大物IB总结

第九章：(振动)

简谐振动的标准形式：$a=-\omega^2 x$ （$\frac{d^2x}{dt^2}=-\omega^2 x$）

简谐振动方程：☆☆☆

$$\begin{cases} x=A\cos(\omega t+\varphi) \\ v=-\omega A\sin(\omega t+\varphi) \\ a=-\omega^2 A\cos(\omega t+\varphi) \end{cases}$$

参数：①振幅：简谐振动物体离开平衡位置的最大位移的绝对值A

②周期：一次完全振动所经历的时间T

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

$$\begin{cases} \text{弹簧振子：} & \omega=\sqrt{\frac{k}{m}} \\ \text{单摆：} & \omega=\sqrt{\frac{g}{l}} \\ \text{复摆：} & \omega=\sqrt{\frac{mgl}{J}} \end{cases}$$

③相位：$(\omega t+\varphi)$叫做振动的相位

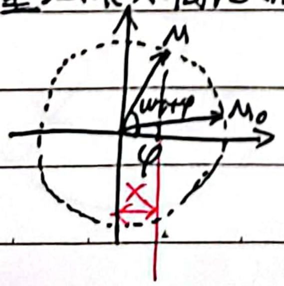
φ叫做初相位

参数的求解：

已知 x_0、v_0

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

旋转矢量法表示简谐振动



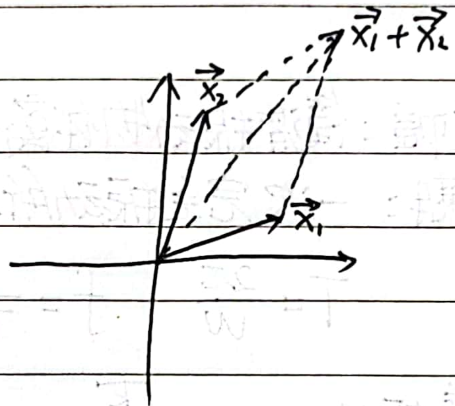
投影到x轴上即为位移x

简谐振动的能量：☆☆☆

1. 动能：$E_K=\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}m\omega^2A^2\sin^2(\omega t+\varphi)$
2. 势能：$E_P=\frac{1}{2}kx^2=\frac{1}{2}kA^2\cos^2(\omega t+\varphi)$
3. 总能量：$E=E_K+E_P=\frac{1}{2}m\omega^2A^2=\frac{1}{2}kA^2$
4. 平均动能、势能：$\overline{E_K}=\overline{E_P}=\frac{1}{2}E$

简谐振动的合成

1. 同方向、同频率合成



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

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

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

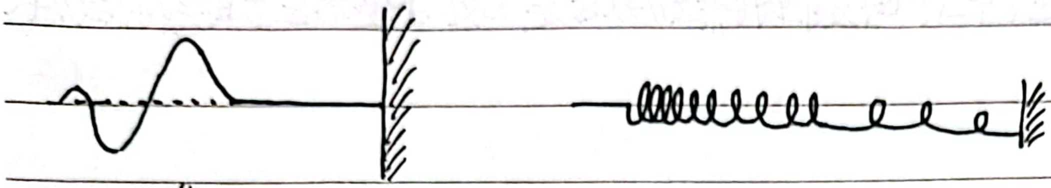
2. 相互垂直、同频率合成

$$\begin{cases}x=A_1\cos(\omega t+\varphi_1)\\y=A_2\cos(\omega t+\varphi_2)\end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{x^2}{A_1^2}+\frac{y^2}{A_2^2}-\frac{2xy}{A_1A_2}\cos(\varphi_2-\varphi_1)=\sin^2(\varphi_2-\varphi_1)$$

第十章：(波动)

横波、纵波



横波　　　　　　　　纵波

参数及概念

1. 波长：沿传播方向，两个相邻的、相位差为2π的振动质元之间的距离
(一个完整波形的长度)

2. 周期：波前进一个波长的距离所需要的时间

3. 波速：单位时间内某一振动状态传播的距离。

$$\begin{cases} u=\lambda\nu \\ u=\dfrac{\lambda}{T} \end{cases}$$

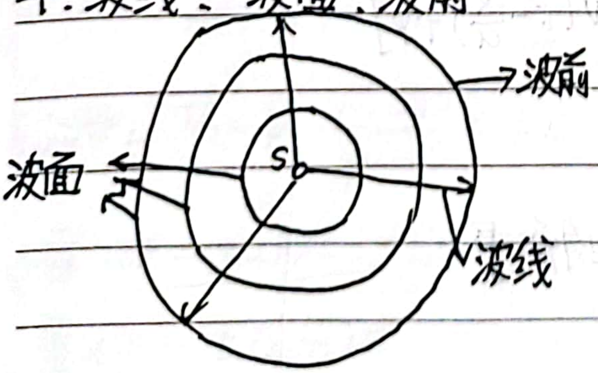
实验所得试：

固体内 $\begin{cases} u=\sqrt{\dfrac{G}{\rho}} \text{ (横波)} & G\text{为切变模量} \\ u=\sqrt{\dfrac{E}{\rho}} \text{ (纵波)} & E\text{为弹性模量} \end{cases}$

