
Studiewijzer WTK CLUSTER 1

Thermodynamica, Stoom- en Gasturbines; overzicht kerntaken, vakgebieden, leerdoelen en thema's

Leerresultaten	2
Hoofddoelen	2
Kerntaak 1	3
Kerntaak 2	4
Kerntaak 3	9
Kerntaak 4	11
Kerntaak 5	12
Kerntaak 6	14
Kerntaak 7	16
Kerntaak 8	17
Kerntaak 9	19
Kerntaak 10.....	20
Overzicht lesmateriaal	21

Leerresultaten		
Thermodynamica	C1-1	De WTK'er is in staat om vanuit een thermodynamische achtergrond de installatie en haar deelprocessen te bedienen en bewaken.
	C1-2	De WTK'er is in staat om vanuit een thermodynamische achtergrond de afwijkingen van het productieproces te signaleren.
	C1-3	De WTK'er is in staat om vanuit zijn theoretische achtergrond maatregelen te nemen om rendementsverlies te voorkomen of te beperken.
Stoomturbines	C1-4	De WTK'er is in staat om de stoomturbine installaties in (energie) centrales operationeel te bedienen en volgens geldende werkprocessen in en uit bedrijf te nemen.
Gasturbines	C1-5	De WTK'er is in staat om de gasturbine installaties in (energie) centrales operationeel te bedienen en volgens geldende werkprocessen in en uit bedrijf te nemen.

Hoofdoelen	
Thermodynamica	De kandidaat zorgt er vanuit een thermodynamische achtergrond voor dat de installaties zorgvuldig gebruikt worden en de kwaliteit van de processen en producten en de voortgang gegarandeerd is.
Stoomturbines	Kandidaat legt de werking, constructie en bedrijfsvoering uit van in (energie)centrales aanwezige verschillende types stoomturbines of gecombineerde types stoomturbine installaties. Kandidaat bedient en bewaakt de stoomturbine installaties in (energie) centrales en neemt deze volgens geldende werkprocessen in en uit bedrijf.
Gasturbines	Kandidaat legt de werking, constructie en bedrijfsvoering uit van in (energie)centrales aanwezige gasturbine. Kandidaat bedient en bewaakt de gasturbine en neemt deze volgens geldende werkprocessen in en uit bedrijf.
Wiskunde	Kandidaat heeft kennis van de in de technisch gerichte modules toegepaste wiskunde
Natuurkunde	Kandidaat heeft kennis van de in de technisch gerichte modules toegepaste natuurkunde

Kerntaak 1		Veilig werken	
Vakgebied	Leerdoelen		Tentamen
Thermodynamica	- de invloed van druk op het kookpunt van een stof verklaren		
	- het verbrandingsproces, verschillen tussen brandstoffen en hun invloed op het milieu verklaren		
	- uitleggen wat zuren en basen zijn en wat het betekent dat zuren of basen zwak of sterk zijn		
	- veiligheidsmaatregelen die je moet nemen als je met geconcentreerde sterke zuren en basen werkt noemen		
	- berekeningen uitvoeren aan de ideale benzine- en dieselmotor		JA
	- berekeningen uitvoeren aan compressoren		
	- berekeningen uitvoeren met behulp van de halfwaardetijd		JA
	- het ontstaan van ioniserende straling aan de hand van radioactief verval verklaren;		JA
	- de gevolgen van straling beschrijven		
	- het principe van de geigerteller beschrijven		
- de eerste hoofdwet van de thermodynamica uitleggen en toepassen		JA	
- de betekenis van de tweede hoofdwet van de thermodynamica uitleggen		JA	
Stoomturbines	- de invloed van druk op het kookpunt van een stof verklaren		
	- de stelling van Pythagoras toepassen		
	- uitleggen wat zuren en basen zijn en wat het betekent dat zuren of basen zwak of sterk zijn		
	- enkele eigenschappen en toepassingen van een aantal veel gebruikte zuren en basen noemen		
	- het begrip 'kritische snelheid' en 'kritische drukverhouding' uitleggen		JA
	- uitleggen hoe resonantie ontstaat en wat daartegen te doen is		JA
	- vertellen wat we onder kritische toerental van turbine verstaan en wat daarvan consequenties zijn voor bedrijfsvoering		
	- vertellen hoe te handelen bij koelwaterinbreuk en luchtinbreuk in de condensor		JA
- doel, werking en uitvoering van alle toegepaste turbinebeveiligingen en beveiligingssystemen uitleggen		JA	
- vertellen hoe rotortrillingen kunnen ontstaan			
- vertellen wat doel en werking van de bij stoomturbines toegepaste hulpsystemen zijn		JA	
Gasturbines	- het verbrandingsproces, verschillen tussen brandstoffen en hun invloed op het milieu verklaren		
	- vertellen wat het gevaar van achtergebleven losse onderdelen in het inlaatsysteem is		JA
	- kun je uitleggen wat kruip en metaalvermoeding is en wat daarvan het gevaar is		JA
	- uitleggen welke beveiligingen we voor een gasturbine toepassen		JA
	- uitleggen hoe het hydraulisch beveiligingsoliesysteem werkt		
	- de stopprocedure van een gasturbine uitleggen en ken je het verschil tussen een normaalstop en een noodstop		JA

