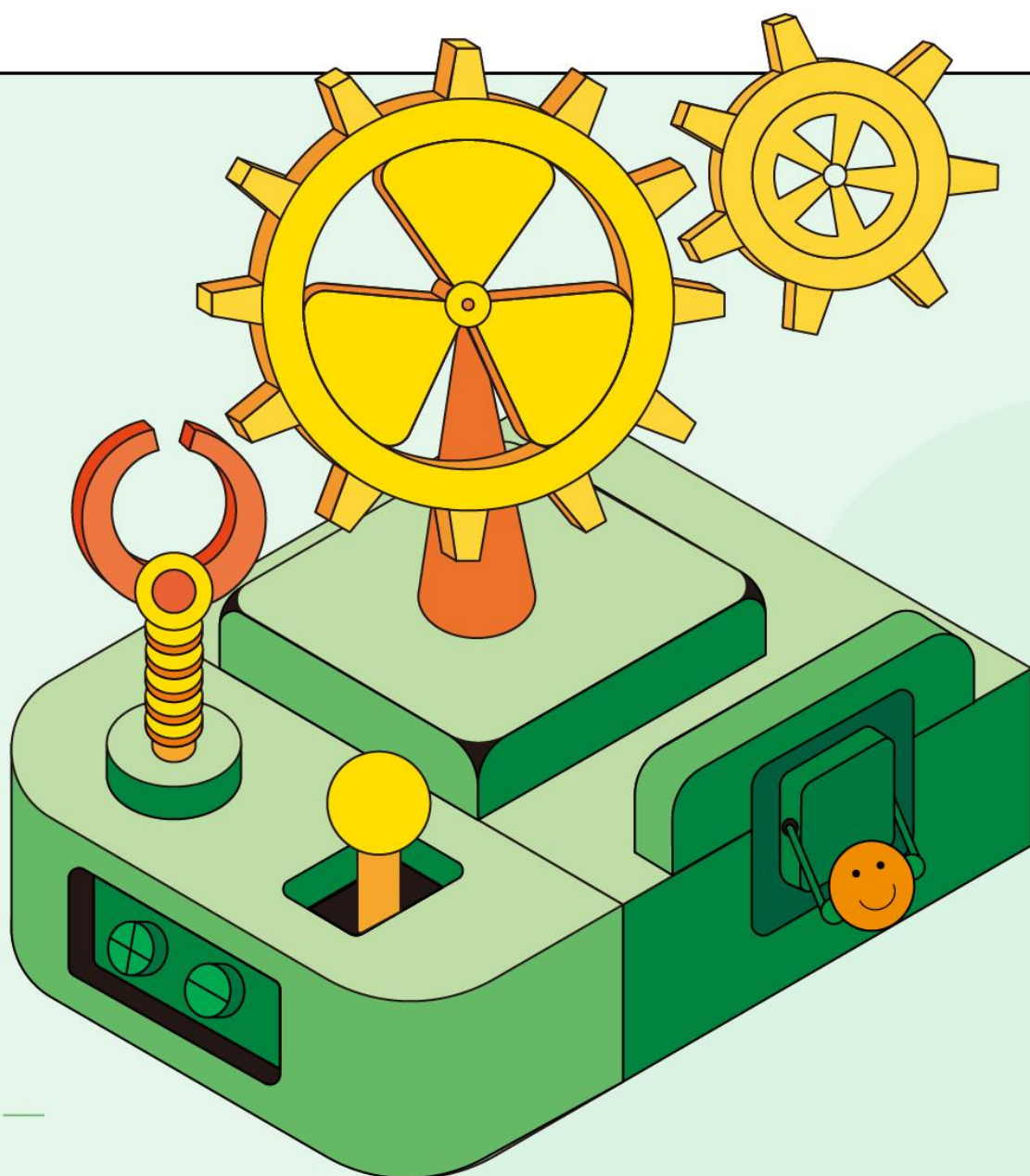


高中物理

# 知识通关宝典



# 专题一 匀变速直线运动

## 知识点一、匀变速直线运动公式

1.速度公式:  $v_t = v_0 + at$

2.位移公式:  $s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$

3.速位公式:  $v_t^2 - v_0^2 = 2as$

4.推论(平均速度)公式:  $s = \frac{v_0 + v_t}{2} t$

★对所有匀变速直线运动的问题, 已知三个物理量, 就可以用公式进行求解。

## 知识点二、平均速度

$\bar{v} = \frac{s}{t}$  (定义式, 适用于一切运动)

$\bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2}$  (只适用于匀变速直线运动, 包括自由落体运动)

匀变速直线运动某段时间中间时刻的速度等于该段时间内的平均速度:  $v_{\frac{t}{2}} = \bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2}$

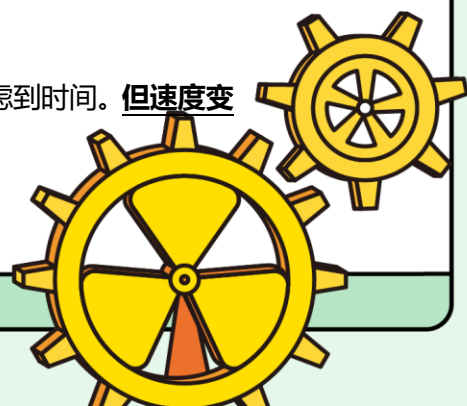
## 知识点三、加速度

1.大小:  $a = \frac{\Delta v}{t}$  (定义式, 说明  $a$  为速度的变化率, 表示速度变化的快慢)

2.方向: 与合外力方向相同, 与速度变化 ( $\Delta v$ ) 方向相同。

3. $a$  与  $v$  关系: 速度大的物体, 加速度不一定大, 甚至加速度可以为 0; 速度为 0 的物体, 加速度不一定为 0。

4. $a$  与  $\Delta v$  关系: 速度变化 ( $\Delta v$ ) 大的物体, 加速度不一定大, 因为要考虑到时间。但速度变化 ( $\Delta v$ ) 的方向, 就是加速度的方向。



5.速度的增减由  $a$  与  $v$  的方向共同决定。

总之,  $a$  与  $v$ 、 $\Delta v$  的大小没有必然关系

#### 知识点四、概念理解

1.质点: 不能说体积很大的物体就不可以看成质点; 而很小的物体也不是一定就能看成质点。

2.参考系: 参考系的选择是任意的; 运动或静止的物体都可以作为参考系, 包括观察者自己, 但不能选择被研究的对象本身为参考系。选择不同的参考系时, 对物体运动的描述是不同的。

3.位移: 用由起点指向终点的有向线段表示, 只跟起点与终点的位置有关。

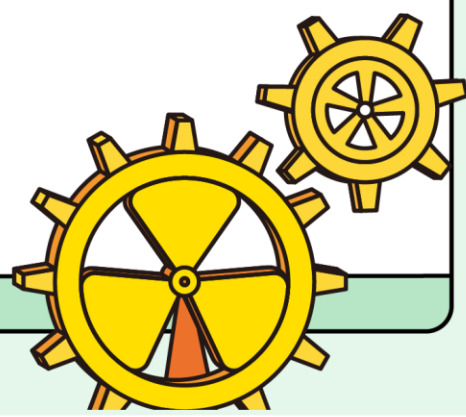
4.速度变化有三种情况:

- (1) 速度的大小、方向皆发生了变化;
- (2) 速度的大小发生变化, 但方向没有变化;
- (3) 速度的大小不变, 方向发生了变化。

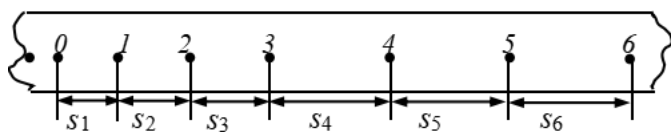
★以上三种情况中, 物体的加速度都不为 0。

5.判断物体加速还是减速:  $a$  与  $v$  符号相同 (同向), 加速;  $a$  与  $v$  符号相反 (反向), 减速。

6.自由落体运动的两个条件: a. 初速度为 0; b. 仅受重力作用。自由落体运动的加速度  $a=g$ , 方向竖直向下。但  $a=g$  的运动不一定就是自由落体运动。



### 知识点五、纸带或类似问题（如频闪照片）求解



1. 判断物体是否做匀变速直线运动：若  $\Delta s = s_2 - s_1 = s_3 - s_2 = s_4 - s_3 = \dots$  则物体做匀变

速直线运动

2. 加速度的求法：  $a = \frac{\Delta s}{T^2} = \frac{s_2 - s_1}{T^2} = \frac{s_3 - s_2}{T^2} = \frac{s_4 - s_3}{T^2} = \dots$

在处理实验数据时，为了减少误差常使用逐差法，如下：

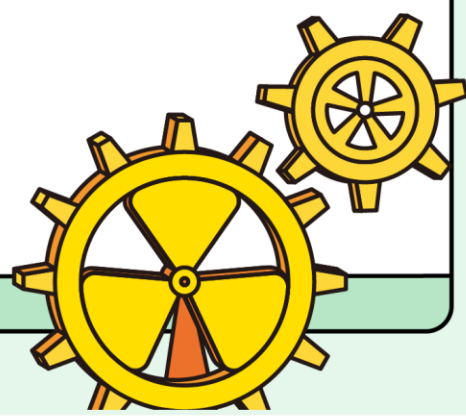
已知  $s_1$ 、 $s_2$ 、 $s_3$ 、 $s_4$ 、 $s_5$ 、 $s_6$  六段位移：  $\bar{a} = \frac{(s_4 + s_5 + s_6) - (s_1 + s_2 + s_3)}{3 \times 3T^2}$

已知  $s_1$ 、 $s_2$ 、 $s_3$ 、 $s_4$  四段位移：  $\bar{a} = \frac{s_3 + s_4 - (s_1 + s_2)}{2 \times 2T^2}$

已知  $s_1$ 、 $s_2$ 、 $s_3$ 、 $s_4$ 、 $s_5$  五段位移：  $\bar{a} = \frac{(s_4 + s_5) - (s_3 + s_2)}{2 \times 2T^2}$

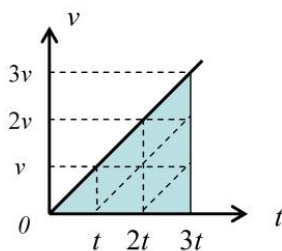
3. 瞬时速度的求法：  $v_1 = \frac{s_1 + s_2}{2T}$ ， $v_2 = \frac{s_2 + s_3}{2T}$ ， $v_3 = \frac{s_3 + s_4}{2T} \dots v_n = \frac{s_n + s_{n+1}}{2T}$

(各个量如上图所示，注意：第一个计数点记为 0)



### 知识点六、初速度为零的匀变速直线运动中的几个重要结论

利用下图能更好地理解记忆这几个推论：



1.  $1T$  末,  $2T$  末,  $3T$  末.....瞬时速度之比为:  $v_1 : v_2 : v_3 : \dots : v_n = \underline{1 : 2 : 3 : \dots : n}$

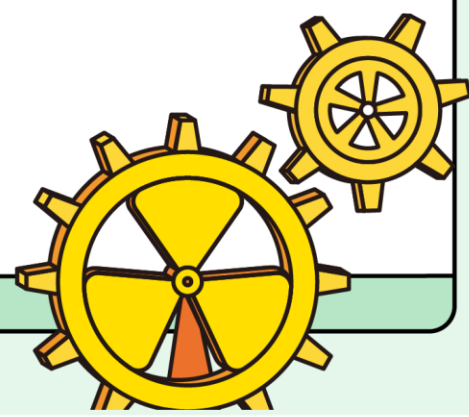
2.  $1T$  内,  $2T$  内,  $3T$  内.....位移之比为:  $s_1 : s_2 : s_3 : \dots : s_n = 1 : 2^2 : 3^2 : \dots : n^2$