液体内、气体内：　$u=\sqrt{\dfrac{K}{\rho}}$ (纵波)　K体积模量

机械波的波速取决于介质的性质，与振源无关 ☆

4. 波线、波面、波前



平面简谐波的波函数

1.基本性质：$y(x+\Delta x, t+\Delta t) = y(x, t)$

$x+\Delta x$处的质元在$t+\Delta t$时刻的振动状态是x处的质元在t时刻振动状态的复刻。

2. $y = A\cos(\omega t - kx + \varphi)$ （$k=\frac{2\pi}{\lambda}$ 角波数）

$= A\cos[\omega(t - \frac{x}{u}) + \varphi]$

$= A\cos[2\pi(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}) + \varphi]$

加减关系：
- 超前 +
- 滞后 −

3.物理意义：

① x一定时，观察距波源x处质元随时间的上下振动情况

② t一定时，观察所有质元的位移分布情况

4. u的另一表达式（波速）

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

能流和能流密度

1.能量密度 $w = \frac{dW}{dV} = \rho A^2\omega^2\sin^2[\omega(t-\frac{x}{u})+\varphi]$

2.平均能量密度：$\overline{w} = \frac{1}{2}\rho A^2\omega^2$

3.能流：单位时间内垂直通过某一面积的能量

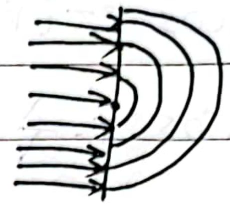
$P = w\cdot u\cdot S$

4.能流密度： $\bar{P}=\bar{w}u\cdot S$ 平均能流

$$I=\frac{\bar{P}}{S}=\bar{w}u=\frac{1}{2}\rho\omega^2A^2\cdot u$$

波的衍射：

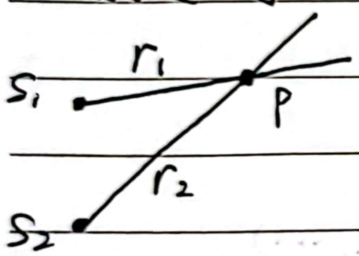
波在传播过程中遇到障碍物，能够绕过障碍物的边缘，在障碍物的几何阴影内继续传播。



发生条件：障碍物宽度小于等于波长

波的干涉☆☆☆

1.前提：f相同、振动方向相同、相位相同的两个波源



$$\begin{cases} S_1: y_1=A_1\cos(\omega t+\varphi_1) \\ S_2: y_2=A_2\cos(\omega t+\varphi_2) \end{cases}$$

S_1在P处： $y_1=A_1\cos\left(\omega t+\varphi_1-\frac{2\pi r_1}{\lambda}\right)$

S_2在P处： $y_2=A_2\cos\left(\omega t+\varphi_2-\frac{2\pi r_2}{\lambda}\right)$

$\Rightarrow y=A\cos(\omega t+\varphi)$

$$\begin{cases} \tan\varphi=\dfrac{A_1\sin\left(\varphi_1-\frac{2\pi r_1}{\lambda}\right)+A_2\sin\left(\varphi_2-\frac{2\pi r_2}{\lambda}\right)}{A_1\cos\left(\varphi_1-\frac{2\pi r_1}{\lambda}\right)+A_2\cos\left(\varphi_2-\frac{2\pi r_2}{\lambda}\right)} \\ A=\sqrt{A_1^2+A_2^2+2A_1A_2\cos\Delta\varphi} \\ \Delta\varphi=\varphi_2-\varphi_1-\dfrac{2\pi(r_2-r_1)}{\lambda} \end{cases}$$

☆

当 $\Delta\varphi=\pm 2k\pi$ 则 $A=A_1+A_2$ 加强

当 $\Delta\varphi=\pm(2k+1)\pi$，则 $A=|A_1-A_2|$ 减弱

驻波

1.前提：振幅、频率、传播速度相同，相反方向传播的两列相干波

2.驻波方程：

$$\begin{cases} y_1 = \cancel{A\cos} A\cos 2\pi(\nu t - \frac{x}{\lambda}) \\ y_2 = A\cos 2\pi(\nu t + \frac{x}{\lambda}) \end{cases}$$

$$\Rightarrow y = \underbrace{2A\cos 2\pi\cdot\frac{x}{\lambda}}_{\text{振幅}} \cos 2\pi\nu t$$

3.波节、波腹

$$\begin{cases} \text{波节：始终静止不动的点，} \cos\frac{2\pi x}{\lambda} = 0 \\ \text{波腹：振幅最大的点} \quad \left|\cos\frac{2\pi x}{\lambda}\right| = 1 \end{cases}$$

$$\cos 2\pi\frac{x}{\lambda} = 0 \Rightarrow 2\pi\frac{x}{\lambda} = (2k+1)\frac{\pi}{2}$$

$$\Rightarrow x = (2k+1)\frac{\lambda}{4} \quad (k=0,\pm1,\pm2,\cdots)$$

$$\left|\cos 2\pi\frac{x}{\lambda}\right| = 1 \Rightarrow 2\pi\frac{x}{\lambda} = k\pi$$

$$\Rightarrow x = k\cdot\frac{\lambda}{2} \quad (k=0,\pm1,\pm2,\cdots)$$

波节之间、波腹之间 距离均为 $\frac{\lambda}{2}$

4.驻波特点

① 波形既不左移，也不右移，各点以确定的振幅在各自的平衡位置附近移动

② 不传播能量

~~5.驻波形成的条件~~

相位跃变 ☆☆☆

波疏 $\xrightarrow{射入}$ 波密

反射波将相位跃变π（+π）

多普勒效应 ☆

1.波源不动、观察者相对介质以速度V_0运动

$$\begin{cases} \nu' = \dfrac{u+V_0}{u} \cdot \nu & (靠近) \\ \nu' = \dfrac{u-V_0}{u} \cdot \nu & (远离) \end{cases}$$