Kerntaak 2 Bedienen, bewaken en optimaliseren van installaties en deelprocessen		
Vakgebied	Leerdoelen	Tentamen
Thermodynamica	<ul style="list-style-type: none"> - met behulp van de soortelijke warmte berekenen hoeveel warmte er nodig is om een stof op te warmen of af te koelen - de warmte berekenen die nodig is voor het opwarmen of afkoelen van een stof met behulp van de soortelijke warmte - de warmtecapaciteit van een lichaam berekenen - berekeningen uitvoeren met behulp van de regel van Black (opgenomen warmte = afgestane warmte) - het verschil tussen de begrippen straling, stroming en geleiding aangeven - berekeningen over straling, stroming en geleiding uitvoeren 	
	<ul style="list-style-type: none"> - berekeningen uitvoeren met de smelt- en stollingswarmte bij faseovergangen rond het smelt- en stolpunt - de invloed van druk op het kookpunt van een stof verklaren - berekeningen uitvoeren met de condensatie- en verdampingswarmte bij faseovergangen rond het kookpunt - vier aggregatietoestanden onderscheiden 	
	<ul style="list-style-type: none"> - symbolen in vergelijkingen gebruiken - formules met symbolen vereenvoudigen 	
	<ul style="list-style-type: none"> - vertellen wat oxiden zijn, hoe oxiden ontstaan en enkele toepassingen kunnen noemen 	
	<ul style="list-style-type: none"> - herhaling gaswetten 	JA
	<ul style="list-style-type: none"> - de toestandsveranderingen van een gas beschrijven aan de hand van een p,V-diagram van een kringproces - berekeningen uitvoeren met adiabatistische processen - berekeningen uitvoeren met polytrope processen - berekeningen uitvoeren aan eenvoudige kringprocessen - betekenis van positieve en negatieve kringprocessen - berekeningen uitvoeren aan het Carnot- en Stirlingkringproces - berekeningen uitvoeren aan compressoren 	JA
	<ul style="list-style-type: none"> - berekeningen uitvoeren met behulp van de halfwaardetijd - berekenen hoeveel energie er vrij kan komen bij de splijting van uranium - de volgende eenheden hanteren: becquerel, gray, sievert - het principe van een kerncentrale globaal beschrijven 	JA
	<ul style="list-style-type: none"> - uitleggen wat energie is en welke energieomzettingen in de elektriciteitscentrale plaatsvinden - de eerste hoofdwet van de thermodynamica uitleggen en toepassen - de eigenschappen van stoom beschrijven - uitleggen wat de enthalpie van water en stoom is en hoe je deze kunt bepalen - het proces van verdampen, oververhitten en condenseren van stoom uitleggen en in het p-v diagram weergeven 	JA
	<ul style="list-style-type: none"> - het T-s diagram uitleggen en toepassen - het h-p en h-s diagram uitleggen en toepassen - processen interpreteren en weergeven in de stoomdiagrammen 	JA

	<ul style="list-style-type: none"> - het Rankine proces uitleggen - het Rankine proces uitzetten in het h-s en T-s diagram - het belang van de gemiddelde temperatuur van de warmtetoevoer en -afvoer bepalen en berekeningen maken - het belang van herverhitting van stoom uitleggen - het rendement van het Rankine proces, met en zonder herverhitting, berekenen - de rendementsverbetering door voedingwatervoorwarming uitleggen 	JA
Stoomturbines	<ul style="list-style-type: none"> - met behulp van de soortelijke warmte berekenen hoeveel warmte er nodig is om een stof op te warmen of af te koelen - de warmte berekenen die nodig is voor het opwarmen of afkoelen van een stof met behulp van de soortelijke warmte - de warmtecapaciteit van een lichaam berekenen - berekeningen uitvoeren met behulp van de regel van Black (opgenomen warmte = afgestane warmte) - het verschil tussen de begrippen straling, stroming en geleiding aangeven - berekeningen over straling, stroming en geleiding uitvoeren - berekeningen uitvoeren met de smelt- en stollingswarmte bij faseovergangen rond het smelt- en stolpunt - de invloed van druk op het kookpunt van een stof verklaren - berekeningen uitvoeren met de condensatie- en verdampingswarmte bij faseovergangen rond het kookpunt - vier aggregatietoestanden onderscheiden - uitleggen welke soorten driehoeken er zijn - de stelling van Pythagoras toepassen - symbolen in vergelijkingen gebruiken - formules met symbolen vereenvoudigen - vertellen wat het domein en bereik van een functie zijn en weten hoe je dit moet opschrijven - vertellen wat een lineaire functie is en hoe het functievoorschrift van een lineaire functie eruit ziet - grafiek van lineaire functie tekenen met behulp van het nulpunt functie, de richtingscoëfficiënt en de as-afsnede - de oplossing van twee lineaire vergelijkingen bepalen met de eliminatie- en substitutiemethode - vertellen wat de absolute waarde of moduluswaarde van een getal is - de grafiek tekenen van een lineaire modulusfunctie - de snijpunten berekenen van een lineaire modulusfunctie en een lineaire functie - grafieken van $f(x) = a \cdot \sin (bx + c) + d$, $f(x) = a \cdot \cos (bx + c) + d$ en $f(x) = a \cdot \tan (bx + c) + d$ lezen en begrijpen - grafieken van $f(x) = a \cdot \sin (bx + c) + d$, $f(x) = a \cdot \cos (bx + c) + d$, en $f(x) = a \cdot \tan (bx + c) + d$ in graden en radialen tekenen - periode en amplitude berekenen van functies $f(x) = a \cdot \sin (bx + c) + d$, $f(x) = a \cdot \cos (bx + c) + d$, en $f(x) = a \cdot \tan (bx + c) + d$ - horizontale en verticale verschuiving van $f(x) = a \cdot \sin (bx + c) + d$, $f(x) = a \cdot \cos (bx + c) + d$, en $f(x) = a \cdot \tan (bx + c) + d$ bepalen - vertellen wat termen metaaloxide/niet-metaaloxide, zuurvormend/basevormend/indifferent en verdringingsreeks van metalen inhouden - opbouw en werkingsprincipe van een stoomturbine uitleggen 	JA

<ul style="list-style-type: none"> - vertellen wat de eigenschappen en uitvoeringsvormen van straalbuizen zijn - het begrip 'kritische snelheid' en 'kritische drukverhouding' uitleggen - de formules van Zeuner afleiden en toepassen - de inrichting en het werkingsprincipe van de De Laval-turbine uitleggen - de snelheidsdriehoeken van een De Laval-turbine berekenen en tekenen - het begrip ideale omtreksnelheid uitleggen 	
<ul style="list-style-type: none"> - het begrip 'gelijkdruckturbine' uitleggen - het werkingsprincipe van de Curtis- en Zoelly-turbine uitleggen - de snelheidsdriehoeken van de Curtis- en Zoelly -turbine berekenen en tekenen - de schoepkracht, het schoepvermogen en het stromingsrendement van gelijkdruckturbines uitleggen en berekenen 	JA
<ul style="list-style-type: none"> - het principe van de reactieturbine uitleggen - het werkingsprincipe van de Parsons-turbine uitleggen - uitleggen waarom de Parsons-turbine een evenwichtszuiger nodig heeft en de diameter van deze evenwichtszuiger berekenen - het druk-snelheidsdiagram van de Parsons-turbine interpreteren - schoepkracht, schoepvermogen en stromingsrendement van de Parsonsturbine berekenen - de verschillen tussen een gelijkdruk- en overdruckturbine uitleggen 	JA
<ul style="list-style-type: none"> - uitleggen hoe en waarom verschillende turbintypen gecombineerd kunnen worden - vertellen wat de voor- en nadelen van het combineren van turbintypen zijn - de druk-snelheidsdiagrammen van gecombineerde turbintypen interpreteren - de snelheidsreductie bij het combineren van turbintypen berekenen 	JA
<ul style="list-style-type: none"> - vertellen wat we onder het kritische toerental van een turbine verstaan en wat daarvan consequenties zijn voor bedrijfsvoering - uitleggen waarom de turbine uit meerdere huizen is opgebouwd 	JA
<ul style="list-style-type: none"> - de inrichting en de functie van de condensor in de stoom/waterkringloop uitleggen - de invloed van het condensorvacuüm op het thermisch rendement uitleggen - vertellen hoe het condensorvacuüm in stand wordt gehouden - vertellen wat 'Grädigkeit' van de condensor betekent - vertellen wat een regeneratieve condensor is - het nadeel van onderkoeling van het condensaat uitleggen en berekenen - de energiebalans van de condensor opstellen en het koelwatervoud berekenen - de verschillende methoden van condensorreiniging uitleggen - het gemiddelde temperatuursverschil over condensor berekenen en temperatuursverloop over condensor tekenen - vertellen hoe te handelen bij koelwaterinbreuk en luchtinbreuk in de condensor 	JA
<ul style="list-style-type: none"> - de opstelling van een meerhuizige turbine tekenen en uitleggen waar het vaste punt is geplaatst - vertellen hoe de turbinehuizen kunnen uitzetten en hoe de rotor ten opzichte van het huis kan uitzetten - de uitzetting van een turbinehuis en rotor 	JA

