大学物理C(II)
复习提要

振动波动部分

简谐运动

物理量随时间的变化规律可以用正弦或余弦函数描述

一维运动的质点(机械振动):

$$x = A\cos(\omega t + \varphi)$$

简谐运动方程(振动表达式)

x 是描述位置的物理量，如 *位移* 或 *角度* 等。

A: 振幅

ω: 角频率

φ: 初相位

简谐振动的三个特征量

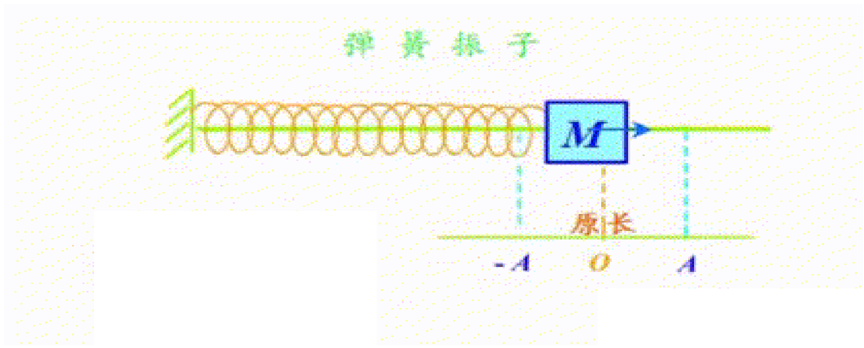
简谐运动的运动学特征

$$\boxed{x = A\cos(\omega t + \varphi)}$$ 简谐运动方程

1）振幅 A 物体离开平衡位置的最大位移的绝对值

2）周期 T、频率 ν、圆(角)频率 ω

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} \qquad \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$$



3）相位 $(\omega t + \varphi)$ 和初相位 φ

意义：确定谐振动物体的运动状态

一般情况:

$$\boxed{0 \le \varphi < 2\pi, \quad 或 \quad -\pi \le \varphi < \pi}$$

简谐运动物体的速度和加速度

$$\boxed{x = A\cos(\omega t+\varphi)}$$

速度 $$v=\frac{dx}{dt}=-A\omega\sin(\omega t+\varphi)=A\omega\cos(\omega t+\varphi+\frac{\pi}{2})$$

加速度 $$a=\frac{dv}{dt}=-A\omega^2\cos(\omega t+\varphi)=A\omega^2\cos(\omega t+\varphi+\pi)$$

振幅A和初相位φ的确定

初始条件为 $t=0$ **时：** $x=x_0,\quad v=v_0,$

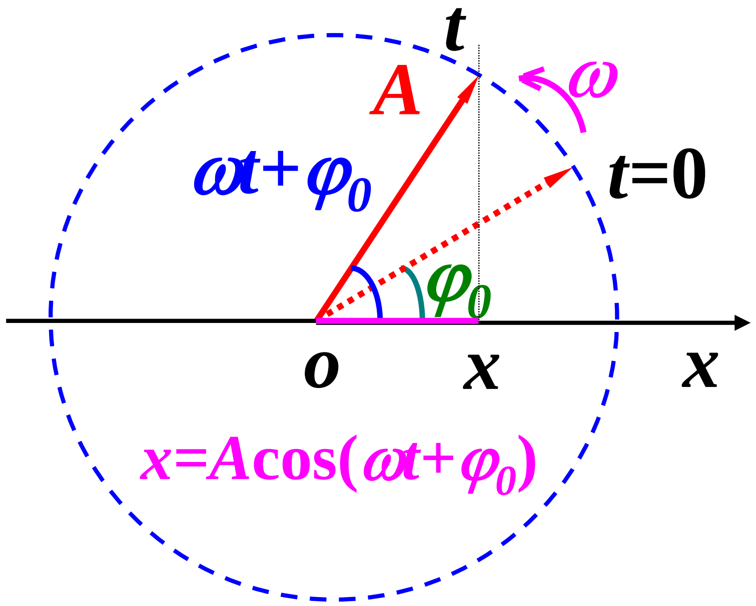
$$x=A\cos(\omega t+\varphi)$$
$$v=-\omega A\sin(\omega t+\varphi)$$

$$\Rightarrow \begin{cases} x_0 = A\cos\varphi \\ v_0 = -\omega A\sin\varphi \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A=\sqrt{x_0{}^2+\dfrac{v_0^2}{\omega^2}} \\ \tan\varphi = -\dfrac{v_0}{\omega x_0} \end{cases}$$

旋转矢量法

旋转矢量 $\vec{A}$ 作匀速率圆周运动，其矢量的末端在x轴上的投影的运动方程为:

$$\boxed{x = A\cos(\omega t + \varphi)}$$



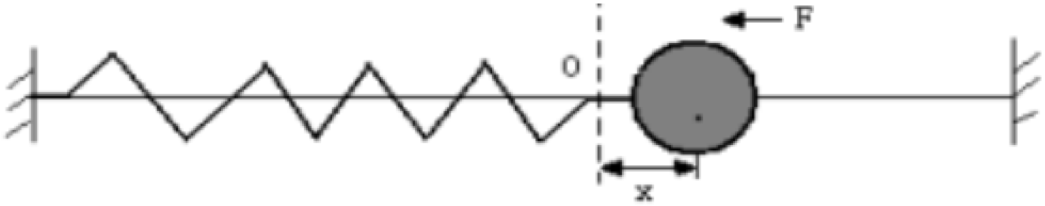
半径 A
初始角位置 φ_0
角速度 ω
任意时刻角位置 $(\omega t+\varphi_0)$

振幅 A
初位相 φ_0
圆频率 ω
任意时刻位相 $(\omega t+\varphi_0)$

简谐运动的动力学特征

1、受力特点：线性回复力(准弹性力)作用

$$F=-kx, \qquad M=-\lambda\theta, \qquad \boxed{f=-k\xi}$$



2、动力学方程

$$\frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2}=-\omega^2x, \qquad \frac{\mathrm{d}^2\theta}{\mathrm{d}t^2}+\omega^2\theta=0, \qquad \boxed{\frac{\mathrm{d}^2\xi}{\mathrm{d}t^2}+\omega^2\xi=0}$$

简谐运动的能量

$$x = A\cos(\omega t + \varphi), \quad v = -\omega A\sin(\omega t + \varphi)$$

1、动能 $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \varphi) = \frac{1}{2}kA^2 \sin^2(\omega t + \varphi)$

2、势能 $E_P = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kA^2 \cos^2(\omega t + \varphi)$

3、机械能 $\boxed{E = E_k + E_P = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2}$

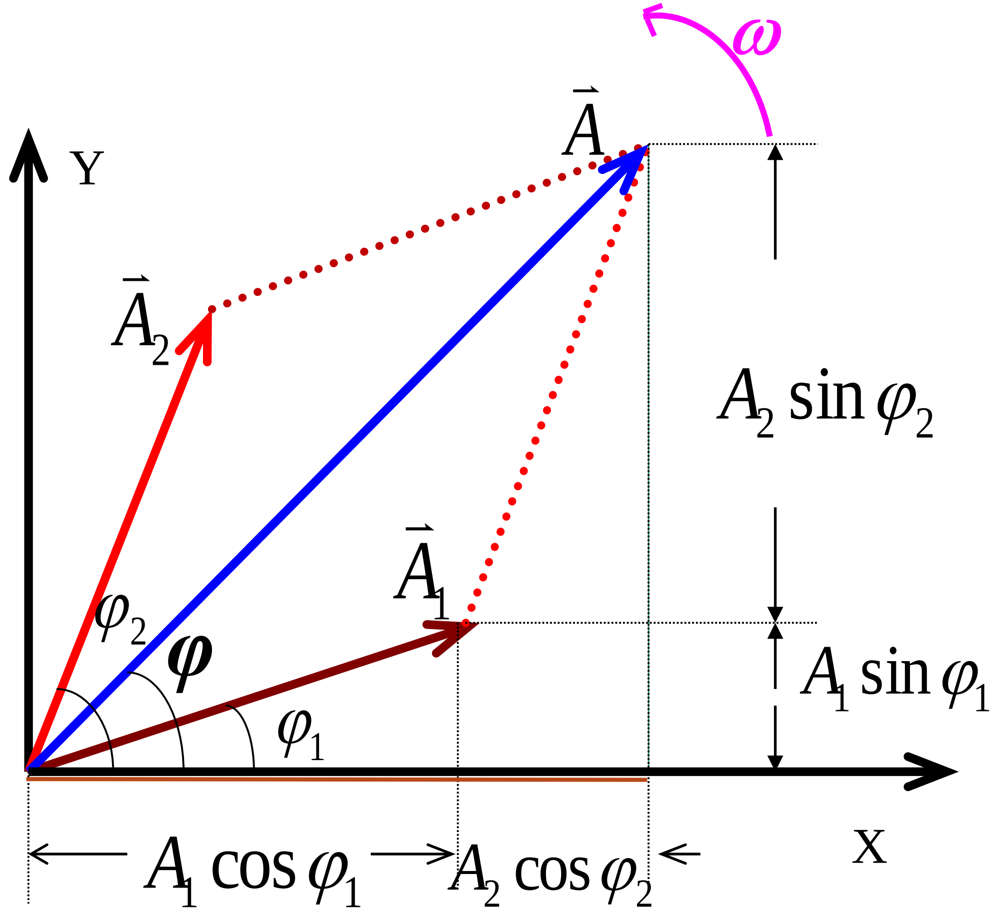
线性回复力是保守力，简谐运动系统机械能守恒

两个同方向同频率简谐运动的合成

分振动：$\begin{cases} x_1 = A_1\cos(\omega t+\varphi_1), \\ x_2 = A_2\cos(\omega t+\varphi_2) \end{cases}$

合振动：$\boxed{x = A\cos(\omega t+\varphi)}$

$$\begin{cases} A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\varphi_2-\varphi_1)} \\ \tan\varphi = \dfrac{A_1\sin\varphi_1 + A_2\sin\varphi_2}{A_1\cos\varphi_1 + A_2\cos\varphi_2} \end{cases}$$



两个同方向同频率简谐运动的合成

$$x = x_1 + x_2 = A\cos(\omega t + \varphi)$$

$$\boxed{A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\varphi_2 - \varphi_1)}}$$

1、若两分振动 同相

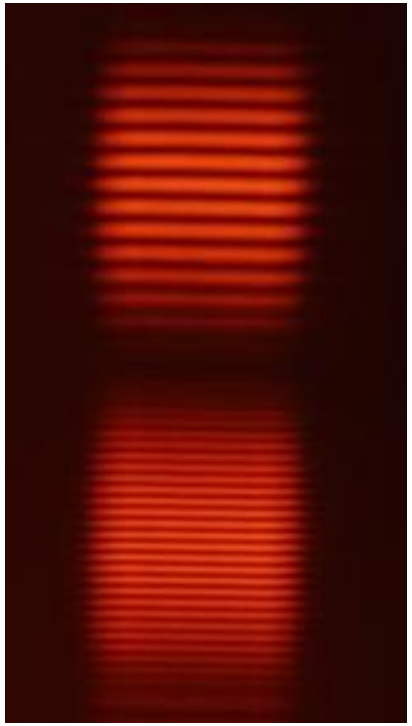
$\triangle\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \pm 2k\pi$， $(k = 0, 1, 2, \ldots)$

$$\boxed{A = A_1 + A_2}$$ **合振动加强**

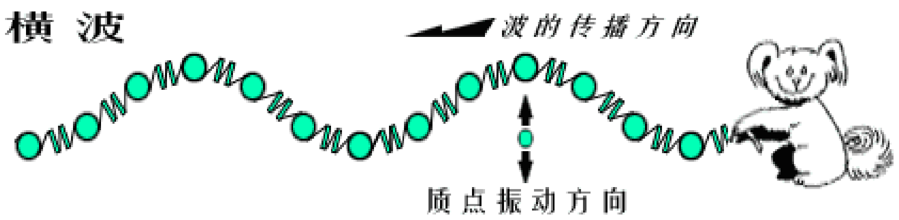
2、若两分振动 反相

$\triangle\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \pm(2k+1)\pi$， $(k = 0, 1, 2, \ldots)$

