

Looping

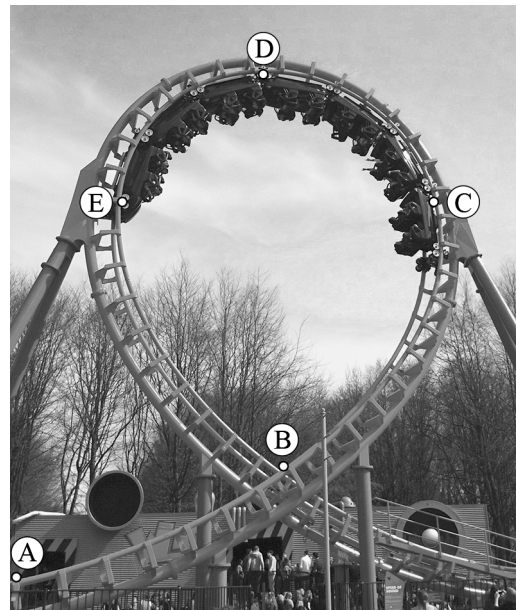
Een spectaculair onderdeel van veel achtbanen is de looping. Als het treintje van de achtbaan vanaf punt A door de looping beweegt, gaat de passagier 'over de kop'. Zie figuur 1.

Voordat het treintje bij punt A komt, rijdt het vanuit stilstand vanaf een bepaalde hoogte h boven punt A langs een helling naar beneden. (Dit is niet te zien in figuur 1.)

Het treintje heeft in punt A een snelheid van $27,8 \text{ m s}^{-1}$.

- 3p 1 Bereken hoe groot deze hoogte h boven punt A minimaal moet zijn.

figuur 1



De passagier beweegt in baandeel CDE in een halve cirkel met een diameter van $11,0 \text{ m}$.

Als de passagier zich in het hoogste punt van de looping bevindt (en dus ondersteboven hangt), mag hij niet uit het treintje vallen.

Hiervoor moet het treintje in het hoogste punt van de looping minimaal een bepaalde snelheid hebben.

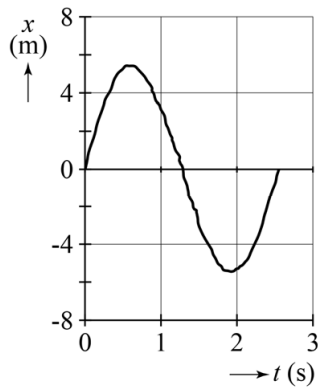
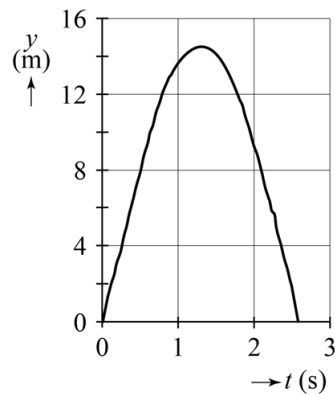
- 3p 2 Bereken deze snelheid.

Ineke en Rob onderzoeken met videomaten de beweging van het treintje door de looping. Ze hebben de beweging van het midden van de middelste wagon van het treintje gemeten. Punt B in figuur 1 wordt twee keer gepasseerd: één keer als het treintje de looping in beweegt en één keer als het treintje de looping weer verlaat. De richtingen omhoog en naar rechts worden als positief genomen.

Uit de videometing krijgen ze de grafieken van figuur 2 en 3.

In figuur 2 ((x,t) -diagram) is de beweging in de horizontale richting te zien.

In figuur 3 ((y,t) -diagram) is de beweging in de verticale richting te zien.

figuur 2**figuur 3**

Figuur 2 is vergroot weergegeven op de uitwerkbijlage. Op $t = 0$ s passeert het treintje punt B.

- 1p **3** Geef in de figuur op de uitwerkbijlage aan op welk tijdstip het treintje punt E passeert.

Ineke en Rob willen de snelheid bepalen op het moment dat het treintje in punt B de looping ingaat. De grootte snelheid is een vectorgrootte, net als de grootte kracht. Je kunt daarom de grootte van de snelheid op dezelfde manier uit zijn componenten berekenen als bij kracht. Op de uitwerkbijlage staan figuur 2 (nogmaals) en figuur 3 vergroot weergegeven.