	<ul style="list-style-type: none"> - vertellen hoe rotortrillingen kunnen ontstaan; - de effecten van te hoog gehalte SiO₂ en andere verontreinigingen in de stoom op de turbinebeschoeping uitleggen 	JA
	<ul style="list-style-type: none"> - vertellen wat het aslichtoliesysteem is en waar het toe dient - doel en de werking van de torninrichting uitleggen - vertellen hoe je moet handelen als de torninrichting door storing niet in bedrijf komt - doel, uitvoering en regeling van het pakkingbusstoomsysteem uitleggen en schematisch weergeven - vertellen hoe het koelwatersysteem ingericht is en hoe een droge, natte en hybride koeltoren werken 	JA
	<ul style="list-style-type: none"> - uitleggen welke verliezen in een stoomturbine optreden; - uitleggen en berekenen wat de invloed van voedingwaternverwarming op het thermisch rendement van de Rankinekringloop is - vertellen wat de werking en constructie van toegepaste voedingwaternverwarmers is - de voordelen van herverhitting uitleggen en het proces weergeven in het T-s diagram - de begrippen specifiek warmte- en stoomgebruik uitleggen - de definitie toelichten van het inwendig, het mechanisch, het thermodynamisch en het totaal rendement van een stoomturbineinstallatie 	JA
	<ul style="list-style-type: none"> - vertellen hoe je een stoomturbine start - vertellen hoe je een stoomturbine uit bedrijf neemt - uitleggen hoe je stoomturbine ter beperking van afkoeltijd kunt 'koud draaien' en tijdens stilstand versneld kunt afkoelen - uitleggen wat het doel en de werking is van het omloopsysteem - het principe van de toerenregeling van de stoomturbine uitleggen - begrip statiek uitleggen wat het effect is van een frequentieverandering in het net op vermogen van de turbogenerator - vertellen wat we onder het principe van glijdrukregeling verstaan - vertellen waarom welke maatregelen getroffen moeten worden als turbine voor langere tijd uitbedrijf genomen wordt 	JA
	<ul style="list-style-type: none"> - werking en inrichting van de turbine uitleggen - uitleggen waarom schoepkoeling moet worden toegepast - uitleggen welke methoden van schoepkoeling worden toegepast 	JA
Gasturbines	<ul style="list-style-type: none"> - de inrichting en werking van de gasturbine uitleggen; - het Brayton-Joule arbeidsproces van de gasturbine in het p-v diagram uitleggen - het Sankey-diagram van een gasturbine uitleggen - met behulp van T-s diagram uitleggen hoe gasturbinerendement en nuttige arbeid kan worden verhoogd en berekend 	JA
	<ul style="list-style-type: none"> - uitleggen hoe de gaswetten bij gasturbines van toepassing zijn - het gasturbineproces in het T-s en h-s diagram uitleggen - de betekenis van het begrip optimale drukverhouding uitleggen - het werkelijke verloop van turbinerendement en arbeid in relatie tot de drukverhouding uitleggen - uitleggen wat het effect is van toepassing van een regenerator of recuperator - uitleggen wat het effect is van compressor tussenkoeling 	JA

	<ul style="list-style-type: none"> - uitleggen wat het effect is van herverhitting - het gehele luchtinlaatsysteem van de gasturbine uitleggen - vertellen waartoe het anti-icingsysteem dient en hoe dit werkt - vertellen waartoe verdampingskoeling dient - het werkingsprincipe van de axiale compressor uitleggen - het druk- en temperatuurverloop over de compressor tekenen en uitleggen - vertellen wat de functie is van de compressor inlaatleidschoepen, IGV's genoemd - uitleggen wat begrippen surge, stall en choke inhouden en kennen van maatregelen om verschijnselen te voorkomen - kun je het doel van regelbare compressor inlaatleidschoepen uitleggen 	JA
	<ul style="list-style-type: none"> - het doel van de verbrandingskamer in het gasturbineproces uitleggen - het verbrandingsproces uitleggen en de voor aardgas (CH₄) geldende reactievergelijkingen opstellen en berekenen - uitleggen wat het begrip Wobbe-index inhoudt - de energiebalans over de verbrandingskamer opstellen en de adiabatische vlamtemperatuur berekenen - uitleggen hoe NO_x wordt gevormd en welke technieken tot beperking beschikbaar zijn - de inrichting van enkelvoudige en meervoudige verbrandingskamers uitleggen - het principe van stoominjectie en de invloed daarvan op het gasturbinevermogen uitleggen - uitleggen welke eisen aan het temperatuurprofiel na de verbrandingskamer worden gesteld 	JA
	<ul style="list-style-type: none"> - werking en inrichting van de turbine uitleggen - uitleggen waarom schoepkoeling moet worden toegepast - uitleggen welke methoden van schoepkoeling worden toegepast - doel en werking van de bij de gasturbine toegepaste hulpsystemen uitleggen - vertellen welke soorten startinrichtingen voor de gasturbine worden toegepast 	JA
	<ul style="list-style-type: none"> - kun je de verschillende factoren die de levensduur en het onderhoud van de gasturbine bepalen noemen en toelichten - kun je de soorten onderhoud van gasturbines onderverdelen en uitleggen 	JA
	<ul style="list-style-type: none"> - de regelsystemen van de gasturbine uitleggen - uitleggen welke beveiligingen we voor een gasturbine toepassen - uitleggen hoe het hydraulisch beveiligingsoliesysteem werkt 	JA
	<ul style="list-style-type: none"> - de startprocedure van een gasturbine uitleggen, met de controles die je vooraf moet uitvoeren - de stopprocedure van een gasturbine uitleggen en ken je het verschil tussen een normaalstop en een noodstop - uitleggen hoe je de goede werking van de gasturbine tijdens bedrijf beoordeelt - de invloed van de atmosferische omgevingscondities op het vermogen van de gasturbine uitleggen en berekenen 	JA

