

**Voorbeeld EXAMEN Thermodynamica OPEP Niveau 4****Vraag 1:**

Van een ideaal gas is gegeven dat de dichtheid bij 0 °C en 1 bara, 1,5 kg/m<sup>3</sup> bedraagt.

Bereken:

- (10) a. De specifieke gasconstante  $R_s$ .  
(10) b. De druk die het gas uitoefent als 2,75 kg hiervan zich bevindt in een vat van 20 dm<sup>3</sup> bij een temperatuur van 27 °C. Geef uw antwoord in bar absoluut.

**Vraag 2:**

Een ideaal gas bestaat uit:

30 vol% CO

16 vol% H<sub>2</sub>

54 vol% N<sub>2</sub>

De druk van het mengsel bedraagt 1 bar(a) en de temperatuur 10 °C

Bereken:

- (30) a. De massapercentages van de CO, H<sub>2</sub> en N<sub>2</sub>.  
(10) b. De specifieke gasconstante van het gasmengsel.

**Vraag 3:**

Water van 70 °C en een specifiek volume van  $v_w = 0,0010228 \text{ m}^3 / \text{kg}$  wordt aan een ketel toegevoerd waarin een druk heerst van 100 bara.

Het specifiek volume van de stoom die de keteldrum verlaat bedraagt:  $v_s = 0,01803 \text{ m}^3 / \text{kg}$

De enthalpie van het water bedraagt:  $h_w = 300 \text{ kJ} / \text{kg}$

De enthalpie van de verzadigde stoom bedraagt:  $h_{vs} = 2725 \text{ kJ} / \text{kg}$

Bereken:

- (10) a. De arbeid die bij de overgang van water in stoom wordt verricht.  
(10) b. De verandering van de inwendige energie als er vanuit mag worden gegaan dat het proces onder constante druk ( $p=100 \text{ bara}$ ) verloopt.

**Vraag 4:**

In een cilinder afgesloten door een zuiger bevindt zich een gas met een volume van 0,08 m<sup>3</sup> en een druk van 25 bara en  $T_1 = 320 \text{ K}$ . De gas expandeert isentropisch naar een volume van 0,24 m<sup>3</sup>  $n = 1,4$ .

Bereken:

- (20) Bereken de einddruk en de eind temperatuur na de expansie.

**Vraag 5:**

Lucht met een druk van 125 kPa en een temperatuur van 107 °C wordt isentroop gecomprimeerd tot het volume 8 maal zo klein is geworden.

$c_p = 1005 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$

$R_s = 289 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$

Bereken:

- (10) a. De einddruk.  
(10) b. De eindtemperatuur.  
(10) c. De verrichte arbeid per kg lucht.

**Vraag 6:**

In een verticale cilinder, aan de bovenzijde afgesloten door een wrijvingsloze zuiger waarop de atmosferische druk van 1 bara werkt, bevindt zich  $0,5 \text{ m}^3$  lucht met een temperatuur van  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ . De oppervlakte van de zuiger bedraagt  $0,1 \text{ m}^2$  en de massa van de zuiger bedraagt 100 kg. door afkoeling neemt het volume van de lucht af tot  $0,375 \text{ m}^3$ .

$$c_p = 1,005 \text{ kJ} / (\text{kg} \cdot \text{K})$$

$$R_s = 287 \text{ J} / (\text{kg} \cdot \text{K})$$

$$g = 9,8 \text{ m} / \text{s}^2$$

Bereken:

- (10) a. De eindtemperatuur van de lucht.
- (10) b. De op het gas (lucht) verrichte arbeid.
- (10) c. De afgevoerde warmte.

**Vraag 7:**

Een ideaal gas van 2 bara en 300 K wordt polytroop ( $n=1,25$ ) gecomprimeerd tot 14 bara.

$$c_p=1,005 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K}) \quad c_v=0,716 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$$

Er mag worden aangenomen dat de soortelijke warmte (c) over het gehele traject constant is.

Gevraagd:

- (20) a. Bereken de toe of afgevoerde warmte per kg gas.

**Vraag 8:**

Van een Carnot proces is het rendement 50%. De gemiddelde temperatuur waarbij de warmte wordt toegevoerd bedraagt 900 K.

Bereken:

- (10) De gemiddelde temperatuur waarbij de warmte wordt afgevoerd.

