

Opslag van energie

Karel en Bas doen voor hun profielwerkstuk een onderzoek naar alternatieve manieren van energieopslag. Ze vinden op internet een filmpje waarbij zwaarte-energie gebruikt wordt om energie op te slaan: er is een kabelbaan waaraan grote bakken hangen waarin grind vervoerd kan worden. Zie figuur 1.

figuur 1



Wanneer duurzame energiebronnen meer elektrische energie produceren dan nodig is, wordt deze overtollige energie gebruikt om grind naar boven te verplaatsen. Op de momenten dat er extra elektrische energie nodig is, wordt dit grind gebruikt om de kabelbaan aan te drijven. Deze laat weer een dynamo draaien waarmee elektrische energie wordt opgewekt.

Karel en Bas schatten dat de hoogte van de kabelbaan 65 m is en dat de maximale hoeveelheid grind die naar boven gebracht kan worden 1200 ton is. Ze willen de hoeveelheid energie die de kabelbaan kan opslaan vergelijken met een standaard AA-batterij (1,5 V) die een capaciteit van 2200 mAh heeft. De capaciteit geeft aan hoe lang de batterij een bepaalde stroomsterkte kan leveren.

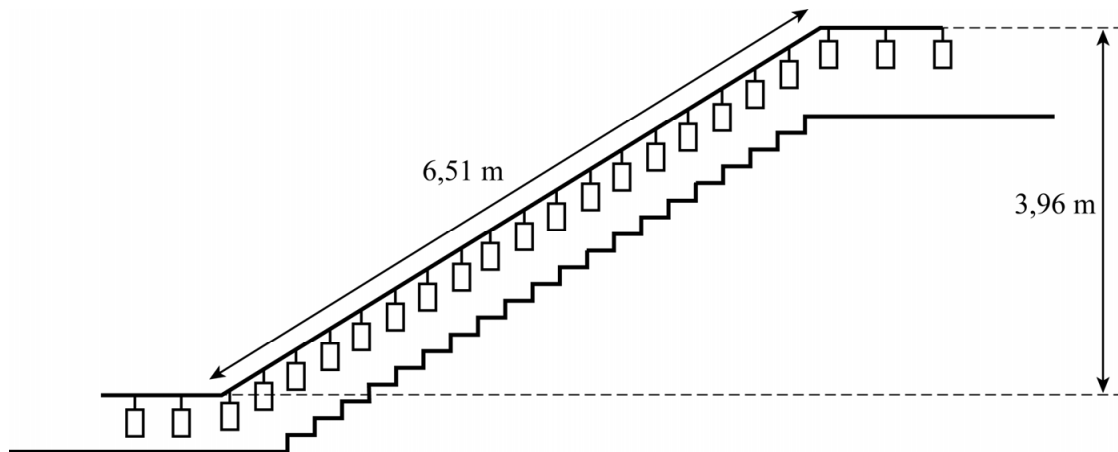
2p **10** Leg uit dat mAh een eenheid is van elektrische lading.

4p **11** Voer de volgende opdrachten uit:

- Bereken de hoeveelheid elektrische energie die een AA-batterij bevat.
- Bereken hoeveel AA-batterijen de kabelbaan volgens Karel en Bas maximaal kan vervangen.

Karel en Bas besluiten voor hun profielwerkstuk een miniatuurkabelbaan te ontwerpen. Ze bouwen langs de trap op school een simpele kabelbaan die bestaat uit 46 bakjes. Van deze 46 bakjes bevinden zich steeds 36 bakjes langs het schuine gedeelte: 18 bakjes bewegen omhoog en 18 naar beneden. De overige 10 bakjes bevinden zich op de vlakke gedeelten bovenaan en onderaan de trap. In figuur 2 is de kabelbaan schematisch gegeven. Deze figuur is niet op schaal.

figuur 2



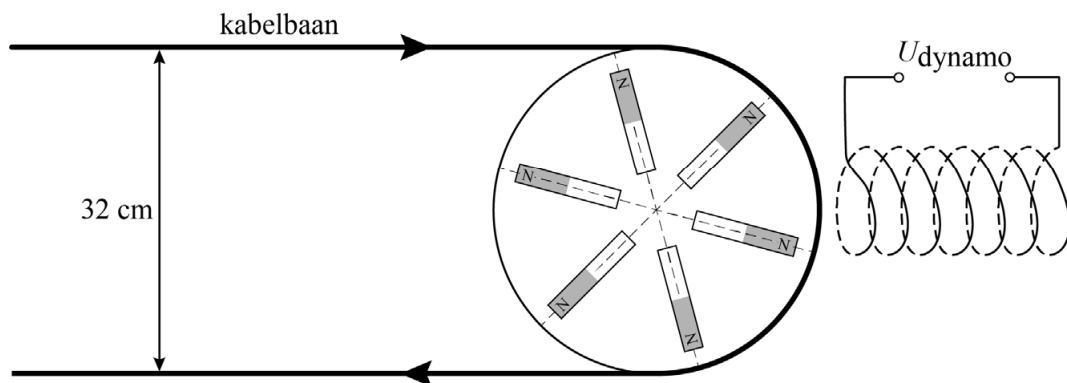
Eerst onderzoeken Karel en Bas hoe ze met de kabelbaan elektrische energie kunnen opwekken. Daarvoor hebben ze een systeem gemaakt dat elk bakje, dat bovenaan langskomt, vult met 140 gram zand. Onderaan worden de bakjes weer automatisch geleegd.

