

## 网页较大预警

高考完继续留遗产.....

整理了一下笔记，也许是面向后来要补文化课的竞赛选手的。本来想高考前发出来的，结果本地Markdown语法和博客的Markdown语法解析不兼容，高考前不想浪费时间，现在花了较长时间调整可以放出来了。也是由于语法解析不兼容的缘故，已经尽可能修正了，最后Markdown排版还是有点小问题，凑合看吧。而且公式比较多，网页解析可能比较慢，稍等一会儿即可。

虽然自己挺菜的，不过感觉整理的比较全面，除了一些特别简单和特别超纲的知识点就没有涉及，可能存在少部分超纲内容，仅供参考(面向对象也许是全国I卷570~640吧，这个说不好，主要是高考之前也不敢乱说)。

免责声明: 文章中存在错误是难免的，后果自负，欢迎大佬联系指正或默默走开。且据目前统计来看有较大概率出现错别字。

物理选修只整理了热学选修。

对于物理学科来说，总感觉自己总结的比较不够，首先物理和数学一样，需要大量题目训练、计算能力和智商；其次自己物理也学得不咋样，可能比较缺陷不完善.....建议以题目训练为主，3-3和3-5多看看书。

高考加油!!!

# 力、运动与力学实验

## 1. 速度中值公式

$$v_{t/2} = \frac{v_0 + v_t}{2}$$
$$v_{x/2} = \sqrt{\frac{v_0^2 + v_x^2}{2}}$$

2.  $1\text{m/s} = 3.6\text{km/h}$ 。

3. 从静止开始的匀加速直线运动:  $v_t \propto t$ ,  $v_{nx_0} \propto \sqrt{n}$ ;  $x_t \propto t^2$ ,  $t_{nx_0} \propto \sqrt{n}$ ;  
 $(x_t - x_{t-1}) \propto (2t - 1)$ ,  $(t_{nx_0} - t_{(n-1)x_0}) \propto (\sqrt{n} - \sqrt{n-1})$ 。
4. 平抛运动: 速度的反向延长线过水平位移中点(二次函数求导可证)。
5. 物体的真实运动方向永远是合速度方向, 通过绳、杆固定连接则在沿绳、杆方向分速度相同, 与杆接触旋转则角速度方向相同。
6. 逐差法(以 $a$ 为加速度的匀加速运动,  $x_n$ 表示第 $n-1$ 到第 $n$ 个单位时间 $T$ 内的位移)

$$\begin{aligned} x_n - x_{n-1} &= aT^2 \\ \frac{x_m - x_n}{m - n} &= aT^2 \\ \frac{\sum_{i=m}^{m+l-1} x_i - \sum_{i=n}^{n+l-1} x_i}{l(m - n)} &= aT^2 \end{aligned}$$

## 7. 力

- 合力:  $|F_1 - F_2| \leq F_{\text{合}} \leq |F_1 + F_2|$ 。
- 不同介质的力

弹簧弹力方向总是沿着弹簧收缩或拉伸的方向。不能突变。

轻绳拉力方向总是沿着轻绳收缩或拉伸的方向。可以突变。绳两端沿绳速度、沿绳加速度、角速度均相等。

杆固定于转轴时弹力方向总是沿着杆的方向。可以突变。杆两端沿杆速度、沿杆加速度、角速度均相等。

杆固定时弹力方向任意。可以突变。注意对于不共点力, 应用杠杆原理, 故弹力方向任意。

接触面弹力总是垂直于接触面方向。可以突变。

- 相似三角形求解变角度力问题
- 超重: 加速度竖直分量向上。

失重: 加速度竖直分量向下。当 $a = g$ 时完全失重。

- 弹簧 $F = kx$

并联 $k' = k_1 + k_2$

串联 $k' = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$

截取 $\frac{m}{n}$ 的一段 $k' = \frac{n}{m}k$

弹性势能 $E_p = \frac{1}{2}kx^2$

## 8. 实验原理:

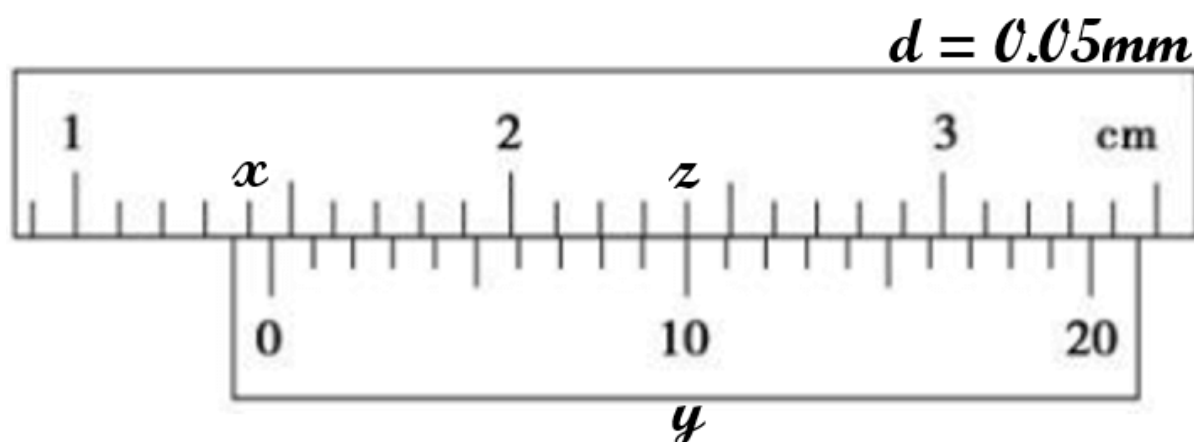
- 控制变量法
- 等效替代法: 某些量不易测量, 用其他量替代。如验证动量守恒, 速度不易测量, 用平抛水平位移替代。
- 理想模型法: 如伏安法测电阻使用合适的内外接方法后忽略电表的非理想性。
- 比值定义法
- 微量放大法: 如卡文迪许测量 $G$ 。
- 模拟法: 物理、数学模型相同或类似的情况相互代替。如电场与磁场相互代替。

9. 电磁打点计时器:  $4 \sim 6V$ ,  $50Hz$ 。

电火花打点计时器:  $220V$ ,  $50Hz$ 。

10. 仪器读数:

- 游标卡尺



读数  $l = x + dy(mm)$  或  $l = z - y + dy(mm)$ 。如上图读数为:

$$x = 1.4cm = 14mm$$

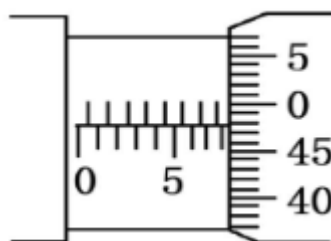
$$y = 10$$

$$d = \frac{1}{20}mm = 0.05mm$$

$$z = 2.4cm = 24mm$$

$$l = x + dy = z - y + dy = 14.50mm$$

- 螺旋测微器(又称千分尺, 精确度在  $0.01mm \pm 0.005mm$  数量级, 主尺单位为  $mm$ )



如上图读数为:  $8.0mm + 0.478mm = 8.478mm$

- 欧姆表

11. 实验注意事项:

- 任何时候纸带、细绳、弹簧测力计等和平面平行为保证受力、运动沿平面方向。
- 先接通电源再释放小车，先断开电源再取纸带。
- 在时间测量精度允许范围内，小车的速度、加速度应适当增大，时间应尽量缩短。
- 是否平衡摩擦力
- 是否需要  $M \gg m$

## 圆周运动

1.  $F_n = ma_n = m \frac{v^2}{r} = m\omega^2 r$  匀速圆周运动

$F_n > ma_n$  近心运动

$F_n < ma_n$  离心运动

2. 竖直平面内的圆周运动:

管道、杆最小条件: 顶部  $v = 0$ , 底部  $v = 2\sqrt{gR}$ 。

轨道、绳最小条件: 顶部  $v = \sqrt{gR}$ , 底部  $v = \sqrt{5gR}$ 。

轨道、绳当  $v < \sqrt{gR}$  时脱离点位置计算: 脱离点轨道和绳对小球没有作用力, 重力指向圆心的力提供向心力, 记最低点  $C$ , 脱离点  $A$  圆心角为  $\theta$ , 那么有:

$$\begin{aligned}\frac{mv_A^2}{R} &= mg \sin \theta \\ h_A &= R(1 + \sin \theta) \\ \frac{1}{2}mv_A^2 &= \frac{1}{2}mv_C^2 - mgh_A\end{aligned}$$

即可解出  $v_A, h, \theta$ 。

3. 开普勒三定律

- 椭圆定律: 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。
- 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。
- 调和定律:

$$\frac{a^3}{T^2} = \frac{GM}{4\pi^2} = K_M$$

对于圆周运动有  $R = a$ , 但要注意  $\frac{GM}{4\pi^2}$  本身对椭圆也适用。  $G \approx 6.67 \times 10^{-11}$ 。或记为  $\omega^2 a^3 = GM$ 。

4. 第一宇宙速度:

$$v_1 = \sqrt{gR_{\oplus}} = \sqrt{\frac{GM}{R_{\oplus}}} \approx 7.9 \text{km} \cdot \text{s}^{-1}$$

(对于一个其他中心星体而言,  $R_{\oplus}$  替换为其半径)

第二宇宙速度:

$$v_2 = \sqrt{2gR_{\oplus}} = \sqrt{2\frac{GM}{R_{\oplus}}} \approx 11.2 \text{km} \cdot \text{s}^{-1}$$

(对于一个其他中心星体而言,  $R_{\oplus}$  替换为其半径)

第三宇宙速度:

$$v_3 = 16.7 \text{km} \cdot \text{s}^{-1}$$

(只针对地球所在太阳系而言)

## 5. 万有引力定律与天体运动

$$F_G = G \frac{Mm}{R^2}$$

$$G \approx 6.67 \times 10^{-11}.$$

仅在万有引力作用下匀速圆周运动时有:

$$a_n = G \frac{M}{R^2} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

常用结论:

$$GM = gR^2$$

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

$$\omega = \frac{v}{R} = \sqrt{\frac{GM}{R^3}}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{R^3}{GM}}$$

$$M = \frac{4\pi^2 R^3}{GT^2}$$

$$\rho = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R_{\oplus}^3} = \frac{3\pi}{GT^2} \cdot \frac{R^3}{R_{\oplus}^3} = \frac{3v^2}{4\pi G} \cdot \frac{R}{R_{\oplus}^3}$$

$$\rho = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R_{\oplus}^3} = \frac{3g_{\oplus}}{4\pi R_{\oplus} G}$$

其中 $g$ 表示距离球心距离为 $R$ 的位置的重力加速度, 因为有 $F_G = F_n + G$ , 因此只有 $F_n$ 可忽略不计时使用。

向心加速度与重力加速度:

- 向心加速度:  $a_R = F_{\text{向}}/m = \omega^2 R = v^2/R$ 。
- 同步加速度:  $a_{\oplus,R} = \omega_{\oplus}^2 R$ 。注意区分  $a_{\oplus,R}$ ,  $a_{R,\oplus}$  和  $a_{\oplus,R_{\oplus}}$ , 三者并不一样。
- 引力加速度:  $a_{G,R} = F_{\text{引}}/m = GM/R^2$ 。
- 重力加速度:  $g_R = a_{G,R} - a_R = (F_{\text{引}} - F_{\text{向}})/m$ 。定义重力加速度 = 引力加速度 - 同步加速度恒成立。

两极地区:  $a_R = a_{\oplus,R} = 0$ ,  $a_{G,R} = g_R = GM/R^2$ 。(此时在地球表面, 对于  $a_{G,R}$  和  $g_R$  有  $R = R_{\oplus}$ , 两极地区无圆周运动, 对于  $a_R$  和  $a_{\oplus,R}$  有  $R = 0$ )

赤道地区:  $a_R = a_{\oplus,R} \rightarrow 0$ ,  $g_R \rightarrow a_{G,R} = GM/R^2$ 。(此时在地球表面, 有  $R = R_{\oplus}$ ; 赤道地面物体向心加速度即同步加速度, 对于地球来说可以忽略)

近地表面:  $a_R = \omega^2 R = a_{G,R} = GM/R^2$ ,  $a_{\oplus,R} \rightarrow 0$ ,  $g_R \rightarrow a_{G,R} = GM/R^2$ 。

同步卫星:  $a_R = a_{\oplus,R} = a_{G,R} = GM/R^2$ ,  $g_R = 0$ 。

注意向心加速度、引力加速度和同步加速度都不是真实存在的加速度, 因此两者都不干扰受力分析, 也相互不干扰。

所有脱离地面的天体运动都有  $a_R = a_{G,R}$ ; 当同步加速度可忽略不计时才可使用  $g_R R^2 = GM$  以及有关  $g_R$  的结论; 当卫星运动半径小于同步卫星半径时  $g_R > 0$ , 当半径大于同步卫星半径时  $g_R < 0$ !

$\omega_{\oplus}$  是一个中心天体的固有属性(中心天体自转速度), 不随其他因素改变。

天体能量:

$$\begin{aligned} E_k &= \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\frac{GM}{r} \\ E_p &= -\int_r^{+\infty} \frac{GMm}{r^2} = -\frac{GMm}{r} \\ E &= E_k + E_p = -\frac{1}{2}\frac{GMm}{r} \end{aligned}$$

因此轨道半径越大时, 动能越小、势能越大、总能量越大。

双星系统:

$$\frac{R^3}{T^2} = \frac{G(m_1 + m_2)}{4\pi^2}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

或记为  $\omega^2 R^3 = G(m_1 + m_2)$ 。

椭圆与圆问题: 近地点椭圆速度 > 近地点内切圆速度 > 远地点外接圆速度 > 远地点椭圆速度。椭圆短轴处速度与圆速度关系不确定, 不过对于已知椭圆和椭圆近地点或远地点的速度, 可以通过能量守恒计算出其在椭圆短轴处的速度。

同步卫星:  $T = 86400(\text{s})$ ,  $h = 35800(\text{km})$ ,  $v = 3.08(\text{km/s})$ 。

