

FORMELBLAD VÅGLÄRA OCH OPTIK

Enkel harmonisk svängning beskrivs av differentialekvationen

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

som har reella lösningar på formen
 $y = A \sin(\omega t + \alpha)$

Vinkelfrekvens, svängningstid och frekvens

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

Energin för en elastisk pendel

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

där $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

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 ϕ är fasförskjutningen i origo.

Nodavståndet är $\frac{\lambda}{2}$

Allmänna vågekvationen

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

Interferens (två källor i fas)

Om vägskillnaden i en punkt
 $x_1 - x_2 = m\lambda$ ger det ett max.

Svävningsfrekvens

$$f_{\text{svävning}} = |f_1 - f_2|$$

Dopplereffekt

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

Överljudshastighet

$$\sin \theta = \frac{v_{\text{ljud}}}{v_{\text{plan}}} = \frac{1}{Ma}$$

Kompressibilitetskoefficient

$$\kappa = -\frac{1}{\Delta P} \cdot \frac{\Delta V}{V}$$

Ljudtryck

$$p = -\frac{1}{\kappa} \cdot \frac{\partial s}{\partial x}$$

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

Tryckamplituden

$$p_0 = \frac{2\pi s_0}{\kappa \lambda} = Z s_0 \omega$$

Akustisk impedans

$$Z \equiv \rho v$$

Ljudhastighet (vätska och gas)

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

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

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

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 (lins & spegel)

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

Lateralförstoring (lins & spegel)

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

Brännvidd buktig spegel

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

Brytningsstyrka (lins)

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

Bländartal och skärpedjup

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

Luppens vinkelförstoring

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

Mikroskopets vinkelförstoring

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

där tublängden $L = 16 \text{ cm}$

Kepler- och Galileikikarens vinkelförstoring

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

Intensiteten vid böjning

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

Böjningsmin för en spalt

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

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)

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

Interferens ger huvudmax om

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

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

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

Malus lag

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

Reflektansen vid normalt infall

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

Brewstervinkeln (i luft)

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

Enhetsomvandling

0°C	=	273,15 K
1 u	=	$1,660\,538\,7 \cdot 10^{-27}$ kg
1 eV	=	$1,602\,176\,5 \cdot 10^{-19}$ J
1 atm	=	101 325 Pa

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

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

Akustisk impedans vid 20°C och normalt lufttryck

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

Vakuumvåglängder och frekvenser för ljus

Ljussort	λ /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	F_A ligger till vänster om O
f_b	F_B 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°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°C)	1,31	Kvarts	1,458
NaCl	1,544	Plexiglas	1,49-1,52
Polystyren	1,59	Diamant	2,417