3. 第一个  $T$  内, 第二个  $T$  内, ..., 第  $N$  个  $T$  内的位移之比为:

$$s_I : s_{II} : s_{III} : \dots : s_N = \underline{1 : 3 : 5 : \dots : (2n - 1)}$$

4. 通过连续相等的位移所用时间之比为:

$$t_1 : t_2 : t_3 = 1 : (\sqrt{2} - 1) : (\sqrt{3} - \sqrt{2}) : \dots : (\sqrt{n} - \sqrt{n-1})$$



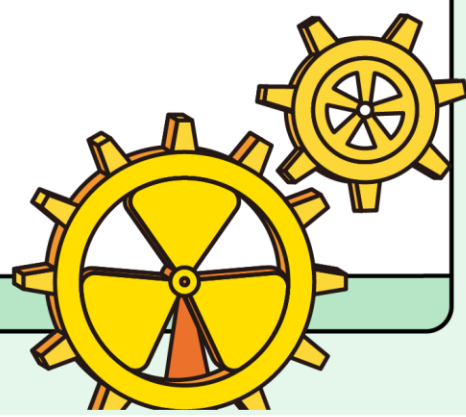
## 第二章 相互作用

### 知识点一、重力

- 1.重力是地球对物体的万有引力的一个分力。
- 2.重力的大小 ( $G=mg$ )
- 3.方向：竖直向下（不能说与支持面垂直）。
4. $g$  大小随物体所在的纬度及高度变化而变化。

### 知识点二、弹力

- 1.产生条件：
  - (1) 直接接触 (接触力);
  - (2) 发生弹性形变
- 2.弹簧弹力计算：胡克定律  $F=kx$ ,  $x$  是弹簧的形变量，不是总长。【通常只适合于在弹性限度内，有明显形变的弹簧、橡皮条等物体的弹力计算】。
- 3.弹力的方向（垂直于接触面或接触曲面的切面，由施力物体指向受力物体）
- 4.弹力存在与否的判断
  - (1) 产生条件
  - (2) 撤物法
  - (3) 状态法
  - (4) 假设法。
- 5.绳和杆的弹力的区别
  - (1) 绳只能产生拉力，不能产生支持力，且绳子弹力的方向一定沿着绳子收缩的方向。
  - (2) 杆既可以产生拉力，也可以产生支持力，弹力的方向可能沿着杆，也可能不沿杆。



### 知识点三、摩擦力

#### 1.产生条件:

- (1) 两个物体直接接触且相互挤压; (2) 接触面粗糙;
- (3) 发生相对运动或有相对运动的趋势。【注:“相对”指受力物体相对于接触面】

#### 2.方向: 总跟接触面相切, 并与物体相对运动或相对运动趋势的方向相反

#### 3.滑动摩擦力和静摩擦力都可以是阻力也可以是动力; 与物体运动方向可以相反也可以相同

#### 4.静摩擦力有无及方向的常用判断方法

(1) 用牛顿第二定律判断: 先判断物体的运动状态 (即加速度方向), 再利用牛顿第二定律 ( $F = ma$ ) 确定合力的方向, 然后受力分析判定静摩擦力的有无和方向。

(2) 用牛顿第三定律判断: “摩擦力总是成对出现的”, 先确定受力较少的物体受到的摩擦力方向, 再确定另一物体受到的摩擦力方向。

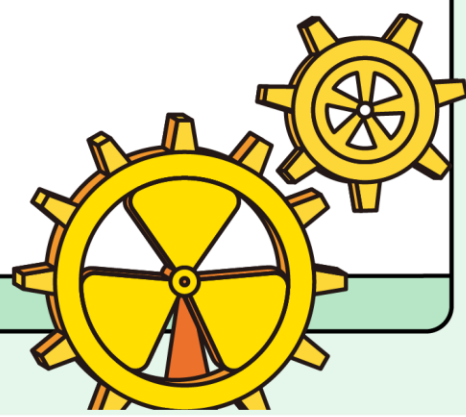
#### 5.摩擦力大小的计算

(1) 滑动摩擦力的计算方法:  $f = \mu F_N$ 。★ $F_N$  并不总是等于物体的重力, 而是接触面的正压力。

(2) 静摩擦力的计算方法: 一般应根据物体的运动情况 (静止、匀速运动或加速运动), 利用平衡条件或牛顿运动定律列方程求解。最大静摩擦力的大小与  $F_N$  成正比。

#### 6.摩擦力与弹力的依存关系

两物体间有摩擦力, 物体间一定有弹力, 两物体间有弹力, 物体间不一定有摩擦力。



#### 知识点四、受力分析顺序：重力→给定力→弹力→摩擦力

1.整体法和隔离法：当物理情景中涉及物体较多时，就要考虑采用整体法和隔离法。

(1) 整体法：研究外力对物体系统的作用，各物体运动状态相同。同时满足上述两个条件即可采用整体法，

(2) 隔离法：研究各物体间相互作用，各物体运动状态不相同。物体必须独立拿出来进行受力分析，列出方程。

2.假设法：

在未知某力是否存在时，可先对其作出存在或不存在的假设，然后再就该力存在与不存在对物体运动状态是否产生影响来判断该力是否存在。

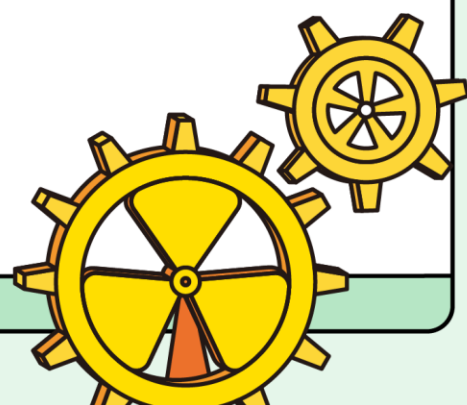
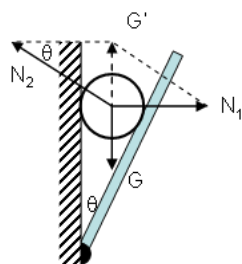
#### 知识点五、动态平衡状态问题

1.一般物体只受三个力作用，且其中第一个力大小、方向均不变，第二个力的方向不变，第三个力大小、方向均变化。

(1) 表达式法：往往在第一个力和第二个力方向始终垂直的时候使用更方便，如右图的重力和墙壁的支持力始终垂直，利用三角函数就能知道  $N_2$  的变化。

(2) 图解法：第一个力与第二个力方向不垂直时，一般用图解法，画平行四边形或三角形。

2.当第一个力与第二个力方向垂直时，第三个力（即大小方向都可变的分力）存在最小值。





## 第三章 牛顿运动定律

### 知识点一、牛顿第一定律（惯性定律）

1.运动状态的改变指运动速度发生变化，包括：

- (1) 仅速度大小改变；
- (2) 仅速度方向改变；
- (3) 速度大小方向都变化。这三种情况都产生加速度。

2.力是物体产生加速度的原因，也是使物体速度变化的原因（不是维持物体运动的原因，也不是产生运动的原因）

3.牛顿第一定律不能用实验验证。

4.惯性（不要把惯性与牛顿第一定律混淆）

- (1) 一切物体都具有惯性。惯性是物体的固有属性，与运动状态或是否受力无关。
- (2) 质量是惯性大小的唯一量度。惯性的大小意味着改变该物体运动状态的难易程度。

### 知识点二、牛顿第二定律（牛顿运动定律仅适用于惯性参考系和宏观低速运动的物体）

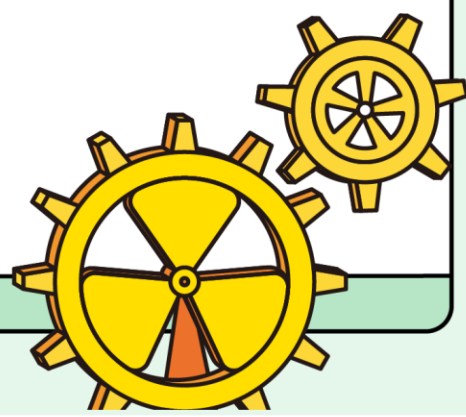
1.内容、表达式 ( $F_{\text{合}}=ma$ )

2.牛顿第二定律的应用

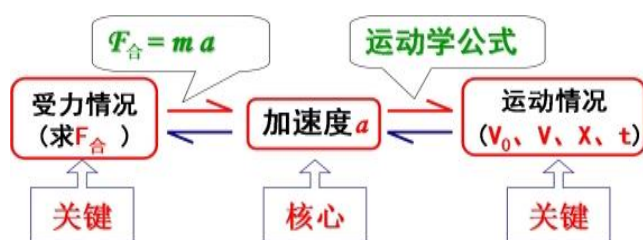
(1) 两类动力学问题：

- ① 已知受力情况，求运动情况。
- ② 已知运动情况，求受力情况。

核心：求  $a$ ——力和运动联系的桥梁



(2) 解题思路:



(3) 几种不受其他外力 (仅  $G$ 、 $N$ 、 $f$ ) 情况下的加速度:

①粗糙水平面 ( $a=\mu g$ ) ;

②光滑斜面 ( $a=g\sin\theta$ ) ;

③粗糙斜面 (上滑:  $a=g\sin\theta+\mu g\cos\theta$ , 减速; 下滑  $a=g\sin\theta-\mu g\cos\theta$ ,  $a$  大于 0 加速, 反之

减速) 沿粗糙斜面上滑的过程和下滑的过程不是对称的, 上滑过程加速度更大, 时间更短

### 知识点三、牛顿第三定律

1.内容: 两个物体之间的作用力与反作用力总是大小相等、方向相反, 作用在一条直线上。

2.一对作用力和反作用力(等值、反向、共线、异体、性质相同、同存)

一对平衡力 (等值、反向、共线、同体、性质不同, 没有依赖性)

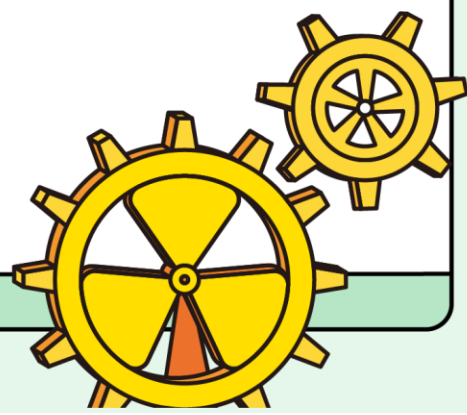
3.实例: 马拉车时, 马拉车的力等于车拉马的力, 两者是作用力与反作用力。在拔河比赛中, 双方受到的拉力大小相等 (但摩擦力不等); 甲对乙的拉力与乙对甲的拉力是相互作用力。但是, 绳对甲的拉力与绳对乙的拉力, 虽然大小相等方向相反作用在不同物体, 但涉及到第三个物体 (绳子), 故不是相互作用力。

★ A 对 B 施加的力, 反作用力必然是 B 对 A 施加的力, 不可能涉及到第三个物体。

### 知识点四、国际单位制中的力学单位

1.与力学有关的三个基本单位: 时间 ( $t$ )  $\sim$ s, 长度 ( $l$ )  $\sim$ m, 质量 ( $m$ )  $\sim$ kg