$$\boxed{A = |A_1 - A_2|}$$ **合振动减弱**



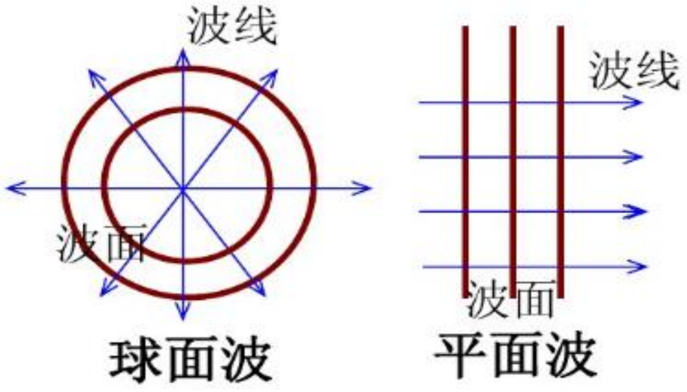
波动的一些基本概念



波动的分类：横波和纵波

波阵线：波动的传播方向

波阵面：相位相同的点连成的面



波速u：相位的传播速度

波长λ：同一波线上相位差为2π的质元之间的距离

周期T：波传过一个波长所需的时间

频率ν：单位时间内传过完整波长的数目

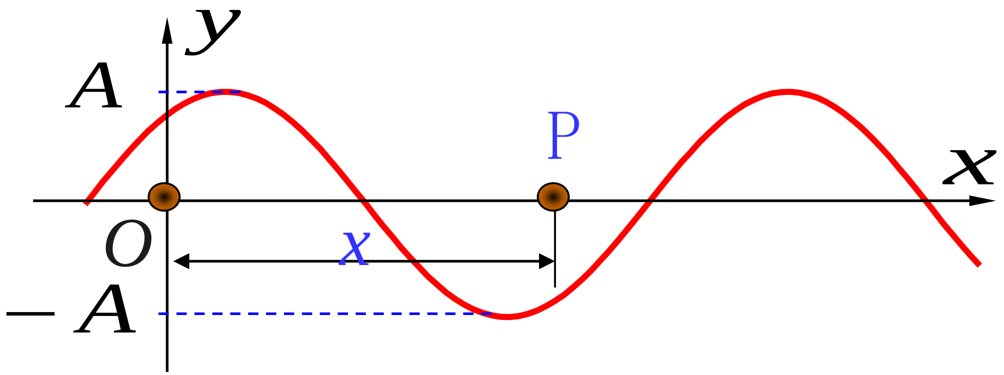
波速、波长、周期(频率)的关系

$$\lambda = \frac{2\pi u}{\omega} = uT = \frac{u}{\nu}$$

波 函 数

扰动或振动在空间逐点传递时形成的运动形式

平面简谐波



o点的振动方程： $y_o = A\cos(\omega t + \varphi_0)$

波函数 $$\boxed{y(x,t) = A\cos\left[\omega\left(t \mp \frac{x}{u}\right) + \varphi_0\right]}$$

"-"：沿 x 轴正方向传播；　"+"：沿 x 轴负方向传播；

φ_0：波源（或坐标原点处质点）振动的初相。

波的能量

①波动动能与势能数值相同，位相相同；同时变大，同时变小。

$$E_k = E_p = \frac{1}{2}\rho \Delta V A^2 \omega^2 \sin^2 \omega(t - \frac{x}{u})$$

②总能量随着x、t变，不守恒，能量传输过程。

$$E = E_k + E_p = \rho \Delta V A^2 \omega^2 \sin^2 \omega(t - \frac{x}{u})$$

每个质元都与周围媒质交换能量

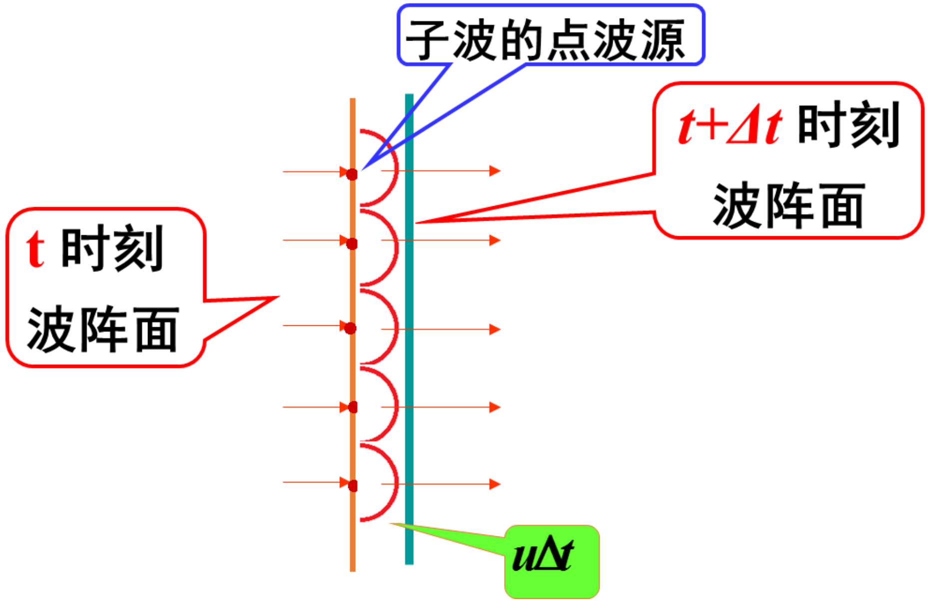
③波的强度* $I = \overline{p} = \overline{\varepsilon} u = \frac{1}{2}\rho u \omega^2 A^2$

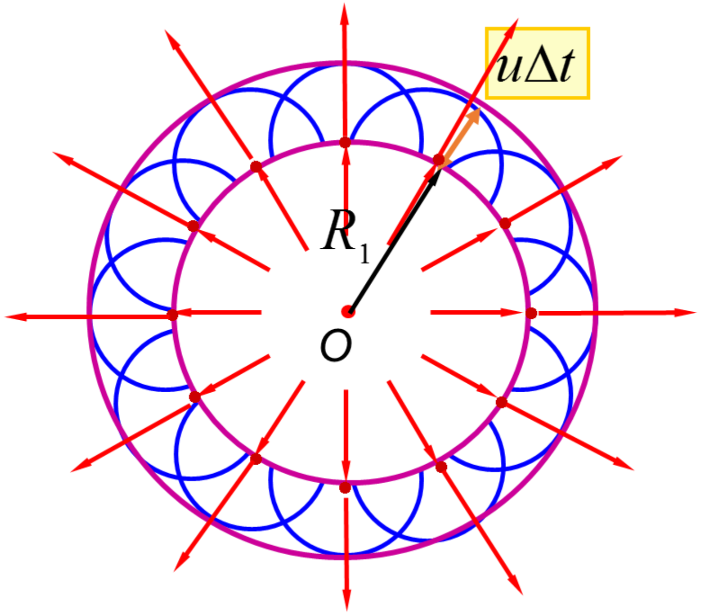
通过单位横截面积，一周期内能流的平均值

惠更斯原理

(1) 介质中波传到的各点，都可看作开始发射子波的**子波源**(点波源)

(2) 在以后的任一时刻，这些子波面的**包络面**就是实际的波在该时刻的波前。



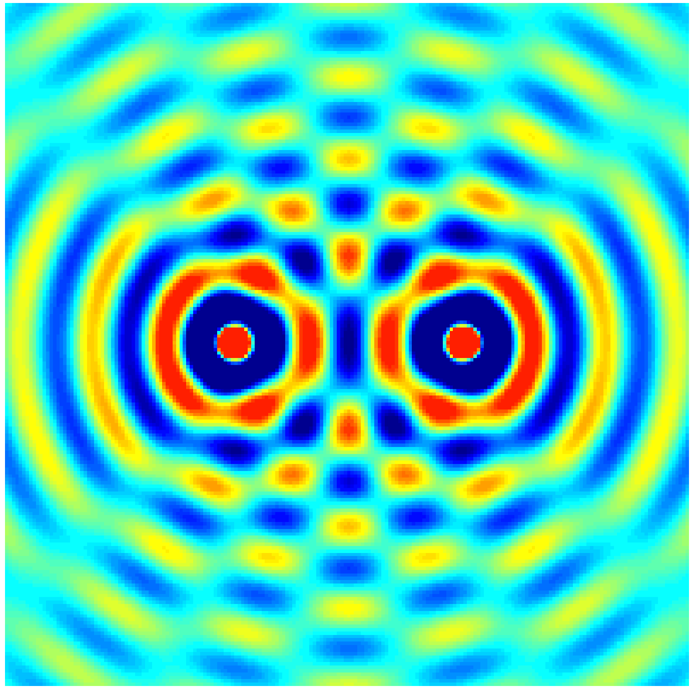


波的独立性原理　　波的干涉

两列波相遇时，使某些地方振动**始终加强**，而使另一些地方振动**始终减弱**的现象

相干条件:

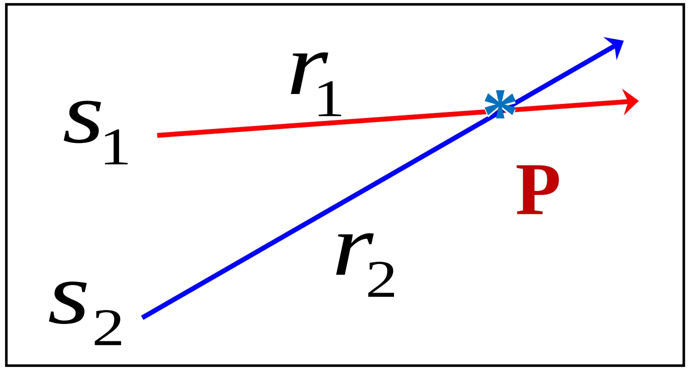
1) 频率相同、
2) 振动方向相同、
3) 相位相同或相位差恒定



满足相干条件的波称为**相干波**

满足相干条件的波源称为**相干波源**

干涉加强与干涉减弱的条件



波源
$$\begin{cases} y_1 = A_1\cos(\omega t + \varphi_1) \\ y_2 = A_2\cos(\omega t + \varphi_2) \end{cases}$$

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos\Delta\varphi}$$

$$\Delta\varphi = (\varphi_2 - \varphi_1) - 2\pi\frac{r_2 - r_1}{\lambda}$$

P 点两分振动
$$\begin{cases} y_{1p} = A_1\cos(\omega t - 2\pi\frac{r_1}{\lambda} + \varphi_1) \\ y_{2p} = A_2\cos(\omega t - 2\pi\frac{r_2}{\lambda} + \varphi_2) \end{cases}$$

