higher education & training

Department:
Higher Education and Training
REPUBLIC OF SOUTH AFRICA

# NASIONALE SERTIFIKAAT

# KRAGMASJIENE N6

(8190046)

**13 Augustus 2021 (X-vraestel)**
**09:00–12:00**

**BENODIGDHEDE: Eienskappe van water en stoom (BOE 173)**
**Oorverhittestoomtabelle (bylaag tot BOE 173)**

**Nieprogrammeerbare sakrekenaars en tekeninstrumente mag gebruik word.**

**Hierdie vraestel bestaan uit 6 bladsye en ’n formuleblad van 5 bladsye.**

316Q1G2113

Kopiereg voorbehou

# DEPARTEMENT VAN HOËR ONDERWYS EN OPLEIDING
# REPUBLIEK VAN SUID-AFRIKA

NASIONALE SERTIFIKAAT
KRAGMASJIENE N6
TYD: 3 UUR
PUNTE: 100

---

**INSTRUKSIES EN INLIGTING**

1. Beantwoord al die vrae.
2. Lees al die vrae aandagtig deur.
3. Nommer die antwoorde volgens die nommeringstelsel wat in hierdie vraestel gebruik is.
4. Vrae mag in enige volgorde beantwoord word, maar hou onderafdelings van vrae bymekaar.
5. Alle sketse en diagramme moet netjies wees met volledige byskrifte, en moet in potlood in die ANTWOORDBOEK geteken word.
6. Skryf alle formules neer wat gebruik is.
7. Toon alle tussenstappe vir berekeninge.
8. Gebruik slegs ’n swart of blou pen.
9. Benader finale antwoorde korrek tot DRIE desimale, tensy anders versoek.
10. Skryf netjies en leesbaar.

---

Kopiereg voorbehou 

## VRAAG 1

Gas teen 190 °C sit adiabaties uit teen 'n tempo van 5 kg/s deur 'n nouer-en-wyer-spuitstuk ('convergent-divergent nozzle') tot 'n druk van 103 kPa en 'n temperatuur van 252,5 K. Die temperatuur van die gas by die keel is 386 K. Aanvaar R vir die gas as 0,298 kJ/kg.K en ignoreer die gassnelheid by die spuitstukinlaat.

Neem die Machgetal as 1,653 en bereken die volgende:

1.1 Die gamma

1.2 Die spesifieke hittekapasiteit teen konstante druk vir die gas

1.3 Die inlaat druk

1.4 Die keel druk

1.5 Die snelheid van die gas by die spuitstukuitlaat ('nozzle outlet')

1.6 Die snelheid van die gas by die keel van die spuitstuk

(6 × 3) (18)

1.7 Die drywing ('power') in MW van die gas by die spuitstukuitlaat

**WENK**: $EK = \frac{1}{2} \times \dot{m} \times C^2$

(2)
**[20]**

## VRAAG 2

'n Vierslag-, enkelsilinder- binnebrandenjin het 'n silinderdeursnee van 180 mm en 'n slag van 340 mm. Tydens 'n toets is 4,5 kg/min verkoelwater, met 'n spesifieke hittekapasiteit van 4,187 kJ/kg.K, deur die watermantel ('water jacket') gesirkuleer, waarvan die inlaat- en uitlaattemperatuur onderskeidelik 17,5 °C en 59 °C was.

Die aangegewe gemiddelde effektiewe druk was 555 kPa teen 'n spoed van 390 r/min, terwyl die netto remlas 510 N was, gemeet teen 'n effektiewe radius van 0,57 m. Die enjin het brandstof met 'n kaloriese waarde van 43 MJ/kg teen 'n tempo van 0,06 kg/min verbruik. Die hoeveelheid energie wat in die uitlaatgasse weggevoer is, verteenwoordig 34,8% van die energie van die brandstof.