2、观察者不动、波源相对介质以速度V_0运动

$$\begin{cases} \nu' = \dfrac{u}{u-V_0} \nu & (靠近) \\ \nu' = \dfrac{u}{u+V_0} \cdot \nu & (远离) \end{cases}$$

3.波源、观察者同时相对介质运动

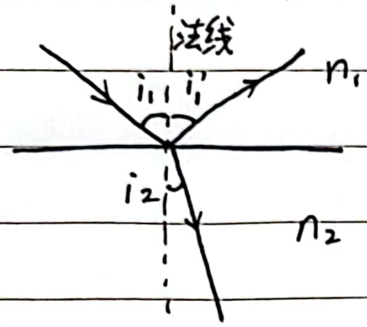
$$\begin{cases} \nu' = \dfrac{u+V_0}{u-V_s} \cdot \nu & (靠近) \\ \nu' = \dfrac{u-V_0}{u+V_s} \cdot \nu & (远离) \end{cases}$$

靠近 → 频率变大

第十一章：(光学)

几何光学

1、反射和折射定律

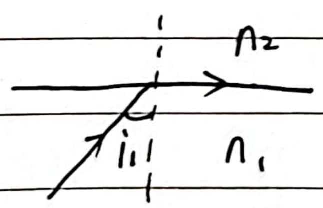


反射定律： $i_1 = i_1'$

折射定律： $\dfrac{\sin i_1}{\sin i_2} = \dfrac{n_2}{n_1} \Rightarrow n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$

2.介质中光速与折射率的关系： $\boxed{v = \frac{c}{n}}$

3.全反射（光导纤维）

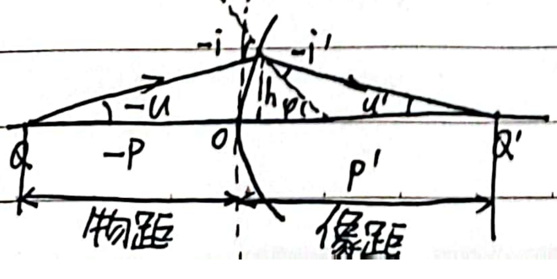


$i_1 = \arcsin\frac{n_2}{n_1}$

4、光程： $L = n \cdot l$

（在相同时间内光线在真空中传播的距离）

5、符号规则



上正下负

右正左负（看光线传播方向）

顺正逆负

☆☆☆

(1)线段：以顶点O为起点，沿光线进行方向为正，逆光线进行方向为负；
在垂直方向上，以主光轴上方为正，下方为负

(2)角度：由主轴或界面法线为起始线，转一锐角至光线，顺正逆负

图

6、近轴光线单球面折射成像的物像关系式☆

像方折射率 → 物方折射率

$$\frac{n'}{p'}-\frac{n}{p}=\frac{n'-n}{r}$$ 【核心】

p' → 像距　p → 物距　r → 球面曲率半径

令 $p'\to\infty \Rightarrow f=-\frac{n}{n'-n}r$ (物方焦距)

令 $p\to\infty \Rightarrow f'=\frac{n'}{n'-n}\cdot r$ (像方焦距)

$\Rightarrow$ 高斯公式 $\frac{f'}{p'}+\frac{f}{p}=1$

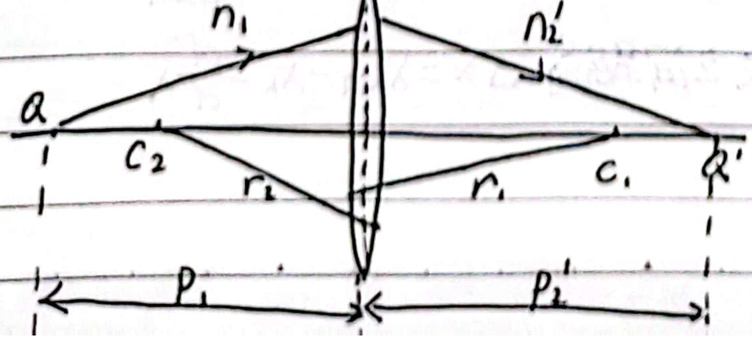
7、横向放大率和角放大率

☆ $\beta=\frac{y'}{y}=\boxed{\frac{p'n}{pn'}}$ $\begin{cases}\beta>0 \to 正立\\ |\beta|>1 \to 放大\end{cases}$

角放大率：$\gamma=\frac{u'}{u}=\frac{p}{p'}=\frac{n}{n'}\cdot\frac{1}{\beta}$

(了解) $\Rightarrow y'u'n'=yu\cdot n=$ 常量

8、薄透镜成像



$$\begin{cases} \dfrac{n_2}{p_1'} - \dfrac{n_1}{p_1} = \dfrac{n_2-n_1}{r_1} = \phi_1 \\ \dfrac{n_2'}{p_2'} - \dfrac{n_2}{p_1'} = \dfrac{n_2'-n_2}{r_2} = \phi_2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{n_2'}{p_2'} - \frac{n_1}{p_1} = \phi_1 + \phi_2 = \phi \quad \Rightarrow \frac{n'}{p'} - \frac{n}{p} = \phi$$

