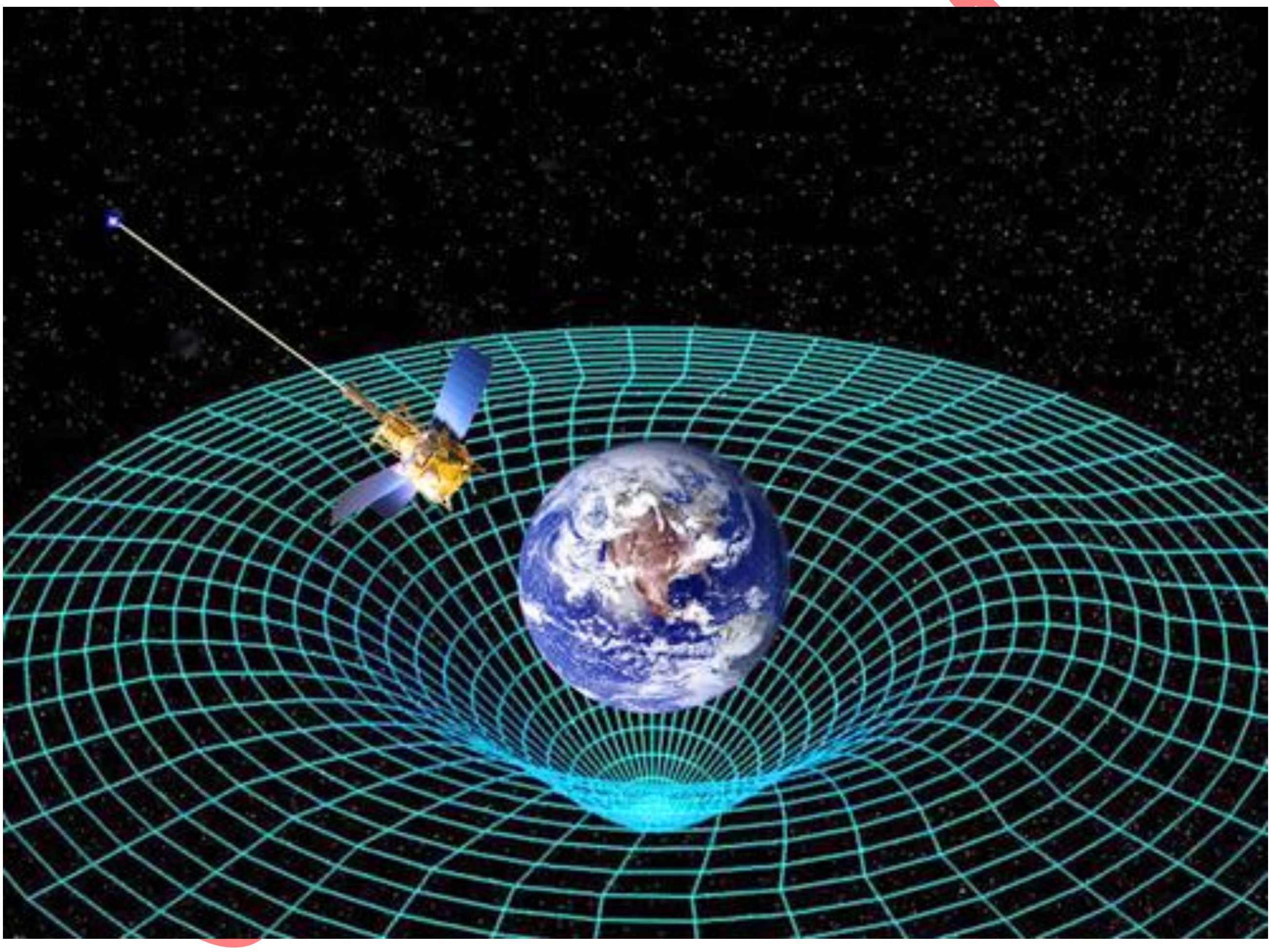
2012-
2013

KAHOSL

Gilles Callebaut



[H6: GRAVITATIE]

1. Toon aan, uitgaande van Newton's algemene gravitatie wet dat $g = G\frac{M_A}{r_A^2}$

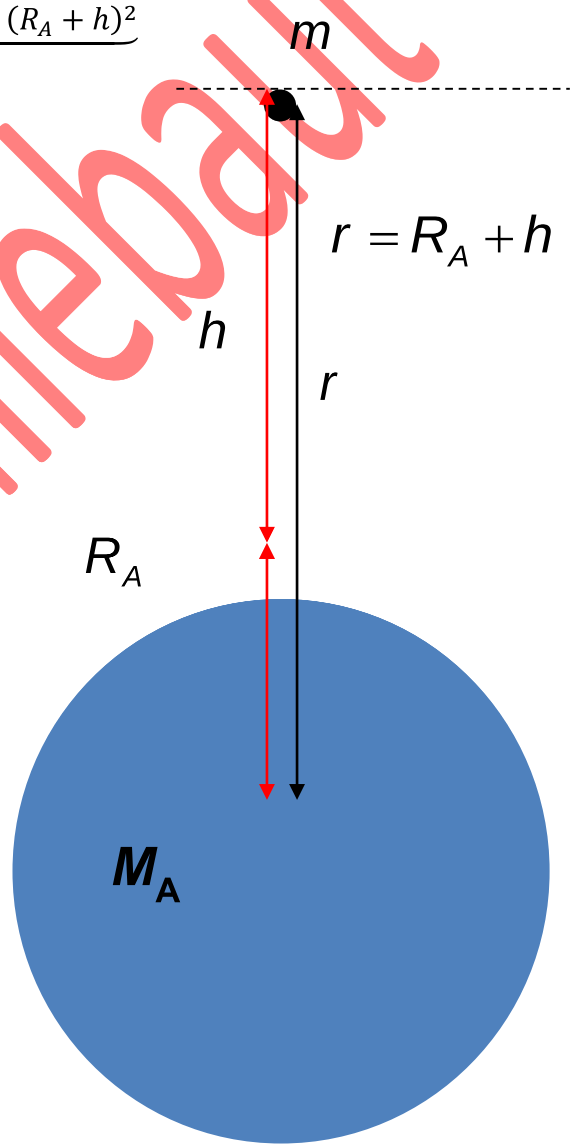
Universele gravitatiewet van Newton: $F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$

$$F = G\frac{mM_A}{r^2}$$

$$\underbrace{F = mg \qquad F = G\frac{mM_A}{(R_A + h)^2}}$$

$$\boxed{g = G\frac{M_A}{r_A^2}}$$

waarbij h<<R_A



2. **Bereken de omloopsnelheid/ periode van een satelliet op een hoogt h boven het aardoppervlak. Pas toe op geostationaire satellieten boven het aardoppervlak.**

$$\sum F = G\frac{mM_A}{r^2}$$

$$\sum F = \frac{mv^2}{r}$$

$$\underbrace{v = \frac{2\pi r}{T} \qquad \frac{mv^2}{r} = G\frac{mM_A}{r^2} \qquad \frac{mv^2}{r} = mg}$$

$$\frac{r^3}{T^2} = G\frac{M_A}{4\pi^2}$$

$$r^3 = G\frac{M_A}{4\pi^2}\,T^2$$

Geostationaire satelliet:

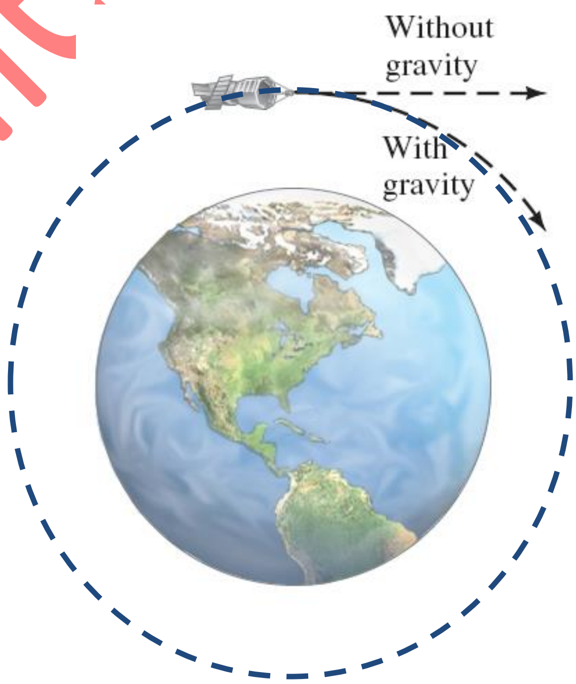
T = 24 u = 86 400s

$h = r - r_A$

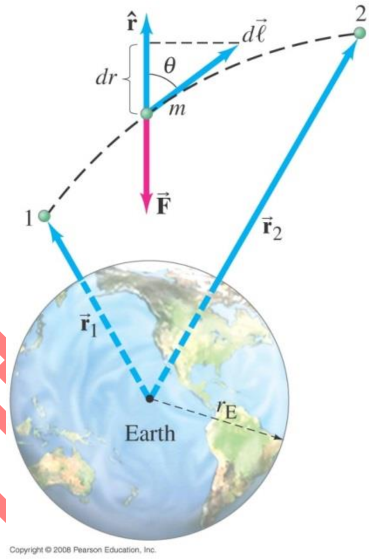
$r^3 = G\frac{M_A}{4\pi^2}\,T^2 = 7.54\ 10^{22}$ m

r = 42 300 km

h = 42 300 – 6 373 km = 36 000 km



3. Veralgemeen het begrip potentiële energie voor de zwaartekracht en toon aan dat ze gelijk is aan: $U = -Gm.\frac{M_A}{2r}$ uitgaande van $U = -W_{cons}$



Dicht bij aardoppervlak g = constant:

$$\Delta U = -W_{cons}$$

$$\Delta U = -\int \vec{F}d\vec{l}$$

$$\Delta U = -\int F\,dl\cos(\pi - \varphi)$$

$$\Delta U = -\int -mg\,dl\cos\varphi = \int mg.dr$$

$$\Delta U = mg(r_1 - r_2)$$

Grote aardoppervlak g ≠ constant:

$$\Delta U = -W_{cons}$$

$$\Delta U = -\int \vec{F}d\vec{l}$$

$$\Delta U = -\int F\,dl\cos(\pi - \varphi)$$

$$\Delta U = -\int -G\frac{mM_A}{r^2} = GmM_A\int \frac{dr}{r^2}$$

$$\Delta U = GmM_A\left(\left(-\frac{1}{r_2}\right) - \left(-\frac{1}{r_1}\right)\right)$$

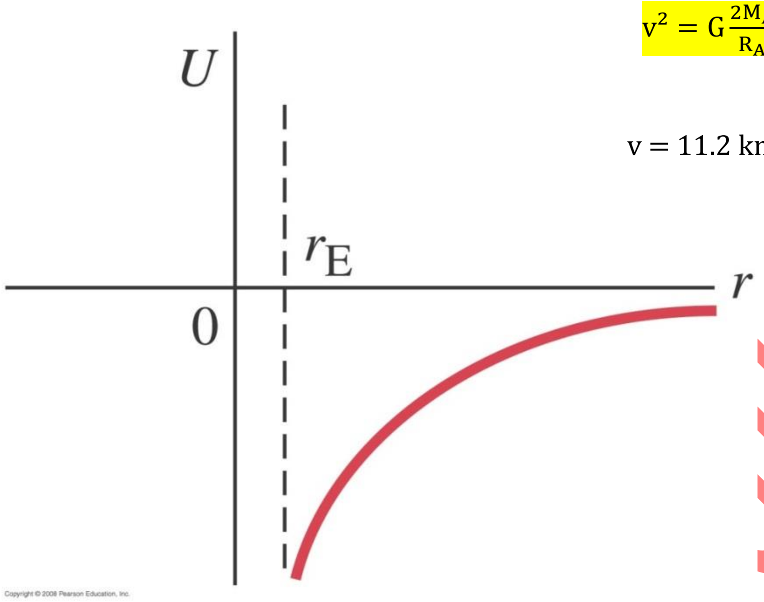
$$U = -G\frac{mM_A}{r}$$

4. Pas de wet van behoud van energie toe op de ontsnappingssnelheid.

De ontsnappingssnelheid is de minimale beginsnelheid die nodig is om te voorkomen dat een voorwerp terugkeert naar de aarde.
Omdat de minimale snelheid om te snappen zoeken, moet een voorwerp $r_2 = \infty$ bereiken met de snelheid nul.

$$\underbrace{\frac{mv^2}{2} - G\frac{mM_A}{R_A}}_{op\ aard\ oppervlak} = \underbrace{\frac{m0^2}{2} - \frac{GmM_A}{\infty}}_{v=0\ en\ r=\infty}$$

$$v^2 = G\frac{2M_A}{R_A}$$



$$v = 11.2\ \mathrm{km/s}$$

5. **Een raket wordt gelanceerd vanop het aardoppervlak. Bereken de snelheid opdat hij een hoogte aan de aardstraal zou bereiken?**