## 能量

### 1. 恒加速度启动

$$P = Fv = [(f + ma)a]t$$

故  $P - t$  图像为过原点的直线。  $v - t$  图像为过原点的直线。

恒功率启动

$$a = \frac{F - f}{m} = \frac{\frac{P}{v} - f}{m} = \frac{P}{m} \cdot \frac{1}{v} - \frac{f}{m}$$

故  $a - 1/v$  图像为一次函数。  $v - t$  图像为斜率递减, 最后  $v_m = \frac{P}{f}$  的曲线(注意不是收敛而是可以达到)。

例如: 一个质量为  $m$  的物体, 已知最大功率  $P_m$ , 最大速率  $v_m$ , 恒加速度  $a$  启动达到  $P_m$  后恒定功率再加速  $t_2$  时间达到最大速度, 摩擦力恒定。

$$f = \frac{P_m}{v_m}, F_1 = f + ma, v_1 = \frac{P_m}{F_1}, t_1 = \frac{v_1}{a}, x_1 = \frac{v_1}{2}t = \frac{1}{2}a_1t^2, W_{F_1} = F_1x_1,$$

$$W_{f_1} = fx_1, W_{F_2} = P_mt_2, W_{f_2} = W_{F_2} - \frac{1}{2}m(v_m^2 - v_1^2), x_2 = \frac{W_{f_2}}{f}。$$

### 2. 摩擦力做功

	$f$ 对物体做功 $W_1$	$f$ 对传送带做功 $W_2$	$f$ 发热 $Q$
物体在水平传送带上加速	$fx_1$	$-fx_2$	$f(x_2 - x_1)$
物体在水平传送带上匀速	0	0	0
物体在水平传送带上减速	$-fx_1$	$fx_2$	$f(x_1 - x_2)$

都有 $W_1 + W_2 + Q = 0$ 。

注意含有传送带时不能使用整体能量守恒，因为驱动传送带的电能未知。

物体受静/动摩擦力可能做正功(两个物体共速加速/传送带)，可能不做功(相对运动趋势/另一个物体移动)，可能做负功(两个物体共速减速/摩擦)。

一对静摩擦力总功一定为0( $x_1 = -x_2$ )，一对滑动摩擦力总功一定为负( $-Q$ )。

3. 物体运动速度的能量加法: 以 $v_1$ 运动的速度获得 $\Delta E_k$ 的动能后速度 $v_2 = \sqrt{v_1^2 + \frac{2\Delta E_k}{m}}$ 。

4. 几乎所有公式速度、位移等物理量以底面为参考系，除摩擦力做功 $Q = f\Delta x$ ，圆周运动向心加速度 $a = \frac{(\Delta v)^2}{r}$ ，弹簧弹力 $F = k\Delta x$ 。

# 动量

## 1. 动量

Date \_\_\_\_\_

**动量**

$p$  动量:  $mv$  总是沿速度方向  
 $I$  冲量:  $Ft$  总是沿力方向

冲量定理: 合外力冲量等于动量增量  
 $I = \Delta p$   
 $Fat = \cancel{m} \Delta v$   
 $F(t_2 - t_1) = m(v_2 - v_1)$

$\vec{I} = \vec{F}t$  总是沿力的方向  
 $Ns = kgms$

动量守恒定律: 一个系统 (多个运动状态不同的物体)  
 只在  
 ① 不受外力(合外力为0)  
 ② 受外力但外力作用时间极短或内力远大于外力 如: 碰撞 爆炸 反冲  
 ③ 某一方向上合外力为0, 在这一方向上

系统动量矢量和为定值

时

需要特别注意使用动量守恒的条件!!!



2. 动量定理:  $\bar{I} = \Delta p$ 。对于变方向力, 冲量的方向不方便确定。

### 3. 弹性碰撞

当一个物体 $m$ 速度为 $v_1$ 和一个物体 $M$ 速度为 $v_2$ 发生弹性碰撞时:

$$\begin{aligned}v_1' &= \frac{m - M}{m + M}v_1 + \frac{2M}{m + M}v_2 \\v_2' &= \frac{M - m}{m + M}v_2 + \frac{2m}{m + M}v_1\end{aligned}$$

推论: 碰撞后相对速度反向, 即 $v_2' - v_1' = v_1 - v_2$ 。

特别地, 当一个物体 $m$ 以 $v_1$ 速度撞向静止的 $M$ 时:

$$\begin{aligned}v_1' &= \frac{m - M}{m + M}v_1 \\v_2' &= \frac{2m}{m + M}v_1\end{aligned}$$

推论: 碰撞后相对速度反向, 即 $v_2' - v_1' = v_1 - v_2 = v_1$ 。

### 4. 完全非弹性碰撞

记相对速度的平方 $u^2 = (v_1 - v_2)^2$ , 有非弹性碰撞中能量损失等于半折合质量乘以相对速度的平方, 即:

$$\Delta E = \frac{1}{2} \cdot \frac{mM}{m + M} \cdot u^2$$

特别地, 当物体 $M$ 的速度 $v_2 = 0$ 时, 损失的能量:

$$\Delta E = E_{k1} \frac{M}{m + M}$$

### 5. 小船推论

在完全非弹性碰撞的逆过程中(如剪断弹簧细线、火药爆炸)两物体运动时间相同、和动量为零, 则有:

$$\begin{aligned}\because mv_1 + Mv_2 &= 0, t_1 = t_2 \\ \therefore mx_1 + Mx_2 &= 0\end{aligned}$$

### 6. 持续冲击问题:

取一小段时间内经过一个截面的微粒, 运用动量定理, 然后约去 $\Delta t$ 或 $\Delta t$ 过小忽略不计。

如: 高压水枪喷出密度为 $\rho$ 的液体以速度 $v$ 撞击面积为 $S$ 的墙面, 液体撞击墙面后附着在墙面上, 求平均冲击力。

$$\begin{aligned}\bar{F}\Delta t &= \Delta mv \\ F &= v \frac{\Delta m}{\Delta t} = \rho v \frac{\Delta V}{\Delta t} = \rho S v \frac{\Delta x}{\Delta t} = \rho S v^2 \\ \therefore F &= \rho S v^2\end{aligned}$$

7. 安培力冲量(以一匝线圈为例)

$$\Delta Q \begin{cases} = \bar{I} \Delta t \\ = \frac{\bar{E}}{R} \Delta t = \frac{\frac{\Delta \phi}{R}}{\Delta t} \Delta t = \frac{BL\bar{v}}{R} \Delta t = \frac{BL\Delta x}{R} \rightarrow (\Delta Q \propto \Delta x) \\ = \frac{\bar{F}}{BL} \Delta t = \frac{(\bar{F}\Delta t)}{BL} = \frac{\Delta p_{\text{安}}}{BL} \\ = C\Delta U = CBL\Delta v \rightarrow (\Delta Q \propto \Delta v) \end{cases}$$

注意受力不唯一时  $\Delta p_{\text{安}} \neq m\Delta v$ 。

当电路中有电容存在时，联立  $\frac{\Delta p_{\text{安}}}{BL} = \Delta Q = CBL\Delta v$  以及金属杆的受力，往往可以得出金属杆做匀加速直线运动， $\Delta Q \propto \Delta v \propto \Delta t$ 。

