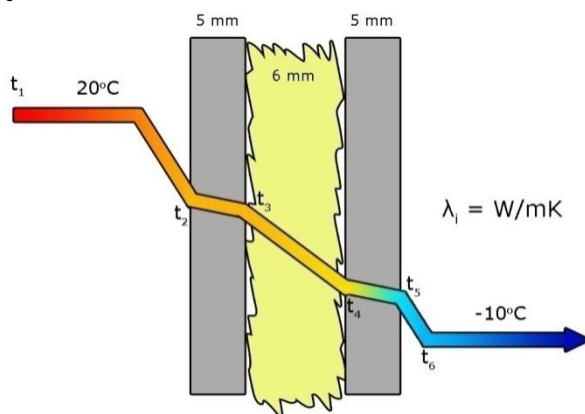

Datum	:	18 maart 2020
Tijdsduur	:	2 uur
Aantal vragen	:	13
Bijlagen	:	h-s diagram en T-s diagram Formuleblad.
Toegestane hulpmiddelen	:	rekenmachine, stoomtabel en h-s en T-s diagram
Totaal te behalen punten	:	150

- (10)1. Wat wordt verstaan onder verdampingswarmte?
- (10)2. Hoe wordt de faseverandering genoemd als een stof van de vaste fase overgaat naar gas?
- (10)3. Geef een omschrijving en een schets in het h-s diagram van een isochoor, geef tevens aan hoe deze lijn verloopt ten opzichte van een isobaar.
- (10)4. In een vat dat gevuld is met een mengsel van verzadigde stoom en lucht bedraagt de druk 7 barg. De partiële druk van de lucht bedraagt 1,5 bara. Bereken de temperatuur in het vat.
- (10)5. Noem de kwaliteitspunten van stoom.
- (10)6. We hebben twee wanden met daartussen isolatie:
Van de wanden is het volgende gegeven:

t_1	=	20	°C
α_i	=	8	W/(m ² ·K) (tussen t_1 en t_2)
δ_1	=	5	mm
λ_1	=	2	W/(m·K)
δ_i	=	6	mm.
λ_i	=	0,5	W/(m·K)
δ_u	=	5	mm.
λ_u	=	3	W/(m·K)
α_u	=	50	W/(m ² ·K) (tussen t_5 en t_6)
t_6	=	-10	°C



Bereken de k factor voor de drie wanden.

- (20)7. Een cilindrische tank is voor driekwart gevuld met palmolie.
De diameter van de tank: $D = 4$ m
De hoogte van de tank: $l = 9$ m
De soortelijke massa van de palmolie: $\rho_{\text{olie}} = 900$ kg/m³
De soortelijke warmte van de palmolie: $c_p = 1,95$ kJ/(kg·K)
De olie moet opgewarmd worden van 10 °C naar 90 °C.

De tijd waarin het opwarmen moet gebeuren bedraagt 2 uur.

- Bereken de hoeveelheid warmte die benodigd is om de palmolie binnen de gestelde tijd op te warmen. Er hoeft geen rekening te worden gehouden met warmteverlies en opwarmtijd van de wanden.
- Bereken daarna de hoeveelheid stoom die nodig is om het geheel te verwarmen als gebruik wordt gemaakt van Verzadigde Stoom met een druk van 5 bara.

(10)8. Van een ontgasser is gegeven:

De hoeveelheid condensaat bedraagt: 360 ton/uur
De hoeveelheid suppletiewater bedraagt: 5 kg/s
De temperatuur van het condensaat: $t_c = 120\text{ }^{\circ}\text{C}$
De temperatuur van het suppletiewater: $t_s = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$

Bereken de temperatuur van het condensaat nadat het gemengd is met het suppletiewater. Verder is gegeven dat de soortelijke warmte van het water $c_w = 4,186\text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ bedraagt.

(10)9. Bereken de entropieverandering Δs als we 1 kilogram water bij een druk van 0,1 MPa (1 bara) en een temperatuur van $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ bij constante druk verwarmen tot $90\text{ }^{\circ}\text{C}$.

(10)10. De druk voor een condenspot bedraagt 3 bara. Voor de condenspot is gegeven dat het hier kokend water betreft met een druk van 3 bara. De afvoer van de condenspot is aangesloten op een flashtank die op de buitenlucht is aangesloten, dus de druk in de flashtank bedraagt 1 bara. Bereken nu hoeveel stoom er per kilogram condensaat na de condenspot gevormd wordt. Het antwoord mag ook in procenten gegeven worden.

