Herhalingsopgaven bij H9 - Golven – UITWERKING

Opgave 1 – Trillende veer
We hangen 200g aan een veer, deze rekt daardoor 8,0 cm uit. Vervolgens rekken we de veer nog eens 5,0 cm extra uit om hem te laten trilllen.

a) Bereken de veerconstante van de veer.

$C = F_{veer} / u$
$= F_z / u$
$= m \cdot g / u$
$= 0,2 \cdot 9,81 / 0,08$
$= \underline{24,5\ N/m}$

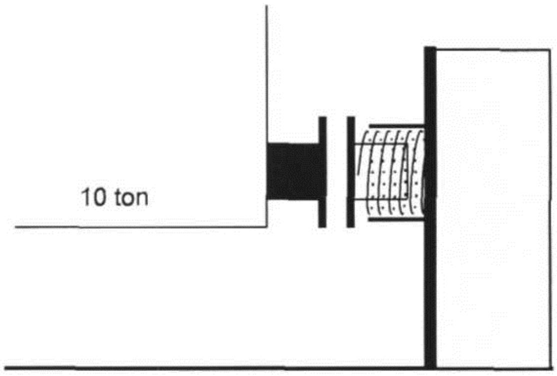
b) Bereken de Trillingstijd van de trilling.

$T = 2\pi \cdot \sqrt{(m/C)}$
$= 2\pi \cdot \sqrt{(0,2/24,5)}$
$= \underline{0,57\ s}$

c) Bereken de snelheid waarmee de veer door de evenwichtsstand heen gaat.

$v_{max} = 2\pi \cdot A/T$
$= 2\pi \cdot 0,05/0,57$
$= \underline{0,55\ m/s}$

Opgave 2 – Stootbuffer
Een spoorwagon rijdt met 0,60 m/s naar een stootbuffer (zie figuur). De massa van de wagon is 10 ton (1 ton = 1000 kg). De twee veren in de stootbuffers worden maximaal 20 cm ingedrukt en veren dan weer 20 cm uit.



a) Bereken de veerconstante van elke veer in de buffers.

$E_{kin\ wagon} = ½ \cdot m \cdot v^2 = ½ \cdot 10.000 \cdot 0,60^2 = 1,8 \cdot 10^3\ J$
$E_{veer} = 1,8 \cdot 10^3\ J$
$E_{veer} = E_{pot\ max} = ½ \cdot C \cdot A^2$
$1,8 \cdot 10^3 = ½ \cdot C \cdot 0,2^2$
$C = 9,0 \cdot 10^4$ N/m dus per veer: $C = \underline{4,5 \cdot 10^4\ N/m}$

b) Bereken hoelang de botsing duurde.

De botsing is een halve trilling
$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{(m/C)} = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{(10000/9,0 \cdot 10^4)} = 2,09\ s$
$t = T/2 = \underline{1,0\ s}$

c) Op welk moment was de vertraging van de wagon maximaal?

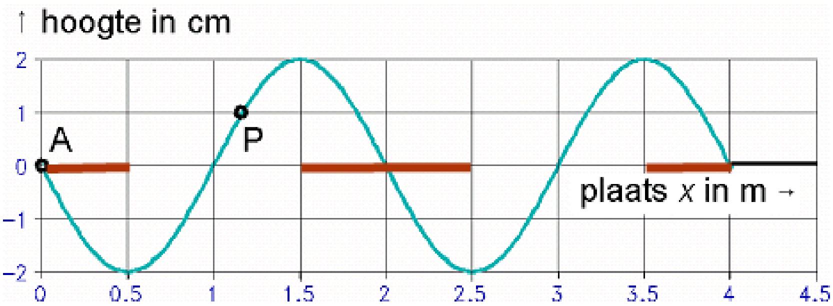
Als de veren maximaal zijn ingeduwd

d) Bereken de maximale vertraging

$F_{veer} = C \cdot u = 9,0 \cdot 10^4 \cdot 0,2 = 1,8 \cdot 10^4\ N$
$a = F_{res}/m = F_{veer}/m = 1,8 \cdot 10^4 / 10.000 = \underline{1,8\ m/s^2}$

Opgave 3 – Golvend koord

Vanuit een punt A van een koord, dat harmonisch trilt, vertrekken op t = 0 golven met een amplitude van 2,00 cm. Deze golven hebben een golflengte van 2,00 m. Merk op dat de schaal in horizontale en verticale richting in de grafiek anders is. De voortplantingssnelheid van de golf is 4,0 m/s. De afgebeelde *grafiek* geeft de stand van het koord weer als er twee trillingstijden zijn verstreken.