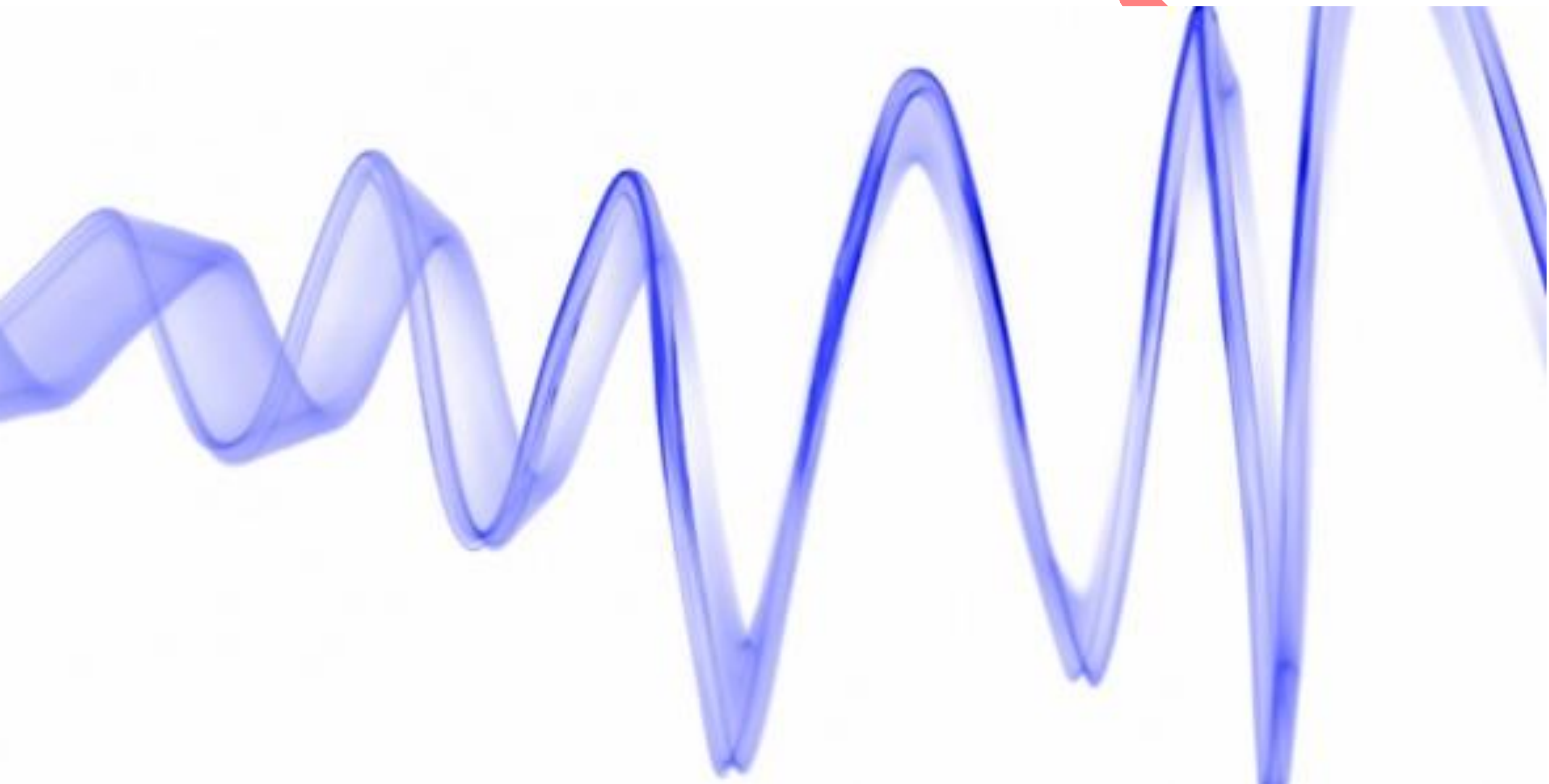
$$-G\frac{mM_A}{R_A} = -G\frac{mM_A}{2R_A} + \frac{m{v_2}^2}{2}$$

$${v_2}^2 = G\frac{2\,M_A}{R_A}$$

2012 - 2013

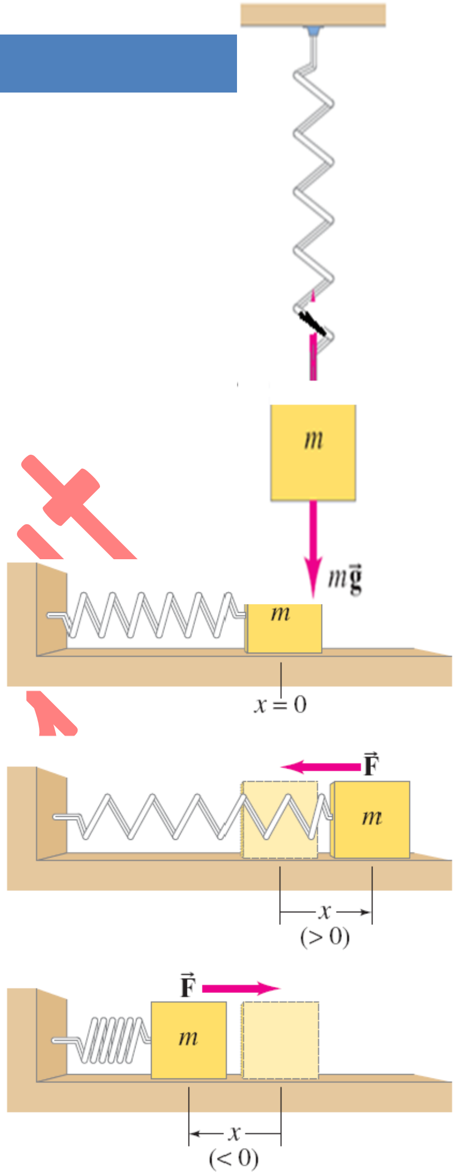
KAHOSL

Gilles Callebaut



[H14: TRILLINGEN]

DIFFERENTIAALVERGELIJKING VAN EEN HARMONISCHE TRILLING



$$\sum F = m * a = -kx$$

$$m\,\frac{d^2x}{dt^2} = -kx$$

we gokken: $x = A\cos(\omega t + \varphi)$

$$\frac{dx}{dt} = -A\omega\sin(\omega t + \varphi)$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 A\cos(\omega t + \varphi)$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 x$$

$$\omega^2 = \frac{k}{m}$$

we gokken: $x = e^{\lambda t}$

$$\frac{d^{2e^{\lambda t}}}{dt} = -\frac{k}{m}e^{\lambda t}$$

$$\lambda^2 + \frac{k}{m} = 0$$

$$\lambda = \pm j\sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\lambda = \pm j\,\omega$$

$$x(t) = K_1\,e^{j\omega t} + K_2\,e^{-j\omega t}$$

via Euler: $x(t) = C_1\cos(\omega t) + C_2\sin(\omega t)$

Scrhijf $C_1\ als\ A\ cos\varphi$ en $C_2\ als - A\ sin\varphi$

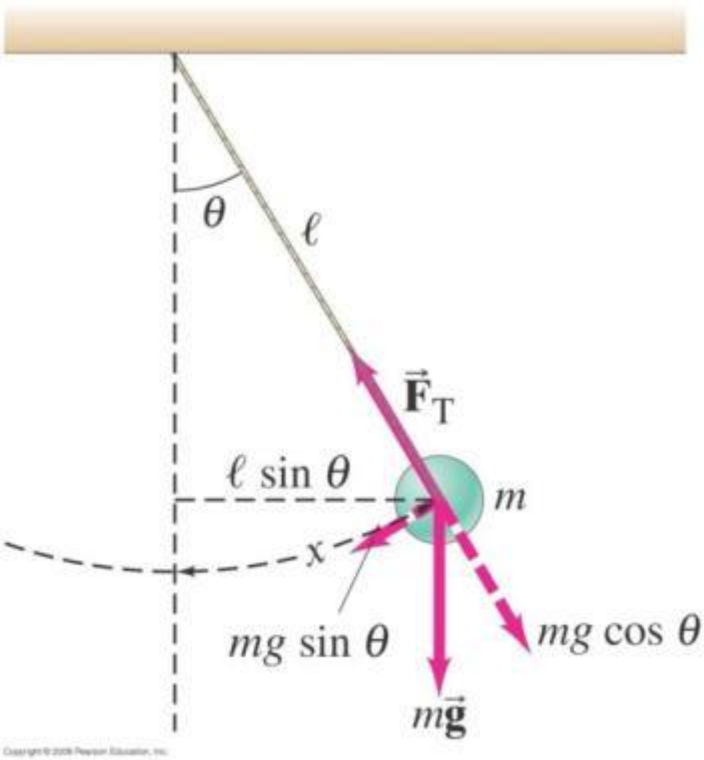
$$x(t) = A\ cos\varphi\ cos\omega t - A\ sin\varphi\ sin\omega t$$

$$x(t) = Acos(\omega t + \varphi)$$

TOON AAN DAT VOOR EEN ENKELVOUDIGE SLINGER GELDT DAT $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

$$\sum F_x = -mgsin\theta$$

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -mgsin\theta$$



$$kleine\ hoeken: sin\theta \ \approx \ \theta\ en\ x \ \approx l.\theta$$

$$\cancel{m}l\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\cancel{m}g\theta$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{l}\ \theta\ is\ hetzelfde\ type\ als$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}\ x$$

$$dus\ hebben\ we\ een\ oplossing\ van\ het\ type: x = Acos(\sqrt{\frac{k}{m}}t + \varphi$$

$$namelijk: \theta = \ \theta_0 \cos\left(\sqrt{\frac{g}{l}}t + \varphi\right)\ met\ dus\ {\omega_0}^2 = \frac{g}{l}$$

$$dan\ is\ \omega_0 = \frac{2\pi}{T}$$

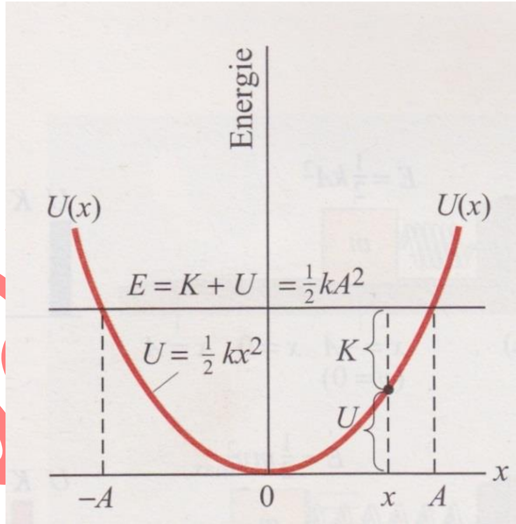
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

DE HARMONISCHE BEWEGING IS ENERGETISCH. TOON DE BETREKKING 14.11 AAN.

p436

$$E = \frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2}$$

In de extreme punten x =A en x =-A is alle energie als potentiële energie opgeslagen in de veer.



$$U = \frac{kx^2}{2} = \frac{m\omega^2\, A^2 cos^2(\omega t + \varphi)}{2}$$

$$K = \frac{mv^2}{2} = \frac{m\omega^2 A^2 sin^2(\omega t + \varphi)}{2}$$

$$E = \frac{m\omega^2 A^2 cos^2(\omega t + \varphi)}{2} + \frac{m\omega^2 A^2 sin^2(\omega t + \varphi)}{2}$$

$$E = \frac{m\omega^2 A^2}{2} = \frac{kA^2}{2}$$

$$met\ \varphi = 0, \pi$$

SNELHEID OP EEN BEPAALDE PLAATS (EXTRA MAAR TOCH TE KENNEN)

we weten nu dat $E = \frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2}$ en dat $E = \frac{kA^2}{2}$

dus $\frac{kA^2}{\cancel{2}} = \frac{mv^2}{\cancel{2}} + \frac{kx^2}{\cancel{2}}$

$$v^2 = \frac{k}{m}(A^2 - x^2)$$

$$v^2 = \omega^2(A^2 - x^2)$$

$$waarbij\ v_{max} = A\sqrt{\frac{k}{m}} = A\omega$$

$$v = \pm v_{max}\sqrt{1 - \frac{x^2}{A^2}}$$

Gilles Callebaut

DIFFERENTIAALVERGELIJKING VOOR EEN GEDEMPTE HARMONISCHE TRILLING

LAGE DEMPING: BEREKEN DE FREQUENTIE WAARMEE HET SYSTEEM TRILT. KAN JE FYSISCH VERKLAREN WAAROM DE FREQUENTIE LAGER IS DAN BIJ EEN ONGEDEMPTE TRILLING?

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\gamma\frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = 0 \xrightarrow{kar.vgl} \lambda^2 + 2\gamma + \omega_0^2 = 0$$

$$D = 4\gamma^2 - 4\omega_0^2$$

Bij een zwakke demping hebben we te maken met $D < 0$: $\gamma^2 < \omega_0^2$

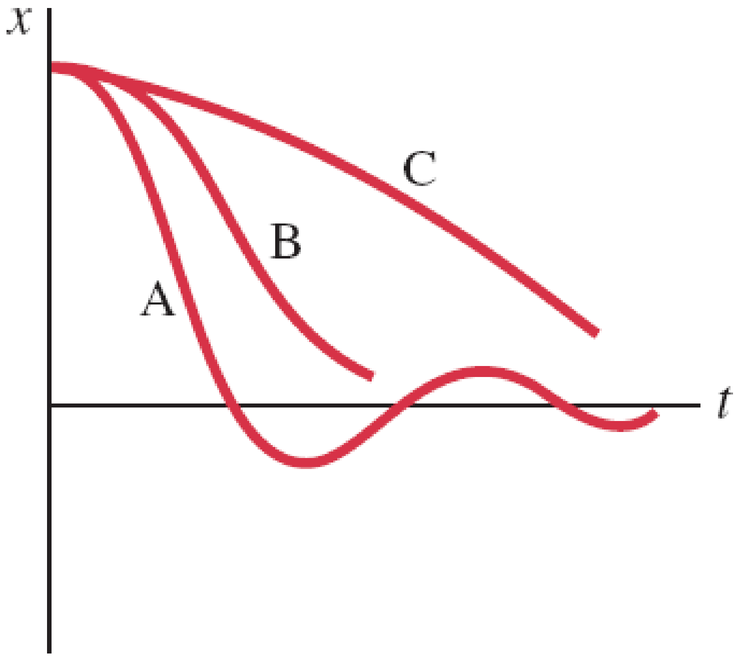
dus $\lambda = -\gamma \pm j\sqrt{\underbrace{\omega_0^2 - \gamma^2}_{\omega\prime^2}}$ dus wordt de vergelijking

$x = e^{-\gamma t}(K_1 e^{jw't} + K_2 e^{-jw't})$ of anders geschreven $x = Ae^{-\gamma t}\cos(\omega t + \varphi)$

met $\begin{cases} \omega'^2 = \frac{k}{m} - \frac{b^2}{4m^2} \\ \omega_0{}^2 = \frac{k}{m} \\ \gamma = \frac{b}{2m} \end{cases}$ dus een frequentie van $f = \frac{\sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2}}{2\pi}$

Nu kan je gemakkelijk zien dat een ongedempte trilling $\gamma \approx 0$ een grotere frequentie heeft dan een gedempte trilling.

