

②位移公式:  $h=v_0t-\frac{1}{2}gt^2$

③速度与位移关系:  $v^2-v_0^2=-2gh$

两个常用结论:①上升到最高点所需时间:  $t=\frac{v_0}{g}$ 。

②上升的最大高度:  $H=\frac{v_0^2}{2g}$ 。

对称性:①上升阶段与下落阶段经过同一位置时的速度大小相等,方向相反。  
②上升阶段与下落阶段通过同一段竖直距离所用的时间相等。

## 3 竖直上抛运动的两种处理方法

(1)分段处理法(分为上升过程和下落过程分别处理):

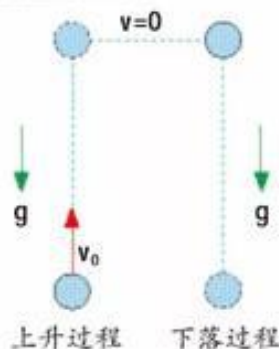
①上升过程:初速度  $v_0$  竖直向上、加速度  $g$  竖直向下,末速度为 0 的匀减速直线运动。

②下落过程:自由落体运动。

(2)全过程处理法

将全过程看作初速度为  $v_0$ 、加速度  $a=-g$  的匀变速直线运动(选取竖直向上为正方向)。

规律  $\begin{cases} v=v_0-gt \text{ (上升过程 } v>0, \text{ 下落过程 } v<0) \\ h=v_0t-\frac{1}{2}gt^2 \text{ (在抛出点上方时 } h>0, \text{ 在抛出点下方时 } h<0) \end{cases}$





# 重力和弹力



## 1 受力分析的顺序

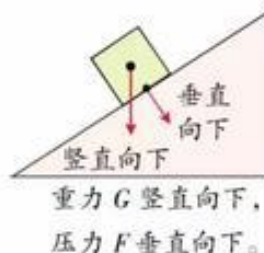
重力、已知力 → 弹力 → 摩擦力 → 其他力 → 画受力示意图

## 2 重力

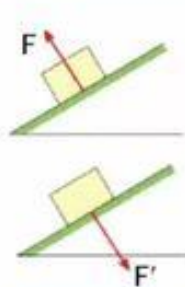
(1) 重力大小:  $G=mg$ ,  $g=9.8 \text{ N/kg}$ 。

(2) 重力方向: **竖直向下**。

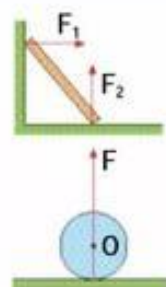
(3) 重力作用点——重心: 重心位置与物体的质量分布和几何形状有关, 重心并不一定在物体上。



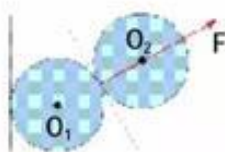
## 3 弹力的方向



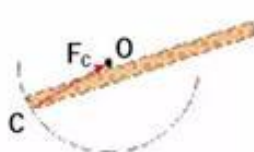
平面与平面接触: 垂直于接触面, 指向受力物体。



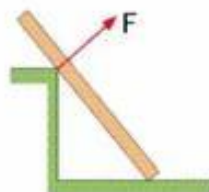
点与平面接触: 过接触点垂直于接触面, 指向受力物体。



曲面与曲面接触: 过接触点垂直于两曲面的公切面。



点与曲面接触: 如果曲面为圆弧面, 弹力方向在接触点与圆心的连线上。



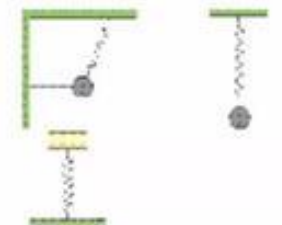
点与杆接触: 点与杆之间的弹力方向, 过点垂直于杆。

## 4 弹力的几种模型

(1) 轻杆: 只能发生微小形变; **杆对物体的弹力不一定沿杆**。杆可提供拉力、推力。杆的弹力可以发生突变。



(2) 轻绳: 只能发生微小形变, 各处张力大小相等。绳对物体的弹力只能沿绳, 指向绳收缩的方向。绳只能提供拉力。绳中弹力可以发生突变。



(3) 轻弹簧: 既可伸长, 也可缩短, 各处弹力大小相等,  $F=kx$  ( $k$  为劲度系数,  $x$  为伸长量或缩短量)。弹力一定沿弹簧轴线, 与形变方向相反。弹簧可以提供拉力、推力。弹簧的弹力一般不能发生突变。

# 摩擦力



## 1 滑动摩擦力的方向

滑动摩擦力的方向与物体相对运动的方向相反。

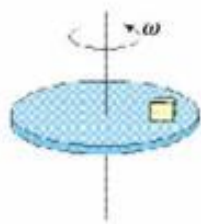
## 2 静摩擦力方向的判断



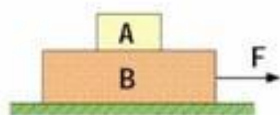
(1)利用假设法判断:静摩擦力的方向与物体相对运动趋势的方向相反。



(2)根据平衡条件判断:物体P在斜面上处于平衡状态,则沿斜面方向合力必为零,则静摩擦力必与重力沿斜面向下的分力平衡,即 $F_{\text{静}}$ 沿斜面向上。



(3)根据摩擦力效果判断:例如水平匀速转动的粗糙圆盘边缘上有一物体相对圆盘静止,则物体所受静摩擦力提供物体随圆盘一起转动的向心力,所以此静摩擦力方向指向圆心。



(4)根据牛顿第二定律判断:物体A、B在外力F作用下一同沿水平方向以加速度a做匀加速直线运动时,静摩擦力提供物体A的加速度,故物体A所受静摩擦力方向水平向右。

(5)利用牛顿第三定律判断:物体A、B在外力F作用下一同沿水平方向做匀加速直线运动,由牛顿第二定律判断出B对A的静摩擦力的方向为水平向右,根据牛顿第三定律可知,物体B受到A的静摩擦力方向为水平向左。

## 3 摩擦力大小的计算

(1)首先要分清是滑动摩擦力还是静摩擦力。

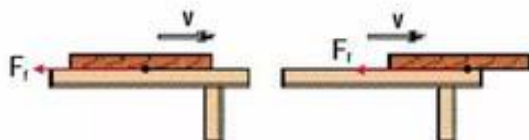
(2)滑动摩擦力: $F_f = \mu F_N$ 。其大小只取决于物体所受正压力和接触面间的动摩擦因数。