(10)11. Van een stoominstallatie is het volgende gegeven:

Keteldruk: 50 bara
Stoomtemperatuur: $460\text{ }^{\circ}\text{C}$
Condensordruk: 0,06 bara
De stoom expandeert isentroop in de turbine.
Er is geen aftapstoom en er zijn geen voorwarmers in het systeem opgenomen.

Teken het proces in een T-s diagram en bereken de afgevoerde warmte in de condensor in kJ/kg.

(10)12. Wat is de noodzakelijke bijkomstigheid, die altijd moet worden toegepast, als de keteldruk en de temperatuur van de oververhitte stoom drastisch wordt verhoogd?

(20)13. Van een warmtewisselaar die in zuivere tegenstroom staat is het volgende bekend:

Het verwarmingsmedium is water, het water koelt af van $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ tot $60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Met het water wordt olie opgewarmd van $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ naar $40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Gevraagd:

- Bereken het gemiddelde temperatuursverschil over deze warmtewisselaar.
- Hoeveel procent moet de warmtewisselaar groter of kleiner worden als deze in zuivere gelijkstroom (= meestroom) geplaatst wordt? U mag er van uitgaan dat de k waarde van de warmtewisselaar en de hoeveelheid warmte die uitgewisseld moet worden voor beide warmtewisselaars gelijk is. Verliezen worden verwaarloosd.

LET OP HIERNA KOMEN DE UITWERKINGEN

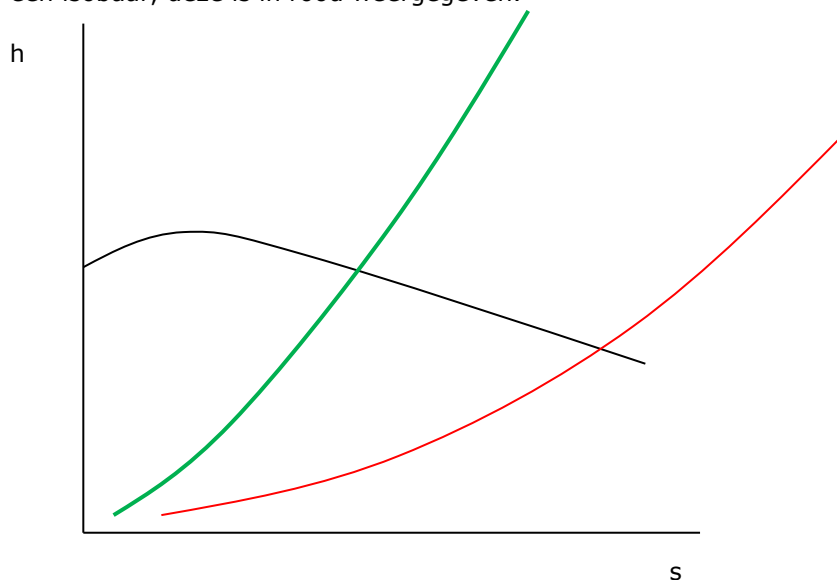
Datum	:	18 maart 2020
Tijdsduur	:	2 uur
Aantal vragen	:	13
Bijlagen	:	h-s diagram en T-s diagram Formuleblad.
Toegestane hulpmiddelen	:	rekenmachine, stoomtabel en h-s en T-s diagram
Totaal te behalen punten	:	150

(10)1.

Dit is de hoeveelheid energie die aan 1 kilogram kokend water, bij gelijkblijvende druk, moet worden toegevoerd om deze kilogram kokend water volledig om te zetten in verzadigde stoom.

(10)2. Overgang van de vaste fase naar de gasvormige fase wordt vervluchtigen genoemd.

(10)3. De groene lijn noemen we een isochoor, dit is een lijn van een constant specifiek volume. Let op! Een isochoor, een lijn van constant specifiek volume loopt in het h-s diagram steiler dan een isobaar, deze is in rood weergegeven.



Schematische voorstelling van een isochoor in het h-s diagram.

(10)4. De druk van de verzadigde stoom in het vat is dus: $8 - 1,5 = 6,5$ bara. De verzadigingstemperatuur bij deze druk bedraagt volgens tabel 2 ongeveer $162\text{ }^{\circ}\text{C}$.

