$$\begin{cases} \Delta p\,\Delta x \geq \frac{\hbar}{2} \\ \Delta E\,\Delta t \geq \frac{\hbar}{2} \end{cases}$$
("时间")

※ 相对不确定量 $\frac{\Delta\lambda}{\lambda}$

在康普顿散射中，$\Delta\lambda = \lambda_c(1-\cos\theta) = 2\lambda_c \sin^2\frac{\theta}{2}$

$\Delta\lambda$与Δp的关系？注意 ~~$\Delta\lambda = \frac{h}{\Delta p}$~~

$\because p = \frac{h}{\lambda}$ 故 $\Delta p = \frac{h\cdot\Delta\lambda}{\lambda^2}$

Δp与Δv关系？在非相对论下 $\because p = mv$ 故 $\Delta p = m\Delta v$

关于动量 p ☆

非相对论下（~几万eV） $p = mv = \cdots = \sqrt{2mE_k}$

相对论 $E^2 = E_0^2 + p^2c^2$ 或 $p = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\cdot v$

热学中的

平均碰撞频率 $\bar{z}$、平均自由程 $\bar{\lambda}$

首先，考有一个简单关系 $\bar{\lambda} = \frac{\bar{v}}{\bar{z}}$（可以分析量纲）

"$\bar{v}$"：1秒中走了多远

"$\bar{z}$"：1秒中撞了几次

故 $\frac{\bar{v}}{\bar{z}}$ 就是撞了1次时走的距离，即$\bar{\lambda}$

$$\begin{cases} \bar{z} = \sqrt{2}\pi d^2 \bar{v} n. \ ([d^2]: m^2 \ [\bar{v}]: m/s \ [n]: \text{数密度 } m^{-3}) \\ \quad \therefore [\bar{z}]: s^{-1} \text{ 符合条件} \\ \bar{\lambda} = \frac{\bar{v}}{\bar{z}} = \frac{1}{\sqrt{2}\pi d^2 n} \end{cases}$$

其中：$\begin{cases} \bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{M}} \\ n = \frac{p}{kT} \end{cases}$ $\Longrightarrow$ 可以得 $\bar{z} \propto \frac{1}{\sqrt{T}}$，$\bar{z} \propto p$.

$\bar{\lambda} \propto T$，$\bar{\lambda} \propto \frac{1}{p}$

玻尔兹曼熵：$S = k\ln\Omega$

与 $dS=\frac{\delta Q}{T}$ 有等效性

利用等温过程推导

Ω 为热力学概率　一个分子的概率 $\Omega_1 \propto V$ 记为 $\Omega_1 = CV$　对于N个分子而言 $\Omega=(CV)^N$

$$\Delta S = k\ln\Omega_1 - k\ln\Omega_2 = k\ln\frac{V_1}{V_2}\cdot N = \frac{R}{N_A}\cdot N\ln\frac{V_1}{V_2} = nR\ln\frac{V_1}{V_2}$$

等温过程中：

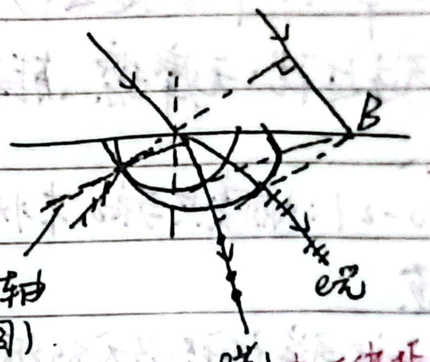
$\delta Q = nRT\ln\frac{V_2}{V_1}$

$\therefore \Delta S = \frac{\delta Q}{T} \rightarrow$ 与克熵一致

反射光的偏振：只要反射光线 ⊥ 折射光线即可，反射光垂直于入射平面

惠更斯作图法

o光 — 圆　e光 — 椭圆



当非垂直入射时，光线间有光程差

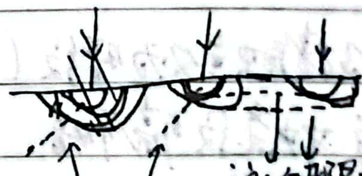
因此从B点开始引切线（意味着B与切点光程相同）

（o光圆与e光椭圆切于光轴）

垂直入射？

注意一下这些光线到分界面的光程都一样

因此得平行的切线



光电效应的一个小点.

当频率一定时，饱和电流与光强成正比

那频率不同呢？ 认为也与频率成正比　$I=Nh\nu$

$C_p+(\frac{i}{2}+1)R$ 别混了!!