(1)干涉加强条件:

$$\boxed{\Delta\varphi = \pm 2k\pi,\ k = 0,1,2,\cdots}$$

$$A_{max} = A_1 + A_2$$

振动始终加强

(2)干涉减弱条件:

$$\boxed{\Delta\varphi = \pm(2k+1)\pi,\ k = 0,1,2,\cdots}$$

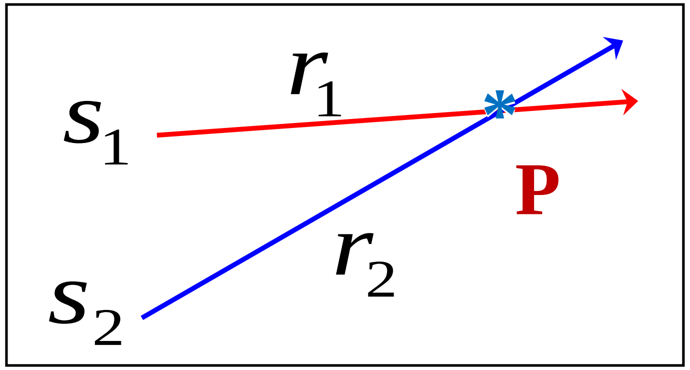
$$A_{min} = |A_1 - A_2|$$

振动始终减弱

干涉加强与干涉减弱的条件

$$A=\sqrt{A_1^2+A_2^2+2A_1A_2\cos\Delta\varphi}$$

$$\Delta\varphi=(\varphi_2-\varphi_1)-2\pi\frac{r_2-r_1}{\lambda}$$



若： $\varphi_1=\varphi_2$

$$\Delta\varphi=2\pi\frac{r_1-r_2}{\lambda}$$

$$\Delta\varphi=2\pi\frac{\delta}{\lambda}$$

波程差： $\delta=r_1-r_2$

(1)干涉加强条件:

$$\delta=\pm2k\frac{\lambda}{2},\ k=0,1,2,\cdots$$

(2)干涉减弱条件:

$$\delta=\pm(2k+1)\frac{\lambda}{2},\ k=0,1,2,\cdots$$

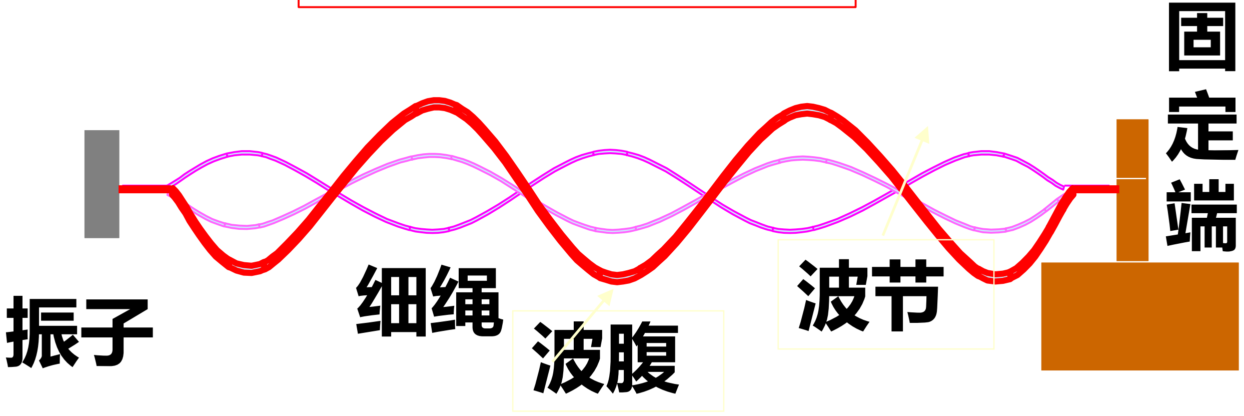
驻 波

产生条件 在同一媒质中两列振幅相同、频率相同的机械波，在同一直线上沿相反方向传播叠加就形成驻波。

$$\begin{cases} y_1 = A\cos(\omega t - \dfrac{2\pi}{\lambda}x), \\ y_2 = A\cos(\omega t + \dfrac{2\pi}{\lambda}x) \end{cases} \Rightarrow y = y_1 + y_2 = 2A\cos\frac{2\pi}{\lambda}x\cos\omega t$$

波腹条件： $\dfrac{2\pi x}{\lambda} = k\pi$

波节条件： $\dfrac{2\pi y}{\lambda} = (k+\dfrac{1}{2})\pi$



半波损失条件：波疏到波密的反射波

半波损失

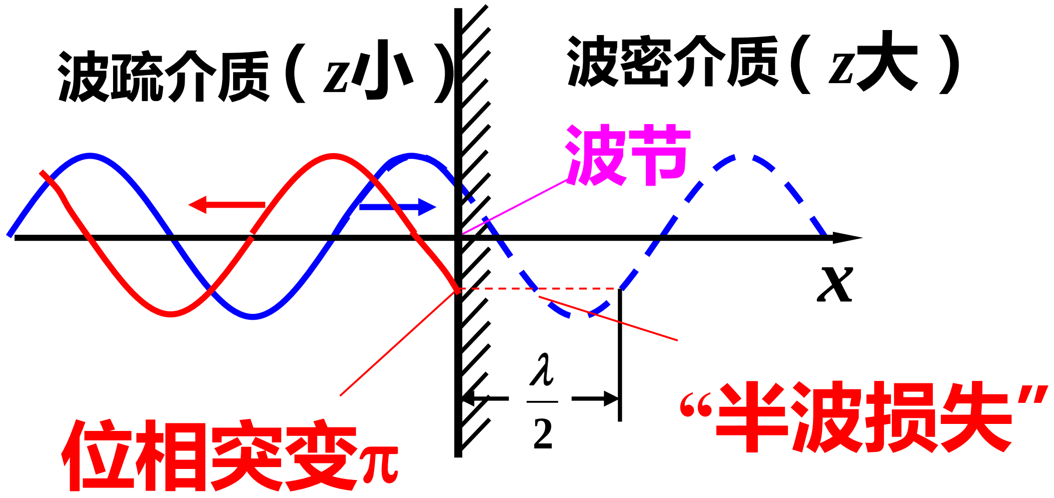
①波疏介质到波密介质的反射，反射波有半波损失

界面上总是波节

②波密介质到波疏介质的反射，反射波没有半波损失

界面上总是波腹

③透射波都没有半波损失



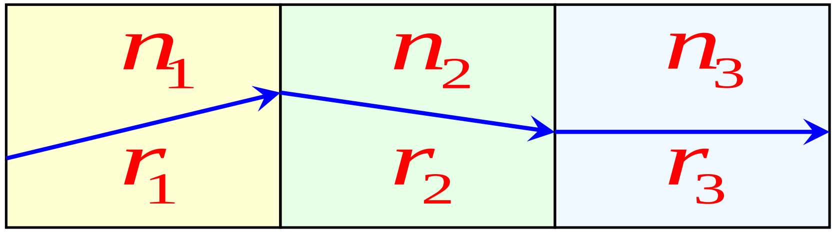
波动光学部分

光程与光程差

1、光程： 光通过某一介质的光程等于光在相同时间里在真空中所传播的几何路程:

$$\boxed{l = nr}$$

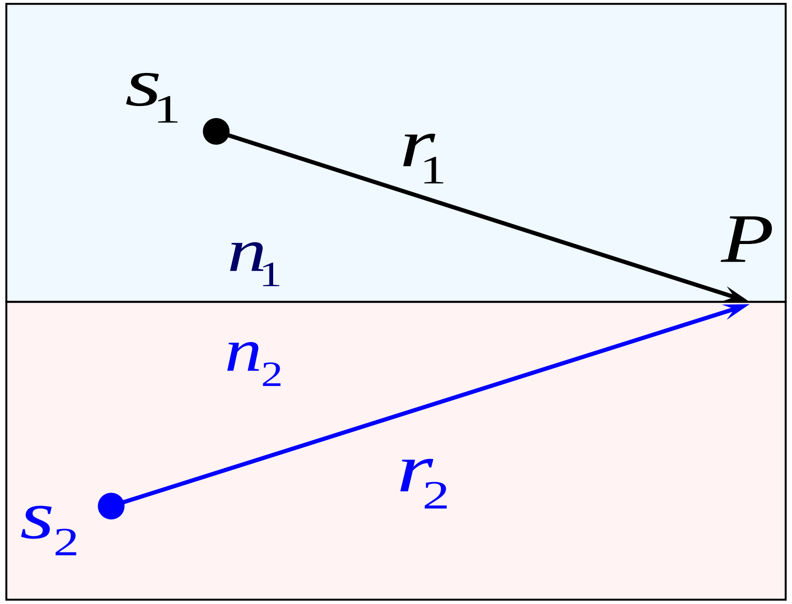
光连续通过几种透明介质的光程:



$$\boxed{l = \sum_i n_i r_i}$$

2、光程差

$$\delta = \left(\sum_i n_i r_i\right)_2 - \left(\sum_j n_j r_j\right)_1$$



$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}\delta$$

λ: **真空中的波长**

3、 光的干涉加强与减弱的条件：

1) 干涉加强(明纹):

$$\Delta\varphi = \pm 2k\pi, \quad k = 0,1,2,\cdots$$

$$\delta = \pm 2k\frac{\lambda}{2}, \quad k = 0,1,2,\cdots$$

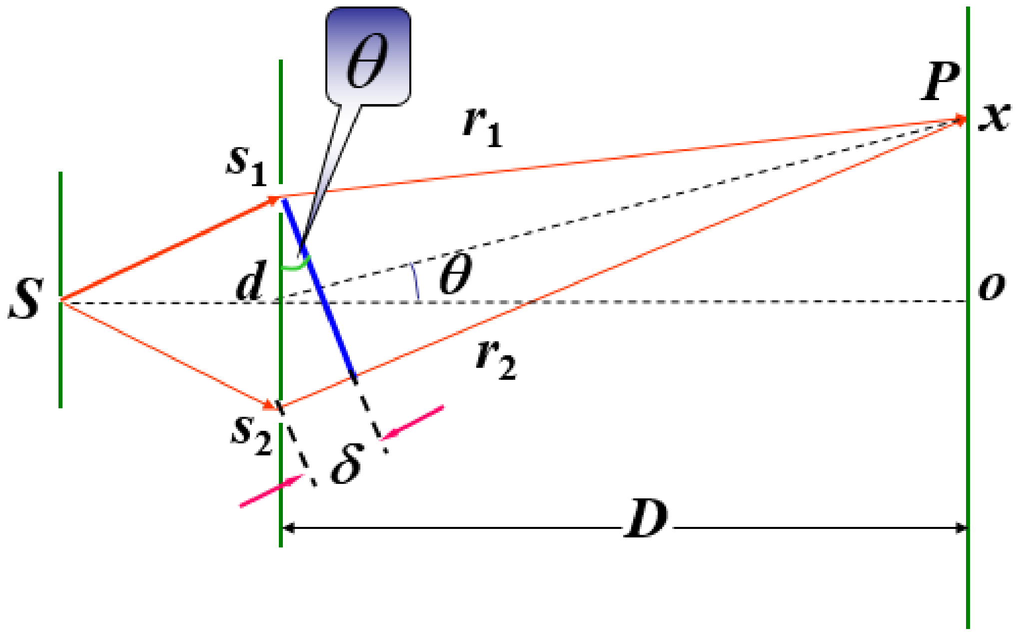
2) 干涉减弱(暗纹):

$$\Delta\varphi = \pm(2k+1)\pi, \quad k = 0,1,2,\cdots$$

$$\delta = \pm(2k+1)\frac{\lambda}{2}, \quad k = 0,1,2,\cdots$$

杨氏双缝干涉

波程差 $\Delta r = r_2 - r_1 \approx d\sin\theta = d\dfrac{x}{D}$



明纹条件 $\delta = \Delta r = d\sin\theta = \pm k\lambda$

$k = 0, 1, 2 \ldots$

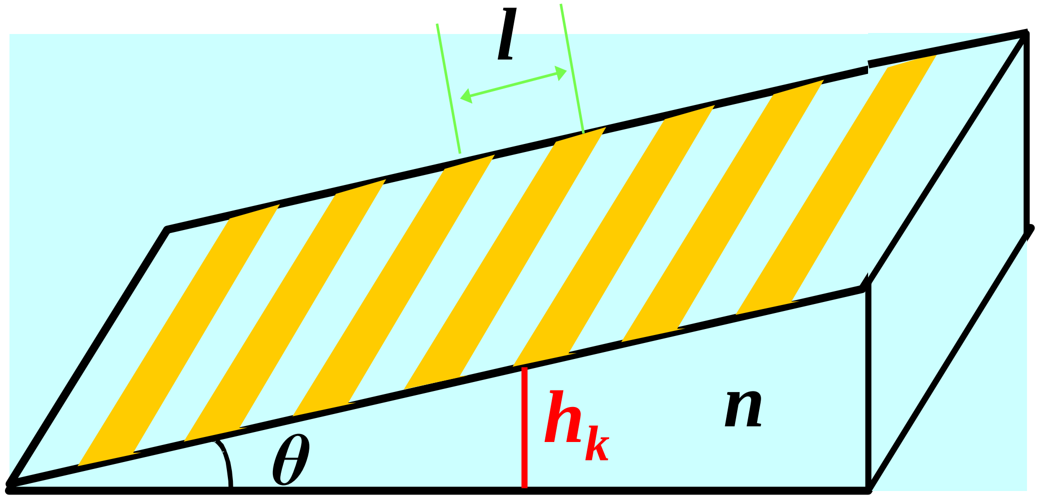
暗纹条件 $\delta = \Delta r = d\sin\theta = \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2}$

