

# 1.运动的描述

## 机械运动

一个物体相对另一个物体位置的改变

## 速度与速率

瞬时速度

运动物体在某一时刻的速度

平均速度

运动物体的位移和所用时间的比值

瞬时速率

瞬时速度的大小

平均速率

物体运动的路程和时间的比值

## 加速度

定义

速度的变化量和完成这一变化所用的是的比值；既速度对时间的变化率

表达式

$$\vec{a} = \frac{\vec{v}_t - \vec{v}_0}{t}$$

方向

与速度变化方向相同

物理意义

表示物体速度改变快慢的物理量

注意

速度、速度改变量和加速度的区别

## 矢量和标量

矢量：既有大小又有方向的量  
标量：只有大小没有方向的量

## 质点

用来代替物体的只有质量而不计形状和大小点；或物体大小与所研究问题的尺寸相比可以忽略不计

## 参考系和坐标系

参考系是在描述一个物体运动时用来作为标准的另外的物体；坐标系用来描述物体的位置及位置变化。常用直角坐标系、自然坐标系和极坐标系

## 时刻和时间

时刻

指某一瞬间

时间

指两个时刻的间隔

## 位移和路程

路程

描述质点运动轨迹的实际长度，是标量（只有大小而无方向的量）

位移

定义 描述物体位置的变化，是矢量，计算符合平行四边形法则

大小

由初始位置到末位置的距离

方向

由初始位置指向末位置

## 2. 匀变速直线运动

### 自由落体运动

物体只在重力作用下从静止开始下落的运动

**定义**

**特点**  
 $v_0 = 0, a = g$

**公式**  
 $v = gt, x = \frac{1}{2}gt^2$

**重力加速度g**  
 $g = 9.8m/s^2$   
 通常取上面数值  
 方向竖直向下

**规律**

### 竖直上抛运动

将物体以一定的初速度竖直向上抛出去，物体只在重力作用下的运动

**定义**

**基本特征**  
 $a = -g$

**基本规律**

**基本特点**

(1) 初速度为零的匀加速直线运动 (设t为等分时间间隔)

**A、1t秒末, 2t秒末, 3t秒末.....瞬时速度之比为:**  
 $v_1 : v_2 : v_3 : \dots : v_n = 1 : 2 : 3 : \dots : n$

**B、1t秒内, 2t秒内, 3t秒内.....位移之比为:**  
 $s_1 : s_2 : s_3 : \dots : s_n = 1^2 : 2^2 : 3^2 : \dots : n^2$

**C、第一个t秒内, 第二个t秒内, 第三个t秒内, .....第n个t秒内位移之比为:**  
 $s_I : s_{II} : s_{III} : \dots : s_N = 1 : 3 : 5 : \dots : (2n-1)$

**D、从静止开始通过连续相等的位移所用时间之比为:**  
 $t_1 : t_2 : t_3 : \dots : t_n = 1 : (\sqrt{2}-1) : (\sqrt{3}-\sqrt{2}) : \dots : (\sqrt{n}-\sqrt{n-1})$

**重要推论**

$$\bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2} \quad v_{\frac{t}{2}} = \frac{v_0 + v_t}{2}$$

$$\Delta x = aT^2 \quad v_{\frac{x}{2}} = \sqrt{\frac{v_0^2 + v_t^2}{2}}$$

### 匀速直线运动

物体在一条直线上运动，如果在相等的时间里位移相等，这种运动叫做匀速直线运动

**定义**

**公式**  
 $x = vt$

**特点**  
 $a = 0$

### 匀变速直线运动

在相等的时间内，速度的改变量相等的直线运动

**定义**

**特点**  
 加速度恒定且不为零

**分类**

- 匀加速直线运动
- 匀减速直线运动

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

**关系式**  
 $v = v_0 + at$



**位移与速度的关系**  
 $v_t^2 - v_0^2 = 2ax$

### 3.相互作用

#### 力的合成与分解

- 合力和分力
- 力的合成
- 共点力

#### 定义

力的分解是力的合成的逆运算，分解的依据是力的平行四边形法则(见静力学公理)

#### 力的分解

按力的作用效果分：拉力 动力 阻力 作用力 反作用力 引力 斥力 支持力 拉力 推力 等

#### 方法

按力的性质分：弹力 摩擦力 万有引力 重力 电场力 磁场力 分子力 等

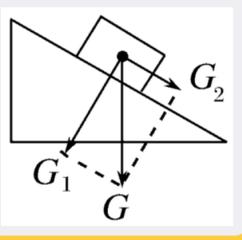
#### 力的正交分解

#### 平行四边形定则

#### 多边形定则

#### 矢量相加法则

#### 图示



定义：阻碍物体相对运动（或相对运动趋势）的力叫做摩擦力。摩擦力的方向与物体相对运动（或相对运动趋势）的方向相反

#### 摩擦力

#### 静摩擦力

#### 定义

静摩擦是一个物体在另一个物体表面上具有相对运动趋势时，但并没有发生相对运动时，所受到的阻碍物体相对运动趋势的力。

#### 产生条件

#### 大小

$$0 < F \leq F_{max}$$

#### 方向

#### 滑动摩擦力

#### 定义

当一物体在另一物体表面上滑动时，在两物体接触面上产生的阻碍它们之间相对滑动的力

#### 产生条件

#### 大小

$$F = \mu F_N$$

#### 方向

#### 滚动摩擦

#### 重力 基本相互作用

力的概念：使物体获得加速度或形变的外因。在动力学中它等于物体的质量与加速度的乘积；力的三要素：力的方向、力的作用点和力的大小。分类及作用效果

- 力的基本特性
  - 物质性
  - 相互性
  - 矢量性
  - 独立性
- 力的图示和示意图

#### 重力

#### 定义

重力是地面附近的物体由于受到地球的吸引而产生的力，但重力并不是地球对物体的吸引力，只有在地球两极处重力才完全等于地球对物体的吸引力，其他地方重力仅仅是地球对物体吸引力的一个分力。

#### 大小

$$G=mg$$

#### 方向

总是竖直向下

#### 重心

#### 四种基本相互作用

- 强相互作用
- 电磁相互作用
- 弱相互作用
- 引力相互作用

#### 弹力

#### 形变

#### 分类

- 弹性形变
- 非弹性形变

定义：凡物体受到外力而发生形状变化

定义：发生形变的物体，由于要恢复原状，要对跟它接触的物体产生力的作用。大小和方向

#### 产生条件

- 两个物体直接接触
- 两个物体发生弹性形变

#### 胡克定律

在弹性限度内： $F=kx$

# 4.重力 基本相互作用

- 四种基本相互作用
  - 强相互作用
  - 电磁相互作用
  - 弱相互作用
  - 引力相互作用

**定义**  
地面附近的物体由于受到地球的吸引而产生的力，但重力并不是地球对物体的吸引力，只有在地球两极处重力才完全等于地球对物体的吸引力，其他地方重力仅仅是地球对物体吸引力的一个分力。

**大小**  
 $G=mg$

**方向**  
总是竖直向下

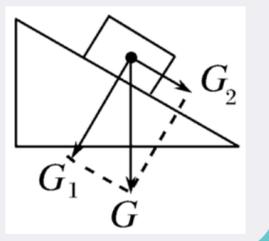
**重心**  
物体各部分所受的重力从效果上可以看成集中于一点，这一点叫重心

**重心的位置**

薄板重心的求法：悬挂法

**力的图示**  
用一条有向线段来表示力的三要素

**力的示意图**  
用一条带箭头的线段示意出力的方向



**力的概念**  
力是物体对物体的作用

**力的三要素**  
大小、方向、作用点

- 力的基本特性**
- 物质性：力不能脱离物体而存在
  - 相互性：力的作用是相互的
  - 矢量性：力是矢量，既有大小又有方向
  - 独立性：一个力作用于某一物体的效果与这个物体是否受到其他的力无关