14-27 "氖原子能级按玻尔兹曼分布"

$$n_2=n_1e^{-\frac{E_2}{kT}}=n_1e^{-\frac{E_2-E_1}{kT}}=n_1e^{-4.4}$$

为什么：满足该"分布，可得相对分子数目

$$\frac{n_2}{e^{-\frac{E_2}{kT}}}=\frac{n_1}{e^{-\frac{E_1}{kT}}}$$

"光的强度"可用能量表征. $E=10^8 n_2\cdot h\nu$

"熵变" $dS=\frac{\delta Q}{T}$ 只针对可逆过程！(不可逆？$dS>\frac{\delta Q}{T}$)

何为可逆过程：无摩擦、能耗的准静态过程

由习题10-21：熵变只与初、末状态有关，与过程无关.

~~量子力学回顾~~

对于一个由过可逆过程形成的循环，其总熵变一定为0.

牛顿环的接触点又为暗纹 ($\delta=0+\frac{\lambda}{2}=\frac{\lambda}{2}$)

等倾干涉 中央条纹可亮可暗

注意一下求 $v_1\sim v_2$ 间分子平均速率：

$$\bar{v}=\frac{\int_{v_1}^{v_2}vf(v)dv}{\int_{v_1}^{v_2}f(v)dv}$$ (已约去N)

→这段别忘了!

C.N.O的相对原子质量为12,14,16！别混了！

$N_2 \to 28$　$O_2 \to 32$

光栅衍射与单缝衍射

光栅？ $d\sin\varphi = \pm k\lambda \to$ "主极大"

$k=0 \to$ 中央主极大

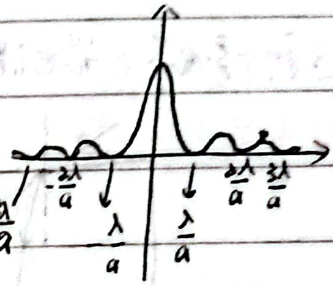
$k=\pm1,\pm2,\cdots \to$ 第k级主极大

当 $d\sin\varphi = \pm\frac{M}{N}\lambda$ $(M\neq N)$ 时，为暗纹

单缝？ $\delta = a\sin\varphi$ ~~$=\pm k\lambda$~~

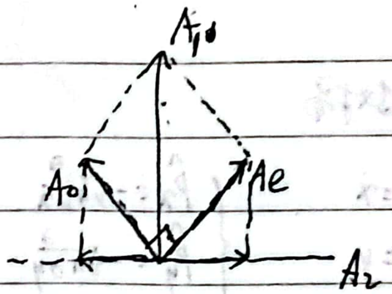
利用半波带法：$\delta = \frac{\lambda}{2}\cdot k$（k为奇 → 增强，明纹

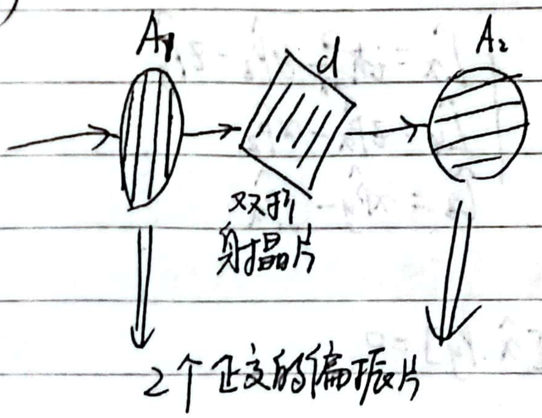
偶 → 减弱，暗纹）



只有这个地方 $\frac{k}{2}\lambda$（k为奇）对应明纹！

偏振光的干涉





发现：A_o 与 A_e 实际上最后相差了 π 的相位

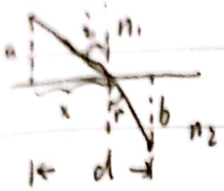
$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(n_o-n_e)d \boxed{+\pi} = \begin{cases} 2k\pi & \text{加强} \\ (2k+1)\pi & \text{减弱} \end{cases}$$

费马原理证明反射·折射

$$\delta = n\sqrt{a^2+x^2} + n\sqrt{b^2+(d-x)^2}$$

$$\frac{d\delta}{dx}=0 \longrightarrow \cos i_1 = \cos i_2$$

$\therefore$ ✓

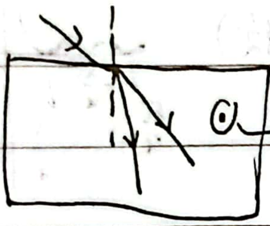


$$\delta = n_1\sqrt{a^2+x^2} + n_2\sqrt{b^2+(d-x)^2}$$

$$\frac{d\delta}{dx}=0 \longrightarrow \frac{n_1\cdot x}{\sqrt{a^2+x^2}} = \frac{n_2\cdot(d-x)}{\sqrt{b^2+(d-x)^2}}$$

$$n_1\cdot\sin i = n_2\cdot\sin r$$

这种情况下e光也满足折射定律



光轴　　o、e光偏振方向也特殊(忘了)