2.1 Bereken die volgende:

2.1.1 Die remdrywing ('brake power') in kW

2.1.2 Die aangegewe drywing ('indicated power') in kW

2.1.3 Die meganiese doeltreffendheid

2.1.4 Die brandstofdrywing in kW

2.1.5 Die termiese doeltreffendheid van die rem

(5 × 3) (15)

2.2 Stel 'n energiebalans in kJ/s op, asook 'n persentasie om die persentasie hitte aan straling afgestaan, te bepaal. (5)

**[20]**

## VRAAG 3

'n Oopkring-, deurlopendeverbranding-, konstantedruk-gasturbine neem lug teen 101 kPa en 15 °C in. Die lug word in 'n draaikompressor deur 'n drukratio van 6:1 saamgedruk. Die lug vloei dan teen konstante druk deur 'n hitteruiler, waarvan die doeltreffendheid 65% is.

Die lug vloei uit die hitteruiler teen 'n konstante druk deur 'n verbrandingskamer waarin die temperatuur tot 870 °C verhoog word. Die lug vloei dan uit die verbrandingskamer deur 'n gasturbine, waarin dit tot 101 kPa uitsit. Laastens vloei die lug deur die hitteruiler na die uitlaat ('exhaust').

Die isentropiese doeltreffendheid van die kompressor is 85%, terwyl dié van die turbine 80% is. Laat die massa van brandstof buite rekening en aanvaar die lugmassa-vloeitempo as 4 kg/s. Neem gamma as 1,4, en $C_p$ as 1,005 kJ/kg.K.

Bereken die volgende:

3.1 Die netto drywingsuitset ('power output') van die installasie ('plant') (10)

3.2 Die uitlaattemperatuur ('exhaust temperature') van die hitteruiler en die temperatuur voor verbranding (4)

3.3 Die termiese doeltreffendheid van die installasie (3)

3.4 Die termiese doeltreffendheid van die installasie as die hitteruiler verwyder sou word (3)

**[20]**

## VRAAG 4

Die gemiddelde deursnee van die bewegende lemme van 'n tweetrap-, snelheidsgekompenseerde impulsgasturbine ('two-stage, velocity-compounded, impulse gas turbine') wat teen 2 546,5 r/min draai, is 1,35 m. Die inlaat- en uitlaathoeke vir die eerste ry bewegende lemme is 27°. Die relatiewe inlaat- en uitlaatsnelhede vir die eerste ry bewegende lemme is onderskeidelik 570 m/s en 513 m/s. Die uitlaathoek vir die tweede ry bewegende lemme is 30°. Die snelheid van vloei by die ingang na die tweede trap is 120 m/s. Daar is 'n konstante wrywingskoëffisiënt oor alle lemme.

4.1 Stel snelheidsdiagramme vir die turbine in die ANTWOORDBOEK saam volgens 'n skaal van 1 mm = 5 m/s. Toon die lengte van ALLE lynsegmente asook die grootte van ALLE hoeke op die diagramme aan. (10)

4.2 Bepaal die volgende uit die snelheidsdiagramme:

4.2.1 Die ingangshoek na die vaste lemme (1)

4.2.2 Die uitgangshoek vanaf die vaste lemme (1)

4.2.3 Die snelheid van die gas wat die eerste trap ('first stage') verlaat in m/s (1)

4.2.4 Die snelheid van die gas wat die turbine verlaat (1)

4.2.5 Die drywing wat in die turbine ontwikkel in MW, as 'n massavloeitempo van stoom van 21 kg/s aanvaar word (3)

4.2.6 Die diagramdoeltreffendheid (3)

**[20]**

## VRAAG 5

'n Dampkompressie-koelinstallasie, wat koolstofdioksied as 'n koelmiddel gebruik, werk tussen temperatuurgrense van -6 °C en 28 °C. By die ingang na die kompressor is die koelmiddel 'n droë versadigde damp, en by die ingang na die kondensator het dit 'n temperatuur van 65 °C.

Die koelmiddel word tot 'n versadigde vloeistof met 'n temperatuur van 22 °C en 'n spesifieke entalpie van 100,5 kJ/kg onderverkoel. Die massavloeitempo van die koelmiddel is 88 kg/h.

Kopiereg voorbehou 

Die spesifieke hittekapasiteit van die oorverhitte ('superheated') koelmiddel is 1,62 kJ/kg.K. Die kompressor draai teen 310 r/min en het 'n slagvolume ('swept volume') van 1 150 cm³. Die spesifieke volume van die versadigde damp teen -6 °C is 0,2 m³/kg.

