

## Exploderende draad

In 2016 werd in Eindhoven tijdens het festival Glow voor publiek kunstmatig een 'bliksem' met een recordlengte van 80 m gemaakt. Zie figuur 1.

figuur 1



Voor het opwekken van de bliksem werd een dunne draad van koper gebruikt met een weerstand van  $35 \Omega$ . De draad was 80 m lang. Een menselijke haar heeft een diameter van 0,060 mm. Zowel de draad als een mensenhaar is cilindervormig.

- 4p 22 Toon met een berekening aan of de draad dikker of dunner was dan een mensenhaar.

Om de bliksem op te wekken werd de draad op een hoge spanning aangesloten. Hierdoor ging een grote stroom door de draad lopen. Er werd een enorm vermogen van  $7,1 \cdot 10^9$  W in de draad ontwikkeld. Neem aan dat de weerstand van de draad tijdens dit proces constant was. Voor het vermogen dat in de draad wordt omgezet geldt:

$$P = \frac{U^2}{R}$$

- 3p **23** Voer de volgende opdrachten uit:
- Leid dit af met formules uit een informatieboek.
  - Bereken de spanning waarop de draad was aangesloten.

Tijdens dit proces bleef de weerstand van de draad echter niet constant. De weerstand nam toe met de temperatuur.

- 1p **24** Hoe heet dit type weerstand?
- A** LDR
  - B** LED
  - C** NTC
  - D** PTC

Iemand vraagt zich af of voor het opwekken van deze bliksem veel energie nodig was. Hij vergelijkt het met het opladen van een smartphone. De draad leverde gedurende  $1,4 \cdot 10^{-5}$  s een vermogen van  $7,1 \cdot 10^9$  W. Een gewone smartphone accu heeft een capaciteit van 9,88 Wh.

- 4p **25** Bereken hoe vaak deze accu opgeladen kan worden met de hoeveelheid energie die nodig was voor het maken van de bliksem.

Het toevoeren van de energie verliep zó snel dat de draad explodeerde. Hierbij ontstonden kleine druppels koper. Het publiek hoorde deze explosie als een knal vergelijkbaar met de donder bij een bliksem.

- 2p **26** Voer de volgende opdrachten uit. Gebruik daarbij het moleculair model van materie.
- Geef aan wat er met de beweging van de koperdeeltjes in de draad gebeurde tijdens het toenemen van de temperatuur.
  - Geef aan wat er met de onderlinge posities van de koperdeeltjes gebeurde bij de faseovergang van vast naar vloeibaar koper.

**Let op: de laatste vraag van dit examen staat op de volgende pagina.**

De hete druppels vlogen met een snelheid van  $0,9 \text{ km s}^{-1}$  weg in de richting van het publiek achter de hekken. Binnen  $1,0 \cdot 10^{-4} \text{ s}$  verdampten de druppels.

Een gedeelte van figuur 1 staat vergroot in figuur 2.

**figuur 2**



- 2p 27 Toon met behulp van figuur 2 aan of de druppels het publiek konden bereiken.

---

**Bronvermelding**

*Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.*