

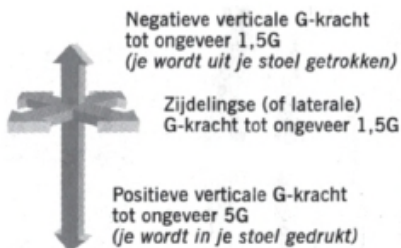
Noteer niet uitsluitend de antwoorden, maar ook je redeneringen (in correct Nederlands) en de formules die je gebruikt hebt! Maak daar waar nodig een schets van de situatie. Let op het juiste aantal significante cijfers en vergeet de eenheden niet! Maak de opgaven in de juiste volgorde en werk netjes.

Met potlood geschreven tekst wordt niet gecorrigeerd!  
Het gebruik van Tipp-Ex is niet toegestaan.

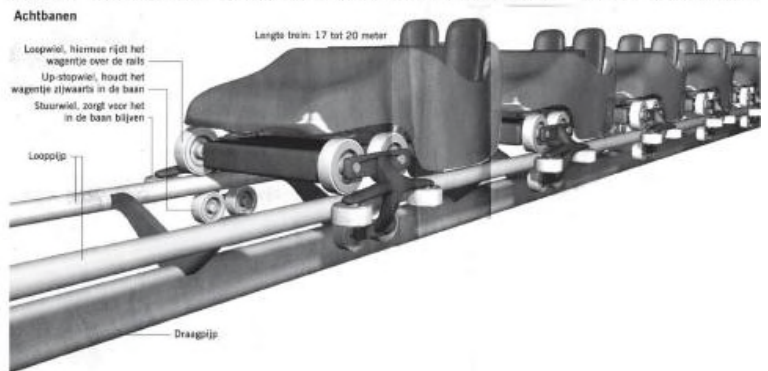
**Opgave 1**

De werkende krachten op je lichaam tijdens een rit door een looping

- ➔ Zwaartekracht
- ➔ Gewichtservaring
- ➔ Acceleratiekracht

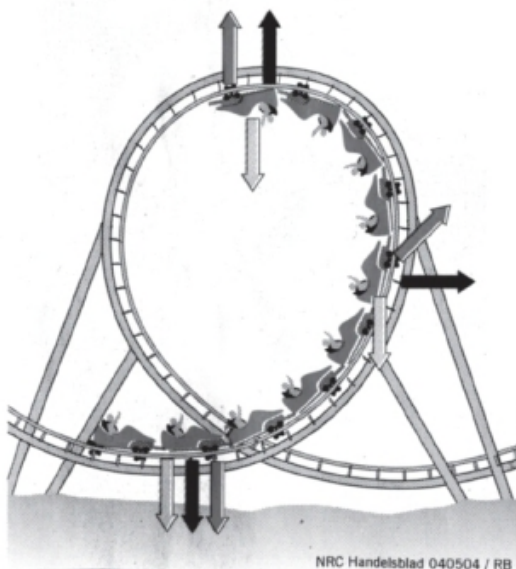


**DE KICK VAN BEHEERST GEVAAR**



Drie Nederlandse achtbanen vergeleken

	Robin Hood	Superman	Goliath
Fabrikant	Vekoma	Vekoma	Intamin AG
Type	hout	staal	staal
Maximumsnelheid	80 km/u	90 km/u	106 km/u
Duur rit	106 sec.	110 sec.	170 sec.
Baanlengte	1035 m	1000 m	1214 m
Hoogte	32 m	27,5 m	46,8 m
Loopings	0	3	0
Kenmerken	Lengte gebruikt hout: ± 198 km	Horizontaal lanceersysteem, startsnellheid 90 km/u binnen 3 sec.	Hoogste, snelste, langste en steilste achtbaan van de Benelux. Hellingshoek eerste afdaling 70°



Ben jij ook een achtbaan-fanaat? Of juist niet? Het roept in ieder geval een aantal interessante natuurkundige vragen op.