(3)静摩擦力可分为两种情况:

①物体处于平衡状态(静止或匀速运动)时,利用力的平衡条件来求出其大小。

②物体有加速度时,若只受静摩擦力,则 $F_{\text{静}} = ma$ ;若除静摩擦力外,物体还受其他力,则先求合力( $F_{\text{合}} = ma$ ),再求静摩擦力。

③静摩擦力大小范围: $0 < F_{\text{静}} \leq F_{\text{max}}$  ( $F_{\text{max}}$  为最大静摩擦力)。



滑动摩擦力的大小与受力面积无关,木板在两种情况下所受的滑动摩擦力相同。

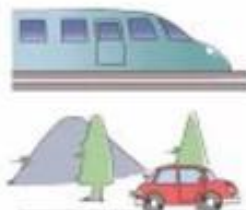


# 牛顿运动定律及应用



## 1 牛顿第一定律

- (1)内容:一切物体总保持匀速直线运动状态或静止状态,除非作用在它上面的力迫使它改变这种状态。
- (2)**牛顿第一定律不能用实验直接验证**,它是在可靠的经验事实的基础上,通过科学的逻辑推理(如伽利略理想斜面实验)得出的。
- (3)定义了力:力是改变物体运动状态的原因,而不是维持物体运动的原因。
- (4)定义了惯性:任何物体都有惯性,**惯性由质量决定**。



