**7.1 Eenparige cirkelbeweging**

**Opgave 1**

Voor de opkomst van de MP3­speler werd draagbare muziek meestal afgespeeld op een walkman. Hierin zit een verwisselbare cassette met een lange, dunne, opgerolde band waarop de muziek in magnetische vorm is opgeslagen. De band loopt in de cassette van de volle spoel A naar de lege opwindspoel B.

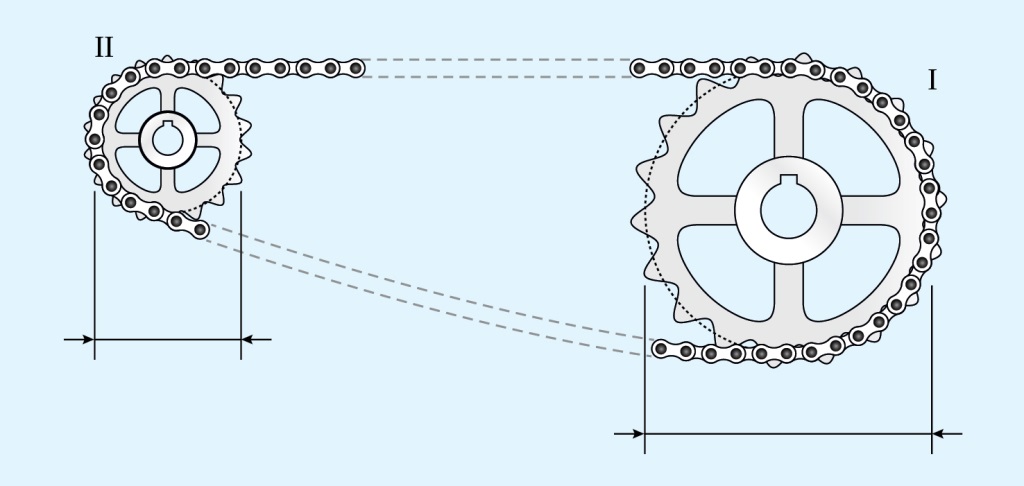
Het cassettebandje in de walkman heeft een snelheid van 5,00 cm/s. De totale speelduur aan één kant van de cassette bedraagt 45,0 minuten. Een volle spoel heeft een diameter van 4,80 cm; de lege spoel zelf heeft een diameter van 2,20 cm.

a Bereken de lengte van de cassetteband.

b Bereken de kortste en de langste omlooptijd van een spoel.

**Opgave 2**

In figuur 7.1 zie je een gedeelte van een fiets. Door middel van de ketting wordt het achtertandwiel II in beweging gebracht door de trapper die vast zit aan het voortandwiel I. De middellijnen van deze tandwielen verhouden zich als 2:1.



**Figuur 7.1**

a Beredeneer dat de baansnelheid van de tanden op I even groot is als de baansnelheid van de tanden op II.

b Bereken de verhouding van de omlooptijden van tandwielen.

**Opgave 3**

Op een CD zit de informatie opgeslagen in de vorm van kleine putjes. Op een bepaalde plaats op de CD kan wel of geen putje aanwezig zijn. Een laserstraal in de Cd-speler tast tijdens het afspelen de CD af en bepaalt of er op een bepaalde plaats een putje aanwezig is of niet. Neem aan dat de putjes overal op de CD dezelfde afmeting hebben.

De putjes liggen in cirkelvormige sporen op de CD. Tijdens het afspelen draait de CD rond en worden de sporen een voor een, van binnen naar buiten afgetast.

a Leg uit of tijdens het afspelen van de CD de draaisnelheid toeneemt of juist afneemt.

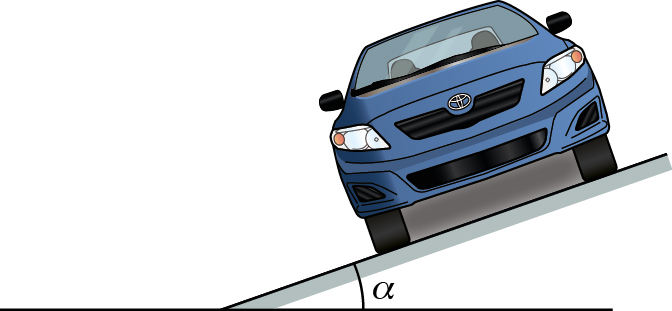
De straal van een spoor varieert tussen de 2,1 cm en de 5,8 cm. De putjes komen met een snelheid van 1,2 m/s langs de laserstraal.

b Bereken het minimale en de maximale toerental van een CD.

