



Eindronde – practicumtoets

9 juni 2012

beschikbare tijd: 2 uur

De stroomsnelheid van zand

Inleiding

Het blijkt dat zand in een zandloper met een redelijk constante stroom door het gaatje naar beneden stroomt. De stroomsnelheid van het zand hangt niet af van de vorm van het vat waar het in zit, mits de grootte van het vat groot is ten opzichte van de korrelgrootte (d) van het zand en van de diameter (D) van de uitstroomopening. Deze eigenschappen maken een zandloper tot een redelijk goede klok!

In dit experiment onderzoeken we parameters waar de uitstroomsnelheid van zand door een cirkelvormig gat van af kan hangen.



Theorie

Noem de uitstroom uitgedrukt in massa per tijdseenheid W . Neem aan dat deze afhangt van de dichtheid ρ van het zand, de gravitatieversnelling g , de diameter dan het gat D en de wrijvingscoëfficiënt van de zandkorrels μ . De uitstroom zou je dan kunnen schrijven als:

$$W = C(\mu)\rho\sqrt{g}D^\alpha$$

Met $C(\mu)$ een dimensieloze experimentele factor die afhangt van de interne wrijving in het zand en α een constante. De grootte van de korrels zou dan niet uit mogen maken (mits $D > 5d$).

Wij maken in het experiment gebruik van glasparels. Eén fles heeft parels met een diameter d van 0,50 – 0,75 mm en één fles met parels van 0,75 – 1,00 mm.

Opdracht 1 (0,5 pt)

1. Bepaal de grootte van α met behulp van een dimensievergelijking.

Experiment 1 (8,5 pt)

2. Bepaal experimenteel de waarde van α . Maak hierbij in elk geval gebruik van de grote glasparels.

Experiment 2 (1,0 pt)

Nadere beschouwing geeft aan dat de diameter van de zandkorrels een niet onbelangrijke rol speelt. Een zekere Beverloo heeft gevonden dat de eerder gevonden betrekking geschreven moet worden als:

$$W = C\rho\sqrt{g}(D - kd)^\alpha$$

Met d de diameter van de zandkorrels en k een dimensieloze parameter. Volgens de wet van Beverloo vallen de korrels door een gat met een effectieve diameter ($D - kd$).

3. Bepaal de grootte van k met behulp van onder meer de gegevens die je bij 2 hebt gevonden.

Eindronde Natuurkunde Olympiade 2012



Practicum toets

Enkele opmerkingen

1. Deze proef bestaat uit twee onderdelen.
2. Schrijf bovenaan elk papier je naam.
3. Nummer elke bladzijde.
4. Schrijf op de eerste pagina het totale aantal bladen dat je inlevert.
5. Voor foutenbeschouwingen worden geen punten gegeven. Er wordt wel van je verwacht dat je steeds het juiste aantal significante cijfers gebruikt.

Elektrische en thermische eigenschappen van een gloeilampje

Inleiding

Een gloeilampje is in principe niets anders dan een wolfram gloeidraadje in een glazen behuizing. Deze behuizing is gevuld met een gas of is vacuüm gezogen. De weerstand van het gloeidraadje is afhankelijk van de temperatuur. Het is daarom te verwachten dat er een niet lineair U - I -verband is.

De variatie van de soortelijke weerstand van wolfram met de temperatuur is in de tabel hiernaast weergegeven. De lineaire uitzettingscoëfficiënt η van wolfram is ongeveer $5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ in hetzelfde temperatuursinterval.

Temperatuur T (K)	Soortelijke weerstand ρ ($10^{-8} \Omega\text{m}$)
273	4,9
373	7,3
573	12,4
973	24
1473	39

Materialen

Je hebt de beschikking over de volgende materialen:

- gloeilampje (8V, 100mA) inclusief houder.
- 9 Volt batterij.
- 3 Variabele weerstanden (zgn. potmeters) van 100Ω , $1 \text{ k}\Omega$ en $10 \text{ k}\Omega$. Door een potmeter in serie met het gloeilampje aan te sluiten op de batterij is de spanning over het lampje goed te variëren.
- 2 multimeters waarmee stroom en spanning gemeten kunnen worden.
- Verschillende snoertjes en klemmetjes om een schakeling te kunnen maken.

Onderdeel 1

Bepaal voor het gloeilampje hoe de temperatuur van het gloeidraadje varieert als functie van de aangelegde spanning. Geef je experimentele procedures duidelijk aan en geef ook duidelijk aan welke (eventuele) tussenstappen je maakt. Het eindresultaat moet in de vorm zijn van een grafiek van de temperatuur (van het gloeidraadje) als functie van de aangelegde spanning. Geef duidelijk aan hoe je van je experimentele data komt tot je resultaat.

Hints:

1. Een lineair verband tussen soortelijke weerstand en temperatuur kan ook worden weergegeven als:

$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$$

Hierin is T_0 bijvoorbeeld de omgevingstemperatuur en ρ_0 de soortelijke weerstand bij deze temperatuur.

2. Zo geldt ook voor de lengte l en de doorsnede A van het wolfram draadje:

$$l = l_0 [1 + \eta(T - T_0)]$$

$$A = A_0 [1 + 2\eta(T - T_0)]$$

Hierin is η de eerder genoemde lineaire uitzettingscoëfficiënt.

3. Laat allereerst d.m.v. een afleiding/berekening en m.b.v. de tweede hint zien dat uitzetting een verwaarloosbare invloed heeft op de weerstandswaarde van de gloeidraad. Gebruik hierbij het wiskundige foefje:

$$\frac{1+x}{1+2x} \approx 1-x$$

Onderdeel 2

Stel dat voor voldoende hoge temperaturen het uitgestraalde vermogen door het gloeidraadje wordt gegeven door:

$$P = k(T^n - T_0^n)$$

Hierin is P het uitgestraalde vermogen door het gloeidraadje, T de temperatuur van het gloeidraadje, T_0 de omgevingstemperatuur, n en k zijn constanten.

Ga na of de hierboven genoemde hypothese klopt en bepaal de constante n . Geef hierbij aan in welk bereik van de temperatuur de bovenstaande vergelijking geldig is.