

# Multipelspalt

19 okt. 2026, 4 min läsning

UTKAST

#fysik #optik #fenomen

**Kurs:** F0005T **Förkunskaper:** Dubbelspaltexperimentet, Diffraction, Fraunhoferdiffraction

Med  $N$  likadana spalter i stället för två blir interferensmaxima smalare och skarpare, medan deras lägen är oförändrade. Det är principen bakom det optiska gittret, som därför kan skilja närliggande våglängder åt.

## 1. Geometri och fasskillnad

Multipelspalten består av  $N$  öppningar med spaltbredden  $a$  och spaltavståndet  $d$  mellan närliggande öppningar. Punkten  $P$  ligger så långt bort att avståndet  $r$  är mycket större än  $(N - 1)d$ , vilket gör att de utgående strålarna kan räknas som parallella och vinkeln  $\theta$  blir densamma för alla.

Gångvägsskillnaden mellan två grannspalter är då  $d \sin \theta$ , och den växer linjärt genom spaltraden till  $2d \sin \theta$ ,  $3d \sin \theta$  och slutligen  $(N - 1)d \sin \theta$  för den sista spalten. Omräknad till fas med **vågtalet**  $k = 2\pi/\lambda$  blir fasskillnaden mellan två grannstrålar

$$\delta = k d \sin \theta = \frac{2\pi}{\lambda} d \sin \theta$$

## 2. Intensiteten från $N$ punktkällor

Antar vi först att varje spalt är en punktkälla som sänder i fas och med samma amplitud, ger **superpositionsprincipen** att svängningen i  $P$  är summan av  $N$  termer som var och en är fasvriden  $\delta$  relativt den föregående:

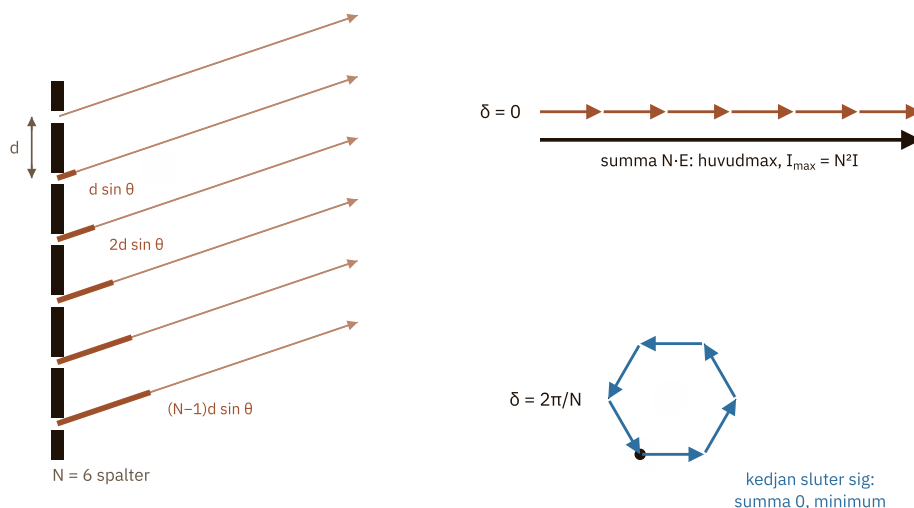
$$s_P = \frac{E_0}{r} e^{i(kx_1 - \omega t)} (1 + e^{i\delta} + e^{i2\delta} + \dots + e^{i(N-1)\delta})$$

Parentesen är en geometrisk serie med kvoten  $e^{i\delta}$ , och summeras den med  $1 + r + r^2 + \dots + r^{N-1} = \frac{1 - r^N}{1 - r}$  följt av **Eulers formel** blir amplituden proportionell mot  $\sin(N\delta/2)/\sin(\delta/2)$ . Intensiteten går som amplituden i kvadrat:

$$I_P = I \frac{\sin^2(N\delta/2)}{\sin^2(\delta/2)}$$

Fysika: Fc4b (med  $\Delta\phi$  för  $\delta$  och  $I_0$  för en källas intensitet  $I$ )

Här är  $I$  intensiteten i  $P$  från *en* av källorna, och formeln gäller bara om alla källor ger samma intensitet i  $P$ . I gränsen  $\delta \rightarrow 0$  går kvoten mot  $N^2$ , så rakt fram blir  $I_P = N^2 I$ .



