

关于光波的衍射的基本理论

第13-1 光波的衍射基本理论

- 一、光的衍射现象与衍射理论的发展
- 二、惠更斯—菲涅耳原理
- 三、菲涅耳—基尔霍夫衍射公式
- 四、巴比涅原理
- 五、基尔霍夫衍射公式的2个近似

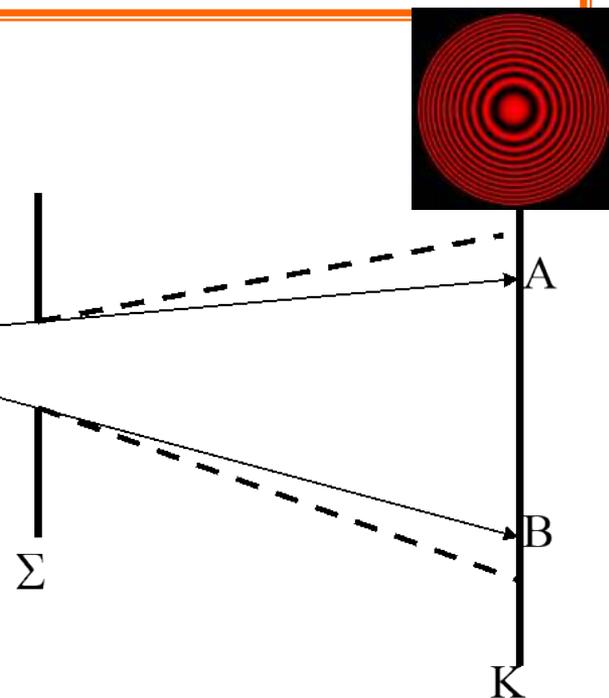
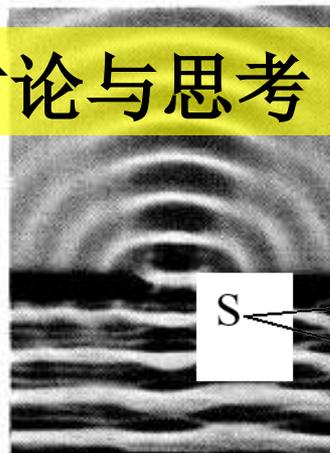
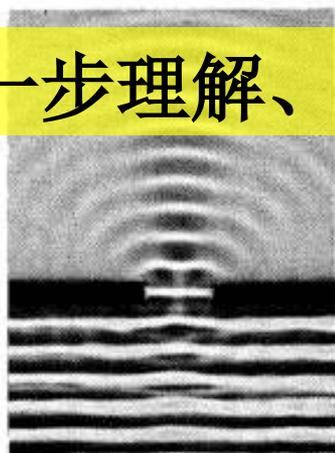
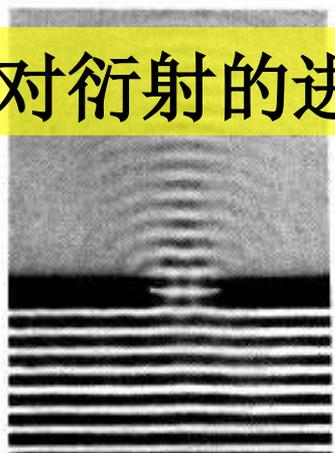
1. 与以往不同的对衍射现象的认识;
2. 从衍射理论的发展, 你能体会到什么?
人类的认知规律? 什么是对真理的追求?

