

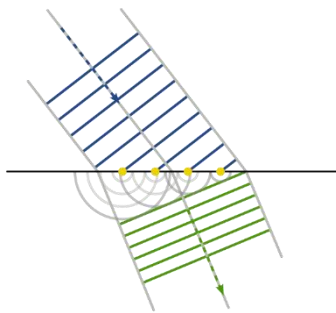


惠更斯 - 菲涅耳原理

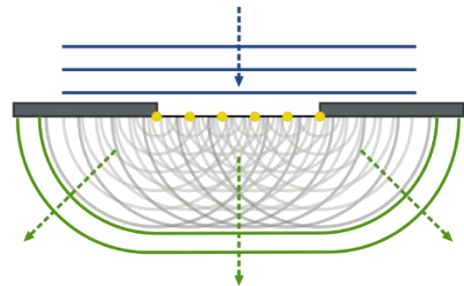
節錄自 維基百科，自由的百科全書

根據惠更斯 - 菲涅耳原理，波從一個介質傳播到另外一個介質時會產生折射。波遇到障礙物時會產生繞射。

惠更斯 - 菲涅耳原理（英語：Huygens–Fresnel principle）是研究波傳播問題的一種分析方法，因荷蘭物理學者克里斯蒂安·惠更斯和法國物理學者奧古斯丁·菲涅耳而命名。這個原理同時可適用於遠場極限（下圖左）和近場繞射（下圖右）的物理情境中。



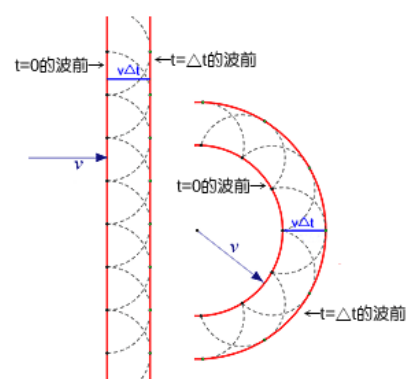
上圖：光波在介面的折射現象



上圖：光波在單狹縫的繞射現象

研究歷史

惠更斯原理 1678 年，惠更斯完成著作《光論》（《Traité de la Lumière》）。1690 年這本書公開發行。在這本書中他提出「惠更斯原理」：波前的每一點可以認為是產生球面次波的點波源，而以後任何時刻的波前則可看作是這些次波的包絡。根據惠更斯原理，光波的直線傳播與球面傳播可用波前線來描述（左圖）。



惠更斯原理可以給出波的直線傳播與球面傳播的定性解

釋，並且推導出反射定律與折射定律；但是並不能解釋，為什麼當光波遇到邊緣、孔徑或狹縫時，會偏離了直線傳播，即繞射效應。惠更斯假定次波只會朝前面方向傳播，而不會朝後面方向傳播。他並沒有解釋為什麼會發生這種物理行為。

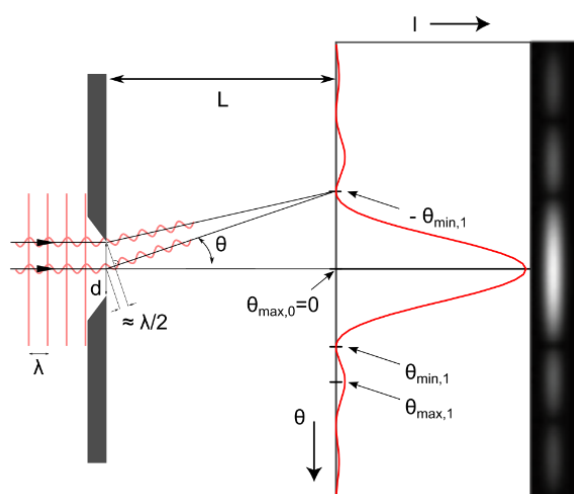
惠更斯原理是一種光波動說。這假說是根據 1664 年羅伯特·虎克的提議。虎克本人公開批評牛頓的光微粒說。兩位大師爭吵不休，直至虎克往生。在那時期，由於艾薩克·牛頓在其它物理領域的成功，他(牛頓)也被公認是光本質爭論（粒子 or 波動）的贏家。

惠更斯-菲涅耳原理

菲涅耳在惠更斯原理的基礎上假設這些次波會彼此發生干涉，因此惠更斯 - 菲涅耳原理是惠更斯原理與干涉原理的結晶。用這種觀點來描述波的傳播，可以解釋波的繞射現象。特別地，惠更斯 - 菲涅耳原理是建立繞射理論的基礎，並指出了**繞射實質上是所有次波彼此相互干涉**的結果。為了符合實驗結果，菲涅耳又添加了一些關於次波的相位與波幅的假定。這些假定引導出的預測與許多光學實驗的觀察結果相符合，例如帕松光斑 (Poisson Spot)。1818 年，菲涅耳將他的論文提交給法蘭西學術院的評委會。評委會的會員西莫恩·帕松閱讀完畢後認為，假若菲涅耳的理論成立，則將光波照射於一小塊圓形擋板，其形成的陰影的中央必會有一個亮斑 (帕松光斑)，因此他推斷這理論不正確。但是，評委會的另一位會員，弗朗索瓦·阿拉戈親自動手做這實驗，獲得的結果與預測相符合，證實菲涅耳原理正確無誤。其實真正最先觀察到這現象 (帕松光斑) 的是法國-義大利天文學者吉雅科莫·馬勞地 (Giacomo Maraldi)，但他於 1723 年獲得的研究結果在那時代並沒有得到重視。這實驗是支持光波動說的強有力的證據。這實驗與托馬斯·楊的雙縫實驗共同反駁了艾薩克·牛頓主導的光微粒說。

單縫繞射

惠更斯 - 菲涅耳原理最常見的應用之一，是計算平面波 (通常為可見光、無線電波、X 射線或電子等) 照射到具有任意形狀孔徑的擋板的繞射行為。根據原理所述，位於孔徑的每一點都是點波源，能夠發射出向各個方向傳播的球面子波。將所有從這些點波源發射出的球面波通過干涉原理進行疊加，就可以獲得平面波通過孔徑後的在任意



時刻的波前。以最簡單的單縫繞射為例，左圖的右半部分為觀察屏水平方向上的輻照度分布，輻照度曲線在 θ 軸上的第一個零點 $\theta_{\min,1}$ 被稱為「第一極小值」；左半部分為單縫繞射的示意圖，狹縫處諸點光源發出的光波皆以角度 θ 傳播到達第一極小值。值這裡得一提的是，我們認為這些光束與狹縫垂直平分線的夾角均可視為 θ ，是基於一般 L 皆遠大於 d 的前提下做出的近似解。我們可以在計算出現於觀察屏的繞射圖樣時，先將

這條相對較寬的單縫視為**無數更窄的狹縫所組成**，然後將它們看作是新的點波源並計算彼此的干涉。如果將單縫分成兩個小狹縫，當它們的子波的光程差對應著 $\lambda/2$ 時有破壞性干涉；如果分成三個小狹縫，則這一光程差對應 $\lambda/3$ 時有破壞性干涉；以此類推到無數個小狹縫的情形，則位於兩端的小狹縫的光程差需要恰好為 λ 時才會得到完全的破壞性干涉。用方程式來表達，假設單縫的寬度為 d ，「第一極小值」的位置與中央軸的夾角為 θ ，則彼此應滿足下列數學關係式： $d \sin(\theta) = \lambda$ 。