Kerntaak 3 Uitvoeren van inspecties, diagnose en controles

Vakgebied	Leerdoelen	Tentamen
Thermodynamica	- met betrekking tot een lichaam de begrippen in rust en in beweging, verplaatsing en afgelegde weg, translatie en rotatie beschrijven	JA
	- de begrippen snelheid en gemiddelde snelheid beschrijven	
	- de begrippen versnelling en gemiddelde versnelling beschrijven	
	- berekeningen uitvoeren met éénparige en éénparig versnelde of vertraagde rechtlijnige bewegingen	
	- gegevens aflezen uit snelheid-tijd- en afgelegde weg-tijd-diagrammen en met deze gegevens berekeningen uitvoeren	
	- berekeningen uitvoeren met éénparige en éénparig versnelde rechtlijnige bewegingen met twee componenten	
	- het verschil tussen de begrippen straling, stroming en geleiding aangeven	
	- vertellen wat oxiden zijn, hoe oxiden ontstaan en enkele toepassingen kunnen noemen	
	- uitleggen wat zuren en basen zijn en wat het betekent dat zuren of basen zwak of sterk zijn	
	- veiligheidsmaatregelen die je moet nemen als je met geconcentreerde sterke zuren en basen werkt noemen	
	- de termen zuurrest, zuur/base-koppel, geconjugeerd zuur, indicator, pH, titratie, pH-meter, neutraliseren verklaren	
	- vervalreacties opstellen	
	- de bouw van atomen beschrijven	
	- de begrippen massagetal en isotopen beschrijven	
- het principe van de geigerteller beschrijven		
- de stoomtabel gebruiken		
- de betekenis van de tweede hoofdwet van de thermodynamica uitleggen		
- uitleggen wat met entropie wordt bedoeld		
- het belang van de gemiddelde temperatuur van de warmtetoevoer en -afvoer bepalen en berekeningen maken		
- het rendement van het Rankine proces, met en zonder herverhitting, berekenen		
Stoomturbines	- berekeningen uitvoeren met eenparige en eenparig versnelde of vertraagde cirkelbewegingen	JA
	- de volgende omrekeningen maken: rad - graden, rad/s - m/s, rad/s ² - m/s ² en vice versa	
	- berekeningen uitvoeren met de begrippen periode, toerental, hoeksnelheid, omtreksnelheid en afgelegde hoek	
	- trillingen verklaren aan de hand van de begrippen trillingstijd, amplitude, frequentie en fase	
	- voortplantingssnelheid van trillingen en golven berekenen met behulp van de golflengte en de frequentie of trillingstijd	
	- longitudinale, transversale, lopende en staande golven tekenen	
	- het verschil tussen de begrippen straling, stroming en geleiding aangeven	
	- uitleggen welke vierhoeken er zijn	
- de kenmerken opnoemen van een zeshoek		
- vertellen wat de diameter en straal van een cirkel zijn		
- vertellen wat het domein en bereik van een functie zijn en weten hoe je dit moet opschrijven		
- bij de grafiek van een lineaire functie het functievoorschrift van de lijn opstellen		

	- het snijpunt van twee lineaire functies bepalen	
	- de oplossing van twee lineaire vergelijkingen bepalen met de eliminatie- en substitutiemethode	
	- periode en amplitude berekenen van de functies $f(x) = a \cdot \sin (bx + c) + d$, $f(x) = a \cdot \cos (bx + c) + d$, en $f(x) = a \cdot \tan (bx + c) + d$	
	- horizontale en verticale verschuiving van $f(x) = a \cdot \sin (bx + c) + d$, $f(x) = a \cdot \cos (bx + c) + d$, en $f(x) = a \cdot \tan (bx + c) + d$ bepalen	
	- uitleggen wat zuren en basen zijn en wat het betekent dat zuren of basen zwak of sterk zijn	
	- vertellen wat de eigenschappen en uitvoeringsvormen van straalbuizen zijn	JA
	- de snelheidsdriehoeken van een De Laval-turbine berekenen en tekenen	
	- de druk-snelheidsdiagrammen van de Curtis- en Zoelly-turbine interpreteren	JA
	- uitleggen hoe straalbuis- en smoorregeling werkt	
	- vertellen wat we onder de reactiegraad verstaan	JA
	- uitleggen waarom Parsons-turbine een evenwichtszuiger nodig heeft en diameter van deze evenwichtszuiger berekenen	
	- de snelheidsdriehoeken van de Parsons-turbine berekenen en tekenen	
	- vertellen welke factoren de loopschoepvorm bepalen en welke uitvoeringsvormen van loopschoepen we toepassen	JA
	- gemiddelde temperatuurverschil over de condensor berekenen en het temperatuursverloop over de condensor tekenen	JA
	- vertellen hoe te handelen bij koelwaterinbreuk en luchtinbreuk in de condensor	
	- de uitzetting van een turbinehuis en rotor	JA
Gasturbines	- met behulp van T-s diagram uitleggen hoe gasturbinerendement en nuttige arbeid kan worden verhoogd en berekend	JA
	- uitleggen hoe de gaswetten bij gasturbines van toepassing zijn	JA
	- uitleggen wat het effect is van compressor tussenkoeling	
	- kun je het doel van regelbare compressor inlaatleidschoepen uitleggen	JA
	- benoemen welke eisen aan verbrandingskamers worden gesteld	JA
	- de inrichting van enkelvoudige en meervoudige verbrandingskamers uitleggen	
	- aangegeven wat 'thermische barrière coatings' zijn en waarom die worden gebruikt	JA
- de startprocedure van een gasturbine uitleggen, met de controles die je vooraf moet uitvoeren	JA	