IN HET GEVAL VAN KRITISCHE EN OVERDEMPING. SCHETS IN EEN X-T GRAFIEK EEN ONDERKRITISCH GEDEMPTE, EEN KRITISCH GEDEMPTE EN EEN OVERKRITISCH GEDEMPTE BEWEGING.



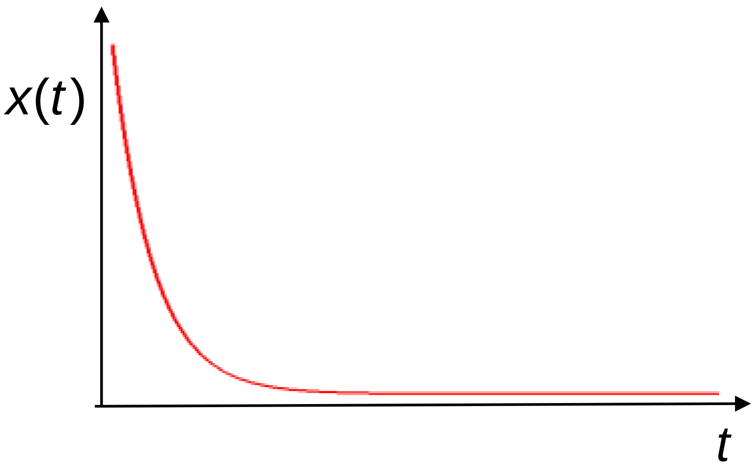
waarbij a) onderkritisch is gedempt
b) kritisch is gedempt
c) overkritisch is gedempt

KRITICH GEDEMPT

Ik ga verder met de oplossing van lage demping, maar hierbij stellen we D = 0 dus $\gamma^2 = \omega_0^2$

$$\lambda = -\gamma$$

$$x = \left(C_1 e^{-\gamma t} + C_2 t\, e^{-\gamma t}\right)$$

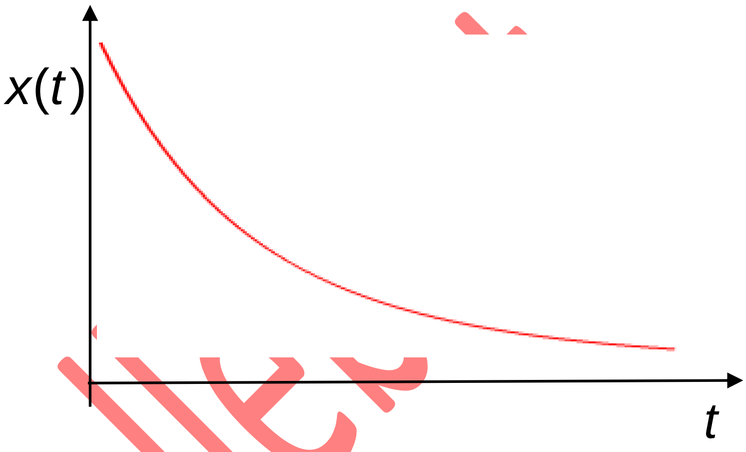


KRITICH OVERGEDEMPT

Ik ga verder met de oplossing van lage demping, maar hierbij stellen we D > 0 dus $\gamma^2 > \omega_0^2$

$$\lambda = -\gamma \pm \sqrt{\gamma^2 - \omega_0^2}$$

$$x = \left(C_1 e^{-\lambda_1 t} + C_2 t\, e^{-\lambda_2 t}\right)$$



WAT IS DE TIJDSCONSTANTE BIJ EEN GEDEMPTE TRILLING . WAAROM WORDT DEZE GEBRUIKT (ZIE PPT. PRESENTATIE)

OPM: DE OPLOSSING" GOKKEN" DOOR SUBSTITUTIE VALT WEG (PG 444): JE KAN DE VGL IMMERS EXACT OPLOSSEN

We definiëren de tijdsconstante van een gedempte trilling als

$$[\gamma] = s^{-1}$$

$$\tau = \frac{1}{\gamma}$$

We nemen aan dat de amplitude uitsterft na 5 tijdsconstanten.

STEL DE DIFFERENTIAALVERGELIJKING OP VOOR EEN GEDEMPTE GEDWONGEN TRILLING . WAT IS DE OPLOSSING ERVAN. VERKLAAR. BEREKEN DE AMPLITUDE EN RESONANTIE FREQUENTIE DOOR SUBSTITUTIE IN DE DV. TOON AAN EEN KRITISCH GEDEMPT SYSTEEM NIET IN RESONANTIE GAAT.

De formule voor een gedempte gedwongen trilling:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\gamma\frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = \frac{F_0}{m}\cos(\omega t)$$

$We\ weten\ dat$

$x(t) = A\sin(\omega t + \varphi)$ $dit\ substitueren\ we\ ook\ in\ bovenstaande\ formule$:

$$-A\omega^2\sin(\omega t+\varphi) + 2\gamma\omega A\, cos(\omega t+\varphi) + \omega_0^2 A\sin(\omega t+\varphi) = \frac{F_0}{m}\cos(\omega t)$$

$voor\ \omega t + \varphi = 0\ ,\quad wat\ dus\ wil\ zeggen:\quad \omega t = -\varphi \quad \rightarrow \quad \cos(\omega t) = cos\varphi$

$$2\gamma\omega A = \frac{F_0}{m}cos\varphi$$

$voor\ \omega t + \varphi = \frac{\pi}{2}\ ,\quad wat\ dus\ wil\ zeggen:\quad \omega t = \frac{\pi}{2} - \varphi \quad \rightarrow \quad \cos(\omega t) = sin\varphi$

$$-A\omega^2 + \omega_0^2 A = \frac{F_0}{m}\sin\varphi$$

$$A(\omega_0^2 - \omega^2) = \frac{F_0}{m}\sin\varphi$$

De twee gele formules kwadrateren en optellen geeft ons:

$$A^2(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + (2\gamma\omega A)^2 = \left(\frac{F_0}{m}\sin\varphi\right)^2 + \left(\frac{F_0}{m}cos\varphi\right)^2$$

$$A = \frac{F_0}{m\sqrt{(\omega^2 - \omega_0^2)^2 + (2\gamma\omega)^2}}$$

BIJ EEN KRITISCH GEDEMPT SYSTEEM NOOT IN RESONANTIE.

$$A = \frac{F_0}{m\sqrt{\left(\omega^2-\omega_0^2\right)^2+(2\gamma\omega)^2}} \quad \text{(Formule eerde bewezen)}$$

$$\omega_{\mathrm{res}} = \sqrt{{\omega_0}^2 - 2\gamma^2}$$

kritisch gedempt: $\gamma_{\mathrm{krit}} = \omega_0$:

$$A_0(\omega_{\mathrm{res}}) = \frac{F_0}{m\sqrt{(\omega^2-\omega_0^2)^2+(2\omega_0\omega)^2}}$$

$$A_0(\omega_{\mathrm{res}}) = \frac{F_0}{m(\omega^2+\omega_0^2)}$$

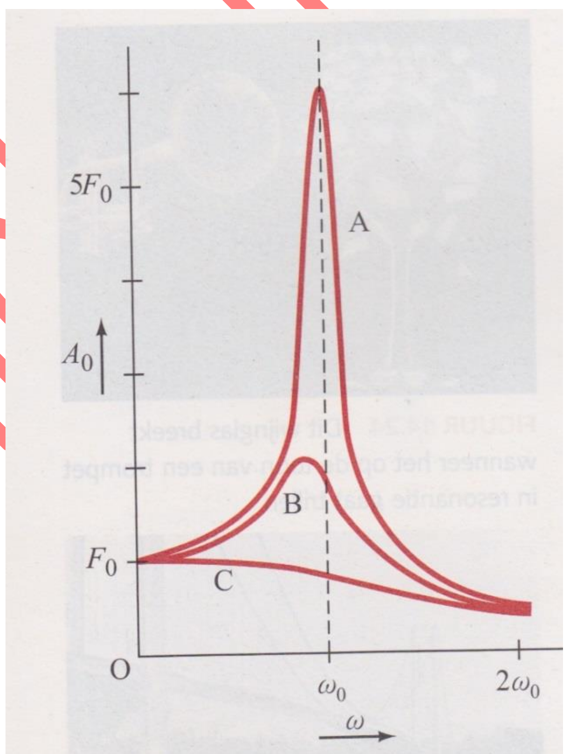
OEF 68 EN OEF 64 (VEREENVOUDIGD DOOR PASSENDE SUBST.) . BESTUDEER OOK OEFENING 57 EN 59.

zie oplossingen cursus

BESPREEK FIG. 14.26

Krommen A, B en C corresponderen met resp. licht, zwaar en overkritisch gedempte systemen.

is het de bedoeling dat we ook wat meer uitleg geven over de Q-waarde (die we niet gezien hebben)?



TOON AAN DAT DE AMPLITUDE BIJ DE RESONANTIEFREQUENTIE GEVEN WORDT DOOR:

$$A_0(\omega_{res}) = \frac{F_0}{2m\gamma\sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2}}$$

De formule voor een gedempte gedwongen trilling:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\gamma\frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = \frac{F_0}{m}\cos(\omega t)$$

$We\ weten\ dat$

$x(t) = A\sin(\omega t + \varphi)$ $dit\ substitueren\ we\ ook\ in\ bovenstaande\ formule$:

$$-A\omega^2\sin(\omega t + \varphi) + 2\gamma\omega A\cos(\omega t + \varphi) + \omega_0^2 A\sin(\omega t + \varphi) = \frac{F_0}{m}\cos(\omega t)$$

$voor\ \omega t + \varphi = 0\,,\quad wat\ dus\ wil\ zeggen:\quad \omega t = -\varphi \quad\rightarrow\quad \cos(\omega t) = cos\varphi$

$$2\gamma\omega A = \frac{F_0}{m}cos\varphi$$

$voor\ \omega t + \varphi = \frac{\pi}{2}\,,\quad wat\ dus\ wil\ zeggen:\quad \omega t = \frac{\pi}{2} - \varphi \quad\rightarrow\quad \cos(\omega t) = sin\varphi$

$$-A\omega^2 + \omega_0^2 A = \frac{F_0}{m}\sin\varphi$$

$$A(\omega_0^2 - \omega^2) = \frac{F_0}{m}\sin\varphi$$

De twee gele formules kwadrateren en optellen geeft ons:

$$A^2(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + (2\gamma\omega A)^2 = \left(\frac{F_0}{m}\sin\varphi\right)^2 + \left(\frac{F_0}{m}cos\varphi\right)^2$$

$$A = \frac{F_0}{m\sqrt{(\omega^2 - \omega_0^2)^2 + (2\gamma\omega)^2}}$$

BEREKEN DE AMPLITUDE BIJ DE RESONANTIEFREQUENTIE

We hebben te maken met resonantie bij een maximale amplitude:

Maximaal wanneer, de afgeleide van de noemer gelijk is aan nul.

$$A = \frac{F_0}{m\sqrt{(\omega^2 - \omega_0^2)^2 + (2\gamma\omega)^2}}$$

$$D\left(\left(\omega^2 - \omega_0^2\right)^2 + \left(2\gamma\omega\right)^2\right)$$

$$= 2(\omega_F^2 - \omega_0^2).\ 2\omega_F + 8\gamma^{2\omega_F}$$

$$4\omega_F(\omega_F^2 - \ \omega_0^2 + 2\gamma^2) = 0$$

$$\omega_F^2 = \omega_0^2 - 2\gamma^2$$

$$we\ substitueren\quad \omega_F^2 = \omega_0^2 - 2\gamma^2\quad in\ bovendste\ vergelijking:$$

$$A_0(\omega_{res}) = \frac{F_0}{m\sqrt{(\omega_0^2 - 2\gamma^2 \quad - \omega_0^2)^2 + (2\gamma\omega_0^2 - 2\gamma^2\quad)^2}}$$

$$= \frac{F_0}{m\sqrt{(\cancel{\omega_0^2} - 2\gamma^2 \quad \cancel{-\omega_0^2})^2 + (2\gamma\omega_0^2 - 2\gamma^2\quad)^2}}$$

$$= \frac{F_0}{m\sqrt{4\gamma^4 + 4\gamma^{2\omega_0^2} - 8\gamma^4}}$$

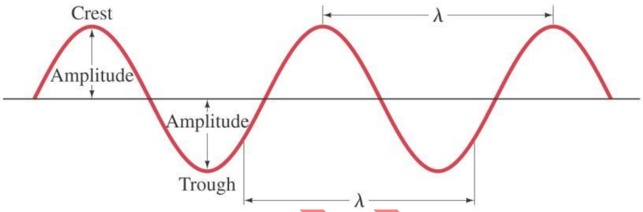
$$A_0(\omega_{res}) \ = \frac{F_0}{2m\gamma\sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2}}$$

H15: GOLFBEWEGING

TOON AAN DAT $v = \lambda . f$

Een golftop legt een afstand van één golflengte af in een tijd gelijk aan één periode.

