

Hoofstuk 14

Oefening 1 (14.7)

Grote gebouwen worden ontworpen om mee te bewegen in de wind. In een wind met een snelheid $v = 100 \text{ km/h}$ bijvoorbeeld, beweegt de top van de 110 verdiepingen tellende Sears Tower in horizontale richting met een amplitude van 15cm. Het gebouw oscilleert aan zijn natuurlijke frequentie, die overeenkomt met een periode $T = 7.0\text{s}$. Als je veronderstelt dat de beweging van het gebouw een harmonische oscillatie is, wat is dan de maximale horizontale snelheid en versnelling die wordt ondervonden door een persoon op de bovenste verdieping? Vergelijk de maximale versnelling (als percentage) met de valversnelling.

Oefening 2 (14.21)

Beschouw twee voorwerpen, A en B, dewelke beide een harmonische beweging ondergaan maar met verschillende frequenties, beschreven door

$$x_A(t) = (2,0\text{m}) \sin\left(\frac{2,0}{\text{s}}t\right) \quad \text{en} \quad x_B(t) = (5,0\text{m}) \sin\left(\frac{3,0}{\text{s}}t\right).$$

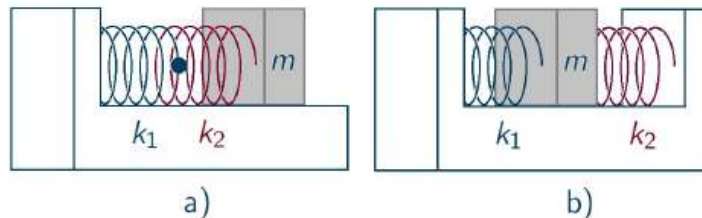
Zoek de eerste drie tijdstippen na $t = 0$ waarop de objecten zich beiden in hun evenwichtspositie bevinden.

Oefening 3 (14.25)

Een massa m wordt verbonden met twee veren met veerconstanten k_1 en k_2 .

Dit gebeurt in twee verschillende manieren zoals getoond in de figuur. Toon aan dat de periodes van de trillingen worden gegeven door

$$\text{a) } T = 2\pi \sqrt{m \left(\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \right)}; \quad \text{b) } T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k_1 + k_2}}.$$



Oefening 4 (14.62)

Een massa $m = 215\text{g}$ bevindt zich op een luchtkussen. De massa is bevestigd tussen twee veren (zoals in geval b) van de vorige oefening). Beide veren hebben dezelfde veerconstante $k = 125 \text{ N/m}$.

- Bepaal de frequentie van de oscillatie, in de veronderstelling dat er geen damping plaatsvindt.
- Men observeert dat na 55 oscillaties, de amplitude is teruggevallen naar 50% van de oorspronkelijke waarde. Schat de waarde van γ , uitgaande van de relatie

$$x(t) = Ae^{-\gamma t} \cos(\omega t)$$

In sommige diatomaire moleculen kan de grootte van de kracht uitgeoefend door het ene atoom op het andere worden beschreven door

waar r de interatomaire afstand is en C en D positieve constanten.

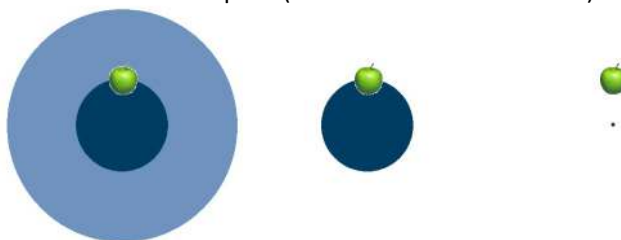
- $$(1+x)^m \approx 1+mx \quad (\text{voor kleine } x).$$

- Navigation icons: back, forward, search, and other controls.

Beeld je in dat er een tunnel door de Aarde is gegraven. Deze tunnel heeft een diameter van 10cm en loopt recht door het midden van de aarde. Aan één uiteinde gooi je een appel in de tunnel.