Kerntaak 4 (Periodiek) testen van beveiligingen en aandrijvingen en verslaglegging		
Vakgebied	Leerdoelen	Tentamen
Thermo-dynamica	- berekeningen uitvoeren met éénparige en éénparig versnelde of vertraagde rechtlijnige bewegingen	
	- symbolen in vergelijkingen gebruiken - formules met symbolen vereenvoudigen	
Stoomturbines	- berekeningen uitvoeren met éénparige en éénparig versnelde of vertraagde rechtlijnige bewegingen	
	- de volgende omrekeningen maken: rad - graden, rad/s - m/s, rad/s ² - m/s ² en vice versa	
	- berekeningen uitvoeren met de begrippen periode, toerental, hoeksnelheid, omtreksnelheid en afgelegde hoek	
	- trillingen verklaren aan de hand van de begrippen trillingstijd, amplitude, frequentie en fase	
	- longitudinale, transversale, lopende en staande golven tekenen	
	- vergelijkingen omzetten en vereenvoudigen - symbolen in vergelijkingen gebruiken - formules met symbolen vereenvoudigen	
	- vertellen wat het domein en bereik van een functie zijn en weten hoe je dit moet opschrijven; - bij de grafiek van een lineaire functie het functievoorschrift van de lijn opstellen; - de grafiek tekenen van een lineaire modulusfunctie; - de snijpunten berekenen van een lineaire modulusfunctie en een lineaire functie.	
	- uitleggen waarom $f(x) = \sin x$, $f(x) = \cos x$ en $f(x) = \tan x$ periodieke functies zijn;	
	- uitleggen hoe resonantie ontstaat en wat daartegen te doen is	
	- vertellen wat we onder het kritische toerental van een turbine verstaan en wat daarvan de consequenties zijn voor de bedrijfsvoering	
- uitleggen hoe de turbinerotor radiaal en axiaal gelagerd wordt en hoe de smering van de lagers tot stand komt	JA	
- de opstelling van een meerhuizige turbine tekenen en uitleggen waar het vaste punt is geplaatst	JA	
- vertellen hoe rotortrillingen kunnen ontstaan;		
Gasturbines	- oorzaken van trillingen noemen en vertellen hoe je trillingen kunt meten	JA

Kerntaak 5 Uitvoeren van eerstelijns onderhoud			
Vakgebied	Leerdoelen	Tentamen	
Thermo-dynamica	<ul style="list-style-type: none"> - berekeningen uitvoeren aan de ideale benzine- en dieselmotor; - berekeningen uitvoeren aan het Carnot- en Stirlingkringproces; 	JA	
Stoomturbine	<ul style="list-style-type: none"> - vertellen wat de termen metaaloxide/niet-metaaloxide, zuurvormend/basevormend/indifferent en de verdringingsreeks van de metalen inhouden 	JA	
	<ul style="list-style-type: none"> - de opbouw en werkingsprincipe van een stoomturbine uitleggen 	JA	
	<ul style="list-style-type: none"> - het begrip 'gelijkdruckturbine' uitleggen 	JA	
	<ul style="list-style-type: none"> - uitleggen hoe en waarom verschillende turbintypen gecombineerd kunnen worden - vertellen wat de voor- en nadelen van het combineren van turbintypen zijn 	JA	
	<ul style="list-style-type: none"> - uitleggen welke krachten op de loopschoepen werken en welke materiaalspanningen daarbij optreden - vertellen welke bevestigingen voor loop- en leidschoepen we toepassen - vertellen welke koppelingen we bij meerhuizige turbine-installaties toepassen - vertellen wat een SSS-koppeling is - uitleggen hoe de turbinerotor radiaal en axiaal gelagerd wordt en hoe de smering van de lagers tot stand komt 	JA	
	<ul style="list-style-type: none"> - de verschillende methoden van condensorreiniging uitleggen 	JA	
	<ul style="list-style-type: none"> - vertellen wat doel en werking van de bij stoomturbines toegepaste hulpsystemen zijn - de smeerolievoorziening van een turbine-installatie beschrijven - vertellen wat de eigenschappen van turbinesmeerolie zijn - vertellen wat het aslichtoliesysteem is en waar het toe dient - vertellen hoe je moet handelen als de torninrichting door storing niet in bedrijf komt - doel, uitvoering en regeling van het pakkingbusstoomsysteem uitleggen en schematisch weergeven - vertellen hoe het koelwatersysteem ingericht is en hoe een droge, natte en hybride koeltoren werken 	JA	
	<ul style="list-style-type: none"> - het principe van de toerenregeling van de stoomturbine uitleggen - vertellen waarom welke maatregelen getroffen moeten worden als turbine voor langere tijd uitbedrijf genomen wordt 	JA	
	<ul style="list-style-type: none"> - werking en inrichting van de turbine uitleggen 	JA	
	Gasturbines	<ul style="list-style-type: none"> - het turbine-en compressorrendement en arbeid en vermogen berekenen 	JA
		<ul style="list-style-type: none"> - het gehele luchtinlaatsysteem van de gasturbine uitleggen - vertellen wat het gevaar van achtergebleven losse onderdelen in het inlaatsysteem is - vertellen waartoe het anti-icingsysteem dient en hoe dit werkt - kun je vaststellen wanneer de compressor gereinigd moet worden en ken je de toegepaste reinigingsmethoden 	JA
		<ul style="list-style-type: none"> - uitleggen hoe NOx wordt gevormd en welke technieken tot beperking beschikbaar zijn - het principe van een 'dry low NOx brander' uitleggen - het principe van stoominjectie en de invloed daarvan op het gasturbinevermogen uitleggen 	JA
<ul style="list-style-type: none"> - werking en inrichting van de turbine uitleggen 		JA	

	- doel en werking van de bij de gasturbine toegepaste hulpsystemen uitleggen	JA
	- kun je de verschillende factoren die de levensduur en het onderhoud van de gasturbine bepalen noemen en toelichten	
	- ken je het begrip equivalente draaiuren	