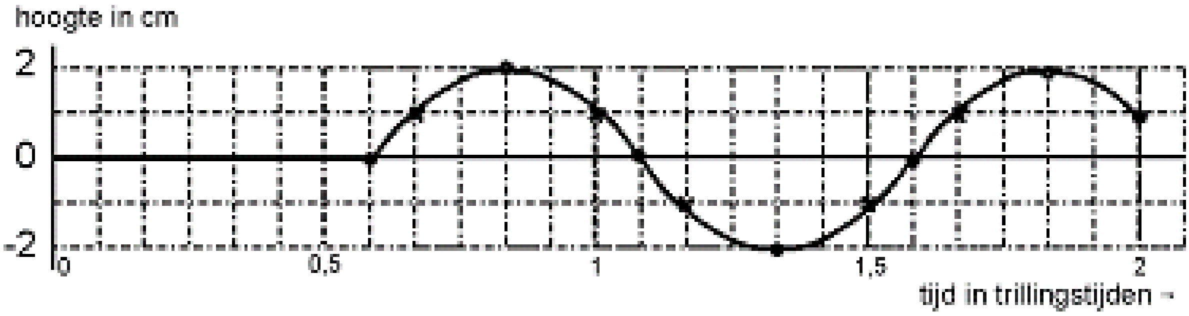


a) Geef in de grafiek aan waar de trillende punten naar boven bewegen. Dat kan door langs de x-as zo'n gebied te markeren met een dikke streep.
De golf gaat naar rechts, teken de golf even later en je ziet of een punt omhoog, dan wel omlaag gegaan is.

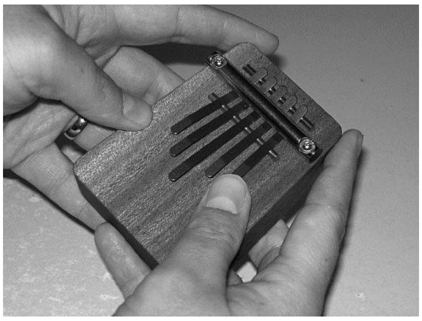
b) Bepaal het faseverschil tussen de twee punten met x = 0,87 m en x = 1,21 m.
Δx = 1,21 - 0,87 = 0,34 m.
Δφ = Δx / λ = 0,34 / 2,0 = <u>0,17</u>

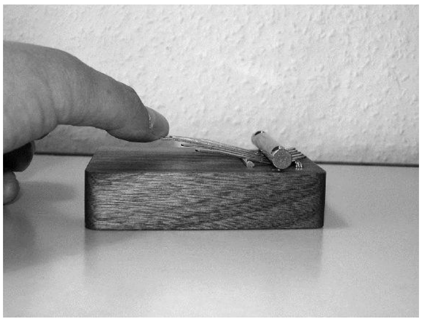
c) Bereken de fase van het punt met x = 0,87 m.
x = 0,87 m
x_{kop} = 4,0 m
$\Delta x_{met\ kop}$ = 4 - 0,87 = 3,13 m
φ = $\Delta x_{met\ kop}$ / λ = 3,13 / 2,0 = <u>1,57</u>
of:
t = x / v = 0.87 / 4 = 0,2175 s
Uit *λ* = *v·T* volgt *T*= *λ* / *v* = *2 /4* = 0,50 s
$t_{startpunt}$ = 2 · 0,5 = 1,0 s (twee trillingen)
$\Delta t_{met\ startpunt}$ = 1 – 0,2175 = 0.7825
φ = $\Delta t_{met\ startpunt}$ / *T* = 0,7825 / 0,50 = <u>1,57</u>