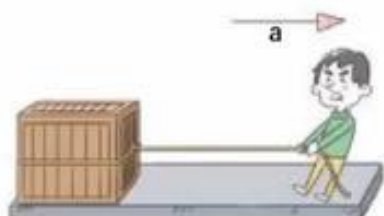
静止的动车比飞驰的小轿车惯性大。惯性大小的唯一量度是质量,与速度等无关。

## 2 牛顿第二定律

物体加速度的大小跟它受到的作用力成正比,跟它的质量成反比,加速度的方向跟作用力的方向相同,公式: $F=ma$ 。

## 3 牛顿第三定律

两个物体之间的作用力和反作用力**总是**大小相等,方向相反,作用在同一条直线上。

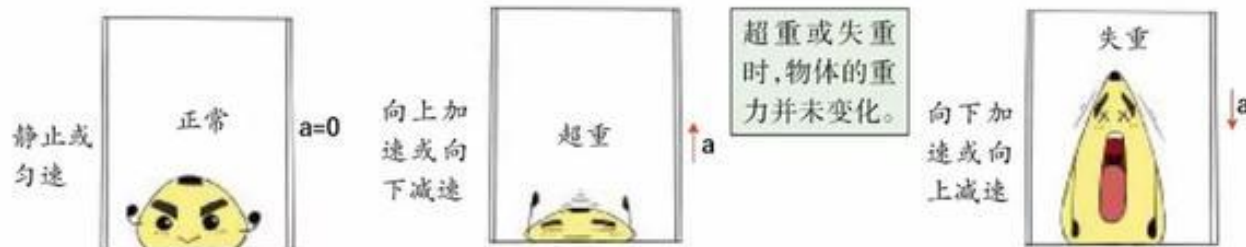


相互作用力的大小关系与物体运动状态无关:如绳拉物体做加速运动,绳对物体的拉力与物体对绳的拉力是一对相互作用力,大小相等,方向相反,作用在同一条直线上。

## 4 超重和失重

- (1)超重:物体对支持物的压力(或对悬挂物的拉力)大于物体所受重力的现象。

产生条件:**物体具有竖直向上的加速度或加速度分量**。



- (2)失重:物体对支持物的压力(或对悬挂物的拉力)小于物体所受重力的现象。

产生条件:**物体具有竖直向下的加速度或加速度分量**。

- (3)完全失重:物体对支持物的压力(或对悬挂物的拉力)等于0的状态。

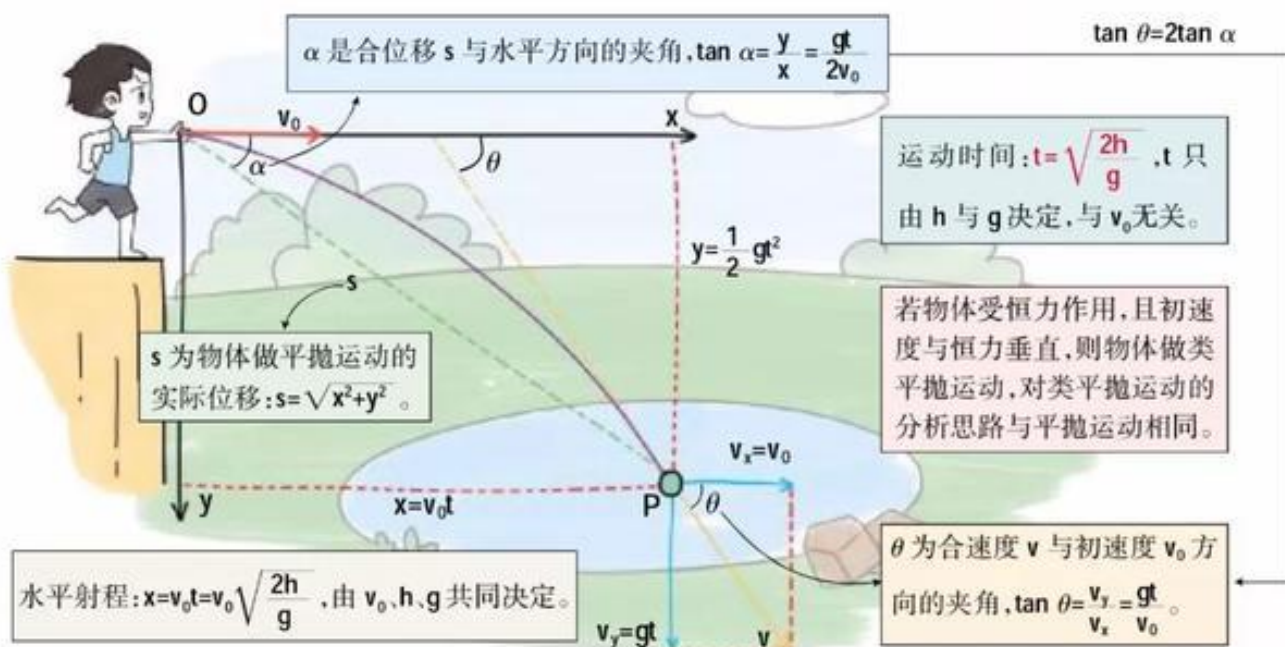
产生条件:物体具有竖直向下的加速度: $a=g$ 。

# 抛体运动



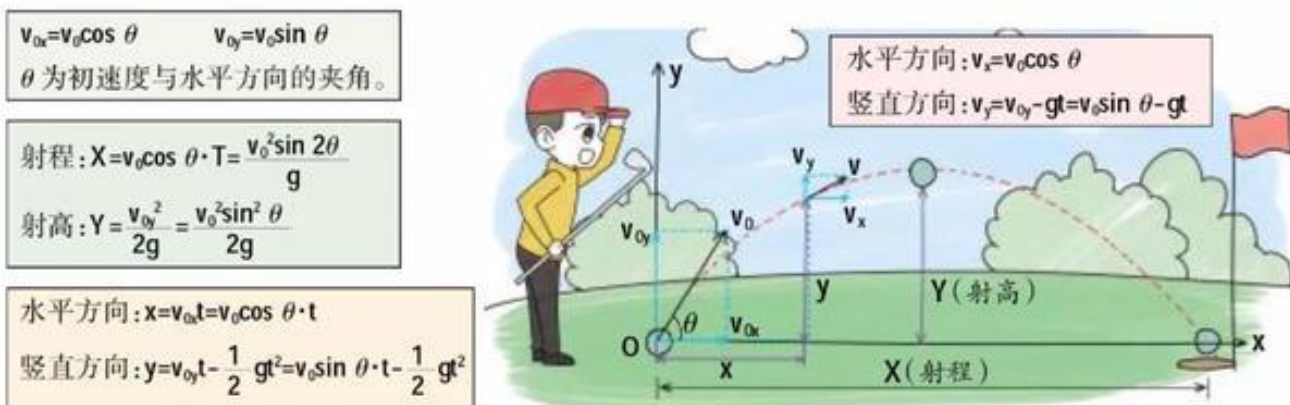
## 1 平抛运动的规律

平抛运动一般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。



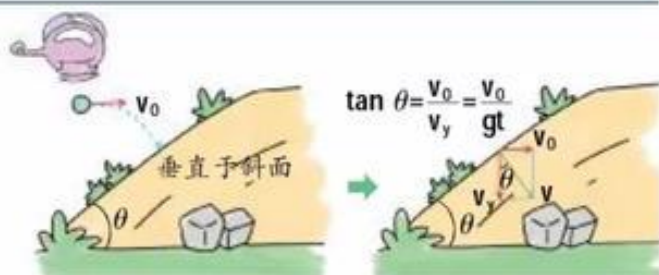
## 2 斜抛运动的规律

斜上抛运动可以分解为水平方向的匀速直线运动和竖直方向的竖直上抛运动。



## 3 斜面相关的平抛运动

解答与斜面有关的平抛运动问题, 除运用平抛运动规律外, 还要充分考虑斜面的约束, 利用三角函数知识, 找出相应规律, 综合求解。





# 圆周运动

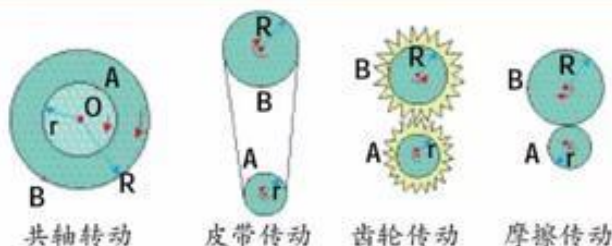


## 1 描述圆周运动的各个物理量的关系

(1) 线速度、角速度、周期、频率、向心加速度:  $v = \omega r$ ,  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ,  $T = \frac{1}{f}$ ,  $a_n = \frac{v^2}{r} = r\omega^2 = \omega v$ 。

(2) 向心力:  $F_n = ma_n = m \frac{v^2}{r} = mr\omega^2 = m\omega v = mr \frac{4\pi^2}{T^2} = mr4\pi^2 f^2$ 。

## 2 几种传动装置

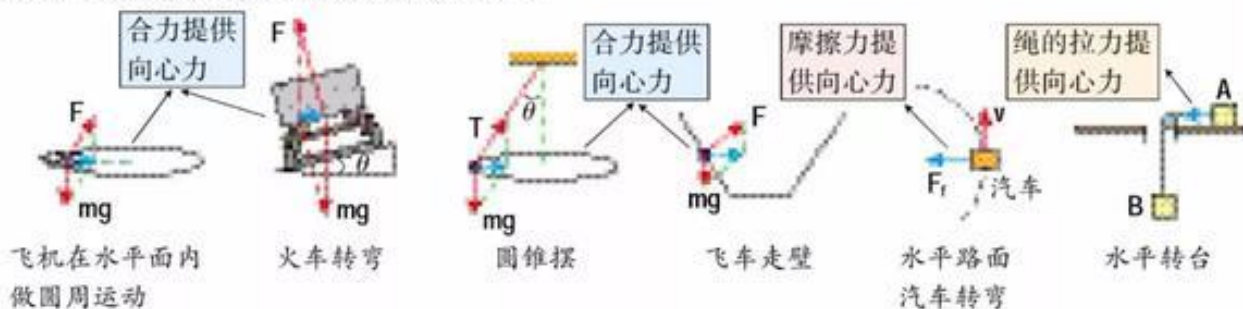


(1) 共轴转动, 其上各点 **角速度相同**,  $\omega_A = \omega_B$ 。

(2) 皮带传动、齿轮传动、摩擦传动, **轮缘处线速度大小相等**,  $v_A = v_B$ 。

## 3 解答圆周运动问题的思路

- (1) 确定研究对象。
- (2) 分析物体的运动情况, 即物体的线速度、角速度、周期、轨道平面等。
- (3) 分析物体的受力情况, 画出受力示意图, 确定向心力的来源。
- (4) 根据牛顿运动定律及向心力公式列方程。



## 4 竖直平面内的圆周运动

### (1) 轻绳模型

过最高点的临界条件: **物体到达最高点时, 物体的重力提供向心力**。由  $mg = m \frac{v^2}{r}$  得  $v_{\min} = \sqrt{gr}$ 。