- 5p **4** Bepaal met behulp van de figuren op de uitwerkbijlage de grootte van de snelheid op het moment dat het treintje in punt B de looping ingaat.

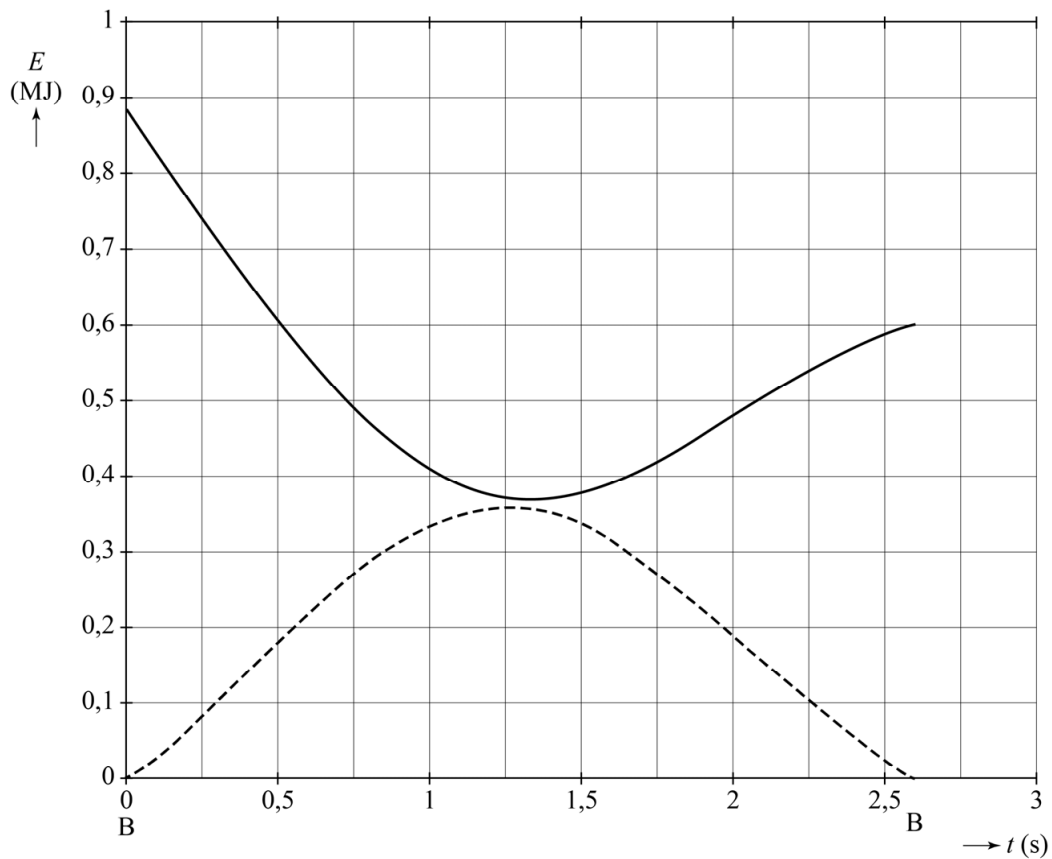
Ineke beweert dat de **voorste** wagon van het treintje het hoogste punt D met een grotere snelheid passeert dan de middelste wagon (zie figuur 1). Rob beweert dat de **achterste** wagon van het treintje het hoogste punt D met een grotere snelheid passeert dan de middelste wagon.

- 3p **5** Leg voor Ineke uit of ze gelijk heeft en leg voor Rob uit of hij gelijk heeft.

Punt B in figuur 1 wordt gepasseerd als het treintje de looping in beweegt en als het treintje de looping weer verlaat. Door wrijvingskrachten in de looping komt er warmte vrij.

In figuur 4 staan de kinetische energie en de zwaarte-energie tijdens de beweging van de middelste wagon door de looping (het traject BCDEB) uitgezet als functie van de tijd.

figuur 4



- 4p 6 Bepaal met behulp van de figuren 1 en 4 de gemiddelde wrijvingskracht die het treintje in het traject BCDEB ondervindt.