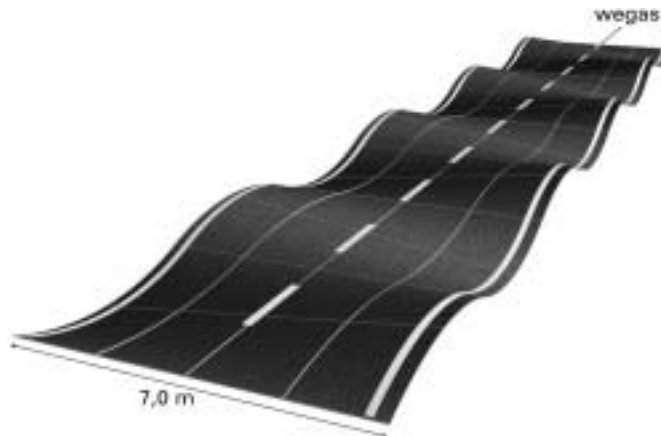


## Opgave 4 Kantelweg

In Zeeland heeft een ingenieur een weg bedacht die de snelheid van auto's moet beperken: de kantelweg. Het wegdek loopt afwisselend naar links en naar rechts af waardoor het een golfachtige structuur heeft. De as van de weg loopt horizontaal.

Figuur 9 is een computertekening van de weg. Voor de duidelijkheid zijn de hoogteverschillen overdreven.

figuur 9



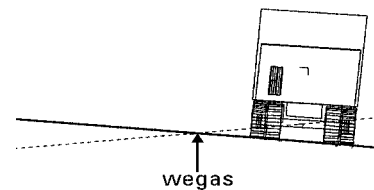
In figuur 10 is de dwarse stand van het wegdek getekend, met een vrachtwagen erop. De stippellijn geeft de stand van de weg iets verderop weer. De weg loopt naar de zijkant af met een hellingspercentage dat varieert van 0 tot 2,5%.

Het hellingspercentage is gedefinieerd als de sinus van de hellingshoek, vermenigvuldigd met 100%.

De breedte van de weg is 7,0 m.

- 3p 14  Bereken het maximale hoogteverschil tussen de randen van de weg.

figuur 10



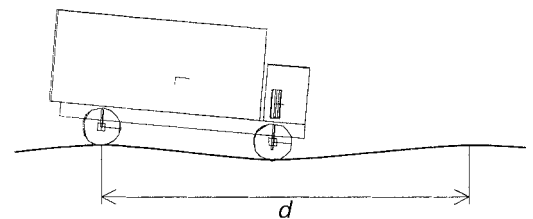
In figuur 11 zijn de weg en de vrachtwagen van opzij getekend.

Uit de figuren 9, 10 en 11 blijkt dat iemand die in de wagen zit, zowel op en neer als van links naar rechts en ook nog voorover en achterover beweegt.

De afstand tussen twee opeenvolgende hoogste punten noemen we  $d$ . Bij de kantelweg in Zeeland is  $d$  gelijk aan 10 meter.

- 3p 15  Een auto rijdt met een snelheid van 60 km/h over de weg. Bereken de frequentie van de op- en neergaande beweging.

figuur 11



# Eindexamen natuurkunde 1-2 havo 2003-I

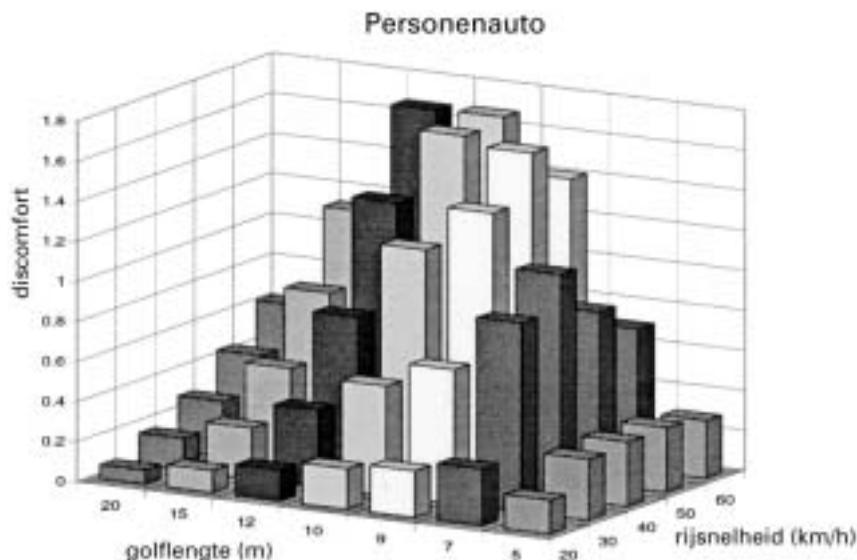
havovwo.nl

Als gevolg van de schommelingen in drie richtingen kan de bestuurder van een auto op de kantelweg zich tamelijk onprettig gaan voelen. De mate van ongemak (*discomfort*) hangt af van de snelheid.

TNO kreeg de opdracht uit te zoeken wat een geschikte 'golflengte' (de afstand  $d$  in figuur 11) is om automobilisten te 'dwingen' 40 km/h of langzamer te rijden.

In figuur 12 zijn de resultaten van het onderzoek voor een personenauto weergegeven. In dit diagram is aangegeven hoe het ongemak van een automobilist afhangt van de golflengte van de weg en de snelheid van de auto.

figuur 12



bron: TNO

Op grond van de onderzoeksresultaten concludeerde TNO dat de meest geschikte golflengtes liggen tussen 9 en 12 meter.

- 2p 16  Noem twee argumenten waarom een golflengte van 7 meter minder voldoet dan de door TNO geadviseerde golflengtes.

Een personenauto met bestuurder heeft een massa van  $1,2 \cdot 10^3$  kg.

De stugheid van de veren van de auto wordt bepaald door hun veerconstante.

Voor deze auto bedraagt de veerconstante van alle wielveren samen  $2,1 \cdot 10^5$  N/m.

- 3p 17  Bereken de eigenfrequentie van de auto.
- 2p 18  Leg uit dat er een gevaarlijke situatie kan ontstaan als de frequentie waarmee de auto gaat trillen door het rijden op de kantelweg, gelijk wordt aan de eigenfrequentie van de auto.