**7.2 Middelpuntzoekende kracht**

**Opgave 4**

Bij een goed aangelegde weg is het wegdek in een bocht schuin. Zie figuur 7.2. Bij een bepaalde bocht is de hoek α zo gekozen dat een auto met een snelheid van 90 km/h nog net de bocht kan nemen, ook al zouden de dwarswrijvingskrachten geheel ontbreken!



**Figuur 7.2**

a Leg uit waarom de vereiste middelpuntzoekende kracht niet evenwijdig is aan de helling, maar horizontaal gericht is.

b Teken in figuur 7.2 de krachten die op de auto werken als vectoren. Teken hierbij de zwaartekracht als een pijl met een lengte van 3,0 cm.

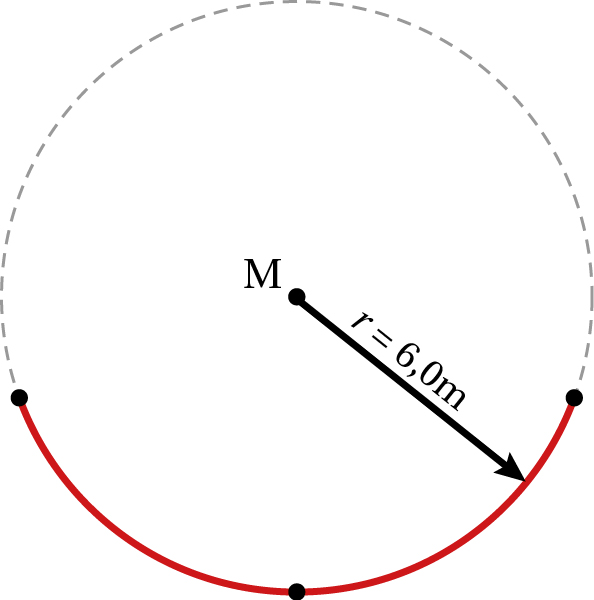
c Maak aan de hand van je aangepaste figuur 7.2 duidelijk hoe er toch een middelpuntzoekende kracht kan worden geleverd, ook al zouden dwarswrijvingskrachten geheel ontbreken.

Als voorbeeld neem je een auto met een massa van 1,2⋅103 kg, die door een bocht gaat met een straal van 0,75 km.

d Bereken hoe groot hoek α dan minstens moet zijn om de auto niet uit de bocht te laten vliegen.

**Opgave 5**

Tijdens de gymles zwaait Petra aan de ringen. Haar zwaartepunt beschrijft tijdens dit heen en weer slingeren een deel van een cirkelbaan. Zie figuur 7.3. De straal van de cirkel is 6,0 m. Petra’s massa bedraagt 50 kg.



**Figuur 7.3**

Tijdens het slingeren is haar snelheid in het laagste punt van de baan 8,9 m/s.

a Toon aan dat de middelpuntzoekende kracht in dat punt 6,6⋅102 N bedraagt.

b Bereken de kracht die Petra in het laagste punt met haar beide handen moet uitoefenen.