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda . f$$



Transversale golf in een touw:

$$v = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}}\ met\ \mu = \frac{m}{l}$$

TOON AAN DAT $I = 2\pi^2 v\rho f^2 A^2$ EN DAT VOOR EEN BOLVORMIGE GOLG GELDT: $I = \frac{\bar{P}}{4\pi r^2}$

ENERGIETRANSPORT DOOR GOLVEN

$$E = \frac{kA^2}{2} = \frac{m\omega^2 A^2}{2}\ (J)$$

Als de middenstof dezelfde dichtheid heeft:

$$E = \frac{\rho V\omega^2 A^2}{2} = \frac{\rho O l\omega^2 A^2}{2} = \frac{\rho O v t\omega^2 A^2}{2}$$

Gemiddeld vermogen door oppervlak O:

$$\bar{P} = \frac{E}{t} = \frac{\rho O\omega^2 A^2}{2} v \quad (W)$$

Intensiteit:

$$I = \frac{\bar{P}}{O} = \frac{\rho\omega^2 A^2}{2}\ v \quad (\frac{W}{m^2})$$

$$\boldsymbol{I = 2\rho\pi^2 f^2 A^2 v}$$

Intensiteit: sferisch golffront:

$$\boldsymbol{I = \frac{\bar{P}}{O} = \frac{\bar{P}}{4\pi r^2}}$$

STEL DE WISKUNDIGE VOORSTELLING VOOR EEN LOPENDE GOLF OP

ÉÉNDIMENSIONALE GOLF BEWEGING IN POSITIEVE X-RICHTING

originele golf:

$$D(x) = A \sin \frac{2\pi}{\lambda} x$$

We verplaatsen naar rechts:

$$D(x,t) = A \sin \left[\frac{2\pi}{\lambda}(x - vt)\right]$$

nu weten we dat $T = \frac{1}{f} = \frac{\lambda}{v}$ en dat $k = \frac{2\pi}{\lambda}$

$$\boldsymbol{D(x,t) = A \sin(kx - \omega t)}$$

ÉÉNDIMENSIONALE GOLF BEWEGING IN NEGATIEVE X-RICHTING

Zelfde redenering enkel verplaatsen we nu naar links:

$$D(x,t) = A \sin \left[\frac{2\pi}{\lambda}(x + vt)\right]$$

$$\boldsymbol{D(x,t) = A \sin(kx + \omega t)}$$

fase: $\varphi = kx \pm \omega t$ met fasesnelheid: $v = \frac{\omega}{k}$

TOEPASSING

2 punten trillen in fase wanneer ze op elk moment dezelfde uitwijking hebben.
Toon aan dat de afstand tussen twee opeenvolgende punten in fase de golflengte is:

$$A \sin \varphi_1 = A \sin \varphi_2$$

$$\varphi_2 = \varphi_1 + n2\pi$$

$$kx_2 - \omega t - (kx_1 + \omega t) = 2\pi n$$
$$k(x_2 - x_1) = 2\pi n$$
$$(x_2 - x_1) = \frac{2\pi}{k} n$$

$$\boldsymbol{(x_2 - x_1) = \lambda n}$$

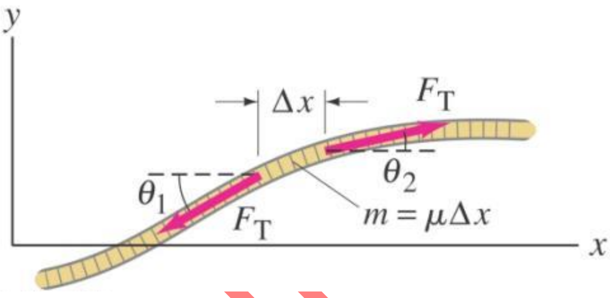
STEL DE GOLFVERGELIJKING OP

Tweede wet van Newton:

$$\sum F_y = ma_y = m\frac{\partial^2 D}{\partial t^2} = \mu\Delta x\ \frac{\partial^2 D}{\partial t^2}$$

Kleine uitwijking:

$$\sin\theta\ \approx \tan\theta = \frac{\partial D}{\partial t} = s\ (helling)$$



Spankrachten:

$$\sum F_y = F_T(\sin\theta_2 - \sin\theta_1)$$

$$\mu\Delta x\ \frac{\partial^2 D}{\partial t^2} = F_T(s_2 - s_1) = F_T\Delta s$$

$$\frac{\partial^2 D}{\partial t^2} = \frac{F_T}{\mu}\frac{\Delta s}{\Delta x}$$

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

TOON AAN DAT $D(x,t) = A\,\mathrm{SIN}(kx \pm\ \omega t)$ EEN OPLOSSING IS

$$\frac{\partial^2 D}{\partial t^2} = -\omega^2 A\,sin(kx \pm wt)$$

$$\frac{\partial^2 D}{\partial x^2} = -k^2 A\,sin(kx \pm wt)$$

$$\omega^2 = v^2 k^2$$

$$\boldsymbol{v} = \frac{\boldsymbol{\omega}}{\boldsymbol{k}}$$

STEL DE WISKUNDIGE UITDRUKKING OP VAN EEN STAANDE GOLF

ONTSTAAN: INTERFERENTIE VAN TWEE GOLVEN MET TEGENGESTELDE ZIN

$$D(x,t) = A\sin(kx - \omega t) + A\sin(kx + \omega t)$$

$$\boldsymbol{D(x,t) = \underbrace{2A\sin kx}_{A(x)}\cos \omega t}$$

KNOPEN: PUNTEN DIE NIET TRILLEN

$$A(x) = 0 \Rightarrow 2A\sin kx = 0 \Rightarrow kx_k = n\pi$$

$$\boldsymbol{x_k = n\frac{\lambda}{2}}$$

BUIKEN: TRILLEN BIJ MAXIMALE AMPLITUDE

$$kx_b = \frac{\pi}{2} + \pi n$$

$$\boldsymbol{x_b = \frac{\lambda}{4} + n\frac{\lambda}{2}}$$

SNAAR:

$$ene\ uiteinde: x = 0\ en\ andere\ uiteinde: x = l$$

$$l = n\frac{\lambda}{2} \xrightarrow{\lambda f = v} \boldsymbol{f = n\frac{v}{2l}}$$

TOON AAN DAT ELKE DEELTJE HARMONISCH OSCILLEERT

$$D(x,t) = \underbrace{2A\sin kx}_{A(x)}\cos \omega t$$

We zien dus als de plaats (x) constant blijft dat het deeltje op die plaats harmonische trilt met een amplitude van $2A\sin kx$.

Geluid

Intensiteit van het geluid

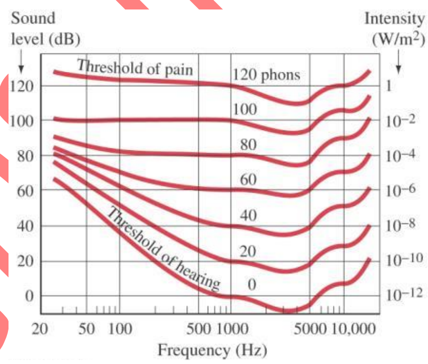
Decibel (sensatie)

$$d\beta : \frac{dI}{I} \ (wet\ van\ Fechner)$$

$$\beta = 10 \log(\frac{I}{I_0}) \ [dB]$$

Isophonkrommen

(leer werken met die krommen!)



phon = dB bij 1 kHZ

respons van het oor

we creëren bij 3 kHz een staande golf door ruimtelijke resonantie.

Staande golf in pijpen: wiskundig model

$$D_1 = A\cos(kx - \omega t) \qquad\qquad D_2 = A\cos(kx + \omega t)$$

$$D = D_1 + D_2 = \underbrace{2A\cos(kx)}_{A(x)}\cos(\omega t)$$

Buiken	$\cos(kx) = \pm 1$	**Knopen**	$\cos(kx) = 0$
	$x = n\frac{1}{2}\frac{2\pi}{k} = n\frac{\lambda}{2}$		$x = \frac{\pi}{2k} + n\frac{\pi}{k} = (2n-1)\frac{\lambda}{4}$

Fluit, open orgelpijp	**Klarinet, gesloten orgelpijp**
$x = l$ is een buik	$x = l$ is een knoop
$l = n\frac{\lambda}{2} \xrightarrow{f=\frac{v}{\lambda}} f = n\frac{v}{2l}$	$l = (2n-1)\frac{\lambda}{4} \xrightarrow{f=\frac{v}{\lambda}} f = (2n-1)\frac{v}{4l}$

Interferentie van geluid

Twee bronnen: $D_A = A\sin(\omega t)$ $\qquad D_B = A\sin(\omega t + \delta)$

Wekken golven op die interfereren in P:

$$D_P = A\sin(kx_2 - \omega t + \delta) + A\sin(kx_1 - \omega t) \quad = 2A\cos[\left(\frac{k(x_2 - x_1)}{2}\right) + \left(\frac{\delta}{2}\right)]\cos(\omega t + \alpha)$$

Min destructief	$\cos[\left(\frac{k(x_2 - x_1)}{2}\right) + \left(\frac{\delta}{2}\right)] = 0$	**Max constructief**	$\cos[\left(\frac{k(x_2 - x_1)}{2}\right) + \left(\frac{\delta}{2}\right)] = \pm 1$
	$\frac{k(x_2 - x_1)}{2} = \frac{\pi}{2} + n\pi - \frac{\delta}{2}$		$\frac{k(x_2 - x_1)}{2} = n\pi - \frac{\delta}{2}$
	$x_2 - x_1 = (2n+1)\frac{\lambda}{2} - \frac{\delta}{2\pi}\lambda$		$x_2 - x_1 = n\lambda - \frac{\delta}{2\pi}\lambda$

Interferentie in de tijd: zwevingen

Twee bronnen: $D_A = A\sin(\omega_1 t)$ $D_B = A\sin(\omega_2 t)$

Interferentie: $D = A\sin(\omega_1 t) + A\sin(\omega_2 t) = 2A\cos(\frac{(\omega_1-\omega_2)}{2}t)\sin(\frac{(\omega_1+\omega_2)}{2}t)$

$= 2A\cos\Delta\omega t \sin\overline{\omega}t$

Zweving: amplitude bereikt max.

$$\cos\Delta\omega t = \pm 1 \quad \rightarrow \quad t_+ = n\pi\frac{2}{\Delta\omega}$$

zwevingsfrequentie:

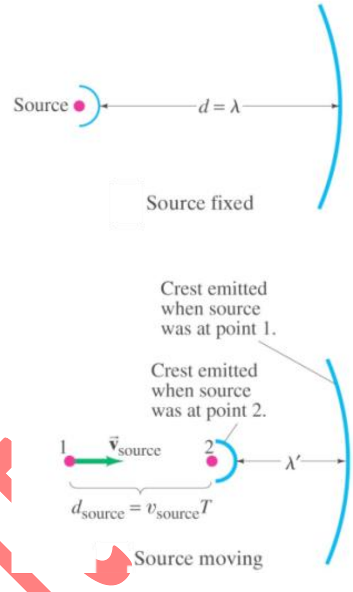
$$t_+ = n\pi\frac{2}{\Delta\omega} \quad \xRightarrow{\omega=2\pi f} \quad t_+ = \frac{n}{f_1 - f_2}$$

$$\Delta t_+ = \frac{n+1}{f_1-f_2} - \frac{n}{f_1-f_2} = \frac{1}{f_1-f_2}$$

$$f_{zweving} = \frac{1}{\Delta t_+} = f_1 - f_2$$

Het dopplereffect

Bewegende bron



$$\begin{aligned}\lambda' &= d - d_{bron}\\ &= \lambda - v_{bron}\,T\\ &= \lambda - v_{bron}\,\frac{\lambda}{v_{geluid}}\\ &= \lambda\left(1 - \frac{v_{bron}}{v_{geluid}}\right)\end{aligned}$$

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = -\lambda\frac{v_{bron}}{v_{geluid}}$$

frequentie: $f' = \frac{v_{geluid}}{\lambda'} = \frac{v_{geluid}}{\lambda\left(1-\frac{v_{bron}}{v_{geluid}}\right)} \xRightarrow{\frac{v_{geluid}}{\lambda}=f}$

$$\boldsymbol{f' = \frac{f}{\left(1 - \frac{v_{bron}}{v_{geluid}}\right)}}$$

[bron beweegt **in de richting** van de stationaire waarnemer]

$$\lambda' = d + d_{bron}$$

$$\boldsymbol{f' = \frac{f}{\left(1 + \frac{v_{bron}}{v_{geluid}}\right)}}$$

[bron beweegt **weg** van de stationaire waarnemer]

Bewegende waarnemer

De golflengtes veranderen nu **niet,** de snelheid van de toppen t.o.v. de waarnemer **wel**.

$$v' = v_{geluid} + v_{waarnemer}$$

$$f' = \frac{v'}{\lambda} = \frac{v_{geluid} + v_{waarnemer}}{\lambda}$$

omdat $\frac{v_{geluid}}{\lambda} = f$

$$f' = \frac{v'}{\lambda} = \frac{f(v_{geluid} + v_{waarnemer})}{v_{geluid}}$$

$$\boldsymbol{f'} = f\left(\mathbf{1} + \frac{\boldsymbol{v_{waarnemer}}}{\boldsymbol{v_{geluid}}}\right)$$

[waarnemer beweegt **in de richting** van de stationaire bron]

$$\boldsymbol{f'} = f\left(\mathbf{1} - \frac{\boldsymbol{v_{waarnemer}}}{\boldsymbol{v_{geluid}}}\right)$$

[waarnmer beweegt **weg** van de stationaire bron]

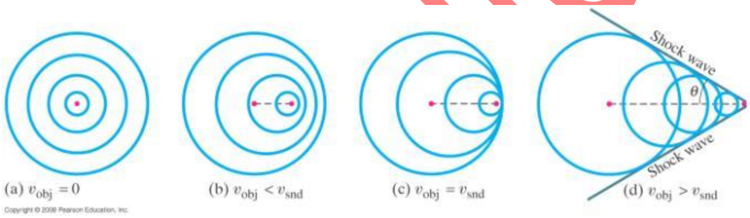
Bewegende bron en bewegende waarnemer

$$f' = f\left(\frac{v_{geluid} \pm v_{waarnemer}}{v_{geluid} \mp v_{bron}}\right)$$

Om het juiste teken te krijgen moet je denken aan je eigen ervaring dat de frequentie **hoger** is wanneer de **waarnemer** en **bron** elkaar toenaderen, en **lager** wanneer ze van elkaar **weg** bewegen.

Naar elkaar toe: bovenste tekens
Van elkaar weg: onderste tekens

Ontstaan schokgolven



Wanneer een geluidsbron beweegt met subsonische snelheden, verandert de toonhoogte, gehoord door een vaste waarnemer, zoals we al eerder gezien hebben (dopplereffect). Beweegt een geluidsbron sneller dan de geluidsnelheid, dan treedt er een overweldigend effect op dat bekend staat als een **schokgolf**. Wat er feitelijk gebeurt is dat de golven die de bron produceert, door de bron zelf worden ingehaald.
Wanneer het voorwerp supersonische snelheden haalt, stapelen de golffronten zich zijdelings op. Een schokgolf is in wezen het resultaat van constructieve interferentie van een groot aantal golffronten.

