

# FORMELBLAD VÅGLÄRA OCH OPTIK

Enkel harmonisk svängning beskrivs av differentialekvationen

$$\frac{d^2y}{dt^2} + \omega^2 y = 0$$

som har reella lösningar på formen

$$y = A \sin(\omega t + \alpha)$$

Vinkelfrekvens, svängningstid, frekvens och vågens fart

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad v = \frac{\lambda}{T}$$

$$k_{våg} = \frac{2\pi}{\lambda}$$

Fjäders återförande kraft

$$F = -ky$$

Newtons andra lag

$$F = ma$$

Energien för en elastisk pendel

$$W_{pot} = \frac{ky^2}{2} \quad W_{tot} = \frac{m}{2} A^2 \omega^2$$

där  $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

Kinetisk energi

$$W_{kin} = \frac{mv^2}{2}$$

Plan fortskridande våg

$$s = s_0 \sin \left[ 2\pi \left( \frac{t}{T} \pm \frac{x}{\lambda} \right) + \alpha \right]$$

Stående vågens ekvation

$$s = A \cos \left( 2\pi \frac{x}{\lambda} + \frac{\phi}{2} \right) \sin \left( 2\pi \frac{t}{T} + \frac{\phi}{2} \right)$$

där  $\phi$  är fasförskjutningen i origo.

Nodavståndet är  $\frac{\lambda}{2}$

Allmänna vågekvationen

$$\frac{\partial^2 s}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 s}{\partial x^2}$$

Q värde, dämpning

$$Q \equiv \frac{\omega_0}{\gamma} \quad A(t) = A_0 e^{-\gamma t/2}$$

Interferens (två källor i fas)

Vägskillnad  $x_1 - x_2 = m\lambda$  ger max

Svävningsfrekvens

$$f_{svävning} = |f_1 - f_2|$$

Dopplereffekt

$$f_m = f_s \frac{v - v_m}{v - v_s} \quad S \rightarrow v_s \quad M \rightarrow v_m$$

Ljudtryck

$$p = -\frac{1}{\kappa} \cdot \frac{\partial s}{\partial x}, \quad \kappa = -\frac{1}{\Delta P} \cdot \frac{\Delta V}{V}$$

$$p = \mp p_0 \cos \left[ 2\pi \left( \frac{t}{T} \pm \frac{x}{\lambda} \right) \right]$$

Tryckamplituden

$$p_0 = \frac{2\pi S_0}{\kappa \lambda} = Z S_0 \omega$$

Akustisk impedans

$$Z \equiv \rho v$$

Ljudhastighet (vätska och gas)

$$v = \frac{1}{\sqrt{\kappa \rho}} \quad v = \sqrt{\frac{c_p RT}{c_v M}}$$

Ljudhastighet (sträng resp. stav)

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

Intensitet hos ljud

$$I = \frac{Z}{2} S_0^2 \omega^2 \quad I = \frac{p_0^2}{2Z}$$

Ljudintensitetsnivå

$$L_1 = 10 \lg \frac{I}{I_0} \quad \text{med } I_0 = 1,0 \cdot 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

$$\text{Förändring } \Delta L_1 = 10 \lg \frac{I_2}{I_1}$$

Reflektans och transmittans för ljud

$$R \equiv \frac{I_{ref}}{I_{in}} = \left( \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \right)^2 \quad T \equiv \frac{I_{tr}}{I_{in}} = 1 - R$$

## Övertoner hos strängar och öppna cylindrar

$$f_m = m f_1 \quad m = 2, 3, 4, \dots$$

## Övertoner hos halvslutna cylindrar

$$f_m = (2m - 1) f_1 \quad m = 2, 3, 4, \dots$$

## Ljusets fart

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \quad v = \frac{c}{\sqrt{\mu_r \epsilon_r}}$$

## Intensitet hos en elektromagnetisk våg

$$I = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\epsilon_0 \epsilon_r}{\mu_0 \mu_r}} E_0^2 \quad \text{och} \quad B_z = \frac{E_y}{v}$$

## Brytningsindex

$$n \equiv \frac{c}{v} = \sqrt{\mu_r \epsilon_r}$$

## Brytningslagen (plan yta)

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

## Brytning i en sfärisk yta

$$\frac{n_1}{a} + \frac{n_2}{b} = \frac{n_2 - n_1}{R}$$

## Gauss formel (tunn lins & spegel)

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

## Lateralförstoring (tunn lins & spegel)

$$M \equiv \frac{y_b}{y_a} \quad M = -\frac{b}{a}$$

## Brännvidd buktig spegel

$$f = -\frac{R}{2}$$

## Brytningsstyrka (tunn lins)

$$B \equiv \frac{1}{f} = (n - 1) \left[ \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right]$$

## Bländartal och skärpedjup

$$b_t \equiv \frac{f}{D} \quad s \approx \frac{a^2}{1000f} b_t$$

## Luppens vinkelförstoring

$$G = \frac{d_o}{f} \quad \text{där } d_o = 25 \text{ cm}$$

## Mikroskopets vinkelförstoring

$$G = |M_{ob}| \cdot G_{ok} = \frac{L}{f_{ob}} \frac{d_o}{f_{ok}}$$

där tublängden  $L = 16 \text{ cm}$

## Kepler- och Galileikikarens vinkelförstoring

$$G = \left| \frac{f_{ob}}{f_{ok}} \right|$$

, där normalställd  $L = f_{ob} + f_{ok}$

## Intensiteten vid böjning

$$I = I_0 \left( \frac{\sin \beta}{\beta} \right)^2 \quad \text{med } \beta = \frac{\pi}{\lambda} b \sin \theta$$

## Böjningsmin för en spalt

$$b \sin \theta = m \lambda \quad \text{där } m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

## Böjningsmin för en rund öppning

$$D \sin \theta = k \lambda \quad \text{där}$$

$$k = 1,22 \quad 2,23 \quad 3,24 \quad 4,25 \quad 5,25 \dots$$

## Rayleighs upplösningskriterium

Centraltopp (punkt 2) ovanpå

första min (punkt 1).

