

Opgave 4 Bungee-trampoline

Lisa gaat trampolinespringen op een bungee-trampoline. Zie figuur 1.

figuur 1



Lisa krijgt een tuigje om waaraan twee elastische koorden zijn vastgemaakt. De elastische koorden zitten vast aan staalkabels. Deze kabels worden door een elektromotor om een haspel gewonden. Daardoor wordt Lisa langzaam verticaal omhooggetrokken totdat ze een flink stuk boven de trampoline stil hangt.

Elk elastisch koord heeft een veerconstante van 120 N m^{-1} en wordt vanuit ontspannen toestand $3,1 \text{ m}$ uitgerekt. Het zwaartepunt van Lisa gaat hierbij $2,3 \text{ m}$ omhoog. De massa van Lisa met haar tuigje is 48 kg .

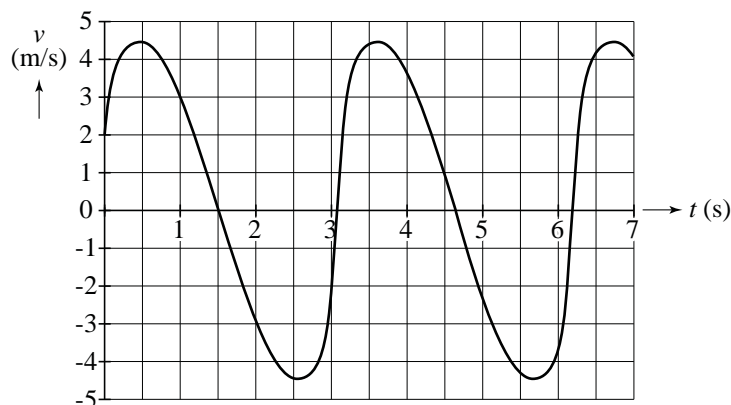
4p **16** Bereken de arbeid die de elektromotor hiervoor moet verrichten.

De situatie waarbij ze stil hangt is schematisch weergegeven in de figuur op de uitwerkbijlage.

4p **17** Bepaal met behulp van een constructie in de figuur op de uitwerkbijlage de grootte van de kracht in één elastisch koord.

Vervolgens wordt Lisa door een helper omlaag getrokken totdat haar voeten de trampoline raken en zij zich kan afzetten. Na een aantal keren afzetten maakt Lisa hoge, verticale sprongen. Zij komt hierbij niet boven de stelling uit. Van de sprongen worden met een videocamera opnamen gemaakt. Op grond hiervan is een (v, t) -grafiek gemaakt van het zwaartepunt van Lisa. Zie figuur 2.

figuur 2



Figuur 2 staat vergroot op de uitwerkbijlage.

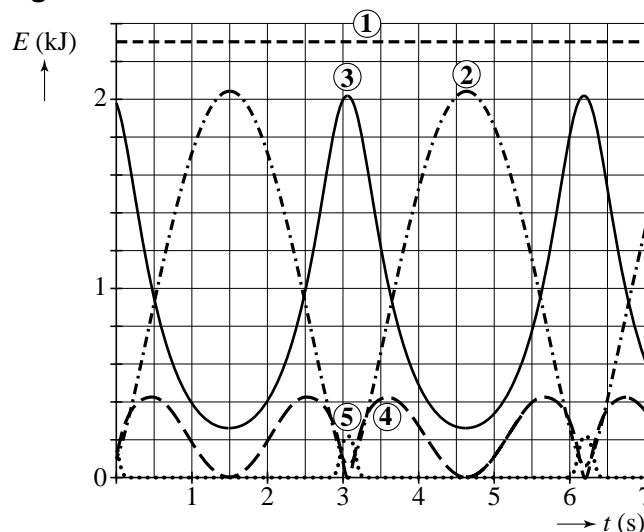
- 3p **18** Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage het maximale hoogteverschil van het zwaartepunt van Lisa tijdens één sprong.
- 4p **19** Ga met behulp van een bepaling in de figuur op de uitwerkbijlage na of in het hoogste punt van de beweging de elastieken nog krachten uitoefenen op Lisa.

De (v, t) -grafiek van figuur 2 is geen zuivere sinus. De beweging van Lisa is dus geen harmonische trilling. Dit is geen gevolg van wrijvingskrachten of van de invloed van de wind. De oorzaak is dat de resulterende kracht op Lisa niet rechtevenredig is met de uitwijking ten opzichte van de evenwichtsstand.

- 2p **20** Geef hiervoor twee redenen.