**Vraag 9:**

1 kg lucht beschrijft een standaard OTTO-kringproces.

$$c_p = 1,005 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K}) \quad c_v = 0,718 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$$

$$p_1 = 100 \text{ kPa} \quad T_1 = 290 \text{ K} \quad V_2 = 0,12 V_1 \quad p_3 = 1,6 p_2$$

- (10) a. Bereken  $T_2$ ,  $T_3$  en  $T_4$ .
- (10) b. Bereken het rendement  $\eta$ .
- (10) c. Bereken de geleverde arbeid  $W$  per kg lucht.
- (10) d. Bereken het geleverd vermogen als de totale cilinderinhoud  $1,5 \text{ dm}^3$  is en het een viertakt motor is met een toerental van 3000 omw/ minuut.
- (10) e. Hoe groot wordt  $T_4$  als de expansie polytropisch  $n = 1,37$  verloopt in plaats van isentropisch?
- (10) f. Hoe groot wordt in dat geval het rendement?
- (10) g. Schets beide kringprocessen in één p-V diagram.

**Vraag 10:**

Lucht van 1 bara en 350 K wordt isotherm gecomprimeerd tot 7 bara. Daarna wordt bij constante druk warmte toegevoerd tot de temperatuur 550 K is geworden. Vervolgens volgt een polytrope expansie tot de begintoestand weer is bereikt.

$$R = 287 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K}) \quad c_p = 1,005 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$$

Gevraagd:

- (10) a. Teken het proces in een p-V diagram.
- (10) b. Bereken de exponent van polytrope expansie.
- (10) c. Bereken de af te voeren warmte van  $1 \rightarrow 2$ .
- (10) d. Bereken de af te voeren warmte van  $2 \rightarrow 3$ .
- (10) e. Bereken de af te voeren warmte van  $3 \rightarrow 1$ .
- (10) f. Bereken het thermisch rendement van dit proces.

**Vraag 11:**

Gegeven:

$$p_1 = 2 \text{ bara}$$

$$V_1 = 20 \text{ ltr}$$

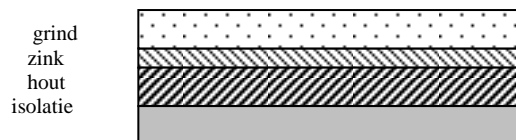
$$T_1 = 27 \text{ }^\circ\text{C}$$

Gas is  $\text{O}_2$

- (5) a. Bereken de massa gas in kg.

**Vraag 12:**

Een dakbedekking bestaat uit grind, zinkplaat, hout en isolatie.



Dikte van de grindlaag = 3 cm  $\lambda_{\text{grind}} = 0,8 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

Plaatdikte zink = 1mm  $\lambda_{\text{zink}} = 110 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

Houtdikte = 2,5 cm  $\lambda_{\text{hout}} = 0,2 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

Isolatie dikte 2 cm  $\lambda_{\text{isolatie}} = 0,1 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

De binnentemperatuur is  $22 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Het dauwpunt van de lucht is  $14 \text{ }^\circ\text{C}$ .

- (10) a. Bereken het "warmteverlies" per  $\text{m}^2$  dakbedekking als de buitentemperatuur  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  is.  
 (10) b. Bij welke buitentemperatuur zou, bij niet goed afsluitende isolatie, tussen hout en isolatie condens kunnen ontstaan?  
 (10) c. Bij welke buitentemperatuur zou tussen hout en isolatie condens kunnen ontstaan indien de isolatie aan de buitenkant, d.w.z tussen het hout en het zink, wordt aangebracht?

**Vraag 13:**

In een warmtewisselaar wordt vloeibare benzeen verwarmd van  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  tot  $90 \text{ }^\circ\text{C}$  met behulp van verzadigde stoom van 1 bar. De stoom condenseert hierbij net helemaal.

De verdampingswarmte van de stoom is  $2256 \text{ kJ/kg}$ . De wanddikte van het materiaal waarover de warmte overdracht plaatsvindt is 5 mm  $\lambda_{\text{staal}} = 57 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$   $\alpha_{\text{benzeen}} = 1500 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$   
 $\alpha_{\text{stoom}} = 10000 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ . De soortelijke warmte van benzeen is  $1,75 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$

- (10) a. Bereken de warmtedoorgangscoefficient  $k$   
 (10) b. Hoeveel stoom is nodig per kg benzeen.  
 (10) c. Bereken het, voor de warmteoverdracht benodigde oppervlak als de massastroom benzeen  $20 \text{ kg/s}$  is.  
 (10) d. Maakt in dit geval mee- of tegenstroom iets uit ?