2.牛顿 (N) 是国际单位, 但它是导出单位, 不是基本单位。



### 知识点五、两种模型的瞬时加速度问题

1.刚性绳(或接触面): 没有特殊说明时, 对细线、轻杆和硬接触面, 剪断(或脱离)后, 弹力立即改变或消失。

★没有特殊说明时, 能突变的物理量还有: 摩擦力、加速度

2.弹簧(或橡皮绳): 没有特殊说明时, 弹簧或橡皮筋的弹力不突变。

★没有特殊说明时, 不能突变的物理量还有: 速度

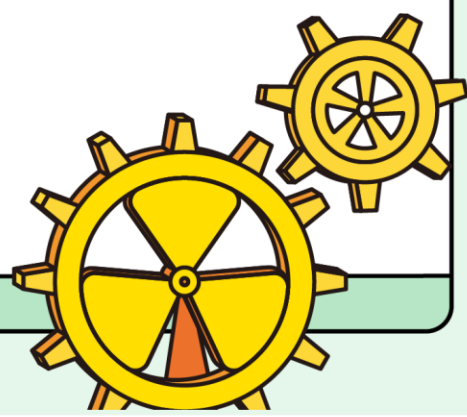
### 知识点六、传送带模型

传送带模型涉及到的问题较多, 这里不赘述。对各种情况, 注意看一看有没有转折点、突变点, 做好运动阶段的划分及相应动力学分析。

★受力分析时需要注意:

1.对水平传送带, 物体在匀变速阶段受滑动摩擦力, 是恒力; 共速之后不受摩擦力。

2.对倾斜传送带, 有相对运动时物体受滑动摩擦力, 共速时受静摩擦力。若传送带足够长, 物体也不一定能与传送带达到共速, 主要看  $mg\sin\theta$  与静摩擦力哪个大。



### 知识点七、超重和失重

1.实质：物体本身的重力（即实重）不变，只是拉力或压力大小发生变化

2.超重和失重仅取决于加速度的方向【与速度无关】

存在竖直向上的加速度，即  $a \uparrow$  时，超重；

存在竖直向下的加速度，即  $a \downarrow$  时，失重。

完全失重（ $a$  竖直向下并等于  $g$ ）此时，一切由重力产生的物理现象都会完全消失。

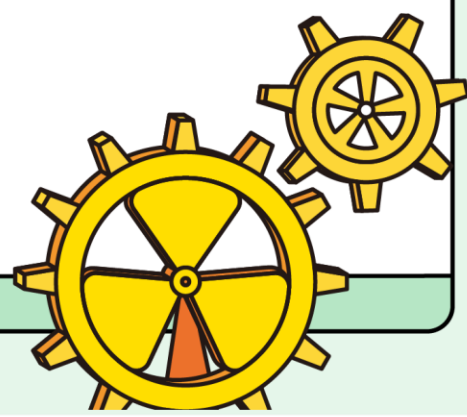
3.注意：

（1）无论超重还是失重，物体的重力并没有变化。

（2）由物体超重或失重，只能判断物体的加速度方向，不能确定其速度方向。

（3）物体超重或失重的多少是由发生超、失重现象的物体的质量和竖直方向的加速度共同

决定的，其大小等于  $ma$ 。（物体在静止斜面上变速运动的问题）



## 第四章 曲线运动

### 知识点一、曲线运动

#### 1. 曲线运动的速度特点：

- (1) 某点即时速度的方向一定在这一点轨迹曲线的切线方向上，且不断改变；
- (2) 任何一个曲线运动都是变速运动。
- (3) 无论速度大小是否变化，质点在运动中都具有加速度，所受合外力不为 0。

#### 2. 物体做曲线运动的条件

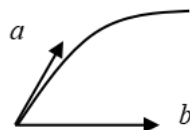
质点一定受到合外力的作用，且合外力（或加速度）的方向一定与质点运动方向不在一条直线上。

合外力可以是恒力也可以是变力。

#### 3. 曲线运动中 $F_{\text{合}}$ 与轨迹的关系

轨迹在  $F_{\text{合}}$  与  $v$  之间，曲线逐渐远离、弯向  $F_{\text{合}}$  的方向。

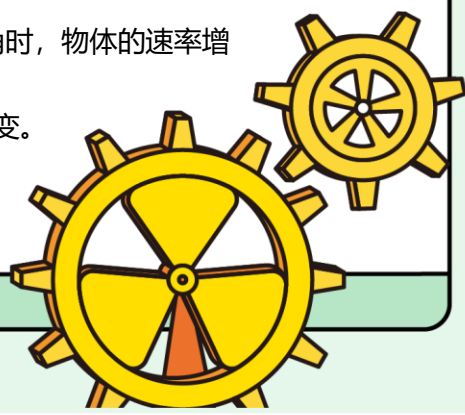
如图，根据轨迹的弯曲方向可知， $a$  为速度方向， $b$  为  $F_{\text{合}}$  方向。



### 知识点二、运动的合成与分解

#### 1. 合运动的性质与轨迹

- (1) 判断合运动是匀速运动还是变速运动：看合外力是否为零。
- (2) 判断合运动是匀变速运动还是非匀变速运动：看合外力是否恒定。
- (3) 判断合运动是直线还是曲线：看合外力（或合加速度）与合速度的方向是否共线。
- (4) 判断合运动是加速还是减速：当合力方向与速度方向的夹角为锐角时，物体的速率增大。夹角为钝角时，物体的速率减小。两者方向垂直时，物体的速率不变。



## 2. 两个直线运动的合成

★先把两个分运动的速度合成  $v_{\text{合}}$ ，再把两个分运动的加速度合成  $a_{\text{合}}$ ，然后根据  $v_{\text{合}}$  与  $a_{\text{合}}$  的大小方向判断合运动的性质。一般有以下规律：

(1) 两个匀速直线运动的合运动是匀速直线运动

(2) 匀速直线运动和匀变速直线运动的合运动：当两个分运动的速度方向共线时为**匀变速**直线运动，不共线时为**匀变速**曲线运动

(3) 两个匀变速直线运动的合成

①两个初速度为零的匀变速直线运动的合成，一定是匀变速直线运动

② $v_{\text{合}}$  方向与  $a_{\text{合}}$  方向在同一条直线上时，物体做直线运动，此时  $\frac{v_{01}}{v_{02}} = \frac{a_1}{a_2}$

③ $v_{\text{合}}$  方向与  $a_{\text{合}}$  方向不在同一条直线上时，物体做曲线运动。

★【小结】两个互成角度的直线运动的合运动可以是直线运动，也可以是曲线运动。

## 3. 关联速度问题

(1) 应将物体的实际运动（合运动）进行分解；

(2) 合速度一般分解为沿绳子方向（使绳或杆伸缩）和垂直绳子方向（使绳或杆转动）两个分速度。

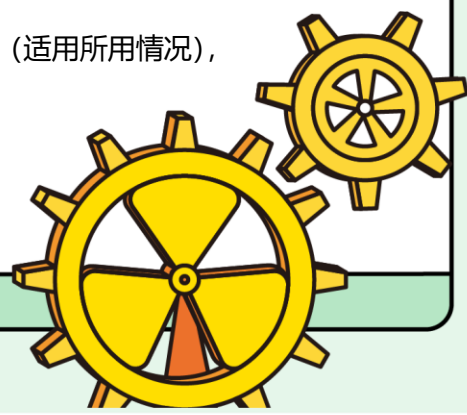
★绳子两端连着的两个物体沿绳或杆方向的分速度  $v$  大小相同。

## 4. 小船渡河问题

船渡河时，船的实际运动可以分解成：随水以  $v_{\text{水}}$  漂流的运动+以  $v_{\text{船}}$  相对于静水的划行运动。也可分解为垂直河岸方向的分运动+平行河岸方向的分运动。

当船头朝向与河岸夹角为  $\theta$  时，船的过河时间为  $t = \frac{d}{v_1} = \frac{d}{v_{\text{船}} \sin \theta}$ （适用所用情况），

渡河时间取决于  $v_{\text{船}}$  垂直于河岸方向的分速度，与河水的速度无关。



### (1) 渡河时间最短问题

$\theta=90^\circ$ 时, 即船头垂直对岸行驶时, 渡河时间最短, 且最短时间为:  $t_{\min} = \frac{d}{v_{\text{船}}}$

### (2) 渡河位移最短问题

若  $v_{\text{船}} > v_{\text{水}}$ : 当  $v_{\text{合}}$  垂直河岸, 合位移最短等于河宽  $d$

若  $v_{\text{船}} < v_{\text{水}}$ , 当  $v_{\text{合}} \perp v_{\text{船}}$ , 合位移最短, 且为:  $s = \frac{dv_{\text{水}}}{v_{\text{船}}}$  (不展开讨论)

## 知识点三、竖直下抛运动

(1) 特点:  $v_0 \neq 0$  且方向竖直向下;  $F_{\text{合}} = G$  ( $a = g$ )。

(2) 性质: 初速度竖直向下, 加速度为  $g$  的匀加速直线运动.

(3) 公式:  $v_t = v_0 + gt$ ,  $s = v_0 t + \frac{1}{2}gt^2$ ,  $v_t^2 - v_0^2 = 2gs$

## 知识点四、竖直上抛运动

1. 特点:  $v_0 \neq 0$  且方向竖直向上;  $F_{\text{合}} = -G$  ( $a = -g$ ) 取向上为正方向

2. 性质: 初速度竖直向上, 加速度为  $-g$  的匀变速直线运动.

3. 处理方法:

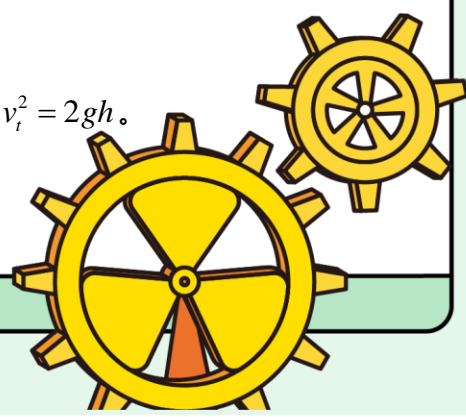
(1) 分步处理:

① 上升过程: 匀减速直线运动, 取向上为正方向:

公式:  $v_t = v_0 - gt$ ,  $s = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2$ ,  $v_t^2 - v_0^2 = -2gs$

上升到最高点的时间:  $t_{\text{上}} = \frac{v_0}{g}$ ; 上升最高高度:  $H = \frac{v_0^2}{2g}$

② 下降过程是自由落体运动 (向下为正): 公式:  $v_t = gt$ ,  $h = \frac{1}{2}gt^2$ ,  $v_t^2 = 2gh$ 。



落回到出发点时间:  $t_{\text{下}} = \frac{v_t}{g} = \frac{-v_0}{g}$ ; 落回到出发点时间速度:  $v_t = -v_0$

(2) 整体处理: 从全过程看, 竖直上抛运动是一种加速度恒为重力加速度  $g$  的匀变速直线

运动, 取  $v_0$  为正方向,  $a = -g$ . 公式:  $v_t = v_0 - gt$ ,  $s = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2$ ,  $v_t^2 - v_0^2 = -2gs$

【注意】:

①  $s$  为正, 表示质点在抛出点的上方,  $s$  为负表示在抛出点的下方

②  $v$  为正, 表示质点向上运动,  $v$  为负表示质点向下运动.