(10)5. De kwaliteitspunten van stoom zijn:

- temperatuur en druk
- lucht en andere niet condenseerbare gassen
- de hoeveelheid stoom per tijdseenheid
- reinheid van de stoom
- het dampgehalte van de stoom
- waterslag

(10)6.
$$k = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d}{\lambda} + \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_u} \right)}$$

$$k = \frac{1}{\left(\frac{1}{8} + \frac{0,005}{2} + \frac{0,006}{0,5} + \frac{0,005}{3} + \frac{1}{50}\right)} = 6,2047 \quad W / (m^2 \cdot K)$$

(20)7. De inhoud van de tank bedraagt:

$$\text{inhoud} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot \ell \quad [m^3]$$

$$\text{inhoud} = \frac{\pi}{4} \cdot 4^2 \cdot 9 = 113 \, m^3$$

In de tank is aan olie aanwezig:

$$\frac{3}{4} \cdot 113 = 84,75 \, m^3$$

De massa palmolie die opgewarmd moet worden bedraagt:

$$m = V \cdot \rho_{\text{olie}} \quad [kg]$$

$$m = 84,75 \cdot 900$$

$$m = 76.275 \, kg$$

De warmte die benodigd is om de palmolie binnen de gestelde tijd op te warmen wordt nu:

$$\dot{Q} = \frac{m \cdot c_p \cdot \Delta t}{t} \quad [kJ / s]$$

$$\dot{Q} = \frac{76.275 \cdot 1,95 \cdot (90 - 10)}{2 \cdot 3600} = 1652 \quad kJ / s$$

$$Q = 1652 \, kW$$

Voor de hoeveelheid stoom geldt:

$$\dot{Q} = \dot{m}_{\text{stoom}} \cdot (h_{vs} - h_w) \quad [kJ/s \text{ of } kW]$$

$$1652 = \dot{m}_{\text{stoom}} \cdot (2747,5 - 640,12)$$

$$\dot{m}_{\text{stoom}} = 0,7839 \quad kg / s$$

(10)8.

$$\dot{m}_c = 360 \, ton / uur = \frac{360.000}{3600} = 100 \, kg / s$$

$$\dot{m}_s = 5 \, kg / s$$

$$t_c = 120^\circ C$$

$$t_s = 20^\circ C$$

$$c_w = 4,186 \, kJ / (kg \cdot K)$$

$$\dot{m}_c \cdot c_w \cdot t_c + \dot{m}_s \cdot c_w \cdot t_s = (\dot{m}_c + \dot{m}_s) \cdot c_w \cdot t$$

C_w staat in elke term, dus deze kan weggelaten worden.

$$\dot{m}_c \cdot t_c + \dot{m}_s \cdot t_s = (\dot{m}_c + \dot{m}_s) \cdot t$$

$$t = \frac{\dot{m}_c \cdot t_c + \dot{m}_s \cdot t_s}{\dot{m}_c + \dot{m}_s}$$

$$t = \frac{100 \cdot 120 + 5 \cdot 20}{100 + 5} = 115,23 \, ^\circ C$$

(10)9. In tabel III van de stoomtabel vinden we bij 0,1 MPa:

$$h_{20} = 84,0 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{90} = 377,0 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta s = \frac{\Delta h}{T_{\text{Gem}}} = \frac{h_{90} - h_{20}}{T_{\text{Gem}}} \quad [\text{kJ} / (\text{kg} \cdot \text{K})]$$

$$T_{\text{Gem}} = \frac{T_1 + T_2}{2} \quad [\text{K}]$$

$$T_{\text{Gem}} = \frac{(273 + 20) + (273 + 90)}{2} = 328 \text{ K}$$

$$\Delta s = \frac{\Delta h}{T_{\text{Gem}}} = \frac{377,0 - 84,0}{328} = 0,89329 \text{ kJ} / (\text{kg} \cdot \text{K})$$

(10)10.

$$E_{\text{voor}} = E_{\text{na}}$$

$$\dot{m} \cdot h_{w1} = \dot{m} \cdot h_{ns}$$

$$561,43 = 417,51 + x \cdot (2675,4 - 417,51)$$

$$x = 0,0637 \text{ of } 6,37\%$$

(10)11. Bij 50 bara en 460 °C bedraagt de entropie:

$s_e = 6,8532 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$. Dit is tevens de entropie in punt f, want de expansie verloopt isentroop.

Bij 0,06 bara bedraagt de entropie van het kokende water:

$s_a = 0,52087 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$. De temperatuur van het kokende water dat de condensor verlaat bedraagt: $t_w = 36,16 \text{ °C}$.