- a) Toon aan dat als de Aarde een homogene massadichtheid heeft, de appel een harmonische beweging zal beschrijven.
- b) Hoe lang zal de appel er over doen om zijn vertrekpunt opnieuw te bereiken?

Je mag alle vormen van wrijving verwaarlozen. Verder mag je er ook gebruik van maken dat de appel op elk ogenblik enkel de zwaartekracht voelt die wordt veroorzaakt door de massa die zich bevindt dichter dan een afstand r van het middelpunt van de Aarde, waarbij r de afstand van de appel tot dit middelpunt is. Ten slotte kan je gebruiken dat een sferisch symmetrische ladingverdeling zich gedraagt als een puntmassa in het zwaartepunt (met dezelfde totale massa).



Figuur: De appel valt door de Aarde (links), maar zal enkel de zwaartekracht voelen van het donkerblauwe gedeelte (midden). Deze kracht gedraagt zich alsof alle donkerblauwe massa zich in het massamiddelpunt bevindt (rechts).

Hoofdstuk 15

Oefening 1 (15.10)

P- en S-golven van een aardbeving propageren aan verschillende snelheden en dit verschil kan worden gebruikt om het epicentrum van een aardbeving te lokaliseren.

- a) Als je snelheden van 8.5 km/s en 5.5 km/s veronderstelt voor P- en S-golven, hoe ver weg gebeurde de aardbeving van een seismograaf die beide golven oppikt met een tijdsverschil van 1.7 minuten?
- b) Is één seismisch station voldoende om de positie van het epicentrum te bepalen? Verklaar.

Oefening 2 (15.18)

De intensiteit van een aardbevingsgolf dewelke door de Aarde passeerde, werd gemeten gelijk te zijn aan

$$I(r) = 3,0 \cdot 10^6 \frac{W}{m^2}$$

op een afstand $r = 48.0\text{km}$ van het epicentrum.

- a) Wat was de intensiteit op 1.0km van de bron?
- b) Wat was de hoeveelheid energie per eenheid van tijd die door een oppervlak van 2.0m^2 passeerde op een afstand van 1.0km van de bron?

Oefening 3 (15.37)

Een touw heeft twee secties met lineaire dichtheden 0.10 kg/m en 0.20 kg/m . Een invallende golf, beschreven door¹

$$y(x, t) = 0.050\text{m} \cdot \sin(7; 5x - 12.0t)$$

waarbij x wordt uitgedrukt in m en t in seconden, propageert over het lichtere stuk van het touw.

- a) Wat is de golengte in het lichtere stuk van het touw?
- b) Wat is de spankracht in het touw?
- c) Wat is de golengte wanneer de golf in het zwaardere stuk propageert?

Oefening 4 (15.50)

Een gitaarsnaar is in totaal 90.0cm lang en heeft een massa van 3.16g. De lengte l van het stuk snaar dat bespeeld wordt is 60.0cm en de snaar staat onder een spanning van 520N. Wat zijn de frequenties van de grondtoon en van de eerste twee overtonen?

¹ Deze manier van schrijven, zonder eenheden voor k en ω maar met vermelding van de eenheden van x en t is niet helemaal correct maar je komt het wel vaak tegen. De eenheden van k en ω zijn dan de inverses van deze eenheden. Bijvoorbeeld: als x werd uitgedrukt in cm zou het golfgetal gelijk zijn aan $7.5/\text{cm} = 750/\text{m}$.

Oefening 5 (15.64)

Een draad bestaat uit aluminium met lengte $l_1 = 0.60\text{m}$ en een massa per eenheid van lengte van $\mu_1 = 2.70\text{ g/m}$. Deze draad wordt verbonden met een stalen sectie met $l_2 = 0.882\text{m}$ en een lengtemassadichtheid $\mu_2 = 7.80\text{ g/m}$. De samengestelde draad wordt aan beide uiteinden vast gehouden en er wordt een uniforme spankracht van 135N aangebracht.