**Opgave 6**

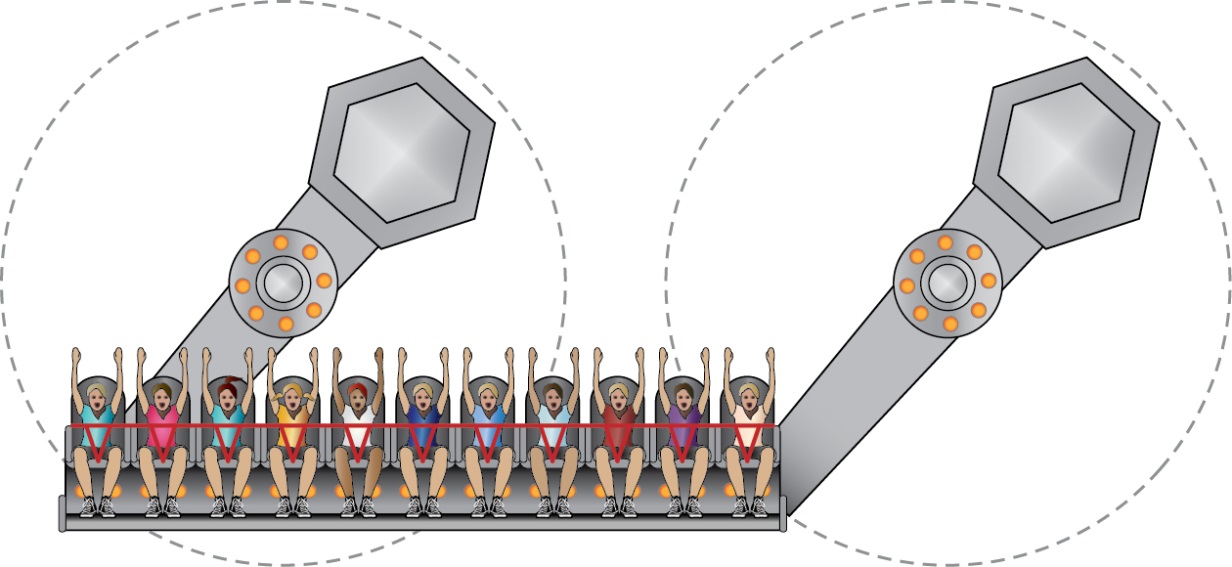
Je draait een emmer water rond in een verticaal vlak met een snelheid van 6,4 m/s. De straal van de cirkelbaan bedraagt 0,80 m. De emmer heeft een inhoud van 10 liter en is voor 40% gevuld met water.

a Toon aan dat het water in de emmer blijft.

b Bereken in het hoogste punt van de baan de normaalkracht op het water.

**Opgave 7**

Op een kermis staat een attractie die bestaat uit een bank die in een verticaal vlak kan ronddraaien. Zie figuur 7.4. Als je op die bank zit, beschrijf je in een verticaal vlak een cirkelbaan met een straal van 3,00 m.



**Figuur 7.4**

De bank gaat steeds sneller ronddraaien. Je merkt op een bepaald moment dat je in het hoogste punt net loskomt van de bank.

a Bereken de snelheid van de bank op dat moment.

Je hebt een massa van 56,0 kg. Op een bepaald moment beweegt de bank met een snelheid van 5,00 m/s.

b Bereken de normaalkracht van de bank op je lichaam in het hoogste punt van de baan.

c Bereken de normaalkracht in het laagste punt van de baan.

**Opgave 8**

Kogelslingeren is een oeroude atletiekdiscipline. Het doel is om een zware kogel aan een staalkabel zo ver mogelijk weg te slingeren. De kogel wordt eerst aan de staalkabel in een cirkelbaan rondgeslingerd. Op een bepaald moment laat de atleet de kabel los en vliegt de kogel ver weg.

Aanvankelijk draait de atleet langzaam rond zijn lichaamsas, maar gaat steeds sneller ronddraaien. Na een zekere tijd neemt de draaisnelheid niet meer toe en beschrijft de kogel in een horizontaal vlak een cirkelbaan met een straal van 1,85 m. De atleet moet dan een spierkracht van 2,80 kN op de kabel uitoefenen. De totale massa van de kogel bedraagt 6,25 kg.

a Toon aan dat de hoek α tussen de kabel en de verticaal 88,7° bedraagt.

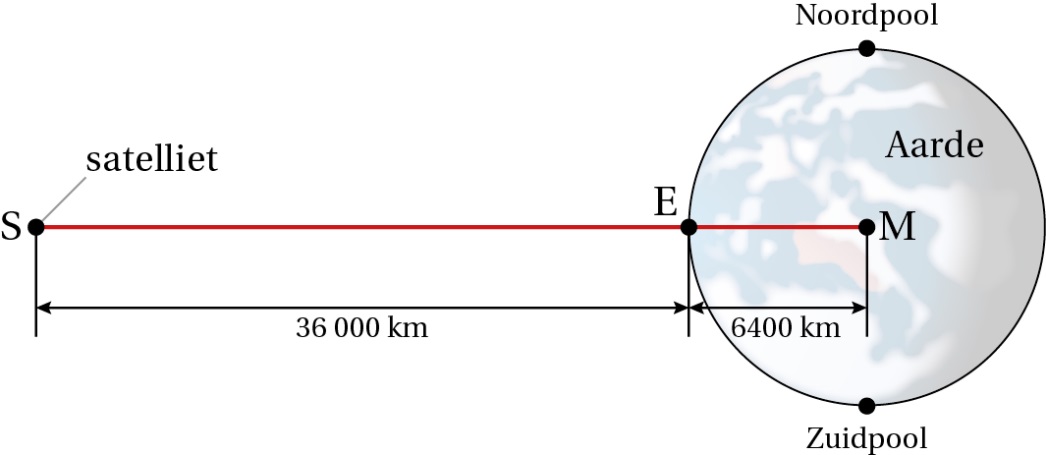
b Bereken de baansnelheid van de kogel.

