

Springende hydrogelballetjes

Op internet zijn verschillende filmpjes te vinden van hydrogelballetjes, die in een hete koekenpan hevig op en neer stuiten. Zie figuur 1.

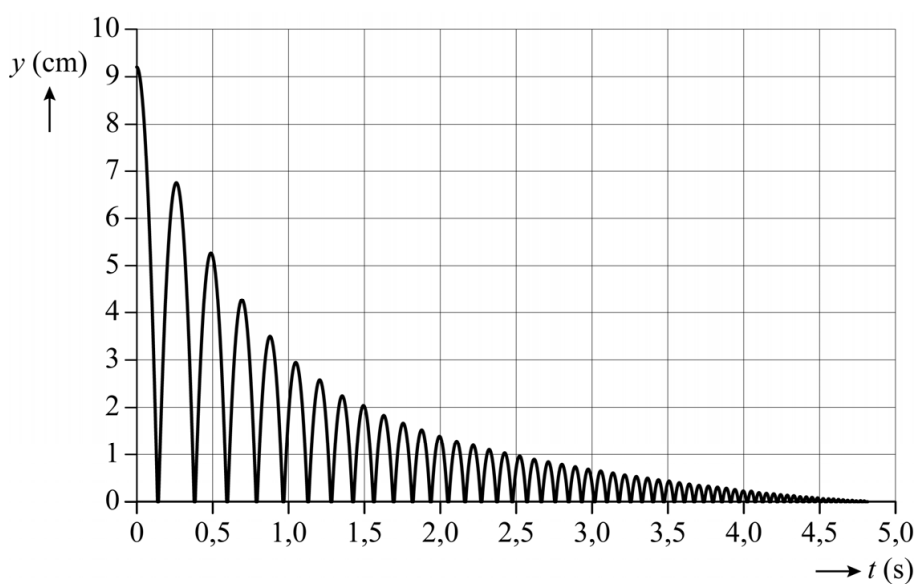
figuur 1

Hydrogelballetjes zijn elastische balletjes die voor het grootste deel uit water bestaan. Ze hebben een massa van 1,75 gram per balletje.



Nathalie en Karim zijn gefascineerd door de filmpjes en onderzoeken de beweging van de hydrogelballetjes. In hun eerste experiment laten ze een hydrogelballetje los vanaf een hoogte van 9,2 cm boven een koude koekenpan. Met behulp van videometen maken ze een (y, t) -diagram van de beweging van het balletje. Zie figuur 2. Hierin is y de positie van de onderkant van het balletje.

figuur 2



De hele stuiterbeweging is de beweging van top tot top. Nathalie en Karim delen deze beweging op in drie delen:

- I het naar beneden vallen van het balletje
- II het stuiten op de koekenpan, dit noemen ze de “stuit”
- III het naar boven bewegen van het balletje

Na een stuit bereikt het balletje een kleinere maximale hoogte dan daarvoor. Het balletje verliest dus energie.

- 3p **5** Op de uitwerkbijlage staat een deel van figuur 2 vergroot weergegeven. Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage het energieverlies van het balletje tijdens de eerste hele stuiterbeweging. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.

Nathalie en Karim willen weten wat de oorzaak van het energieverlies is. Daarvoor hebben ze twee mogelijkheden bedacht:

- 1 Het energieverlies wordt veroorzaakt door luchtweerstand.
- 2 Het energieverlies wordt veroorzaakt tijdens de stuit.

mogelijkheid 1

Het energieverlies door de luchtweerstand kan berekend worden uit de beginhoogte van 9,2 cm en de snelheid waarmee het balletje de pan raakt. Helaas blijkt de bepaling van deze snelheid uit de beschikbare metingen zo onnauwkeurig te zijn dat het energieverlies zowel 0% als 13% kan zijn en alles daar tussenin.