## ANTWOORDEN EXAMEN THERMODYNAMICA

---

### Vraag 1.

(10)Antwoord 1a :

$$m \cdot R_s = \frac{p \cdot V}{T}$$

$$\frac{m}{V} \cdot R_s = \frac{p}{T} \Rightarrow \rho \cdot R_s = \frac{p}{T}$$

$$R_s = \frac{p}{T \cdot \rho} = \frac{1 \cdot 10^5}{273 \cdot 1,5} = 244,2 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}$$

(10)Antwoord 1b:

$$m \cdot R_s = \frac{p \cdot V}{T} \Rightarrow p = \frac{m \cdot R_s \cdot T}{V}$$

$$p = \frac{2,75 \cdot 244,2 \cdot 300}{0,02} = 10.073.250 \text{ N / m}^2$$

$$p = 100,7 \text{ bara}$$

### Vraag 2.

(30)Antwoord 2a.

We nemen aan dat er 10 m<sup>3</sup> gas aanwezig is, dan geldt voor:

$$CO : 0,3 \cdot 10 = 3 \text{ m}^3 CO$$

$$m \cdot R_s = \frac{p \cdot V}{T} \Rightarrow m = \frac{1 \cdot 10^5 \cdot 3}{283 \cdot 297} = 3,569 \text{ kg}$$

$$H_2 : 0,16 \cdot 10 = 1,6 \text{ m}^3 H_2$$

$$m \cdot R_s = \frac{p \cdot V}{T} \Rightarrow m = \frac{1 \cdot 10^5 \cdot 1,6}{283 \cdot 4125} = 0,137 \text{ kg}$$

$$N_2 : 0,54 \cdot 10 = 5,4 \text{ m}^3 N_2$$

$$m \cdot R_s = \frac{p \cdot V}{T} \Rightarrow m = \frac{1 \cdot 10^5 \cdot 5,4}{283 \cdot 296,7} = 6,431 \text{ kg}$$

totaal 10,137 kg

$$CO : \frac{3,569}{10,137} \cdot 100\% = 35,20 \text{ m}\% CO$$

$$H_2 : \frac{0,137}{10,137} \cdot 100\% = 1,35 \text{ m}\% H_2$$

$$N_2 : \frac{6,431}{10,137} \cdot 100\% = 63,44 \text{ m}\% N_2$$

(10)Antwoord 2b. De specifieke gasconstante van het gasmengsel.

$$R_m = 0,352 \cdot 297 + 0,0135 \cdot 4125 + 0,6344 \cdot 296,7$$

$$R_m = 348,45 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}$$

### Vraag 3

**(10) Antwoord 3a.** De arbeid die bij de overgang van water in stoom wordt verricht.

$$W = p \cdot \Delta V \Rightarrow$$

$$W = 100 \cdot 10^5 \cdot (0,01803 - 0,0010228)$$

$$W = 170072 \text{ J / kg}$$

$$W = 170 \text{ kJ / kg}$$

### (10) Antwoord 3b.

De verandering van de inwendige energie als er vanuit mag worden gegaan dat het proces onder constante druk ( $p=100 \text{ bara}$ ) verloopt.

$$\Delta h = \Delta U + W$$

$$2725 - 300 = \Delta U + 170$$

$$\Delta U = 2255 \text{ kJ / kg}$$

### Vraag 4

(20) Antwoord 4.

$$p_1 \cdot V_1^n = p_2 \cdot V_2^n$$

$$p_2 = p_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^n$$

$$p_2 = 25 \cdot \left(\frac{0,08}{0,24}\right)^{1,4} = 5,37 \text{ bar}$$

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$$

$$T_2 = \frac{p_2 \cdot V_2 \cdot T_1}{p_1 \cdot V_1} = \frac{5,37 \cdot 0,24 \cdot 320}{25 \cdot 0,08} = 206,208 \text{ K}$$

### Vraag 5

Antwoord 5.

$$R_s = c_p - c_v \Rightarrow c_v = c_p - R_s = 1005 - 289 = 716 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}$$

$$k = \frac{c_p}{c_v} = \frac{1005}{716} = 1,4$$

**(10)5a.** De einddruk:

$$p_1 \cdot V_1^k = C \Rightarrow p_2 = p_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^k$$

$$p_2 = 125 \cdot \left(\frac{1}{\frac{1}{8}}\right)^{1,4} = 2297 \text{ kPa} = 2297000 \text{ Pa} = 22,97 \text{ bara}$$