一、光的衍射现象与衍射理论的发展

1.1 光的衍射现象

光波在空间传播遇到**障碍**时，其传播方向会**偏离直线传播**，弯入到障碍物的几何阴影中，并呈现光强的**不均匀分布**的现象。

对衍射的进一步理解、讨论与思考

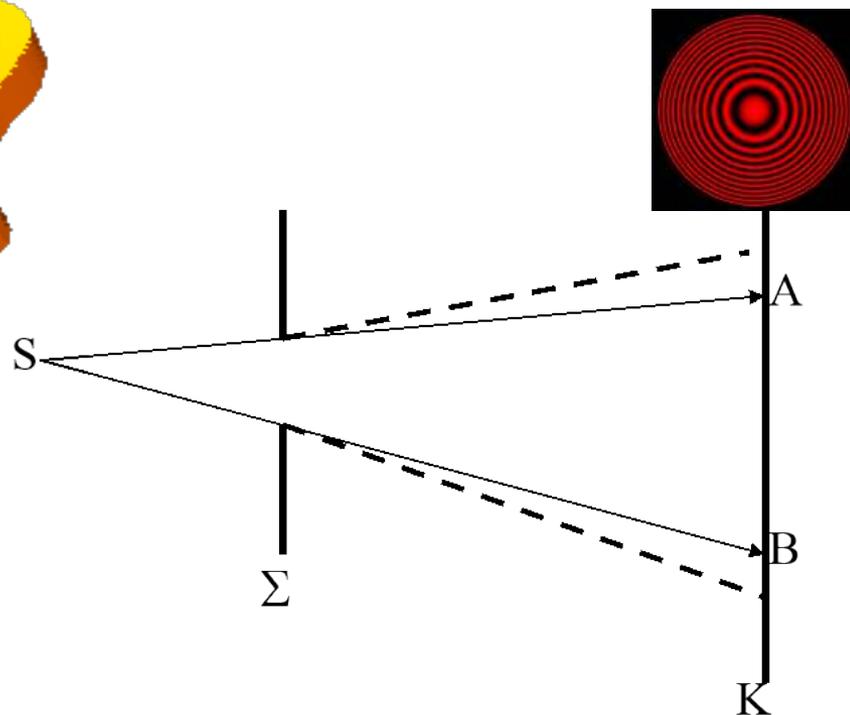


1.2 光的衍射理论的发展

一、光的衍射现象与衍射理论的发展

1.2 光的衍射理论的发展

对衍射的进一步理解、讨论与思考



一、光的衍射现象与衍射理论的发展

总结1: 大约1818年前，一直没有人注意到有可能根据波动理论说明衍射效应。1818年，菲涅耳的著作问世。他在论文中证明，应用惠更斯作图法，结合干涉原理，能够解释衍射现象。菲涅耳的分析后来由基尔霍夫给出了完善的数学描述（1882年）。

二、惠更斯—菲涅耳原理

三、惠更斯—基尔霍夫衍射公式

此后，许多学者对此进行了广泛的讨论。

[参考关于衍射问题的发展历史，更为完全的叙述，见C. F. Meyer, *The Diffraction of Light, X-ray, and Material Particles*, (Chicago, The University Press, 1934).]

一、光的衍射现象与衍射理论的发展

总结2: 衍射问题是光学中遇到的最为困难的问题之一。在衍射理论中，某种意义上认为是一个的解是很少的。直至1896年，才由**索末菲**给出了第一个解。他在一篇重要论文中讨论了一个完全导电的半无限平面屏对平面波的衍射。此后，对少数其它衍射问题（二维）也求得了严格解。

因此，惠更斯-菲涅耳原理，惠更斯-基尔霍夫衍射公式 是本章学习的主要核心内容。

总结3: 由于在数学上的困难，在大多数有实际意义情况下，必须采用近似方法。这些方法中**惠更斯-菲涅耳理论**是最富成效的，它适用于处理光学仪器中所遇到的大多数光学衍射问题。

思考与讨论

$$\overset{\perp}{E}(p) = \overset{\perp}{E}_1(p) + \overset{\perp}{E}_2(p) + \dots + \overset{\perp}{E}_n(p) = \sum_n E_n(P)$$