★不求时间时, 用动能定理或机械能守恒求解速度或高度更快捷。

### 知识点五、平抛物体运动

1. 定义: 将物体用一定的初速度沿水平方向抛出, 仅在重力作用下物体所做的运动叫做平抛运动。

2. 性质: 匀变速曲线运动,  $a = g$

3. 平抛运动的规律:

(1) 水平方向的分运动: 匀速直线运动;

分速度:  $v_x = v_0$  分位移:  $x = v_0 t$

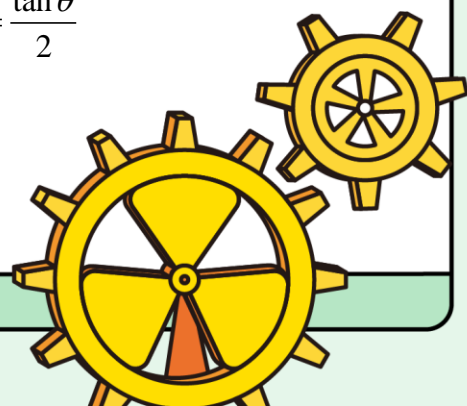
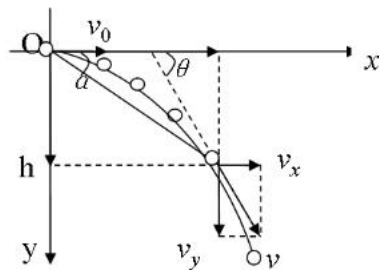
(2) 竖直方向的分运动: 自由落体运动;

分速度:  $v_y = gt$  分位移:  $y = \frac{1}{2}gt^2$

(3) 合速度大小:  $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$  合速度与水平方向夹角:  $\tan \theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{gt}{v_0}$

合位移大小:  $s = \sqrt{x^2 + y^2}$  合位移与水平方向夹角:  $\tan \alpha = \frac{y}{x} = \frac{gt}{2v_0} = \frac{\tan \theta}{2}$

★合速度的方向与合位移的方向不相同。





## 知识点六、匀速圆周运动

1. 物理学量及其单位:  $v(\text{m/s})$ ,  $\omega(\text{rad/s})$ ,  $n(\text{r/s})$ ,  $T(\text{s})$ ,  $a_{\text{向}}(\text{m/s}^2)$

2. 各物理量间关系:  $v = \frac{l}{t}$ ,  $\omega = \frac{\theta}{t}$ ,  $n = \frac{\text{圈数}}{\text{时间}}$ ,  $v = \frac{2\pi r}{T}$ ,  $v = r\omega$ ,  $n = \frac{1}{T}$

3. 向心力:  $F_{\text{向}} = ma_{\text{向}} = \frac{mv^2}{r} = m\omega^2 r = m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r$ ; 方向与速度垂直, 指向圆心。是变

力。

来源: 重力、弹力、摩擦力或几个力的合力, 或某一个力的分力。

注意: 向心力不是一个独立的力, 受力分析时不能认为物体除了重力等力以外, 还“受到向心力”。

4. 向心加速度:  $a_{\text{向}} = \frac{F_{\text{向}}}{m} = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r$ ; 方向与速度垂直, 指向圆心。物理意

义: 描述速度方向变化快慢的物理量。

5. 同轴转动问题: 做同轴转动的物体相对位置保持不变, 角速度和周期、转速相等。

6. 皮带、齿轮传动问题: 在皮带传动, 链条传动、齿轮传动的过程中, 皮带上(链条)上各点以及两轮**边缘**上各点的线速度大小相等。

7. 用绳系着小球在竖直平面内做变速圆周运动

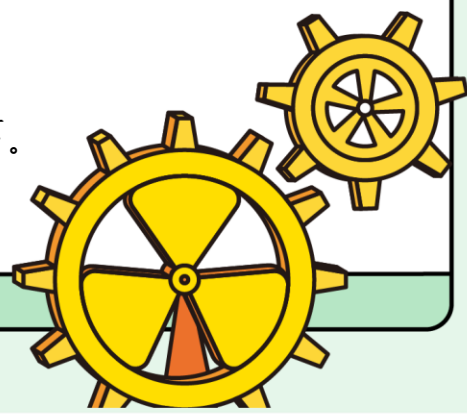
(1) 最高点:  $mg + T = m\frac{v^2}{L}$ , 过最高点的最小速度:  $T = 0$ ,  $mg = m\frac{v_0^2}{L}$ , 得  $v_0 = \sqrt{gL}$

当  $v > v_0$  时,  $T = m\frac{v^2}{L} - mg$ , 当  $v < v_0$  时, 绳子松弛,  $T = 0$  物体离开圆周做曲线运动。

(2) 在最低点:  $T - mg = m\frac{v^2}{L}$

8. 关于轻杆作用下的圆周运动: 只研究最高点

(1) 物体不受到杆的作用力的条件是:  $mg = \frac{mv^2}{r}$ ,  $F = 0$ ,  $v = \sqrt{gr}$ 。



(2) 当  $v \geq \sqrt{gr}$  时, 杆对物体的作用力  $F = m\frac{v^2}{r} - mg$  为拉力, 方向向下。

(3) 当  $0 \leq v \leq \sqrt{gr}$  时, 杆对物体的作用力  $F$  为支持力, 方向向上,  $F = mg - m\frac{v^2}{r}$ 。

(4) 最高点速度的最小值为  $v=0$ , 此时杆对物体的作用力  $F=mg$ 。

### 知识点七、离心现象

1. 判断物体是否做离心运动的步骤:

(1) 对物体受力分析, 求出能够提供的合力  $F_{\text{合}}$ ;

(2) 根据物体的运动, 求出物体做圆周运动所需要的向心力  $F_{\text{向}} = \frac{mv^2}{r} = m\omega^2 r$ ;

(3) 比较  $F_{\text{合}}$  与  $F_{\text{向}}$  的大小, 确定物体的运动情况, 如下:

① 当  $F_{\text{合}} = F_{\text{向}}$  时  $\rightarrow$  匀速圆周运动;

② 当  $F_{\text{合}} = 0$  时  $\rightarrow$  匀速直线运动;

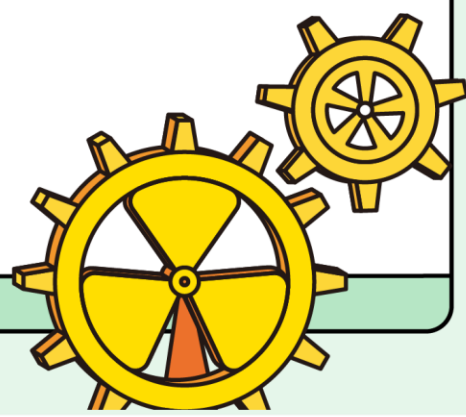
③ 当  $F_{\text{合}} < F_{\text{向}}$  时  $\rightarrow$  逐渐远离圆心的运动;

④ 当  $F_{\text{合}} > F_{\text{向}}$  时  $\rightarrow$  逐渐靠近圆心的运动

2. 要使原来做匀速圆周运动的物体做离心运动

(1) 提高转速, 使所需的向心力大于能提供的向心力;

(2) 减小或消失合外力



## 第五章 万有引力定律及其应用

### 知识点一、行星运动三大定律（开普勒）

1.开普勒第一定律（轨道定律）：所有的行星围绕太阳运动的轨道都是椭圆，太阳处在所有椭圆的一个焦点上。

2.开普勒第二定律（面积定律）：对于每一个行星而言，太阳和行星的连线在相等的时间内扫过的面积相等。

3.开普勒第三定律（周期定律  $\frac{R^3}{T^2} = k$ ）：所有行星轨道的半长轴的三次方跟公转周期的二次方的比值都相等。

### 知识点二、万有引力定律

1.公式：  $F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$  （万有引力具有相互性）

2.适用条件：

(1) 两个质点之间

(2) 两个质量分布均匀球体之间

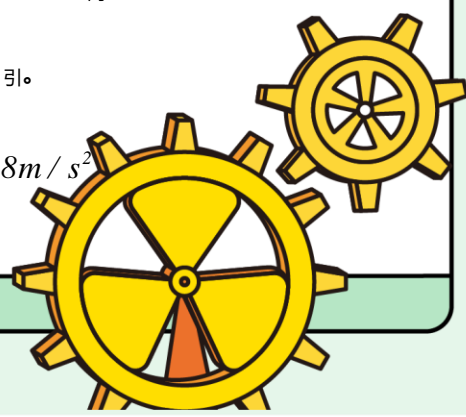
(3) 质点和均匀球体之间。公式中的  $R$  为质点间的距离。对于质量分布均匀的球体，可把它看做是质量集中在球心的一个点上。

### 知识点三、三种物体受力情况分析

1.对地面上的物体：受到  $F_{\text{引}}$  及其它力，其中  $F_{\text{引}}$  可分解成：  $F_1 = G \approx F_{\text{引}}$ ，  $F_2 = F_{\text{向}}$ 。

★物体随地球自转所需的  $F_{\text{向}}$  非常小，远小于万有引力和重力，而  $G \approx F_{\text{引}}$ 。

公式：  $mg = G \frac{Mm}{R^2}$  （可得到黄金代换式  $GM = gR^2$ ），  $g = G \frac{M}{R^2} \approx 9.8 \text{ m/s}^2$



2.做匀速圆周运动（稳定运行）的卫星：仅受一个力即是万有引力  $F_{引}$ 。这时卫星的重力和万有引力是同一个力，这个力提供卫星运行所需的向心力。

公式：因为是匀速圆周运动，我们所学的匀速圆周运动公式全部适用。

$G \frac{Mm}{r^2} = mg_{空} = ma_{向} = \begin{cases} m \frac{v^2}{r} \\ m\omega^2 r \\ m \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2 r \end{cases}$	<p>★1、由左边公式可得：r 越大：（1）v 越小；（2）<math>\omega</math> 越小；（3）<math>a_{向}</math> 越小；（4）T 越大；上述物理量与卫星的质量无关。</p> <p>2、各卫星 m 与 <math>F_{引}</math> 不同，无法比较；</p> <p>3、结论仅适用于匀速圆周运动的卫星</p>
--	--

#### 知识点四、估算天体的质量和密度，需要知道哪些物理量

- 1.只要知道天体表面的重力加速度  $g$  和天体半径  $R$  即可利用  $GM = gR^2$  求解  $M$  和  $\rho$ 。
- 2.观察某圆轨运行的卫星，只要知道  $T$ 、 $r$ 、 $v$ 、 $\omega$ 、 $a_{向}$  其中两个即可求解  $M$ ，若要求  $\rho$  还需要  $R$ 。
- 3.观察天体的近地卫星，同时需要知道两个物理量才可求解  $M$ ，但是，由于  $R=r$  在求  $\rho$  时可约去，只要能得到  $T$  即可求出  $\rho$ 。（ $\rho = \frac{3\pi}{GT_{近}^2}$ ）

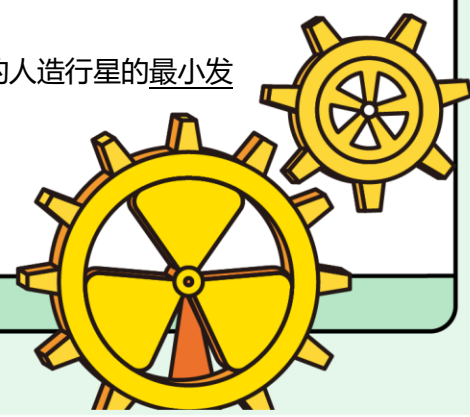
#### 知识点五、宇宙速度

- 1.第一宇宙速度：近地卫星(轨道半径可视为地球半径)的运行速度和发射速度，所有绕地做圆周运动的卫星运行速度不可能大于第一宇宙速度，发射速度不可能小于第一宇宙速度。