- 力的作用效果**
- 静力效果：使物体的形状发生变化
  - 动力效果：改变物体的运动状态

- 力的分类**
- 按力的性质分：重力、弹力、摩擦力、分子力、电磁力、核力等
  - 按力的效果分：压力、支持力、动力、阻力、回复力、向心力等

## 5.弹力



# 6. 摩擦力

## 静摩擦力

### 定义

两个相互接触的物体只有相对运动趋势，而没有相对运动，这时的摩擦力叫静摩擦力

### 产生条件

相互接触的物体间有弹力

接触面粗糙

两物体间有相对运动趋势

### 大小

$$0 < F \leq F_{max}$$

### 方向

跟接触面相切，并且与物体相对运动趋势的方向相反

### 特点

静摩擦力有无的判定

一个物体在另一个物体表面滚动时产生的摩擦

## 滚动摩擦

### 定义

两个相互接触的物体发生相对运动或具有相对运动趋势时，在接触面上产生阻碍相对运动或相对运动趋势的力

### 定义

当一个物体在另一个物体表面滑动时，会受到另一个物体阻碍它滑动的力

### 产生条件

相互接触的物体间有弹力

接触面粗糙

两物体间有相对运动

### 大小

$$F = \mu F_N$$

### 方向

跟接触面相切，并且与物体相对运动的方向相反



# 7.力的合成与分解

## 合力与分力

当一个物体受到几个力的共同作用时，我们常常可以求出这样一个力，这个力产生的效果跟原来的几个力的共同效果相同，这个力就叫做那几个力的合力，原来的几个力叫做分力

## 共点力

### 定义

一个物体受到的力作用于物体上的同一点或者它们的作用线交于一点，这样的一组力叫做共点力

### 共点力的合成

遵循平行四边形定则

### 共点力的合成范围

## 矢量相加的法则

### 平行四边形定则

两个力合成时，以表示这两个力的线段为邻边作平行四边形，这两个邻边的对角线就代表合力的大小和方向

### 三角形定则

### 多边形定则

把各个力依次首尾相接，则其合力就从第一个力的首指向最后一个力的尾

## 力的合成

### 求几个力的合力的过程

## 力的分解

### 定义

求一个力的分力叫做力的分解

### 方法

按力的作用效果分解

力的正交分解

力分解是有、无解的讨论

# 8. 牛顿运动定律

## 关于力与运动的关系的认识

内容

对牛顿第一定律的理解

## 牛顿第一定律

惯性

定义

对惯性的理解

## 牛顿第二定律

内容

公式

$$F = ma$$

对牛顿第二定律的理解

应用

## 牛顿第三定律

作用力和反作用力

与平衡力的区别和联系

内容

理解

## 超重和失重

### 超重

定义

产生原因

产生条件

### 失重

定义

产生原因

产生条件

完全失重

## 共点力作用下的平衡

平衡状态

平衡条件

$$F_{合} = 0$$

## 单位制

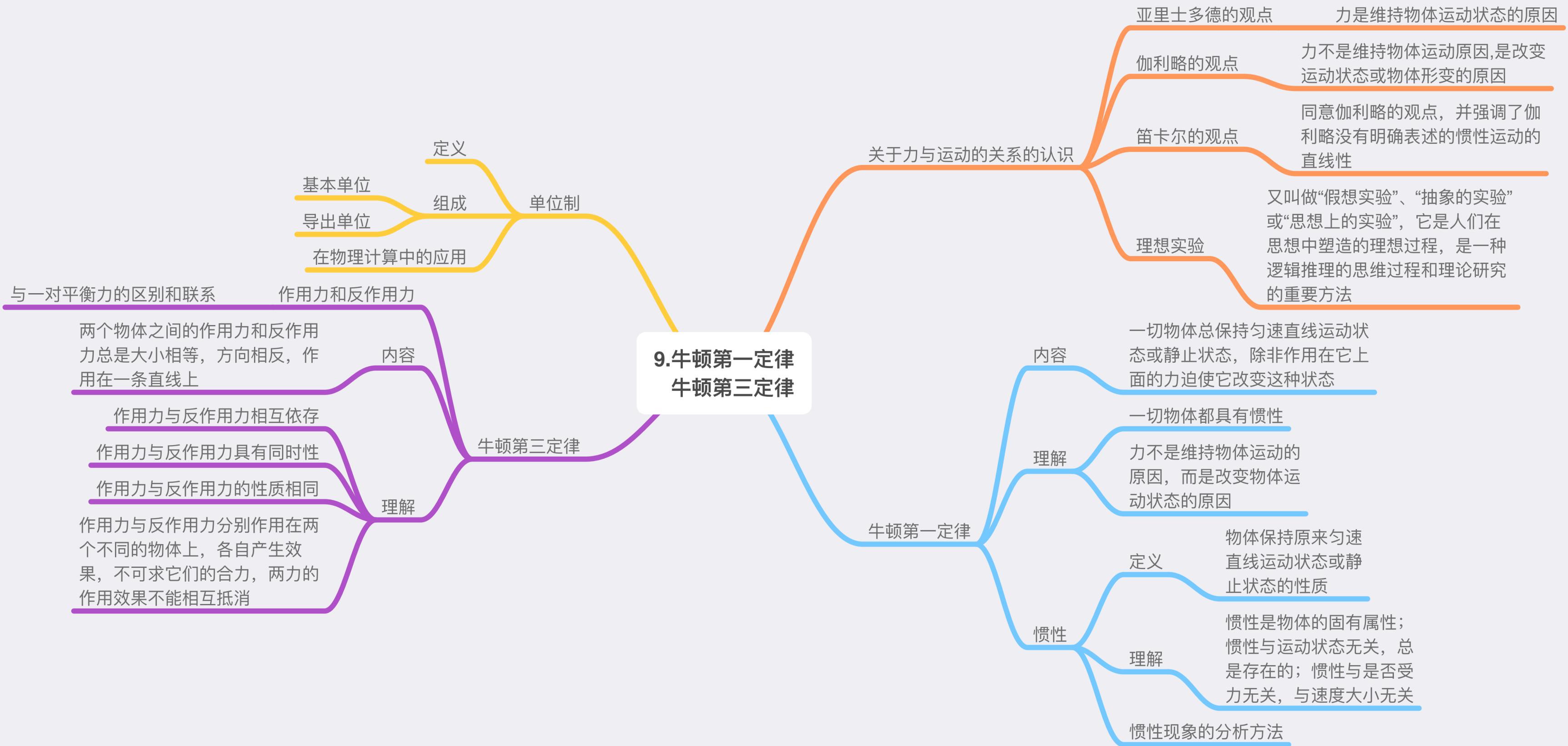
定义

组成

基本单位

导出单位

在物理计算中的应用



# 9. 牛顿第一定律 牛顿第三定律

## 关于力与运动的关系的认识

- 亚里士多德的观点：力是维持物体运动状态的原因
- 伽利略的观点：力不是维持物体运动原因,是改变运动状态或物体形变的原因
- 笛卡尔的观点：同意伽利略的观点,并强调了伽利略没有明确表述的惯性运动的直线性
- 理想实验：又叫做“假想实验”、“抽象的实验”或“思想上的实验”,它是人们在思想中塑造的理想过程,是一种逻辑推理的思维过程和理论研究的重要方法

## 牛顿第一定律

- 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
- 理解：一切物体都具有惯性；力不是维持物体运动的原因,而是改变物体运动状态的原因
- 惯性：
  - 定义：物体保持原来匀速直线运动状态或静止状态的性质
  - 理解：惯性是物体的固有属性;惯性与运动状态无关,总是存在的;惯性与是否受力无关,与速度大小无关
  - 惯性现象的分析方法

## 牛顿第三定律

- 内容：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,作用在一条直线上
- 理解：
  - 作用力与反作用力相互依存
  - 作用力与反作用力具有同时性
  - 作用力与反作用力的性质相同
  - 作用力与反作用力分别作用在两个不同的物体上,各自产生效果,不可求它们的合力,两力的作用效果不能相互抵消
- 与一对平衡力的区别和联系
- 作用力和反作用力