计算此类问题时注意看清总电阻  $R$  和匝数  $N$ 。

## 电、电路与电学实验

1. 电场强度: 试探正点电荷在该点所受电场力(矢量)与其所带电荷的比值(矢量)。

$$\begin{aligned}E &= \frac{F}{q} \text{ (通用, 定义)} \\ E &= \frac{U}{d} = \frac{\Delta \varphi}{\Delta x} \text{ (匀强)} \\ E &= \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta \varphi}{\Delta x} \text{ (通用)} \\ E &= k \frac{Q}{R^2} \text{ (点电荷)} \\ \vec{E}_{\text{总}} &= \sum \vec{E}_i\end{aligned}$$

其中  $k \approx 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$ 。总电场强度为各分电场强度矢量和。

注意电场强度方向！

2.  $W_{AB} = qU_{AB}$ 。其中  $W_{AB}$  为将电荷从  $A$  点移到  $B$  点电场力做功。

注意  $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$ ， $q$  带符号。当电荷为电子时，元电荷  $e \approx 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ，故  $1\text{eV} \approx 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$ 。

$W_{AB} = qU_{AB} = U_{AB}I_{AB}t$ 为电功。

电路中电功  $W = UIt$  不一定等于电热  $Q = I^2 Rt$ 。

匀强磁场电势  $\varphi = Ed$ ; 点电荷电势  $\varphi = k\frac{Q}{R}$ 。

### 3. 静电现象

三种起电方式: 摩擦起电(不同绝缘体), 感应起电(导体与带电体不接触), 接触起电(导体与带电导体)。

导体在电场中达到静电平衡状态: 内部合电场强度  $E$  处处为0, 因此内部及表面电势  $\varphi$  处处相等, 导体表面处电场线垂直于导体表面。

静电屏蔽: 利用导体内部电场强度为0屏蔽外界电场。

静电计: 静电计和电容器连接, 张角越大, 说明电容器两端电压(而不是电荷量: 静电计是一个  $C$  极小的电容器, 与电容连接平衡时  $U$  相等,  $U$  越大静电计带电越大, 排斥力越强, 与静电计连接的电容带电量无关)。

### 4. 电路

- 电流强度: 单位时间通过导体横截面的电量。

$$I = \frac{q}{t} = \frac{Ne}{t} = \frac{nVe}{t} = \frac{neSl}{t} = neSv$$

其中  $n$  为数密度, 即单位体积内粒子数:

$$n = \frac{N}{V} = \frac{\rho V}{M} N_A \frac{1}{V} = \frac{\rho N_A}{M}$$

单位体积内电荷数即为单位体积内原子数乘以单个原子的自由电子数。

- 电功率  $P = UI$ 。

对于一个闭合电路: 总电功  $P_{\text{总}} = EI$ ; 输出功  $P_{\text{出}} = U_{\text{外}} I$ ; 电源发热

$$P_{\text{内}} = (E - U_{\text{外}})I = I^2 r = \frac{(E - U_{\text{外}})^2}{r}。$$

外电阻越小, 电流越大, 总功率越大; 外电阻越大, 电流越小, 效率越大。

纯电阻电路内外电阻相等时输出功率最大有  $P = \frac{E^2}{4r^2} = P_{\text{内}}$ , 效率  $\eta = 50\%$ 。

- 电容

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

$$C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$$

其中  $k \approx 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$ ,  $\epsilon_r$  取决于电容中介质性质, 真空为1, 空气和其他气体几乎为1, 玻璃板等物质大于1, 与极板相同材料的有厚度导体视作不改变  $\epsilon_r$  而缩短距离  $d$ 。

。

在存在电源的直流电路中可将电容器视作电压表，在无电源的直流电路中可将电容器视作电源。

## 5. 电学实验

### ○ 伏安法测电阻

分压测量范围 $[0, E]$ ；限流测量范围 $[E - U_R, E]$ 。

分压时滑动变阻器越小越好；限流时滑动变阻器与测量电阻处于相同数量级最好。

分压电路范围大，准确度高；限流电路电路功率小。

注意检查各元件的上界(满偏、额定)和下界(电表1/3满偏)。尤其注意容易忽略滑动变阻器的额定电流限制！

大电阻内接，小电阻外接。比较 $R_x$ 与 $\sqrt{R_V R_A}$ 。

必要时改装电表：并联小电阻扩大电流表量程  $I'_g = (1 + \frac{R_A}{R})I_g$ ；串联大电阻扩大电压表量程  $U'_g = (1 + \frac{R}{R_V})U_g$ 。注意后续题目中的读数是实际值还是表头读数。

### ○ 测定金属电阻率

$R = \rho \frac{l}{S}$ ：螺旋测微器测电阻丝直径并得到横截面积，游标卡尺测量长度，伏安法测电阻。

### ○ 测量电源电动势和内阻

伏安法 $U - I$ 外接(电流表在滑变异侧)： $U = -rI + E$ 。实际式为

$U = -(r + R_A)I + E$ ，读出 $r_{\text{测}} = r + R_A$ 偏大，读出 $E_{\text{测}} = E$ 准确。故电动势准确，内阻偏大，代入 $U = 0$ 时 $I_m$ 偏小。

伏安法 $U - I$ 内接(电流表在滑变同侧)： $U = -rI + E$ 。实际式为

$U = -r(I + \frac{U}{R_V}) + E$ 即 $U = (-Ir + E)/(1 + \frac{r}{R_V})$ ，读出 $r_{\text{测}} = r/(1 + \frac{r}{R_V})$ 偏小， $E_{\text{测}} = E/(1 + \frac{r}{R_V})$ 偏小。故电动势偏小，内阻偏小，代入 $U = 0$ 时 $I_m$ 准确。

伏阻法 $\frac{1}{U} - \frac{1}{R} : \frac{U}{R} = \frac{E}{R+r} \Leftrightarrow \frac{1}{U} = \frac{r}{E} \cdot \frac{1}{R} + \frac{1}{E}$ 。实际式为 $\frac{1}{U} = \frac{r}{E} \cdot (\frac{1}{R} + \frac{1}{R_V}) + \frac{1}{E}$ ，读出 $\frac{r_{\text{测}}}{E_{\text{测}}} = \frac{r}{E}$ 准确， $\frac{1}{E_{\text{测}}} = \frac{1}{E} + \frac{r}{ER_V}$ 偏大。故电动势偏小，内阻偏小。

安阻法 $\frac{1}{I} - R : E = I(R + r) \Leftrightarrow \frac{1}{I} = \frac{1}{E} \cdot R + \frac{r}{E}$ 。实际式为 $\frac{1}{I} = \frac{1}{E} \cdot R + \frac{r+R_A}{E}$ ，读出 $r_{\text{测}} = r + R_A$ 偏大， $\frac{1}{E_{\text{测}}} = \frac{1}{E}$ 准确。故电动势准确，内阻偏大。

### ○ 欧姆表读数

对于万用表做欧姆表和除万用表的其他电表来说，电流红进黑出。其他电表接线柱上"+"表示电流流入，万用表上"+"表示电流流出。

使用前机械调零(只需要一次)，每次测量前如果换挡需要欧姆调零(每次换挡)，读数为电表读数乘以挡数。读数时可粗略估读，无须精确计算。

测量时从被测电阻估计值第一个档开始(如果完全未知从最高档开始)，增大直到指针在中间2/3处。用完后置于交流最高档或 $OFF$ 。

欧姆表内电阻等于中值电阻(中值电阻是指欧姆调零后电流表指针在正中时电流，和表盘读数没有任何关系！)，例如，当时间长电源电压减小、内阻减小时，虽然内阻减小，但是欧姆调零使满偏电流不变，则内电阻增大，中值电阻增大，测量值大于真实值。

## 交变电流

---

# 交变电流

Subject Insert 交变电流

交变电流: 大小和方向都随时间周期性变化的电流.

