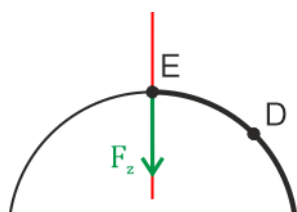
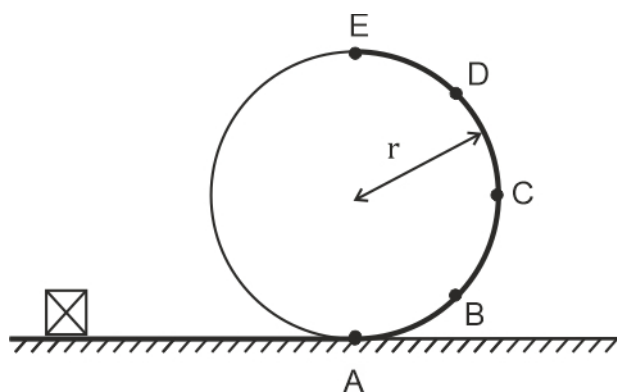


## Eenparige cirkelbeweging

### Opgave R01: Looping

- a) Pak dit probleem weer systematisch aan zoals je dat bij de eerdere opgaven ook hebt moeten doen.

Het karretje beschrijft in punt E een eenparige cirkelbeweging, je weet dus dat de resulterende kracht op het karretje een verticaal naar beneden gerichte kracht moet zijn. De "relevante" richting is dus verticaal.



Maak een schets van de situatie en geef daarin alle krachten weer die een bijdrage leveren aan die verticaal omlaag gerichte resulterende kracht (dat zijn al die krachten die niet  $90^\circ$  de relevante richting staan). Het karretje blijft nog net in de baan, met andere woorden het karretje drukt niet tegen de baan en dus drukt de baan niet tegen het karretje (derde wet van Newton), de normaalkracht is dan gelijk aan 0 N. De enige kracht die een bijdrage levert aan de verticaal omlaag gerichte resulterende kracht is de zwaartekracht.

Dus er geldt:

$$1) F_r = F_{mpz} = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

$$2) F_r = F_z = m \cdot g$$

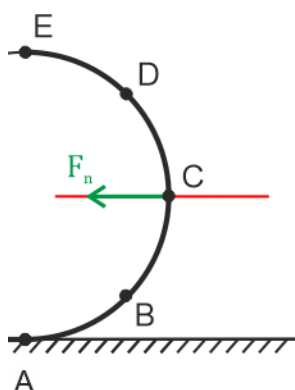
$$\Rightarrow \frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot g$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{r \cdot g} = \sqrt{4,5 \cdot 9,81} = 6,644 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\Rightarrow v = 6,6 \text{ m/s}$$

- b) Het kleingeld in de tas van de man valt niet uit zijn tas, want ook voor het kleingeld geldt de berekening van a).  
Gaat het karretje iets langzamer dan valt het geld omlaag, gaat het karretje iets sneller dan wordt het geld stevig in de tas gedrukt.

c) Maak ook hier weer eerst een schets van de situatie.



In punt C voert het karretje een eenparige cirkelbeweging uit, dus moet er in punt C een resulterende kracht op het karretje werken die horizontaal naar links gericht is. De “relevante” richting is dus horizontaal. Teken nu alle krachten die een bijdrage leveren aan deze horizontaal gerichte resulterende kracht (dat zijn al die krachten die niet  $90^\circ$  op de “relevante” richting staan).

De normaalkracht is de enige kracht die van belang is, daar de zwaartekracht geen component in de “relevante” richting heeft.

Dus er geldt:

$$1) F_r = F_{mpz} = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

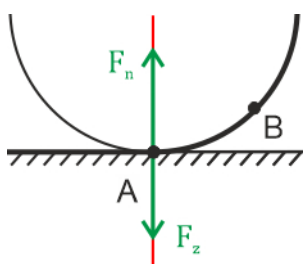
$$2) F_r = F_n$$

$$\Rightarrow F_n = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

$$\Rightarrow F_n = \frac{800 \cdot 12^2}{4,5} = 25600 \text{ N}$$

$$\Rightarrow F_n = 2,6 \cdot 10^4 \text{ N}$$

d) Maak weer eerst een schets van de situatie.



In punt A voert het karretje een eenparige cirkelbeweging uit, dus moet er in punt A een resulterende kracht op het karretje werken die verticaal omhoog gericht is. De “relevante” richting is dus verticaal. Teken nu alle krachten die een bijdrage leveren aan deze verticaal omhoog gerichte resulterende kracht (dat zijn wederom al die krachten die niet  $90^\circ$  op de “relevante” richting staan).

Dit is zowel de zwaartekracht als de normaalkracht.