- ①  $v = \sqrt{gr}$  时,  $F_{\text{绳}} = 0$ ;
- ②  $v > \sqrt{gr}$  时,  $F_{\text{绳}} > 0$ ;
- ③  $v < \sqrt{gr}$  时, 不能到达最高点。



过最高点的临界条件: 物体重力充当向心力。



过最高点的临界条件: 物体在最高点速度为 0。

### (2) 轻杆模型

过最高点的临界条件: **物体能运动即可**, 即  $v_{\min} = 0$ 。

# 万有引力与航天



## 1 万有引力定律及应用

(1) 解决天体(卫星)运动问题的基本思路

① 天体之间的万有引力提供天体运动的向心力, 即  $G \frac{Mm}{r^2} = ma_n = m \frac{v^2}{r} = m\omega^2 r = m \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2 r$ 。

② 在中心天体表面附近, 万有引力近似等于重力, 即  $G \frac{Mm}{R^2} = mg$  ( $g$  表示天体表面的重力加速度)。

(2) 天体质量及密度的估算

① 已知环绕天体做匀速圆周运动的轨道半径和周期, 由  $G \frac{Mm}{r^2} = m \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2 r$  得  $M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$ 。

② 已知中心天体半径、表面重力加速度和引力常量, 由  $mg = G \frac{Mm}{R^2}$  得  $M = \frac{R^2 g}{G}$ 。

③ 只能求出中心天体的质量, 而不能求出环绕天体的质量。

④ 天体密度估算一般在质量估算的基础上, 利用  $M = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3$  进行估算。

这些公式均不能求出环绕天体的质量。



## 2 卫星的各物理量随轨道半径变化的规律

(1)  $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ , 卫星轨道半径越大, 其线速度越小。

(2)  $G \frac{Mm}{r^2} = m\omega^2 r \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$ , 卫星轨道半径越大, 其角速度越小。

(3)  $G \frac{Mm}{r^2} = m \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2 r \Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}}$ , 卫星轨道半径越大, 其周期越大(频率越小)。

(4)  $G \frac{Mm}{r^2} = ma_n \Rightarrow a_n = \frac{GM}{r^2}$ , 卫星轨道半径越大, 其向心加速度越小。

同步卫星: 定点在赤道正上方, 运行周期等于地球自转周期,  $T=24$  h, 运行速度约为  $v=3.1$  km/s。

离地面高度确定,  $h=36000$  km。



近地卫星:  $r=R$ , 以第一宇宙速度  $v=7.9$  km/s 运行, 周期为 84 min。

## 3 几个易混概念

(1) 万有引力公式中的“ $r$ ”指两天体间的距离, 而向心力公式中的“ $r$ ”指运动的轨道半径, 在双星系统中两者可能是不相等的。

(2) 两类运行——稳定运行和变轨运行

① 卫星绕天体稳定运行时, 万有引力提供卫星做圆周运动的向心力。由  $\frac{GMm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$ , 得  $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ , 则轨道半径  $r$  越大, 卫星的线速度越小。

② 当卫星由于某种原因速度  $v$  突变时,  $F_{引}$  和  $m \frac{v^2}{r}$  不再相等, 因

此就不能再根据  $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$  来比较  $r$  的大小。当  $F_{引} > m \frac{v^2}{r}$  时, 卫星做向心运动; 当  $F_{引} < m \frac{v^2}{r}$  时, 卫星做离心运动。



两星之间的万有引力提供其做圆周运动的向心力, 引力距离  $L$  与轨道半径  $r_1, r_2$  并不相同。



# 动能定理和机械能守恒定律



## 1 动能定理

(1) 内容: 合外力对物体所做的总功等于物体动能的变化。

(2) 表达式:  $W = \Delta E_k = E_{k2} - E_{k1}$

(3) 应用动能定理的解题步骤



(4) 优先考虑应用动能定理的问题

- ① 不涉及加速度、时间的问题。
- ② 有多个物理过程且不需要研究整个过程中的中间状态的问题。
- ③ 变力做功的问题。
- ④ 含有  $F$ 、 $l$ 、 $m$ 、 $v$ 、 $W$ 、 $E_k$  等物理量的力学问题。

## 2 机械能守恒定律

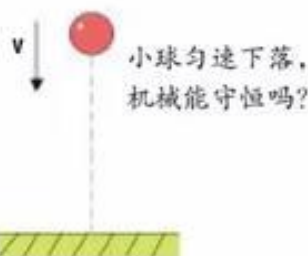
(1) 内容: 在**只有重力、弹力做功**的物体系统内, 动能和势能相互转化, 机械能的总量保持不变。

(2) 守恒条件

- ① 只受重力作用, 如各种不考虑阻力的抛体运动。
- ② 受其他力, 但其他力不做功, 只有重力或弹力做功, 如物体沿光滑曲面下滑。
- ③ 其他力做功, 但其他力做功的代数和为 0。

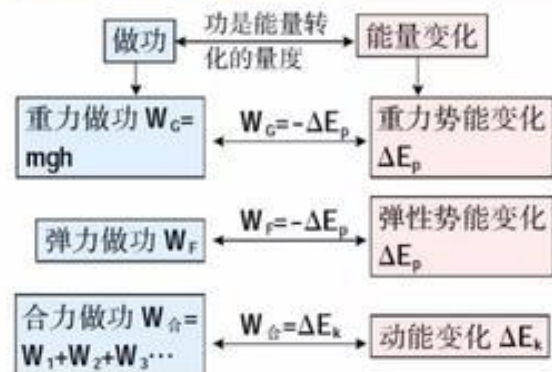
(3) 解题步骤

- ① 确定研究对象和研究过程。
- ② 判断机械能是否守恒。
- ③ 选定一种表达形式, 列式求解。

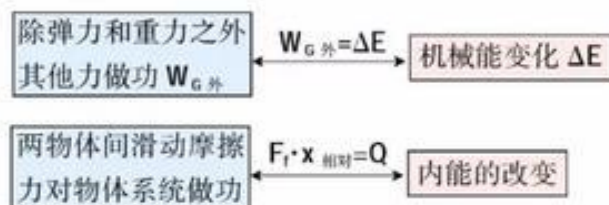


小球匀速下落过程中, 重力势能减少, 而动能不变, 机械能减少。

## 3 常用的功能关系



做功的过程是能量转化的过程, 做了多少功就有多少能量发生了转化, 做功的正、负表示能的转化方向。



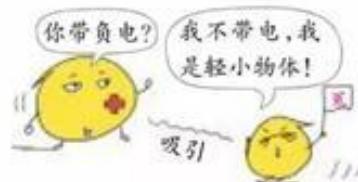
# 静电场的描述



## 1 电荷

(1) 电荷间作用规律: 同种电荷互相排斥, 异种电荷互相吸引。

(2) 库仑定律:  $F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$ ,  $k = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ 。