WARMTEOVERDRACHT: GELEIDING CONVECTIE EN STRALING:

GELEIDING

Warmteoverdracht door geleiding is niets meer dan botsende moleculen die hun kinetische energie overdragen. In metalen zijn het voornamelijk de botsingen van vrije elektronen. Warmtegeleiding vindt enkel plaats als er een **temperatuursverschil** is tussen twee punten.

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = -kA\frac{dT}{dx}$$

Met $\frac{dT}{dx}$ de temperatuurgradiënt, minteken omwille dat de warmtestroom tegengestelde richting gaat van de temperatuurgradiënt. **k**, is de **thermische conductiviteit**.

Grote k => **goede** thermische **geleiders**

Kleine k => slechte warmtegeleiders, **goede warmte-isolatoren**

De R-waarde van een gegeven stuk materiaal combineert de dikte l en de thermische conductiviteit k in één getal.

$$R = \frac{l}{k}\ [\frac{Km^2}{W}]$$

Het omgekeerde van de R-waarde is de thermische geleiding van een materiaal, de U-waarde genoemd.

$$U = \frac{1}{R}\left[\frac{W}{Km^2}\right]$$

CONVECTIE

Convectie is het proces waarbij warmte door de massale beweging van een groot aantal moleculen van de ene plaats naar de andere stroomt over grote afstanden.

STRALING

Warmteoverdracht zonder dat er enig medium aan te pas komt.
De stefan-boltzmannvergelijking, de netto snelheid van de warmtestroom van het voorwerp:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta T} = \varepsilon\sigma A({T_1}^4 - {T_2}^4)$$

De factor ε wordt de **emissiviteit** genoemd, een getal tussen 0 en 1 dat karakteristiek is voor het oppervlak van het uitstralende materiaal. Zeer zwarte oppervlakken liggen dicht bij 1, glanzende oppervlakken dan bij 0.
De waarde is enigszins afhankelijk van de temperatuur van het materiaal.

$$\sigma = 5{,}67\ 10^{-8}\ [\frac{W}{m^{2K^4}}]$$

Een goede absorbeerder is ook een goede straler.

Wanneer evenwicht wordt bereikt moet $\frac{\Delta D}{\Delta T} = 0$ dus moet ε voor emissie en absorptie gelijk zijn. Dit bevestigd dat een goede straler een goede absorbeerder is.

Gilles Callebaut

OEFENINGEN DIE JE KAN OPLOSSEN

57. (*a*) The power radiated is given by Eq. 19-17. The temperature of the tungsten is $273\,\mathrm{K}+25\,\mathrm{K}=298\,\mathrm{K}$.

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t}=e\sigma AT^4=(0.35)\left(5.67\times10^{-8}\,\mathrm{W/m^2{\cdot}K^4}\right)4\pi(0.16\,\mathrm{m})^2(298\,\mathrm{K})^4=\boxed{50\,\mathrm{W}}\ \text{(2 sig. fig.)}$$

(*b*) The net power is given by Eq. 19-18. The temperature of the surroundings is 268 K.

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t}=e\sigma A\left(T_1^4-T_1^4\right)=(0.35)\left(5.67\times10^{-8}\,\mathrm{W/m^2{\cdot}K^4}\right)4\pi(0.16\,\mathrm{m})^2\left[(298\,\mathrm{K})^4-(268\,\mathrm{K})^4\right]$$

$$=\boxed{17\,\mathrm{W}}$$

58. The heat conduction rate is given by Eq. 19-16a.

$$\frac{Q}{t}=kA\frac{T_1-T_2}{\ell}=(380\,\mathrm{J/s{\cdot}m{\cdot}C^\circ})\pi(0.010\,\mathrm{m})^2\frac{(460^\circ\mathrm{C}-22^\circ\mathrm{C})}{0.45\,\mathrm{m}}=116\,\mathrm{W}\approx\boxed{120\,\mathrm{W}}$$

$\boxed{61.}$ (*a*) The rate of heat transfer due to radiation is given by Eq. 19-17. We assume that each teapot is a sphere that holds 0.55 L. The radius and then the surface area can be found from that.

$$V=\tfrac{4}{3}\pi r^3\ \rightarrow\ r=\left(\frac{3V}{4\pi}\right)^{1/3}\ \rightarrow\ S.A.=4\pi r^2=4\pi\left(\frac{3V}{4\pi}\right)^{2/3}$$

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t}=\varepsilon\sigma A\left(T_1^4-T_2^4\right)=4\pi\varepsilon\sigma\left(\frac{3V}{4\pi}\right)^{2/3}\left(T_1^4-T_2^4\right)$$

$$\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)_{\text{ceramic}}=4\pi(0.70)\left(5.67\times10^{-8}\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m^2{\cdot}K^4}}\right)\left(\frac{3\left(0.55\times10^{-3}\mathrm{m}^2\right)}{4\pi}\right)^{2/3}\left[(368\,\mathrm{K})^4-(293\,\mathrm{K})^4\right]$$

$$=14.13\mathrm{W}\approx\boxed{14\,\mathrm{W}}$$

$$\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)_{\text{shiny}}=\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)_{\text{ceramic}}\left(\frac{0.10}{0.70}\right)=2.019\,\mathrm{W}\approx\boxed{2.0\,\mathrm{W}}$$

(*b*) We assume that the heat capacity comes primarily from the water in the teapots, and ignore the heat capacity of the teapots themselves. We apply Eq. 19-2, along with the results from part (*a*). The mass is that of 0.55 L of water, which would be 0.55 kg.

$$\Delta Q=mc\Delta T\ \rightarrow\ \Delta T=\frac{1}{mc}\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)_{\text{radiation}}\Delta t_{\text{elapsed}}$$

$$(\Delta T)_{\text{ceramic}}=\frac{14.13\,\mathrm{W}}{(0.55\,\mathrm{kg})\left(4186\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg{\cdot}C^\circ}}\right)}(1800\,\mathrm{s})=\boxed{11\mathrm{C}^\circ}$$

$$(\Delta T)_{\text{shiny}}=\frac{1}{7}(\Delta T)_{\text{ceramic}}=\boxed{1.6\mathrm{C}^\circ}$$

62. For the temperature at the joint to remain constant, the heat flow in both rods must be the same. Note that the cross-sectional areas and lengths are the same. Use Eq. 19-16a for heat conduction.

$$\left(\frac{Q}{t}\right)_{\text{Cu}}=\left(\frac{Q}{t}\right)_{\text{Al}}\ \rightarrow\ k_{\text{Cu}}A\frac{T_{\text{hot}}-T_{\text{middle}}}{\ell}=k_{\text{Al}}A\frac{T_{\text{middle}}-T_{\text{cool}}}{\ell}\ \rightarrow$$

$$T_{\text{middle}}=\frac{k_{\text{Cu}}T_{\text{hot}}+k_{\text{Al}}T_{\text{cool}}}{k_{\text{Cu}}+k_{\text{Al}}}=\frac{(380\,\mathrm{J/s{\cdot}m{\cdot}C^\circ})(225^\circ\mathrm{C})+(200\,\mathrm{J/s{\cdot}m{\cdot}C^\circ})(0.0^\circ\mathrm{C})}{380\,\mathrm{J/s{\cdot}m{\cdot}C^\circ}+200\,\mathrm{J/s{\cdot}m{\cdot}C^\circ}}=\boxed{147^\circ\mathrm{C}}$$

64. This is an example of heat conduction. The temperature difference can be calculated by Eq. 19-16a.

$$\frac{Q}{t}=P=kA\frac{T_1-T_2}{\ell} \rightarrow \Delta T=\frac{P\ell}{kA}=\frac{(95\text{ W})(5.0\times10^{-4}\text{ m})}{(0.84\text{ J/s}\cdot\text{m}\cdot\text{C}^\circ)4\pi(3.0\times10^{-2}\text{ m})^2}=\boxed{5.0\text{C}^\circ}$$

68. The conduction rates through the two materials must be equal. If they were not, the temperatures in the materials would be changing. Call the temperature at the boundary between the materials T_x.

$$\frac{Q}{t}=k_1A\frac{T_1-T_x}{\ell_1}=k_2A\frac{T_x-T_2}{\ell_2} \rightarrow \frac{Q}{t}\frac{\ell_1}{k_1A}=T_1-T_x \;;\; \frac{Q}{t}\frac{\ell_2}{k_2A}=T_x-T_2$$

Add these two equations together, and solve for the heat conduction rate.

$$\frac{Q}{t}\frac{\ell_1}{k_1A}+\frac{Q}{t}\frac{\ell_2}{k_2A}=T_1-T_x+T_x-T_2 \rightarrow \frac{Q}{t}\left(\frac{\ell_1}{k_1}+\frac{\ell_2}{k_2}\right)\frac{1}{A}=T_1-T_2 \rightarrow$$

$$\frac{Q}{t}=A\frac{(T_1-T_2)}{\left(\frac{\ell_1}{k_1}+\frac{\ell_2}{k_2}\right)}=A\frac{(T_1-T_2)}{(R_1+R_2)}$$

The R-value for the brick needs to be calculated, using the definition of R given on page 517.

$$R=\frac{\ell}{k}=\frac{4\text{ in}\left(\frac{1\text{ ft}}{12\text{ in}}\right)}{0.84\frac{\text{J}}{\text{s}\cdot\text{m}\cdot\text{C}^\circ}\left(\frac{1\text{ Btu}}{1055\text{ J}}\right)\left(\frac{1\text{ m}}{3.281\text{ ft}}\right)\left(\frac{5\text{C}^\circ}{9\text{F}^\circ}\right)\left(\frac{3600\text{ s}}{1\text{ h}}\right)}=0.69\text{ ft}^2\cdot\text{h}\cdot\text{F}^\circ/\text{Btu}$$

$$\frac{Q}{t}=A\frac{(T_1-T_2)}{(R_1+R_2)}=(195\text{ ft}^2)\frac{(12\text{ F}^\circ)}{(0.69+19)\text{ ft}^2\cdot\text{h}\cdot\text{F}^\circ/\text{Btu}}=119\text{ Btu/h}\approx\boxed{120\text{ Btu/h}}$$

This is about 35 Watts.

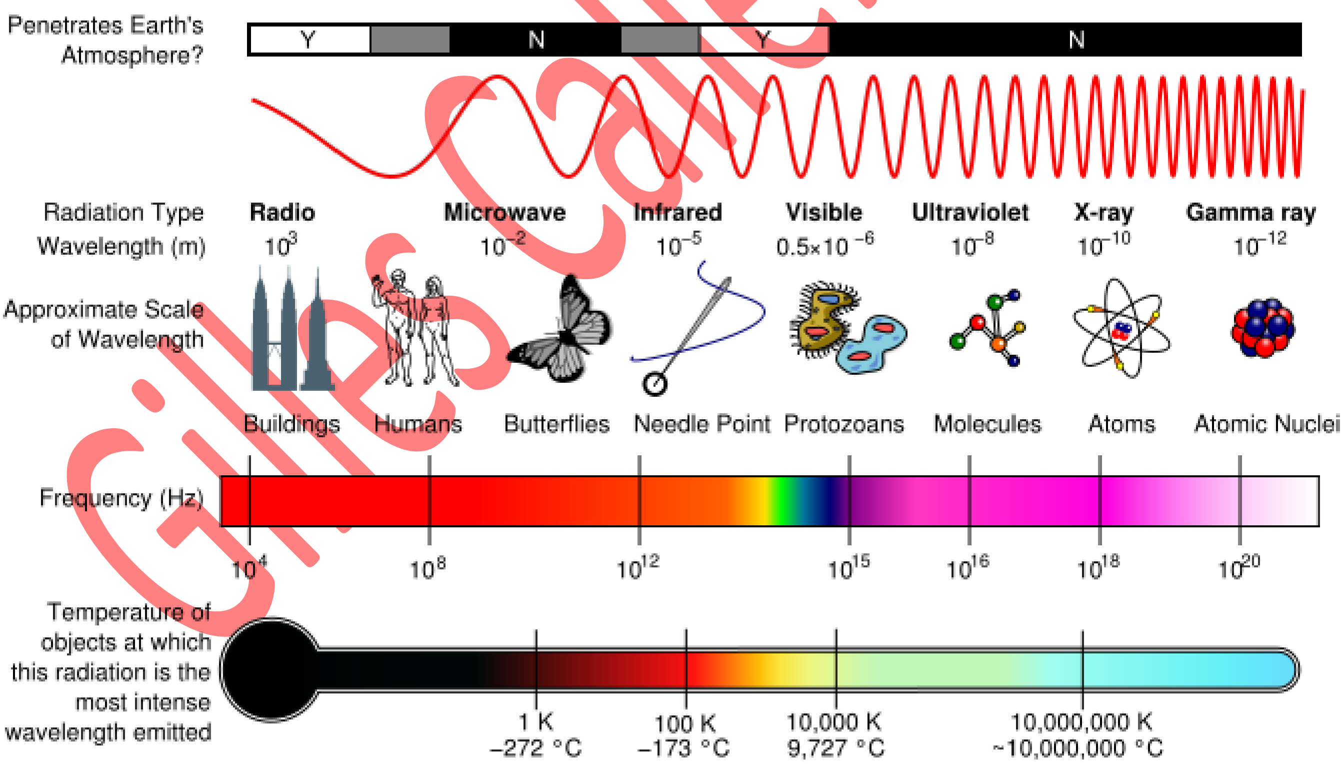
H31: Elektromagnetische golven

Ontstaan van EM golven

Elektrisch geladen deeltjes, bijvoorbeeld elektronen of protonen, hebben een elektrisch veld om zich heen. In dat gebied trekt het deeltje andere elektrisch geladen deeltjes aan of stoot ze af. Door trilling van het deeltje ontstaat er in het veld een golfbeweging. Omdat veranderende elektrische velden magnetisme veroorzaken, ontstaat er nu ook een golvend magnetisch veld. En dat veroorzaakt weer een elektrisch veld, enzovoorts. Zo ontstaan elektromagnetische golven. Die breiden zich uit met de lichtsnelheid, in vacuüm (en lucht) $3{,}0 \cdot 10^8$ m/s.