Die volgende is uittreksels uit die koolstofdioksied tabelle:

| Versadigings-temperatuur [°C] | Spesifieke entalpie [kJ/kg] | | Spesifieke entropie [kJ/kg.K] | |
|---|---|---|---|---|
| | Vloeistof ($h_f$) | Damp ($h_g$) | Vloeistof ($s_f$) | Vloeistof ($s_g$) |
| -6 | 48,5 | 461,7 | 0,195 | 1,754 |
| 28 | | 478,7 | | |

Bereken die volgende:

5.1 Die spesifieke entalpie van die koelmiddel ná kompressie (2)

5.2 Die droogheidsfraksie van die koelmiddel by die verdamperinlaat (2)

5.3 Die spesifieke entropie van die koelmiddel by die verdamperinlaat (2)

5.4 Die effektiewe slagvolume ('swept volume') van die kompressor in m³/h (2)

5.5 Die volumetriese doeltreffendheid van die kompressor (4)

5.6 Die drywing benodig om die kompressor aan te dryf in kW (3)

5.7 Die koeleffek ('refrigerating effect') in kJ/s (3)

5.8 Die werklike werkverrigtingskoeffisiënt ('coefficient of performance') (2)

**[20]**

**TOTAAL: 100**

Kopiereg voorbehou

## FORMULEBLAD

Hierdie formuleblad is NIE noodwendig volledig nie. Enige formule wat deur kandidate gebruik word wat NIE op hierdie lys verskyn nie, moet volledig in die ANTWOORDBOEK uitgeskryf word.

| ENGLISH | GENERAL | AFRIKAANS |
|---|---|---|
| | $P_a V_a = mRT_a$ | |
| | $R = C_p - C_v$ | |
| | $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ | |
| $PV = c$ | | $PV = k$ |
| $PV^n = c$ | | $PV^n = k$ |
| $PV^\gamma = c$ | | $PV^\gamma = k$ |
| | $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{(n-1)} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\left(\frac{n-1}{n}\right)}$ | |
| | $\Delta U = m.C_v.\Delta T$ | |
| $Q = \Delta U + Wd$ | | $Q = \Delta U + Av$ |
| | $\Delta s = m\left[C_v \,.\, \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) + C_p \,.\, \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)\right]$ | |
| | $\Delta s = m \,.\, C_v \,.\, \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$ | |
| | $\Delta s = m.C_p.\ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$ | |
| | $\Delta s = m \,.\, R \,.\, \left(\frac{P_1}{P_2}\right)$ | |
| | $Q = m \,.\, C_p \,.\, \Delta T$ | |
| | $Q = m \,.\, C_v \,.\, \Delta T$ | |
| | $S_{su} = S_g + C_p.\ln\left(\frac{T_{su}}{T_s}\right)$ | |
| | $S_{fg} = S_g - S_f$ | |
| | $S = S_f + x \,.\, S_{fg}$ | |
| | $h_{su} = h_g + C_p \,.\, \left(t_{su} - t_s\right)$ | |
| | $T_a\left(s_a - s_b\right) = h_a - h_b$ | |

Kopiereg voorbehou 

ENGLISH GENERAL AFRIKAANS

$$h_{ws} = h_f + x.h_{fg}$$

$$V_{ws} = x.V_g$$

$$V_{su} = \frac{\frac{n-1}{n}\left(h_{su} - 1\,941\right)}{P_{su}}$$

$$r = \frac{V_s + V_c}{V_c}$$

$$V_s = \frac{\pi}{4} \times d^2 \times L$$

$$P_2 = \sqrt{P_1 \times P_3}$$

$$r_{ps} = \sqrt[x]{\frac{P_{x+1}}{P_1}}$$

$$h_{ns} = h_f + x.h_{fg}$$

$$V_{ns} = x.V_g$$

---

Different formulae for work done (Wd)

verskillende formules vir arbeid verrig (Av)

$$= P \times \Delta V$$

$$= P_1 V_1 . \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

$$= \frac{P_1 V_1 - P_2 V_2}{n-1}$$

$$= \frac{P_1 V_1 - P_2 V_2}{\gamma - 1}$$

$$= m.C_p \,.\, \Delta T$$

$$= \frac{xn}{n-1} \times P_1 V_e \left[\left(\frac{P_{x+1}}{P_1}\right)^{\left(\frac{n-1}{xn}\right)} - 1\right]$$

$$= \frac{xn}{n-1} \times mRtT_1 \left[\left(r_{ps}\right)^{\left(\frac{n-1}{n}\right)} - 1\right]$$