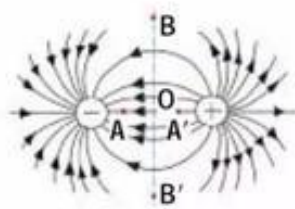
## 2 电场强度的三个表达式

项目	定义式	决定式	关系式
表达式	$E = \frac{F}{q}$ ( $q$ 是检验电荷的电荷量)	$E = \frac{kQ}{r^2}$ ( $Q$ 是场源电荷的电荷量, $r$ 是研究点到场源电荷的距离)	$E = \frac{U}{d}$ ( $U$ 是电场中两点间的电势差, $d$ 是两点沿电场线方向的距离)
适用范围	对任何电场都适用	只对真空中的点电荷适用	只对匀强电场适用
说明	电场强度 $E$ 与 $F$ 、 $q$ 无关, 取决于电场本身。		

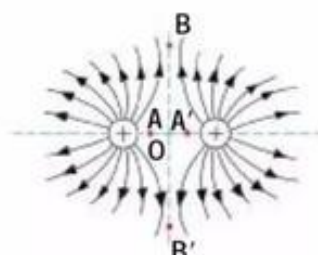
## 3 几种典型的电场线分布



点电荷的电场



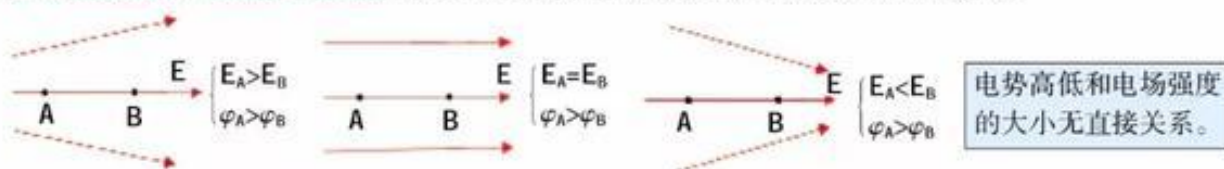
等量异种点电荷的电场: 关于  $O$  点对称的两点(如  $A$  与  $A'$ ,  $B$  与  $B'$ )的场强等大、同向。



等量同种点电荷的电场: 关于  $O$  点对称的两点(如  $A$  与  $A'$ ,  $B$  与  $B'$ )的场强等大、反向。

## 4 比较电势和电势能的高低

(1) 沿电场线方向, 电势越来越低, 电场线由电势高的等势面指向电势低的等势面。



(2) 取无穷远处为零电势点, 正电荷周围电势为正值, 且离正电荷近处电势高; 负电荷周围电势为负值, 且离负电荷近处电势低。

(3) 定义式法比较电势能:  $E_p = q\varphi$ , 把  $q$ 、 $\varphi$  的正负值代入进行运算后比较。

(4) 做功法比较电势能: 电场力做正功, 电荷(无论是正电荷还是负电荷)从电势能较大的地方移向电势能较小的地方。反之, 如果电荷克服电场力做功, 那么电荷将从电势能较小的地方移向电势能较大的地方。



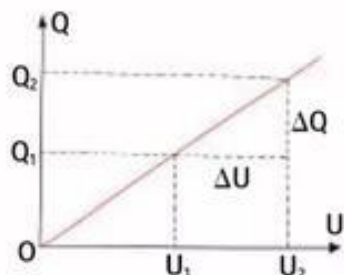
# 带电粒子在电场中的运动



## 1 电容和电容器

### (1) 两个电容公式

公式	适用范围	制约因素
$C = \frac{Q}{U} = \frac{\Delta Q}{\Delta U}$	任何电容器	电容由电容器本身结构决定(不能说 $C$ 与 $Q$ 成正比, 与 $U$ 成反比)。
$C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$	仅对平行板电容器适用	电容 $C$ 与极板的正对面积 $S$ 、距离 $d$ 、电介质的相对介电常数 $\epsilon_r$ 有关, $C \propto \frac{\epsilon_r S}{d}$ 。



对于结构确定的电容器, 电容  $C$  是不变的, 电荷量  $Q$  与电压  $U$  成正比。

### (2) 平行板电容器的动态变化问题

① **确定是电压不变还是所带电荷量不变。** 电容器的两极板与电源连接时, 电容器两极板间的电压保持不变; 电容器充电后与电源断开, 电容器的电荷量保持不变。

② 用决定式  $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$  分析电容器电容的变化。

③ 用定义式  $C = \frac{Q}{U}$  分析电容器所带电荷量或两极板间电压的变化。

④ 用  $E = \frac{U}{d}$  分析电容器极板间场强的变化。



两极板与电源相连  $\Rightarrow U$  不变

$d \uparrow \Rightarrow$  由  $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$  知  $C \downarrow$

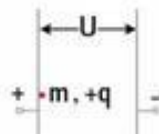
由  $Q = CU \Rightarrow Q \downarrow$

$E = \frac{U}{d} \Rightarrow E \downarrow$

## 2 带电粒子在电场中的加速和偏转

(1) 加速: 带电粒子沿平行于电场线方向进入匀强电场, 受到的电场力与运动方向在同一条直线上, 做匀变速直线运动。

电场力做的功等于粒子动能的变化量, 即  $qU = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$ , 得  $v = \sqrt{\frac{2qU}{m} + v_0^2}$ 。



### (2) 偏转

① 受力分析: 粒子仅受电场力, 加速度  $a = \frac{qE}{m} = \frac{qU}{md}$ 。

② 运动分析: **粒子做类平抛运动。**

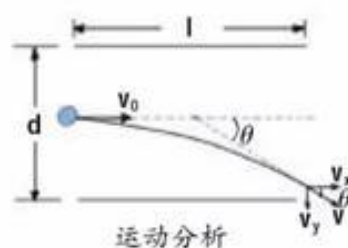
水平方向: 匀速运动,  $v_x = v_0$ ,  $x = v_0 t$

竖直方向: 匀加速运动,  $v_y = at$ ,  $y = \frac{1}{2}at^2$

飞行时间:  $t = \frac{l}{v_0}$

侧移距离:  $y = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \left( \frac{qU}{md} \right) \left( \frac{l}{v_0} \right)^2 = \frac{qUl^2}{2mv_0^2 d}$