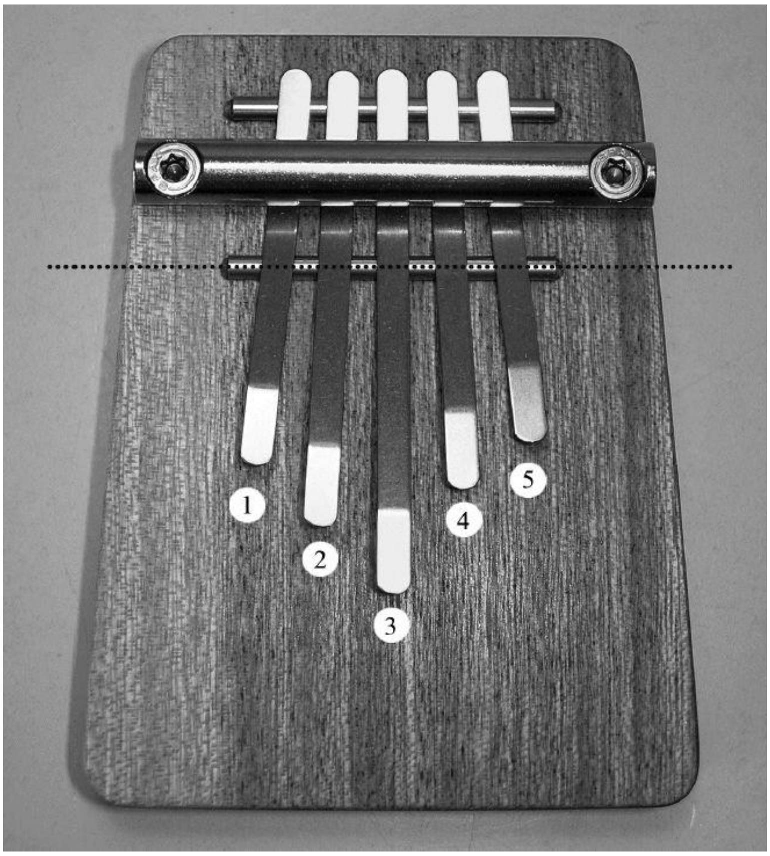
d) Teken hieronder van punt P de (u,t)-grafiek van t = 0 tot het moment waarop bovenstaande grafiek betrekking heeft.
Bedenk:
P is begonnen met omhoog te bewegen, aangezien bij het golffront een 'bult' te zien is.
Het duurt even voordat P begint, want de golf moet vanuit A eerst nog 1,17 m afleggen.
Dus vanaf t = 1,17 / 4 = 0,29s begint P te trillen,
dus na 0,29 / 0,5 = 0,6 Trillingstijden.



Opgave 4 – Duimpiano
Op onderstaande foto's is een zogenaamde duimpiano te zien. Dit is een muziekinstrument dat bestaat uit een houten blok met daarop 5 metalen strips. De strips kunnen in trilling worden gebracht door ze met de duim naar beneden te duwen en los te laten. Er ontstaat dan een staande golf in de strip. In de figuur linksonder is een zijaanzicht van de duimpiano te zien.







In de rechter figuur is een bovenaanzicht weergegeven van de duimpiano op ware grootte. De strips zijn genummerd van 1 tot en met 5. Met behulp van een stippellijn is tevens aangegeven waar de strips vastzitten.
De tonen die door de strips worden voortgebracht, zijn bekend. De frequenties waarmee de strips in hun grondtoon trillen, zijn weergegeven in de tabel hiernaast.

Strip	1	2	3	4	5
Toon	Gis''	C''	F'	F''	C'''
Frequentie (Hz)	831	523	349	698	1047

a) Bepaal de voortplantingssnelheid van de golf in strip 3.
De lengte van strip 3 kan bepaald worden uit de figuur: *l* = 44 mm.

Er geldt hier: $l = \frac{1}{4}\lambda$. Dit levert: λ = 4·0,044 = 0,176 m.

Voor de golfsnelheid geldt dan: $v = \lambda \cdot f$ = 0,176·349 = <u>61 ms^{-1}</u>.

b) Bereken de frequentie van eerste boventoon van strip 1.

$f_n = (2n-1) \cdot f_1 = 3 \cdot f_1 = 3 \cdot 831$ = 2493 Hz = <u>$2{,}49 \cdot 10^3$ Hz</u>

of:

De lengte van strip 1 kan bepaald worden uit de figuur: l = 26 mm.

Er geldt hier: $l = \frac{1}{4}\lambda$. Dit levert: λ = 4·26 mm = 104 mm.

Voor de golfsnelheid geldt: $v = \lambda \cdot f$ = 0,104·831 = 86,4 m/s.

(Dat is dus een andere snelheid dan voor strip 3!)

De eerste boventoon: λ = 4L / (2n-1) = 4·26/3 = 34,7 mm

f = v/λ = 86,4 /0,0347 = <u>2492 Hz</u> (dit is f_2)