De afgevoerde warmte in de condensor wordt nu:

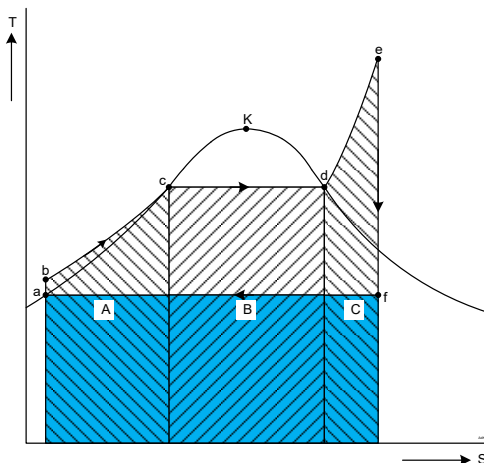
$$Q_{AF} = T_w \cdot (s_f - s_a) \quad [\text{kJ} / \text{kg}]$$

$$T_w = t_w + 273 \quad [\text{K}]$$

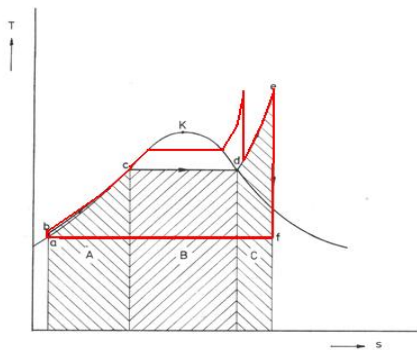
$$T_w = 36,16 + 273,15 = 309,31 \text{ K}$$

$$Q_{AF} = 309,31 \cdot (6,8532 - 0,52087)$$

$$Q_{AF} = 1958,652 \text{ kJ} / \text{kg}$$



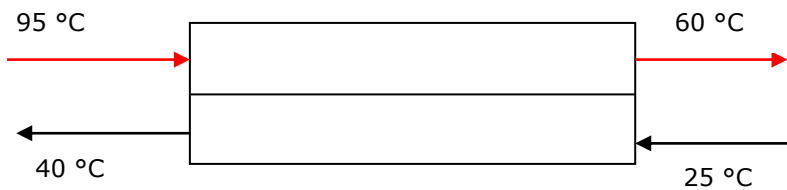
(10)12. Dan moet er gebruik gemaakt worden van herverhitting. Zie de rode lijnen in onderstaand diagram.



(20)13.

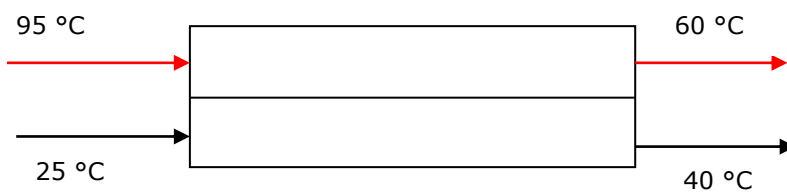
Het verwarmingsmedium is water, het water koelt af van 95 °C tot 60 °C. Met het water wordt olie opgewarmd van 25 °C naar 40 °C.

Zuivere Tegenstroom



$$\Delta T_{gem} = \frac{\Delta T_{max} - \Delta T_{min}}{\ln \frac{\Delta T_{max}}{\Delta T_{min}}} = \frac{55 - 35}{\ln \frac{55}{35}} = 44,25 \text{ K}$$

Zuivere Gelijkstroom



$$\Delta T_{gem} = \frac{\Delta T_{max} - \Delta T_{min}}{\ln \frac{\Delta T_{max}}{\Delta T_{min}}} = \frac{70 - 20}{\ln \frac{70}{20}} = 39,91 \text{ K}$$

Indien $\dot{Q}$ hetzelfde is, hoe verhouden de warmtewisselaars zich dan in grootte?

Meestroom: $\dot{Q} = A_{\text{gelijk}} \cdot k \cdot 39,91$

Tegenstroom: $\dot{Q} = A_{\text{tegen}} \cdot k \cdot 44,25$

$$\frac{A_{\text{tegen}}}{A_{\text{gelijk}}} = \frac{39,91}{44,25} \approx 1,1087$$

Met andere woorden, als men een warmtewisselaar toepast in meestroom in plaats van in tegenstroom, dan zal voor dezelfde capaciteit de warmtewisselaar die in meestroom geschakeld is 10,87% groter zijn dan die in tegenstroom.