带电粒子的受力分析

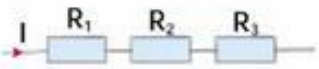
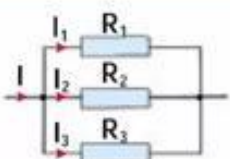


运动分析

# 恒定电流

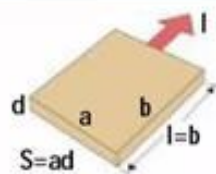


## 1 串联电路和并联电路

项目	串联电路	并联电路
电路		
电流	$I=I_1=I_2=\cdots=I_n$	$I=I_1+I_2+\cdots+I_n, I_1R_1=I_2R_2=\cdots=I_nR_n$
电压	$U_{\text{总}}=U_1+U_2+\cdots+U_n, \frac{U_1}{R_1}=\frac{U_2}{R_2}=\cdots=\frac{U_n}{R_n}=I$	$U_1=U_2=U_3=\cdots=U_n$
总电阻	$R_{\text{总}}=R_1+R_2+\cdots+R_n$	$\frac{1}{R_{\text{总}}}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\cdots+\frac{1}{R_n}$
功率分配	$\frac{P_1}{R_1}=\frac{P_2}{R_2}=\cdots=\frac{P_n}{R_n}=I^2$	$P_1R_1=P_2R_2=\cdots=P_nR_n=U^2$

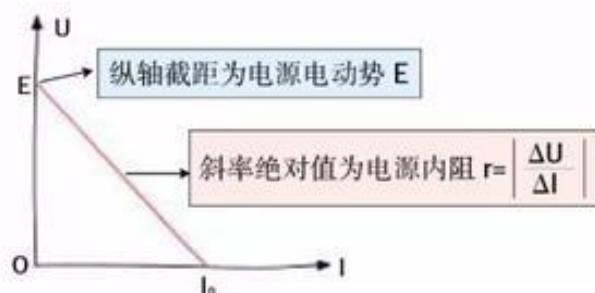
## 2 电阻定律

$R=\rho \frac{l}{S}$ ,  $\rho$  为导体材料的电阻率,  $l$  为沿电流方向导体的长度,  $S$  为垂直电流方向导体的横截面积。



## 3 闭合电路的欧姆定律

- (1) 公式:  $I=\frac{E}{R+r}$ 。
- (2) 电压形式:  $E=U+U', E=IR+Ir, E=U+Ir$ 。电源电动势在数值上等于内、外电压之和。
- (3) 能量形式:  $EIt=UIt+I^2rt$ 。
- (4) 功率形式:  $EI=UI+U'I$  或  $EI=UI+I^2r$ 。
- (5) 由  $E=U+Ir$  可得  $U=E-Ir$ , 由此可得路端电压  $U$  随  $I$  的变化图线。



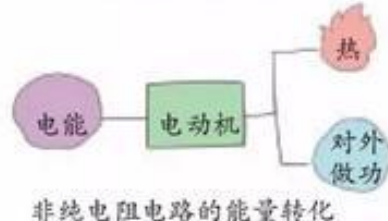
## 4 电功和电热

- (1) 纯电阻电路: 电能全部转化为内能的电路, 如电水壶、电炉等。

电功:  $W=UIt$   $\xrightarrow{\text{电能全部转化为电热} \Rightarrow W=Q}$  电热:  $Q=I^2Rt$

- (2) 非纯电阻电路: 电能除转化为内能还要转化为其他形式的能的电路, 如电风扇、电吹风等。

电功:  $W=UIt$   $\xrightarrow{\text{电能部分转化为电热} \Rightarrow W>Q}$  电热:  $Q=I^2Rt$



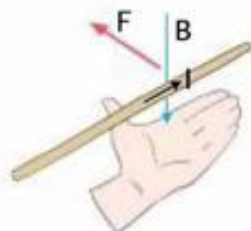


# 安培力和洛伦兹力



## 1 安培力、洛伦兹力

- (1) 安培力的方向: 由左手定则判定, **安培力总是垂直于导线和磁感线所在的平面。**
- (2) 安培力的大小:  $F = BIL \sin \theta$ ,  $\theta$  为  $I$  与  $B$  的夹角,  $L$  为有效长度。
- (3) 洛伦兹力的方向: 由左手定则判定, **洛伦兹力对运动电荷不做功。**
- (4) 洛伦兹力的大小:  $F = qvB \sin \theta$  ( $\theta$  为  $v$  与  $B$  的夹角)。



左手定则

## 2 带电粒子在匀强磁场中的运动

若  $v \perp B$ , 带电粒子在垂直于  $B$  的平面内以入射速度  $v$  做匀速圆周运动。

(1) 基本物理量

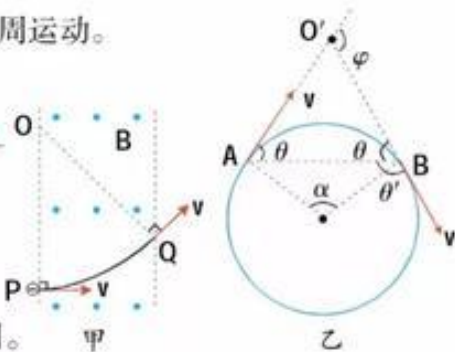
① 向心力:  $F = qvB = m \frac{v^2}{R}$     ② 半径:  $R = \frac{mv}{qB}$     ③ 周期:  $T = \frac{2\pi m}{qB}$

④ 频率:  $f = \frac{1}{T} = \frac{qB}{2\pi m}$     ⑤ 角速度:  $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{qB}{m}$

(2) 思路: 一找圆心, 二找半径  $R = \frac{mv}{qB}$ , 三找周期  $T = \frac{2\pi m}{qB}$  或时间。

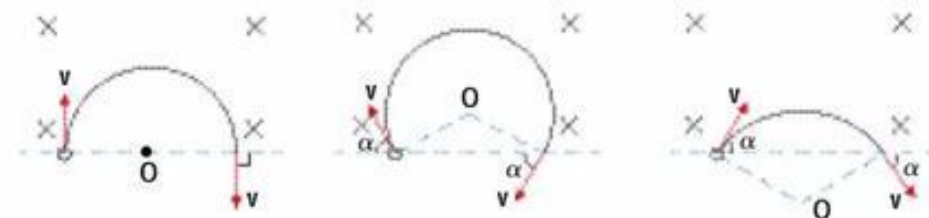
① 通常利用粒子运动轨迹初、末两点的速度方向来确定圆心, 分别过初、末两点作两速度方向的垂线, 交点即圆心  $O$  (图甲)。