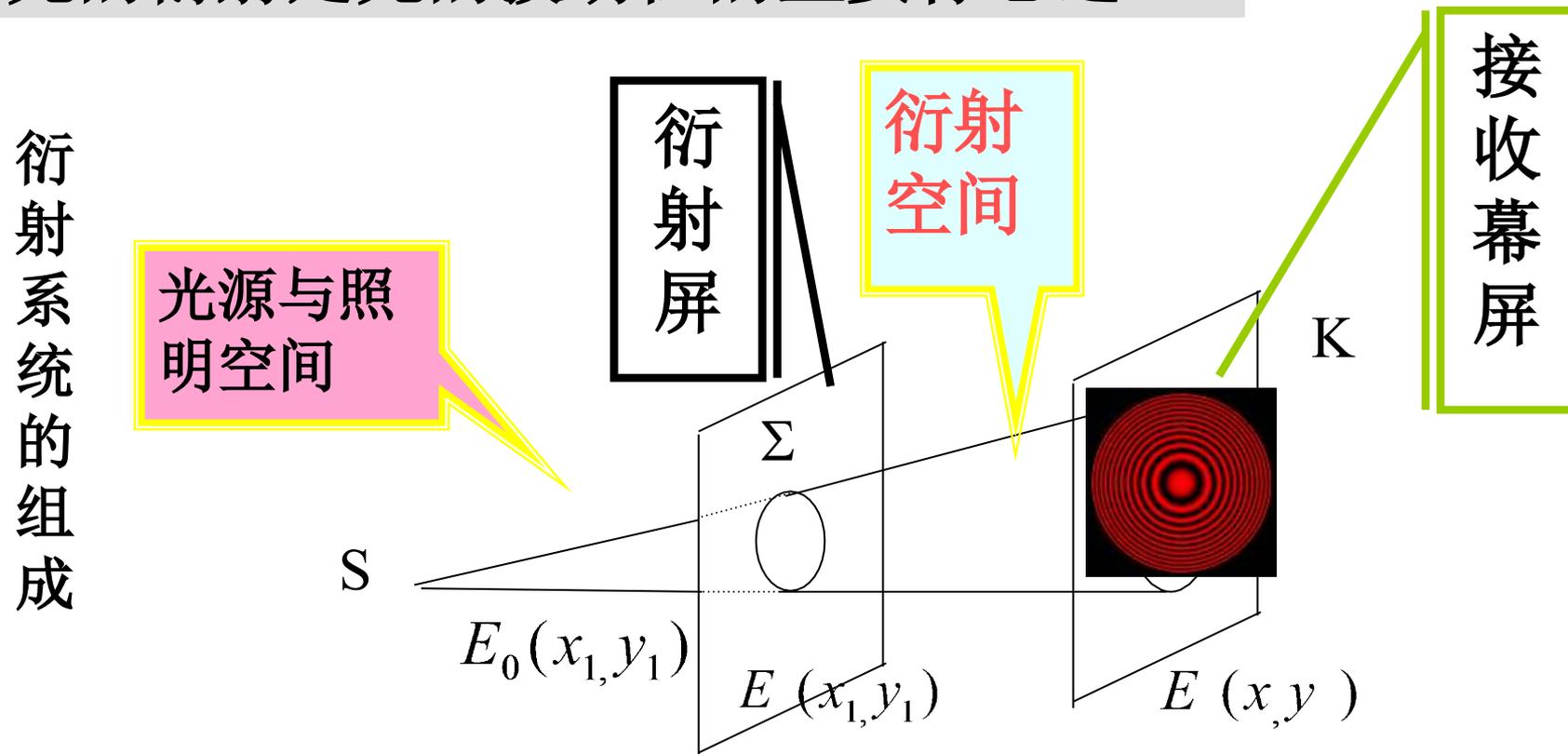
波的叠加原理：两个（或多个）波在相遇点产生的合振动是各个波**单独**在该点产生的振动的**矢量和**。波的叠加服从叠加原理，光波也同样。叠加原理是波动光学的基本原理。

1. 波的叠加原理表明了光波传播的**独立性**。一个光波的**传播方向**不会因为其他光波的存在而受到影响。
2. 两个光波在相遇后又分开，每个光波仍保持原有的特点（频率、波长、振动方向等），**按照原来的传播方向继续前进。**

是否矛盾？
如何理解？

1.3 衍射实验(Diffraction experiment) —基本问题

光的衍射是光的波动性的主要标志之一。



衍射屏的复振幅透射系数表示:

$$t(x_1, y_1) = A(x_1, y_1)e^{i\varphi(x_1, y_1)}$$

$$E(x_1, y_1) = E_0(x_1, y_1)t(x_1, y_1)$$

1.3 衍射实验(Diffraction experiment)-基本问题

衍射现象的基本问题是：

1. 已知照明光场和衍射屏的特征，求屏幕上衍射光场的分布；
2. 已知衍射屏及屏幕上衍射光场的分布，去探索照明光场的某些特性；
3. 特别是已知照明光场及屏幕上所需的衍射光场分布，设计、计算衍射屏的结构和制造衍射光学元件。