**(10)5b.** De eindtemperatuur:

$$T_2 = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{k-1} \cdot T_1 \Rightarrow T_2 = 8^{0,4} \cdot (107 + 273) = 873 \text{ K}$$

**(10)5c.** De verrichte arbeid per kg:

Bij de isentroop geldt:

$$Q = \Delta U + W \text{ en } Q = 0$$

$$W = -\Delta U = -m \cdot c_v \cdot \Delta T$$

$$W = -1 \cdot 0,716 \cdot (873 - 380) = -353 \text{ kJ / kg}$$

**Vraag 6**

Antwoord 6

**(10)6a.**

$$p_1 = \frac{F}{A} + p_a = \frac{100 \cdot 9,8}{0,1} + 100.000 = 109.800 \text{ N/m}^2$$

$$m \cdot R_s = \frac{p \cdot V}{T} \Rightarrow m = \frac{109.800 \cdot 0,5}{373 \cdot 287} = 0,5128 \text{ kg}$$

$$p = \text{constant: } m \cdot R_s = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{109.800 \cdot 0,375}{0,5128 \cdot 287} = 279,75 \text{ K}$$

$$T_2 = 279,75 \text{ K}$$

**(10)6b.**

$$W = p \cdot \Delta V = 109.800 \cdot (0,375 - 0,5)$$

$$W = -13.725 \text{ J}$$

$$W = -13,725 \text{ kJ}$$

**(10)6c.**

$$Q = \Delta U_k + W$$

$$c_v = c_p - R_s = 0,718 \text{ kJ} / (\text{kg} \cdot \text{K})$$

$$Q = m \cdot c_v \cdot \Delta t + W$$

$$Q = 0,5128 \cdot 0,718 \cdot (279,75 - 373) - 13,725$$

$$Q = -48,06 \text{ kJ}$$

Of

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta t$$

$$Q = 0,5128 \cdot 1,005 \cdot (279,75 - 373)$$

$$Q = -48,06 \text{ kJ}$$

**Vraag 7:**

Antwoord 7:

**(20)7a.**

$$\frac{p_1}{p_2} = \left( \frac{T_2}{T_1} \right)^{\frac{n}{1-n}}$$

$$T_2 = \left( \frac{p_1}{p_2} \right) \cdot T_1 = \left( \frac{2}{14} \right)^{\frac{1-1,25}{1,25}} \cdot 300 = 442,7 \text{ K}$$

$$n = \frac{c - c_p}{c - c_v}$$

$$n \cdot (c - c_v) = c - c_p$$

$$n \cdot c - n \cdot c_v = c - c_p$$

$$1,25 \cdot c - 1,25 \cdot 0,716 = c - 1,005$$

$$0,25 \cdot c = 1,25 \cdot 0,716 - 1,005$$

$$c = \frac{-0,11}{0,25} = -0,44$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T = 1 \cdot -0,44 \cdot (442,7 - 300)$$

$$Q = -62,78 \text{ kJ} / \text{kg}$$

**Vraag 8:**

(10) Antwoord 8:

$$\eta_{\text{Carnot}} = \frac{T_2 - T_1}{T_2} \Rightarrow 0,50 = \frac{900 - T_1}{900} \Rightarrow T_1 = 450 \text{ K}$$

**Vraag 9:**

Antwoord 9:

**(10)9a.**

$$T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} \Rightarrow T_2 = 290 \cdot \left(\frac{1}{0,12}\right)^{1,4-1} = 677 \text{ K}$$

Isochoor  $\frac{T_3}{T_2} = \frac{p_3}{p_2} \Rightarrow T_3 = 1,6 \cdot 677 = 1084 \text{ K}$

$$T_4 = T_3 \cdot \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1} \Rightarrow T_4 = 1084 \cdot \left(\frac{0,12}{1}\right)^{1,4-1} = 464 \text{ K}$$

**(10)9b.**

$$\eta_{\text{otto}} = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 1 - \frac{290}{677} = 0,571 = 57,1 \%$$

**(10)9c.**

$$\begin{aligned} \sum W &= \sum Q = m \cdot c_v \cdot (T_3 - T_2) + m \cdot c_v \cdot (T_1 - T_4) \\ &= 1 \cdot 0,718 \cdot (1084 - 677) + 1 \cdot 0,718 \cdot (290 - 464) \\ &= 167,3 \text{ kJ per kg lucht} \end{aligned}$$

