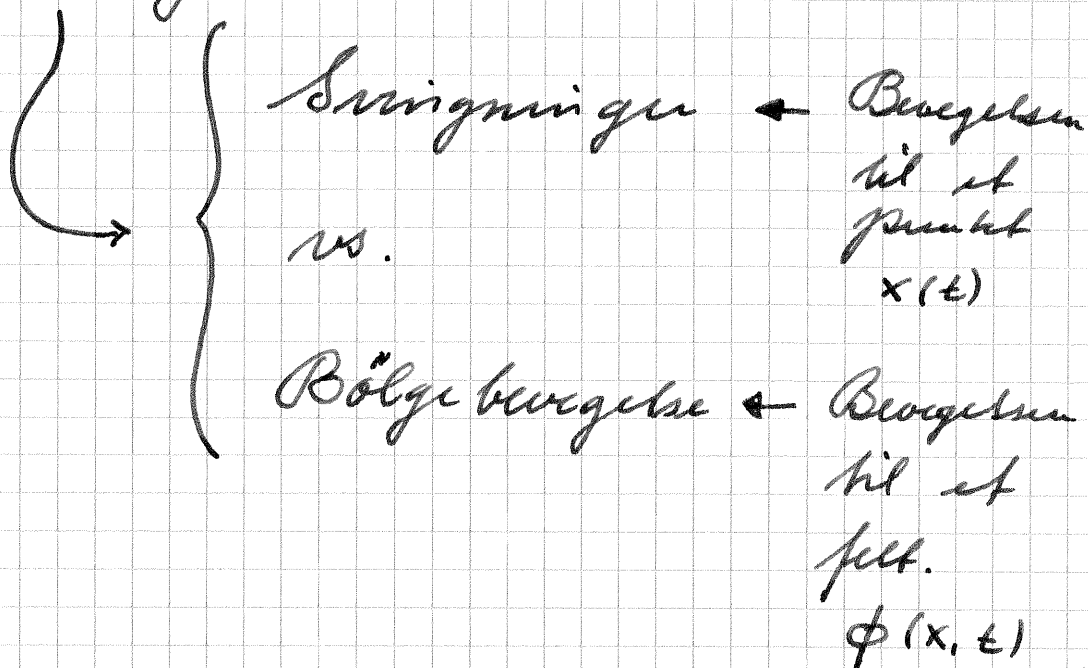


Foredlesningsnotater til

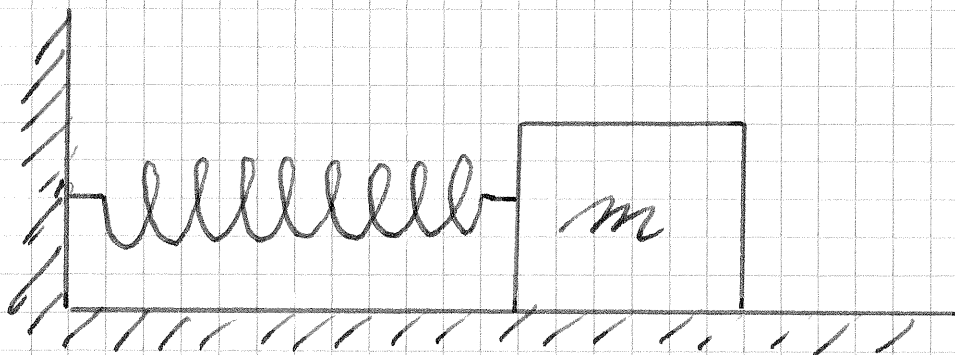
TFY 4160 / FY 1002

Bølgefysikk

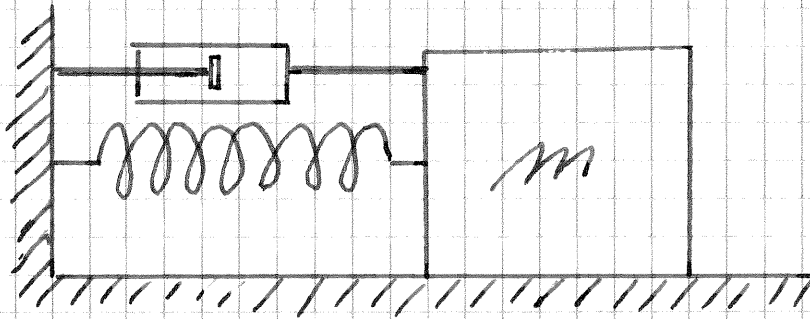
1. Svingninger



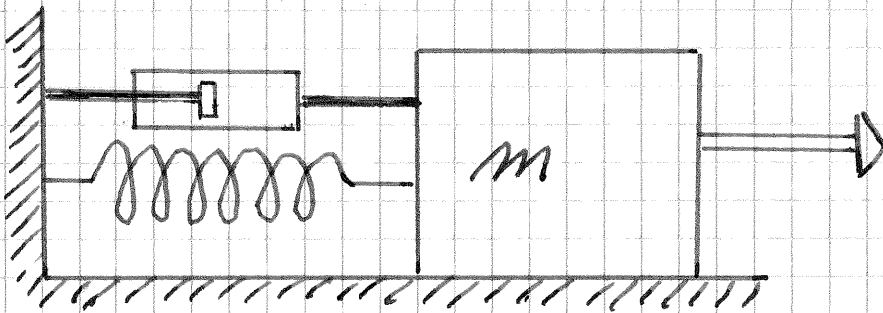
Enkel harmonisk svingning:



Damped oscillation:



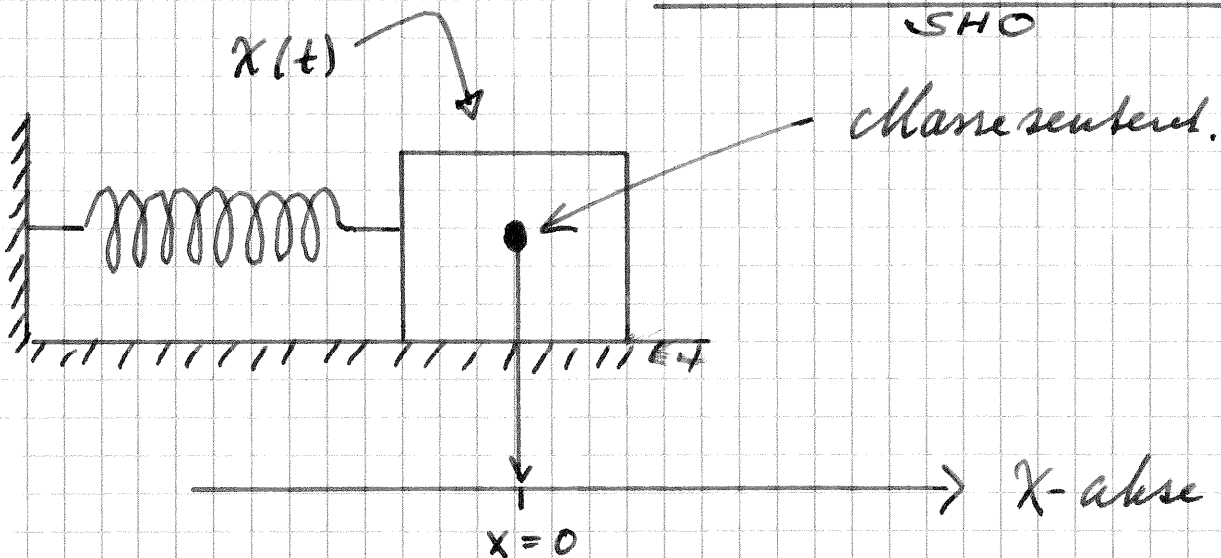
Driven oscillation:



$$F_{\text{ext}} = F_0 \cos\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t\right)$$

Beskrivelse av bevegelsen:

Enkel harmonisk bevegelse
SHO



$$x(t) = A \cos(\omega t + \alpha)$$

Fasvinkelen: $\phi = \omega t + \alpha$
 $\uparrow$
 tid.

Initiell fase: $\phi(t) = \alpha$ for $t=0$

Amplitude: A .

Perioden: $P = \frac{2\pi}{\omega}$

$$\phi(t+P) = \omega(t+P) + \alpha$$

$$= \omega t + \omega \frac{2\pi}{\omega} + \alpha$$

$$= (\omega t + \alpha) + 2\pi = \phi(t) + 2\pi$$

$$x(t) = A \cos \phi(t)$$

$$x(t+P) = A \cos \phi(t+P) = A \cos [\phi(t) + 2\pi]$$

$$= A \cos \phi(t) = x(t)$$

Frekvens: $\nu = \frac{1}{P}$.