推算方法：  $mg = m \frac{v^2}{R} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$  或由

$$G \frac{Mm}{R^2} = m \frac{v^2}{R} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{GM}{R}} = \sqrt{gR} = 7.9 \text{ km/s}$$

- 2.第二宇宙速度：11.2km/s，是使物体挣脱地球束缚，成为绕太阳运行的人造行星的最小发射速度，也称为“脱离速度”。



3.第三宇宙速度：16.7km/s，使物体挣脱太阳束缚的最小发射速度，也称“逃逸速度”。

### 知识点六、卫星发射及变轨

1.前提：卫星对于不同轨道上稳定运行的圆周运动的卫星，轨道半径越大：

(1)  $v$  越小；(2)  $\omega$  越小；(3)  $T$  越大；(4)  $a_{向}$  越小；

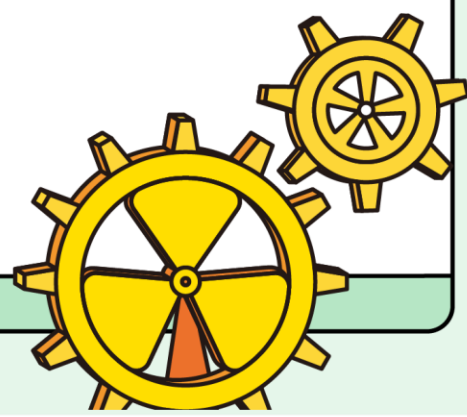
上述物理量与卫星的质量无关。

2.同步卫星（定点通讯卫星），五项确定：

- (1) 定轨道平面（轨道平面必与赤道平面重合）
- (2) 定方向（自西向东运行）
- (3) 定周期（与地球自转周期相同， $T=24$  小时）
- (4) 定高度（ $h=3.6\times 10^4\text{km}$ ）
- (5) 定线速度（约为 3.08km/s）

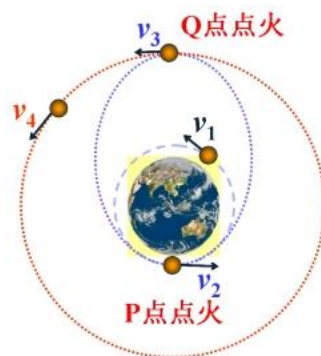
3.卫星在发射时加速升高和返回减速的过程中，均发生超重现象，进入圆周运动轨道后，发生完全失重现象，一切在地面依靠重力才能完成的实验都无法做。★完全失重只是视重为 0，卫星的实际重力不变，和万有引力是同一个力。

4.卫星轨道：(1) 所有卫星绕地球运动轨道的圆心一定在地心；(2) 一般卫星的轨道平面可以跟赤道平面重合，也可以跟赤道平面垂直，甚至可以成任意角度。(3) 但同步卫星的轨道一定在赤道平面内



### 5. 卫星变轨：以发射同步卫星为例

- (1) 先进入一个近地的圆轨道 ( $v_1$ )
- (2) 然后在 P 点点火加速 (速度为  $v_2$ )，进入椭圆形转移轨道。
- (3) 到达远地点 Q 时 (速度为  $v_3$ ) 再次自动点火加速，(加速后速度为  $v_4$ )，进入同步轨道。如图： $v_2 > v_1 > v_4 > v_3$



### 知识点七、卫星的离心和近星运动

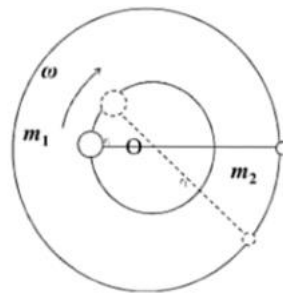
1.  $F_{引} = F_{需}$ ：稳定运行；
2.  $F_{引} > F_{需}$ ：近心运动 (如速度突然减少)；
3.  $F_{引} < F_{需}$ ：离心运动 (如速度突然增加)。

### 知识点八、双星

“双星”问题： 两颗质量可以相比的恒星相互绕着两星连线中某个点旋转的现象，叫双星。

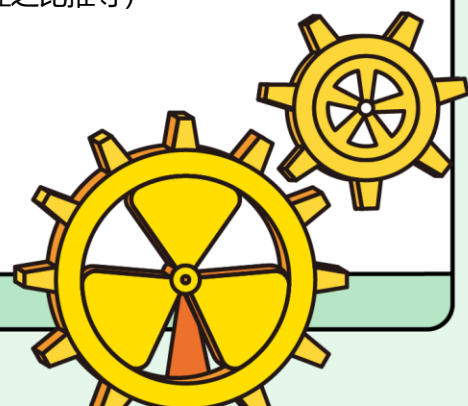
1. 利用好下面三个规律，解所有“双星”问题：

- (1) 周期、角速度相同： $T_1 = T_2$ 、 $\omega_1 = \omega_2$
- (2) 向心力相同  $\frac{Gm_1m_2}{L^2} = m_1\omega_1^2r_1 = m_2\omega_2^2r_2$
- (3) 转动半径与距离的关系。 $r_1 + r_2 = L$



2. 两个重要结论：

- (1) 轨道半径越大，质量越小： $\frac{r_1}{r_2} = \frac{m_2}{m_1}$  (由向心力相同推导)
- (2) 质量越小，线速度越大： $\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1}$  (得用角速度相同，由上面半径之比推导)



## 第六章 功和能

### 知识点一、功

1. 做功的两个必要因素：①作用在物体上的力；②物体在力的方向上移动的位移。功是标量。

(1) 恒力功求法：  $W = Fs \cos \alpha$  。

(2) 变力功求法 1：  $W = Pt$  ( $P$  一定时)；求法 2：利用功能关系（动能定理）。

2. 正功、负功取决于公式中力与运动方向的夹角  $\alpha$ ：

当  $0 \leq \alpha < \frac{\pi}{2}$  时，力对物体做正功，该力一定是动力；当  $\frac{\pi}{2} < \alpha \leq \pi$  时，力对物体做负功，

该力一定是阻力；当  $\alpha = \frac{\pi}{2}$  时，力对物体不做功，该力一定垂直物体运动方向。

### 知识点二、功率

#### 1. 基础理解

(1) 功率描述做功和快慢。定义式：  $P = \frac{W}{t}$  。此式常用来计算平均功率。

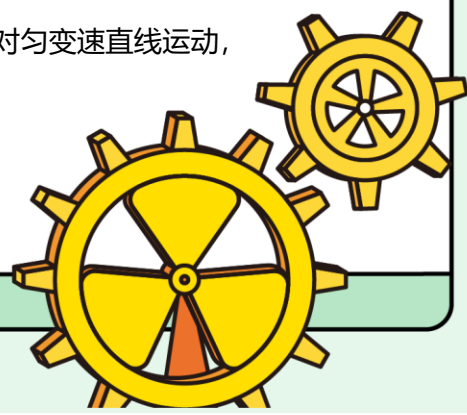
(2) 功率是标量，单位是瓦特，  $1\text{W} = 1\text{J/s}$

(3) 额定功率：是指机械正常工作时，允许达到的最大功率，也就是机器铭牌上的标称值。

( $P_{\text{实}} \leq P_{\text{额}}$ )

(4) 我们经常说某台机器的功率，或某物体做功的功率，实际上是指某个力对物体做功的功率。如：汽车的功率就是汽车牵引力的功率；起重机吊起货物的功率就是钢绳拉力的功率。

(5) 功率与速度的关系：  $P = Fv \cos \alpha$  。此式常用来计算瞬时功率。对匀变速直线运动，平均速度易得，此式也可用来计算平均功率，对应的  $v$  为平均速度。



2. 解决汽车的两种启动问题关键:

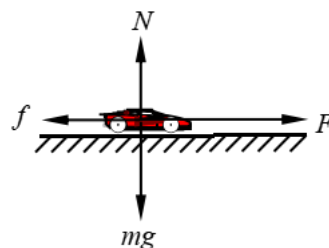
(1) 正确分析物理过程。

(2) 抓住两个基本公式:

① 功率公式:  $P = Fv$  (在此  $\cos \alpha = 1$ ), 其中  $P$  是汽车的

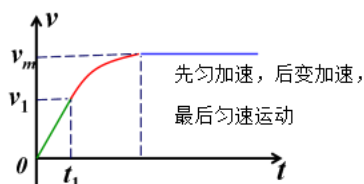
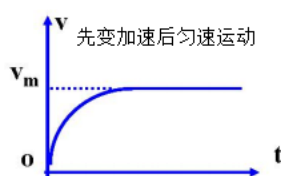
功率,  $F$  是汽车的牵引力,  $v$  是汽车的速度。

② 牛顿第二定律:  $F - f = ma$ , 如图所示。



(3) 正确分析启动过程中  $P$ 、 $F$ 、 $f$ 、 $v$ 、 $a$  的变化抓住不变量、变化量及变化关系。

(4) 汽车两种启动模式下的运动图象 (左: 以恒定功率启动; 右: 恒定加速度启动)



(5) 无论哪种启动方式, 最后  $v_{\max} = \frac{P_{\text{额}}}{f}$ ,  $F = f$

3. 恒定  $a$  启动时, 求匀加速过程的时间  $t_1$ 、末速度  $v_1$  和最大速度  $v_m$  (如上面右图所示):

$$\textcircled{1} P_{\text{额}} = Fv_1 \Rightarrow v_1; \textcircled{2} v_1 = at_1 \Rightarrow t_1; \textcircled{3} v_m = \frac{P_{\text{额}}}{f}$$

4. 恒定  $P_{\text{额}}$  启动: 动能定理表达式  $P_{\text{额}}t - fs = \frac{1}{2}mv_{\max}^2 - 0$

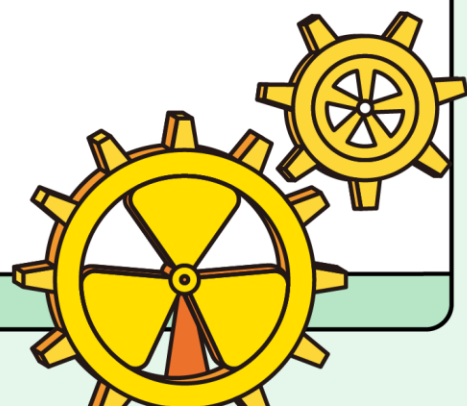
### 知识点三、动能和势能

1. 动能表达式:  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 。动能是标量和状态量, 没有负值, 大小和参考系有关。

2. 重力势能表达式:  $E_p = mgh$ , 重力势能是标量, 它的大小与参考平面选取有关。

3. 重力势能的变化量  $\Delta E_p$  是绝对的, 与参考平面的选取无关

4. 重力做功的特点: 只与始末位置的高度差有关, 与路径无关。





5.重力做功与重力势能变化量的关系:  $W_G = E_{p1} - E_{p2} = -\Delta E_p$  (功是能量转化的量度)

6.重力势能的变化, 只和重力做功有关, 和其它力做功无关。

7.重力势能的系统性指一个物体的重力势能是物体和地球所组成的系统所共有的。

8.弹簧弹力做功与弹簧的弹性势能关系:  $W_{\text{弹}} = E_{p1} - E_{p2} = -\Delta E_p$  (功是能量转化的量度)

#### 知识点四、动能定理

1.内容: 所有力在一个过程中对物体所做的总功, 等于物体在这个过程中动能的变化, 即:

$W_{\text{总}} = E_{k2} - E_{k1}$ , 或  $W_{\text{动}} - W_{\text{阻}} = \Delta E_k$  ( $W_{\text{阻}}$ 为克服阻力所做的功)

2.定理表明: 外力对物体做了多少功就有多少其他形式的能量转化为动能

#### 知识点五、机械能守恒定律

1.守恒条件: 单个物体——只有重力做功; 含弹簧的系统——只有重力或弹簧弹力做功。

【注意 1】应用机械能守恒定律, 只考虑能量的转化, 不要考虑物体所受外力做功的情况。

【注意 2】只有弹簧弹力做功时, 系统一定要包括弹簧在内, 机械能才守恒。

2.表达式:  $E_1 = E_2$  ( $mgh_2 + \frac{1}{2}mv_2^2 = mgh_1 + \frac{1}{2}mv_1^2$ ), 或  $\Delta E_{\text{增}} = \Delta E_{\text{减}}$

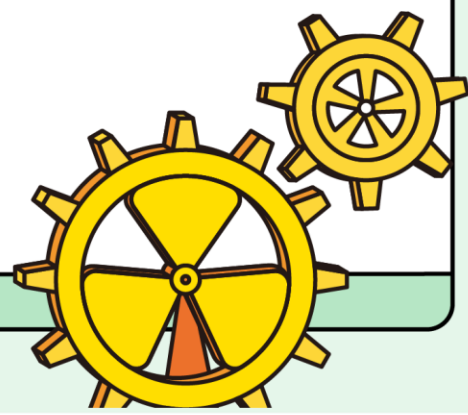
3.功和能的关系

重力的功=重力势能的变化 ( $W_G = -\Delta E_{p\text{重}}$ ),

弹力的功=弹性势能的变化 ( $W_{\text{弹}} = -\Delta E_{p\text{弹}}$ )

合外力的功=动能的变化 ( $W_{\text{总}} = \Delta E_k$ ) (注意: 合外力包括重力和弹力)

除重力 (和弹簧弹力) 之外的外力的功=机械能的变化 ( $W_{\text{其他}} = \Delta E_{\text{机}}$ )



# 第七章 电场

## 知识点一、电场基本规律

1.元电荷：最小的带电单元（不能认为是某个具体电荷），自然界任何物体的带电荷量都是元电荷（ $e=1.6\times 10^{-19}\text{C}$ ）的整数倍（ $Q=ne$ ），电子、质子的电荷量都等于元电荷，但电性不同，前者为负，后者为正。

2.库伦定律：

(1) 表达式：  $F = \frac{kQ_1Q_2}{r^2}$      $k=9.0\times 10^9\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$ ——静电力常量

(2) 适用条件：真空中静止的点电荷。

(3) 满足牛顿第二定律。

3.三个自由电荷组成的系统处于平衡状态

(1) 先根据上述四点结论大概确定 C 的位置；

(2) 对 C 进行受力分析，列平衡方程，求出 C 距 A 或 B 的距离；

(3) 对 A 或 B 列受力平衡方程，求 C 的电量

结论：三点共线、近小远大、两同夹异、两大夹小

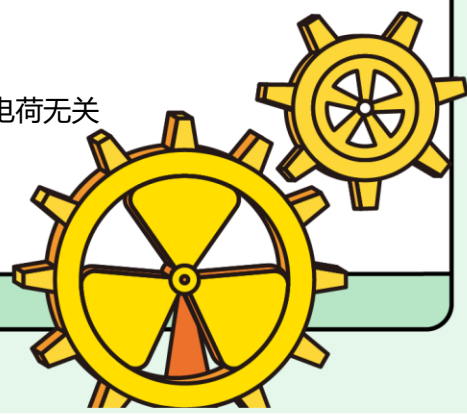
## 知识点二、电场力的性质

1.电场强度  $E$ ：

(1) 公式：

①定义式：  $E = \frac{F}{q}$ ，适用于各种电场。

②  $E = \frac{kQ}{r^2}$ ——决定式，适用点电荷产生的电场， $Q$  场源电荷，与试探电荷无关



③  $E = \frac{U}{d}$  ——适用于匀强电场,  $d$  沿电场方向距离

(2) 单位:  $N/C$ ,  $V/m$   $1N/C=1V/m$

(3)  $E$  是电场本身性质,  $E$  由  $F$ 、 $q$  决定 $\times$ ;  $F$  由  $E$ 、 $q$  决定 $\checkmark$

(4) 电场强度是矢量: **规定与正电荷受力方向相同**, 负电荷受力与  $E$  的方向相反。(判断电场强度是否相同时一定看方向是否相同)

(5) 场强的叠加: 如果空间存在多个电场, 则某点的场强由所有电场叠加, 且遵循平行四边形法则.

## 2. 电场线:

(1) 方向为从正电荷 (或无穷远) 出发, 终止于负电荷 (或无穷远)。各点的切线方向反映场强的方向, 疏密程度反映场强的大小。

(2) 电场方向是电势降低的方向。但电势降低的方向不一定是电场的方向, 降低最快的方向才是电场的方向。

(3) 一条电场线无法判断场强大小, 可以判断电势高低。

(4) 电场线垂直于等势面, 静电平衡的导体, 电场线垂直于导体表面

## 3. 电势 $\varphi$ :

(1)  $\varphi = \frac{E_p}{q}$  ——单位: 伏 (V) ——带正负号计算

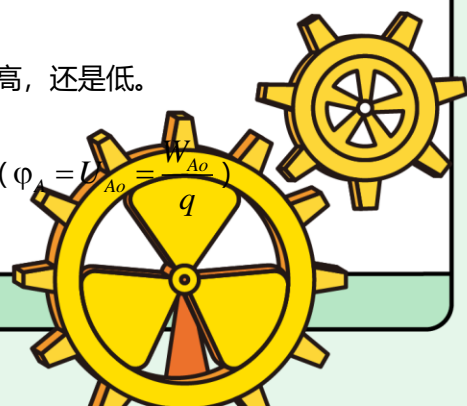
(2) 某点的电势等于该点到零势面的电势差。

(3) 特点:

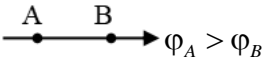
①电势的大小由电场本身和零势面位置决定, 与  $E_p$  和  $q$  无关。但电势之差与零势面参考点的选择无关。

②电势是一个标量, 但是它有正负, 正负只表示该点电势比参考点电势高, 还是低。

③电势在数值上等于单位正电荷由该点移动到零势点时电场力所做的功 ( $\varphi_A = \frac{W_{A0}}{q} = \frac{W_{A0}}{1C}$ )



#### (4) 电势高低的判断方法

①根据电场线判断：沿着电场线方向电势降低。 

②根据电势能判断：  $E_p = q\varphi$  (计算时要带正、负号)

正电荷：电势能大，电势高；电势能小，电势低。

负电荷：电势能大，电势低；电势能小，电势高。

结论：只在电场力作用下，静止的电荷从电势能高的地方向电势能低的地方运动。(依据：

电场力做正功，电势能减少)

### 知识点三、电场能的性质

1.电势能  $E_p$ ：(1)  $E_p = q\varphi$  (或  $E_{pA} = W_{AO}$ ，O 点为零势面) ——带正负号计算

电势能的减少量等于电场力所做的功

2.电势差  $U_{AB}$

(1)  $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$ ，普适。单位：伏 (V)，标量。

(2)  $U = Ed$ ，适用于匀强电场——电势差与电场强度之间的关系。

(3)  $U$  是电场本身性质。 $U$  由  $W$ 、 $q$  决定 $\times$ ； $W$  由  $U$ 、 $q$  决定 $\checkmark$

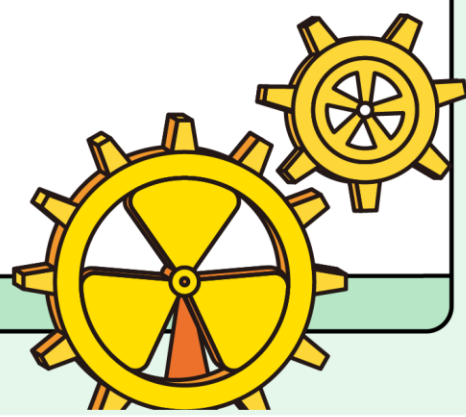
3.电场力做功  $W_{AB}$ ：

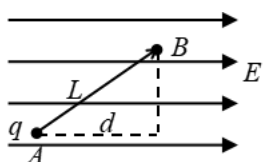
(1) 电场力做功的特点：电场力做功与路径无关，只与初末位置有关，即与初末位置的

电势差有关。

(2) 表达式： $W_{AB} = U_{AB}q$ ，带正负号计算 (适用于任何电场，知道始末位置的  $U$ ，可求

电场力做功)





$$W_{AB} = EqL \cos \theta = Eqd \quad (\text{匀强电场})$$

(3) 电场力做功与电势能的关系：  $W_{AB} = E_{PA} - E_{PB}$

结论：电场力做正功，电势能减少

电场力做负功，电势能增加

4.等势面：

(1) 定义：电势相等的点构成的面。

(2) 特点：

①等势面上各点电势相等，在等势面上移动电荷，电场力不做功。

②等势面与电场线垂直

③画等势面时，相邻等势面间的电势差相等。

④等势面的密集程度表示场强的大小：疏弱密强。

(3) 判断非匀强电场线上两点间的电势差的大小：靠近场源（场强大）的两点间的电势差大于远离场源（场强小）相等距离两点间的电势差。

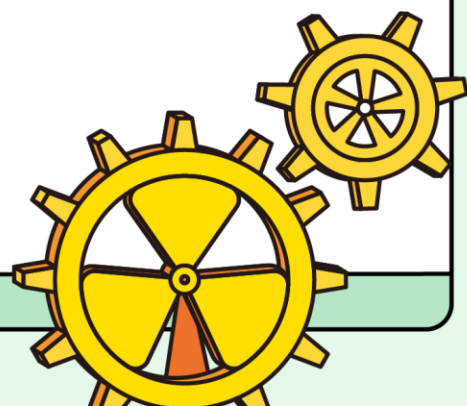
#### 知识点四、电容器及其应用

1、电容理解

(1) 定义式：  $C = \frac{Q}{U}$  ——是定义式。

$$C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d} \text{ ——是电容的决定式（适用于平行板电容器）}$$

(2) 单位：法拉  $F$ ，微法  $\mu F$ ，皮法  $pF$      $1pF = 10^{-6}\mu F = 10^{-12}F$

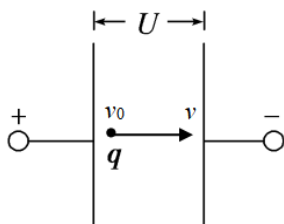


### 知识点五、应用——带电粒子在电场中的运动（平衡问题，加速问题，偏转问题）

1. 加速问题：初速度  $v_0 = 0$ ，运动方向与电场线平行。

(1) 动力学角度：只受电场力  $Eq$ （不计重力），粒子的加速度为

$$a = \frac{F}{m} = \frac{Eq}{m}, \quad d = \frac{1}{2}at^2, \quad \text{则 } v = at = \sqrt{\frac{2Eqd}{m}} = \sqrt{\frac{2Uq}{m}}$$



(2) 由动能定理,  $Uq = \frac{1}{2}mv^2 - 0$ ,  $v = \sqrt{\frac{2Uq}{m}}$

(注意：如果  $v_0 \neq 0$ ，则  $Uq = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$ )

★若两极板间是非匀强电场,  $Uq = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$  仍然适用。