Dus er geldt:

$$1) F_r = F_{mpz} = \frac{m \cdot v^2}{r} = \frac{800 \cdot 12^2}{4,5} = 25600 \text{ N}$$

$$2) F_r = F_n - F_z$$

$$* F_z = m \cdot g = 800 \cdot 9,81 = 7,848 \cdot 10^3 \text{ N}$$

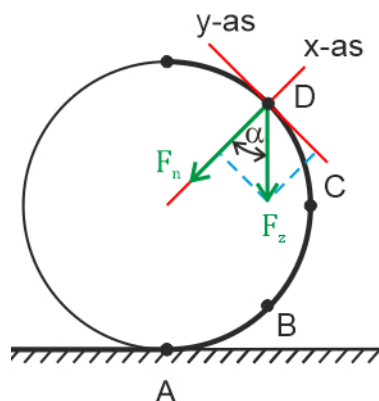
$$\Rightarrow F_r = F_n - 7,848 \cdot 10^3$$

$$\Rightarrow 25600 = F_n - 7,848 \cdot 10^3$$

$$\Rightarrow F_n = 3,3448 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$\Rightarrow F_n = 3,3 \cdot 10^4 \text{ N}$$

e)



- f) Ga uit van de tekening van e). In punt D voert het karretje een eenparige cirkelbeweging uit, dus moet er in punt D een resulterende kracht op het karretje werken die naar het midden van de cirkel is gericht. De “relevante” richting is de x-as zoals weergegeven in de schets in e). In dit geval leveren zowel de normaalkracht als de zwaartekracht een bijdrage aan deze resulterende kracht. Bedenk wel dat de zwaartekracht niet evenwijdig is aan de “relevante” richting en dus eerst moet worden ontbonden langs de x-as.

Er geldt:

$$1) F_r = F_{mpz} = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

$$2) F_r = F_n + F_{z,x}$$

$$* F_{z,x}: \cos(\alpha) = \frac{F_{z,x}}{F_z}$$

$$\Rightarrow F_{z,x} = F_z \cdot \cos(\alpha)$$

$$\Rightarrow F_r = F_n + F_z \cdot \cos(\alpha)$$

$$\Rightarrow \frac{m \cdot v^2}{r} = F_n + F_z \cdot \cos(\alpha)$$

$$\Rightarrow F_n = \frac{m \cdot v^2}{r} - F_z \cdot \cos(\alpha)$$

- g) De normaalkracht is het grootst in punt A, want daar zijn normaalkracht en zwaartekracht tegengesteld gericht en werken ze elkaar tegen. De normaalkracht zorgt voor de cirkelbeweging en de zwaartekracht werkt volledig tegen. De normaalkracht is het kleinst in punt E, want daar werkt de zwaartekracht volledig mee aan de cirkelbeweging.

**Opgave R02: Auto uit de bocht**

a)

$$1) F_r = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

$$* m = 2,5 \text{ kg}$$

$$* v = 130 \text{ km/h} = 36,11 \text{ m/s}$$

$$\Rightarrow F_r = \frac{3260}{r}$$

$$2) F_r = F_w = f \cdot F_n$$

$$* f = 0,25$$

$$* F_n: 1) F_r = 0$$

$$2) F_r = F_n - F_z$$

$$\Rightarrow F_n = F_z = m \cdot g = 2,5 \cdot 9,81 = 24,525 \text{ N}$$

$$\Rightarrow F_w = 6,131 \text{ N}$$

$$\Rightarrow \frac{3260}{r} = 6,131$$

$$\Rightarrow r = 531,7 \text{ m} = 5,3 \cdot 10^2 \text{ m}$$

b) Het toerental ( $n$ ) is niets anders dan het aantal rondjes per minuut. De grootte frequentie is het aantal rondjes per seconde, dus

$$n = 60 \cdot f = 60 \cdot \frac{1}{T}$$

Als een auto met 130 km aflegt in één uur gaat en het wiel niet slipt, dan is de afgelegde weg van een deeltje op de rand van de band eveneens 130 km in één uur. Met andere woorden de translatiesnelheid van de auto is gelijk aan de baansnelheid van een deeltje op de rand van de band. Zie onderstaande afbeelding. Als de gele punt 1 één rondje draait, dan legt de band een afstand gelijk aan de omtrek van de band af. Voorwaarde is natuurlijk dat de band niet mag slippen.



$$T: v = \frac{2\pi \cdot r}{T}$$

$$* v = 130 \text{ km/h} = 36,11 \text{ m/s}$$

$$* r = 21 \text{ cm} = 0,21 \text{ m}$$

$$\Rightarrow T = 3,65 \cdot 10^{-2} \text{ s}$$

$$\Rightarrow n = 1,6 \cdot 10^3 \text{ rpm}$$

c)

$$1) F_r = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

$$* m = 1,50 \cdot 10^3 \text{ kg}$$

$$* v = 53,9 \text{ km/h} = 14,97 \text{ m/s}$$

$$\Rightarrow F_r = \frac{3,36 \cdot 10^5}{r}$$

$$2) F_r = F_w = f \cdot F_n$$

$$* f = 0,65$$

$$* F_n: 1) F_r = 0$$

$$2) F_r = F_n - F_z$$

$$\Rightarrow F_n = F_z = m \cdot g = 1,50 \cdot 10^3 \cdot 9,81 = 1,47 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$\Rightarrow F_w = 9,56 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\Rightarrow r = 35,1 \text{ m}$$

Schaal van de afbeelding:

$$6,0 \text{ m} \hat{=} 6,0 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow 1,0 \text{ m} \hat{=} 1,0 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow 35,1 \text{ m} \hat{=} 35,1 \text{ mm}$$

Middelpunt cirkel:

Vanaf het begin van de bocht loodrecht op rechte weg. Zie nevenstaande afbeelding.