1.3 衍射的基本问题

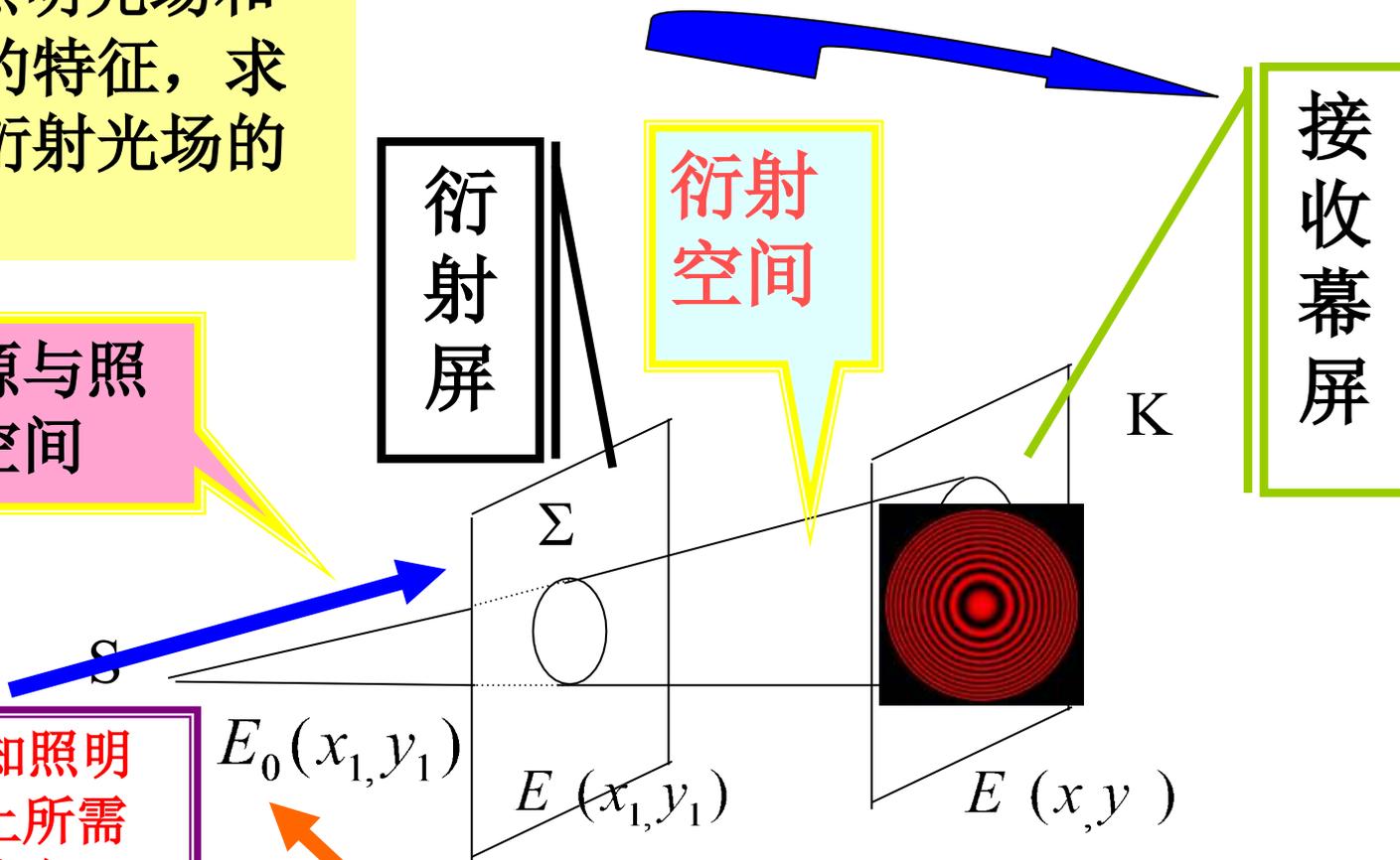
1. 已知照明光场和衍射屏的特征，求屏幕上衍射光场的分布。

光源与照明空间

衍射屏

衍射空间

接收幕屏



3. 特别是已知照明光场及屏幕上所需的衍射光场分布，设计、计算衍射屏的结构和制造衍射光学元件。

2. 已知衍射屏及屏幕上衍射光场的分布，去探索照明光场的某些特性；

衍射现象的分类

(Classification of light diffraction)