---

Kopiereg voorbehou 

ENGLISH GENERAL AFRIKAANS

Different formulae for work done (Wd)

= area of PV - diagram

= work done first stage + work done second stage + ...

$Wd_{nett} = Wd_t - Wd_c$

$Wd_{nett} = Q_{nett}$

Verskillende formules vir arbeid verrig (Av)

= area van PV - diagram

= arbeid verrig eerste stadium + arbeid verrig tweede stadium +...

$Av_{nett} = Av_t - Av_k$

$Av_{nett} = Q_{nett}$

---

Different formulae for air standard efficiencies (ASE)

Verskillende formules vir lugstandaardrendemente (LSR)

$$= 1 - \left(\frac{1}{r}\right)^{(\gamma-1)}$$

$$= 1 - \frac{r_p \cdot \left(r_c\right)^{(\gamma-1)}}{r_v^{(\gamma-1)}\left[\left(r_p - 1\right) + \gamma^{r_p}\left(r_c - 1\right)\right]}$$

$$= \frac{heat\ added - heat\ \ rejected}{heat\ added} \qquad = 1 - \frac{\beta^{\gamma} - 1}{r^{(\gamma-1)} \times \gamma\left(\beta - 1\right)} \qquad = \frac{warmte\ toegevoeg - warmte\ afgestaan}{warmte\ toegevoeg}$$

---

Different volumetric efficiencies, $\eta_{vol}$

Verskilllende volumetriese rendemente, $\eta_{vol}$

$$= \frac{Volume\ of\ \ air\ taken\ in}{Swept\ volume} \qquad = \frac{Volume\ lug\ ingeneem}{Slagvolume}$$

$$= \frac{Volume\ of\ \ free\ air}{Swept\ volume} \qquad = \frac{Volume\ vrylug}{Slagvolume}$$

$$= 1 - \left(\frac{V_c}{V_s}\right)\left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\left(\frac{1}{n}\right)} - 1\right]$$

---

Kopiereg voorbehou 

| ENGLISH | GENERAL | AFRIKAANS |
|---|---|---|
| Different thermal efficiencies, $\eta_{therm.}$ | | Verskillende termiese rendemente, $\eta_{therm.}$ |
| $= \frac{\text{Wd}}{\text{heat supplied}}$ | | $= \frac{\text{Av}}{\text{warmte toegevoeg}}$ |
| $\eta_{brake\ therm.} = \frac{BP}{m_{f/s} \times CV}$ | | $\eta_{rem\ term.} = \frac{RD}{m_{b/s} \times WW}$ |
| $\eta_{ind.\ therm.} = \frac{IP}{m_{f/s} \times CV}$ | | $\eta_{ind.\ term.} = \frac{ID}{m_{b/s} \times WW}$ |
| $\eta_{therm.} = \frac{m_s (h_s - h_w)}{m_f \times CV}$ | | $\eta_{term.} = \frac{m_s (h_s - h_w)}{m_b \times WW}$ |

---

| | | |
|---|---|---|
| $\eta_c = \frac{T_2' - T_1}{T_2 - T_1}$ | $\eta_t = \frac{T_3 - T_4}{T_3 - T_4'}$ | $\eta_k = \frac{T_2' - T_1}{T_2 - T_1}$ |
| $\eta_{mech.} = \frac{BP}{IP}$ | | $\eta_{meg.} = \frac{RD}{ID}$ |
| Indicated efficiency ratio | | Indikateurrendementverhouding |
| $= \frac{\eta_{ind.\ therm.}}{ASE}$ | | $= \frac{\eta_{ind.\ term.}}{LSR}$ |
| Brake efficiency ratio | | Remrendementverhouding |
| $= \frac{\eta_{brake\ therm.}}{ASE}$ | | $= \frac{\eta_{rem.\ term.}}{LSR}$ |