**(10)9d.**

$1,5 \text{ dm}^3 = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$  bij 290 K en 100 kPa

$$m = \frac{p \cdot V}{R_s \cdot T} = \frac{100 \cdot 10^3 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3}}{287 \cdot 290} = 0,0018 \text{ kg}$$

$$3000 \text{ omw/min} = 50 \text{ omw/sec} \Rightarrow \dot{m} = \frac{50}{2} \cdot 0,0018 \text{ kg/s} = 0,045 \text{ kg/s}$$

$$P = \text{arbeid/kg} \cdot \dot{m} = 167,3 \text{ kJ/kg} \cdot 0,045 \text{ kg/s} = 7,5 \text{ kW}$$

**(10)9e.**

$$T_4' = T_3 \cdot \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1} = 1084 \cdot \left(\frac{0,12}{1}\right)^{1,37-1} = 495 \text{ K}$$

**(10)9f.**

$$Q_{1,2} = 0 \quad Q_{2,3} = m \cdot c_v \cdot (T_3 - T_2) = 0,718 \cdot (1084 - 677) = 292,2 \text{ kJ}$$

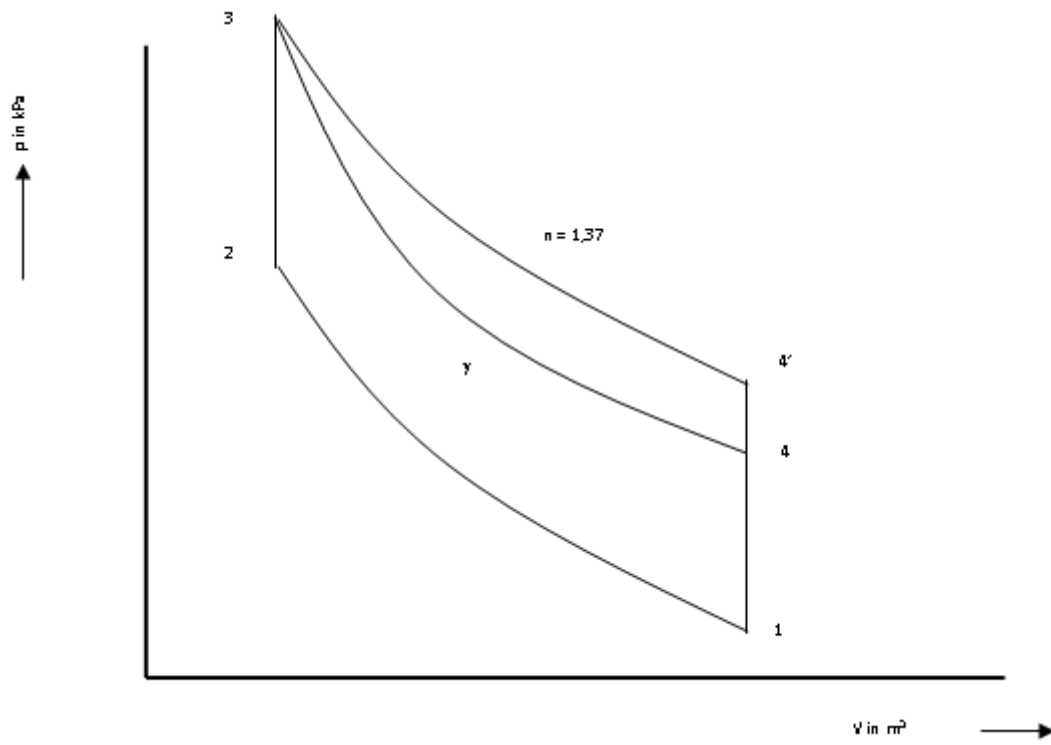
$$c = \frac{\gamma - 1}{\gamma} \cdot c_v = \frac{1,37 - 1,4}{1,37 - 1} \cdot 0,718 = -0,058$$

$$Q_{3,4'} = m \cdot c \cdot (T_{4'} - T_3) = 1 \cdot -0,058 \cdot (495 - 1084) = 34,3 \text{ kJ}$$

$$Q_{4',1} = m \cdot c_v \cdot (T_1 - T_{4'}) = 1 \cdot 0,718 \cdot (290 - 495) = -147,2 \text{ kJ}$$