② 粒子在磁场中运动一周的时间为  $T$ , 当粒子运动的圆弧所对应的圆心角为  $\alpha$  时 (图乙), 其运动时间可表示为:  $t = \frac{\alpha}{360^\circ} T$  (或  $t = \frac{\alpha}{2\pi} T$ )。

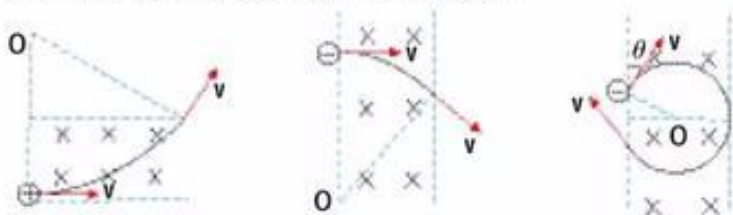


## 3 带电粒子在有界磁场中的运动

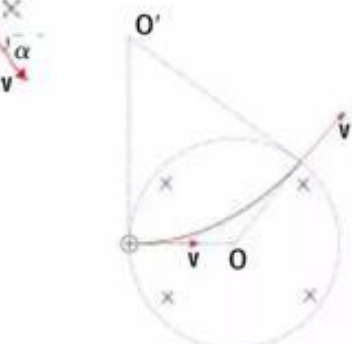
(1) 直线边界: 粒子进出磁场具有对称性, **速度方向与边界的夹角相等。**



(2) 平行边界: 粒子运动存在临界条件。



(3) 圆形边界: **粒子沿半径方向射入, 必沿半径方向射出。**



在圆形磁场区域内, 沿半径方向射入的粒子, 必沿半径方向射出。

# 电磁感应

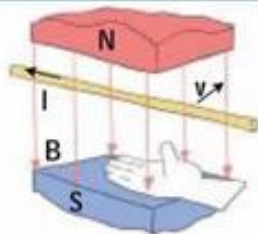


## 1 楞次定律



## 2 右手定则

右手定则判断导线切割磁感线时产生的感应电流的方向。伸开右手，让拇指与其余四指垂直，并且都与手掌在同一个平面内，让磁感线从掌心进入，拇指指向导线运动的方向，其余四指所指的方向就是感应电流的方向。



## 3 感应电动势的计算

(1) 法拉第电磁感应定律  $E = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$

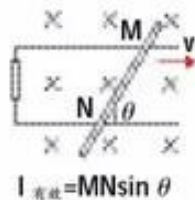
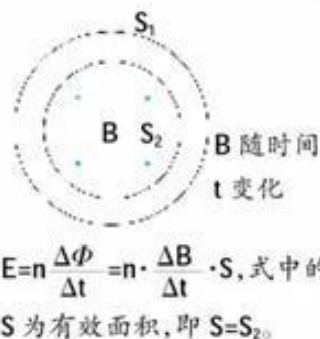
① 研究对象：一个回路。

② 适用范围：无论什么方式引起  $\Phi$  的变化都适用。

③ 条件：不一定是匀强磁场。

④ 说明：线圈面积  $S$  不变，磁感应强度  $B$  均匀变化，则  $E = n \frac{\Delta B}{\Delta t} S$ ；

磁感应强度  $B$  不变，线圈面积  $S$  均匀变化，则  $E = nB \frac{\Delta S}{\Delta t}$ 。



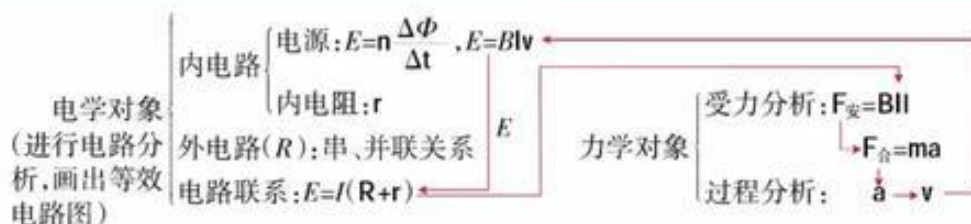
(2) 导线切割磁感线产生感应电动势  $E = Blv \sin \theta$

① 研究对象：在磁场中运动的一段导线。

② 适用范围：只适用于一段导线切割磁感线的情况。

③ 条件：匀强磁场。

## 4 电磁感应综合问题分析思路



能量分析：外力克服安培力做功，将其他形式的能转化为电能，电流做功再将电能转化为内能。



# 交变电流



## 1 交变电流的“四值”

(1) 瞬时值:  $e = E_m \sin \omega t$ ,  $i = I_m \sin \omega t$ 。

(2) 最大值:  $E_m = nBS\omega$ ,  $I_m = \frac{E_m}{R+r}$ 。讨论电容器的击穿电压等。

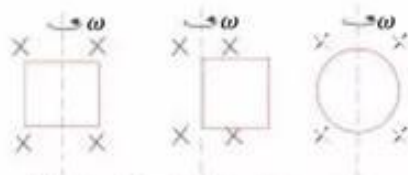
(3) 有效值: 对正弦式交变电流有  $E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$ ,  $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$ ,  $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$ 。

① 计算与电流的热效应有关的量(如功、功率、热量等)。

② 电器“铭牌”上所标的一般是有效值。

③ 保险丝的熔断电流为有效值。

(4) 平均值:  $\bar{E} = Bl\bar{v}$ ,  $\bar{E} = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ,  $\bar{I} = \frac{\bar{E}}{R+r}$ 。计算通过电路横截面的电荷量  $q = n \frac{\Delta\Phi}{R+r}$ 。



感应电动势的最大值  $E_m = nBS\omega$ , 与线圈形状、转轴位置无关。只要  $n$ 、 $B$ 、 $S$ 、 $\omega$  相同, 则  $E_m$  相同。