Kijk goed naar bovenstaande figuur van de looping. Er worden daarin 3 krachten genoemd. Je weet wat met zwaartekracht bedoeld wordt. Maar die andere twee? Wat denk je wat er met gewichtservaring bedoeld wordt? Wat denk je wat er met acceleratiekracht bedoeld wordt?

### Beneden

Eerst maar eens de makkelijkste situatie: onderin. De zwaartekracht staat altijd naar het midden van de aarde gericht, dus naar beneden. Dus je gewicht werkt ook naar beneden. Nu die acceleratiekracht: die zal wel iets aangeven van de richting waarin je zou versnellen, als de rail er niet zou zijn. Maar hoe doen we het in de natuurkunde les? We zeggen: een voorwerp gaat alleen een cirkelvormige baan uitvoeren als de resulterende kracht naar het midden werkt, een middelpuntzoekende kracht. De baan zelf werkt altijd met een kracht recht omhoog van de baan uit gericht, een normaalkracht.

a) Waardoor wordt de middelpuntzoekende kracht beneden veroorzaakt?

Stel dat je met een snelheid van 20 m/s de looping ingaat en die looping heeft een straal van 10 m. Zelf heb je een massa van 55 kg.

b) **Bereken** de grootte van de middelpuntzoekende kracht op jou.

c) Hoeveel keer groter dan je gewicht is dat?

d) Zou je, als de pijlen in de tekening natuurkundige vectoren zijn, de pijl van de gewichtservaring even lang tekenen als de pijl van de zwaartekracht? Zo nee, langer of korter?

Het begrip gewichtservaring blijkt hetzelfde als G-kracht.

e) Hoe groot is in onze situatie de G-kracht, als je die uitdrukt in aantal keren het gewicht? (aantal keer G)

De kracht die je ondervindt van de achtbaan is hetzelfde als maar tegengesteld gericht aan de kracht die jij lijkt uit te oefenen op de achtbaan: de gewichtservaring. Daarom staat die gewichtservaring ook naar de baan toe getekend.

### Boven

Nu de situatie bovenin. Die is wat lastiger.

f) Waarom wijst de gewichtservaring nu naar boven?

g) Voelt het gewicht even zwaar bovenin als beneden?

h) **Teken** alle krachten die bovenin op jou werken. Ga ervan uit dat de snelheid van de karretjes bovenin even groot is als de snelheid van de karretjes onderin.

i) Hoe groot is nu de gewichtservaring?

### Halverwege

Het wordt steeds moeilijker. De zwaartekracht blijft naar beneden werken. De resulterende kracht blijft naar het midden werken, als de snelheid niet verandert. Omdat de snelheid wél verandert (de trein remt natuurlijk af) zal de resulterende kracht niet precies naar het midden wijzen maar naar een punt onder het midden.

j) **Teken** weer deze situatie met alle krachten erin.

k) Hoe groot zal nu de kracht van de baan op jou zijn? Groter, kleiner of gelijk aan 4G?

### De acceleratiekracht

- l) Wat valt je op als je de richting van de acceleratiekracht vergelijkt met de krachten in jouw verschillende tekeningen?
- m) Wat zou je nu kunnen zeggen over die zogenaamde acceleratiekracht? Denk daarbij aan de derde wet van Newton.

### **Opgave 2**

Vaak worden centrifuges gebruikt om de was sneller te drogen.

- a) **Leg uit** hoe het komt dat je was kunt 'drogen' met een centrifuge. Het blijkt dat een centrifuge goed 'droogt' wanneer aan de rand een middelpuntzoekende versnelling bereikt wordt van  $1,4 \cdot 10^3 \text{ m/s}^2$ .
- b) **Bereken** met welk toerental de trommel moet draaien om aan de rand deze versnelling te leveren, als de straal 20 cm bedraagt.
- c) **Leg uit** welk toerental aan de rand dezelfde versnelling zou leveren als de straal 30 cm zou zijn.