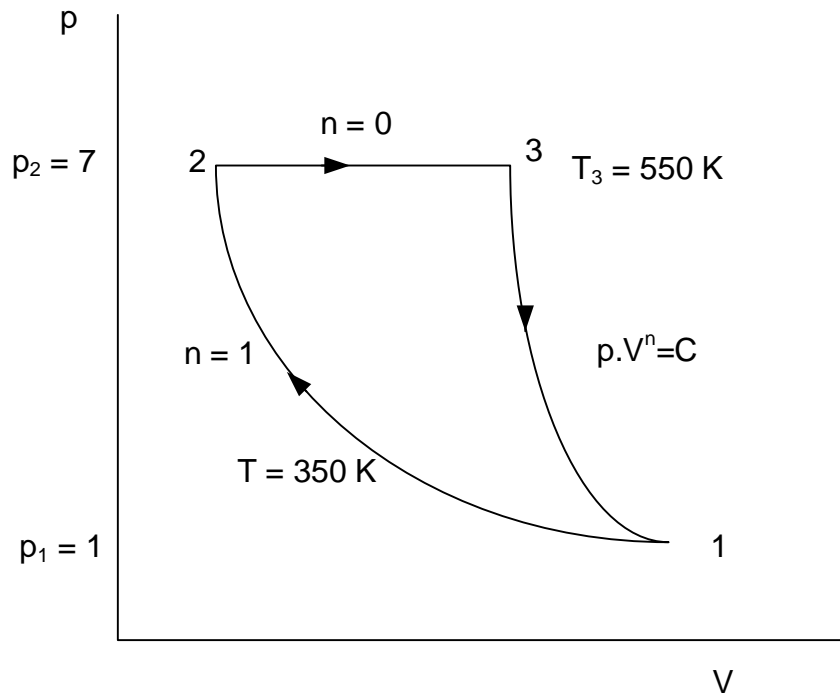
$$\eta = \frac{\sum W}{Q_{\text{toe}}} \cdot 100\% = \left(\frac{292,2 + 34,3 - 147,2}{292,2 + 34,3}\right) \cdot 100\% = \frac{179,3}{326,5} \cdot 100\% = 54,9 \%$$

(10)9g.





**Vraag 10:**  
Antwoord 10:  
**(10)10a.**



**(10)10b.**

P <sub>1</sub> = 1 bara T <sub>1</sub> = 350 K	P <sub>2</sub> = 7 bara T <sub>2</sub> = 350 K	P <sub>3</sub> = 7 bara T <sub>3</sub> = 550 K
---	---	---

$$\frac{p_3 \cdot V_3^n}{\left(\frac{p_3 \cdot V_3}{T_3}\right)^n} = \frac{p_1 \cdot V_1^n}{\left(\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1}\right)^n} \Rightarrow p_3^{1-n} \cdot T_3^n = p_1^{1-n} \cdot T_1^n$$

$$\left(\frac{p_3}{p_1}\right)^{1-n} = \left(\frac{T_1}{T_3}\right)^n \Rightarrow \left(\frac{p_3}{p_1}\right)^{\frac{1-n}{n}} = \left(\frac{T_1}{T_3}\right) \Rightarrow \frac{1-n}{n} = \frac{\ln\left(\frac{T_1}{T_3}\right)}{\ln\left(\frac{p_3}{p_1}\right)}$$

$$\frac{1-n}{n} = \frac{\ln\left(\frac{350}{550}\right)}{\ln\left(\frac{7}{1}\right)} \Rightarrow 1-n = n \cdot 0,2322$$

$$n = 1,3025$$

**(10)10c.**

Voor m = 1kg geldt 1 → 2 isotherm.

$$Q_{1 \rightarrow 2} = m \cdot R_s \cdot T_1 \cdot \ln \frac{p_1}{p_2} = 1 \cdot 0,287 \cdot 350 \cdot \ln \frac{1}{7}$$

$$Q_{1 \rightarrow 2} = -195,46 \text{ kJ}$$

**(10)10d.**

Voor m = 1kg geldt 2 → 3 isobaar.