$k = 0, 1, 2 \ldots$

条纹间距 $\boxed{\Delta x = \dfrac{D}{d}\lambda}$

光强分布，衬比度、条纹变化趋势等

劈尖干涉



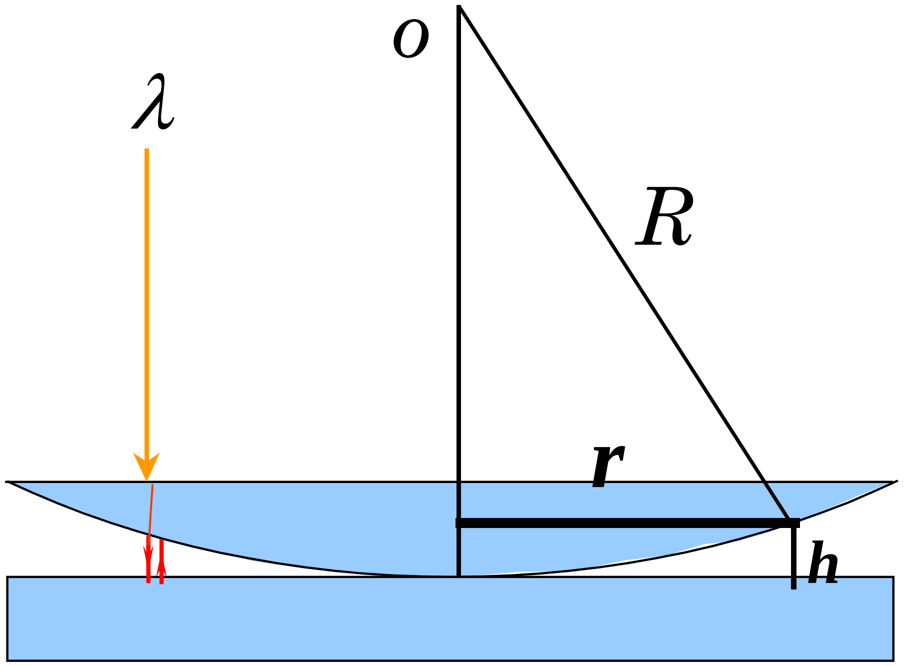
$$\delta = 2nh + \frac{\lambda}{2} = \begin{cases} k\lambda & \text{明纹} \quad k = 1,2,\ldots \\ (2k+1)\frac{\lambda}{2} & \text{暗纹} \quad k = 0,1,2,\ldots \end{cases}$$

条纹间距 $l = \frac{\lambda}{2n\sin\theta} \approx \frac{\lambda}{2n\theta}$

条纹变化趋势、应用等

牛顿环

$$r^2 = R^2 - (R-h)^2 = 2hR - h^2$$



明环： $\delta = 2h + \frac{\lambda}{2} = k\lambda \qquad k = 1, 2, \ldots$

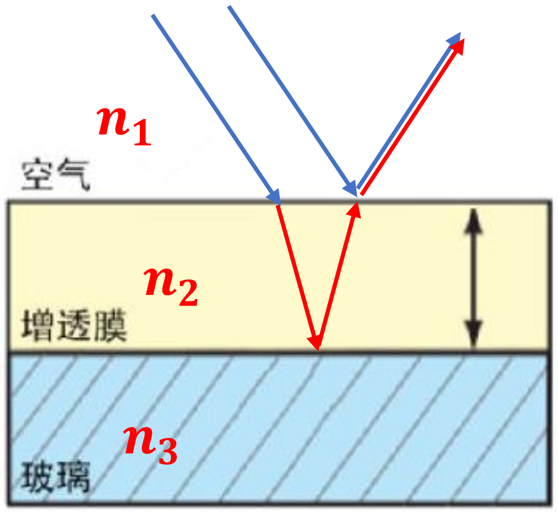
$$r_k = \sqrt{(k-\frac{1}{2})R\lambda}$$

暗环： $\delta = 2h + \frac{\lambda}{2} = (2k+1)\frac{\lambda}{2} \qquad k = 0, 1, 2, \ldots$

$$r_k = \sqrt{kR\lambda} \propto \sqrt{k}$$

$$\boxed{R = \frac{r_{k+m}^2 - r_k^2}{m\lambda}}$$

增透膜



膜上下两表面的反射光满足相消干涉条件：

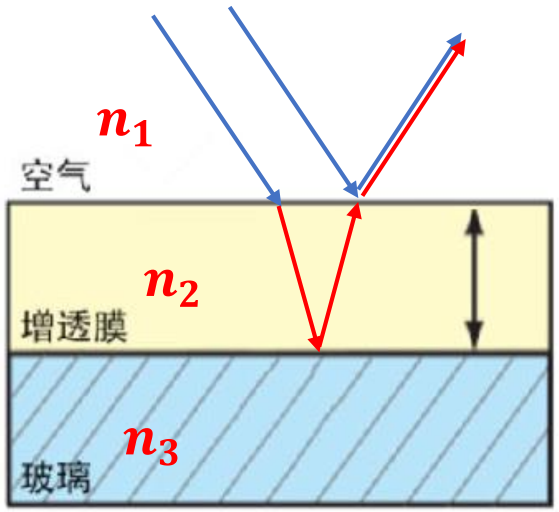
$n_1 < n_2 < n_3$ **低膜** $\delta = 2dn_2 = (2k-1)\frac{\lambda}{2} \quad (k=1,2\cdots)$

$n_1 < n_2 > n_3$ **高膜** $\delta = 2dn_2 + \frac{\lambda}{2} = (2k-1)\frac{\lambda}{2} \quad (k=1,2\cdots)$

增反膜

光学镜头为减少透光量，增加反射光，通常要镀增反膜。

增反膜是使膜上下两表面的反射光满足干涉加强条件：



$n_1 < n_2 < n_3$ 低膜 $\delta = 2dn_2 = k\lambda \quad (k = 1,2\cdots)$

$n_1 < n_2 > n_3$ 高膜 $\delta = 2dn_2 + \dfrac{\lambda}{2} = k\lambda \quad (k = 1,2\cdots)$

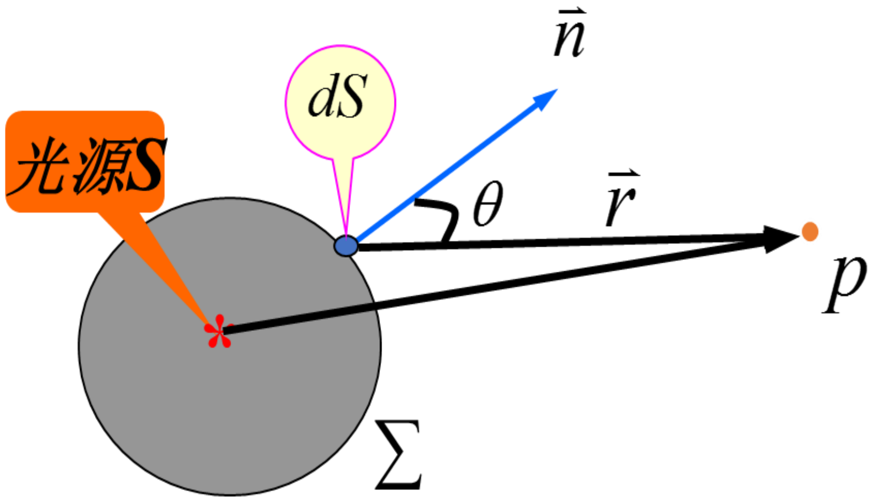
惠更斯—菲涅耳原理

1、在波的传播过程中，波阵面（波前）上的每一点都可看作是发射子波的波源(点波源)；

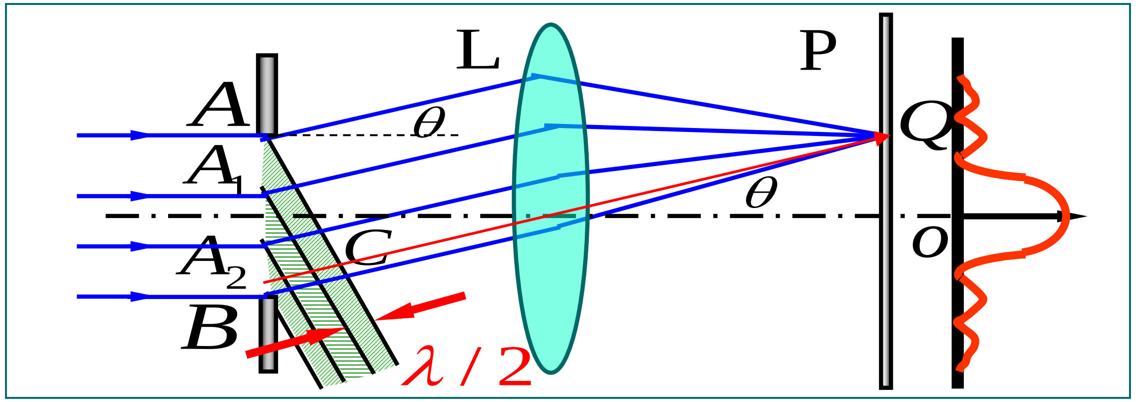
2、在以后的任一时刻，这些子波的包络面就成为新的波阵面；

3、波场中各点的强度由波面上所有子波源发射子波相干叠加决定。

——惠更斯—菲涅耳原理



单缝夫琅禾费衍射



半波带法

$$\frac{BC}{\frac{\lambda}{2}} = \frac{b\sin\theta}{\frac{\lambda}{2}} = N$$

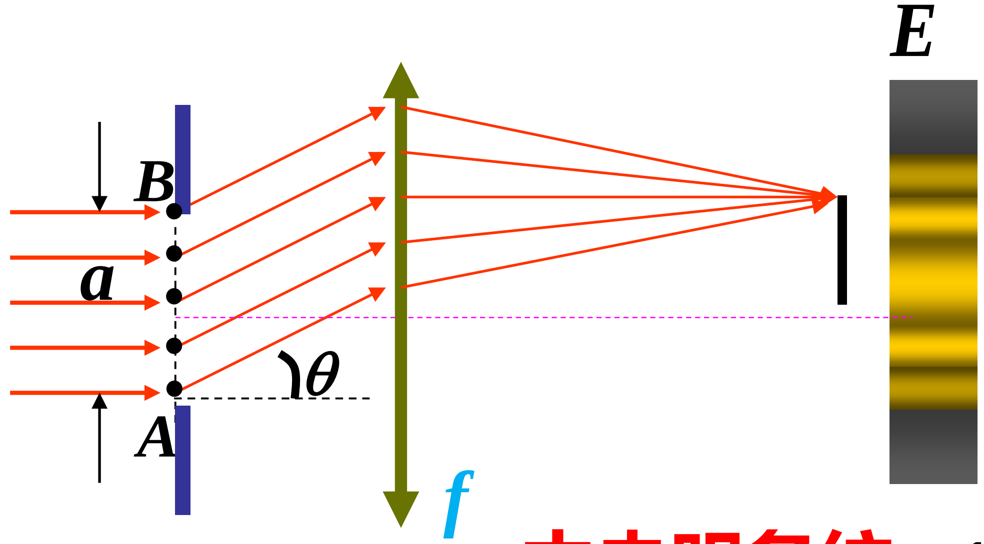
（N个半波带）

1、中央明纹中心 $\quad \boxed{b\sin\theta = 0}$

2、暗纹中心（干涉减弱） $\quad b\sin\theta = \pm 2k\dfrac{\lambda}{2}, \quad k = 1, 2, 3, \cdots$

3、明纹中心（干涉加强） $\quad b\sin\theta = \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2}, \quad k = 1, 2, 3, \cdots$

单缝夫琅禾费衍射



暗纹中心 $a\sin\theta = \pm 2k\dfrac{\lambda}{2}$ $k = 1,2,3.....$

明纹中心 $a\sin\theta = \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2}$ $k = 1,2,3.....$

中央明纹（零级明纹） $\theta = 0$

中央明条纹： 1、角宽度 $\Delta\theta = \dfrac{2\lambda}{a}$ 2、线宽度 $\Delta x = \dfrac{2f}{a}\lambda$

明纹中心 $\theta_k = \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2a}$ $x_k = \pm\dfrac{f}{a}(2k+1)\dfrac{\lambda}{2}$

暗纹中心 $\theta_k = \pm 2k\dfrac{\lambda}{2a}$ $x_k = \pm\dfrac{f}{a}2k\dfrac{\lambda}{2}$