### 2 偏转问题——类平抛运动

解决两类问题：①怎样出去：求  $v$  的大小和方向  $\theta$ ；②从哪里出去：求偏移量  $y$ 。

下面以由两极板间中点射入为例，假设粒子能飞出电场：

(1) 在垂直电场线的方向：  $v_x = v_0$  ——①,  $L = v_0 t$  ——②

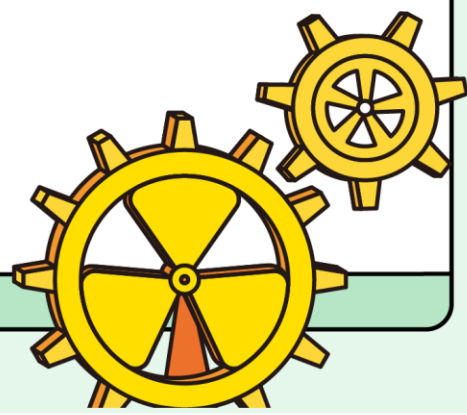
(2) 在平行电场线的方向：

$$v_y = at \text{ ——③}$$

$$y = \frac{1}{2}at^2 \text{ ——④}$$

辅助方程,  $a = \frac{Eq}{m} = \frac{Uq}{md}$  ——⑤

粒子出电场的速度偏角：  $\tan \theta = \frac{v_y}{v_0}$  ——⑥



# 第八章 恒定电流

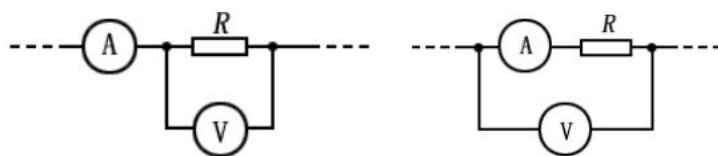
## 知识点一、电阻定律

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

1. 均匀导体的电阻  $R$  跟它的长度  $l$  成正比，跟它的横截面积  $S$  成反比。
2. 电阻率反映材料导电性能的物理量，与导体材料、温度等有关。电阻才是描述导体对电流的阻碍作用。
3. 金属的电阻随温度的升高而增大。半导体的电阻随温度的升高而减少。
4. 铂的电阻率随温度变化明显，适合做热电偶（温度计），而锰铜合金和镍铜合金的电阻率几乎不随温度变化，适合做标准电阻。

## 知识点二、伏安法测电阻的两种典型实验电路

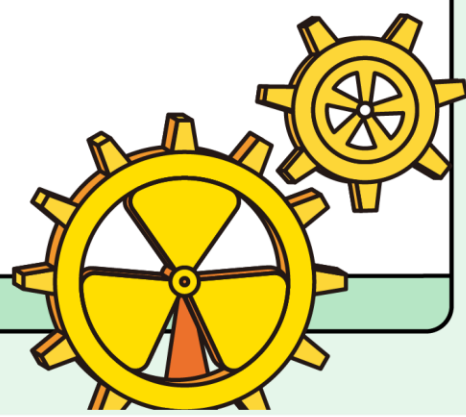
1. 安培表的外接法（下面左图）：适合测小电阻，测量结果偏小。
2. 安培表的内接法（下面右图）：适合测大电阻，测量结果偏大。



外接法

内接法

记忆口诀：“小外大内”（小外国佬，大内高手）；小外偏小，大内偏大。



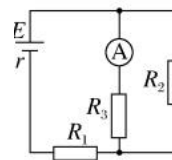
### 知识点三、闭合电路欧姆定律

1.  $E = U_{\text{外}} + U_{\text{内}}$  (适用于任何形式的闭合电路),  $I = \frac{E}{R + r}$  (纯电阻电路) 或  $E = IR + Ir$ , 都称为闭合电路欧姆定律。

2. 讨论路端电压, 电路总电流随外电路电阻变化而变化的规律

以右图为例, 假设  $R_2$  阻值增大, 以  $R_{\text{外}}$  表示整个电路的外电阻之和。

$I_2$  和  $I_3$  分别表示  $R_2$  和  $R_3$  的电流,  $U_{\text{并}}$  表示  $R_2$  和  $R_3$  的电压。



根据:  $E = U_{\text{外}} + U_{\text{内}}$ 、 $U_{\text{内}} = Ir$ 、 $I = \frac{E}{R_{\text{外}} + r}$ ,  $E$ 、 $r$  不变

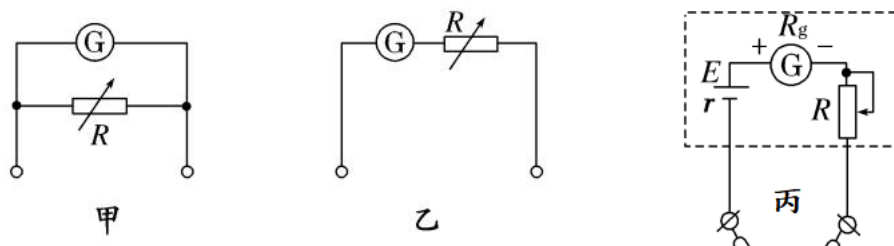
$R_2 \uparrow \rightarrow R_{\text{外}} \uparrow$ ,  $I \downarrow$ ,  $U_{\text{内}} \downarrow = Ir$ ,  $U_1 \downarrow = IR_1$ ,  $\rightarrow U_{\text{外}} \uparrow$ ,  $U_{\text{并}} \uparrow = E - (U_{\text{内}} + U_1)$ ,  $I_3 \uparrow = U_{\text{并}} / R_3$ ,  $I_2 \downarrow = I - I_3$

【口诀】串反并同。

$R_2$  阻值增大,  $R_3$  与  $R_2$  并联, 则  $R_3$  电压、电流都增大,  $U_{\text{并}} \uparrow$ ,  $I_3 \uparrow$ ;  $r$ 、 $R_1$  在干路上, 当作串联,

则  $r$  和  $R_1$  的电压、电流都减少,  $I \downarrow$ ,  $U_{\text{内}} \downarrow$ ,  $U_1 \downarrow$ 。

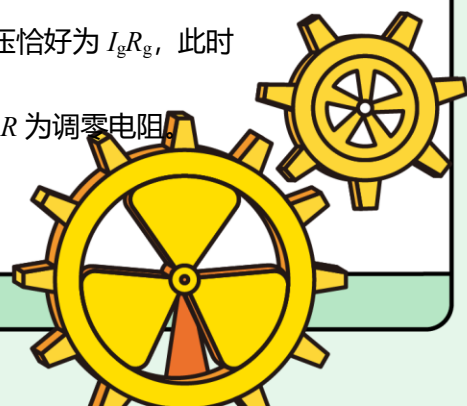
### 知识点四、电表改装



甲表是电流表,  $R$  增大时量程减小。通过测量端的最大电流 (即总电流) 指的是量程  $I$ , 通过  $G$  表的最大电流是满偏电流  $I_g$  (支路电流)。当总电流为量程  $I$  时, 通过  $G$  表的电流恰好为  $I_g$ , 通过  $R$  的电流为  $I - I_g$ 。

乙表是电压表,  $R$  增大时量程增大。当总电压为  $U$  时,  $G$  表上加载的电压恰好为  $I_g R_g$ , 此时

通过  $G$  表和  $R$  的电流都恰好是满偏电流  $I_g$ 。丙表是欧姆表, 内置电源,  $R$  为调零电阻。





### 知识点五、用多用电表测量电阻步骤

- 1.机械调零：使用前若表针没有停在左端电流的零刻度，要用螺丝刀转动调零定位螺丝，使指针指零。
- 2.选挡：最好使指针位于中央附近，即待测电阻最好接近中值电阻；
- 3.欧姆调零：将红、黑表笔短接，调整欧姆调零旋钮，使指针指在表盘右端“ $0\ \Omega$ ”刻度处。
- 4.测量读数：将两表笔分别与待测电阻的两端接触，表针示数乘以量程倍率即为待测电阻阻值。
- 5.测另一电阻时重复 2、3、4。
- 6 实验完毕，应将选择开关置于“OFF”挡或交流电压最高挡。

### 知识点六、电功和电功率

1.电功和电功率： $W = UIt$ ， $P = \frac{W}{t} = UI$ （对任何电路都适用）

2.焦耳热和热功率： $Q = I^2 Rt$ ， $P_{\text{热}} = I^2 R$ （对任何电路都适用）

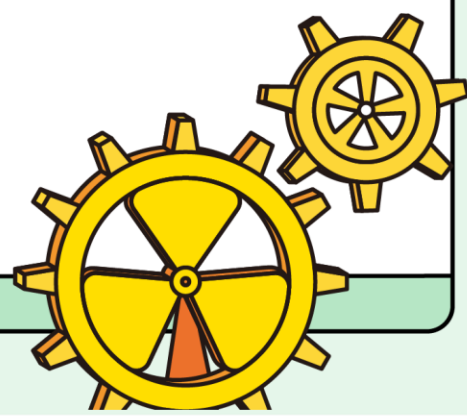
3.电功和电热的关系：

(1) 纯电阻电路：电功等于电热： $W = Q = UIt = I^2 Rt = \frac{U^2}{R} t$ ；

电功率等于热功率： $P = P_{\text{热}} = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$

(2) 非纯电阻电路：电功大于电热： $W > Q$ ，即  $UIt > I^2 Rt$ ；

电功率大于热功率： $P > P_{\text{热}}$ ，即  $UI > I^2 R$



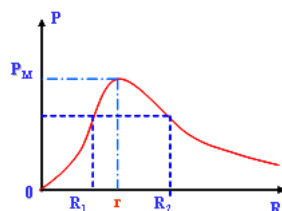
### 知识点七、电源的输出功率与负载的关系(如图所示)

$$P_{\text{出}} = IU_{\text{外}} \quad (\text{适合任何电路}); \quad P_{\text{出}} = I^2 R \quad (\text{适合纯电阻电路})$$

【注意】当  $R=r$  时，电源的输出功率最大

(1) 由  $P = I^2 R$  可知：定值电阻上消耗功率最大时，通过它的电流一定最大。

(2) 求可变电阻上消耗的最大功率时，可将定值电阻看成电源内阻的一部分，仅将可变电阻看成外电阻。



### 知识点八、实验一：伏安法测导线电阻率

实验步骤：

(1) 用螺旋测微器在被测金属导线上的三个不同位置各测一次直径，求出其平均值  $d$ ，计算出导线的横截面积  $S$ 。

(2) 选择合适的实验电路图（注意安培表用外接法，滑动变阻器用限流法即可）。

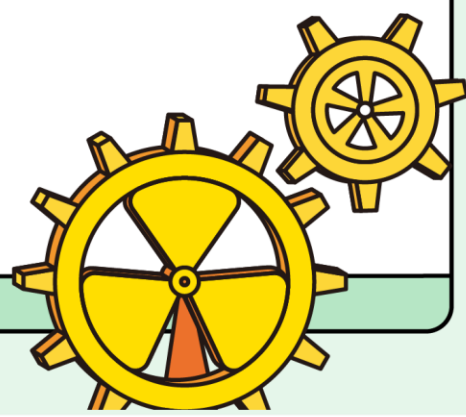
(3) 用毫米刻度尺测量接入电路中的被测金属导线的有效长度  $L$ ，反复测 3 次，求出其平均值  $\bar{L}$ 。（有效长度，不是总长。必须先接入电路再测量  $L$ ）

(4) 把滑动变阻器滑片调到使接入电路中的有效电阻最大，闭合开关  $S$ ，改变滑动变阻器滑片的位置，读出几组相应的  $I$ 、 $U$  值，填入记录表格内。

