

donderdag 23 december 2004

13:00–16:00 / 5111.0022

Vermeld op het eerste blad met uw antwoorden:

Naam

Adres

Studentnummer

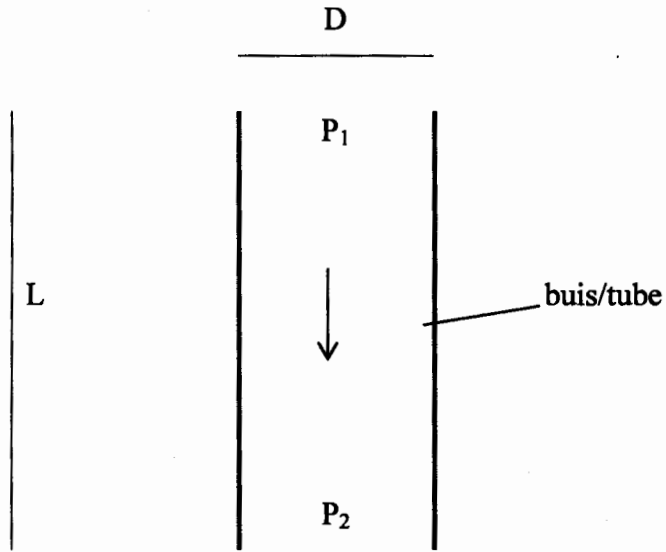
Geboortedatum

Jaar van inschrijving

vermeld op elk volgend blad uw naam

Veel Succes!

VRAAG 1:



Een Bingham-plastic stroomt omlaag door een buis met een lengte L en een interne diameter D onder invloed van de zwaartekracht en een opgelegd drukverschil $\Delta p = p_1 - p_2$ (zie de tekening).

- Als de zwichtspanning van de Bingham-plastic τ_0 is en de viscositeitscoëfficiënt in de Bingham vergelijkingen η_p is, geef dan een uitdrukking voor de radiale snelheidsverdeling (in formulevorm).
- Schets deze snelheidsverdeling.
- Bereken met behulp van onderstaande gegevens de volumestroom van de Bingham-plastic.

A Bingham plastic flows downward through a tube with a length L and an internal diameter D because of gravity and an external pressure difference $\Delta p = p_1 - p_2$ (see drawing).

- If the yield stress of the Bingham plastic is τ_0 and the viscosity coefficient in the Bingham equation is η_p , give an expression for the radial velocity distribution.
- Sketch this velocity distribution
- Calculate, using the data below, the throughput of the Bingham plastic.

Gegevens:

$$D = 0.1 \text{ m}$$

$$p_1 - p_2 = 4000 \text{ Pa}$$

$$L = 1 \text{ m}$$

$$\text{Dichtheid/density Bingham-plastic } (\rho) = 800 \text{ kg/m}^3$$

$$\tau_0 = 195 \text{ Pa}$$

$$\eta_p = 8 \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

$$\text{zwaartekrachtversnelling/gravity constant} = 9.81 \text{ m/s}^2$$

VRAAG 2:

In het kader van een onderzoekproject naar oppervlakte spanningen onder micro-zwaartekracht (gewichtloosheid) werd een aantal jaren geleden een opstelling van Scheikundige Technologie met een onbemande raket in de ruimte geschoten vanaf de ESA lanceerbasis in Kiruna (Noord-Zweden). Een van de experimentele eisen daarbij was, dat de temperatuurstijging in de experimentele opstelling gedurende de meetperiode minder moest zijn dan 0,01 K/s. De experimentele opstelling heeft geen warmteuitwisseling met de raketwand door geleiding. Op de binnenzijde van de raketwand is een kurklaag aangebracht met daarop zeer dun aluminiumfolie (zie tekening). Door de luchtwrijving wordt de raketwand bij de lancering 200 °C . Er mag aangenomen worden, dat deze wandtemperatuur de eerste 15 minuten van de vlucht niet noemenswaardig verandert. Aangezien direct na de start alle lucht uit de raket verdwijnt, vindt de enige warmteuitwisseling tussen de opstelling en de raketwand plaats d.m.v. straling. Voor de stralingsberekeningen mag de opstelling beschouwd worden als een bol, die geheel door de raketwand wordt omgeven. Er mag bovendien worden aangenomen, dat het aluminiumfolie en de opstelling "zwart" zijn

- Bereken de maximale warmtestroom die door straling van de raketwand naar de opstelling mag worden overgedragen.
- Als de opstelling aan het begin van de experimenten een temperatuur heeft van 10 °C, bereken dan hoe warm het aluminiumfolie maximaal mag worden tijdens de meetperiode?
- Als de metingen tot 15 minuten na de start worden uitgevoerd, hoe dik moet dan de kurklaag minimaal zijn?