## Interferens (böjning försummas)

$$I = I_0 \left( \frac{\sin N\gamma}{\sin \gamma} \right)^2 \quad \text{där } \gamma = \frac{\pi}{\lambda} d \sin \theta$$

## Interferens ger huvudmax om

$$d \sin \theta = m \lambda \quad \text{där } m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

## Gitter, transmission resp. reflektion

$$d(\sin \alpha_2 + \sin \alpha_1) = m \lambda$$

$$d(\sin \alpha_2 - \sin \alpha_1) = m \lambda$$

## Max eller min hos tunna skikt

$$2n_2 d \cos \alpha_2 = m \lambda \quad \text{där } m = 0, 1, 2, \dots$$

## Malus lag

$$I = I_0 \cos^2 \theta$$

## Reflektansen vid normalt infall

$$R \equiv \frac{I_{ref}}{I_{in}} = \left( \frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \right)^2$$

## Brewstervinkeln (i luft)

$$\theta_{luft} = \arctan n$$

## Enhetsomvandling

0°C	=	273,15 K
1 u	=	1,660 538 7 · 10 <sup>-27</sup> kg
1 eV	=	1,602 176 5 · 10 <sup>-19</sup> J
1 atm	=	101 325 Pa

## Fysikaliska konstanter

$\epsilon_0$	=	8,854 187 8 · 10 <sup>-12</sup> As/(Vm)
$\mu_0$	≡	4 $\pi$ · 10 <sup>-7</sup> Vs/(Am)
c	≡	2,997 924 58 · 10 <sup>8</sup> m/s

## Ljudhastighet vid normalt lufttryck (1 atm) och 20°C

Material	m/s	Material	m/s
Järn	5950	Metanol CH <sub>4</sub> O	1143
Glas (typvärde)	5600	Eter C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	1032
Koppar	4760	Väte H <sub>2</sub>	1286
Bly	2160	Helium He	1008
Gummi	1550	Luft	343
Vatten	1461	Syre O <sub>2</sub>	326
Kvicksilver	1407	Koldioxid CO <sub>2</sub>	269

## Akustisk impedans vid 20°C och normalt lufttryck

Ämne	Z / (Ns/m <sup>3</sup> )	Ämne	Z / (Ns/m <sup>3</sup> )
Vätgas	111	Glas (typvärde)	14 · 10 <sup>6</sup>
Luft	412	Aluminium	17,3 · 10 <sup>6</sup>
Vatten	1,46 · 10 <sup>6</sup>	Kvicksilver	19,1 · 10 <sup>6</sup>
Gummi	1,47 · 10 <sup>6</sup>	Koppar	33,9 · 10 <sup>6</sup>
Glycerin	2,42 · 10 <sup>6</sup>	Stål	46,4 · 10 <sup>6</sup>
Kvarts	13,1 · 10 <sup>6</sup>	Volfram	101 · 10 <sup>6</sup>

## Vakuumvåglängder och frekvenser för ljus

Ljussort	$\lambda$ /nm	f/THz
Violett	400 – 440	749 – 681
Blått	440 – 480	681 – 625
Grönt	480 – 560	625 – 535
Gult	560 – 590	535 – 508
Orange	590 – 620	508 – 484
Rött	620 – 700	484 – 428

## Brytning i en sfärisk yta

Storhet	Positiv om
$R$	C ligger till höger om O
$a$	A ligger till vänster om O
$b$	B ligger till höger om O
$f_a$	FA ligger till vänster om O
$f_b$	FB ligger till höger om O

## Avbildning med en tunn lins i luft

Storhet	Positiv om
$f$	linsen är konvex (samlar ljuset)
$a$	föremålet till vänster om linsen
$b$	bilden till höger om linsen
$y_a$	föremålet ovanför optiska axeln
$y_b$	bilden ovanför optiska axeln
$M$	avbildningen rättvänd

## Avbildning med en buktig spegel

Storhet	Positiv om
$R$	C till höger om O (konvex)
$f$	F till vänster om O (konkav)
$a$	A ligger till vänster om O
$b$	B ligger till vänster om O
$M$	avbildningen är rättvänd

## Brytningsindex uppmätt med $\lambda = 589 \text{ nm}$ vid $20^\circ\text{C}$

Vatten	1,333	Kronglas (FK5)	1,487
Dietyleter	1,353	Kronglas (BK7)	1,517
Etanol	1,361	Kanadabalsam	1,542
Glycerin	1,455	Flintglas (F2)	1,620
Bensen	1,501	Flintglas (SF10)	1,728
Kolsvavla	1,628	Flintglas (SFS1)	1,922
Is ( $0^\circ\text{C}$ )	1,31	Kvarts	1,458
NaCl	1,544	Plexiglas	1,49-1,52
Polystyren	1,59	Diamant	2,417