De kabelbaan drijft een dynamo aan waar Karel en Bas lampjes op aansluiten. De dynamo blijkt genoeg elektrische energie te leveren om vier lampjes van 1,2 W goed te laten branden. Zolang Karel en Bas de bakjes blijven vullen beweegt de kabelbaan met een snelheid van $2,6 \text{ m s}^{-1}$.

- 4p **12** Bereken met behulp van de gegevens in figuur 2 het rendement waarmee zwaarte-energie wordt omgezet naar elektrische energie.

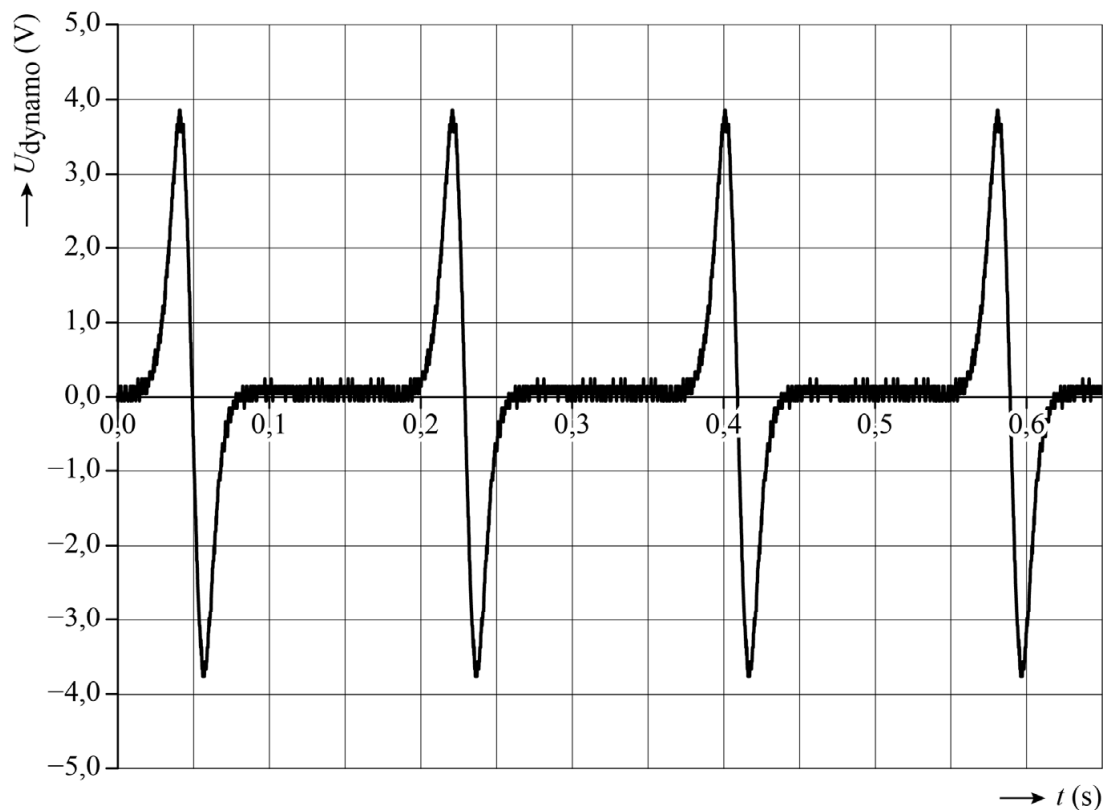
Karel en Bas gebruiken een zelfgemaakte dynamo, waarvan het bovenaanzicht schematisch is weergegeven in figuur 3. Op de draaischijf van de dynamo zijn zes magneten bevestigd. De noordpolen van de magneten zijn gearceerd en met een N aangegeven.

figuur 3



Karel en Bas meten de spanning van de dynamo gedurende enige tijd. Zie figuur 4. Tijdens deze meting heeft de kabelbaan een andere snelheid dan bij de vorige vraag.

figuur 4



- 3p **13** Bepaal met behulp van de figuren 3 en 4 de snelheid waarmee de kabelbaan nu beweegt. Noteer je antwoord in twee significante cijfers.