---

| | | |
|---|---|---|
| $BP = 2\pi \frac{TN}{60}$ | $T = F \times r$ | $RD = 2\pi \frac{TN}{60}$ |
| $BP = P_{brake\ mean}\ L \times A \times N \times E$ | | $RD = P_{rem\ gem.}\ L \times A \times N \times E$ |
| $IP = P_{ind.\ mean}\ L \times A \times N \times E$ | | $ID = P_{ind.\ gem.}\ L \times A \times N \times E$ |
| $ISFC = \frac{M_{f/h}}{IP}$ | | $ISBV = \frac{M_{b/h}}{ID}$ |
| $BSFC = \frac{M_{f/h}}{BP}$ | | $RSBV = \frac{M_{b/h}}{RD}$ |
| $COP = \frac{T_1}{T_2 - T_1}$ | | $KVW = \frac{T_1}{T_2 - T_1}$ |
| $COP = \frac{RE}{Wd}$ | | $KVW = \frac{VE}{Av}$ |
| $P = m\ .\ U\ .\ \Delta Vw$ | | $D = m\ .\ U\ .\ \Delta Vw$ |
| $F_{ax.} = m\ .\ \Delta V_f$ | | $F_{aks.} = m\ .\ \Delta V_f$ |

---

Kopiereg voorbehou 

ENGLISH GENERAL AFRIKAANS

$$\eta_{dia.} = \frac{2\,.\,U\,.\,\Delta V_w}{(V_1)^2}$$

$$P_c = P_1\left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\left(\frac{\gamma}{\gamma-1}\right)}$$

$$T_c = T_1\left(\frac{2}{\gamma+1}\right)$$

$$C_c = \sqrt{2\times10^3\left(h_1-h_c\right)+(C_1)^2}$$

$$C_2 = \sqrt{2\times10^3\left(h_1-h_2\right)+(C_1)^2}$$

$$C_c = \sqrt{2\times10^3\times C_p\left(T_1-T_c\right)+(C_1)^2}$$

$$C_2 = \sqrt{2\times10^3\times C_p\left(T_1-T_2\right)+(C_1)^2}$$

$$A_c = \frac{m\,.\,V_c}{C_c} \qquad A_2 = \frac{m\,.\,V_2}{C_2}$$

$$\eta = \frac{h_1-h_c}{h_1-h_c'} \qquad \eta = \frac{T_1-T_c}{T_1-T_c'}$$

$$\eta = \frac{h_c-h_2}{h_c-h_2'} \qquad \eta = \frac{T_c-T_2}{T_c-T_2'}$$

$$\eta = \frac{h_1-h_2}{h_1-h_2'} \qquad \eta = \frac{T_1-T_2}{T_1-T_2'}$$

$$EE = \frac{m_s\left(h_s-h_w\right)}{m_f\times 2\ 257} \qquad EV = \frac{m_s\left(h_s-h_w\right)}{m_b\times 2\ 257}$$

$$\eta_{iso.} = \frac{Wd_{iso.}}{Wd_{poly.}} \qquad \eta_{iso.} = \frac{Av_{iso.}}{Av_{poli.}}$$

$$\eta_{rank.} = \frac{Wd}{Q} \qquad \eta_{rank.} = \frac{Av}{Q}$$

$$\eta_{carn.} = 1-\frac{T_2}{T_1}$$

$$h = u + pV$$

$$gZ_1 + U_1 + P_1V_1 + \frac{(C_1)^2}{2} + Q = \qquad gZ_1 + U_1 + P_1V_1 + \frac{(C_1)^2}{2} + Q =$$

$$gZ_2 + U_2 + P_2V_2 + \frac{(C_2)^2}{2} + Wd \qquad gZ_2 + U_2 + P_2V_2 + \frac{(C_2)^2}{2} + Av$$

Kopiereg voorbehou