Vinkelfrekvens: ω

$$\omega = \frac{2\pi}{P} = 2\pi\nu$$

4

Hastigheden til massen:

$$v(t) = \frac{d}{dt} x(t) = -\omega A \sin(\omega t + \alpha).$$

Akselerasjonen:

$$\begin{aligned} a(t) &= \frac{d}{dt} v(t) = -\omega^2 A \cos(\omega t + \alpha) \\ &= -\omega^2 x(t). \end{aligned}$$

I enkel harmonisk bevegelse er akselerasjonen motsatt og proporsjonal til forskyvningen.

Fra kinematikk (beskrivelse av bevegelsen) til dynamikk (beskrivelse av årsaken til bevegelsen):

$$a(t) = -\omega^2 x(t)$$

$ma(t) = -m\omega^2 x(t)$
 ↑
 Namen
 Newtons 2. lov: $F = ma$
 $F = -m\omega^2 x(t)$
 k - fjærkonstanten
 $F = -kx$
 Hookes lov.

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

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{k}{m} x = 0$$

$$k = m\omega^2$$

$$\boxed{\frac{d^2 x}{dt^2} + \omega^2 x = 0} \leftarrow \text{Løse ligningen.}$$

Generelle løsning av
svingeligningen:

$$x(t) = A \cos(\omega t + \alpha)$$

Initialbetingelser:

$$\left\{ \begin{array}{l} x(0) = A \cos \alpha \\ v(0) = \frac{d}{dt} x(0) = -\omega A \sin \alpha \\ a(0) = \frac{d^2}{dt^2} x(0) = -\omega^2 A \cos \alpha \end{array} \right.$$

Bruk kombinasjoner av disse
for å bestemme A og α .

(ellen husk at ω er en
system konstant!)

For eksempel:

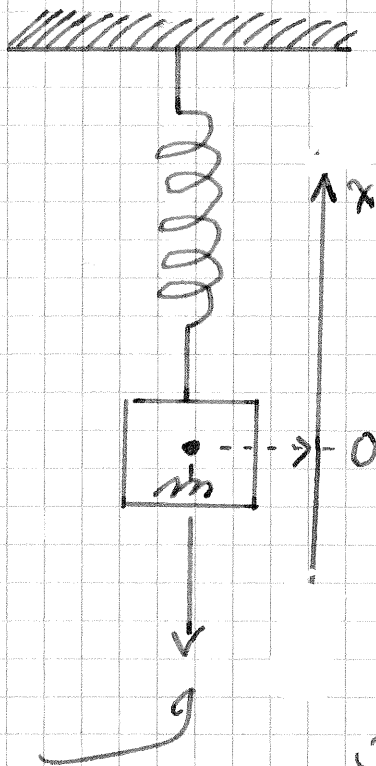
$$\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{\frac{-v(0)}{\omega A}}{\frac{x(0)}{A}} = - \frac{v(0)}{\omega x(0)}$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{v^2(0)}{\omega^2 x^2(0)}}}$$

$$A = \frac{x(0)}{\cos \alpha} = x(0) \sqrt{1 + \frac{v^2(0)}{\omega^2 x^2(0)}} = \sqrt{x(0)^2 + \frac{1}{\omega^2} v^2(0)}$$

Legg til konstant ytre kraft:

Harmoniske svingning i
tyngdefelt.



← likevektsposisjon
uten tyngdefelt.

Forstyrringen av likevekts-
posisjon på grunn av
tyngdefeltet: Δx .

$$F = ma = 0$$



Står stille (likevekt)

$$F = -k\Delta x - mg = 0 \rightarrow$$

$$\Delta x = -\frac{mg}{k}$$

Bewegung: Newtons 2. lov:

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

Introduktion ny variabel $x' \doteq x$

$$x' = x - \Delta x$$

$$m \frac{d^2}{dt^2} (\overbrace{x' + \Delta x}^x) = -k (\overbrace{x' + \Delta x}^x) - mg$$

$$m \frac{d^2}{dt^2} x' = -kx' - \underset{\uparrow}{k\Delta x} - mg$$

$$\Delta x = -\frac{mg}{k}$$

$$m \frac{d^2}{dt^2} x' = -kx' + mg - mg = -kx'$$

$$m \frac{d^2}{dt^2} x' + k x' = 0$$

Samma lösning som för:

$$x' = A \cos(\omega t + \alpha)$$

$$\Rightarrow \underline{x = A \cos(\omega t + \alpha) + \Delta x.}$$

Oscillationer avviker alltså alltså om för, men om ett nytt likvägtpunkt.

Den fysiska årsaken till detta är att fjäderkraften är linjär:

Kraften ökar lika mycket från

$x = 3 \text{ cm}$ till 6 cm som från 6 cm till 9 cm .