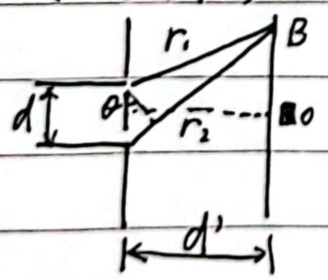
$$\begin{cases} f = -\dfrac{n}{\phi} \\ f' = \dfrac{n'}{\phi} \end{cases} \Rightarrow \frac{f'}{p} + \frac{f}{p} = 1$$ （薄透镜的高斯公式）

对于空气中的薄透镜☆☆☆

$$\begin{cases} n = n' = 1 \\ f' = -f = \dfrac{1}{\phi} = \dfrac{r_1 r_2}{(n_L-1)(r_2-r_1)} \\ \dfrac{1}{p'} - \dfrac{1}{p} = \dfrac{1}{f'} \end{cases}$$

波动光学

杨氏双缝干涉☆

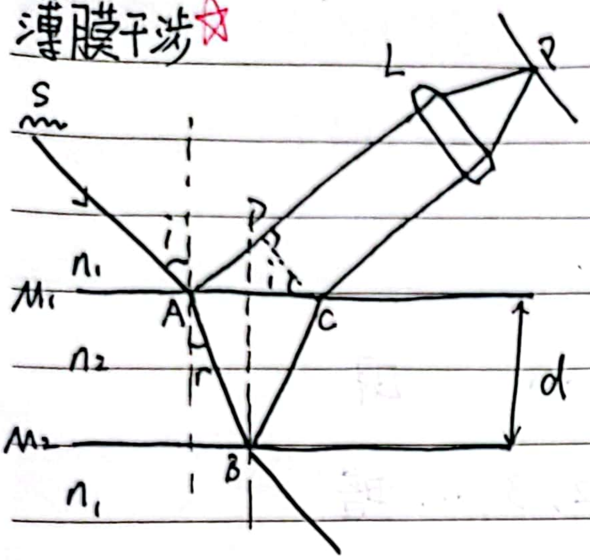


$$\Delta r = r_2 - r_1 \approx d\sin\theta \approx d \cdot \frac{x}{d'}$$

$$\begin{cases} d \cdot \dfrac{x}{d'} = \pm k\lambda \ (k=0,1,2,3,\cdots) & \text{明纹} \\ d \cdot \dfrac{x}{d'} = \pm(2k+1)\lambda \ (k=0,1,2,3,\cdots) & \text{暗纹} \end{cases}$$

明/暗纹之间距离 $\Delta x = x_{k+1} - x_k = \dfrac{d'}{d}\lambda$

薄膜干涉



$(n_2 > n_1)$

$$\begin{cases} \Delta' = n_2(AB + BC) - n_1 AD \\ AB = BC = \frac{d}{\cos r} \\ AD = AC\sin i = 2d\tan r \cdot \sin i \end{cases}$$

$$\Rightarrow \Delta' = \frac{2d}{\cos r}(n_2 - n_1 \sin r \sin i)$$

$$= \frac{2d}{\cos r}(n_2 - n_2 \sin^2 r) = \begin{cases} 2n_2 d\cos r \\ = 2n_2 d\sqrt{1-\sin^2 r} \\ = 2d\sqrt{n_2^2 - n_1^2\sin^2 i} \end{cases}$$

由于半波损失

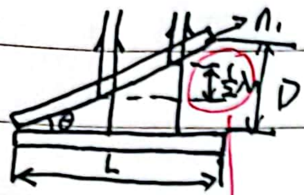
$$\Delta = 2d\sqrt{n_2^2 - n_1^2\sin^2 i} + \frac{\lambda}{2}$$

$$= \begin{cases} k\lambda & k = 1, 2, \cdots & \text{加强} \\ (2k+1)\frac{\lambda}{2} & k = 0, 1, 2, \cdots & \text{减弱} \end{cases}$$

另：透射光 $\Delta t = 2d\sqrt{n_2^2 - n_1^2\sin^2 i}$

(反射光与透射光相互补)

劈尖 ☆☆☆



$n_1 > n$

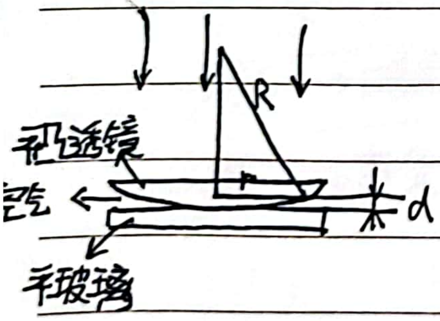
$$\Delta = 2nd + \frac{\lambda}{2} = \begin{cases} k\lambda & k=1,2,3,\cdots \quad 明 \\ (2k+1)\frac{\lambda}{2} & k=0,1,2,3,\cdots \quad 暗 \end{cases}$$

两明纹/暗纹间距为 $\frac{\lambda_n}{2} = \frac{\lambda}{2n}$

$$\begin{cases} \theta = \frac{D}{L} \\ \theta = \frac{\lambda_n}{2b} \end{cases} \Rightarrow D = \frac{\lambda_n}{2b}\cdot L = \frac{\lambda}{2nb}\cdot L$$

b：两明纹/暗纹水平距离

牛顿环 ☆☆



$$\Delta = 2nd + \frac{\lambda}{2}$$

$$r = \sqrt{R^2-(R-d)^2} = \sqrt{2dR-d^2} \approx \sqrt{2dR} = \sqrt{\left(\Delta-\frac{\lambda}{2}\right)\cdot\frac{R}{n}}$$