- a) Wat is de laagste staande golf-frequentie die kan bestaan in deze draad, in de veronderstelling dat er een knoop optreedt op de plaats waar de beide materialen aan elkaar zijn bevestigd?
- b) Hoeveel knopen (inclusief de twee aan de uiteinden) heeft deze staande golf?

Hoofdstuk 16

Oefening 1 (16.6)

Een vissersboot op de oceaan drijft vlak boven een school tonijn. Plots krijgt een andere vissersboot 1.35km verder een motorpanne die gepaard gaat met een luide knal. Hoe lang duurt het eer de knal gehoord wordt

- a) door de vissen?
- b) door de vissers?

De snelheid van geluid in water is ongeveer 1560 m/s .

Oefening 2 (16.32)

Een vliegtuig zendt $5.0 \cdot 10^5\text{J}$ aan geluidsenergie per seconde uit.

- a) Wat is het geluidsniveau 25m verder?
- b) Wat is het geluidsniveau 1.0km verder als je weet dat lucht geluid absorbeert aan 7.0dB per km ?

Oefening 3 (16.50)

In een kwartsoscillator, die wordt gebruikt als een stabiele klok in elektronische apparatuur, wordt een transversale staande geluidsgolf opgewekt langsheen de dikte d van het kristal. De frequentie van deze trilling wordt elektronisch geregistreerd. De parallelle zijden van het kristal worden niet ondersteund en gedragen zich dus als vrije uiteinden (in tegenstelling tot vaste uiteinden) wanneer de geluidsgolf reflecteert. Als het toestel is bedoeld te werken met de eerste harmoniek, bepaal dan de benodigde dikte van het kristal als de frequentie gelijk dient te zijn aan $f = 12\text{ MHz}$.

De geluidssnelheid in kwarts wordt gegeven door

$$v = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

waarbij de schuifmodulus $G = 2.95 \cdot 10^{10}\text{ N/m}^2$ en $\rho = 2650\text{ kg/m}^3$ de massadichtheid van kwarts.

De eerste harmoniek van een dergelijke trilling heeft twee buiken aan de uiteinden en een knoop in het midden.

Oefening 4 (16.58)

Twee luidsprekers worden 3.00m uit elkaar geplaatst. Zij sturen geluidsgolven uit met een frequentie van 494Hz en dit doen ze in fase. Een microfoon bevindt zich op 3.2m van het punt halverwege tussen beide luidsprekers. Op deze plaats wordt een intensiteitsmaximum waargenomen.

- a) Hoe ver moet de microfoon zijwaarts verplaatst worden (parallel met de verbindinglijn tussen de luidsprekers) om het eerste intensiteitsminimum waar te nemen?
- b) Veronderstel dat de luidsprekers opnieuw worden ingesteld zodanig dat de golven precies uit fase zijn. Op welke posities bevinden zich nu de intensiteitsminima en -maxima?

Oefening 5 (16.65)

Een politieauto rijdt met de sirene aan tegen een snelheid van 120.0 km/h. De frequentie van de sirene is 1280Hz.

- a) Welke frequenties hoort een waarnemer die langs de kant van de weg staat wanneer de politiewagen naar hem toe rijdt en van hem weg rijdt?
- b) Welke twee frequenties worden gehoord in een auto die met een snelheid van 90 km/h in de andere richting rijdt en de politiewagen zo passeert?

Oefening 6 (16.70)

Een uitsignaal heeft een frequentie van 720Hz. Als er een wind blaast van 15m/s uit het noorden, welke frequentie horen stilstaande waarnemers dan die zich

- a) ten noorden
- b) ten oosten
- c) ten zuiden
- d) ten westen

van de uit bevinden? Welke frequentie zal gehoord worden door een _etser die

e) ten zuiden van het uitje in noordelijke richting fietst,

f) ten oosten van het uitje in westelijke richting fietst, telkens met een snelheid van 12.0m/s ?

Oefening 7

De radarinstallatie van een stilstaande politiewagen stuurt elektromagnetische golven uit die zich verplaatsen met de snelheid van het licht, $c = 299792458\text{m/s}$.

De frequentie van de elektrische stroom in de antenne van de radar oscilleert met frequentie f_s . De golven reflecteren op een auto die zich met een snelheid u van de politiewagen weg beweegt. Er wordt een frequentieverschil Δf waargenomen tussen de frequentie f_s en de frequentie f_x die de radarinstallatie registreert voor de gereflecteerde golven. Bepaal u als functie van f_s en Δf .

Hoofdstuk 17

Oefening 1 (17.48)

Een gesloten container bevat 4.0 mol van een gas en wordt samengedrukt, waardoor het volume verandert van 0.020m^3 naar 0.018m^3 . Tijdens dit proces verlaagt de temperatuur met 9.0K terwijl de druk verhoogt met 450Pa. Wat was de oorspronkelijke druk en temperatuur in de container?

Oefening 2 (17.50)

Een luchtbel op de bodem van een meer (37. 0m onder het wateroppervlak) heeft een volume van 1.00cm^3 . Als de temperatuur op de bodem 5.5°C is en aan het oppervlak $18. 5^\circ\text{C}$, wat is dan het volume van de luchtbel vlak voor deze het oppervlak bereikt?

Oefening 3 (17.83)

Een temperatuursregelaar, ontworpen om te werken in een omgeving met stoom, bestaat uit een bimetallische strip die bestaat uit messing en staal, dewelke aan hun uiteinden met elkaar zijn verbonden. Elk van de metalen is 2.0mm dik. Bij 20°C is elk van de strips 10.0cm lang en recht. Zoek de kromtestraal r van het geheel bij 100°C . De lineaire expansiecoëfficiënten voor messing en staal zijn respectievelijk $19 \cdot 10^{-6}\text{K}^{-1}$ en $12 \cdot 10^{-6}\text{K}^{-1}$.

Hoofdstuk 18

Oefening 1 (18.9)

Als de druk in een gas wordt verdrievoudigd terwijl het volume constant blijft, met welke factor stijgt v_{rms} dan?

Oefening 2 (18.21)

Een gas bestaande uit 15200 molecules, elk met eenzelfde massa $m = 2.0 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$, heeft de volgende verdeling, die ruwweg de Maxwellverdeling nabootst,

$v \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$	N_v
220	1600
440	4100
660	4700
880	3100
1100	1300
1320	400

- a) Bepaal v_{rms} voor deze snelheidsverdeling.
b) Gegeven deze waarde voor v_{rms} , welke effectieve temperatuur zou je aan dit gas toekennen?

Oefening 3 (18.55)

Zuurstof diffundeert van het oppervlak van insecten naar het inwendige door kleine tubes die trachea heten. Een gemiddelde trachea is ongeveer 2mm lang en heeft een oppervlakte doorsnede van $2 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2$. Veronderstel dat de concentratie aan zuurstof in het inwendige van het insect ongeveer de helft is van die in de atmosfeer.

- a) Toon aan dat de zuurstofconcentratie in de lucht bij 20°C ongeveer 8.7 mol/m^3 is (21% van de moleculen in de lucht zijn zuurstofmoleculen).
b) Bereken de diffusiesnelheid J . Veronderstel dat de diffusieconstante gelijk is aan $D = 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$.
c) Schat de gemiddelde tijd die een molecule nodig heeft om naar binnen te diffunderen. Uit het voorbeeld uit het handboek volgt

$$t \approx \frac{\bar{C}}{\Delta C} \frac{(\Delta x)^2}{D},$$

$$\text{waarbij } \bar{C} = \frac{1}{2}(C_{\text{atm}} + C_{\text{insect}}).$$