Vänster: gångvägen växer med  $d \sin \theta$  för varje spalt. Höger: varje spalt ger en visare vriden  $\delta$  mot föregående; vid  $\delta = 0$  ligger alla i rad (huvudmaximum), vid  $\delta = 2\pi/N$  sluter kedjan sig och summan blir noll (minimum).

### 3. Huvudmaxima

Intensiteten är maximal där uttrycket antar formen  $0/0$ , alltså där nämnaren  $\sin(\delta/2)$  är noll. Det kräver  $\delta/2 = p\pi$ , det vill säga  $\delta = p \cdot 2\pi$ , och insatt i fasskillnaden ovan ger det

$$nd \sin \theta = p\lambda \quad p = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

Fysika: Fc4b (gitterekvationen, i formen  $d \sin \theta = p\lambda$ )

Villkoret gäller oberoende av hur många sändare vi har — det är samma villkor som för dubbelspalten, vilket är skälet till att huvudmaximas *lägen* inte flyttar sig när  $N$  ökar. Intensiteten i ett huvudmaximum är

$$I_{\max} = N^2 I$$

## 4. Minima och bimaxima

Minimum får vi när täljaren är noll utan att nämnaren är det, alltså  $\sin(N\delta/2) = 0$  men  $\sin(\delta/2) \neq 0$ :

$$\boxed{nd \sin \theta = \frac{q}{N} \lambda} \quad q \neq pN$$

Fysika: Fc4b (i formen  $Nd \sin \theta = m'\lambda$ )

Undantaget  $q = pN$  måste skrivas ut, för då reduceras villkoret till  $nd \sin \theta = p\lambda$  som i stället är ett huvudmaximum. Mellan två huvudmax ligger

$$N - 1 \text{ minima} \quad \text{och} \quad N - 2 \text{ bimaxima}$$

där bimaxima har betydligt lägre intensitet än huvudmaxima.

## 5. Spaltbredden – diffraktion gånger interferens

Uttrycket ovan behandlar varje spalt som en punkt. Har spalterna i stället bredden  $a$  bidrar var och en med sin egen **fraunhoferfördelning**, och den multipliceras in som intensiteten från en enskild källa:

$$\boxed{I_P = I_0 \frac{\sin^2(\beta/2)}{(\beta/2)^2} \cdot \frac{\sin^2(N\delta/2)}{\sin^2(\delta/2)}}$$

Fysika: Fc5 ( $N$  spalter, med  $b$  för spaltbredden  $a$ )

De två vinkelvariablerna mäter olika saker:  $\beta = (2\pi/\lambda) a \sin \theta$  är fasskillnaden mellan randstrålarna inom en spalt, medan  $\delta = (2\pi/\lambda) d \sin \theta$  är fasskillnaden mellan strålarna från närliggande spalter. Diffraktionsfaktorn lägger sig som ett envelope över interferensmönstret och släcker det helt där

$$na \sin \theta = m\lambda \quad m = \pm 1, \pm 2, \dots$$

Fysika: Fc5 (i formen  $b \sin \theta = m\lambda$ )

Sätter man  $N = 2$  faller uttrycket tillbaka på **dubbelspalten**.

## 6. Vägen till gittret

Det första minimum vid sidan om ett huvudmaximum ligger där  $N\delta = 2\pi$ , alltså där

$$d \sin \theta = \frac{\lambda}{N}$$

Avståndet från huvudmaximum ut till dess närmaste minimum krymper alltså som  $1/N$ : huvudmaxima blir smalare ju fler spalter vi har, samtidigt som bimaxima blir fler och svagare. Då  $N$  blir mycket stort återstår bara en rad mycket smala och skarpa huvudmax — det är ett gitter.

## Läsning

- [36.4 Multiple Slits](#)
- [36.5 The Diffraction Grating](#)
- Vågkompendiet (Fällström), avsnitt 3.1 *Multipelspalt med  $N$  stycken punktkällor* och 3.3 *Multipelspalt*

## Se även

- Dubbelspaltexperimentet
- Fraunhoferdiffraktion
- Diffraktion
- Interferens
- Huygens princip
- Vågor på komplex form

## Resurser

- [Wikipedia: Diffraction grating](#) 
- 
-