衍射反比律

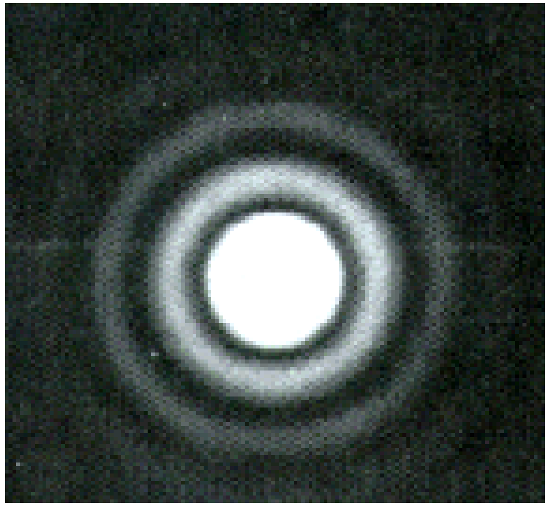
波长、缝宽等变化对条纹的影响

干涉与衍射的区别

夫琅禾费圆孔衍射

艾里斑的角半径(第一暗环角半径)

$$\theta \approx \sin\theta = 1.22\frac{\lambda}{D}$$



艾里斑

瑞利判据:

对于两个等光强的非相干物点,如果其一个像斑的中心恰好落在另一像斑的边缘(第一暗纹处),则此两物点被认为是刚刚可以分辨。

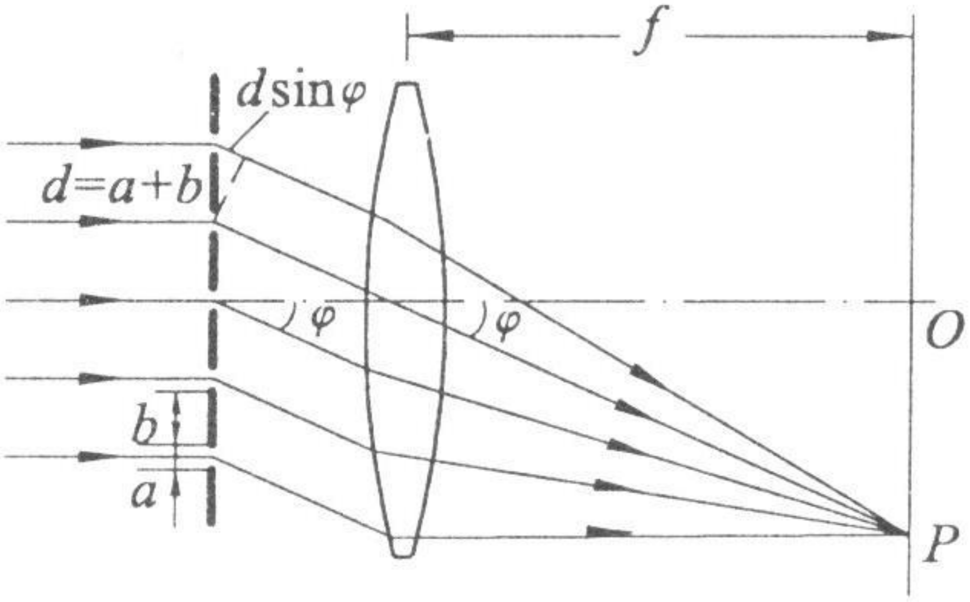
分辨本领

$$R \equiv \frac{1}{\delta\theta} = \frac{D}{1.22\lambda}$$

$$\left.\begin{matrix} D\uparrow \\ \lambda\downarrow \end{matrix}\right\} \rightarrow R\uparrow$$

R——越大光学仪器的分辨本领越大

光栅衍射



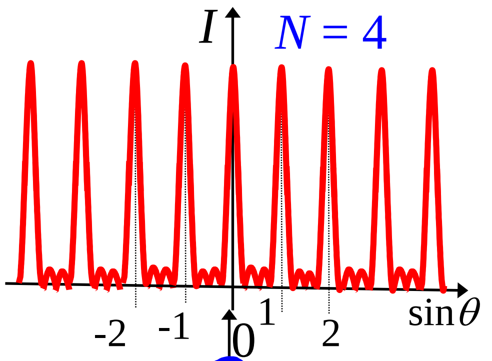
光栅常数

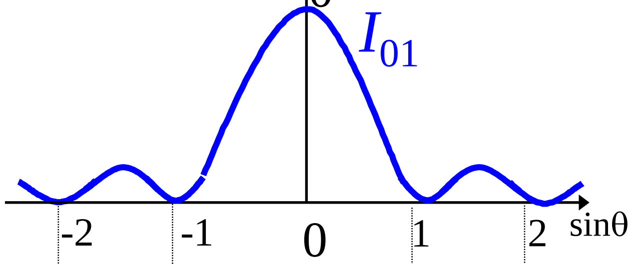
$$d = a + b$$

光栅方程

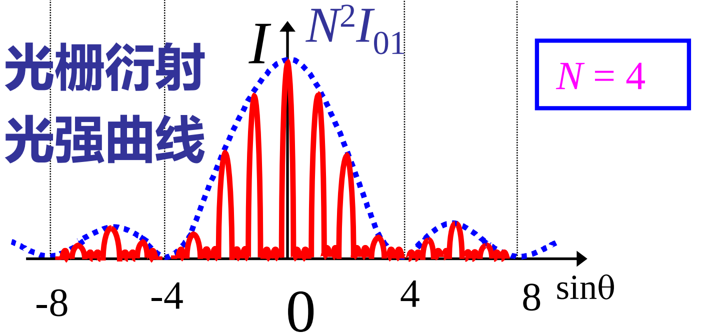
$$d \sin\theta = \pm k\lambda$$

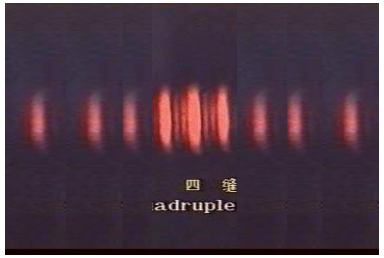
光强曲线





光栅衍射光强曲线





缺级条件：

$$d\sin\theta = k\lambda \qquad \frac{d}{a} = \frac{k}{k'} \quad k = \frac{d}{a}k'$$

$$a\sin\theta = k'\lambda$$

可观察到主极大的的最大级数: 小于$\dfrac{a+b}{\lambda}$的整数

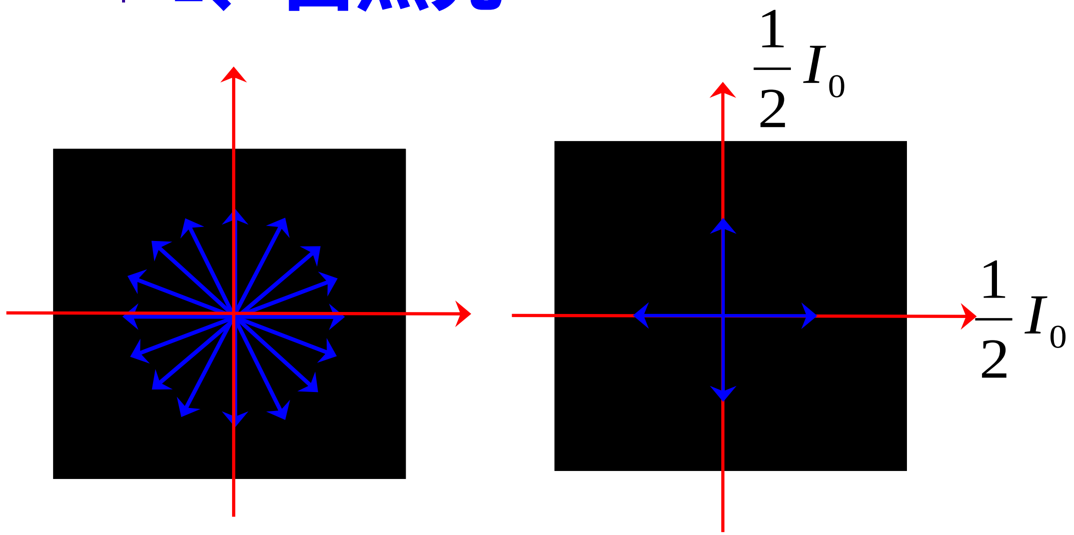
光的偏振态

光
- ① 自然光
- 偏振光
  - 完全偏振光
    - ② 线偏振光
    - ③ 椭圆偏振光
    - ④ 圆偏振光
  - ⑤ 部分偏振光

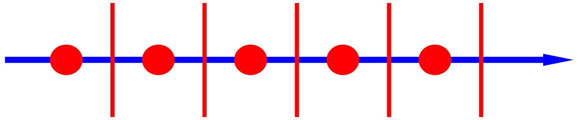
光的五种偏振态

光的偏振

1、自然光

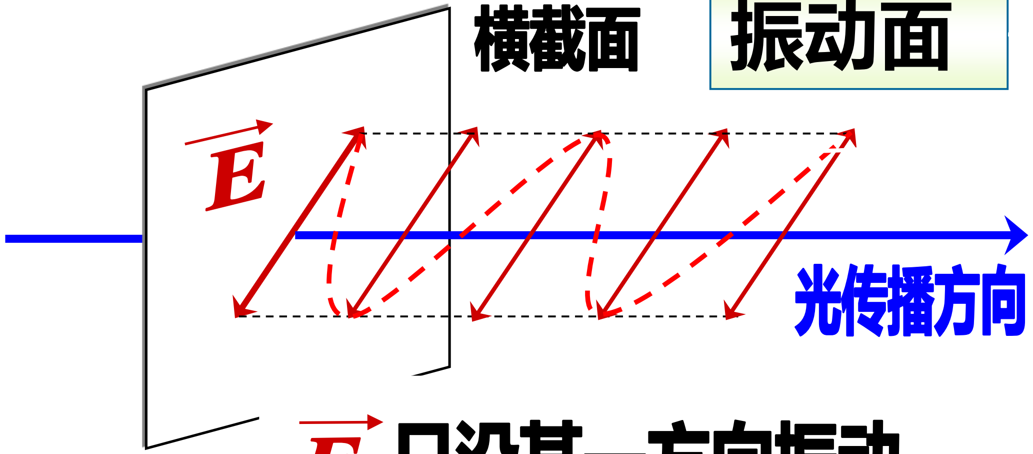


符号表示



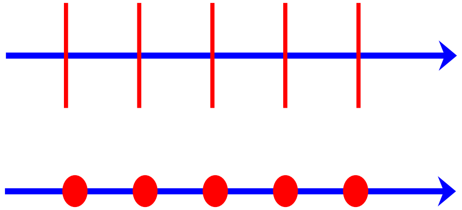
2、线偏振光

又称完全偏振光、平面偏振光



$\vec{E}$ 只沿某一方向振动

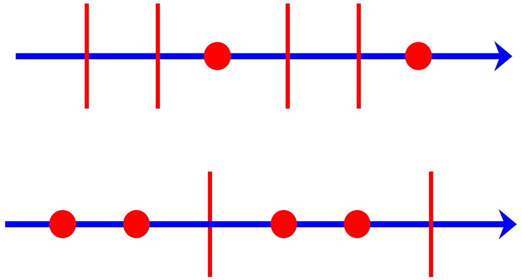
符号表示

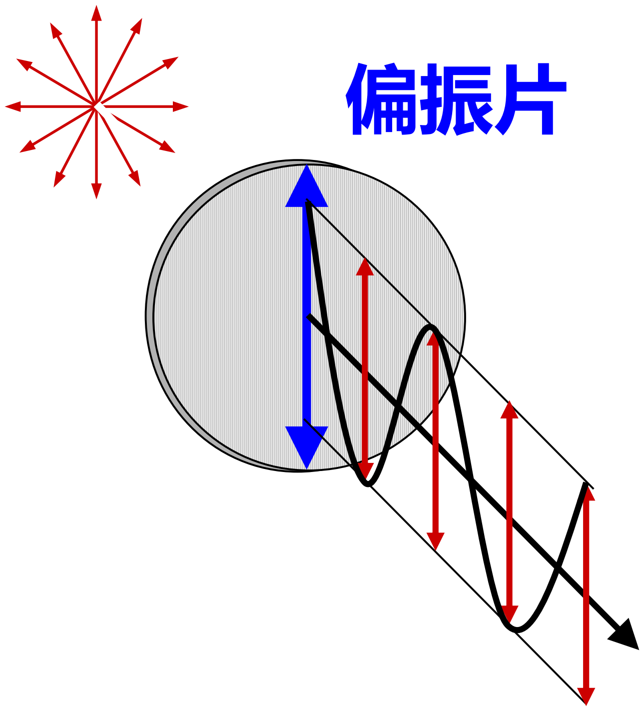


◆ 3、部分偏振光

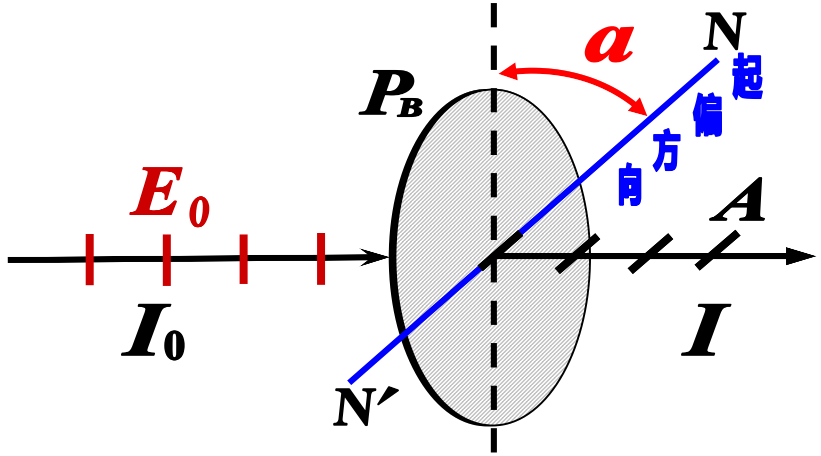
某一方向的光振动比与之垂直方向上的光振动占优势的光为部分偏振光 .