Kerntaak 6 Opstellen van rapportages en meldingen			
Vakgebied	Leerdoelen	Tentamen	
Thermodynamica	<ul style="list-style-type: none"> - gegevens aflezen uit snelheid-tijd- en afgelegde weg-tijd-diagrammen en met deze gegevens berekeningen uitvoeren - berekeningen uitvoeren met éénparige en éénparig versnelde rechte bewegingen met twee componenten 	JA	
	<ul style="list-style-type: none"> - de warmte berekenen die nodig is voor het opwarmen of afkoelen van een stof met behulp van de soortelijke warmte - de warmtecapaciteit van een lichaam berekenen - berekeningen uitvoeren met behulp van de regel van Black (opgenomen warmte = afgestane warmte) - berekeningen over straling, stroming en geleiding uitvoeren 		
	<ul style="list-style-type: none"> - berekeningen uitvoeren met de condensatie- en verdampingswarmte bij faseovergangen rond het kookpunt; - symbolen in vergelijkingen gebruiken - formules met symbolen vereenvoudigen 		
	<ul style="list-style-type: none"> - berekeningen uitvoeren met isochore processen; - berekeningen uitvoeren met isobare processen; - berekeningen uitvoeren met isotherme processen; - berekeningen uitvoeren met adiabatistische processen; - berekeningen uitvoeren met polytrope processen; 		
	<ul style="list-style-type: none"> - berekeningen uitvoeren met behulp van de halfwaardetijd; 		JA
	<ul style="list-style-type: none"> - uitleggen wat de enthalpie van water en stoom is en hoe je deze kunt bepalen - het proces van verdampen, oververhitten en condenseren van stoom uitleggen en in het p-v diagram weergeven 		JA
Stoomturbines	<ul style="list-style-type: none"> - gegevens aflezen uit snelheid-tijd- en afgelegde weg-tijd-diagrammen en met deze gegevens berekeningen uitvoeren - berekeningen uitvoeren met éénparige en éénparig versnelde rechte bewegingen met twee componenten 	JA	
	<ul style="list-style-type: none"> - berekeningen uitvoeren met eenparige en eenparig versnelde of vertraagde cirkelbewegingen - de volgende omrekeningen maken: rad - graden, rad/s - m/s, rad/s² - m/s² en vice versa - berekeningen uitvoeren met de begrippen periode, toerental, hoeksnelheid, omtreksnelheid en afgelegde hoek 		
	<ul style="list-style-type: none"> - trillingen verklaren aan de hand van de begrippen trillingstijd, amplitude, frequentie en fase - voortplantingssnelheid van trillingen en golven berekenen met behulp van de golflengte en de frequentie of trillingstijd - longitudinale, transversale, lopende en staande golven tekenen 		
	<ul style="list-style-type: none"> - de warmte berekenen die nodig is voor het opwarmen of afkoelen van een stof met behulp van de soortelijke warmte; - de warmtecapaciteit van een lichaam berekenen; - berekeningen uitvoeren met behulp van de regel van Black (opgenomen warmte = afgestane warmte); - berekeningen over straling, stroming en geleiding uitvoeren. 		
	<ul style="list-style-type: none"> - berekeningen uitvoeren met de condensatie- en verdampingswarmte bij faseovergangen rond het kookpunt; 		
	<ul style="list-style-type: none"> - uitleggen welke soorten driehoeken er zijn; - de stelling van Pythagoras toepassen; - uitleggen welke vierhoeken er zijn; 		

	<ul style="list-style-type: none"> - de kenmerken opnoemen van een zeshoek; - vertellen wat de diameter en straal van een cirkel zijn 	
	<ul style="list-style-type: none"> - vertellen wat een formule is en hoe je deze opschrijft - het verschil tussen een formule en een vergelijking uitleggen - symbolen in vergelijkingen gebruiken - formules met symbolen vereenvoudigen 	
	<ul style="list-style-type: none"> - vertellen wat het domein en bereik van een functie zijn en weten hoe je dit moet opschrijven - vertellen wat een lineaire functie is en hoe het functievoorschrift van een lineaire functie eruit ziet - de grafiek van een lineaire functie tekenen met behulp van het nulpunt van een functie, de richtingscoëfficiënt en de as-afsnede - bij de grafiek van een lineaire functie het functievoorschrift van de lijn opstellen - het snijpunt van twee lineaire functies bepalen - vertellen wat de absolute waarde of moduluswaarde van een getal is 	
	<ul style="list-style-type: none"> - grafieken van $f(x) = a \cdot \sin (bx + c) + d$, $f(x) = a \cdot \cos (bx + c) + d$ en $f(x) = a \cdot \tan (bx + c) + d$ lezen en begrijpen - grafieken van $f(x) = a \cdot \sin (bx + c) + d$, $f(x) = a \cdot \cos (bx + c) + d$, en $f(x) = a \cdot \tan (bx + c) + d$ in graden en radialen tekenen - periode en amplitude berekenen van de functies $f(x) = a \cdot \sin (bx + c) + d$, $f(x) = a \cdot \cos (bx + c) + d$, en $f(x) = a \cdot \tan (bx + c) + d$ - horizontale en verticale verschuiving van $f(x) = a \cdot \sin (bx + c) + d$, $f(x) = a \cdot \cos (bx + c) + d$, en $f(x) = a \cdot \tan (bx + c) + d$ bepalen 	
	<ul style="list-style-type: none"> - enkele eigenschappen en toepassingen van een aantal veel gebruikte zuren en basen noemen 	
	<ul style="list-style-type: none"> - vertellen hoe we stoomturbines indelen 	JA
	<ul style="list-style-type: none"> - uitleggen welke krachten op de loopschoepen werken en welke materiaalspanningen daarbij optreden 	JA
	<ul style="list-style-type: none"> - vertellen welke uitvoeringsvormen van turbinerotoren en huizen we toepassen en welke eisen aan turbinehuizen worden gesteld 	JA
	<ul style="list-style-type: none"> - de invloed van het condensorvacuüm op het thermisch rendement uitleggen - de energiebalans van de condensor opstellen en het koelwatervoud berekenen 	JA
	<ul style="list-style-type: none"> - uitleggen welke verliezen in een stoomturbine optreden; - definitie toelichten van inwendig, mechanisch, thermodynamisch en totaal rendement van een stoomturbineinstallatie 	JA
Gas-turbines	<ul style="list-style-type: none"> - vertellen welke soorten gasturbines er zijn 	JA
	<ul style="list-style-type: none"> - het turbine- en compressorrendement en arbeid en vermogen berekenen 	JA
	<ul style="list-style-type: none"> - uitleggen wat het begrip Wobbe-index inhoudt 	JA
	<ul style="list-style-type: none"> - kun je de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van een gasturbine berekenen 	JA
	<ul style="list-style-type: none"> - uitleggen hoe je de goede werking van de gasturbine tijdens bedrijf beoordeelt 	JA