Gegevens:

Soortelijke warmte opstelling: $C = 570 \text{ J/kg.K}$

Massa opstelling : $M = 3 \text{ kg}$

Diameter van de (bolvormige) opstelling: 10 cm

Boltzmann constante $\sigma = 5,67 \cdot 10^8 \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$

Temperatuurvereffeningscoefficient van kurk: $a = 2 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$

In the framework of a research programme on surface tension effects under micro-gravity there was a launch from the ESA launching pad in Kiruna (North Sweden) of one of our experiments with a rocket into space. One of the experimental demands was that during the experiment the temperature of the equipment should not change more than 0.01 K/s. There is no conductive contact between the equipment and the rocket hull. The inside of the rocket hull is insulated with a cork layer and to this cork layer a very thin aluminum foil is attached (see figure). Due to air friction the temperature of the hull rises during the launch to 200 °C. We may assume that during the first 15 minutes after the launch this temperature does not change significantly. Because immediately after the launch all air leaves the rocket the only heat exchange between the aluminum foil and the equipment is due to radiation. For convenience the equipment can be approximated by a sphere, completely surrounded by the rocket hull. We may also assume that the equipment and the aluminum foil are black.

- calculate the maximum heat flow from the rocket wall to the experimental equipment
- If the initial temperature of the equipment equals 10 °C, calculate what the maximum allowable temperature of the aluminum foil during the measurement period is
- The experiments are conducted during the first 15 minutes after the launch, Calculate how thick the cork insulation should be.

Given:

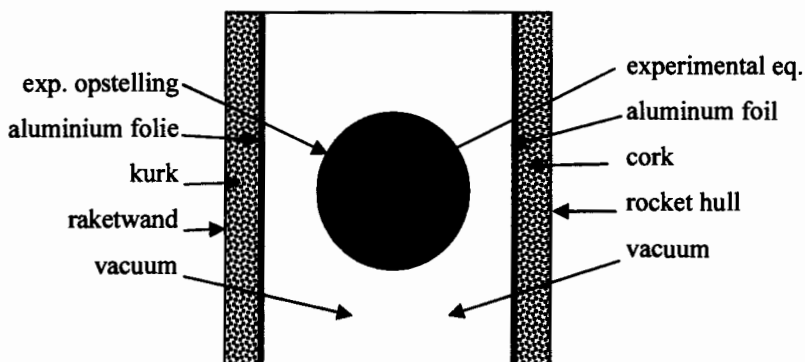
Specific heat of the experimental equipment: $C = 570 \text{ J/kg.K}$

Mass equipment : $M = 3 \text{ kg}$

Diameter of the (spherical) equipment: 10 cm

Boltzmann constant $\sigma = 5,67 \cdot 10^8 \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$

Thermal diffusivity of cork: $a = 2 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$



OPGAVE 3

Bij een recycle plant wordt een met gechloreerde koolwaterstof verontreinigde olie aangeboden. Men wil deze in de olie opgeloste verontreiniging met water extraheren. De oplosbaarheid van deze stof in water is tweehonderd maal zo groot als in de olie ($m=200$). De extractie wordt uitgevoerd door de olie als druppeltjes in water te dispergeren. De relative snelheid van de druppels t.o.v. het water is verwaarloosbaar, waardoor het stoftransport binnen en buiten de druppeltjes uitsluitend plaatsvindt door diffusie.

- Laat zien dat de stofoverdrachtsweerstand voor lange tijden praktisch geheel in de oliefase ligt. (Hint: Welke Sherwoodrelaties gelden voor stoftransport binnen en buiten de druppeltjes?)
- Laat hetzelfde zien voor korte tijden. Verwaarloos hierbij de effecten veroorzaakt door de kromming van het druppeloppervlak.
- Bereken de tijd, die nodig is om de concentratie in de oliefase een factor honderd te laten dalen. Stel daarbij dat de concentratie in de waterfase verwaarloosbaar klein blijft.
- Laat zien dat bij het gebruik van een tien keer zo groot volume water als olie de concentratie in de waterfase praktisch geen invloed heeft op de tijdsduur van proces.

Gegevens:

Diffusiecoëfficiënt van de verontreiniging in olie: $D_0=2 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$

Diffusiecoëfficiënt van de verontreiniging in water: $D_w=6 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$

Diameter van de oliedruppeltjes: $d = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}$

At a recycle plant an oil is collected that has been polluted with a chlorinated carbohydrate. One wants to remove the pollutant from the oil by extraction with water. The solubility of the pollutant in water is 200 fold its solubility in oil ($m=200$). For the extraction the oil is dispersed as droplets in the water. The mass transfer inside and outside the droplets occurs only by diffusion.

- Show that the resistance to mass transfer for long times lies mainly in the oil phase. Hint: which Sherwood relations can be used outside and inside the droplet?
- Show that the same can be concluded for short times. Neglect the curvature of the surface of the droplet.
- Calculate the time needed to decrease the concentration of the pollutant in the oil phase with a factor of 100. Assume therefore that the concentration in the water phase remains negligible.
- Show that if we use ten times as much water as oil the concentration in the water phase has negligible influence on the process time.

Given:

Diffusion coefficient of the pollution in oil: $D_0=2 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$

Diffusion coefficient of the pollution in water: $D_w=6 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$

Diameter of the oil droplets: $d = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}$