**7.3 Gravitatiekracht**

**Opgave 9**

Een satelliet die tv-programma’s naar de aarde doorseint, staat recht boven de evenaar op een afstand van 36 000 km van het aardoppervlak. Marylou, die in Utrecht woont, wil deze programma’s opvangen met een schotelantenne. Utrecht bevindt zich op 52°noorderbreedte. Dit betekent dat de verbindingslijn tussen Utrecht en het middelpunt van de aarde een hoek van 52°maakt met het vlak van de evenaar. Om de opgave te vereenvoudigen, neem je aan dat de satelliet zich precies ten zuiden van Utrecht bevindt.

Zie figuur 7.5.



**Figuur 7.5**

a Bepaal door middel van een constructie in figuur 7.54 de hoek met de horizon die de as van de schotelantenne moet hebben.

b Bereken de hoek met de horizon die de as van de schotelantenne moet hebben.

c Beschrijft de satelliet een polaire of een geostationaire baan om de aarde? Licht je antwoord toe.

d Noem drie verschillen tussen polaire en geostationaire satellieten.

**Opgave 10**

Een communicatiesatelliet met een massa van 1,5⋅103 kg beschrijft een geostationaire baan. Je gaat de afstand van deze satelliet tot de evenaar nu iets nauwkeuriger berekenen dan in de tekst van het kernboek.

a Hoe groot zal de omlooptijd van de satelliet volgens jou zijn?

b Bepaal met behulp van BINAS tabel 31 hoe groot de omlooptijd van de satelliet is in vier significante cijfers.

c Toon aan dat deze satelliet zich op een hoogte van 3,58⋅104 km boven de evenaar bevindt.

d Als men deze satelliet een tweemaal zo grote massa had gegeven, hoe groot zou dan de hoogte boven de evenaar zijn? Licht je antwoord toe.

**Opgave 11**

Twee satellieten die voor weersvoorspellingen dienen, beschrijven polaire banen om de aarde. De baan van satelliet 1 bevindt zich op 300 km boven het aardoppervlak; satelliet 2 vliegt echter op een hoogte van 1000 km.

Bereken de omlooptijden van beide satellieten. Geef je antwoord in minuten.

**Opgave 12**

Een denkbeeldige satelliet draait op te verwaarlozen hoogte boven de evenaar rond de aarde. Bij de beantwoording van onderstaande vragen mag je de luchtweerstandskracht verwaarlozen.

a Bereken de omlooptijd van de satelliet. Geef je antwoord in minuten.

Je gaat nu een gedachte-experiment uitvoeren. Veronderstel dat er ter hoogte van de evenaar een gat dwars door de aarde is geboord. Je laat op het moment dat de satelliet boven het gat langskomt een steen in het gat vallen. Het blijkt dat de steen precies op hetzelfde moment aan de andere kant van de aarde aankomt als de satelliet.

b Leg uit dat de steen aan de andere kant van de aarde niet uit het gat komt, maar precies op het aardoppervlak weer terugvalt het gat in.