Wisselstromen produceren zo EM golven.

Het spectrum



Radiogolven

bron: elektronische apparatuur

- signalen doorsturen

Microgolven

bron: elektronische apparatuur

- radarsystemen
- communicatie met satellieten
- opwarmen in microgolfovens
- GSM

Infrarode (IR) golven

bron: warme voorwerpen

- Nachtkijkers
- alarminstallaties
- afstandsbediening
- warmtestralen

Zichtbaar licht

het zichtbare spectrum: 380-780 nm

Ultraviolete (UV) stralen

bron: black light, zon, elektrische ontladingen

- Katalysator voor chemische reacties
- bruinen
- steriliseren
- lithografie
- fluorescentie

X-stralen

bron: X-stralenbron

- geneeskunde
- lasnaden controleren
- astronomie
- kristalstructuur

Gamma stralen

bron: radioactief afval

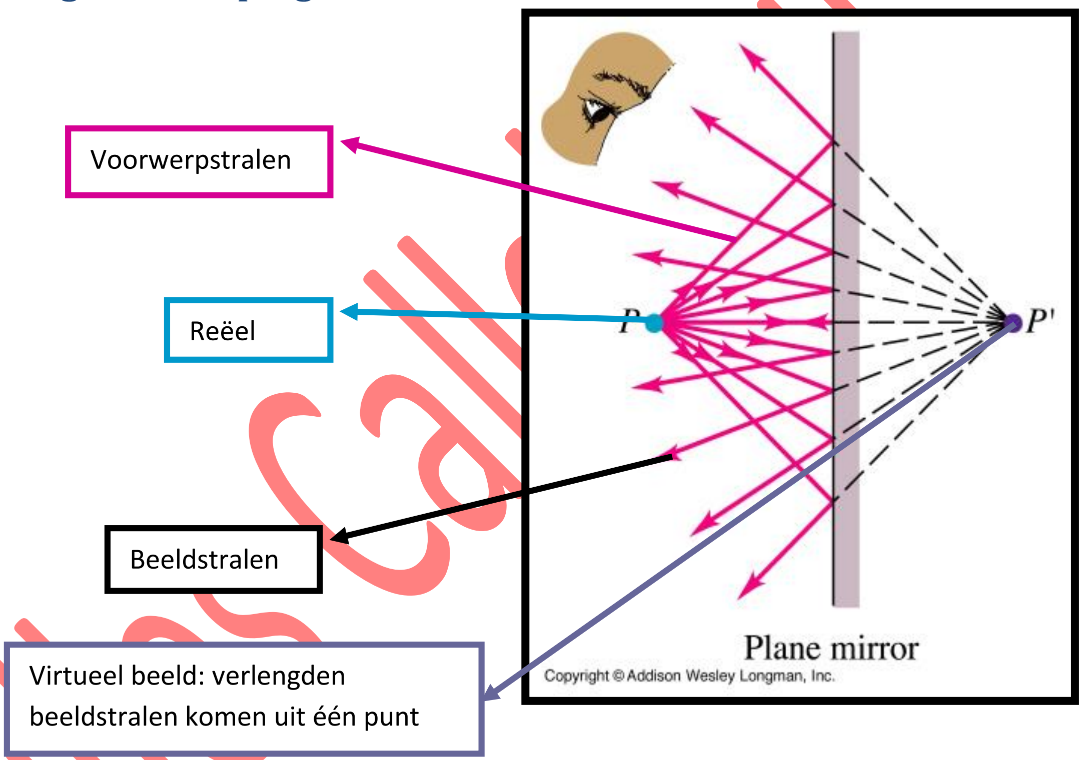
- gamma burst

H32:
Reflectie: Spiegels

Reflectiewetten

- invallende en terugkaatsende straal en normaal liggen in het zelfde vlak
- invalshoek = terugkaatsingshoek

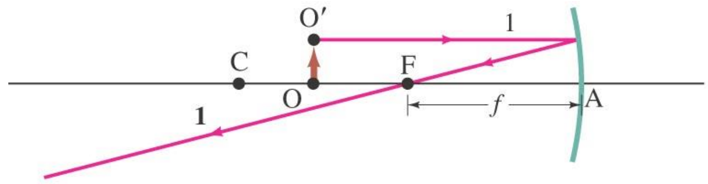
Beeldvorming vlakke spiegels



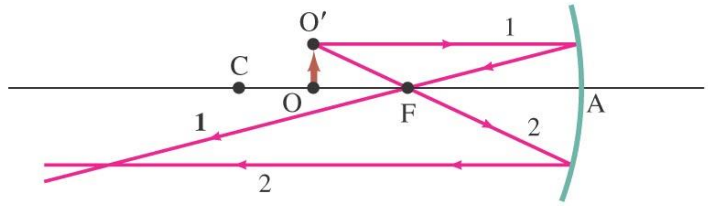
Beeldvorming bij sferische spiegels

Constructiestralen

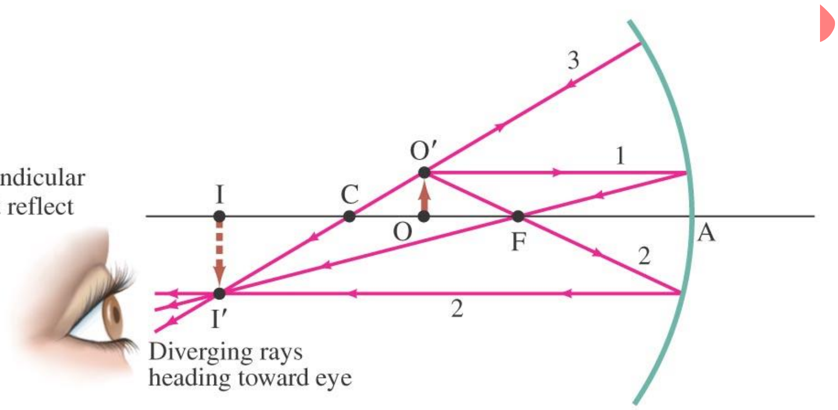
(a) Ray 1 goes out from O′ parallel to the axis and reflects through F.



(b) Ray 2 goes through F and then reflects back parallel to the axis.



(c) Ray 3 is chosen perpendicular to mirror, and so must reflect back on itself and go through C (center of curvature).



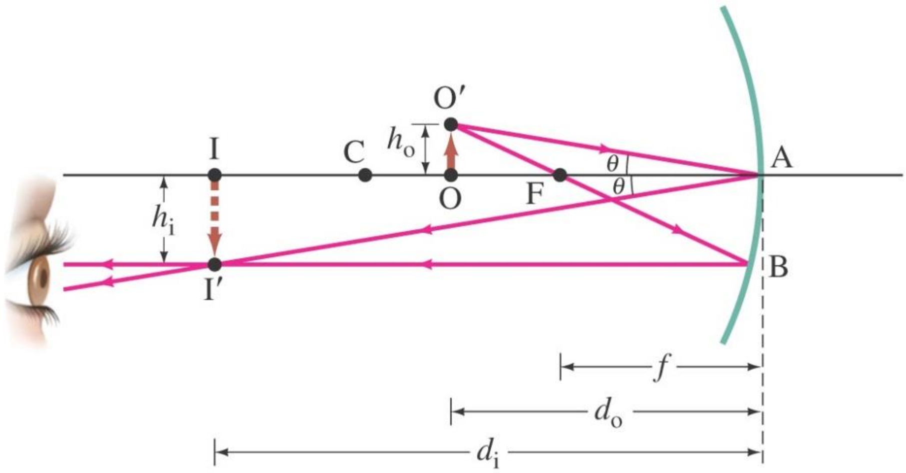
Spiegelvergelijking en vergroting

$$\frac{h_0}{h_i} = \frac{d_0}{d_i}$$

ook:

$$\frac{d_0}{d_i} = \frac{d_0 - f}{f}$$

en we delen nu door d_0



$$\frac{1}{d_0} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f}$$

De **laterale vergroting** of **lineaire vergroting** m:

$$m = \frac{h_i}{h_0} = -\frac{d_i}{d_0} = \frac{f}{f - d_0} \begin{cases} m < 0: omgekeerd \\ |m| > 1: vergroot \end{cases}$$

Concave (holle) spiegel

vb: make-up spiegel

Reëel beeld

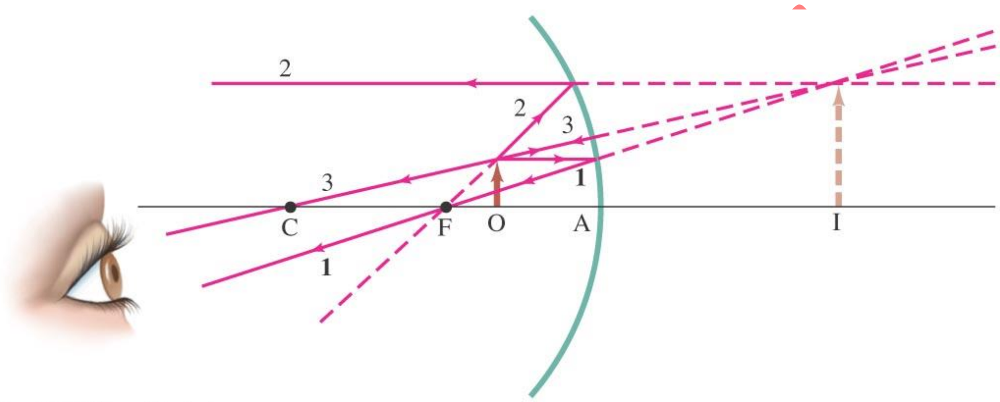
We creëren een reëel beeld wanner we het voorwerp plaatsen voor het brandpunt, zoals hierboven weergegeven.

$$d_0 > f$$

Virtueel beeld

We creëren een virtueel beeld wanner we het voorwerp plaatsen tussen het brandpunt en de spiegel.

$$d_0 < f$$



Virtueel beeld dus, $d_i < 0$

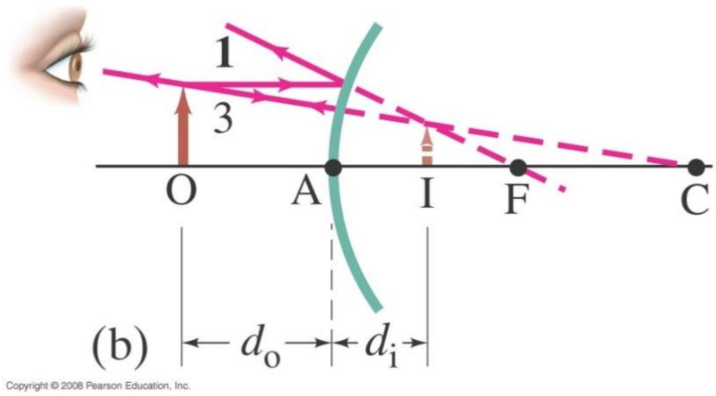
$$\frac{1}{d_i} = \underbrace{\frac{1}{f} - \frac{1}{d_0}}_{<0}$$

$$m = \frac{f}{f - d_0} > 1 => vergroot\ beeld$$

Convexe (bolle) spiegels

vb: achteruitkijkspiegel

Altijd een rechtopstaand en virtueel beeld



$$f < 0$$

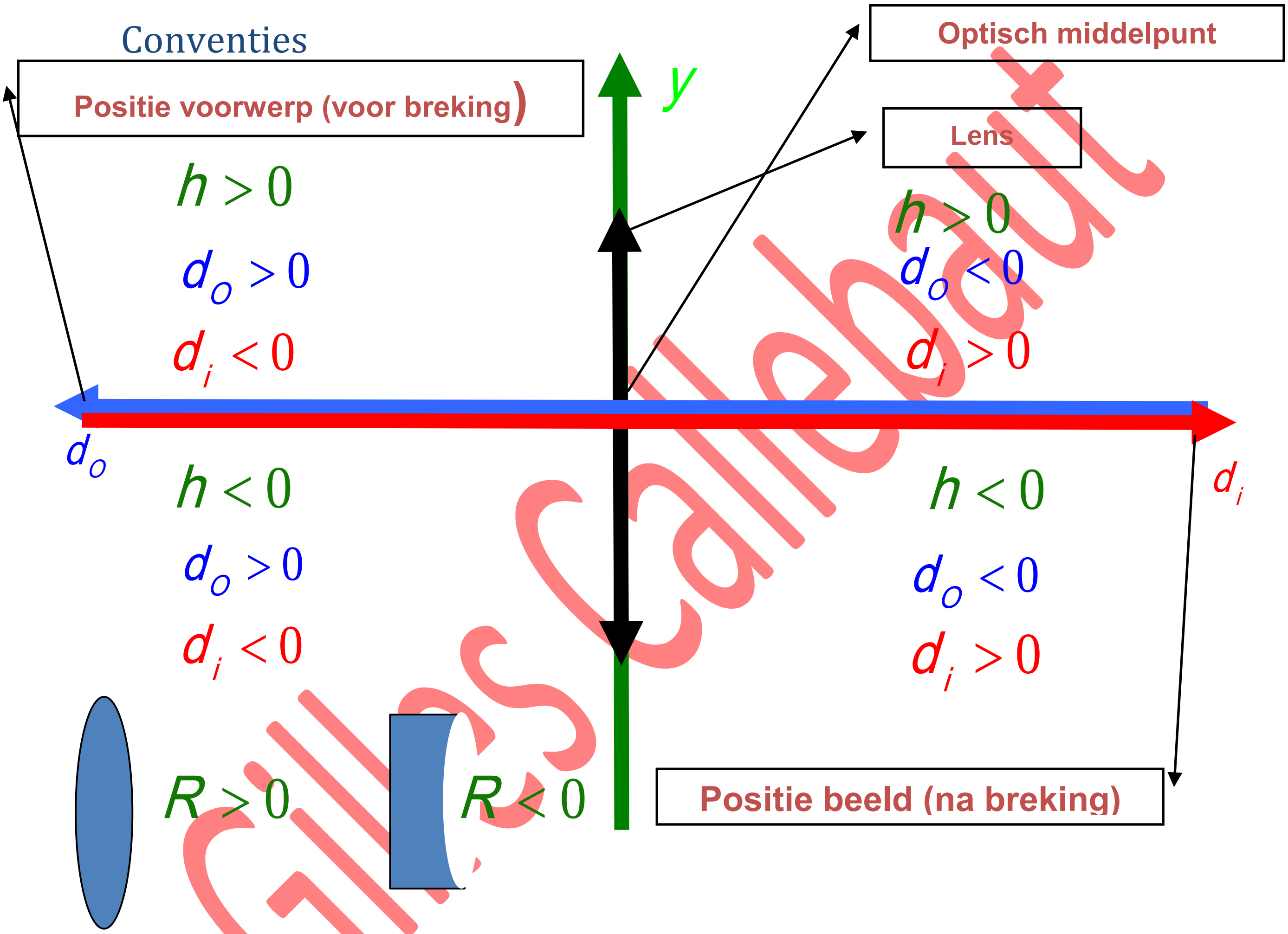
$$d_i = \frac{d_0 - f}{d_0 f} < 0: virtueel\ beeld$$