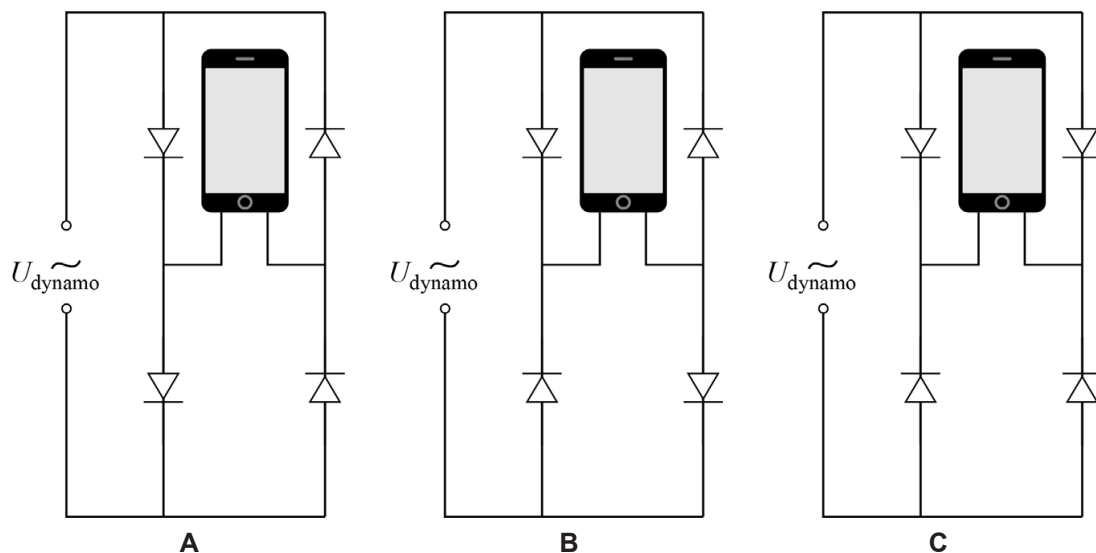
Karel en Bas onderzoeken hoe de grootte en de frequentie van de opgewekte spanning gevarieerd kunnen worden. Op de uitwerkbijlage staan mogelijke aanpassingen aan de kabelbaan met dynamo.

- 3p 14 Geef in de tabel op de uitwerkbijlage voor elke aanpassing aan welk effect deze heeft op:
- de grootte van de opgewekte spanning
 - de frequentie van de opgewekte spanning

Karel en Bas willen met behulp van hun zelfgemaakte kabelbaan een smartphone opladen. Zoals in figuur 4 te zien is, is de opgewekte spanning een wisselspanning. Dit betekent dat de spanning voortdurend van teken wisselt, met als gevolg dat de stroom ook voortdurend van richting verandert. Dat is voor het opladen van een smartphone een probleem, omdat hiervoor een zogenaamde gelijkstroom nodig is. Dat wil zeggen dat de stroom altijd in dezelfde richting door de smartphone loopt.

Om de stroom gelijk te richten maken Karel en Bas een schakeling met vier diodes. In figuur 5 staan drie mogelijke schakelingen getekend.

figuur 5

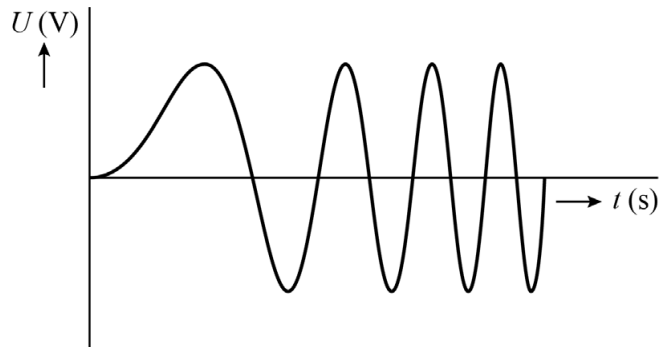


- 1p 15 Geef aan welke van de drie schakelingen in figuur 5 de juiste is.

Tenslotte willen Karel en Bas hun opstelling gebruiken voor de opslag van energie, dus om elektrische energie om te zetten in zwaarte-energie. De dynamo wordt dan een elektromotor. Ze sluiten een computer aan op de kabelbaan waarmee ze de spanning over de spoel kunnen regelen.

In figuur 6 staat het (U, t) -diagram weergegeven van de spanning waarmee Karel en Bas een stilstaande kabelbaan op gang brengen.

figuur 6



- 2p **16** Voer de volgende opdrachten uit:
- Leg uit waarom er een wisselspanning nodig is.
 - Leg uit waarom de frequentie van de wisselspanning in het begin moet toenemen.