符号表示



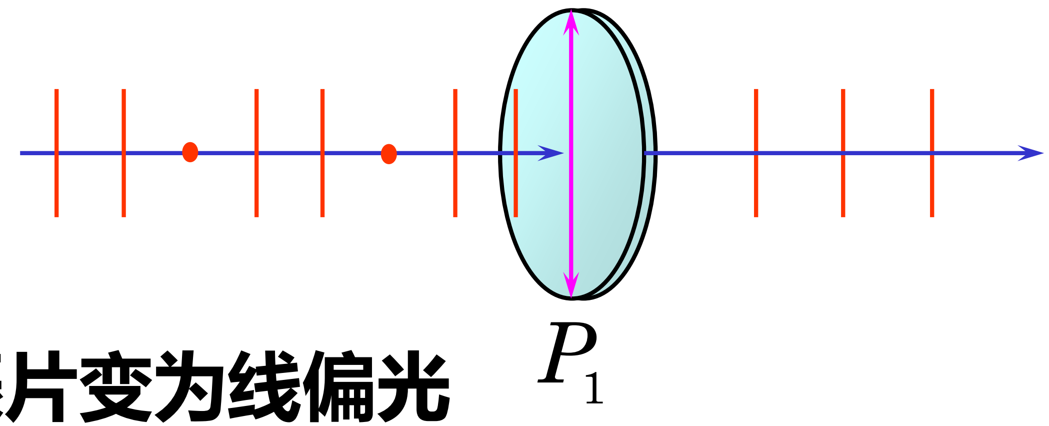


马吕斯定律



马吕斯定律： $I=I_0\cos^2\alpha$

各种偏振态的光通过偏振片情况



- 部分偏振光
  - 部分偏振光通过偏振片变为线偏光
  - 转动偏振片360°光强有变化；无消光
- 圆偏振光
  - 圆偏振光通过偏振片变为线偏光
  - 转动偏振片360°光强不变化；

现象与自然光相同

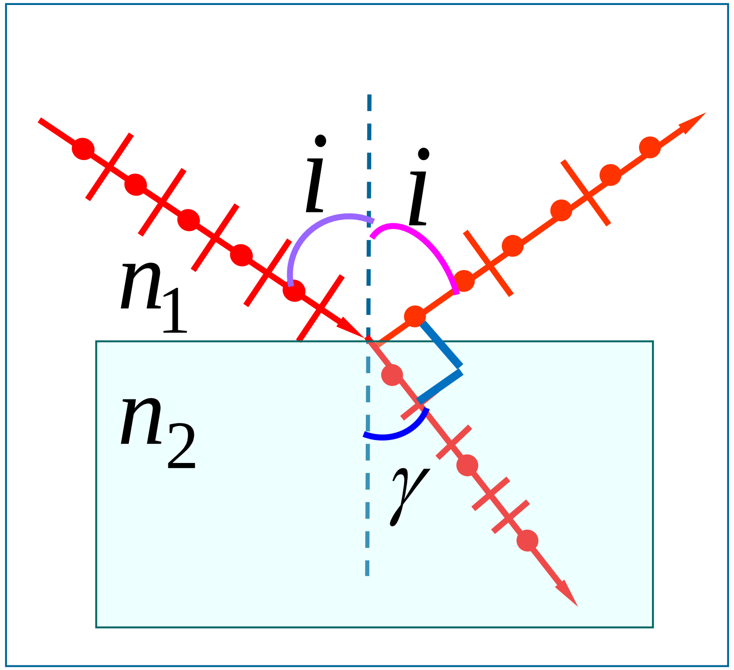
- 椭圆偏振光
  - 椭圆偏振光通过偏振片变为线偏光
  - 转动偏振片360°光强有变化；无消光

现象与部分偏振光相同

布儒斯特定律

光反射与折射时的偏振

入射面：入射光线和法线所成的平面



◆反射光　部分偏振光
垂直于入射面的振动大于平行于入射面的振动

◆折射光　部分偏振光
平行于入射面的振动大于垂直于入射面的振动

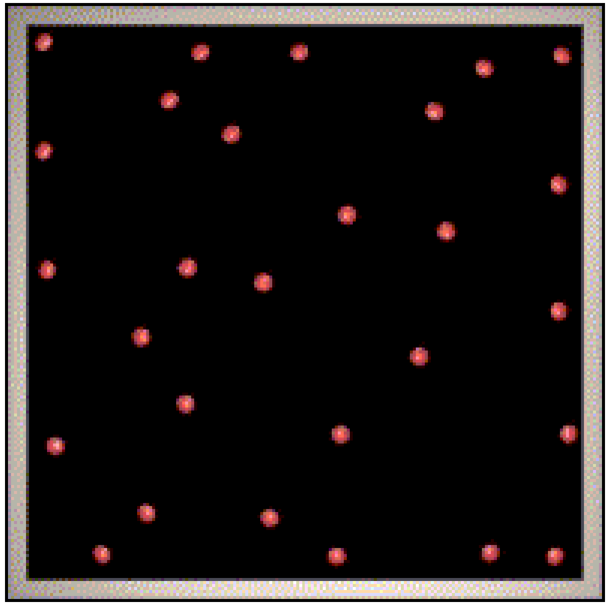
◆ 当反射光和折射光互相垂直时，反射光为完全偏振光，折射光为部分偏振光。

$$\tan i_B = \frac{n_2}{n_1}$$

布儒斯特定律

热学部分

基本概念



热力学系统→平衡态→状态参量→热动平衡

热力学第零定律→温度→温标

理想气体

理想气体状态方程 $PV = \nu RT$ $P = nkT$ $\rho = \dfrac{M}{V} = nm$

理想气体模型的基本假设：1、力学性质；2、集体统计性质

压强公式 $P = \frac{1}{3}mn\overline{v^2} = \frac{2}{3}n\overline{\varepsilon_k}$ $\overline{\varepsilon_k} = \frac{1}{2}m\overline{v^2}$

温度的微观统计意义 $\overline{\varepsilon_k} = \frac{3}{2}kT$

分子平均自由程 $\bar{z} = \sqrt{2}\pi d^2 \bar{v} n$ $\bar{\lambda} = \frac{1}{\sqrt{2}\pi d^2 n} = \frac{kT}{\sqrt{2}\pi d^2 p}$

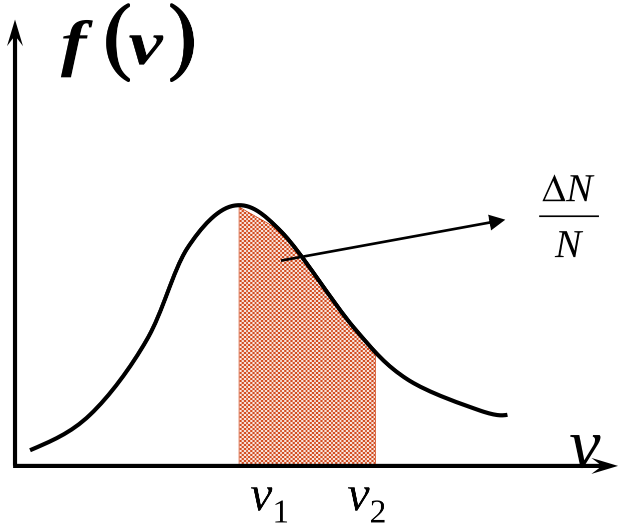
能量均分定律

刚性分子的自由度 **单原子分子**i=3 **双原子分子**i=5 **多原子分子**i=6

每个分子平均总动能： $\boxed{\overline{\varepsilon_{总}} = \frac{i}{2}kT}$ **理想气体内能** $E = U = \frac{i}{2}NkT = \frac{i}{2}\nu RT$

麦克斯韦速率分布

$$f(v)=\frac{dN}{Ndv}=4\pi\left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{\frac{3}{2}}v^2e^{-\frac{mv^2}{2kT}}$$



物理意义：在温度为T的平衡状态下，速率在v附近，单位速率区间的分子数占总分子数的百分比。

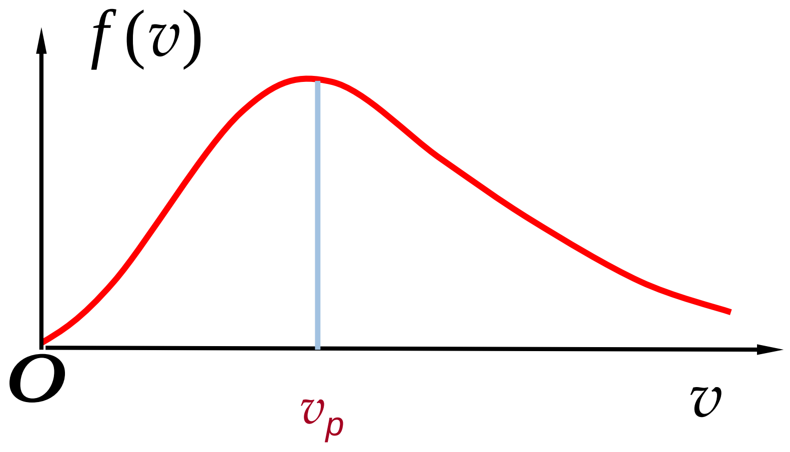
$$\boxed{\int_0^{\infty}f(v)dv=1}$$ 归一化条件

$$\boxed{\frac{\Delta N}{N}=\int_{v_1}^{v_2}f(v)dv}$$

速率在$v_1\sim v_2$区间的分子的平均速率

$$\bar{v}_{12}=\frac{\int_{v_1}^{v_2}vdN}{\int_{v_1}^{v_2}dN}=\frac{\int_{v_1}^{v_2}vf(v)dv}{\int_{v_1}^{v_2}f(v)dv}$$

三种速率



1、最概然速率v_p

$$v_p = \sqrt{\frac{2kT}{m}} = \sqrt{\frac{2RT}{M_{mol}}}$$

2、平均速率 $\overline{v}$

$$\bar{v} = \int_0^\infty v f(v) dv = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M_{mol}}}$$

3、方均根速率 $\sqrt{\overline{v^2}}$

$$\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\int_0^\infty v^2 f(v) dv} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = \sqrt{\frac{3RT}{M_{mol}}}$$

热力学第一定律

某一过程，系统从外界吸热 Q，对外界做功 A ，系统内能从初始态E_1变为 E_2，则由能量守恒：

$$Q = (E_2 - E_1) + A = \Delta E + A$$

一般规定:

$Q > 0$	系统吸热	$A>0$	系统对外界作功
$Q < 0$	系统放热	$A<0$	外界对系统作功

对无限小过程： $\boxed{dQ = dE + dA}$

准静态过程的热量的计算

摩尔热容 C ：1摩尔物质经过某一热力学过程，温度升高（降低）1K所需要吸收（释放）的热量。

$$C_{过程} = \lim_{\Delta T \to 0} \left(\frac{\Delta Q}{\Delta T}\right)_{过程} = \left(\frac{dQ}{dT}\right)_{过程}$$

ν摩尔物质经过一热力学过程：

$$dQ = \nu C_m dT,\qquad Q = \nu \int_{T_1}^{T_2} C dT,$$

理想气体的等容摩尔热容 C_V 与等压摩尔热容 C_P

（1）等容(定体)摩尔热容：

$$C_{V,m}=\frac{i}{2}R$$

i ：理想气体分子的自由度

（2）等压(定压)摩尔热容：

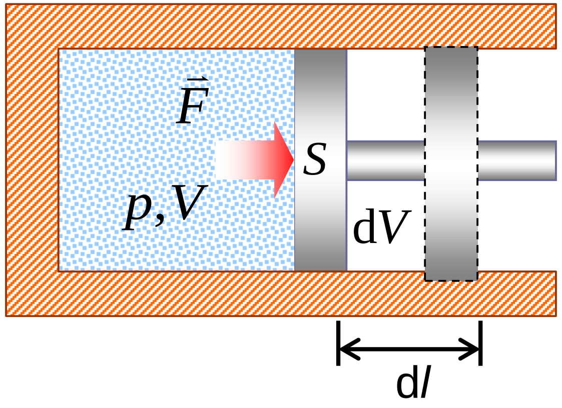
迈耶公式 $$C_{P,m}=C_{V,m}+R=\frac{i+2}{2}R$$

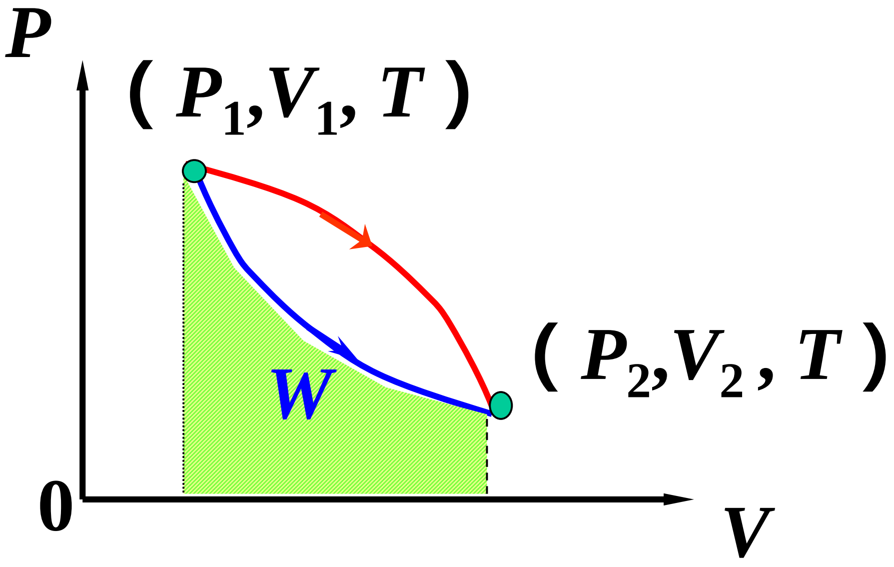
（3）泊松比 (Poisson’s Ratio) (比热容比)

$$\boxed{\gamma=\frac{C_{P,m}}{C_{V,m}}=\frac{C_{V,m}+R}{C_{V,m}}}$$

准静态过程的功的计算

元功：$\boxed{dW = PdV}$ $W = \int_{V_1}^{V_2} PdV$





PV曲线下的面积

功不仅与初态和末态有关，而且还依赖于所经历的中间状态，功与过程有关。

理想气体的内能

ν 摩尔理想气体系统处于某一状态，温度为T，其内能 E 为：

$$E = E(T) = \nu \frac{i}{2} RT = \nu C_{V,m} T$$

内能的变化

$$\boxed{dE = \nu C_{V,m} dT}$$

$$\boxed{\Delta E = E_2 - E_1 = \int_{T_1}^{T_2} \nu C_{V,m} dT = \nu C_{V,m} (T_2 - T_1)}$$

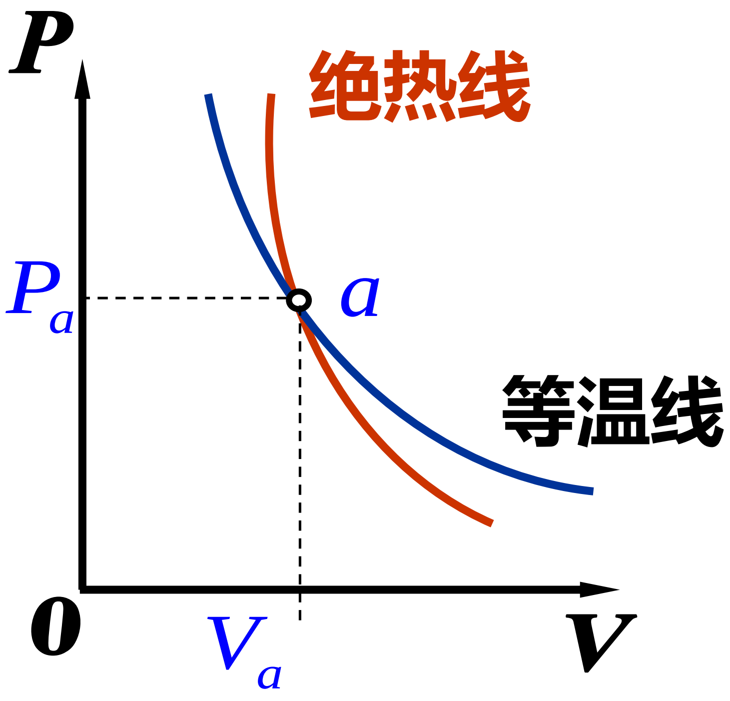
绝热过程

过程特点： $dQ = 0$, 或： $Q = 0$

绝热方程

$$\begin{cases} PV^{\gamma} = 常数_1 \\ TV^{\gamma-1} = 常数_2 \\ P^{\gamma-1}T^{-\gamma} = 常数_3 \end{cases}$$

比热容比： $\gamma = \dfrac{C_{P,m}}{C_{V,m}}$



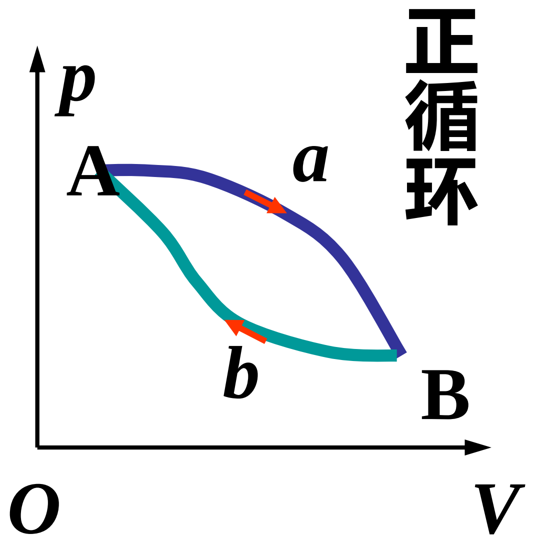
绝热线较陡

过程	特征	过程方程	热量 Q	对外作功 A	内能增量
等体	$\mathrm{d}V=0$	$\dfrac{p}{T}=C$	$\dfrac{M}{\mu}C_{V,\mathrm{m}}(T_2-T_1)$	0	$\dfrac{M}{\mu}C_{V,\mathrm{m}}(T_2-T_1)$
等压	$\mathrm{d}p=0$	$\dfrac{V}{T}=C$	$\dfrac{M}{\mu}C_{p,\mathrm{m}}(T_2-T_1)$	$p(V_2-V_1)$	$\dfrac{M}{\mu}C_{V,\mathrm{m}}(T_2-T_1)$
等温	$\mathrm{d}T=0$	$pV=C$	$\dfrac{M}{\mu}RT\ln\dfrac{V_2}{V_1}$	$\dfrac{M}{\mu}RT\ln\dfrac{V_2}{V_1}$	0
绝热	$\mathrm{d}Q=0$	$pV^{\gamma}=C$	0	$\dfrac{p_1V_1-p_2V_2}{\gamma-1}$	$\dfrac{M}{\mu}C_{V,\mathrm{m}}(T_2-T_1)$
多方		$pV^{n}=C$	$\dfrac{M}{\mu}C_{n,\mathrm{m}}(T_2-T_1)$	$\dfrac{p_1V_1-p_2V_2}{n-1}$	$\dfrac{M}{\mu}C_{V,\mathrm{m}}(T_2-T_1)$

循环过程

系统由某一状态经历一系列过程回到原来的状态

正循环：工作物质从高温热源吸收热量Q_1，一部分用来对外做功W，一部分传递给低温热源Q_2，最后系统恢复到初始状态

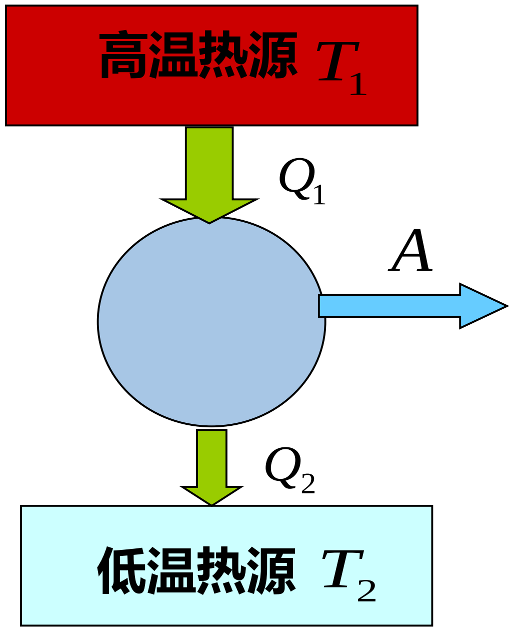


一个循环过程的p-V图

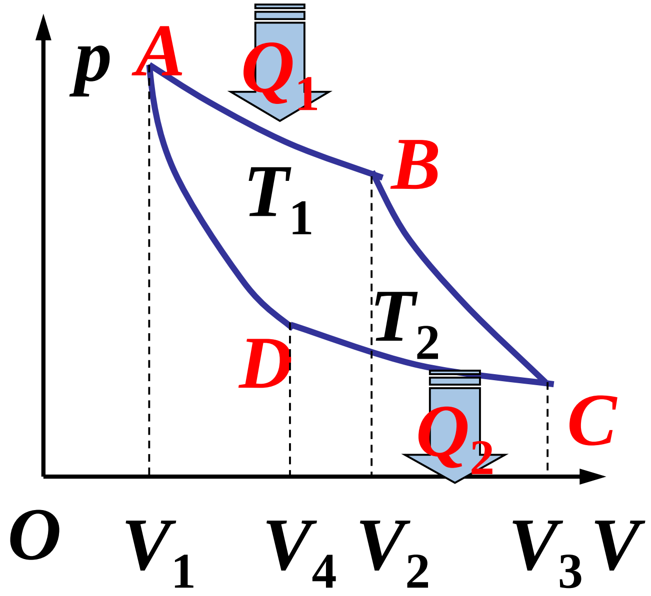
热机效率

$$\eta=\frac{W}{Q_1}=\frac{Q_1-|Q_2|}{Q_1}=1-\frac{|Q_2|}{Q_1}$$

卡诺热机



工作原理图



A→B：等温膨胀

B→C：绝热膨胀

C→D：等温压缩

D→A：绝热压缩

卡诺循环的效率为 $\boxed{\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}}$

量子力学部分

黑体辐射

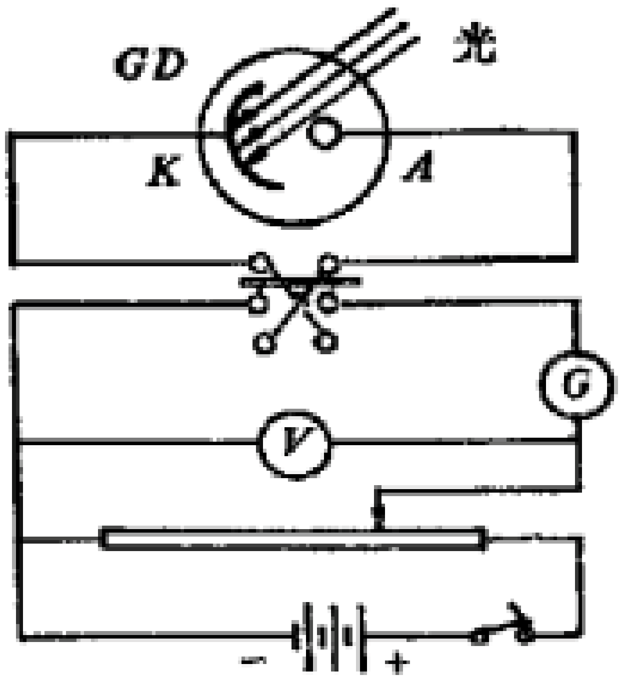
普朗克：简谐振子的能量是量子化

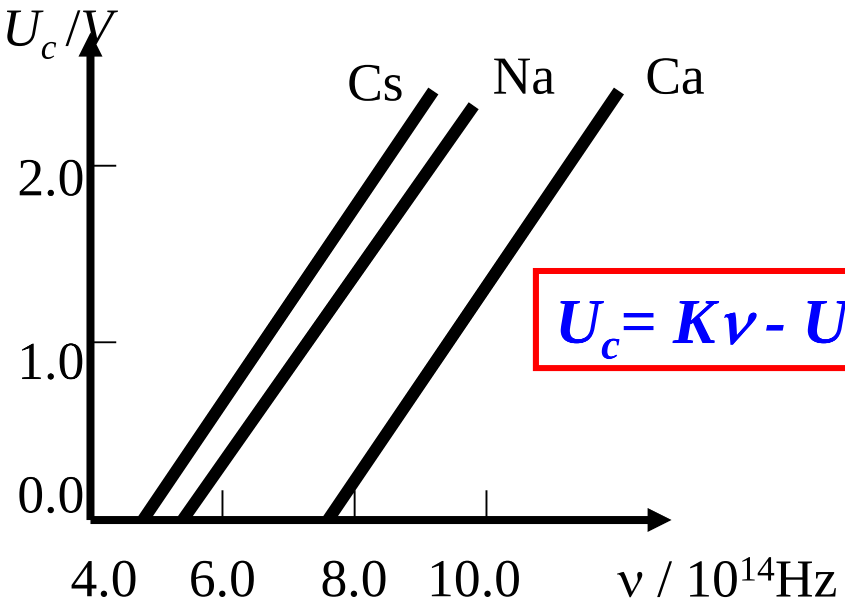
光电效应

截止电压U_c

红限频率ν_0 $\nu_0 = \dfrac{A}{h}$

逸出功A $A = eU_0$





$$\boxed{U_c = K\nu - U_0}$$

$$\boxed{\frac{1}{2}mu_m^2 = h\nu - A}$$

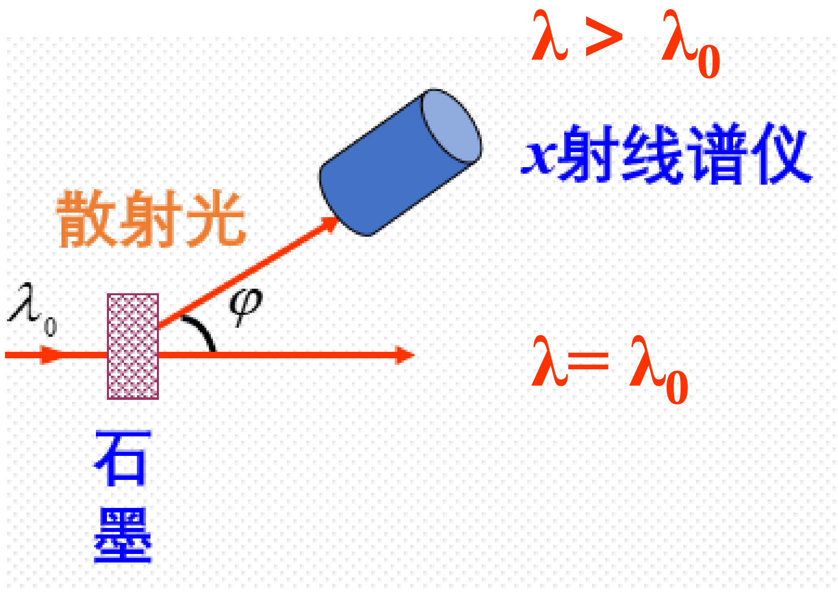
——光电效应方程 $eK = h$

光的波粒二象性

康普顿效应

康普顿散射实验结果

散射线波长改变的实验规律



动量守恒 **能量守恒**

$$\boxed{\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0 = \frac{h}{m_0 c}(1 - \cos\varphi)}$$

$$\lambda_c = \frac{h}{m_0 c} = 2.43 \times 10^{-3}\,\text{nm}$$

——**电子的康普顿波长**

波粒二象性

一个能量为E，动量为 P 的实物粒子同时具有波动性，且:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} \qquad \nu = \frac{E}{h} = \frac{mc^2}{h}$$

与粒子相联系的波称为物质波，或德布罗意波。

λ — 德布罗意波长（de Broglie wavelength）

概率波与概率幅

1) 物质波描述了粒子在各处被发现的概率 ——概率波

2) 只有当粒子数足够多（或对少数粒子反复做足够多次实验）时，这种概率分布才会呈现出来；

3)波函数 $\Psi(r,t)$： 定量描述微观粒子的状态

其模方 $|\Psi(\vec{r},t)|^2 = \Psi(\vec{r},t)^*\Psi(\vec{r},t)$ ——称为“概率密度”

自然条件（标准条件）：单值、有限、连续。 归一化条件

不确定关系

$$\Delta x \bullet \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2}$$

Δx表示粒子在x方向上的位置的不确定范围

ΔP_x表示在x方向上动量的不确定范围

其乘积不得小于一个常数。

微观粒子的位置和动量不能同时准确地测定.

1927年海森堡提出了不确定关系，它是自然界的客观规律不是测量技术和主观能力的问题。是量子理论中的一个重要概念。

薛定谔方程*

$$\boxed{i\hbar\frac{\partial\Psi}{\partial t}=-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{\partial^2\Psi}{\partial x^2}+U(x,t)\Psi}$$

——一维含时薛定谔方程

恒定势场 $U(x,t)=U(x)$ 分离变量法 $\psi(x,t)=\varphi(x)f(t)$ $f(t)=e^{-iEt/\hbar}$

$$\boxed{[-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{\partial^2}{\partial x^2}+U(x)]\varphi(x)=E\varphi(x)}$$

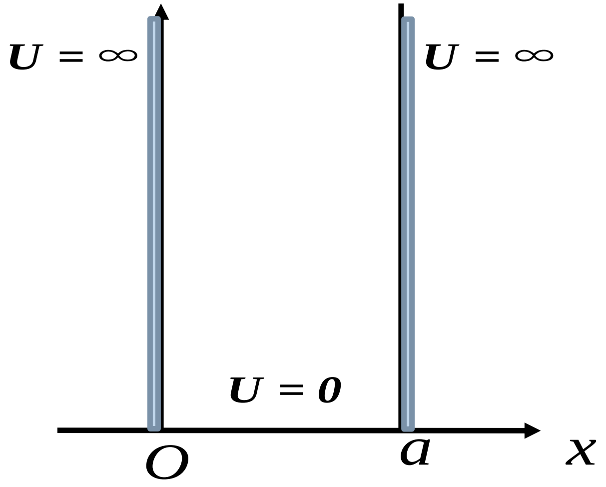
——定态薛定谔方程

$$\boxed{\hat{H}=-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2+U}$$

$$\boxed{\hat{H}\psi(x)=E\psi(x)}$$

——本征方程

一维无限深方势阱*



势函数 $U(x)=\begin{cases}0 & (0<x<a)\\ \infty & (x\le 0 \text{ 或 } x\ge a)\end{cases}$

$$\psi(x)=\begin{cases}\sqrt{\dfrac{2}{a}}\sin\dfrac{n\pi}{a}x & (0<x<a) \quad n=1,2,3,\cdots\\ 0 & (x\le 0 \text{ 或 } x\ge a)\end{cases}$$

能量量子化 $E_n=\dfrac{h^2}{8ma^2}n^2 \quad n=1,2,3,\cdots$ **势垒穿透、谐振子**

氢原子

- **氢原子波函数：** $\psi_{nlm}(r,\theta,\varphi)=R_{nl}(r)Y_{lm}(\theta,\varphi)$

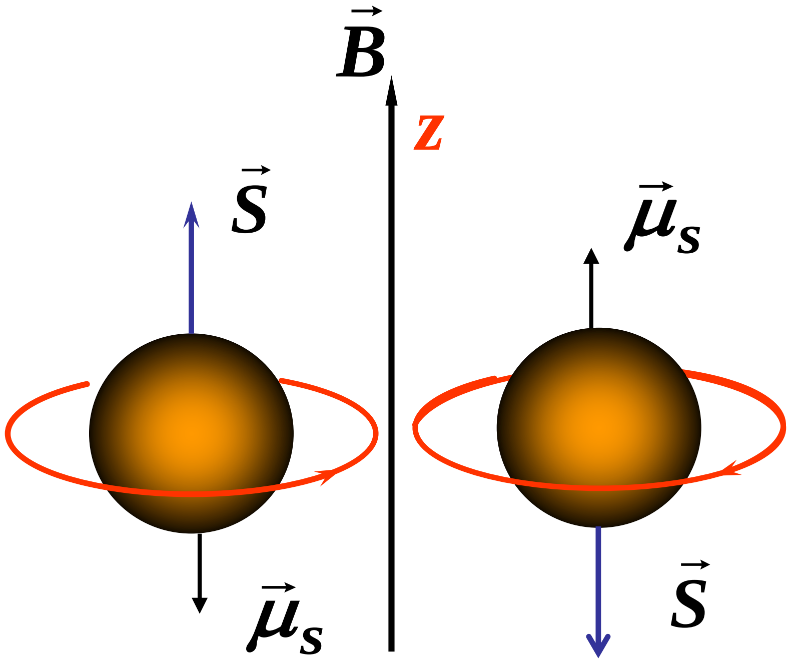
$$n=1,2,3,\cdots \qquad l=0,1,2,\cdots,n-1 \qquad m_l=0,\pm1,\pm2\cdots\cdots\pm l$$

能量量子化 $E_n=-\dfrac{me^4}{2(4\pi\varepsilon_0)^2\hbar^2}\dfrac{1}{n^2}$ $n=1,2,3,\cdots$ **主量子数**

轨道角动量量子化 $L=\sqrt{l(l+1)}\dfrac{h}{2\pi}=\sqrt{l(l+1)}\hbar$ $l=0,1,2,\cdots,n-1$ **角量子数**

轨道角动量空间量子化 $L_z=m_l\dfrac{h}{2\pi}$ $m_l=0,\pm1,\pm2,\cdots\pm l$ **磁量子数**

电子自旋



自旋角动量 $S = \sqrt{s(s+1)}\hbar$

s — 自旋量子数

$S_z = m_s \hbar$

m_s — 自旋磁量子数

施特恩 — 盖拉赫实验表明

$$2s+1=2 \rightarrow s=\frac{1}{2} \qquad \rightarrow m_s=+\frac{1}{2},-\frac{1}{2}$$

泡利不相容原理

费米子的波函数是反对称的： $\psi(1,2) = -\psi(2,1)$

即： $$\psi(1,2) = \frac{1}{\sqrt{2}}\left[\psi_A(1)\psi_B(2) - \psi_A(2)\psi_B(1)\right]$$

当量子态 $A=B$ 时，$\psi(1,2) = 0$

不能有两个全同的费米子处于同一的单粒子态

—— 泡利不相容原理

各种原子核外电子的组态

电子的分布准则及规律　　**1. 泡利不相容原理**　　**2. 能量最小原理**

各壳层中可容纳的最多电子数　　$Z_n = \sum_{l=0}^{n-1} 2(2l+1) = 2n^2$

原子在基态时的电子组态

银Ag　　$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4d^{10} 5s^1$

祝大家取得好成绩