Kerntaak 7 Begeleiden van werkzaamheden door derden uitgevoerd		
Vakgebied	Leerdoelen	Tentamen
Thermo-dynamica	- veiligheidsmaatregelen die je moet nemen als je met geconcentreerde sterke zuren en basen werkt noemen	JA
	- berekeningen uitvoeren aan de ideale benzine- en dieselmotor	
Stoom-turbines	- vertellen wat een formule is en hoe je deze opschrijft	JA JA
	- het snijpunt van twee lineaire functies bepalen	
	- uitleggen waarom de turbine uit meerdere huizen is opgebouwd	
	- vertellen hoe je een stoomturbine start	
Gasturbines	- vertellen hoe je een stoomturbine uit bedrijf neemt	JA
	- aangeven wat 'superlegeringen' zijn en waarom die voor de hete gasturbineonderdelen worden gebruikt	JA
	- aangegeven wat 'thermische barrière coatings' zijn en waarom die worden gebruikt	
	- vertellen wat prestatie- en garantietests zijn, wat het belang er van is en hoe de tests worden uitgevoerd	JA

Kerntaak 8 Optreden bij storingen en calamiteiten

Vakgebied	Leerdoelen	Tentamen
Thermodynamica	- herhaling gaswetten	JA
	- de toestandsveranderingen van een gas beschrijven aan de hand van een p,V-diagram van een kringproces	JA
	- berekeningen uitvoeren met isochore processen	
	- berekeningen uitvoeren met isobare processen	
	- berekeningen uitvoeren met isotherme processen	
	- berekeningen uitvoeren met adiabatische processen	
	- berekeningen uitvoeren met polytrope processen	
	- berekeningen uitvoeren aan eenvoudige kringprocessen	
	- berekeningen uitvoeren met behulp van de halfwaardetijd	JA
	- de verschillende toepassingen van radioactieve stoffen beschrijven	
Stoomturbines	- uitleggen wat energie is en welke energieomzettingen in de elektriciteitscentrale plaatsvinden	JA
	- de eigenschappen van stoom beschrijven	
	- uitleggen wat de enthalpie van water en stoom is en hoe je deze kunt bepalen	
	- de stoomtabel gebruiken	
	- de betekenis van de tweede hoofdwet van de thermodynamica uitleggen	JA
	- uitleggen wat met entropie wordt bedoeld	
	- de betekenis van het theoretische Carnot proces uitleggen	
- processen interpreteren en weergeven in de stoomdiagrammen		
Stoomturbines	- het Rankine proces uitleggen	JA
	- het Rankine proces uitzetten in het h-s en T-s diagram	
	- het belang van herverhitting van stoom uitleggen	
	- het rendement van het Rankine proces, met en zonder herverhitting, berekenen	
	- de rendementsverbetering door voedingwaternoedwarming uitleggen	
	- trillingen verklaren aan de hand van de begrippen trillingstijd, amplitude, frequentie en fase	
	- voortplantingssnelheid van trillingen en golven berekenen met behulp van de golflengte en de frequentie of trillingstijd	
	- longitudinale, transversale, lopende en staande golven tekenen	
	- het begrip 'kritische snelheid' en 'kritische drukverhouding' uitleggen	JA
	- het begrip ideale omtreksnelheid uitleggen	
Stoomturbines	- het werkingsprincipe van de Curtis- en Zoelly-turbine uitleggen	JA
	- de snelheidsdriehoeken van de Curtis- en Zoelly -turbine berekenen en tekenen	
	- de schoepkracht, het schoepvermogen en het stromingsrendement van gelijkdrukturbines uitleggen en berekenen	
	- de snelheidsdriehoeken van de Parsons-turbine berekenen en tekenen	JA
	- schoepkracht, schoepvermogen en stromingsrendement van de Parsonsturbine berekenen	

	<ul style="list-style-type: none"> - de druk-snelheidsdiagrammen van gecombineerde turbintypen interpreteren - de snelheidsreductie bij het combineren van turbintypen berekenen 	JA
	<ul style="list-style-type: none"> - vertellen welke factoren de loopschoepvorm bepalen en welke uitvoeringsvormen van loopschoepen we toepassen - vertellen welke uitvoeringsvormen van turbinerotoren en huizen we toepassen en welke eisen aan turbinehuizen worden gesteld 	JA
	<ul style="list-style-type: none"> - de invloed van het condensorvacuüm op het thermisch rendement uitleggen - vertellen hoe het condensorvacuüm in stand wordt gehouden - vertellen wat `Grädigkeit` van de condensor betekent - vertellen wat een regeneratieve condensor is 	JA
	<ul style="list-style-type: none"> - vertellen hoe de turbinehuizen kunnen uitzetten en hoe de rotor ten opzichte van het huis kan uitzetten - de effecten van te hoog gehalte SiO₂ en andere verontreinigingen in de stoom op de turbinebeschoeping uitleggen 	JA
	<ul style="list-style-type: none"> - doel en de werking van de torninrichting uitleggen 	JA
	<ul style="list-style-type: none"> - vertellen wat de werking en constructie van toegepaste voedingwatervoorwarmers is - de voordelen van herverhitting uitleggen en het proces weergeven in het T-s diagram 	JA
	<ul style="list-style-type: none"> - het begrip statiek uitleggen wat het effect is van een frequentieverandering in het net op het vermogen van de turbogenerator 	JA
	<ul style="list-style-type: none"> - uitleggen waarom schoepkoeling moet worden toegepast - uitleggen welke methoden van schoepkoeling worden toegepast 	JA
Gasturbines	<ul style="list-style-type: none"> - het Brayton-Joule arbeidsproces van de gasturbine in het p-v diagram uitleggen - het Sankey-diagram van een gasturbine uitleggen 	JA
	<ul style="list-style-type: none"> - de betekenis van het begrip optimale drukverhouding uitleggen - uitleggen wat het effect is van toepassing van een regenerator of recuperator 	JA
	<ul style="list-style-type: none"> - vertellen waartoe verdampingskoeling dient - het druk- en temperatuurverloop over de compressor tekenen en uitleggen - kun je vaststellen wanneer de compressor gereinigd moet worden en ken je de toegepaste reinigingsmethoden 	JA
	<ul style="list-style-type: none"> - het verbrandingsproces uitleggen en de voor aardgas (CH₄) geldende reactievergelijkingen opstellen en berekenen - de energiebalans over de verbrandingskamer opstellen en de adiabatische vlamtemperatuur berekenen - uitleggen hoe NO_x wordt gevormd en welke technieken tot beperking beschikbaar zijn - uitleggen welke eisen aan het temperatuurprofiel na de verbrandingskamer worden gesteld - aangeven wat de begrippen Pattern factor en Profile factor inhouden 	JA
	<ul style="list-style-type: none"> - uitleggen waarom schoepkoeling moet worden toegepast - uitleggen welke methoden van schoepkoeling worden toegepast 	JA
	<ul style="list-style-type: none"> - kun je uitleggen wat kruip en metaalvermoeding is en wat daarvan het gevaar is 	JA