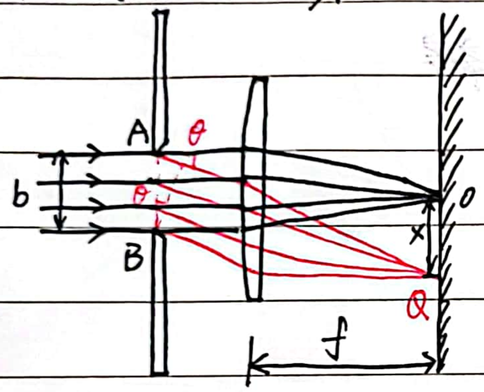
$$\Rightarrow \begin{cases} 明环半径: & r=\sqrt{\left(k-\frac{1}{2}\right)\frac{R\lambda}{n}} & k=1,2,\cdots \\ 暗环半径: & r=\sqrt{k\cdot\frac{R\lambda}{n}} & k=0,1,2,\cdots \end{cases}$$

迈克尔逊干涉仪(了解)

一个公式：$\Delta d = \Delta n \cdot \frac{\lambda}{2}$

Δd：反射镜移动距离　Δn：条纹变化数目　λ：波长

夫琅禾费单缝衍射



分析方法：波带法

$b\sin\theta = \pm k\cdot\frac{\lambda}{2}$ (将AB平面切割为k个波带)

k为偶数 → 暗条纹
k为奇数 → 亮条纹
(注意不要和干涉混)

均不包括 k=0，k=0处为中央明纹

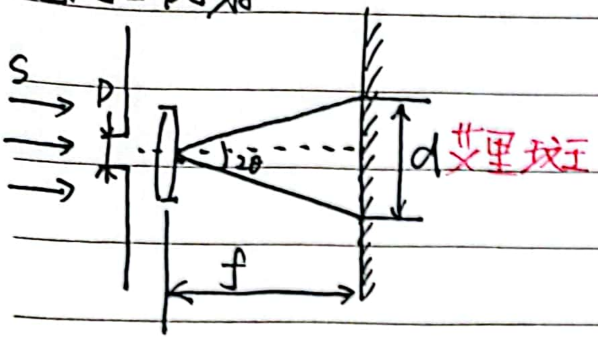
距离O的距离　$x = f\tan\theta$

第一级暗纹距离　$x_1 = f\tan\theta_1 = \frac{\lambda}{b}\cdot f$

⇒中央明纹宽度　$\Delta x_0 = 2x_1 = \frac{2\lambda f}{b}$　中央明纹宽度是其余的两倍

其余明纹宽度　$\Delta x = \frac{\lambda f}{b}$

圆孔衍射

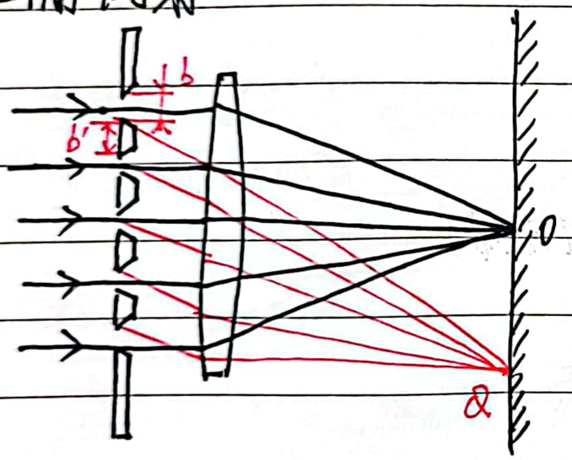


$$2\theta = \frac{d}{f} = 2.44\frac{\lambda}{D}$$

瑞利判据：$\boxed{\theta_0 = 1.22\frac{\lambda}{D}}$ → 恰能分辨

$\frac{1}{\theta_0} = \frac{D}{1.22\lambda}$ → 分辨本领

光栅衍射



光栅常量：$d = b + b'$

光栅方程　$(b+b')\sin\theta = \pm k\lambda$　$k=0, 1, 2, \cdots$

明纹

设有N个狭缝

$(b+b')\sin\theta = \pm \frac{k'}{N}\lambda$，$k' = 1, 2, \cdots (N-1), (N+1), \cdots$

暗纹

缺级现象

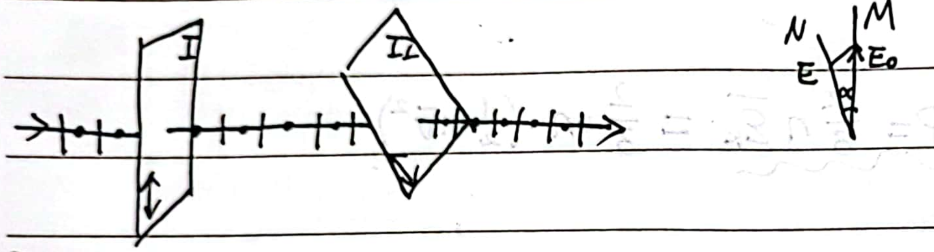
$$\begin{cases}(b'+b)\sin\theta = \pm k\lambda & k=0,1,2,\cdots \\ b\sin\theta = \pm k'\lambda & k'=1,2,3,\cdots\end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{b+b'}{b}=\frac{k}{k'}$$

