**Rendement water koken (10 punten)**

Als men zin heeft in een lekker kopje thee dan gebruikt men tegenwoordig meestal een elektrische waterkoker om het theewater warm te maken. Eén van de argumenten hiervoor is dat het rendement van een elektrische waterkoker hoger is dan het water te verwarmen met een fluitketel bovenop het gasfornuis. Laten we deze twee soorten van verwarmen eens goed bekijken. Allereerst wordt er gekeken naar een elektrische waterkoker.

In een elektrische waterkoker wordt water verwarmd met behulp van een warmte-element waarmee een constant elektrisch vermogen wordt geleverd totdat het water kookt. Om te bepalen hoeveel energie er per tijdseenheid wordt gebruikt om het water te verwarmen wordt er gekeken naar het thermische vermogen:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | $$P\_{th}=\frac{∆Q}{∆t}=m∙c∙\frac{∆T}{∆t}$$ |  |

Hierin is:

$P\_{th}$ het thermische vermogen dat is opgenomen door het water [W];

$∆Q$ de totale hoeveelheid opgenomen warmte [J];

$∆t$ de tijd waarin het vermogen is opgenomen [s];

$m$ de massa van het water [kg];

$c$ de soortelijke warmte van water = 4186 [J/(kg∙K)];

$∆T$ het verschil in temperatuur [°C].

Om het thermische vermogen van de waterkoker te bepalen wordt de temperatuur van het water in de waterkoker gemeten als functie van de tijd. Er wordt tijdens dit experiment 1,00 L water verwarmd totdat dit kookt ( $ρ\_{water}$= 997 kg/m³). Zie hieronder de verkregen grafiek.

Op deze waterkoker zelf staat dat het elektrische vermogen van de waterkoker 1800 W is.

1. Toon aan (met de grafiek en de gegeven formule) dat het rendement van deze waterkoker gelijk is aan 73 %.  **3,5 punten**

De spanning die in Nederland uit het stopcontact komt is 230 V.

1. Bereken de stroomsterkte die door deze waterkoker loopt tijdens het verwarmen. **1 punten**


Nu wordt er gekeken naar het verwarmen met behulp van een fluitketel bovenop het gasfornuis. Door het verbranden van aardgas wordt de fluitketel en het water erin verwarmd totdat het water kookt. De fluitketel gaat vanwege de toegenomen druk in de ketel fluiten.

Om dit experiment goed uit te voeren wordt het experiment een aantal keer herhaald om het gemiddelde gasverbruik te bepalen.

Er wordt telkens 1,00 L water verwarmd vanaf 20 °C totdat het water kookt. Bij elk experiment wordt de tijd gemeten hoe lang het duurt en het gasverbruik wordt afgelezen op de gasmeter. De uiteindelijke gegevens zijn terug te vinden in de onderstaande tabel.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Meting** | **Gas voor (m³)** | **Gas na (m³)** | **Verschil (m³)** | **Tijd (s)** |
| 1 | 7,268 | 7,361 | 0,093 | 465 |
| 2 | 7,416 | 7,511 | 0,095 | 458 |
| 3 | 7,547 | 7,647 | 0,100 | 477 |
| 4 | 7,651 | 7,762 | 0,111 | 461 |
| 5 | 7,784 | 7,865 | 0,081 | 469 |

Het aardgas dat uit het fornuis komt heeft een verbrandingswarmte van 31,67 MJ/m³.

1. Bereken de gemiddelde hoeveelheid energie die door het verbranden van aardgas per experiment is vrijgekomen aan de hand van de gegevens in de tabel. **1,5 punten**
2. Toon aan dat het gemiddelde thermische vermogen van het aardgas gelijk is aan 6,52 kW. **1,5 punt**
3. Bereken het rendement van het verwarmen met behulp van een fluitketel. **2 punten**

Het verwarmen met een elektrische waterkoker heeft een hoger rendement dan met een fluitketel bovenop het gasfornuis.