力学算符的对易

$$\begin{cases}\hat{x}=x\\ \hat{y}=y\\ \hat{z}=z\end{cases}\qquad \begin{cases}\hat{p}_x=-i\hbar\frac{\partial}{\partial x}\\ \hat{p}_y=-i\hbar\frac{\partial}{\partial y}\\ \hat{p}_z=-i\hbar\frac{\partial}{\partial z}\end{cases}\qquad \begin{cases}\hat{L}_x=\cancel{i\hbar\frac{\partial}{\partial x}}\ y\hat{p}_z-z\hat{p}_y\\ \hat{L}_y=z\hat{p}_x-x\hat{p}_z\\ \hat{L}_z=x\hat{p}_y-y\hat{p}_x\end{cases}$$

常见对易：$[\hat{x},\hat{p}_x]=i\hbar$　　$[\hat{x},\hat{p}_y]=0$

$[\hat{L}_x,\hat{L}_y]=i\hbar L_z$

$[\hat{L}^2,\hat{L}_x]=0$

两光产生干涉的条件：① 振动方向相同

② 频率相同

③ 相位差恒定

惠更斯作图法

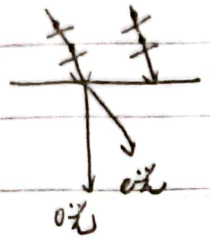
光轴为 " · " 的特殊情况

此时o光、e光的波阵面不交(如果交，必须和光轴垂直)

(注意一下o.e光的波面的方向，意味着o.e光均满足折射定律 → 14年期末)

然后作切线

一般我们画的是方解石(负晶体)，有 $v_o < v_e$，即e光的波阵面在o外侧

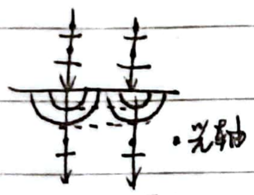


画偏振方向？先看e光，o光反过来即可

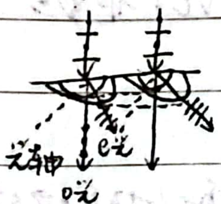
如果光轴为 " · " 则 e光 否则 e光

(总是在光轴所在面)

平行于光轴

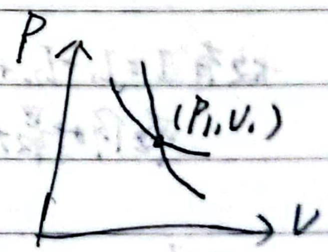


如何做？



用费马原理说明透镜通过光线光程相等？

由物、像间多条光线的实际路径，由费马原理，这些路径均取极值，光程必相等



为什么绝热线比等温线陡？

数学方面：

$$\left.\begin{aligned} pV=P_1V_1 \quad & \frac{dp}{dV}=-\frac{P_1V_1}{V^2} \\ pV^{\gamma}=P_1V_1^{\gamma} \quad & \frac{dp}{dV}=\frac{-\gamma\cdot P_1V_1^{\gamma}}{V^{\gamma+1}} \end{aligned}\right\}$$

令二者V相等 $=V_1$

上式 $=-\frac{P_1}{V_1}$

下式 $=-\gamma\cdot\frac{P_1}{V_1}$ 下式陡

物理方面：$p=nkT$ $\begin{cases} 等温：V\uparrow, T\rightarrow \Rightarrow n\downarrow \Rightarrow p\downarrow \\ 绝热：V\uparrow, T\downarrow \Rightarrow n\downarrow, T\downarrow \Rightarrow p\downarrow\downarrow，减得快 \end{cases}$

由 $p=\frac{2}{3}n\bar{\varepsilon}_{kt}$ 推 $pV=\frac{m}{M}RT$？

$$p=\frac{2}{3}n\bar{\varepsilon}_{kt} \Rightarrow p=nkT \Rightarrow p=\frac{m}{MV}N_A\cdot kT$$

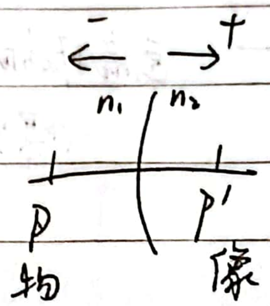
$$\Rightarrow pV=\frac{m}{M}RT$$

复习笔记

光学

几何光学

球面镜：物距 p 取负值，像距 p' 取正值



$$\frac{n_2}{p'}-\frac{n_1}{p}=\frac{n_2-n_1}{r}$$（r：球面镜的曲率半径）

其余几何光学内容见原笔记，非重点

费马原理

利用费马原理推证反射/折射定律。（写出光程差表达式，求导即可）

光干涉后的光强：

光强 $I \propto E^2$（E：光振幅）

↳ 这个振动是可以干涉的，$E^2=E_1^2+E_2^2+2E_1E_2\cos\Delta\varphi$

故有 $I=I_1+I_2+2\sqrt{I_1I_2}\cos\Delta\varphi$。

在何时最大？$\cos\Delta\varphi=1$，$I_{max}=(\sqrt{I_1}+\sqrt{I_2})^2$

光的干涉

杨氏双缝