↓

若为整数 将出现缺级

马吕斯定律

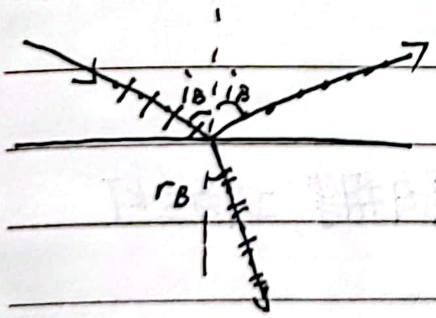


$$\begin{cases}E=E_0\cos\alpha \\ I=I_0\cos^2\alpha\end{cases}$$

布儒斯特定律

当 $i=i_B$ 时 反射光为偏振光，折射光为部分偏振光

$\tan i_B=\frac{n_2}{n_1}$ → 折射光与反射光垂直



第十二章:(气体动理论)

参量:体积 V、压强 P、温度 T

理想气体的物态方程☆☆☆

$$PV = NkT = \nu \cdot N_A \cdot k \cdot T = \nu \cdot R \cdot T$$

气体分子数 玻尔兹曼常量:$1.38\times10^{-23}\,J\cdot K^{-1}$ 物质的量 摩尔气体常量 $8.31\,J\cdot mol^{-1}\cdot K^{-1}$

$$P = \frac{N}{V}kT = nkT$$

分子数密度

理想气体的压强公式

$$P = \frac{2}{3}n\bar{\varepsilon}_k = \frac{2}{3}\cdot n\cdot\left(\frac{1}{2}m\bar{v}^2\right)$$

其中
$$\begin{cases} \bar{v}^2 = \bar{v}_x^2 + \bar{v}_y^2 + \bar{v}_z^2 \\ \bar{v}_x^2 = \dfrac{\sum_{i=1}^{n} v_{ix}^2}{N} \quad \bar{v}_y^2 = \dfrac{\sum_{i=1}^{n} v_{iy}^2}{N} \quad \bar{v}_z^2 = \dfrac{\sum_{i=1}^{n} v_{iz}^2}{N} \end{cases}$$

$$\begin{cases} P = \frac{2}{3}n\bar{\varepsilon}_k \\ P = n\cdot kT \end{cases} \Rightarrow \bar{\varepsilon}_k = \frac{3}{2}kT \Rightarrow V_{rms} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

方均根速率

能量均分定理

气体处于平衡态时,分子任何一个自由度的平均能量都相等,均为 $\frac{1}{2}kT$

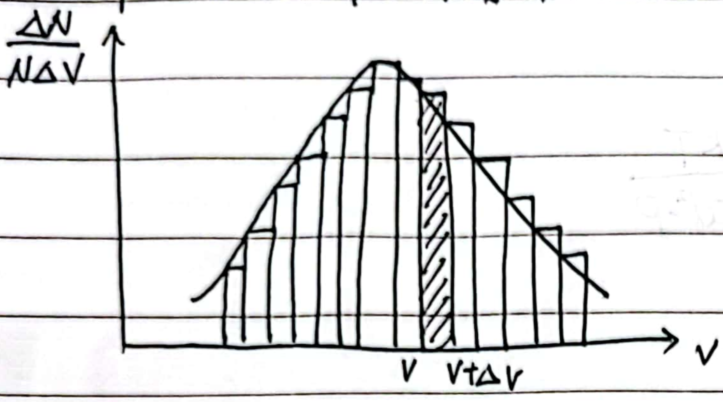
$$\bar{\varepsilon} = \underbrace{(t+r+v)}_{\text{自由度}}\frac{1}{2}kT$$

平动 转动 振动

理想气体的内能☆☆☆

$$E_m = \nu \cdot N_A \cdot \bar{\varepsilon} = \nu \cdot \frac{i}{2}RT$$

麦克斯韦气体分子速率分布规律



分子处于 v— v+Δv 区间内的概率

$$\frac{dN}{N} = f(v)dv$$

概率密度函数

三种统计速率（背）

1. 最概然速率

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

2. 平均速率

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}$$

3. 方均根速率

$$v_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$$

分子平均碰撞频率☆☆☆

$$\bar{Z}=\sqrt{2}\pi d^2\cdot n\cdot\bar{v}$$

修正系数

圆柱半径

分子数密度

平均速率

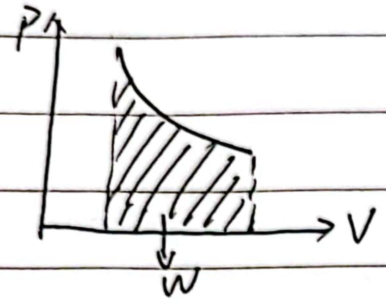
平均自由程

$$\bar{\lambda}=\frac{\bar{v}}{\bar{Z}}=\frac{1}{\sqrt{2}\pi d^2\cdot n}=\frac{kT}{\sqrt{2}\pi d^2\cdot p}$$

第十三章:(热力学基础)

功: $\Delta W = F\cdot\Delta l = PS\cdot\Delta l = P\cdot\Delta V$

$\Rightarrow W = \int_{V_1}^{V_2} P\,dV$ → 不只与始末状态有关,还与过程有关的过程量



热量:系统与外界之间由于存在温度差而传递的能量　过程量

热力学第一定律 ☆

系统从外界吸收的能量,一部分用于系统对外做功,另一部分用来增加系统的内能

$Q = W + \Delta E \Rightarrow dQ = dW + dE$　核心 ☆☆☆

- $Q > 0$ → 吸收热量
- $W > 0$ → 对外作正功
- $\Delta E > 0$ → 内能增加
  - ↳ 只与始末状态有关,与过程无关 → 单值函数