根据光源、衍射物（衍射屏）和衍射场（观察屏）三者之间的位置确定

(1) **夫琅和费衍射(Fraunhofer diffraction)**:

光源和衍射场都在衍射物**无限远处**的衍射。

(**远场**衍射), **计算相对简单, 本章的侧重点。**

(2) **菲涅耳衍射 (Fresnel diffraction)** :

光源和衍射场或二者之一到衍射物的距离比较小时的衍射。 (**近场**衍射)

两个需要说明的概念：**波面**和**波前**

【波面】：指某一时刻空间波场中等相位点的集合。

一般情况下，波面的形状比较复杂，只有平面波的波面是平面。

【波前】：指波场中任意考察的平面。

大多数的实际情况，仅仅需要考察某一平面，如在共轴光学系统中的某一个垂轴平面上的光波场的发布。因此，在实际使用中，波前的概念比波面更简便。

第13-1 光波的衍射基本理论

- 一、光的衍射现象与衍射理论的发展
- 二、惠更斯—菲涅耳原理
- 三、菲涅耳—基尔霍夫衍射公式
- 四、巴比涅原理
- 五、基尔霍夫衍射公式的2个近似

1. 惠更斯原理的核心；解决了衍射的什么问题；不能解决衍射什么问题；
2. 菲涅耳原理提出了… 但没有能给出其…
菲涅耳原理可以解决… 但实际上…

二、惠更斯—菲涅耳原理 p.379

2.1 惠更斯原理，（1690年，惠更斯提出假设）

波前（波阵面）上的每一点都可以看做是一次级干扰中心，发出球面子波，在后一时刻这些子波的包络面就是新的波前。

核心是：运用了他波动理论中的次波原理。解决了2个问题

缺陷

✓ 波前的形成



球面子波的包络面，形成新的波前。

✓ 光波的传播方向



光波波前的法线方向就是波的传播方向。

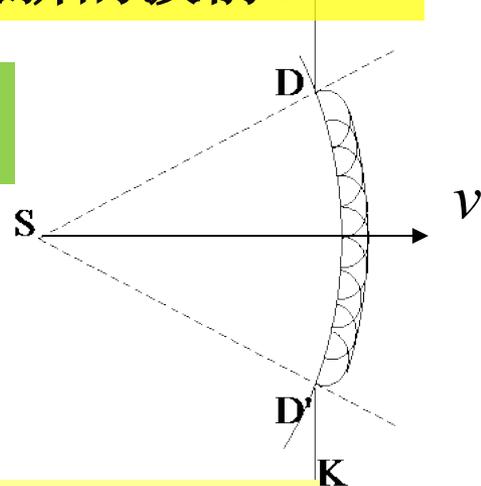


图13—3 光波通过圆孔的惠更斯作图法

二、惠更斯—菲涅耳原理（数学表述）

光源 S 在波前 ZZ' 上
任意 Q 点产生的复振幅

$$\tilde{E}_Q = A \cdot \frac{\exp(ikR)}{R}$$

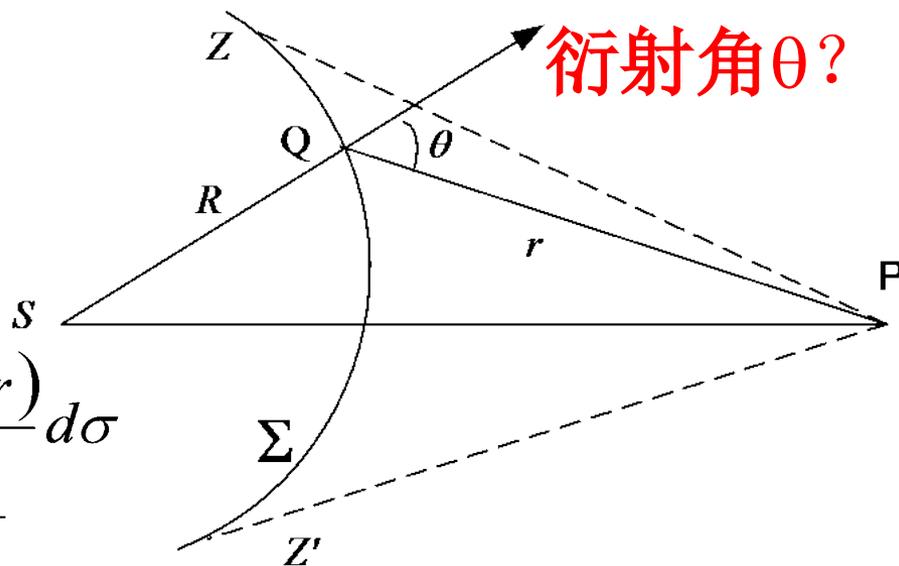
Q 点处 $d\sigma$ 大小的面元
对 P 点的贡献为:

$$d\tilde{E}(P) = CK(\theta) \cdot \tilde{E}_Q \cdot \frac{\exp(ikr)}{r} d\sigma$$

倾斜因子 $K(\theta)$

衍射角 θ

波前外任一点光振动应该是波面上所有子波相干叠加的结果。



子波向 P 点的球面波

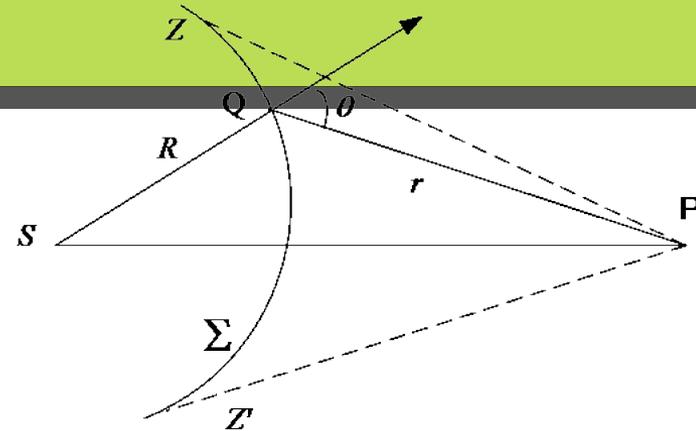
子波法线方向的复振幅

子波振幅随角的变化

二、惠更斯-菲涅耳原理

Q点处的面光源 σ 对P点的作用

$$d\tilde{E}(P) = CK(\theta) \cdot \tilde{E}_Q \cdot \frac{\exp(ikr)}{r} d\sigma$$



菲涅尔假设:

当 $\theta = 0$ 时, $K(\theta) = \text{Max}$, $\theta \geq \pi/2$ 时, $K(\theta) = 0$.

(实验证明是不对的)

若S发出的光源振幅为A (单位距离处), 整个波面 Σ (ZZ')的贡献, **积分!**

惠更斯-菲涅耳原理的数学表达式

$$\tilde{E}(P) = C \frac{A}{R} \exp(ikR) \iint_{\Sigma} K(\theta) \frac{\exp(ikr)}{r} d\sigma$$

用该公式可以计算任意孔或屏的衍射问题。

求解此公式主要问题: C、 $K(\theta)$ 没有确切的表达式。

第13-1 光波的衍射基本理论

- 一、光的衍射现象与衍射理论的发展
- 二、惠更斯—菲涅耳原理
- 三、菲涅耳—基尔霍夫衍射公式
- 四、巴比涅原理
- 五、基尔霍夫衍射公式的2个近似

1. 惠更斯原理的核心；解决了衍射的什么问题；不能解决衍射什么问题；
2. 菲涅耳原理提出了… 但没有能给出其…
菲涅耳原理可以解决… 但实际上…

第13-1 光波的衍射基本理论

- 一、光的衍射现象与衍射理论的发展
- 二、惠更斯—菲涅耳原理
- 三、菲涅耳—基尔霍夫衍射公式
- 四、巴比涅原理

1. 惠更斯原理的核心；解决了衍射的什么问题；不能解决衍射什么问题；
2. 菲涅耳原理提出了… 但没有能给出其…
菲涅耳原理可以解决… 但实际上…

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/738126077034006065>