1. Geef hiervoor een mogelijke verklaring. **0,5 punten**

**Open vraag (10 punten)** 0,25 punt aftrek indien significantie of eenheid niet klopt (examennorm)

1. **3,5 punten (*grafiek aflezen, formule, invullen, antwoord en eenheid*)**
0,50 Aflezen punten in het lineaire gedeelte van de grafiek voor $∆T$ (van 24 tot 96)

0,50 Aflezen punten in het lineaire gedeelte van de grafiek voor $∆t$ (van 30 tot 260)

0,50 Omzetten van het volume en dichtheid naar de massa van het water:

$$m=V∙ρ=1,00∙997=0,997 kg$$

1,00 Invullen formule $P\_{th}=m∙c∙\frac{∆T}{∆t}=0,997∙4186∙\frac{96-24}{260-30}=1306 W=1,3kW$

*0,50 aftrek Indien waarde voor* $P\_{th}$ *meer dan 5 % afwijkt van 1365 W (1297 – 1434)*0,50 Formule rendement: $η=\frac{P\_{th}}{P\_{elek}}$

0,50 Invullen formule: $η=\frac{P\_{th}}{P\_{elek}}=\frac{1306}{1800}=72,5 \%=73\%$

1. **1,0 punten (*formule, invullen en berekening*)**
0,50 Formule vermogen: $P=U∙I ⇒I=\frac{P}{U}$

0,50 Invullen formule: $I=\frac{P\_{elek}}{U}=\frac{1800}{230}=7,826 A=7,83 A$

1. **1,5 punten (*inzicht,* *formule en berekening*)**
0,75 Gemiddelde hoeveelheid gas berekenen: $0,096 m³$

0,75 Gebruikte gemiddelde hoeveelheid m³ gas omzetten naar energie.
 $E=L\_{verbranding}∙V=31,67∙10^{6}∙0,096=3,04∙10^{6} J of 3,04 MJ$

1. **1,5 punten (*inzicht, formule invullen en berekening*)**

0,50 Inzicht totale hoeveelheid energie afgegeven in bepaalde **gemiddelde** hoeveelheid tijd (**466 s**).
 *Indien* ***geen*** *gemiddelde* $∆t$ *bepaald: -0,50 punt.*

0,50 Gebruik formule $P\_{th}=\frac{∆Q}{∆t}$

0,50 Invullen formule $P\_{th}=\frac{∆Q}{∆t}=\frac{3,04∙10^{6}}{465}=6523 W=6,52 kW$

1. **2,0 punten (*inzicht, formule invullen en berekening*)**
0,50 Inzicht opwarmen 1,00 L water van 20 °C naar 100 °C. in een bepaalde **gemiddelde** hoeveelheid tijd (**466 s**).

0,25 Gebruik formule $P\_{op}=m∙c∙\frac{∆T}{∆t}$

0,50 Gebruik formule $P\_{op}=m∙c∙\frac{∆T}{∆t}=0,997∙4186∙\frac{100-20}{466}=716 W$

0,50 Formule rendement: $η=\frac{P\_{op}}{P\_{th}}$

0,25 Invullen formule: $η=\frac{P\_{op}}{P\_{th}}=\frac{716}{6523}=10,98\%=11,0 \%$

1. **0,5 punten (*inzicht, argumentatie*), mogelijke antwoorden:**- het verwarmen met een waterkoker gaat veel sneller ($∆t$ is kleiner)
 - in de waterkoker wordt het water direct verwarmd (warmte-element zit in het water) en bij de fluitketel wordt met name de fluitketel verwarmd, dit zorgt voor meer verlies.

- het aardgas dat wordt verbrand geeft niet al zijn energie af aan de fluitketel en het water, de lucht om de waterkoker heen wordt hierdoor ook verwarmd, dit zorgt ook voor een lager rendement bij het gebruik van de fluitketel.

 - er vindt mogelijk geen ideale verbranding plaats onder de fluitketel, hierdoor is de literatuurwaarde voor de verbrandingswarmte niet van toepassing, deze wordt dan lager waardoor het rendement eigenlijk hoger ligt.
 - …

**Andere plausibele antwoorden met een juiste fysische onderbouwing worden ook goed gerekend.**