瞬时值 峰值  $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$

正弦交流电:  $i = I_m \sin \omega t$

推导: ① 矩形线圈

$E = 2NBLv \sin \alpha$

$= 2NBLr\omega \sin \omega t$

$= NBS\omega \sin \omega t$

产生: 闭合线圈在匀强磁场中匀速转动且中发生变化

② 任意线圈

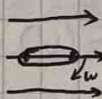
$\phi = \phi_m \cos \omega t = BS \cos \omega t$

$E = N \left| \frac{d\phi}{dt} \right| = NBS\omega \sin \omega t$

$I = I_m \sin \omega t = \frac{E_m}{R+r} \sin \omega t = \frac{E}{R+r}$

中性面: 电流为0

峰值面



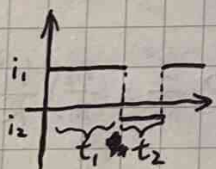
有效值计算

平均值:  $\bar{E} = N \frac{d\phi}{dt}$   $\bar{I} = \frac{\bar{E}}{R+r}$   $\bar{I} = BL\bar{v}$

瞬时值:  $E = N \frac{d\phi}{dt}$   $I = \frac{E}{R+r}$   $I = BLv$  (可将E记为e, I记为i)

有效值: 有效电流: 相同一段时间, 相同电阻, 产热相同  $I^2 R T = \int_0^T i^2 R dt$

例: 非对称交变电流有效值



$I^2 R (t_1 + t_2) = i_1^2 R t_1 + i_2^2 R t_2$

$I = \sqrt{\frac{i_1^2 t_1 + i_2^2 t_2}{t_1 + t_2}}$

例: 正弦交变电流有效值  $i = \frac{e}{R+r}$   $e = NBS\omega \sin \omega t$

$E_m = NBS\omega$   $I_m = \frac{E_m}{R+r}$

$I^2 R T = \int_0^T (I_m \sin \omega t)^2 R dt$

$I^2 = \frac{I_m^2}{T} \int_0^T \frac{1 - \cos 2\omega t}{2} dt$  ( $\sin^2 \theta = \frac{1 - \cos 2\theta}{2}$ )

结论: 对于正弦形(交变)电流

$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$   $E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$

$= \frac{I_m^2}{2T} (T - \int_0^T \cos 2\omega t dt)$

$= \frac{I_m^2}{2T} (T - \frac{1}{2\omega} \sin 2\omega T)$

当  $T = \frac{k\pi}{\omega}$  ( $k \in \mathbb{Z}$ ) 时  $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$

**变压器**

理想变压器: 在原线圈电流变化时, 副线圈上产生感应电动势, 无漏磁, 能量损失

$\Delta\phi_1 = \Delta\phi_2 \Rightarrow \frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$

$E = N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$  (恒成立)  $P_1 = P_2$  (无能量损失)

只能传递交流电

一般情况下,  $U_1$  与  $R_2$  固定, 其余物理量据此确定

**等效电阻**

$U_1 \rightarrow \frac{U_2}{R_2} \rightarrow I_2 \rightarrow I_1$

由此可得输出功率  $P = \frac{U_1^2}{R_1} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \frac{U_1^2}{R} \propto \frac{1}{R} \propto \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$

$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}, \frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$

$\frac{R_1}{R_2} = \frac{n_1^2}{n_2^2}$  即  $R_1 = \frac{n_1^2}{n_2^2} R_2$  !!!

**高压输电**

$(P_1 = P_2) \neq (P_3 = P_4) + \Delta P$

$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}, \frac{U_3}{U_4} = \frac{n_3}{n_4}, U_2 = \Delta U + U_3$

$\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}, \frac{I_3}{I_4} = \frac{n_4}{n_3}, I_2 = I_3$

$I_2 = \frac{P_2}{U_2} = \frac{P_3}{U_3}$

$\Delta Q = I_2^2 r t = \left(\frac{P_2}{U_2}\right)^2 r t = \frac{P_2^2}{U_2^2} r t$

$P_1$ : 输送功率

一般情况下,  $U_1$  与  $P_4$  固定, 其余物理量据此确定 ( $R, R_4$  固定)

正常情况下  $U_1$  决定  $U_2$ , 而  $R_2$  决定  $R_1$ ,  $I_2$  决定  $I_1$ ,  $P_2$  决定  $P_1$ 。

变压器:  $\Delta\phi_1 = \Delta\phi_2$  (注意与  $N$  无关, 实际  $N$  包含在  $E = N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$  中)。

## 磁、电磁综合

### 1. 电磁感应

电磁感应现象: 变化的电流、变化的磁场、运动的恒定电流、运动的磁场、在磁场中运动的导体。

感生电动势: 穿过闭合导体回路的磁通量发生变化。

动生电动势: 磁场中的导体运动受到安培力(洛伦兹力)。

所有包含力的用左手且力总是大拇指方向(安培力、洛伦兹力); 所有不包含力的用右手(磁生电、电生磁、动生电动势)。

注意动生电动势不受感生电动势影响: 如一个无限大磁场中运动的闭合导体, 磁通量不变, 而截取任意不闭合导线都存在动生电动势, 只不过导体总的电动势相互抵消(电动势一直存在但不存在电势差); 再如法拉第发电机, 闭合回路部分并未运动, 是铜盘切割磁感线发电。

洛伦兹力永远不做功, 受洛伦兹力作用的不规则曲线运动可以用能量守恒解决。

## 2. 电磁感应公式

$$\begin{aligned}\phi &= BS \\ F &= NBIL \\ I &= \frac{E}{R} \\ E &= N \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = \begin{cases} N \frac{B \Delta S}{\Delta t} = NBLv \\ N \frac{S \Delta B}{\Delta t} \end{cases}\end{aligned}$$

注意导体做圆周运动时 $v$ 取 $\bar{v} = \frac{1}{2}\omega r$ 。注意 $S$ 为有效面积。注意 $\phi$ 有方向性。

3. 楞次定律: 感应电流具有这样的方向, 即感应电流的磁场总要阻碍引起感应电流的磁通量的变化。(类似于勒·夏特列原理)

拓展: 同样可用于其他, 运动、磁场、电流都阻碍磁通量变化。如: 通过一个闭合回路的磁通量绝对值增大, 则不固定时回路的面积减小以阻碍磁通量变化。同时, 楞次定律也阻碍物体相对运动(电磁驱动与电磁阻尼)。阻碍电流变化(自感)。

4. 霍尔效应(长方体三边长为 $abc$ , 其中电流垂直于 $bc$ 面, 磁场垂直于 $ac$ 面, 则产生的电压垂直于 $bc$ 面, 方向取决于导电介质离子)

$$\begin{aligned}qE &= qvB \\ v &= \frac{I}{neS} = \frac{I}{nebc} \\ U &= Ec = Bcv = \frac{BI}{neb}\end{aligned}$$