四种过程 ☆☆☆

1. 等容过程　$dW = 0$

$$\begin{cases} dQ = dE \\ C_{V,m} = \frac{dQ}{dT} \end{cases}$$ 摩尔定容热容

$\Rightarrow dE = dQ = \nu\cdot C_{V,m}\,dT$

$Q = E_2 - E_1 = \nu\cdot C_{V,m}(T_2 - T_1)$

2.等压过程

$$\begin{cases} dQ = dW + dE = p\,dV + dE \\ C_{p,m} = \dfrac{dQ_{p,m}}{dT} \quad \text{摩尔定压热容} \end{cases}$$

$$Q = \nu C_{p,m}(T_2 - T_1)$$

$$W = p\cdot(V_2 - V_1)$$

另：$C_{V,m}$与$C_{p,m}$的关系

$$C_{p,m} - C_{V,m} = R$$

$$dE = \nu\cdot\frac{i}{2}\cdot R\cdot dT = \nu\cdot C_{V,m}\,dT$$

$$\Rightarrow \begin{cases} C_{V,m} = \dfrac{i}{2}R \\ C_{p,m} = \dfrac{i+2}{2}R \end{cases}$$

3.等温过程 $dE=0$

$$dQ = dW = p\,dV$$

$$\Rightarrow Q = W = \nu RT\ln\frac{p_1}{p_2} = \nu RT\cdot\ln\frac{V_2}{V_1}$$

4.绝热过程 $dQ=0$

绝热方程 $\begin{cases} pV^{\gamma} = \text{常数} \\ V^{\gamma-1}\cdot T = \text{常数} \\ p^{\gamma-1}T^{-\gamma} = \text{常数} \end{cases}$

在此过程理想气体做功

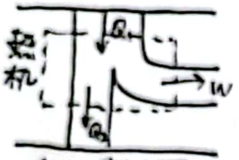
$$W = -\nu C_{V,m}(T_2 - T_1) = \frac{p_1V_1 - p_2V_2}{\gamma - 1}$$

另：绝热线比等温线陡峭

热机、制冷机 ☆

热机 → 正循环（顺时针）

高温热源



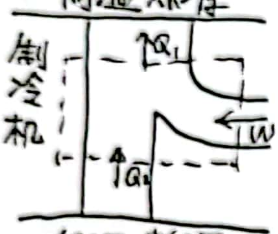
低温热源

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

一般求 Q_1、Q_2 来求 η

制冷机 → 逆循环（逆时针）

高温热源

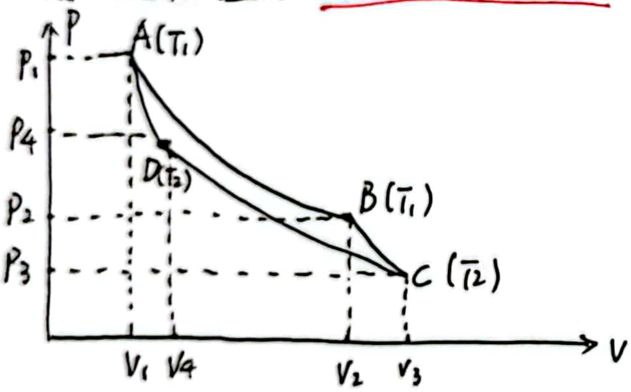


低温热源

$$e = \frac{Q_2}{|W|} = \frac{Q_2}{|Q_1| - Q_2}$$ 制冷系数

卡诺循环 ☆☆☆

由四个准静态过程组成（等温×2，绝热×2）



由(1)(2)(3)(4)可知

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 = Q_1 - |Q_2|$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{W}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

(1) AB段（等温膨胀）

$$W_1 = Q_1 = \nu \cdot R \cdot T_1 \cdot \ln\frac{V_2}{V_1}$$ （对外做功）

(2) BC段（绝热膨胀）

$$W_2 = \Delta E = E_B - E_C = \nu \cdot C_{V,m}(T_1 - T_2)$$ $Q_2 = 0$

(3) CD段（等温压缩）

$$W_3 = Q_3 = -\nu R \cdot T_2 \cdot \ln\frac{V_4}{V_3}$$ （对外做功）

(4) DA段（绝热压缩）

$$W_4 = -\Delta E = E_D - E_A = -\nu C_{V,m}(T_1 - T_2)$$ $Q_4 = 0$

若是卡诺逆循环，则 $e = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$

热力学第二定律的两种表述

- 开尔文表述：不可能制造出这样一种循环工作的热机，它只使单一热源冷却来做功，而不放热量给其他物体。
- 克劳修斯表述：热量不可能从低温物体自动传到高温物体而不引起外界的变化

熵

$$dS = \frac{dQ}{T}$$

$$S_B - S_A = \int_A^B \frac{dQ}{T}$$

玻尔兹曼关系式

$$S = k \cdot \ln W$$

熵增加原理

孤立系统内的可逆过程，其熵不变；孤立系统内的不可逆过程，其熵要增加。

第十五章：(量子力学)

黑体：能将一切电磁辐射$\boxed{\text{全部吸收}}$(不反射)

单色辐出度：在温度为T的黑体的单位面积下，单位时间内，在波长λ附近单位波长范围内
($M_\lambda(T)$) 所辐射的电磁波能量

辐出度：所有波长的电磁波的能量总和

$$M(T)=\int_0^\infty M_\lambda(T)\,d\lambda$$

斯特藩-玻耳兹曼定律

$$M(T)=\int_0^\infty M_\lambda(T)\,d\lambda=\sigma T^4 \qquad (\sigma=5.67\times10^{-8}\ W\cdot m^{-2}\cdot K^{-4})$$

维恩位移定律

$$\lambda_m\cdot T=b=2.898\times10^{-3}\ m\cdot K$$

$$\begin{cases} M_\lambda(T)\,d\lambda=-M_\nu(T)\,d\nu \\ d\lambda=-\frac{\lambda^2}{c}\,d\nu \end{cases}$$

$$\Rightarrow M_\nu(T)=M_\lambda(T)\frac{\lambda^2}{c}$$

普朗克假设：$\varepsilon=h\cdot\nu$

↓

普朗克常量：$6.63\times10^{-34}\ J\cdot s$

光电效应

1.现象：光照射下，电子从金属表面逸出的现象

2.规律：
- $\nu>\nu_0$时，电子才从金属表面逸出
- 遏止电势差与ν有线性关系
- 随加速电势差的增大，光电流趋于一个饱和值
- 只要$\nu>\nu_0$，光电子马上冒出

3光电效应的爱因斯坦方程☆

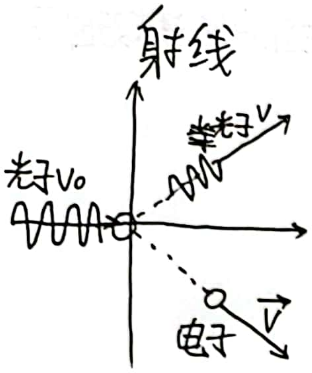
$$h\nu=\frac{1}{2}mv^2+\boxed{W}$$ → 金属逸出功

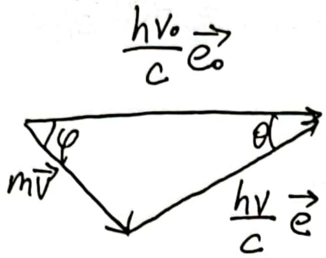
光的波粒二象性

$$\begin{cases} E=h\nu=pc \\ p=\frac{h}{\lambda} \end{cases}$$

康普顿效应☆☆

1、现象：在散射X射线中除有波长与入射波长相同的射线外，还有波长比入射波波长更长的





θ 散射角

φ 电子运动方向

$$\begin{cases} h\nu_0 + m_0c^2 = h\nu + mc^2 \\ m = m_0 \cdot \dfrac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \end{cases}$$ 能量守恒

电子动能 $E_k = mc^2 - m_0c^2 = h(\nu_0 - \nu)$

$$\frac{h\nu_0}{c}\vec{e_0} = \frac{h\nu}{c}\vec{e} + m\vec{v}$$ 动量守恒

$$\Rightarrow \frac{c}{\nu} - \frac{c}{\nu_0} = \frac{h}{m_0c}(1-\cos\theta)$$

$$\Rightarrow \lambda - \lambda_0 = \lambda_c(1-\cos\theta)$$

$\lambda_c \rightarrow 2.43\times10^{-12}\,m$ 康普顿波长

氢原子的玻尔理论

(1) 电子在原子中可以在一些特定的圆轨道上运动而不辐射电磁波，这时原子处于稳定状态

$r_n = a_0n^2 \quad (n=1,2,3,\cdots)$ $\quad a_0 = 5.29\times10^{-11}\,m$ ☆

(2) 电子以速度v在半径为r的圆周上绕核运动时，只有电子的角动量L等于$\frac{h}{2\pi}$的整数倍的轨道才稳定

$L = mv\cdot r = \frac{h}{2\pi}\cdot n$ → 主量子数

(3) $h\nu = E_i - E_f$ （跃迁会释放ν频率的光子）

$E_n = \frac{E_1}{n^2}$ $(E_1 = -13.6eV)$ 每一轨道上的能量 ☆

德布罗意波（实物粒子的二象性）

$$\boxed{\lambda = \frac{h}{p}} = \begin{cases} \dfrac{h}{m_0 v} & (v \ll c) \\ \dfrac{h}{\gamma m_0 v} & (v\text{与}c\text{接近}) \end{cases}$$

不确定关系

$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq h$ 不能同时确定位置与动量

一维势阱问题

势阱中粒子能量的可能值 $E = n^2 \cdot \frac{h^2}{8ma^2}$

注：$n=1 \rightarrow$ 基态

$n=2 \rightarrow$ 第一激发态

$$\psi(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{n\pi}{a} \cdot x \quad (0 \leq x \leq a)$$

在 x_1，x_2 之间出现的概率 $P = \int_{x_1}^{x_2} \psi^2(x) \cdot dx$

四个量子数

1. 主量子数 n：$1, 2, 3, \cdots$
2. 角量子数 l：$0, 1, 2, 3, \cdots (n-1)$ $\quad 0 \leq l \leq (n-1)$
3. 磁量子数 m_l：$0, \pm 1, \pm 2, \cdots \pm l$
4. 自旋量子数 m_s：$\frac{1}{2}$ or $-\frac{1}{2}$

泡利不相容定理

若主量子数为 n，则量子态数为 $2n^2$（$2n^2$ 种不同的 $\{n, l, m_l, m_s\}$ 组合）