## 2 理想变压器的相关规律

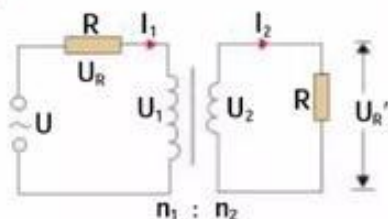
(1) 基本关系

① 功率关系: 原线圈的输入功率等于副线圈的输出功率  $P_{入} = P_{出}$ 。

② 电压关系: 原、副线圈的电压比等于匝数比, 即  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$ 。

③ 电流关系: 只有一个副线圈,  $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$ ; 有多个副线圈, 由输入功率等于输出功率得  $U_1 I_1 = U_2 I_2 + U_3 I_3 + \dots + U_n I_n$ 。

④ 频率关系: 原、副线圈中电流的频率相等。



对原线圈回路有:  $U = U_R + U_1$

对副线圈回路有:  $U_2 = U_R'$

(2) 制约关系

① 电压: 副线圈电压  $U_2$  由原线圈电压  $U_1$  和匝数比决定, 即  $U_2 = \frac{n_2}{n_1} U_1$ 。

② 功率: 副线圈中的功率  $P_2$  由用户负载决定, 原线圈的输入功率  $P_1$  由副线圈的输出功率  $P_2$  决定, 即  $P_1 = P_2$ 。

③ 电流: 原线圈的电流  $I_1$  由副线圈的电流  $I_2$  和匝数比决定, 即  $I_1 = \frac{n_2}{n_1} I_2$ 。

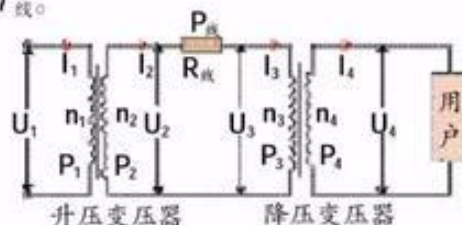
## 3 远距离输电中的基本关系

(1) 功率关系:  $P_1 = P_2$ ,  $P_3 = P_4$ ,  $P_2 = P_{线} + P_3$ 。

(2) 电压、电流关系:  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{I_2}{I_1}$ ,  $\frac{U_3}{U_4} = \frac{n_3}{n_4} = \frac{I_4}{I_3}$ ,  $U_2 = U_{线} + U_3$ ,  $I_2 = I_3 = I_{线}$ 。

(3) 输电电流:  $I_{线} = \frac{P_2}{U_2} = \frac{P_3}{U_3} = \frac{U_2 - U_3}{R_{线}}$ 。

(4) 输电导线上损失的电功率:  $P_{线} = U_{线} I_{线} = I_{线}^2 R_{线} = \left(\frac{P_2}{U_2}\right)^2 R_{线}$ 。



# 动量 原子物理



## 1 动量

(1) 动量定理: 物体所受合外力的冲量等于它的动量的变化,

即  $Ft = p' - p$  或  $Ft = mv_2 - mv_1$  或  $I = \Delta p$ 。

(2) 动量守恒定律

系统不受外力或所受外力的合力为 0。

① 守恒条件 系统内各物体间相互作用的内力远大于所受的外力时, 如爆炸、碰撞过程。

如果系统在某一方向上所受外力的合力为 0, 则在这一方向上动量守恒。

② 表达式:  $m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'$ , 应用前要**选定统一的正方向**。

(3) 碰撞和爆炸

① 碰撞特点: 动量守恒, 机械能不增加, 速度要合理。

弹性碰撞: 动量守恒, 机械能守恒。

非弹性碰撞: 动量守恒, 机械能不守恒。

② 三种碰撞 完全非弹性碰撞: 两物体粘在一起, 动量守恒, 机械能损失最多。

③ 爆炸特点: 动量守恒, 机械能增加。



旧轮胎能延长船与码头的  
作用时间, 减小作  
用力。



系统可按解决问题的需要灵活选取。

## 2 原子物理

(1) 爱因斯坦光电效应方程:  $E_k = h\nu - W_0$ 。

① 存在极限频率  $\nu_c = \frac{W_0}{h}$ ,  $\nu > \nu_c$  才会发生光电效应。

② 入射光频率  $\xrightarrow{\text{决定}}$  光子能量  $\xrightarrow{\text{决定}}$  光电子最大初动能。

③ 入射光强度  $\xrightarrow{\text{决定}}$  单位时间内发射的光电子数。

④ 遏止电压:  $eU_c = \frac{1}{2} m_e v_c^2 = E_k$ 。

(2) 原子跃迁:  $h\nu = E_m - E_n$ 。

(3) 衰变

①  $\alpha$  衰变:  ${}_Z^AX \rightarrow {}_Z^AY + {}_2^4\text{He}$

②  $\beta$  衰变:  ${}_Z^AX \rightarrow {}_Z^AY + {}_{-1}^0\text{e}$

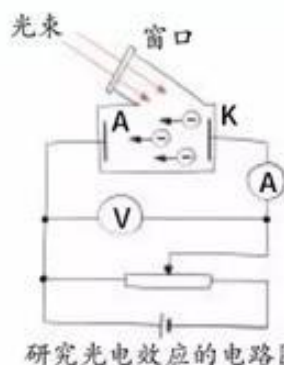
③ 半衰期:  $m_{\text{余}} = m_{\text{原}} \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$ 。半衰期与原子所处的物理状态

和化学状态无关, 由原子核内部因素决定。

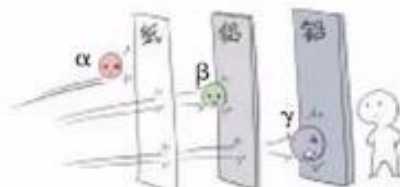
(4) 核反应方程书写原则: 质量数守恒, 电荷数守恒。

① 重核裂变:  ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{56}^{141}\text{Ba} + {}_{36}^{91}\text{Kr} + 3{}_0^1\text{n}$  (原子弹、核电站)

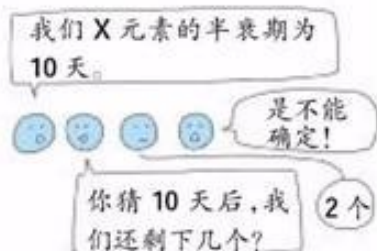
② 轻核聚变:  ${}_1^2\text{H} + {}_1^3\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_0^1\text{n} + 17.6 \text{ MeV}$  (氢弹、太阳内部反应)



研究光电效应的电路图



$\alpha$  射线的穿透能力最弱,  $\gamma$  射线的穿透能力最强。



半衰期是统计概念, 只对大量原子核有意义。