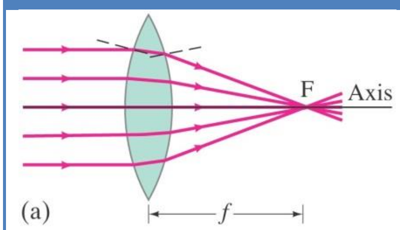
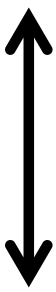
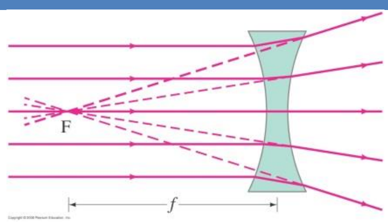
$$m = \frac{h_i}{h_0} = \frac{f}{f - d_0}$$

$$0 < \frac{f}{f - d_0} < 1: verkleind\ en\ rechtopstaand\ beeld$$

H33:
Lenzen en optische instrumenten

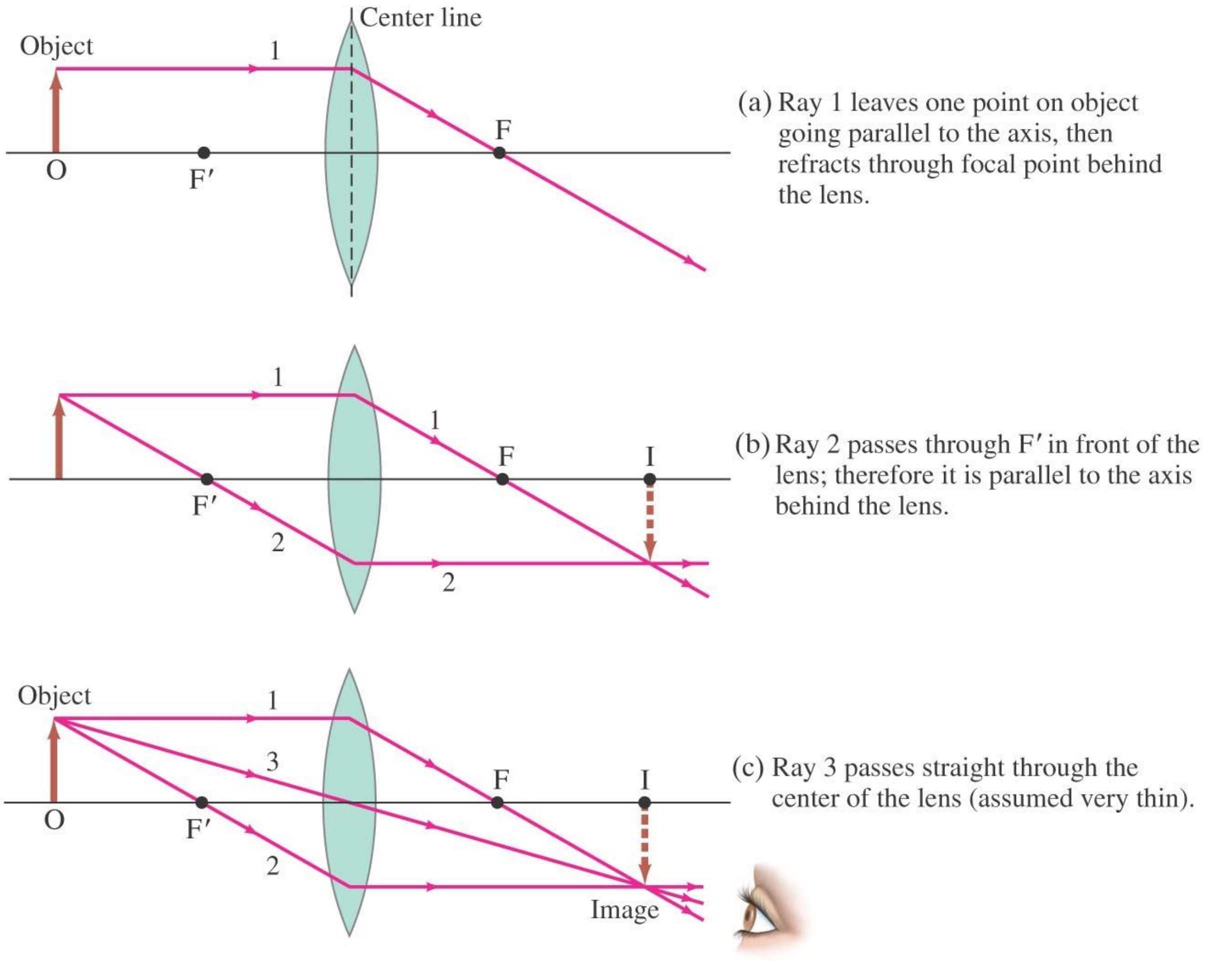
Conventies



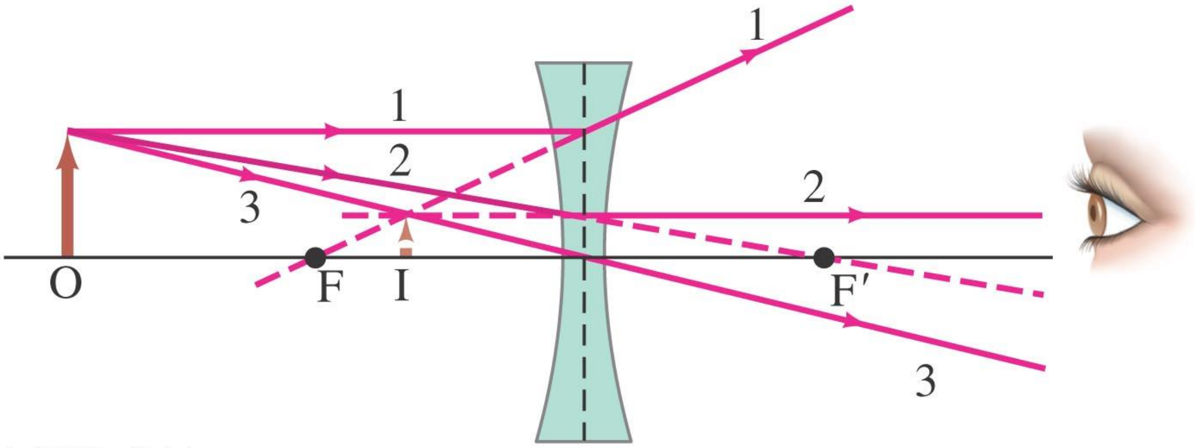
Convergerende lens (convex)	Divergerende lens (concaaf)
 	 
$\mathbf{P(dioptrie)} = \dfrac{\mathbf{1}}{\mathbf{f}} > \mathbf{0}$	$\mathrm{P(dioptrie)} = \dfrac{1}{\mathrm{f}} < 0$

Beeldvorming

Positieve lens

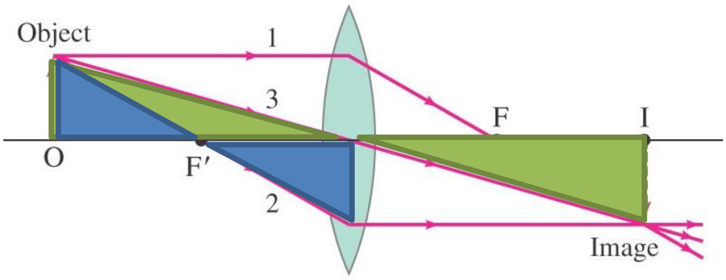


Negatieve lens



De dunne lensformule

Convergerende lens



$$\frac{h_i}{h_0} = -\frac{d_i}{d_0}$$

$$\frac{h_i}{h_0} = -\frac{f}{d_0 - f}$$

$$\Longrightarrow \frac{d_0}{d_i} = \frac{d_0 - f}{f} \Rightarrow \frac{d_o}{d_i} = \frac{d_0}{f} - 1 = 1 + \frac{d_0}{d_i} = \frac{d_0}{f}$$

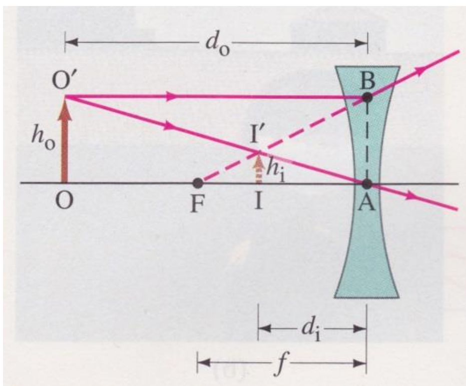
$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f}$$

Lineaire vergroting:

$$m = \frac{h_i}{h_0} = \frac{f}{f - d_0}$$

Divergerende lens

$gelijkvormige\ driehoeken$: $IAI'\,en\,OAO'$, $IFI'\,en\,AFB$



$$\frac{h_i}{h_0} = \frac{f - d_i}{f}$$

$$\frac{h_i}{h_0} = \frac{d_i}{d_0}$$

$$\Longrightarrow \frac{1}{d_o} - \frac{1}{d_i} = -\frac{1}{f}$$

We weten dat d_i aan dezelfde kant ligt als waar het licht vandaan komt, dus d_i is negatief.
We wten ook dat we een met een negatieve divergerende lens zitten, dus f is ook negatief.
Dan bekomen we:

$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f}$$

Tekenconventies

1. De brandpuntsafstand is
   positief voor **convergerende** lenzen
   negatief voor **divergerende** lenzen
2. De voorwerpsafstand is **positief** als het voorwerp zich bevindt aan **dezelfde kant** als waar het **licht vandaan** komt, anders **negatief**.
3. De beeldafstand is **positief** als he beeld zich aan de **andere kant** van de lens bevindt als waar het licht vandaan komt.
   Beeldafstand **negatief** voor een **reëel beeld**
   Beeldafstand **positief** voor een **virtueel beeld**
4. De hoogte is **positief** als **het rechtop** staat, anders **negatief**.
   $h_0$wordt altijd positief en rechtop genomen.

Vocabulaire:

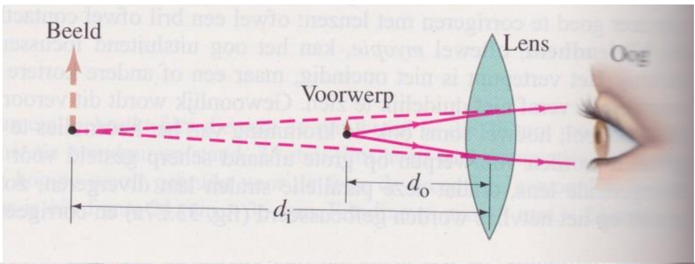
Sferische aberratie	Onder sferische aberratie wordt in de geometrische optica verstaan de afbeeldingsfout van een lens, een spiegel of een lenzenstelsel, die wordt veroorzaakt doordat bij een zuivere bolvorm parallelle lichtstralen die op verschillende afstanden van de optische as binnenvallen, niet in hetzelfde brandpunt samenvallen. Voor lenzen en spiegels is dit te ondervangen door ze niet sferisch (bolvormig) maar asferisch, bijvoorbeeld paraboloïdisch, te slijpen
Chromatische aberratie	Chromatische aberratie of kleurschifting is een optische fout van lenzen en lenzensystemen die ontstaat doordat licht van verschillende golflengten niet in dezelfde mate wordt gebroken aan de lensoppervlakken.
Distorsie	Een resultaat van variatie in de vergroting met verschillende afstanden van de lensas. Een rechtlijnig voorwerp op enige afstand van de as kan dus een gekromd beeld opleveren.
Nabijheids-punt	Het nabijheidspunt of punctum proximum van het menselijk oog is het **dichtstbijgelegen** punt op de oogas waar men zonder bril langdurig en zonder moeite nog scherp kan zien.
Vertepunt	Onder het vertepunt of punctum remotum van het menselijk oog wordt verstaan het **verstgelegen** punt op de oogas waar men zonder bril en zonder moeite nog scherp kan zien.
Bijziend	Bijziendheid (Myopie, myopia) is een ametropie waarbij de persoon (dan een myoop genaamd) voorwerpen ver weg niet scherp kan zien, maar wel nabij gelegen voorwerpen. Vandaar ook de naam (dicht)bijziendheid.
Verziend	Verziendheid (hypermetropie, hypermetropia) is een oogafwijking waarbij een persoon zonder accommodatie van het oog niet scherp kan zien. Het oog kan enkel focussen op voorwerpen veraf.
Accommo-datie	Accommodatie is het aanpassen van de sterkte van de ooglens om op de gewenste afstand scherp te zien. Voorwerpen op verschillende afstanden van een lens zullen aan de andere kant van die lens ook op verschillende afstanden

	een scherp beeld geven. Aangezien de afstand van de ooglens tot netvlies in het oog niet veranderen kan, is het noodzakelijk dat kan worden scherpgesteld door de lenssterkte aan te passen.
Ouderdoms-presbyopie	Ouderdomsverziendheid (presbyopie), of kortweg oudziendheid, is een oogafwijking die tot gevolg heeft dat men dichtbij slechter kan zien. Een normaal oog staat in rust ingesteld op oneindig; om op minder dan 6 meter (optisch oneindig) afstand scherp te zien moet het accommoderen. Met het ouder worden vermindert dit vermogen door het afnemen van de elasticiteit van de ooglens.
Hoek-vergoting M	$\frac{hoek\ waaronder\ men\ het\ voorwerp\ ziet\ met\ het\ toetsel}{hoek\ waaronder\ men\ het\ voorwerp\ ziet\ zonder\ het\ toestel\ op\ een\ afstand\ van = 2.5\ cm}$

Correctielens

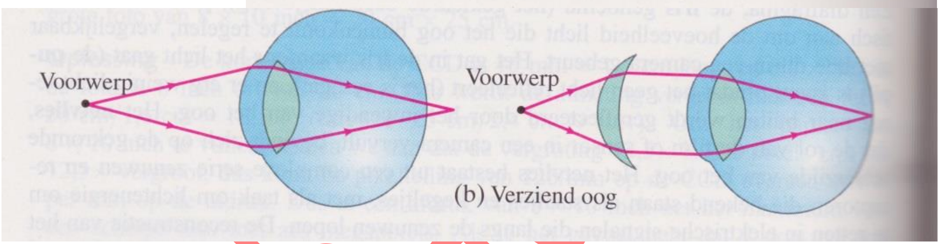
Verziend oog

Wanneer je een nabijheidspunt hebt van N (die negatief is) en je wilt iets zien op een kortere afstand x, welke lenssterkte heb je dan nodig?
Vergeet niet x en N om te zetten naar meter.