## 5. 带电粒子的运动

- 电子:  $e \approx 1.6 \times 10^{-19}$ ,  $m \approx 9 \times 10^{-31}$ ,  $\frac{e}{m} \approx 1.76 \times 10^{11}$ 。

- 加速偏转模型

加速:  $qU_0 = \frac{1}{2}mv_A^2$

偏转:  $q\frac{U_1}{d} = ma_{\perp}$ ,  $t_1 = \frac{L}{v_A}$ ,  $v_{\perp} = a_{\perp}t_1$  因此  $y_1 = \frac{1}{2}a_{\perp}t_1^2 = \frac{U_1L^2}{4U_0d}$ , 偏转角  $\tan \alpha = 2\frac{y_1}{L} = \frac{U_1L}{2U_0d}$ 。竖直位移和偏转角都和 $q, m$ 无关。

离开:  $y_2 = y_1 + x_{//} \tan \alpha$ 。竖直位移依然和 $q, m$ 无关。

同一加速电场同一偏转电场竖直偏移: 1 : 1。



同一速度同一偏转电场竖直偏移:  $q_1 m_2 : q_2 m_1$ 。

同一动量同一偏转电场竖直偏移:  $q_1 : q_2$ 。

同一能量同一偏转电场竖直偏移:  $q_1 m_1 : q_2 m_2$ 。

○ 磁偏转模型

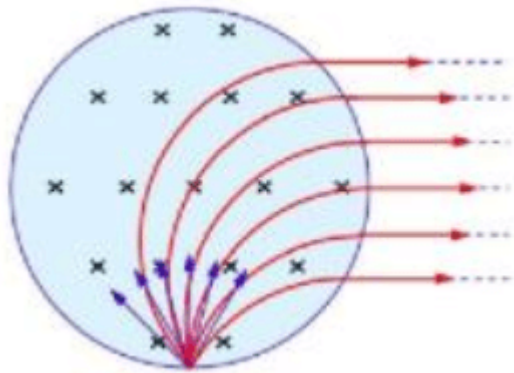
$$R = \frac{mv}{qB}$$

$$\omega = \frac{qB}{m}$$

$$T_\theta = \theta \frac{m}{qB}$$

偏转角 = 圆心角 = 2倍弦切角。

○ 磁聚焦




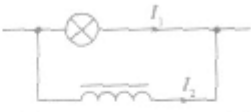
当且仅当磁场半径和粒子在磁场中半径相同时成立。即半径为  $R$  的圆形磁场中同一点不同角度入射的  $v = \frac{qBR}{m}$  的粒子离开时方向均垂直于入射点与圆心的连线。

## 6. 互感和自感

在电路断开、闭合过程中，自感线圈视作一个满足楞次定律的电源。

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

其中  $L$  为自感系数，线圈越长、匝数越多、截面积越大，自感系数越大，有铁芯自感系数增大。

	与线圈串联的灯泡	与线圈并联的灯泡
电路图		
通电时	电流逐渐增大,灯泡逐渐变亮	电流突然增大,然后逐渐减小达到稳定
断电时	电流逐渐减小,灯泡逐渐变暗,电流方向不变	电路中稳态电流为 $I_1$ 、 $I_2$ : ①若 $I_1 \leq I_2$ , 灯泡逐渐变暗; ②若 $I_2 > I_1$ , 灯泡闪亮后逐渐变暗。两种情况灯泡电流方向均改变

分析自感线圈和电容对电路的影响(直流电路视为  $\omega = 0$ ):

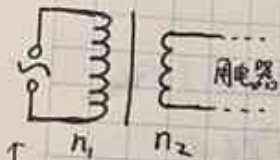
$$R_c = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{\omega C}$$

$$R_L = 2\pi fL = \omega L$$

所以电容通交流断直流, 通高频阻低频; 自感线圈通直流阻交流, 通低频阻高频。

## 热学

## 变压器



只能传递交流电

理想变压器: 在原线圈电流变化时, 副线圈上产生感应电动势, 无漏磁, 能量损失

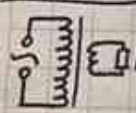
$$\Delta\phi_1 = \Delta\phi_2 \Rightarrow \frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$E = N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$        $P_1 = P_2$  (无能量损失)

只在单个副线圈时成立

一般情况下,  $U_1$  与  $R_2$  固定, 其余物理量据此确定

## 等效电阻



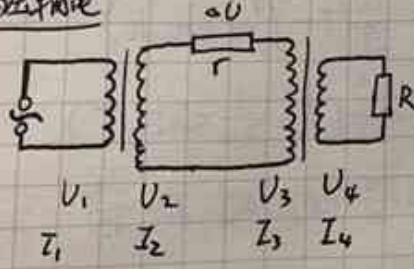
$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}, \frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{n_1^2}{n_2^2} \Rightarrow R_1 = \frac{n_1^2}{n_2^2} R_2 !!!$$

$$U_1 \rightarrow \frac{U_2}{R_2} \rightarrow I_2 \rightarrow I_1$$

由此可得输出功率  $P = \frac{U_2^2}{R_2} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \frac{U_1^2}{R} \propto \frac{1}{R}$   
 $\propto \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$

## 高压输电



$$(P_1 = P_2) = (P_3 = P_4) + \Delta P$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}, \frac{U_3}{U_4} = \frac{n_3}{n_4}, U_2 = \Delta U + U_3$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}, \frac{I_3}{I_4} = \frac{n_4}{n_3}, I_2 = I_3$$

$$I_2 = \frac{P_2}{U_2} = \frac{P_4}{U_4}$$

$$\Delta Q = I_2^2 r t = \left(\frac{P_2}{U_2}\right)^2 r t$$

$P_1$ : 输送功率

一般情况下,  $U_1$  与  $P_4$  固定, 其余物理量据此确定  
 ( $R, R_4$  固定)

气体

一般所得温度不太低, 压强不太大的稀薄气体认为是理想气体  
 对于理想气体:  $U = N E_k = \frac{1}{2} N k_B T = \frac{1}{2} n R T \rightarrow U = \frac{1}{2} n R T$   
 内能只取决于摩尔数和温度

动能包括平动与转动

平动动能在3个自由度下恒为  $\frac{3}{2} n R T$   
 其余为转动动能

气体膨胀对外做功

$$W = F \Delta x = p S \Delta x = p \Delta V$$

当压强变化时,  $W$  为  $p-V$  图像面积

气体压强

$$\text{分子数密度: } \frac{1}{V} \text{ mol/m}^3$$

连续空间, 期望  $\frac{1}{2}$  个分子沿某一方向运动(如3维空间有  $x, x, y, y, z, z$  6个运动方向)

(统计冲击问题)

$$\frac{1}{V} \Delta V \Delta t \cdot \frac{1}{V} \cdot 2mv = F \Delta t$$

体积 长度 面积  
分子数 时间 动量改变量

总动量改变量

$$V_p = \frac{F}{S} = \frac{1}{6} m v^2 = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{2} m v^2 = \frac{2}{3} E_k = n R T$$