(5) 求出电阻  $R_x$  的平均值，拆去实验电路，整理好实验器材。

(6) 计算金属丝的电阻率  $\rho$ ：  $R = \frac{U}{I}$ ，  $S = \frac{\pi d^2}{4}$ 。由  $R = \rho \frac{L}{S}$  得出

$$\rho = \frac{RS}{L} = \frac{R\pi d^2}{4L} = \frac{U\pi d^2}{4IL}$$



### 知识点九、实验二：描绘小灯泡的伏安特性曲线

实验步骤：

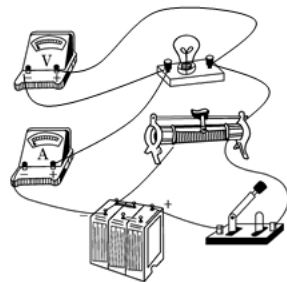
(1) 连接电路：测出小灯泡在不同电压下的电流

① 闭合开关前，滑动变阻器的滑片应移到使其接入电路中的有效阻值最大（图中最左边）。

② 移动滑动变阻器的滑片，测出多组不同的电压值  $U$  和电流值  $I$

(2) 画出小灯泡的伏安特性曲线

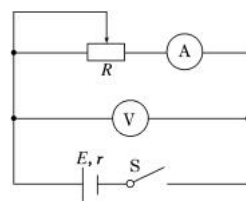
(3) 拆除电路，整理仪器



### 知识点十、实验三：测量电源的电动势和内阻

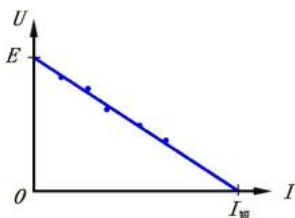
原理：

(1) 由  $E=U+Ir$  知，只要测出  $U$ 、 $I$  的两组数据，就可以列出两个关于  $E$ 、 $r$  的方程，从而解出  $E$ 、 $r$ ，电路图如图所示。（注意电流表不能与



电源内接，变阻器用限流法)

(2) 当干电池的路端电压变化不很明显时，作图像时，纵轴单位可取得小一些，且纵轴起点可不从零开始。



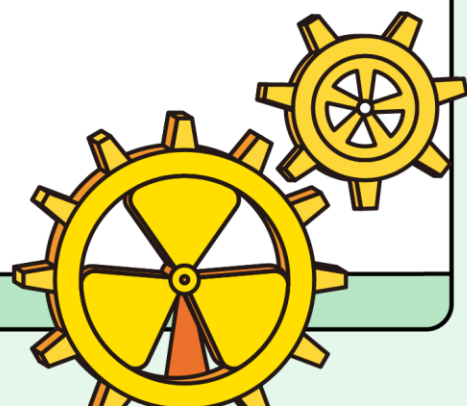
(3) 注意事项：

① 为了使电池的路端电压变化明显，电池宜选内阻大些的。

② 因该实验中电压  $U$  的变化较小，为此可使纵坐标不从零开始，把坐标的比例放大，可减小实验误差。此时图象与横轴交点不表示短路电流，计算内阻时，要在直线上任取两个相距

较大的点，用  $r = \frac{\Delta U}{\Delta I}$  计算出电池的内阻  $r$ 。

(4) 误差分析：采用上图电路时，可得： $E > E_{\text{测}}$ ， $r > r_{\text{测}}$ 。



## 第九章 磁场

本章共有四个概念、两个公式、两个定则。

四个概念： 磁场、磁感线、磁感强度、匀强磁场

两个公式：(1)安培力  $F=BIL$  ( $IL \perp B$ )

(2)洛伦兹力  $f=qvB$  ( $v \perp B$ )

两个定则：安培定则（右手螺旋定则）——判断电流本身产生的磁场方向（电生磁）

左手定则——判断电流受到的安培力的方向，或判断洛伦兹力的方向。

补充：右手定则——判断导体切割磁感线时产生的电流方向（磁生电）

### 知识点一、磁场

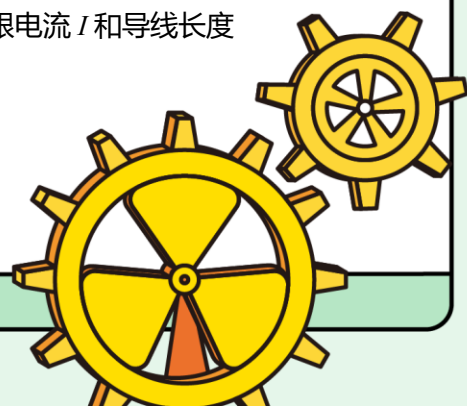
- 1.磁场是客观存在的特殊物质。
- 2.磁感线不是真实存在的，是假想出来的。
- 3.磁体间、电流间、磁体与电流间的相互作用是通过磁场发生的。
- 4.磁极周围有磁场，电流周围有磁场（奥斯特），变化的电场在周围空间产生磁场。

### 知识点二、地磁场

- (1) 地理南极正上方磁场方向竖直向上，地理北极正上方磁场方向竖直向下。
- (2) 在赤道正上方，地磁场方向水平向北。
- (3) 在南半球，地磁场方向指向北上方；在北半球，地磁场方向指向北下方。

### 知识点三、磁感应强度的大小（表征磁场强弱的物理量）

- 1.定义： 在磁场中垂直于磁场方向的通电导线，所受的力（安培力） $F$ 跟电流 $I$ 和导线长度 $L$ 的乘积 $IL$ 的比值叫磁感应强度。符号： $B$



2.定义式： $B = \frac{F}{IL}$ 。单位：在国际单位制中是特斯拉，简称特，符号 T。  $1\text{T}=1\text{N/A}\cdot\text{m}$

**说明：**

①  $F$  是指通电导线电流方向跟所在处磁场方向垂直时的磁场力，此时通电导线受到的磁场力最大。

② 公式  $B = \frac{F}{IL}$  得出磁场中某点的  $B$  与  $F$  成正比，与  $IL$  成反比，这是**错误**结论。

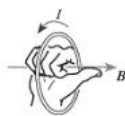
③  $B$  并不因探测电流和线段长短（电流元）的改变而改变，而是由磁场自身决定的。

#### 知识点四、安培定则

可判断三种电流本身产生的磁场方向，如下：



① 直线电流 安培定则



② 环形电流 安培定则

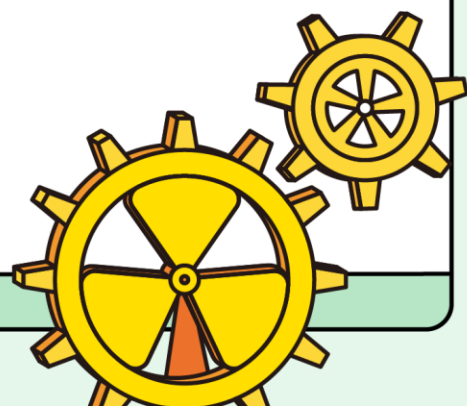


③ 通电螺线管 通电螺线管的磁场

#### 知识点五、匀强磁场

1.匀强磁场：如果磁场的某一区域里，磁感应强度的大小和方向处处相同，这个区域的磁场叫匀强磁场。匀强磁场的磁感线是一些间隔相同的平行直线。

2.两种情形的匀强磁场：即距离很近的两个异名磁极之间除边缘部分以外的磁场；相隔一定距离的两个平行线圈(亥姆霍兹线圈)通电时，其中间区域的磁场。



## 知识点六、磁通量

1.定义：磁感应强度  $B$  与线圈面积  $S$  的乘积，叫穿过这个面的磁通量（是重要的基本概念）。

磁通量的大小表示穿过这一面积的磁感线条数的多少。

2.表达式： $\varphi=BS$ ，适用于  $(B \perp I)$ 。

单位：韦伯，简称韦，符号 Wb  $1\text{Wb} = 1\text{T}\cdot\text{m}^2$

3.磁通量是标量，但有正、负之分。磁感线从某个面积的正面穿过还是从另一面穿过，所引起的磁通量方向是不同的。设其中一个为正，另一个则为负。

4.磁感应强度的另一种定义（磁通密度）：即  $B = \frac{\varphi}{S}$

## 知识点七、安培力——磁场对电流的作用力

1.大小：通电导线（电流为  $I$ 、导线长为  $L$ ）和磁场（ $B$ ）方向垂直时，通电导线所受的安培力的大小： $F = BIL$ （最大）

$$(1) F = ILB(I \perp B)$$

$$(2) F=0(I \parallel B) \text{ 如果电流和磁场平行，那么安培力为 } 0。$$

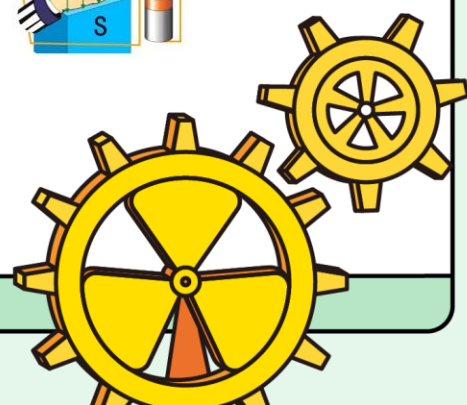
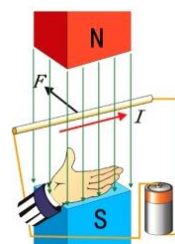
一般情况：当磁感应强度  $B$  的方向与导线成  $\theta$  角时，有  $F = ILB\sin\theta$

2.安培力的方向：既跟磁场方向垂直，又跟电流方向垂直，也就是说，安培力的方向总是垂直于磁感线和通电导线所在的平面。

3.左手定则：判断电流受到其它物体的磁场力的方向（如右图）

4.注意安培力与库仑力的区别：

电荷在电场中某一点受到的库仑力是一定的，方向与该点的电场方向要么相同，要么相反。



## 知识点八、洛伦兹力：运动电荷在磁场中受到的作用力

### 1.洛伦兹力

通电导线在磁场中所受安培力是洛伦兹力的宏观表现,可以粗略地认为一段静止在磁场中的导体所受安培力为导体内运动电荷所受洛伦兹力的合力。

### 2.洛伦兹力方向的判断——左手定则

伸开左手,使大拇指和其余四指垂直且处于同一平面内,把手放入磁场中,让磁感线垂直穿入手心,若四指指向电荷运动的方向,拇指所指的方向就是正电荷所受洛伦兹力的方向,负电荷受力的反方向。

### 3.洛伦兹力的大小计算公式

(1) 当粒子运动方向与磁感应强度垂直时 ( $v \perp B$ )  $F = Bqv$

(2) 当粒子运动方向与磁感应强度方向成  $\theta$  时,  $F = Bqv\sin\theta$

(3) 当粒子运动方向与磁感应强度垂直时 ( $v \parallel B$ ),  $F = 0$

上两式各量的单位:  $F$  为牛 (N),  $q$  为库伦 (C),  $v$  为米/秒 (m/s),  $B$  为特斯拉 (T)

## 知识点九、带电粒子在匀强磁场中的运动

1.运动轨迹: 沿着与磁场**垂直**的方向射入磁场的带电粒子, 粒子在垂直磁场方向的平面内做匀速圆周运动, **洛伦兹力永不做功**

### 2.三个重要公式:

(1) 向心力由粒子所受的洛伦兹力提供:  $Bqv = m \frac{v^2}{r}$

(2) 轨道半径  $r = \frac{mv}{qB}$  (由上式得到)

(3)  $T = \frac{2\pi m}{qB}$  (由  $T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$  得到)