## 单位制

- 定义
- 组成：
  - 基本单位
  - 导出单位
- 在物理计算中的应用

# 10. 牛顿第二定律及其应用

## 超重和失重

### 超重

定义：物体对支持物的压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

产生原因

### 失重

定义：物体对支持物的压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

产生原因

### 完全失重

定义：物体对支持物的压力等于零的状态

产生条件：物体竖直向下的加速度等于重力加速度

## 牛顿第二定律

### 内容

物体加速度的大小跟作用力成正比，跟物体的质量成反比，加速度的方向跟作用力的方向相同

### 公式

$$F = m a$$

### 理解

同向性、正比性、瞬时性、因果性、同一性、独立性、局限性

### 适用范围

仅适用于惯性参考系；适用于宏观物体做低速运动的情况

### 应用

动力学的两大基本问题

已知运动求力

已知力求运动

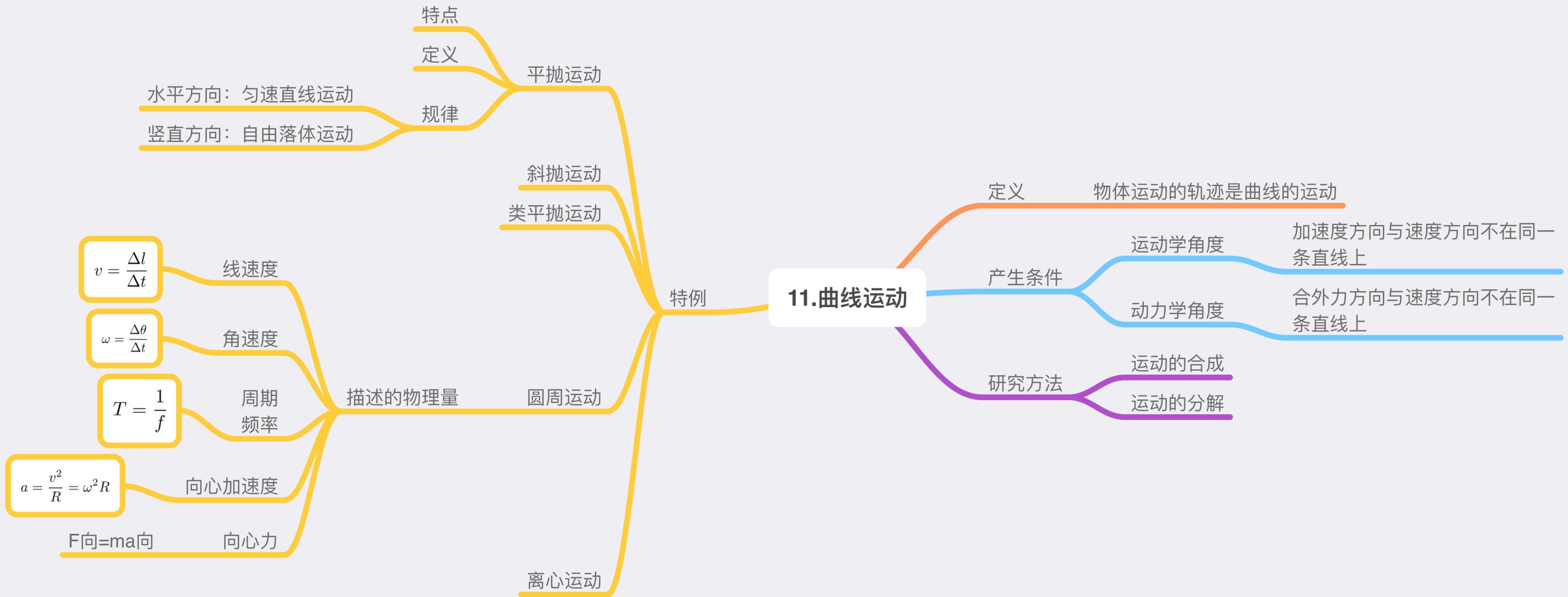
## 共点力作用下的平衡

### 平衡状态

一个物体在力的作用下保持静止或匀速直线运动状态，就说这个物体处于平衡状态

### 平衡条件

$$F_{合} = 0$$



# 12.运动的合成与分解 曲线运动 抛体运动

## 合运动与分运动

### 概念

如果一个物体同时参与几个运动  
通常情况下，物体参与的这几个运动叫做分运动，物体的实际运动叫做合运动

### 关系

- 分运动具有独立性
- 分运动和合运动具有等时性
- 分运动和合运动具有等效性

## 运动的合成与分解

### 定义

已知分运动求合运动叫做运动的合成；已知合运动求分运动叫做运动的分解

### 运算法则

平行四边形定则

## 曲线运动

### 定义

运动轨迹是曲线的运动

### 特点

### 物体做曲线运动的条件

- 运动学角度：加速度方向与速度方向不在同一条直线上
- 动力学角度：合外力方向与速度方向不在同一条直线上

### 轨迹

## 定义

将物体用一定的初速度沿水平方向抛出，不考虑阻力，物体只在重力作用下所做的运动

## 性质

水平方向做匀速直线运动  
竖直方向做自由落体运动

## 规律

### 水平方向

$$v_x = v_0, x = v_0 t$$

### 竖直方向

$$v_y = gt, y = \frac{1}{2}gt^2$$

### 合速度

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

### 合位移

$$s = \sqrt{x^2 + y^2}$$

## 轨迹方程

$$y = \frac{g}{2v_0^2}x^2$$

## 斜抛运动

## 类平抛运动

# 13. 圆周运动

生活中的圆周运动

- 铁路的弯道
- 拱形桥
- 航天器中的失重现象

离心运动

- 定义: 做匀速圆周运动的物体, 在合外力突然消失或者不足以提供圆周运动所需的向心力的情况下做逐渐远离圆心的运动
- 条件分析
- 应用和防止

匀速圆周运动

- 定义: 物体沿着圆周运动, 并且线速度的大小处处相等
- 特点: 线速度的大小恒定, 角速度、周期、频率都恒定不变, 向心加速度和向心力的大小恒定不变

变速圆周运动

## 描述圆周运动的物理量

- 线速度:  $v = \frac{\Delta l}{\Delta t}$
- 角速度:  $\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t}$
- 周期 频率:  $T = \frac{1}{f}$
- 向心加速度:  $a = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$
- 向心力:  $F = ma = m \frac{v^2}{R} = m\omega^2 R$

## 竖直平面内圆周运动的临界问题

## 线速度、角速度与周期的关系

$$v = \omega r$$
$$v = \frac{2\pi r}{T}$$
$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

# 14.万有引力与航天

万有引力定律的应用

- 测量天体质量
- 测量天体密度

开普勒行星运动规律

- 第一定律(轨道定律): 所有行星绕太阳的轨道都是椭圆, 太阳在椭圆的一个焦点上
- 第二定律(面积定律): 行星和太阳的连线在相等的时间间隔内扫过相等的面积
- 第三定律(周期定律): 所有的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

$$\frac{a_1^3}{T_1^2} = \frac{a_2^3}{T_2^2}$$

万有引力定律

内容

任意两个质点有通过连心线方向上的力相互吸引。该引力大小与它们质量的乘积成正比与它们距离的平方成反比, 与两物体的化学组成和其间介质种类无关。

公式

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

适用条件

1. 严格来说只适用于质点间的相互作用
2. 两个质量分布均匀的球体间的相互作用, 也可用本定律计算 (其中r是两个球心距离)
3. 一个均匀球体与球外一个质点的万有引力也适用 (r是球心到质点的距离)
4. 当两个物体间的距离远远大于物体自身大小时, 公式也近似适用, (其中r是两物体质心间距离)

人造地球卫星

基本公式

$$v = \sqrt{G \frac{M}{r}}$$
$$a = G \frac{M}{r^2}$$
$$\omega = \sqrt{G \frac{M}{r^3}}$$
$$T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}}$$

相关知识

三个宇宙速度

- V1=7.9 Km/s 第一宇宙速度
- V2=11.2 Km/s 第二宇宙速度
- V3=16.7 Km/s 第三宇宙速度

近地卫星和同步卫星

近地卫星

卫星的运行轨道半径等于地球半径

同步卫星

- 与地球自转同步的卫星
- 赤道上空 位置一定
- T=24 h 周期一定
- 角速度一定

向心加速度一定

$$a = G \frac{M}{(R+h)^2}$$

距离地球表面高度一定

$$h = 3.6 \times 10^7 m$$

环绕速率一定

$$v = 3.08 \times 10^3 m/s$$

# 15. 宇宙航行

卫星的运行轨道半径等于地球半径

近地卫星

近地卫星和同步卫星

与地球自转同步的卫星

赤道上空 位置一定

T=24 h 周期一定

角速度一定

同步卫星的六个一定

向心加速度一定

$$a = G \frac{M}{(R+h)^2}$$

距离地球表面高度一定

$$h = 3.6 \times 10^7 m$$

环绕速率一定

$$v = 3.08 \times 10^3 m/s$$

人造地球卫星

基本公式

相关知识

地球对物体的万有引力来充当向心力

$$v = \sqrt{G \frac{M}{r}}$$

线速度

$$a = G \frac{M}{r^2}$$

引力加速度

$$\omega = \sqrt{G \frac{M}{r^3}}$$

角速度

$$T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}}$$

周期

三个宇宙速度

第一宇宙速度:  $V_1=7.9 \text{ Km/s}$  人造地球卫星的最小发射速度

第二宇宙速度:  $V_2=11.2 \text{ Km/s}$  挣脱地球引力束缚的最小发射速度

第三宇宙速度:  $V_3=16.7 \text{ Km/s}$  挣脱太阳引力束缚的最小发射速度

# 16.机械能守恒定律

在只有重力或弹力做功的物体系统内(或者不受其他外力的作用下)，物体系统的动能和势能(包括重力势能和弹性势能)发生相互转化，但机械能的总能量保持不变

表达式  $E_1 = E_2$

## 机械能守恒定律

内容

动能 + 势能 (重力势能和弹性势能)

定义

## 机械能

公式  $E = E_k + E_p$

公式

能量既不会凭空产生，也不会凭空消失，它只会从一种形式转化为另一种形式，或者从一个物体转移到其它物体，而能量的总量保持不变。能量守恒定律是自然界普遍的基本定律之一

## 能量守恒定律

合外力对物体所做的功，等于物体动能的变化量

内容

## 动能定理

公式  $W = E_{k2} - E_{k1}$

公式

表述功和动能关系的定律

物理意义

物体由于作机械运动而具有的能

定义

## 动能

公式  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$

公式

## 功

定义

力对物体作用的空间累积的物理量，功是标量

做功的两个不可缺少的因素

公式

$W = Fl\cos\alpha$

正功和负功

功的计算方法

## 功率

定义

物体在单位时间内所做的功的多少

公式

$P = \frac{W}{t}$

单位: W

物理意义

表征做功快慢程度的物理量

额定功率和实际功率

## 功能关系

利用功是能量转化的量度，某些力做的功等于某些能量的转化，是一种数量关系。做了多少功就有多少能量发生转化

## 重力势能

定义

物体由于被举高而具有的能。对于重力势能，其大小由地球和地面上物体的相对位置决定

公式

$E_p = mgh$

重力做功和重力势能的关系

## 弹性势能

定义

物体由于发生弹性形变而具有的势能叫弹性势能。同一弹性物体在一定范围内形变越大，具有的弹性势能就越多

公式

$E_p = \frac{1}{2}kl^2$

弹力做功和弹性势能的关系

# 17. 功 功率

以恒定功率启动  
以恒定加速度启动

机动车启动的两种方式

功W与完成这些功所用时间t的比值

定义

$$P = \frac{W}{t}$$

公式

国际单位：瓦特 (W)

单位

表示物体做功快慢的物理量

物理意义

机器长期正常工作时的最大输出功率

额定功率

机器在工作中实际的输出功率

实际功率

$$P = Fv\cos\alpha$$

功率与速度

## 功

定义

物体受到力的作用，并在力的方向上发生一段位移，就说力对物体做了功

做功的两个不可缺少的因素

力  
物体在力的方向上的位移

$$W = Fl\cos\alpha$$

公式

正功和负功

## 功的计算公式的适用条件

公式中的F一般是恒力  
公式中的位移L一般是对地面而言的  
力所做的功，只和力作用的那一段位移有关

## 功的计算方法

恒力做功  
多个力做的总功  
变力做的功

# 18. 势能 动能 动能定理

合外力对物体所做的功，等于物体动能的变化量

内容

$$W = E_{k2} - E_{k1}$$

公式

动能定理

表述功和动能关系的定律

物理意义

理解与应用

物体由于作机械运动而具有的能

定义

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

公式

动能

重力势能

定义

物体由于被举高而具有的能

公式

$$E_p = mgh$$

重力做功和重力势能的关系

$$W_G = -\Delta E_p = E_{p1} - E_{p2}$$

弹性势能

定义

发生弹性形变的物体的各部分之间，由于有弹力的相互作用而具有的势能

公式

$$E_p = \frac{1}{2}kl^2$$

弹力做功和弹性势能的关系

$$W_F = -\Delta E_p$$

# 19.1 机械能守恒定律 能量守恒定律

功是能量转化的量度。功是过程量，能量是状态量

功能关系

能量既不会凭空消失，也不会凭空产生，它只会从一种形式转化成另一种形式，或从一个物体转移到另一个物体，而在转化和转移的过程中，能量的总量保持不变

能量守恒定律

与机械能守恒定律的区别

定性判断机械能是否守恒

机械能

定义

物体的动能和势能之和

公式

$$E = E_k + E_p$$

机械能守恒定律

内容

在只有重力或弹力做功的物体系统内，动能和势能可以互相转化，而总的机械能保持不变

表达式

- ①  $E_1 = E_2$ ;
- ②  $\Delta E_{p \text{ 减}} = \Delta E_{k \text{ 增}}$ ;
- ③  $\Delta E_{A \text{ 减}} = \Delta E_{B \text{ 增}}$