(压强只来自平动动能)

$$E_k = E_k = \frac{1}{2} n R T$$

1:3

(克拉珀龙方程)

理想气体状态方程

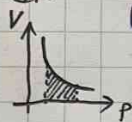
$$pV = nRT$$

特别地, 对于1mol理想气体

$$pV = RT$$

等温过程(玻意耳定律)

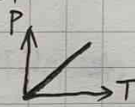
$$pV = nRT$$



$$W_{A \rightarrow B} = \int_{V_1}^{V_2} p dv = nRT \int_{V_1}^{V_2} \frac{1}{v} dv = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

等容过程(查理定律)

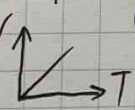
$$\frac{p}{T} = \frac{nR}{V}$$



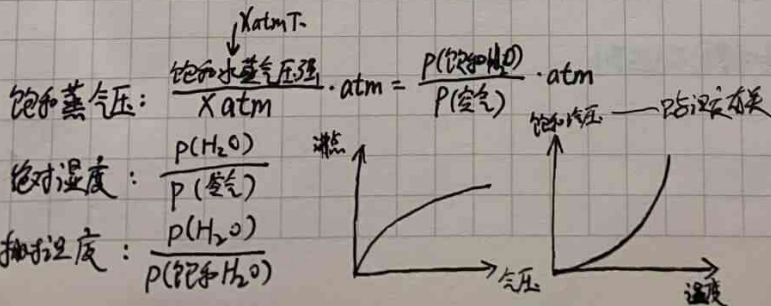
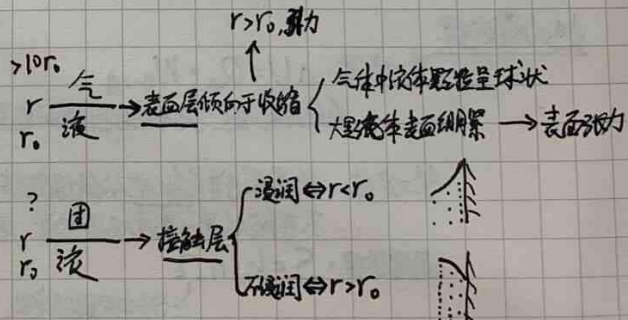
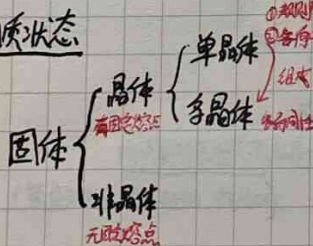
$$W = p \Delta V = 0$$

等压过程(盖-吕萨克定律)

$$\frac{V}{T} = \frac{nR}{p}$$



$$W_{A \rightarrow B} = p \Delta V = nR(T_2 - T_1)$$

物质状态

补充:

气体压强不来自于分子间作用力，来自于气体分子的碰撞。故

$$p \propto n \bar{F} \Delta t \propto n \Delta p \propto nm \bar{v} \propto n \sqrt{2E/m}。$$

其中 $n$ 为同一时间碰撞的分子数， $n \propto \frac{\sqrt{T}}{V}$ ，对于同一物质 $\Delta p \propto \sqrt{E} \propto \sqrt{T}$ 。

固体和液体可以认为分子紧密排列，气体不行。

固体颗粒越小，布朗运动越明显，因为 $a \propto F/m \propto S/(\rho V) \propto (4\pi R^2)/(\frac{4}{3}\pi R^3) \propto \frac{1}{R}$ 。

分子间作用力 = 引力和斥力的合力。可以为0，当 $r > 10r_0$ 时也可以忽略不计。

液体表面张力垂直于表面上任何一条线，是的液体面有面积减小的趋势。

气体在真空中膨胀不做功。

注意热力学温度 $T$ 和摄氏度 $t$ 相差273，计算时注意！

使用克拉伯龙方程 $pV = nRT$ 关注 $n$ 的变化: 如气体与外界连通碰撞时、水银柱溢出时等！

晶体 $\Leftrightarrow$ 固定熔点、原子排列规则性；单晶 $\Leftrightarrow$ 各向异性、自范性、晶体排列规则性，单晶在一些物理性质上具有各向异性，而不是全部性质；非晶 $\Leftrightarrow$ 不固定熔点。晶体晶胞具有多形性: 存在多种不同晶胞。

常见单晶体: 石英、云母、食盐、硫酸铜；常见多晶体: 金属；常见非晶体: 玻璃、蜂蜡、松香。天然水晶与玻璃都是二氧化硅，前者是晶体，后者是非晶体。

蜂蜡均匀涂抹在玻璃片/云母片上，用热针接触中心，熔化的蜂蜡呈圆形/椭圆形，体现了玻璃片的各向同性/云母片的各向异性(导热性)。与蜂蜡无关！

液晶是在一定温度范围内即具有液体流动性又具有各向异性的物质，液晶凝固一定是晶体。

饱和气压随温度升高而增大，与气体体积无关(类似于化学平衡常数)。沸点即液体的饱和蒸气压与外界压强相等时的温度，因此当液体所受的压强增大时，它的沸点升高；压强减小时，沸点降低。

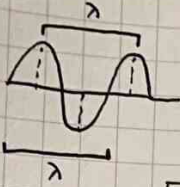
热量不能自发地从低温物体传递到高温物体，但热量可以从低温物体传递到高温物体。不能从单一热库吸收能量使之完全变成功，而不产生其他影响(气体体积、压强、物质状态、环境改变)，但可以从单一热库吸收能量使之完全变成功。

## 近代物理

---



### 3-5 近代物理



$\lambda$ : 波长

$T$ : 光传播一个波长所用时间

$$\nu = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$$

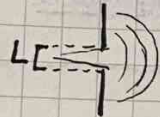
$$c = \lambda \nu$$

频率  $\rightarrow \nu$   
 $f$ : 光传播  $\lambda$  所传播的波长  
 $\nu$ : 光传播速度  $\rightarrow c$

光在介质中的传播  
 $c' = \frac{c}{n}$   
 $n$  为折射率  
 正比于频率  $\nu$

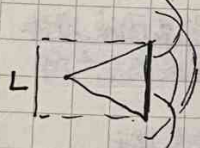
(波的一般特征)

波的衍射



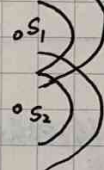
当  $L = \lambda$  时衍射最强, 无盲区

~~当  $L < \lambda$  时衍射最强, 无盲区~~



当  $\lambda$  越大时, 衍射越强, ( $L < \lambda$ )

波的干涉

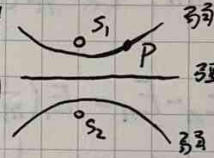


( $\lambda, f$  相同)

两个波源形成的波相遇

波+波  $\rightarrow$  2波 } 振动加强  
 谷+谷  $\rightarrow$  2谷

峰+谷  $\rightarrow$  (峰, 谷) 振动减弱  
 0 不动



( $k \in \mathbb{N}$ )

$$|S_1P - S_2P| = k\lambda + \frac{\lambda}{2} \text{ 弱}$$

$$|S_1P - S_2P| = k\lambda \text{ 强}$$

干涉图样稳定不变

机械波在密集介质中传播快  $\rightarrow$  能量  $\propto$  振幅

光波在真空中传播最快  $\rightarrow$  能量  $\propto$  频率  
 (电磁波)  $\rightarrow$  光波是电磁波

电磁波谱: 无线电波 < 微波 < 红外线 < 可见光 < 紫外线 < X-ray <  $\gamma$ -ray  
 短波 中波 长波  
 $\lambda = 390\text{nm} \sim 760\text{nm}$   
 紫外 红外