De sprongen van Lisa worden nagebootst in een model. Dit levert het diagram van figuur 3.

figuur 3



In figuur 3 staan energieën weergegeven als functie van de tijd:

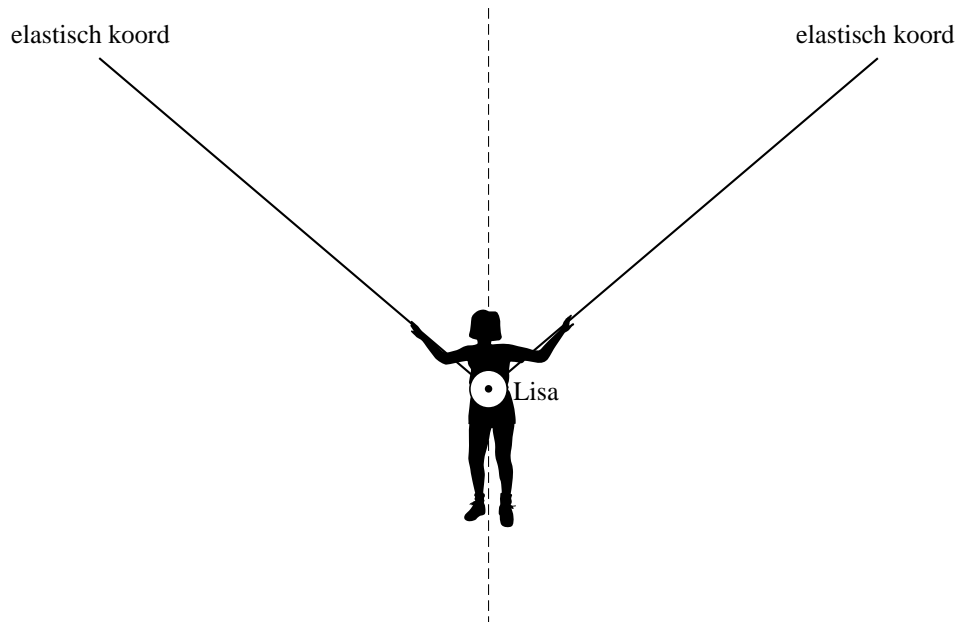
- kinetische energie E_k
- zwaarte-energie E_z
- veerenergie van de elastieken E_{v-el}
- veerenergie van de trampoline E_{v-tr}
- totale energie E_{tot}

Figuur 3 staat vergroot op de uitwerkbijlage.

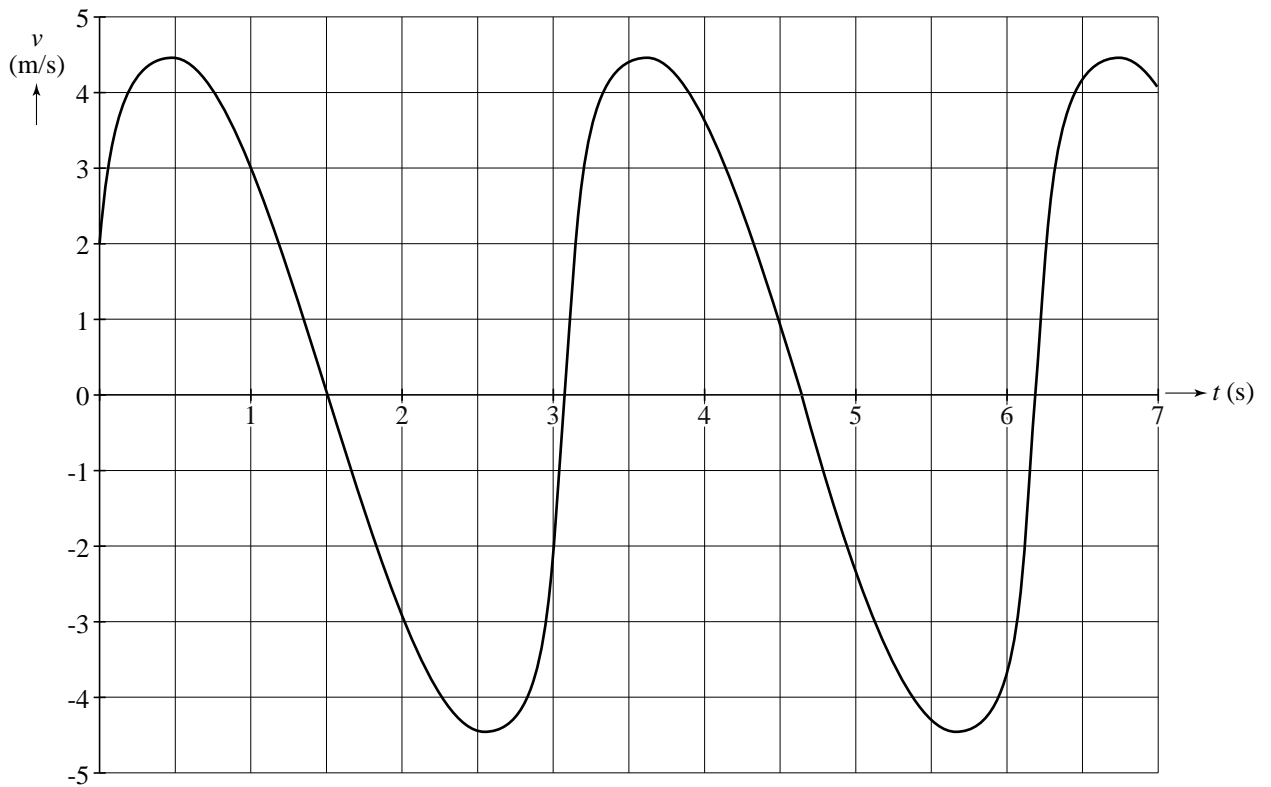
- 3p **21** Vul op de uitwerkbijlage in hoe bovengenoemde energieën corresponderen met de grafieken 1 tot en met 5.