机械能守恒定律条件的理解

# 19.2 动量守恒定律

## 动量

- 定义：物体的质量与速度的乘积
- 定义式： $P=mv$
- 特点
  - 矢量性
  - 瞬时性
  - 相对性
- 与动能的区别

物体在一个过程中始、末的动量变化量等于它在这个过程中所受力的冲量

## 内容

### 动量定理

$$I = p' - p;$$
$$Ft = mv' - mv_0$$

## 表达式

力与作用时间的乘积

## 定义

$$I = Ft$$

## 定义式

矢量性

过程性

绝对性

## 特点

## 计算

碰撞问题

爆炸问题

反冲问题

## 动量守恒定律的应用

矢量性

同时性

参考系的同一性

普适性

## 对动量守恒定律的理解

## 动量守恒定律

## 内容

一个系统不受外力或所受外力之和为零时，这个系统的总动量保持不变

## 表达式

$$p = p'$$
$$\Delta p = p' - p = 0$$
$$\Delta p_1 = -\Delta p_2$$

## 成立的条件

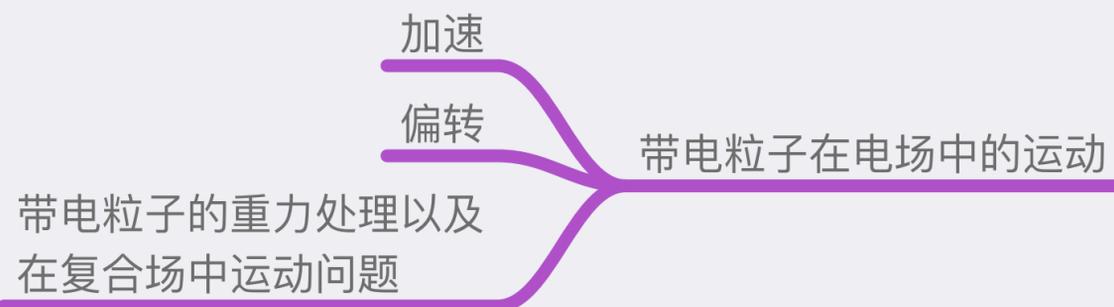
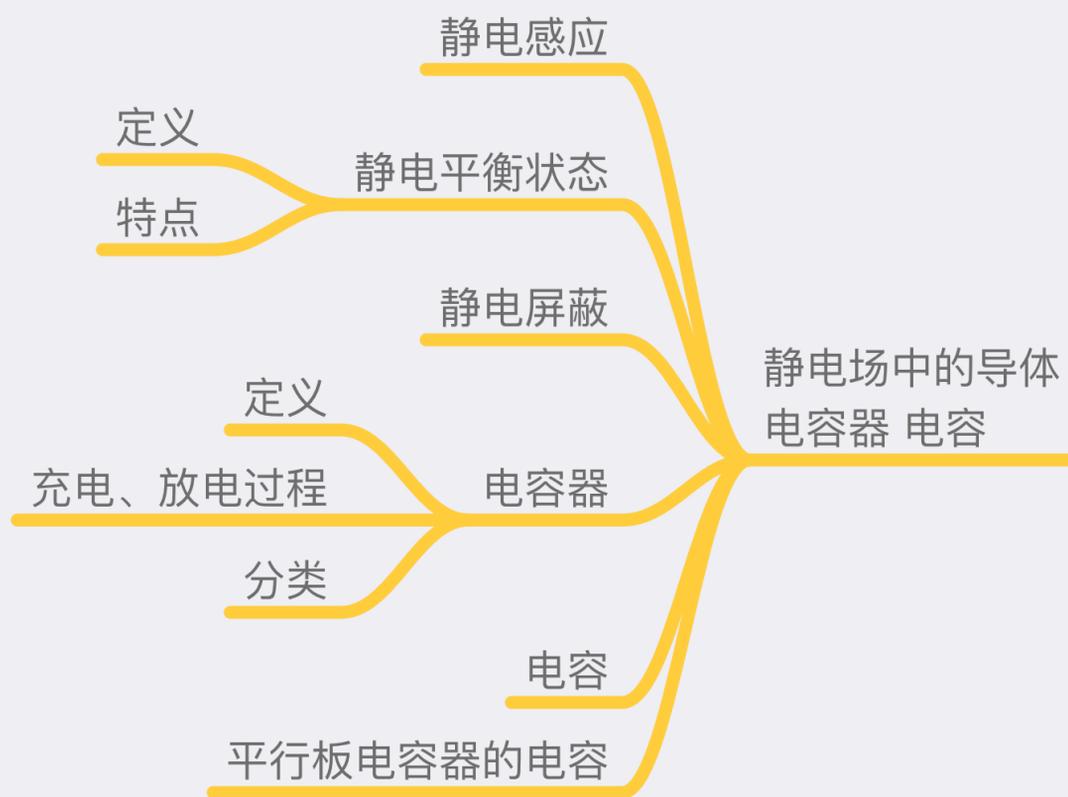
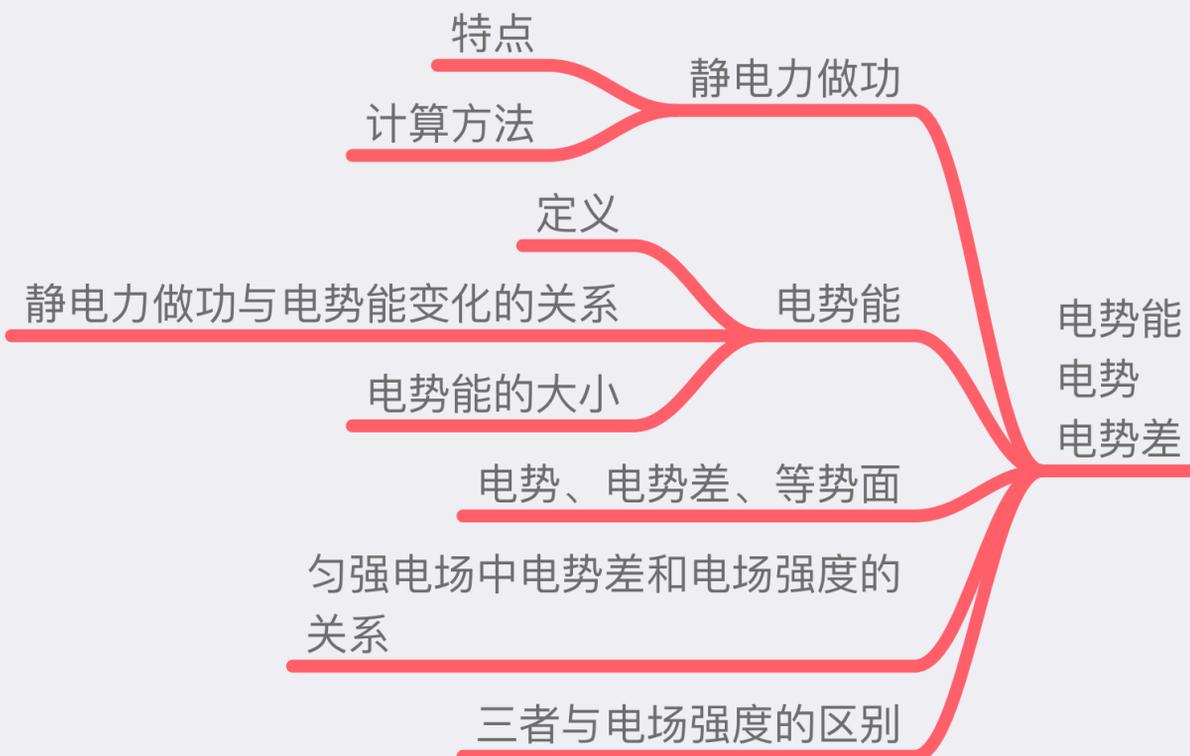
系统不受外力或受外力的矢量和为零

相互作用的时间极短,相互作用的内力远大于外力,如碰撞或爆炸瞬间,外力可忽略不计,可以看作系统的动量守恒

系统某一方向上不受外力或受外力的矢量和为零;或外力远小于内力,则该方向上动量守恒(分动量守恒)。

在某些实际问题中,一个系统所受外力和不为零,内力也不是远大于外力,但外力在某个方向上的投影为零,那么在该方向上可以说满足动量守恒的条件。

# 20. 静电场



## 21. 电荷守恒定律 库仑定律

电荷既不能创生，也不能消灭，只能从一个物体转移到另一个物体，或者从物体的一部分转移到另一部分，在转移的过程中，电荷的总量不变

电荷守恒定律

真空中两个点电荷之间的作用力，跟它们的电荷量的乘积成正比，跟它们距离的二次方成反比，作用力的方向在它们的连线上

库仑定律

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

物体带电的三种方式

摩擦起电

电荷从一个物体通过摩擦转移到另一个物体

感应起电

电荷经过静电感应从物体的一部分转移到另一部分，或从一个物体转移到另一个物体

接触起电

净电荷由带电体经过接触转移到原来不带电的物体上，使之带电的过程

带电的实质

电荷

正电荷

用丝绸摩擦过的玻璃棒上带的电荷

负电荷

用毛皮摩擦过的橡胶棒上带的电荷

元电荷

$$e = 1.60 \times 10^{-19} C$$

点电荷

带电体的大小、形状及电荷分布状况对带电体之间的作用力可忽略不计，这样的带电体可以看作点电荷

## 22. 电场 电场强度

电场

电荷周围存在的一种特殊的物质

电场强度

定义

方向

与正的点电荷在该点所受电场力的方向相同

点电荷的电场

公式

$$E = k \frac{Q}{r^2}$$

方向

匀强电场

各点电场强度的大小相等，方向相同的电场

电场强度的叠加

电场中某点的电场强度为各个点电荷单独在该点产生电场强度的矢量和

电场线

概念

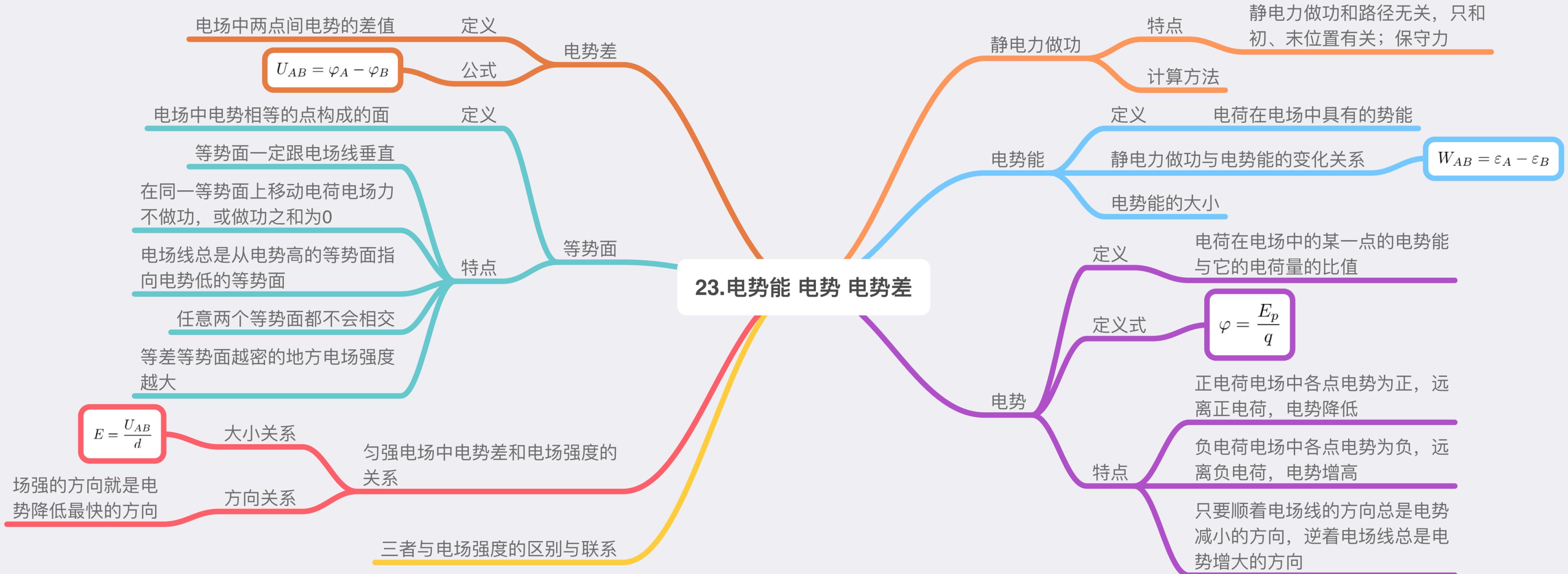
电场线是画在电场中的一条条有方向的曲线，曲线的疏密程度表示电场强度的大小，曲线上每点的切线方向表示该点的电场强度的方向

特点

静电场的电场线是正电荷发出，终止于负电荷或无穷远

静电场的电场线不闭合

# 23.电势能 电势 电势差



# 24. 静电场中的导体 电容器 电容

## 电容

电容器所带的电荷量Q与电容器两极板间电势差U的比值

定义

$$C = \frac{Q}{U}$$

定义式

法拉, 符号F

单位

## 电容器

任何两个彼此绝缘又相距很近的导体, 都可以看作一个电容器

定义

充电、放电过程

分类

## 平行板电容器的电容

$$C = \frac{\epsilon_r \cdot S}{4\pi kd}$$

两类典型问题

## 静电感应

把金属导体放在外电场中, 导体的两个端面出现等量的异种电荷的现象

## 静电平衡状态

定义

导体中(包括表面)没有电荷定向移动的状态

导体内部各点的场强处处为零

导体为等势体  
导体表面为等势面

表面上任意点的场强方向与该点的表面垂直

电荷只分布在导体表面  
越尖的地方, 电荷密度越大

特点

## 静电屏蔽

导体壳可以保护它所包围的区域, 使其不受电场影响的现象

## 25.带电粒子在电场中的运动

### 带电粒子的加速

#### 运动状态的分析

电场力和运动方向在同一条直线上，做匀加(减)速直线运动

#### 功能关系分析

粒子动能的变化量等于电场力做的功，电势能与动能的相互转化

### 带电粒子的偏转

#### 运动状态分析

电场力和运动方向不在同一条直线上，做类平抛等曲线运动

#### 处理方法

类似于平抛运动的分析处理，应用运动的合成和分解的方法

#### 基本规律

##### 粒子在电场中的运动时间

$$t = \frac{L}{v_0}$$

##### 粒子在离开电场时的速度

$$v = \sqrt{v_0^2 + \left(\frac{qUL}{mdv_0}\right)^2}$$

##### 粒子运动的侧移量

$$y = \frac{qUL^2}{2mdv_0^2}$$

##### 粒子运动的偏向角

$$\varphi = \arctan \frac{qUL}{mdv_0^2}$$

##### 带电粒子在电场中的轨迹

抛物线

### 对带电粒子重力的处理

对于质量很小的基本粒子，如电子、质子等，它们受到重力的作用一般远远小于静电力，故可以忽略不计

对于带电小球、带电油滴、带电颗粒、带电液滴、带电尘埃等，除有说明或有明确的暗示外，处理问题一般都不能忽略重力

# 26. 恒定电流

## 基本定律

电阻定律  $R = \rho \frac{l}{S}$

欧姆定律  $I = \frac{U}{R}$

闭合电路的欧姆定律  $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$

焦耳定律  $Q = I^2 R t$

## 基本概念

电流

$$I = \frac{q}{t}$$

电压

定义式

$$U = \frac{W}{q}$$

计算式

$$U = IR$$

电阻

定义式

$$R = \frac{U}{I}$$

决定式

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

电动势

描述电源内部非静电力做功，将其他形式的能转化为电能本领的物理量

公式

$$\varepsilon = \frac{W}{q}$$

电功

$$W = qU = IUt$$

电功率

$$P = \frac{W}{t} = UI$$

热功率

$$P = \frac{Q}{t} = I^2 R$$

## 简单逻辑电路

“与”门电路, “and”

“或”门电路, “or”

“非”门电路, “not”

## 串联电路的特点

串联电路中各处电流都相等

串联电路中总电压等于各部分电路电压之和

串联电路中总电阻等于各部分电路电阻之和

串联电路中各部分电路两端电压与其电阻成正比

## 并联电路的特点

并联电路中总电流等于各支路中电流之和

并联电路中各支路两端的电压都相等

并联电路总电阻的倒数等于各支路电阻倒数之和

# 27. 欧姆定律 电阻定律

### 电阻

- 定义：导体两端电压和通过导体的电流的比值
- 定义式： $R = \frac{U}{I}$
- 单位： $\Omega$  欧姆

### 电阻定律

- 内容：在温度不变时，导体的电阻R与它的长度L成正比，与它的横截面积S成反比
- 公式： $R = \rho \frac{l}{S}$

### 电阻率

- 计算公式： $\rho = \frac{RS}{l}$
- 物理意义：反映了材料导电性能的好坏
- 半导体和超导体

### 欧姆定律

- 内容：导体中的电流I跟导体两端的电压U成正比，与导体的电阻R成反比
- 公式： $I = \frac{U}{R}$
- 适用条件：金属导电和电解液导电

### 电流

- 定义：电荷的定向移动
- 定义式： $I = \frac{q}{t}$
- 物理意义：单位时间内通过导线某一截面的电荷量
- 单位：安培，符号A
- 形成：电源的电动势形成了电压，继而产生了电场力，在电场力的作用下，处于电场内的电荷发生定向移动，形成了电流
- 方向：正电荷定向移动的方向
- 恒定电流：方向和大小都不随时间改变的电流
- 微观表达式： $I = nqvS$

### 电动势

- 定义：非静电力把正电荷从负极移动到正极所作的功与被移送的电荷量的比值
- 公式： $\epsilon = \frac{W}{q}$
- 单位：伏特，符号V
- 物理意义：电源内部非静电力做功把其他形式的能量转化为电能

### 电压

- 定义：也称作电势差或电位差，是衡量单位电荷在静电场中由于电势不同所产生的能量差的物理量
- 定义式： $U = \frac{W}{q}$
- 计算式： $U = IR$

串并联电路特点

# 28.焦耳定律 闭合电路的欧姆定律

## 简单的逻辑电路

- “与”门电路, “and”
- “或”门电路, “or”
- “非”门电路, “not”

## 闭合电路的欧姆定律

闭合电路的电流跟电源电动势成正比, 跟内、外电路的电阻之和成反比

$$I = \frac{\epsilon}{R + r}$$

- 适用范围: 纯电阻电路
- 计算闭合电路的相关物理量

## 电功和电热的关系

- 性质不同
  - 电功是电流将电能转换成其他形式能量的过程所做的功
  - 电热是电流通过导体时, 导体产生的热量
- 转化能量不同
  - 电功是电能转化为其他各种形式能量, 如动能、化学能、内能
  - 电热是电能转化为内能
- 用途不同
  - 利用电功原理可以制成各种电机机械器, 如, 电灯、洗衣机、电炉、电车、电脑等
  - 利用电热原理可以制成各种电热器, 例如电烙铁、电炉、电烤箱、热水器、电孵化箱等

## 电功

- 定义: 在一段电路中电场力所做的功
- 公式:  $W = qU = UIt$
- 单位: 焦耳, 符号J

## 电功率

- 定义: 单位时间内电流做的功
- 公式:  $P = \frac{W}{t} = UI$
- 单位: 瓦特, 符号W

## 焦耳定律

- 内容: 电流通过导体产生的热量跟电流的二次方成正比, 跟导体的电阻及通电时间成正比
- 公式:  $Q = I^2 Rt$
- 微观解释: 导体中定向移动的电子要频繁地与金属正离子碰撞, 使金属正离子热运动加剧
- 实质: 电能通过电流做功转化为内能

## 热功率

- 定义: 单位时间内的发热量
- 公式:  $P = \frac{Q}{t} = I^2 R$
- 单位: 瓦特, 符号W

# 29. 磁场

## 带电粒子在匀强磁场中的运动

### 洛伦兹力

- 定义: 运动电荷在磁场中所受的力
- 方向: 用左手定则判定
- 大小:  $f = qvB\sin\theta$
- 特点: 洛伦兹力总是不做功
- 作用: 磁场对运动电荷的作用

### 安培力

- 定义: 通电导线在磁场中受到的力
- 方向: 用左手定则判定
- 大小:  $F = BIL\sin\theta$

### 匀强磁场

- 定义: 磁感应强度处处大小相等, 方向相同
- 特点: 磁感线是一系列疏密间隔相同的平行直线

## 磁现象、磁场、磁感应强度

### 磁感线、磁通量

### 几种常见的磁场

直线电流的磁场

环形电流的磁场

通电螺线管的磁场

### 安培分子电流假说

#### 内容

安培认为在原子、分子等物质微粒的内部, 存在着一种环形电流-分子电流, 使每个微粒成为微小的磁体, 分子的两侧相当于两个磁极

#### 对有关磁现象的解释

#### 磁现象的本质

分子电流是由原子内部电子的运动形成的。揭示了磁铁的磁场和电流的磁场一样, 都是由电荷的运动产生的

### 地磁场

# 30. 磁场 磁感应强度

**磁现象**  
磁性：物体具有吸引铁质物体的性质  
磁极：磁性最强的区域

**磁场**  
定义：传递实物间磁力作用的场。磁场是一种看不见、摸不着的特殊物质  
性质：对放入其中的磁体或电流产生力的作用  
产生：磁场是由运动电荷或电场的变化而产生的  
方向：小磁针北极受力的方向

**磁感应强度**  
定义：描述磁场强弱和方向的物理量，是矢量，常用符号B表示  
公式： $B = \frac{F}{IL}$   
单位：特斯拉，符号T  
方向：小磁针静止时N极所指的方向  
物理意义：表示磁场强弱的物理量

**磁感线**  
定义：曲线上每点的切线方向与该点的磁感应强度方向相同  
特点：线的疏密程度表示磁场的强弱  
不相交、不中断的闭合曲线  
假想的物理模型

**地磁场**  
地球上南极为地磁北极  
地球上北极为地磁南极

**磁性材料**  
分为抗磁性物质、顺磁性物质、铁磁性物质、反铁磁性物质和亚铁磁性物质

**磁通量**  
定义：设在磁感应强度为B的匀强磁场中，有一个面积为S且与磁场方向垂直的平面，磁感应强度B与面积S的乘积称为磁通量  
公式： $\Phi = B \cdot S \sin\alpha$   
单位：韦伯，符号Wb

**匀强磁场**  
定义：磁感应强度处处大小相等，方向相同  
特点：磁感线是一系列疏密间隔相同的平行直线

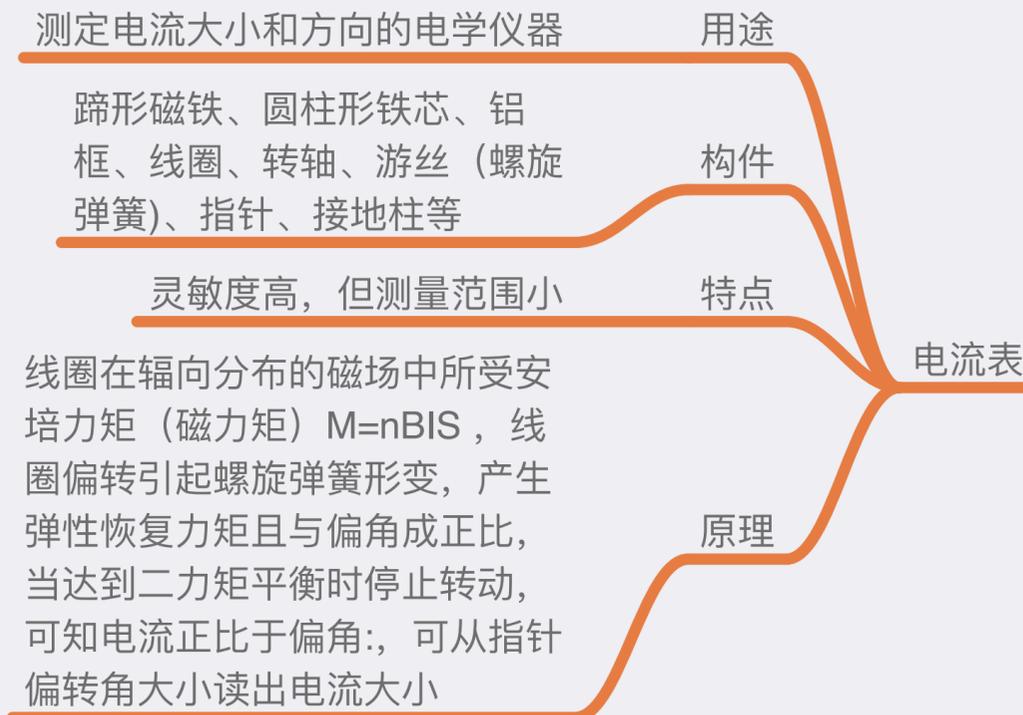
**安培分子电流假说**  
内容：安培认为在原子、分子等物质微粒的内部，存在着一种环形电流-分子电流，使每个微粒成为微小的磁体，分子的两侧相当于两个磁极

**安培分子电流假说**  
对有关磁现象的解释  
磁现象的本质：分子电流是由原子内部电子的运动形成的。揭示了磁铁的磁场和电流的磁场一样，都是由电荷的运动产生的

**几种常见的磁场**  
直线电流的磁场  
环形电流的磁场  
通电螺线管的磁场

**安培定则**  
用来判断电流磁场方向的一种方法，也称为右手螺旋定则

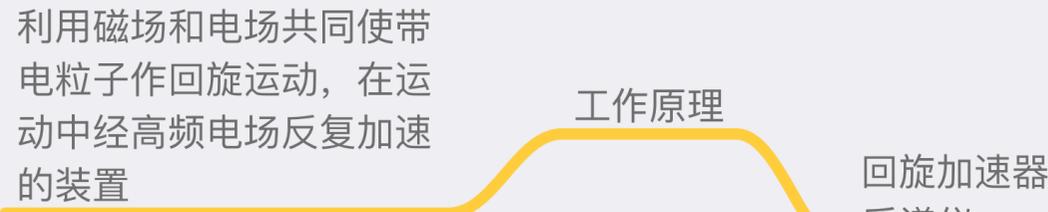
### 31.安培力 洛伦兹力 带电粒子在匀强磁场中的运动



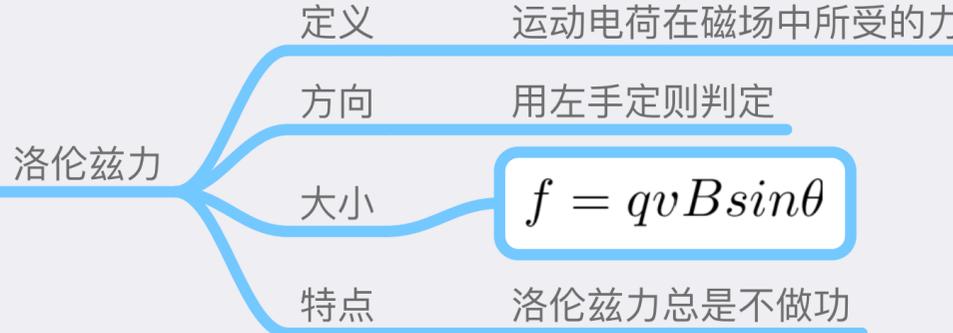
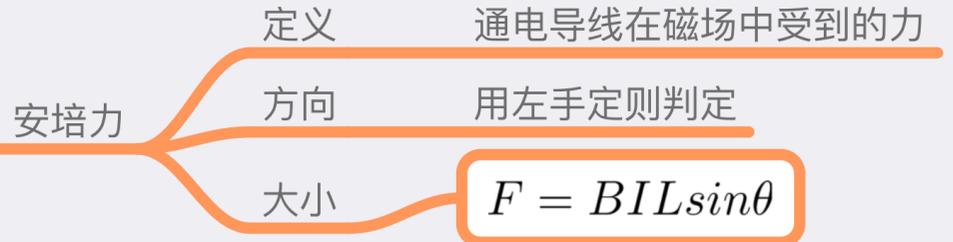
匀强磁场对通电线圈的作用

$$M = nBIS \sin\theta$$

分析计算带电粒子在复合场中的运动规律



特点: 能量稳定性和精确度高, 能大范围、连续、精细地调节能量, 且在调节流强时可以保持能量不变



洛伦兹力提供向心力

$$F = Bvq \Rightarrow Bvq = m \frac{v^2}{r}$$
$$= m\omega^2 r = m(2\pi/T)^2 \cdot r$$

轨道半径公式

$$Bvq = m \frac{v^2}{r} \Rightarrow r = \frac{mv}{Bq}$$

周期公式

$$Bvq = m(2\pi/T)^2 \cdot r \Rightarrow T = \frac{2\pi m}{Bq}$$

# 32. 电磁感应

产生感应电流的条件

定义

大小

单位

自感系数

物理意义

自感

自感现象

自感电动势

定义

表达式

方向

互感现象

楞次定律

内容

感应电流的磁场总是要阻碍引起感应电流的磁通量的变化

对楞次定律的理解

楞次定律是电磁领域的惯性定理，是能量守恒定律的必然结果

右手定则

法拉第电磁感应定律

$$\varepsilon = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

导线切割磁感线时的感应电动势

公式

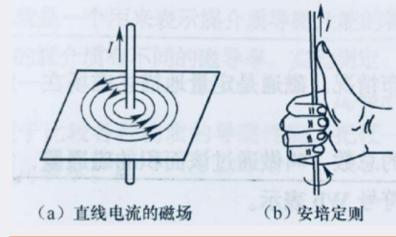
$$\varepsilon = BLv \sin \theta, \varepsilon = \frac{1}{2} B \omega L^2$$

几点说明

两个特例

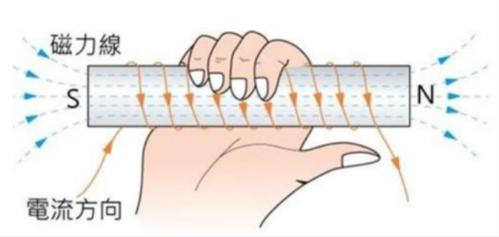
# 33.电磁感应现象 楞次定律

用右手握住通电直导线，让大拇指指向电流的方向，那么四指指向就是磁感线的环绕方向



安培定则1

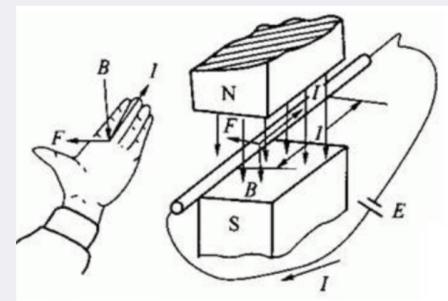
用右手握住通电螺线管，让四指指向电流的方向，那么大拇指所指的那一端是通电螺线管的N极



安培定则2

## 安培定则 (右手螺旋定则)

伸开左手，使拇指与其他四指垂直且在一个平面内，让磁感线从手心流入，四指指向电流方向，大拇指指向的就是安培力方向  
(即导体受力方向)



左手定则

引起磁通量变化的因素

磁感应强度变化；线圈面积变化；磁感应强度与线圈面积两者均变化；

电磁感应

因磁通量变化而产生电流的现象

产生感应电流的条件

电路为闭合回路

穿过回路的磁通量要发生变化

内容

感应电流的磁场总是要阻碍引起感应电流的磁通量的变化

理解

楞次定律是电磁领域的惯性定理，是能量守恒定律的必然结果

楞次定律

判定感应电流方向的步骤

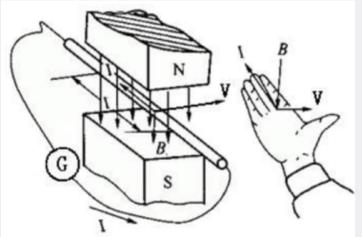
明确原磁场的方向及磁通量的变化情况（增加或减少）

确定感应电流的磁场方向，依“增反减同”确定

用安培定则(右手螺旋定则)确定感应电流的方向

右手定则

伸开右手，让大拇指和其余四指垂直，并跟手掌在同一平面内，让磁感线垂直穿过手心，拇指指向导体运动的方向，那么伸直的的四指方向即为感应电流的方向



# 34. 法拉第电磁感应定律及应用

感应电动势

产生条件

无论回路是否闭合，只要穿过回路的磁通量发生变化，就产生感应电动势

定义

在电磁感应现象中产生的电动势

法拉第电磁感应定律

定义

电路中产生感应电动势的大小，跟穿过这一电路的磁通变化率成正比

公式

$$\varepsilon = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

公式

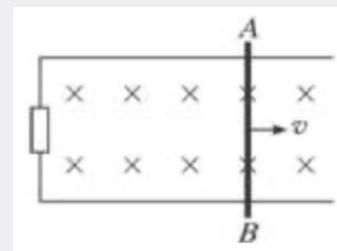
$$\varepsilon = BLv\sin\theta, \varepsilon = \frac{1}{2}B\omega L^2$$

导体运动切割磁感线时的感应电动势

导体运动切割磁感线的感应电动势的几点说明

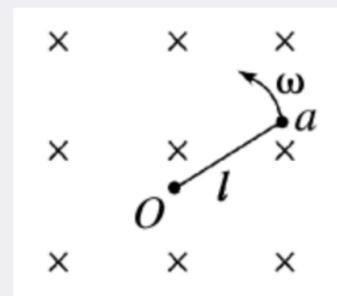
导体运动方向不能平行于磁场方向

产生的感应电动势是由于导体内部的自由电子受到洛伦兹力的宏观表现



$$\varepsilon = BLv\sin\theta$$

导体切割磁感线的感应电动势的两个特例



$$\varepsilon = \frac{1}{2}B\omega L^2$$

右手定则判断产生感应电动势方向

电磁感应现象中的动力学问题及功能分析

# 35.电磁感应与现代生活

## 互感现象

### 互感的定义

当一线圈中的电流发生变化时，在临近的另一线圈中产生感应电动势，叫做互感现象

### 互感电动势

由互感现象产生的电动势

## 自感现象

### 自感的定义

由于导体本身电流的变化而产生的电磁感应现象叫做自感现象

### 自感电动势

#### 定义

在自感现象中产生的电动势

#### 表达式

$$\varepsilon = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

#### 方向

总是阻碍导体中原来电流的变化

### 分析方法

## 自感系数

### 定义

$$\varepsilon = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

上式中的比例系数L叫自感系数

### 大小

线圈的长度越长，面积越大，单位长度上的匝数越多，线圈的自感系数越大

### 单位

亨利，符号H

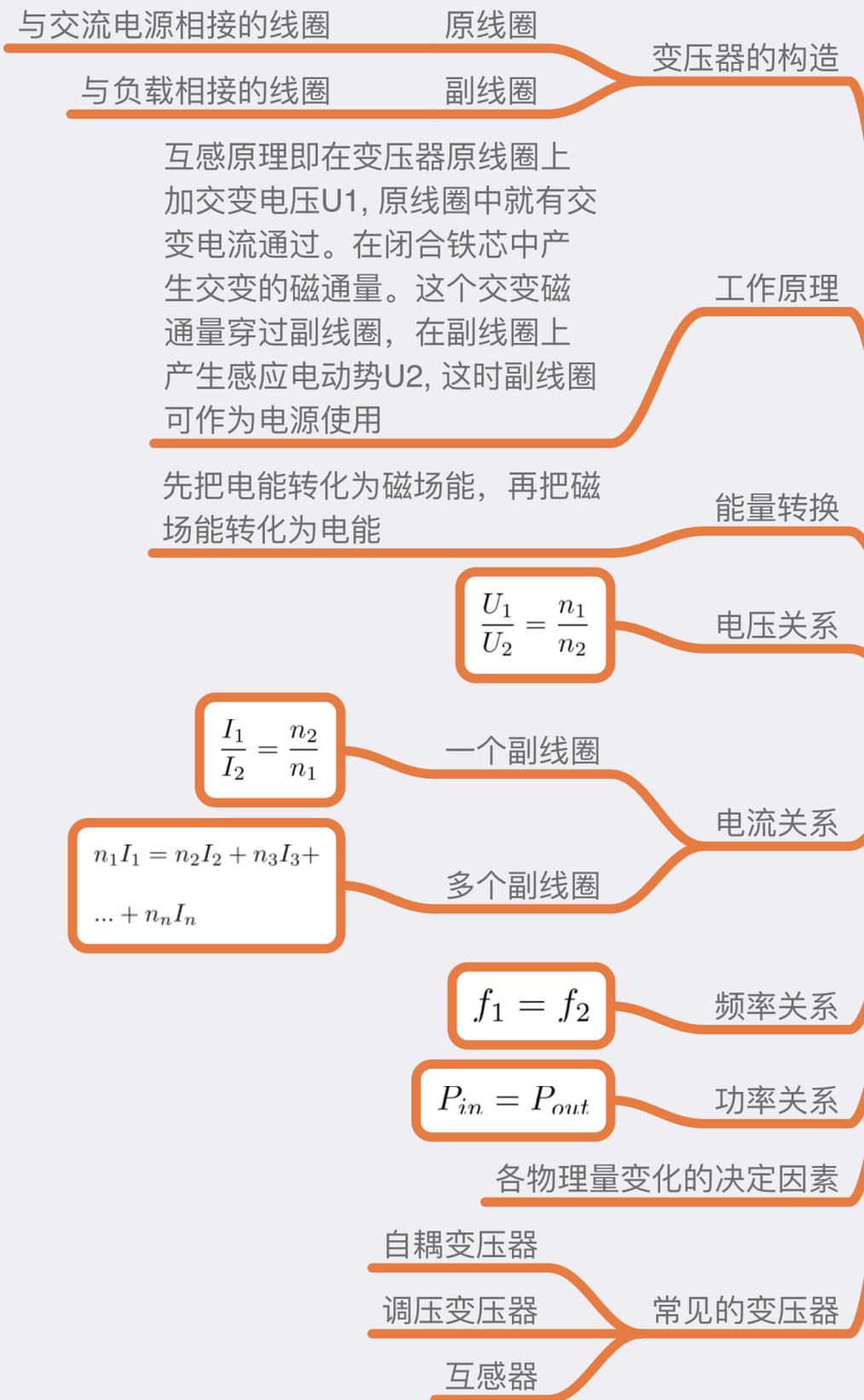
### 物理意义

表征线圈产生自感电动势本领大小的物理量

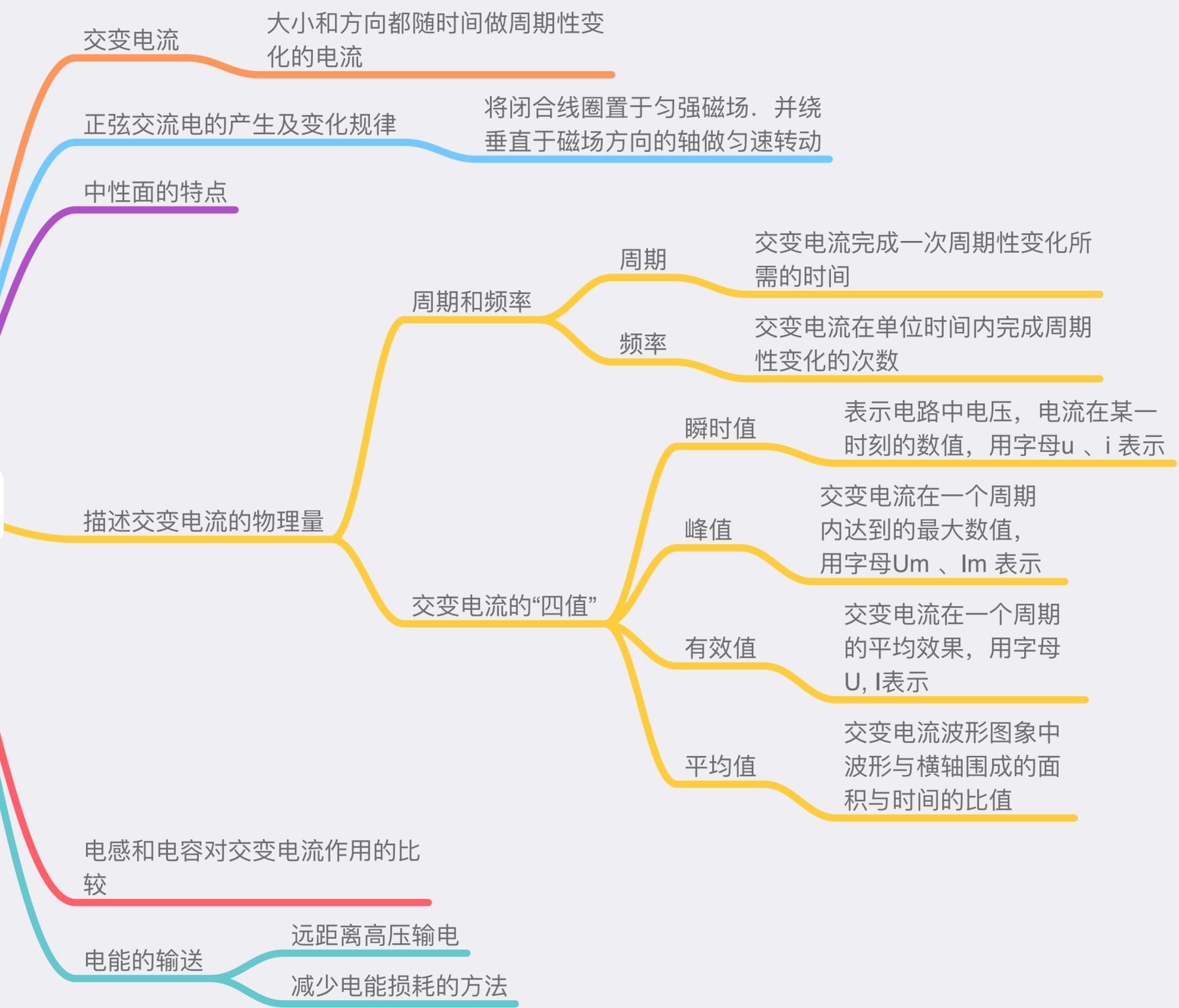
## 应用

### 涡流

### 日光灯的镇流器



## 36. 交变电流



# 37.电磁波

## 麦克斯韦的电磁理论的两个基本论点

变化的磁场能生成电场

变化的电场能生成磁场

## 形成原因

变化的电场会产生磁场,变化的磁场则会产生电场,两者构成了一个不可分离的统一的电磁场,而变化的电磁场在空间的传播形成了电磁波

## 特点

电磁波是横波

电磁波传播时不需要介质

电磁波具有波的共性

电磁波可以脱离“波源”独立存在

## 定义

电磁系统中, 储能元件内电能与磁能不断相互转换的过程叫做电磁振荡

## 振荡电流的产生

振荡电流是一种交变电流, 是一种频率很高的交变电流, 它无法用线圈在磁场中转动产生, 只能是由振荡电路产生, 其中最简单的振荡电路叫LC回路

## 电磁振荡的周期和频率

$$T = 2\pi\sqrt{LC}; f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

## 电磁波

## 电磁波的发射和接收

无线电波波段的划分

无线电波的发射

无线电波的接收

## 电磁波和信息的传递

电视

雷达

## 电磁波和信息化社会

手机、互联网和5G通信

## 电磁波谱

各种电磁波的性质和用途

各种电磁波谱的产生方式

电磁波的能量

太阳辐射

# 38.相对论简介

## 广义相对论简介

在任何参考系中，物理规律都是相同的

广义相对性原理

一个均匀的引力场与一个做匀加速运动的参考系是等价的

等效原理

## 广义相对论的几个结论

物质的引力使光线弯曲

引力场的存在使得空间不同位置的时间进程出现差别

$$u = \frac{u' + v}{1 + \frac{u'v}{c^2}}$$

u为物体相对S系速度，u'为物体相对S'系速度，v是S'系与S系的相对速度

相对论速度的变换公式

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}}$$

相对论质量

$$E = mc^2$$

质能方程

## 狭义相对论的其他结论

## 经典的相对论原理

惯性系

如果牛顿运动定律在某个参考系中成立，这个参考系叫做惯性系，相对一个惯性系做匀速直线运动的另一个参考系也是惯性系

伽利略相对性原理

力学规律在任何惯性系中都是相同的

## 狭义相对论的两个基本假设

狭义相对性原理

在不同惯性参考系中，一切物理定律都是相同的

光速不变原理

真空中的光速在不同惯性参考系中都是相同的

## 时间和空间的相对性

牛顿的绝对时空观是建立在存在无限大传播速度基础上的

相对论时空观则建立在只存在有限的最大传播速度的基础之上的

# 39.波粒二象性

光的波粒二象性  
光的波动性和粒子性的统一  
粒子的波动性  
物质波  
$$\lambda = \frac{h}{p}$$

粒子的位置与动量不可能同时被确定  
不确定性关系  
$$\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$$

经典的粒子和经典的波  
薛定谔方程  
概率波

## 能量量子化

黑体与黑体辐射  
黑体辐射的实验规律

能量量子  
$$E = h\nu$$
  
振动着的带电微粒的能量只能是某一最小能量值E的整数倍，这个不可再分的最小能量值E叫做能量子

## 光的粒子性

光电效应  
在高于某特定频率的电磁波（该频率称为极限频率）照射下，某些物质内部的电子吸收能量后弹出而形成电流

爱因斯坦的光电效应方程  
$$E_k = h\nu - W_0$$

康普顿效应  
X射线或伽马射线的光子与物质相互作用，因失去能量而导致波长变长的现象

光子的动量  
$$p = \frac{h}{\lambda}$$

# 40.原子结构

在玻尔模型中，原子的可能状态是不连续的，因此各状态对应的能量也是不连续的，这些能量值叫能级

## 能级

能级图

公式

$$E_n = \frac{E_1}{n^2}$$

## 玻尔的原子模型

玻尔理论的基本假设

玻尔理论对氢光谱的解释

## 氢原子的光谱

连续谱

线状谱

光谱

光谱分析

氢原子光谱的实验规律

## 电子的发现

阴极射线

电子

电子的电荷量

$$e = 1.602177 \times 10^{-19} C$$

电子的质量

$$m_e = 9.109389 \times 10^{-31} kg$$

## 原子跃迁的条件和规律

原子（或分子、离子）总是力图使自己的能量状态处于基态上，被激发到高能级后的粒子，力图回到基态上去，与此同时放出激发时所吸收的能量

自发跃迁

受激跃迁

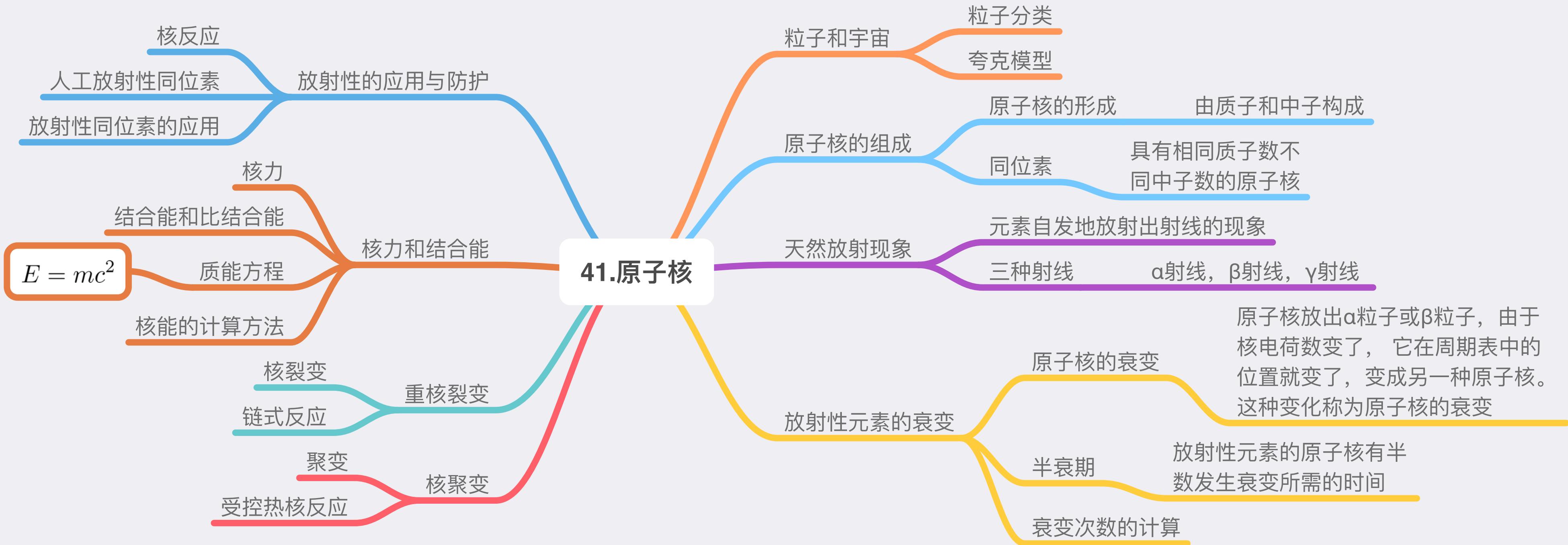
## 光子的发射和吸收

## 原子的核式结构模型

$\alpha$ 粒子的散射实验

原子的核式结构

原子核的电荷和尺度



## 42. 实验与探究

### 力学实验

研究匀变速直线运动

探究弹力和弹簧伸长的关系

验证力的平行四边形定则

探究加速度与力、质量的关系

研究平抛物体的运动规律

探究动能定律

验证机械能守恒定律

探究单摆的运动 用单摆测定重力  
加速度

验证动量守恒定律

设计性实验

### 实验基础知识

### 电学实验

测定金属的电阻率

描绘小灯泡的伏安特性曲线

把电流表改装成电压表

测定电源电动势和内阻

练习使用示波器

练习使用万用表

传感器的简单应用

### 热学、光学实验

用油膜法估测分子的大小

测定玻璃的折射率

用双缝干涉测光的波长