$$Q_{2 \rightarrow 3} = m \cdot c_p \cdot \Delta T = 1 \cdot 1,005 \cdot (550 - 350)$$

$$Q_{2 \rightarrow 3} = 201 \text{ kJ}$$

**(10)10e.**

$$k = \frac{c_p}{c_v} \Rightarrow c_v = \frac{1,005}{1,4} = 0,7178 \text{ kJ} / (\text{kg} \cdot \text{K})$$

$$c = \frac{n \cdot c_v - c_p}{n - 1} \Rightarrow c = \frac{1,3025 \cdot 0,7178 - 1,005}{1,3025 - 1}$$

$$c = -0,2313 \text{ kJ} / (\text{kg} \cdot \text{K})$$

$$Q_{3 \rightarrow 1} = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q_{3 \rightarrow 1} = 1 \cdot 0,2313 \cdot (350 - 550) = 46,26 \text{ kJ}$$

**(10)10f.**

$$\eta = \frac{\sum Q}{Q_{\text{toe}}} = \frac{-195,46 + 201 + 46,26}{201 + 46,26} \cdot 100\% = 20,94\%$$

**Vraag 11:**

Antwoord 11:

**(5)11a.**

$$M \cdot R_s = 8315 \text{ Nm} / (\text{kmol} \cdot \text{K})$$

$$32 \cdot R_s = 8315$$

$$R_s = 259,86 \text{ Nm} / (\text{kg} \cdot \text{K})$$

$$m \cdot R_s = \frac{p \cdot V}{T} \Rightarrow m = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 0,02}{300 \cdot 259,86}$$

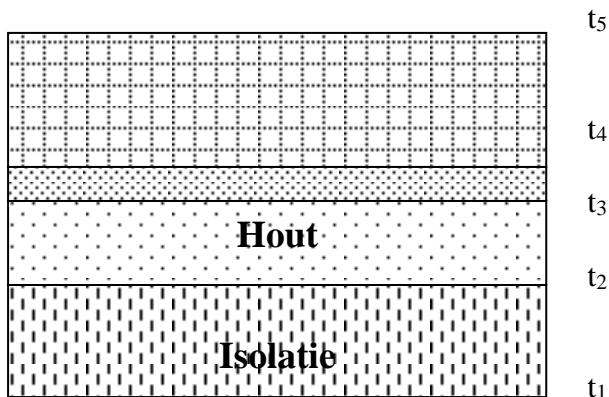
$$m = 0,0513 \text{ kg}$$

**Vraag 12:**

Antwoord 12:

**(10)12a.**

$$\frac{\dot{Q}}{A} = \frac{1}{\sum \frac{d}{\lambda}} \cdot (t_1 - t_5) = \frac{1}{\frac{0,03}{0,8} + \frac{0,001}{110} + \frac{0,025}{0,2} + \frac{0,02}{0,1}} \cdot (22 - 10) = 33,1 \text{ W/m}^2$$



**(10)12b.**

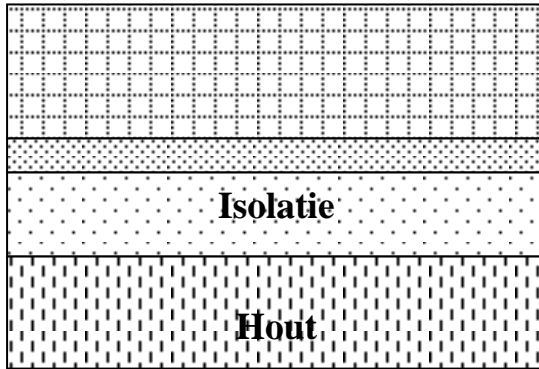
Condensatie kan optreden als  $t_2 < 14 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\frac{\dot{Q}}{A} = \frac{\lambda}{d} \cdot (t_1 - t_2) = \frac{0,1}{0,02} \cdot (22 - 14) = 40 \text{ W/m}^2$$

$$t_1 - t_5 = \frac{\dot{Q}}{A} \cdot \sum \frac{d}{\lambda} = 40 \cdot 0,3625 = 14,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Rightarrow t_5 = 7,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

**(10)12c.**



$$\frac{\dot{Q}}{A} = \frac{\lambda}{d} \cdot (t_1 - t_2) = \frac{0,2}{0,025} \cdot (22 - 14) = 64 \text{ W/m}^2$$

$$t_1 - t_5 = 64 \cdot 0,3625 = 23,2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_5 = 22 - 23,2 = -1,2 \text{ }^\circ\text{C}$$

**Vraag 13:**

Antwoord 13:

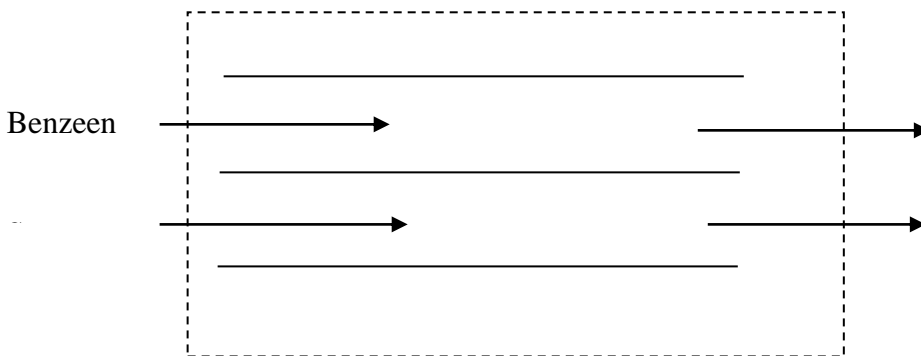
**(10)13a.**

Vlakke plaat:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \Rightarrow k = \frac{1}{\frac{1}{1500} + \frac{0,005}{57} + \frac{1}{10000}}$$

$$k = 1170 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} = 1,17 \text{ kW/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

**(10)13b.**



Open systeem:

$$Q = \Delta H + W + \Delta E_k + \Delta E_p$$

$$Q = 0$$

$$W = 0$$

$$\Delta E_k = 0$$

$$\Delta E_p = 0$$

$$\Delta H = 0$$

$$m c \Delta T - m_{\text{stoom}} \cdot r = 0$$

$$1 \cdot 1,75 \cdot (90 - 10) = m_{\text{stoom}} \cdot 2256$$

$$m_{\text{stoom}} = 0,0621 \text{ kg per kg benzeen.}$$

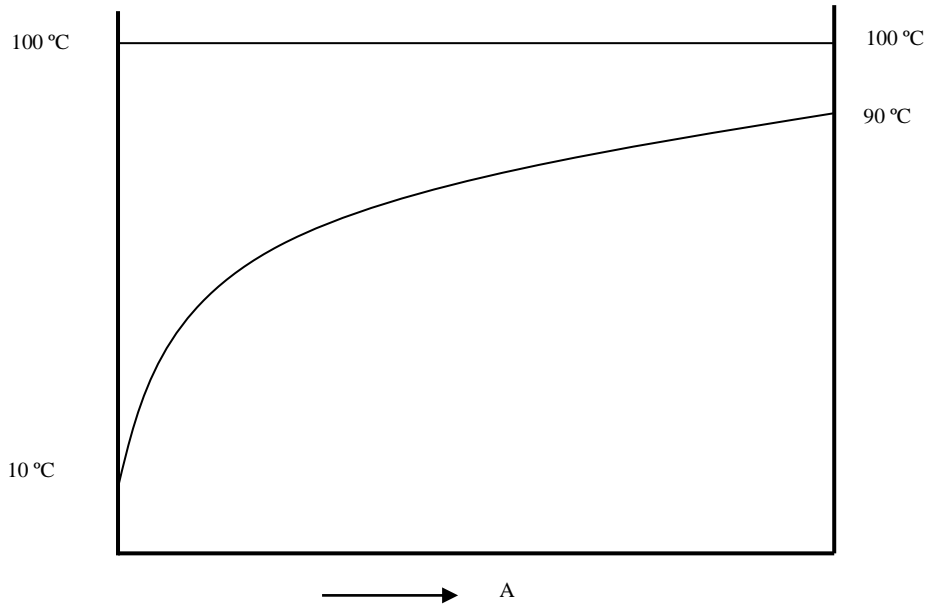
**(10)13c.**

$$\dot{Q} = \dot{m}_{\text{benzeen}} \cdot 1,75 \cdot (90 - 10) = 20 \cdot 140 = 2800 \text{ kW}$$

$$\Delta T_{\text{gem}} = \frac{\Delta T_{\text{max}} - \Delta T_{\text{min}}}{\ln \frac{\Delta T_{\text{max}}}{\Delta T_{\text{min}}}} = \frac{90 - 10}{\ln \frac{90}{10}} = 36,4 \text{ K}$$

$$\dot{Q} = A \cdot k \cdot \Delta T_{\text{gem}} \Rightarrow 2800 = A \cdot 1,17 \cdot 36,4 \Rightarrow A = 65,7 \text{ m}^2$$

**(10)13d.**



Tegen of meestroom maakt in dit geval niets uit omdat de temperatuur van de condenserende stoom constant 100 °C is.