$\alpha$ -ray:  ${}^4_2\text{He}^{2+}$   
 $\beta$ -ray:  $e^-$   
 $\gamma$ -ray: 电磁波  
 $X$ -ray: 电磁波

光电效应: 光照射的极板带正电, 有电子飞出 (光电子)

光子说:  $E = h\nu = mc^2$   
 ( $h \approx 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ )  
 $\uparrow$  以频率  $\nu$  射的一个光子的能量

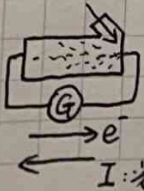
爱因斯坦光电效应方程:  $E_k = h\nu - W_0$   
 $\uparrow$  光子能量  
 $\uparrow$  光电子初动能 (最大初动能)  
 $\uparrow$  逸出功

光电效应: ① 瞬时性 ② 存在截止频率 ( $h\nu_c = W_0$ ) ③ 存在遏止电压: 反向电压使光电子最大初动能为 0

$$U_c e = E_k$$

$$U_c = \frac{h}{e} \nu - \frac{W_0}{e}$$

④ 存在饱和光电流: 正向电压使光电子到达另一极板  
 $\nu$  一定时,  $I_{\max}$  随光强增大而增大  
 $\propto$  电子数  $\propto$  光子数 ( $E_{\text{ph}} = N h \nu$ )



$I_{\max}$  与频率无关, 但可能受频率影响, 如:  
 光强  $N h \nu$  一定时,  $\uparrow \nu \downarrow N \downarrow I_{\max} \propto N I_{\max} \downarrow$

$I$ : 光电流

光的波粒二象性：少量光子易表现粒子性，大量光子易表现波动性

波动性： $\lambda$ 、 $\nu$ 、 $T$   
波长 频率 周期

粒子性： $m$ 、 $c$ 、 $p$ 、 $E$   
质量 速度 动量 能量

$$c = \frac{\lambda}{T} = \lambda \nu \quad E = h\nu = mc^2 \quad p = \frac{h}{\lambda} = mc$$

推广：德布罗意波：任何运动着的物体都有一种波与之对应

具有上述性质  
此时  $c$  表示该物体运动速度

### 原子核

玻尔理论：①电子不辐射电磁波

②定态

③  $r_n = nr_1$ ,  $E_n = \frac{E_1}{n^2}$  ( $E_1 < 0$ )

$$h\nu = E_m - E_n = E_1 \left( \frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

( $m > n$ ,  $E_m > E_n$ )

推论：

$$\frac{1}{\lambda} = -\frac{E_1}{hc} \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

当  $n=2$  时为巴耳末线系

电子从高能级跃到低能级  
跃迁发光

频率一定

原子吸收频率一定的光 (光子必须全吸收, 电子可吸收部分能量)

使电子从低能级跃到高能级

电离：电子从  $n$  能级到  $\infty$  能级

即若外层电子为  $n$  能级, 电离能为  $-E_n$

逸出功

光谱：连续光谱：高温固体、液体  
高温高压气体

能级跃迁

明线光谱：单质、原子

原子发出频率固定的一条或几条谱线

吸收光谱：连续光谱照射单质、原子

对应位置出现暗线

### 核反应方程

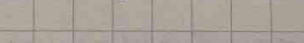
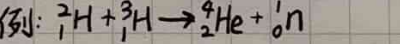
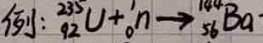
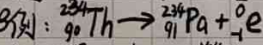
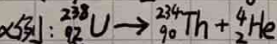
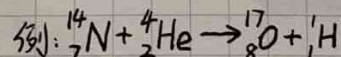
质子： ${}^1_1\text{H}$  或  ${}^1_1\text{p}$  中子： ${}^1_0\text{n}$  电子： ${}^0_{-1}\text{e}$

人工转变： $\alpha$  粒子 + ?  $\rightarrow$  ? + ?

衰变：左侧一个原子  $\rightarrow$  右侧两个原子

重核裂变： $U + n \rightarrow ? + ? + n$

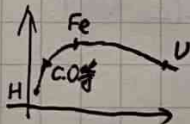
轻核聚变： ${}^1_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + ?$



结合能：将原子核分开所需能量

比结合能(平均结合能)：结合能/核子数

比结合能越大，原子核越稳定



补充：

$\alpha$  - ray: 贯穿弱, 电离强, 空气中偏转半径小, 但在真空中偏转:  $q : m = +2e : 4 = +1e : 4$ ,  $v = 0.1c$ , 偏转半径大。

$\beta$  - ray: 贯穿中, 电离中, 空气中偏转半径大, 但在真空中偏转:  
 $q : m = -1e : \frac{1}{1837} = -1837e : 1$ ,  $v = 0.99c$ , 偏转半径小。

$\gamma$  - ray: 贯穿强, 电力弱, 空气中几乎不偏转,  $q : m = 0$ 。

近代物理学史:

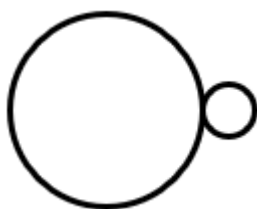
- 汤姆生: 发现电子, 提出原子枣糕镶嵌模型——说明原子可再分。
- 卢瑟福: 通过 $\alpha$ 粒子散射实验, 提出原子核式结构模型。后通过 $\alpha$ 粒子轰击 $N$ 核发现质子。
- 查德威克: 发现中子。
- 居里夫妇: 发现正电子。
- 贝克勒尔: 发现天然放射现象——说明原子核可再分。
- 爱因斯坦: 解释光电效应。提出 $E = mc^2$ 。
- 玻尔: 提出玻尔原子模型, 解释了氢原子线状光谱。玻尔理论意义和局限: 基于普朗克的量子论和爱因斯坦的光子学说, 成功解释了氢原子稳定性和氢原子光谱不连续的特点; 但是不能解释多电子原子光谱, 没有脱离经典力学的范围。
- 密立根: 油滴实验测量出电子元电荷。

裂变反应堆:

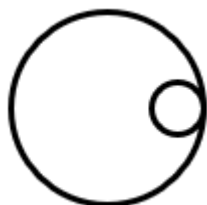
组成部分	材料	作用
裂变材料 (核燃料)	浓缩铀	提供核燃料
慢化剂 (减速剂)	石墨、重水或普通水	使裂变产生的快中子减速, 使之容易被铀 235 吸收
控制棒	镉	吸收减速后的中子, 控制反应速度
反射层	石墨	阻止中子逃逸
热交换器	水	产生高温水蒸气, 推动汽轮发电机发电
防护层	金属套和钢筋混凝土	防止射线泄漏对人体及其他生物体的侵害



$\alpha$ 衰变:



$\beta$ 衰变:



扫描二维码即可在手机上查看这篇文章，或者转发二维码来分享这篇文章:

