第0章 随便唠唠

关于平时分

已知：作业、笔记由研究生助教批改。

如果小班必须要给一个分数，分数的组成部分如下：

出勤

原则上出勤率不作为平时分组成部分。

不想来的话最好还是QQ上跟我请个假（随便找个理由）

作业

占大头

$80\% \sim 100\%$

关于换班

跟我说一声即可，不需要说明理由。

讲什么

三不讲

简单的不讲（太简单了没必要讲）

不会的不讲（自己都不会咋讲）

不考的不讲（不考还讲啥）

答疑

我说的每一句话都可能是错的。（我水平不高）

讲义内容之外的我很可能答不上来（虽然讲义内容之内的可能也一样答不上来）

科学上网

……

找电子书

zlib

https://zh.zlibrary-global.se/

小心盗版网站！凡要你先交钱后下载的都是盗版网站！

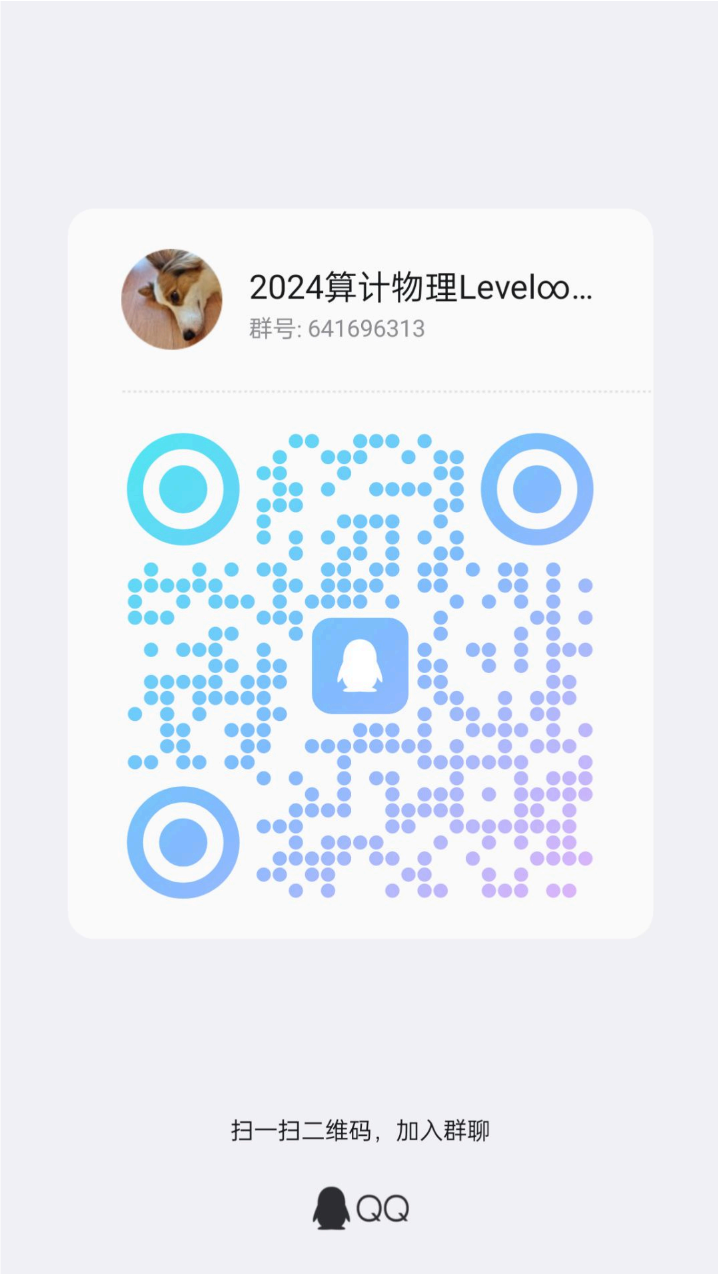
libgen

https://libgen.is/

annas

https://annas-archive.org/

算计物理群文件



电子笔记

markdown 记笔记

软件（vscode）

https://code.visualstudio.com/

markdown 基本语法

https://markdown.com.cn/

https://www.markdownguide.org/basic-syntax/

数学公式

https://www.cmor-faculty.rice.edu/~heinken/latex/symbols.pdf

https://katex.org/docs/supported

vscode 效率工具——snippets

https://www.freecodecamp.org/news/definitive-guide-to-snippets-visual-studio-code/

README.md 里有自己配置的 snippets 供参考

github——用于备份

https://github.com/

https://www.liaoxuefeng.com/wiki/896043488029600

问问题

知乎

Stack Exchange

https://stackexchange.com/

英语要好

google

维基百科

小时百科也还行

b站?

怎么学光学基础1?

- 不理解不妨碍做题

> 听起来非常功利，但说实话会做题就不错了……

- 平时一点不学，只靠期末突击很可能要G

> 力学基础1这样搞可能没问题，但光学基础1真的别这样

- 不要死磕细节，作者说啥就是啥，学个大概，知道怎么运用结论做题就行
- 不要追求“严谨”“精确”，要向“近似”妥协

非常“物理”的数学

第1章 几何光学

惠更斯原理

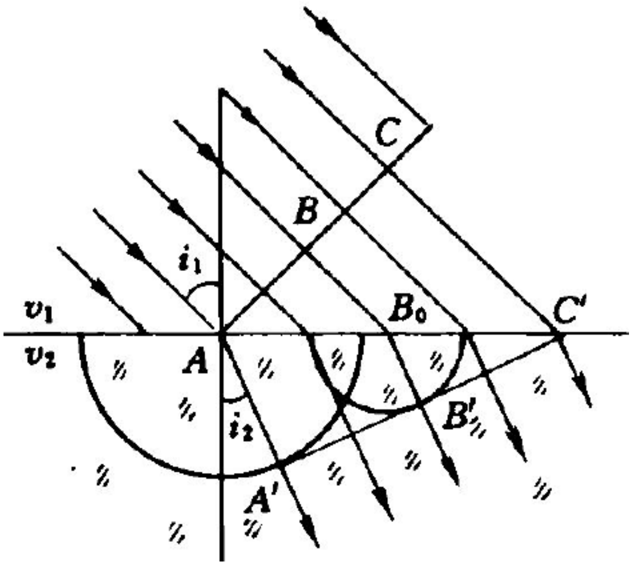
惠更斯原理

光扰动同时到达的空间曲面被称为波面或波前，波前上的每一点可以被看作一个新的扰动中心，称其为子波源或次波源，次波源向四周激发次波；**下一时刻的波前**应当是这些大量次波面的公共切面，也称其为包络面；次波中心与其次波面上的那个切点的连线方向，给出了**该处光传播方向**，亦即光射线方向。

惠更斯原理导出折射定律

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

其中，i_1 与 v_1 对应，i_2 与 v_2 对应



折射率

折射率的定义

介质的折射率，记为 n，定义为真空中的光速与光在介质中的传播速度之比，即：

$$n \equiv \frac{c}{v}$$

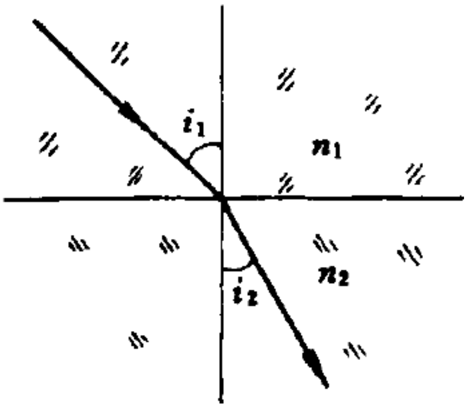
其中，v 是光在介质中的传播速度

显然，真空的折射率为 1；非真空介质的折射率 $n > 1$

折射率表述的折射定律

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$$

其中，n_1 与 i_1 对应，n_2 与 i_2 对应



色散

色散的定义

一种介质对不同波长的光具有不同的折射率，这被称作色散

介质中的波长

对于波，其波速 v 时间频率 f 和波长 λ 有如下关系：

$$v = f\lambda$$

在真空中：

$$c = f_0 \lambda_0$$

其中，c 是真空中的光速，f_0 是真空中的光频，λ_0 是真空中的光波长

在介质中：

$$v = f\lambda$$

其中，v 是介质中的光速，f 是介质中的光频，λ 是介质中的光波长

两式相除，结合折射率的定义 $n \equiv \frac{c}{v}$ 可得：

$$n = \frac{f_0}{f} \cdot \frac{\lambda_0}{\lambda}$$

特别地，在**线性介质的光场中**，光扰动的**时间频率仅由光源决定**，**与介质无关**，于是 $f_0 = f$，这时得到：

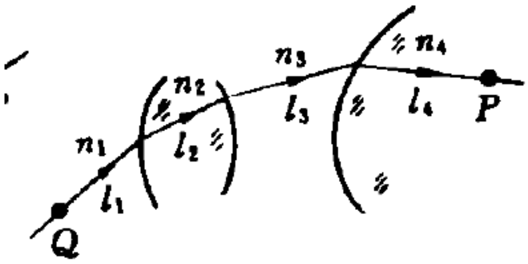
$$n = \frac{\lambda_0}{\lambda}$$

而之前提到，所有非真空介质的折射率 $n > 1$，则上式说明**在介质中光波长变短了**（相较于真空中的光波长）。

光程

光程的定义

光程定义为**光线路径的几何长度与所经过的介质折射率的乘积**



(b)

设光沿路径 l 从空间中的 P 点传播到 Q 点，光程，记为 $L_l(PQ)$，定义为：

$$L_l(PQ) \equiv \int_{\substack{P \\ (l)}}^{Q} n(\vec{r}) |\mathrm{d}\vec{r}|$$

光程的离散化表达式：

$$L_l(PQ) \equiv \sum_i n_i l_i$$

其中，n_i 是第 i 小段的折射率，l_i 是第 i 小段的长度

光程与相位差

> 注意，这里定点振动的相位按照 $\varphi = \omega t + \varphi_0$ 的方式线性增加

设光沿路径 l 从空间中的 P 点传播到 Q 点。考虑路径 l 上的一点 $\vec{r}$，设 t 时刻 $\vec{r}$ 处的波动在 $\mathrm{d}t$ 时间后传播到路径上的 $\vec{r} + \mathrm{d}\vec{r}$ 处。在无穷小传播过程中，光可看作沿直线传播，且这段线元内的介质的折射率是均匀的，即：

$$\begin{aligned} |\mathrm{d}\vec{r}| &= v(\vec{r})\mathrm{d}t \\ &= \frac{c}{n(\vec{r})}\mathrm{d}t \end{aligned} \tag{0}$$

其中，$n(\vec{r})$ 是 $\vec{r}$ 处介质的折射率。（注意，这里 $\mathrm{d}\vec{r}$ 一定是与 $\mathrm{d}t$ 有关的，从表述可以看出，是 $\mathrm{d}t$ 决定了 $\mathrm{d}\vec{r}$ ）

t 时刻 $\vec{r}$ 处扰动的相位记为 $\varphi(\vec{r}, t)$；类似地，$t + \mathrm{d}t$ 时刻 $\vec{r} + \mathrm{d}\vec{r}$ 处扰动的相位记为 $\varphi(\vec{r} + \mathrm{d}\vec{r}, t + \mathrm{d}t)$

光的传播可以看作定点振动的传播，自然而然地，光的传播必定意味着相位信息的传播。**由于 t 时刻 $\vec{r}$ 处的振动在 $\mathrm{d}t$ 时间后传播到路径上的 $\vec{r} + \mathrm{d}\vec{r}$ 处，于是 t 时刻 $\vec{r}$ 处的相位信息在 $t + \mathrm{d}t$ 时刻传播到了 $\vec{r} + \mathrm{d}\vec{r}$ 处**，于是有：

$$\varphi(\vec{r}, t) = \varphi(\vec{r} + \mathrm{d}\vec{r}, t + \mathrm{d}t) \tag{1}$$

在 $t \sim t + \mathrm{d}t$ 时间内，$\vec{r}$ 处的相位从 $\varphi(\vec{r}, t)$ 线性地增加到 $\varphi(\vec{r}, t) + \omega \mathrm{d}t$，即：

$$\varphi(\vec{r}, t + \mathrm{d}t) = \varphi(\vec{r}, t) + \omega \mathrm{d}t \tag{2}$$

联立 $(1)(2)$，消去 $\varphi(\vec{r}, t)$ 得：

$$\varphi(\vec{r} + \mathrm{d}\vec{r}, t + \mathrm{d}t) - \varphi(\vec{r}, t + \mathrm{d}t) = -\omega \mathrm{d}t$$

再用前面推导得到的式子消去 $\mathrm{d}t$ 得：

$$\varphi(\vec{r} + \mathrm{d}\vec{r}, t + \mathrm{d}t) - \varphi(\vec{r}, t + \mathrm{d}t) = -\omega \frac{n(\vec{r})}{c} |\mathrm{d}\vec{r}|$$

在同一时刻 $t+\mathrm{d}t$，对 $\vec{r}$ 从 P 到 Q 沿路径 l 积分得：

$$
\begin{aligned}
\varphi(\vec{r}_Q, t+\mathrm{d}t)-\varphi(\vec{r}_P, t+\mathrm{d}t) &= \int_{\substack{P\\(l)}}^{Q} -\omega\frac{n(\vec{r})}{c}|\mathrm{d}\vec{r}| \\
&= \int_{\substack{P\\(l)}}^{Q} -\frac{2\pi}{T}\frac{n(\vec{r})}{c}|\mathrm{d}\vec{r}| \\
&= \int_{\substack{P\\(l)}}^{Q} -\frac{2\pi}{T_0}\frac{n(\vec{r})}{c}|\mathrm{d}\vec{r}| \\
&= -\frac{2\pi}{T_0 c}\int_{\substack{P\\(l)}}^{Q} n(\vec{r})|\mathrm{d}\vec{r}| \\
&\equiv -\frac{2\pi}{\lambda_0}L_l(PQ)
\end{aligned}
$$

可以看到，同一时刻 P,Q 两点间的相位差与时间无关，所有上式可以简写为：

$$
\varphi(\vec{r}_Q, t)-\varphi(\vec{r}_P, t) = -\frac{2\pi}{\lambda_0}L_l(PQ)
$$

这就是说，同一时刻空间中同一光线上两点 P,Q 处光振动的相位差由光从 P 出发沿光线 l 到 Q 的光程差决定

光程与时差

设某一振动在 t_P 时刻传播到 P 点，在 t_Q 时刻传播到 Q 点，则：

$$
\begin{aligned}
t_Q-t_P &= \sum_i \frac{l_i}{v_i} \\
&= \sum_i n_i l_i/c \\
&= \frac{1}{c}\sum_i n_i l_i \\
&= \frac{L_l(PQ)}{c}
\end{aligned}
$$

反射光束、折射光束的等光程性

反射定律、折射定律给出的反射光束或折射光束的方向，与等光程性的要求一致。人们可以从等光程要求出发，导出反射定律和折射定律。

费马原理

费马原理的表述

光线/沿/光程为平稳值的路径/传播

光程为平稳值有四种情况：极小值、极大值和常数

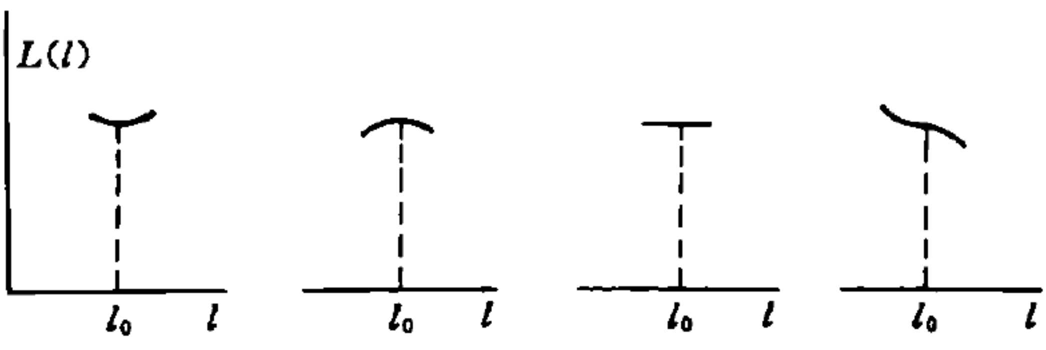


图 1.14　光程为平稳值的典型情形

在 P,Q 确定的情况下，光程 L 仅由路径 l 这一**函数**决定。 光程 L 是泛函，而**泛函为平稳值要求其变分为**零，于是根据费马原理，光线的真实传播路径应该满足：

$$\delta L[l]=0$$

其中，δ 是变分算符

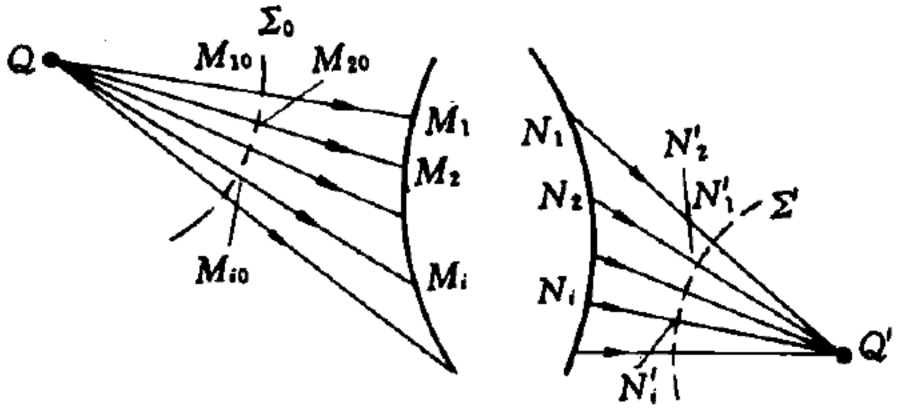
费马原理与成像

物像等光程性

由物点 P 发出一列球面波（或称之为同心光束），经系统变换为另一列球面波或另一个同心光束，则出射同心光束的中心称为**像点。**

成像过程是一个对同心光束实现共轭变换的过程。

从费马原理出发可以推得：从物点到像点的各光线的光程是彼此相等的。

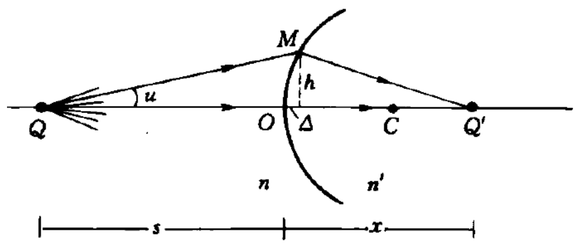


球面折射傍轴成像公式

$$L(QOQ')=ns+n'x$$

> $h^2\approx 2r\Delta$ 是这么来的：
>
> 考虑三角形 由 $h, r-\Delta, r$ 构成的直角三角形，勾股定理给出：
>
> $$h^2+(r-\Delta)^2=r^2 \Longrightarrow h^2-2r\Delta+\Delta^2=0$$
>
> Δ 是小量，Δ^2 是二阶小量，约去二阶小量得：
>
> $$h^2\approx 2r\Delta$$

$$\begin{aligned}
L(QMQ') &= n\sqrt{(s+\mathit{\Delta})^2+h^2}+n'\sqrt{(x-\mathit{\Delta})^2+h^2} \\
&= n\sqrt{s^2+h^2+2s\mathit{\Delta}+\mathit{\Delta}^2}+n'\sqrt{x^2+h^2-2x\mathit{\Delta}+\mathit{\Delta}^2} \\
&\approx n\sqrt{s^2+h^2+2s\mathit{\Delta}}+n'\sqrt{x^2+h^2-2x\mathit{\Delta}} \\
(\mathrm{ps}: h^2\approx 2r\Delta) &= n\sqrt{s^2+(2r+2s)\mathit{\Delta}}+n'\sqrt{x^2+(2r-2x)\mathit{\Delta}} \\
&= ns\sqrt{1+\frac{(2r+2s)\mathit{\Delta}}{s^2}}+n'x\sqrt{1+\frac{(2r-2x)\mathit{\Delta}}{x^2}} \\
&\approx ns(1+\frac{(r+s)\mathit{\Delta}}{s^2})+n'x(1+\frac{(r-x)\mathit{\Delta}}{x^2}) \\
&= ns+n'x+\left[\frac{(r+s)}{s}n+\frac{r-x}{x}n'\right]\mathit{\Delta}
\end{aligned}$$



光程差：

$$\begin{aligned}
\Delta L &\equiv L(QMQ')-L(QOQ') \\
&\approx \left[\frac{(r+s)}{s}n+\frac{r-x}{x}n'\right]\mathit{\Delta}
\end{aligned}$$

当 $\mathit{\Delta}$ 前的系数为零，可近似认为满足物像等光程，此时可近似成像，并且得到球面折射傍轴成像公式：

$$\frac{(r+s)}{s}n+\frac{r-x}{x}n'=0$$

或者改写为：

$$\frac{n}{s}+\frac{n'}{x}=\frac{n'-n}{r}$$

这里，s 是物距，x 是像距，r 是球面半径

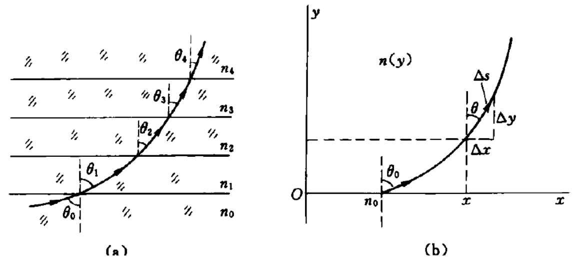
若把像距记为 s'，则球面折射傍轴成像公式为：

$$\frac{n}{s}+\frac{n'}{s'}=\frac{n'-n}{r}$$

光线方程

折射率分层均匀的情形

考虑折射率只与 y 有关，而与 x 无关的情况，$n=n(y)$



由折射定律，得：

$$n_0\sin\theta_0=n_1\sin\theta_1=\cdots n\sin\theta=\cdots$$

几何关系：

$$(\mathrm{d}s)^2=(\mathrm{d}x)^2+(\mathrm{d}y)^2\Longrightarrow(\frac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}x})^2=1+(\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}x})^2$$

$$\frac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}x}=\frac{1}{\sin\theta}$$

$$\begin{cases}n_0\sin\theta_0=n\sin\theta\\(\frac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}x})^2=1+(\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}x})^2\\\frac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}x}=\frac{1}{\sin\theta}\end{cases}\Longrightarrow\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}x}=\sqrt{\frac{n^2(y)}{n_0^2\sin^2\theta_0}-1}$$