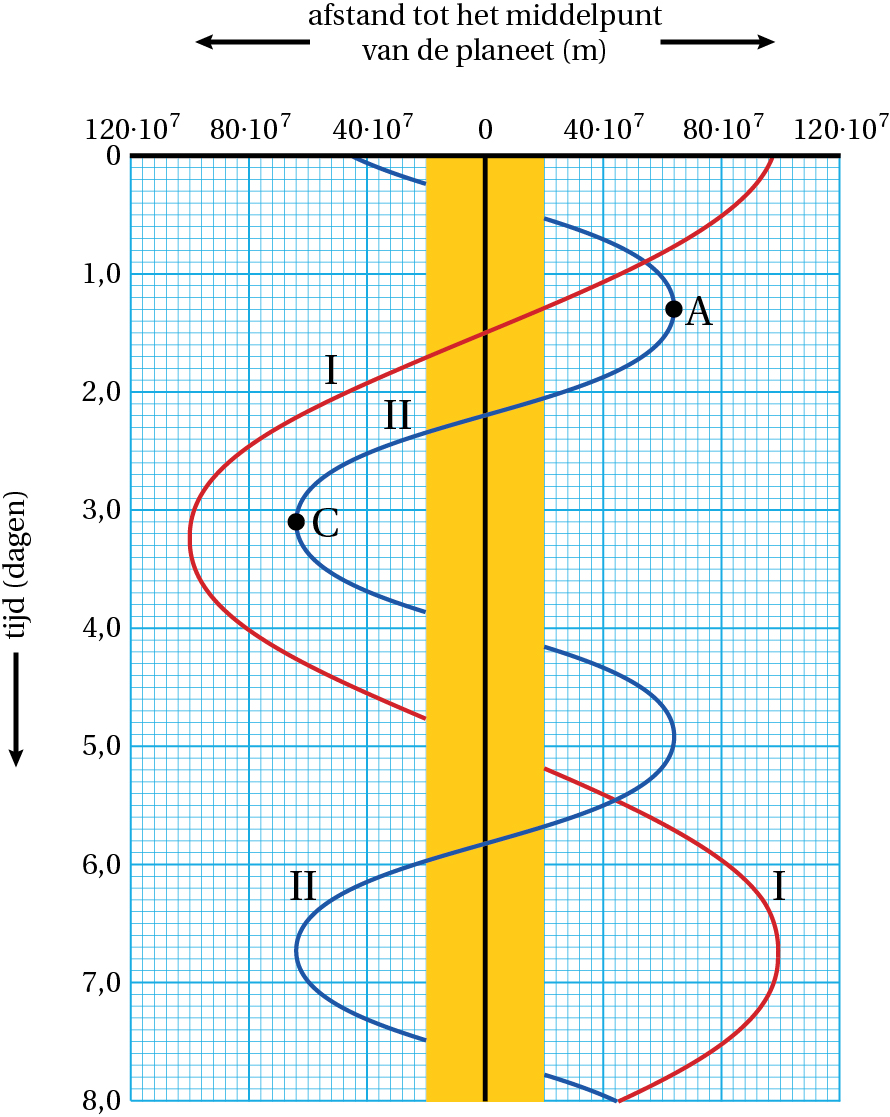
Uit symmetrieoverwegingen moet de steen de grootste snelheid hebben als hij zich precies in het centrum van de aarde bevindt. De satelliet heeft dan een kwart van zijn omloop volbracht.

c Hoe lang duurt het voordat je de steen voor het eerst weer uit het gat tevoorschijn ziet komen? Licht je antwoord toe.

**Opgave 13**

Om een planeet cirkelen twee manen (I en II). Hun banen liggen in één vlak. Een waarnemer op aarde bevindt zich voortdurend in hetzelfde vlak. Met gelijke tussenpozen maakt hij een aantal dagen achtereen foto’s van de planeet en de manen. Daarna maakt hij met behulp van deze foto’s een diagram, waarin de positie van elke maan ten opzichte van de planeet is uitgezet tegen de tijd. Er ontstaan dan twee krommen. Zie figuur 7.6.

Als een kromme in de figuur onderbroken is, bevindt de betreffende maan zich achter de planeet.



**Figuur 7.6**

a Toon met behulp van figuur 7.6 aan, dat de beweging van de manen om de planeet aan de derde wet van Kepler voldoet. Dat wil zeggen: toon aan dat de constante in  voor beide manen dezelfde waarde heeft.

b Bepaal de baansnelheid van maan I.

c Op welk tijdstip bevinden de beide manen en de waarnemer op aarde zich voor het eerst na *t* =0 s op één lijn?

d Leg uit welke van de twee manen op dat moment het dichtst bij de aarde is.