uitwerkbijlage

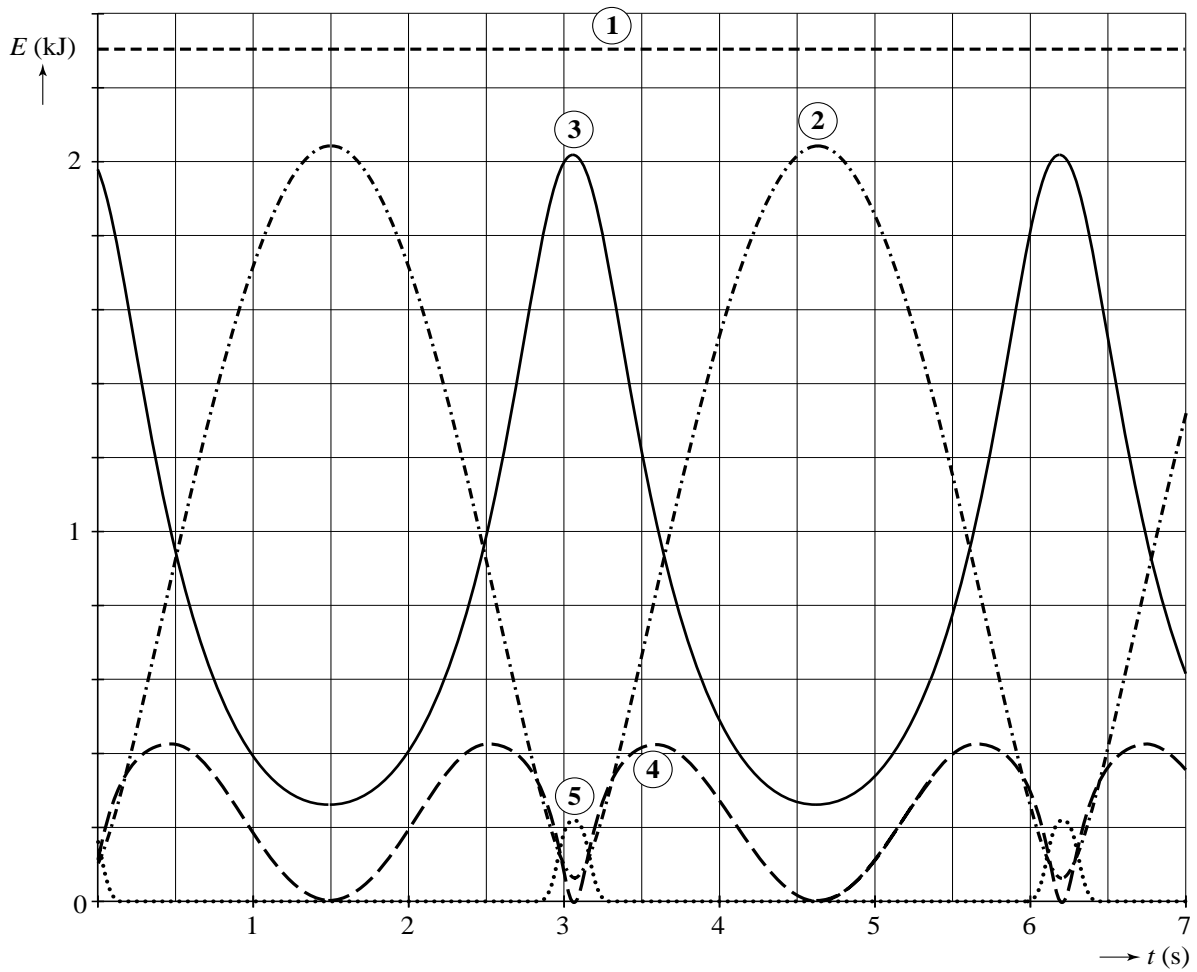
17



18 en 19



21



In de figuur hierboven staan de volgende energieën:

- kinetische energie E_k
- zwaarte-energie E_z
- veerenergie van de elastieken E_{v-el}
- veerenergie van de trampoline E_{v-tr}
- totale energie E_{tot}

Vul in onderstaande tabel in hoe bovengenoemde energieën corresponderen met de grafieken 1 tot en met 5.

Grafiek	Energie
1	
2	
3	
4	
5	