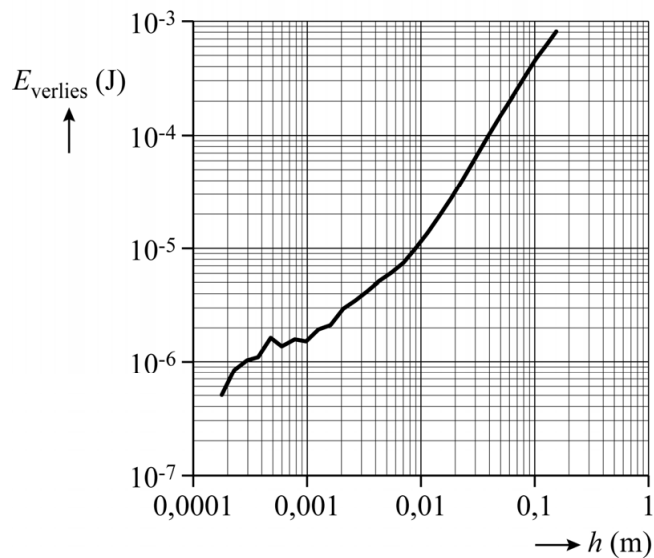
- 4p **6** Voer de volgende opdrachten uit:
- Bereken de snelheid waarmee het balletje de pan raakt als het energieverlies door luchtweerstand gelijk is aan 13%.
 - Toon aan dat deze snelheid zonder energieverlies door luchtweerstand even groot is, als je de berekende snelheden in het juiste aantal significante cijfers noteert.

mogelijkheid 2

- 4p **7** Leg uit hoe je met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage zou kunnen bepalen hoe groot het energieverlies, in procenten, is tijdens de stuit. Laat duidelijk zien hoe je de figuur hierbij moet gebruiken.

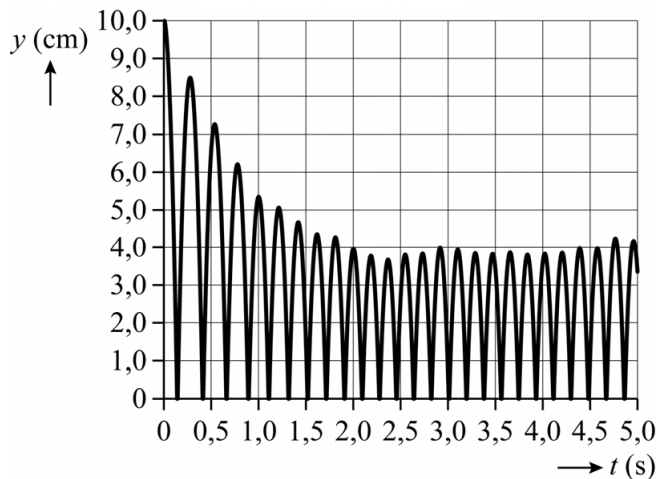
Helaas blijken de metingen van Nathalie en Karim te onnauwkeurig om te bepalen wat de oorzaak van het energieverlies is. Onderzoekers in Leiden hebben het gedrag van de hydrogelballetjes ook onderzocht. Om het energieverlies nauwkeurig te kunnen bepalen hebben zij de stuiterbeweging gefilmd met een hogesnelheidscamera. Ze lieten de balletjes van verschillende hoogtes vallen op een koude koekenpan. Bij elke valhoogte h bepaalden zij hoe groot het energieverlies is bij één stuiterbeweging. Zie figuur 3.

figuur 3



Vervolgens lieten de onderzoekers de balletjes vallen op een hete koekenpan. Ze namen waar dat de balletjes gedurende enkele minuten bleven stuiteren en dat hun stuiterhoogte al na een paar seconden niet meer afnam. Dit laatste noemen we de 'stabiele situatie'. De massa van de balletjes verandert in deze situatie niet. In figuur 4 is het $y(t)$ -diagram weergegeven van balletjes die stuiteren op een hete koekenpan.

figuur 4



De figuren 3 en 4 zijn vergroot op de uitwerkbijlage weergegeven.

- 2p **8** Bepaal met behulp van de figuren op de uitwerkbijlage hoeveel energie de hete koekenpan per stuit overdraagt aan het balletje tijdens de stabiele situatie. Noteer je antwoord in één significant cijfer.