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_0} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{x} - \frac{1}{N}$$

$P = +\left(\frac{1}{x} - \frac{1}{N}\right) D$

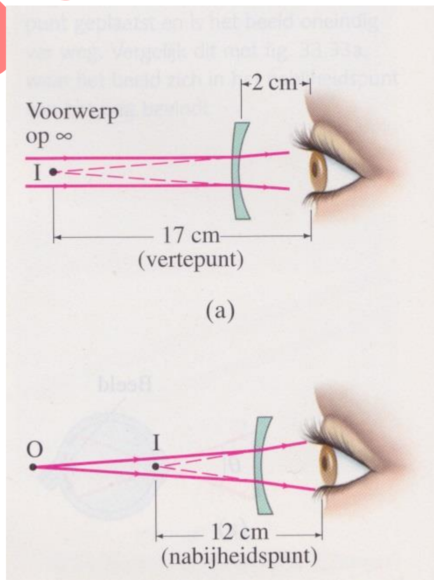


(b) Verziend oog

Het plusteken geeft aan dat het gaat om een convergerende lens.

Bijziend oog

Een bijziend oog heeft een Nabijheids- en Vertepunt op een afstand van respectievelijk N en V.
a) Welke lenssterkte zodat de persoon voorwerpen op oneindig kan zien?
b) Wat is dan het Nabijheidspunt ?
als de lens zich x m van het oog bevindt.



a)

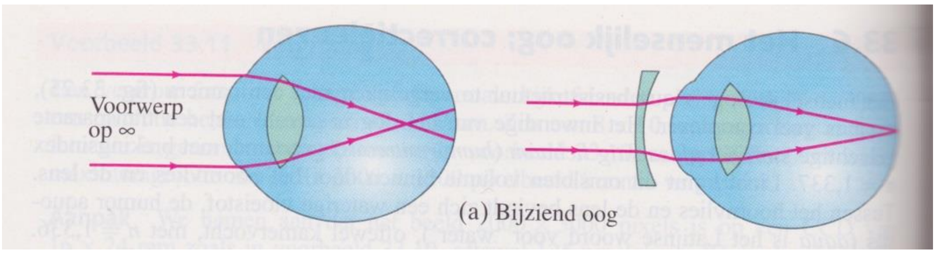
voorwerp oneindig ver: $d_0 = \infty$

afstand van het beeld: $d_i = -(V - x)$

$$\frac{1}{f} = P = \frac{1}{\infty} - \frac{1}{V - x}$$

$$P = -\frac{1}{V - x} D$$

Het minteken geeft aan dat het gaat om een divergerende lens.



(a) Bijziend oog

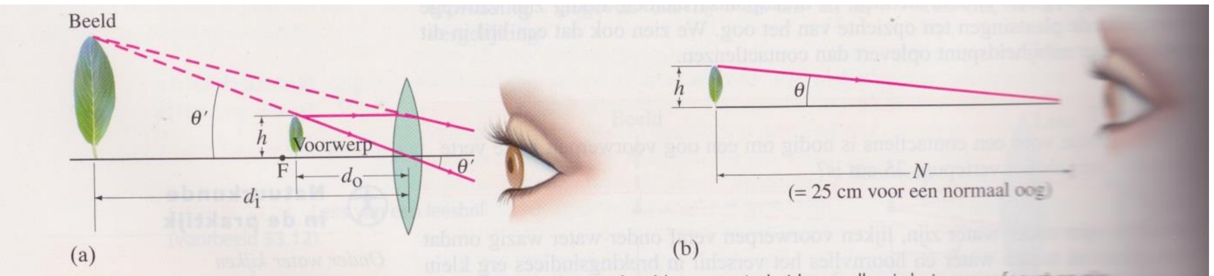
b)

Bij het dragen van een bril wordt het Nabijheidspunt d_0 van een voorwerp op een zodanige afstand geplaatst dat de lens een beeld vormt in het 'nabijheidspunt van het blote oog', namelijk op N m van het oog.

$$d_i = -(N - x)$$

$$\frac{1}{d_0} = \frac{1}{f} - \frac{1}{d_i} = -\frac{1}{V - x} + \frac{1}{(N - x)}$$

Werking vergrootglas



FIGUUR 33.33 Blad bekeken (a) door een vergrootglas, en (b) met het blote oog. In beide gevallen is het oog gefocust op zijn nabijheidspunt.

Het voorwerp wordt gehouden in het brandpunt of net binnen de brandpuntsafstand. Vervolgens produceert de convergerende lens een virtueel beeld, dat tenminste op N=25 cm afstand van het oog moet staan zodat het oog er zich kan op focussen.
Om een ontspannen oog te laten focussen op het beeld moet het beeld op oneindig staan. Dus moet het voorwerp zich in het brandpunt bevinden. De vergrotingssterkte M is de verhouding van de hoek die door het voorwerp bij gebruik van de lens wordt onderspannen tot de hoek die wordt onderspannen bij gebruik van het blote oog, met het voorwerp in de buurt van N(=25cm) van het oog.

$$M = \frac{\theta'}{\theta}$$

$$\theta = \frac{h}{N}$$

$\theta' = \frac{h}{d_0}$ waarbij d_0 ligt in het brandpunt, zodat het beeld op oneindig staat

$$M = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{N}{f} \qquad [oog\ gefocust\ op\ \infty]$$

De vergroting kan worden verhoogd door de lens te bewegen en je oog eraan aan te passen zodat je focust op het beeld in het Nabijheidspunt van het oog. Dus $d_i = -N$ als je oog dicht bij het vergrootglas bevindt.

$$\frac{1}{d_0} = \frac{1}{f} - \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f} + \frac{1}{N}$$

$$d_0 = \frac{fN}{f+N} < f$$

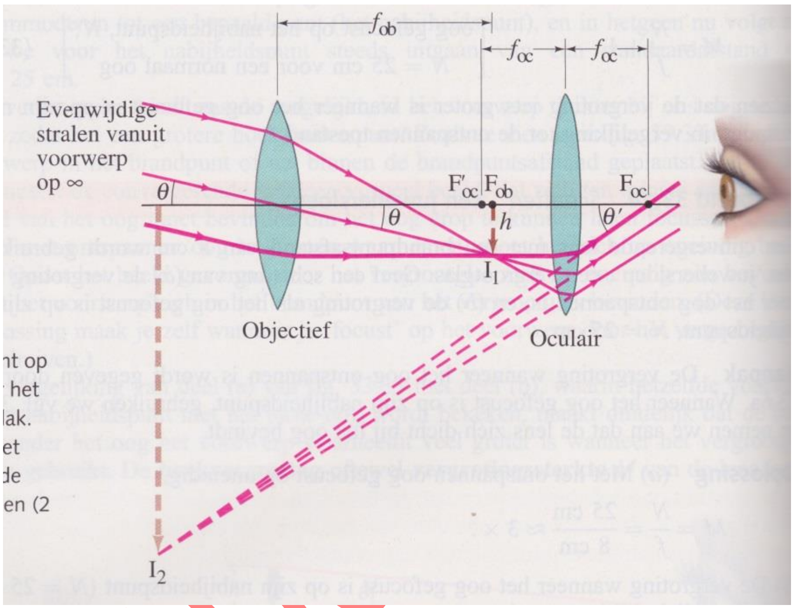
$$M = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{\frac{h}{d_0}}{\frac{h}{N}} = \frac{N}{d_0}$$

$$M = N\left(\frac{1}{f} + \frac{1}{N}\right) = \frac{N}{f} + 1 \qquad [oog\ gefocust\ op\ N]$$

We zien dat de vergroting groter is wanner het oog focust op N, in vergelijking tot de ontspannen toestand.

Werking van een telescoop

Twee convergerende lenzen bevinden zich aan weerszijden van een buis, waarbij de lens die het dichtst bij het voor werp zit het **objectief** wordt genoemd (brandpuntsafstand f_{ob}) . Deze vormt het reëel beeld I_1 in de buurt van f_{ob}.
De tweede lens, het **oculair** (brandpuntsafstand f_{oc}) fungeert als vergrootglas. Deze produceert het ster vergrote beeld I_2.



$$M = \frac{\theta'}{\theta}$$

waarbij $\theta' \approx \frac{h}{f_{oc}}$ en $\theta \approx \frac{h}{f_{ob}}$

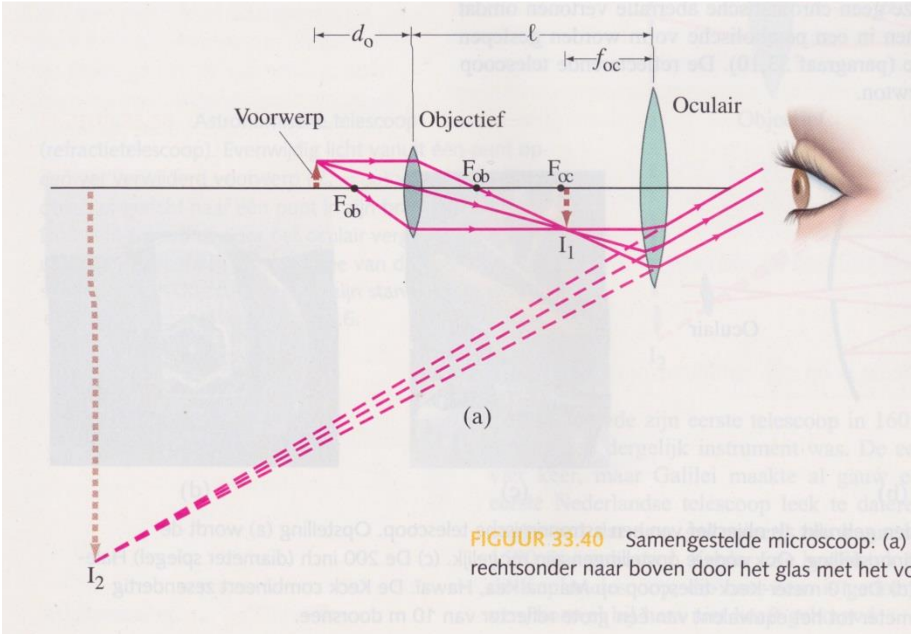
$$M = -\frac{f_{ob}}{f_{oc}}$$

We voegen hieraan een minteken om aan te tonen dat we een omgekeerd beeld hebben.

Voor het bereiken van een sterke vergroting moet het object een grote en het oculair een kleine brandpuntsafstand hebben.

Samengestelde microscoop

Analoog met de telescoop, enkel zal de voorwerpsafstand nu erg klein zijn.



FIGUUR 33.40 Samengestelde microscoop: (a) rechtsonder naar boven door het glas met het vo

$$m_{ob} = \frac{h_i}{h_o} = \frac{d_i}{d_0}$$

$$m_{ob} = \frac{l - f_{oc}}{d_0}$$

$d_i = l - f_{oc}$ geldt enkel voor een ontspannen oog.

$$M_{oc} = \frac{N}{f_{oc}}$$

$$M = M_{oc} m_{ob} = \frac{N}{f_{oc}}\left(\frac{l - f_{oc}}{d_0}\right) \approx \frac{Nl}{f_{oc} f_{ob}}$$

Lenzenmakersformule (via sferisch oppervlak)

Breking lucht naar glas: $\frac{1}{d_0} + \frac{n}{d_i} = \frac{n-1}{R_1}$

Breking glas naar lucht: $\frac{n}{d_0{'}} + \frac{1}{d_i{'}} = \frac{1-n}{R_2}$

Bij dunne lenzen: $d_0' = -d_i$ en $\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i{'}} = (n-1)(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2})$

$$\frac{n}{-d_1} + \frac{1}{d_i{'}} = \frac{1-n}{R_2} \Longrightarrow \frac{1}{d_i{'}} = \frac{1-n}{R_2} + \frac{n}{d_i}$$

$$\frac{1}{d_o} + \frac{1-n}{R_2} + \frac{n}{d_i} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$$

$$\frac{1}{d_0} + \frac{1}{d_i} = (n-1)\left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1}\right) = \frac{1}{f}$$