Kerntaak 9 Veiligstellen van installaties tbv onderhoud (onder supervisie leidinggevende)		
Vakgebied	Leerdoelen	Tentamen
Thermo-dynamica	- berekeningen uitvoeren met de smelt- en stollingswarmte bij faseovergangen rond het smelt- en stolpunt;	JA
	- vertellen wat oxiden zijn, hoe oxiden ontstaan en enkele toepassingen kunnen noemen	
	- het begrip redoxreacties uitleggen en halfreacties opstellen	
	- het T-s diagram uitleggen en toepassen	
Stoomturbines	- berekeningen uitvoeren met de smelt- en stollingswarmte bij faseovergangen rond het smelt- en stolpunt;	JA JA JA JA JA JA
	- enkele eigenschappen en toepassingen van een aantal veel gebruikte zuren en basen noemen	
	- de verschillende methoden van condensorreiniging uitleggen	
	- doel, werking en uitvoering van alle toegepaste turbinebeveiligingen en beveiligingssystemen uitleggen	
	- vertellen wat doel en werking van de bij stoomturbines toegepaste hulpsystemen zijn	
	- vertellen waarom welke maatregelen getroffen moeten worden als turbine voor langere tijd uitbedrijf genomen wordt	
	- uitleggen waarom schoepkoeling moet worden toegepast	
Gasturbines	- doel en werking van de bij de gasturbine toegepaste hulpsystemen uitleggen	JA
	- uitleggen hoe het hydraulisch beveiligingsoliesysteem werkt	

Kerntaak 10 Overleggen met bedrijfsvoerders van andere producerende bedrijven die invoeden op eenzelfde netwerk

Vakgebied	Leerdoelen	Tentamen
Thermodynamica	- het verbrandingsproces, verschillen tussen brandstoffen en hun invloed op het milieu verklaren	JA
	- berekeningen uitvoeren met isochore processen - berekeningen uitvoeren met isobare processen - berekeningen uitvoeren met isotherme processen	
Thermodynamica	- vervalreacties opstellen - de volgende eenheden hanteren: becquerel, gray, sievert - de bouw van atomen beschrijven - de begrippen massagetal en isotopen beschrijven	JA
	- uitleggen waarom $f(x) = \sin x$, $f(x) = \cos x$ en $f(x) = \tan x$ periodieke functies zijn - grafieken van $f(x) = a \cdot \sin (bx + c) + d$, $f(x) = a \cdot \cos (bx + c) + d$ en $f(x) = a \cdot \tan (bx + c) + d$ lezen en begrijpen - grafieken van $f(x) = a \cdot \sin (bx + c) + d$, $f(x) = a \cdot \cos (bx + c) + d$, en $f(x) = a \cdot \tan (bx + c) + d$ in graden en radialen tekenen - periode en amplitude berekenen van functies $f(x) = a \cdot \sin (bx + c) + d$, $f(x) = a \cdot \cos (bx + c) + d$, en $f(x) = a \cdot \tan (bx + c) + d$ - horizontale en verticale verschuiving van $f(x) = a \cdot \sin (bx + c) + d$, $f(x) = a \cdot \cos (bx + c) + d$, en $f(x) = a \cdot \tan (bx + c) + d$ bepalen	
Stoomturbines	- doel, werking en uitvoering van alle toegepaste turbinebeveiligingen en beveiligingssystemen uitleggen	JA
Gasturbines	- het verbrandingsproces, verschillen tussen brandstoffen en hun invloed op het milieu verklaren	JA
	- de inrichting en werking van de gasturbine uitleggen - vertellen waar gasturbines worden toegepast	
	- vertellen wat de functie is van de compressor inlaatleidschoepen, IGV's genoemd	JA
	- vertellen wat het BEES inhoudt	JA
	- het principe van een 'dry low NO _x brander' uitleggen	JA
	- aangeven wat 'superlegeringen' zijn en waarom die voor de hete gasturbineonderdelen worden gebruikt	
	- vertellen wat prestatie- en garantietests zijn, wat het belang er van is en hoe de tests worden uitgevoerd	JA

Overzicht lesmateriaal

Vakgebied		Les	Leerdoelen	Tentamen
Bestuderen				
Thermodynamica	Natuurkunde voor Operator C, deel 1	1. <i>Bewegingsleer: de rechtlijnige beweging</i>	<ul style="list-style-type: none"> o met betrekking tot een lichaam de begrippen in rust en in beweging, verplaatsing en afgelegde weg, translatie en rotatie beschrijven o de begrippen snelheid en gemiddelde snelheid beschrijven o de begrippen versnelling en gemiddelde versnelling beschrijven o berekeningen uitvoeren met éénparige en éénparig versnelde of vertraagde rechtlijnige bewegingen o gegevens aflezen uit snelheid-tijd- en afgelegde weg-tijd-diagrammen en met deze gegevens berekeningen uitvoeren o berekeningen uitvoeren met éénparige en éénparig versnelde rechtlijnige bewegingen met twee componenten 	
		7. <i>Warmte en warmteoverdracht</i>	<ul style="list-style-type: none"> o met behulp van de soortelijke warmte berekenen hoeveel warmte er nodig is om een stof op te warmen of af te koelen; o de warmte berekenen die nodig is voor het opwarmen of afkoelen van een stof met behulp van de soortelijke warmte; o de warmtecapaciteit van een lichaam berekenen; o berekeningen uitvoeren met behulp van de regel van Black (opgenomen warmte = afgestane warmte); o het verschil tussen de begrippen straling, stroming en geleiding aangeven. o berekeningen over straling, stroming en geleiding uitvoeren. 	
		8. <i>Faseovergangen</i>	<ul style="list-style-type: none"> o berekeningen uitvoeren met de smelt- en stollingswarmte bij faseovergangen rond het smelt- en stolpunt; o de invloed van druk op het kookpunt van een stof verklaren; o berekeningen uitvoeren met de condensatie- en verdampingswarmte bij faseovergangen rond het kookpunt; o vier aggregatietoestanden onderscheiden. 	
	Wiskunde Proces Plus	5. <i>Eenvoudige vergelijkingen</i>	<ul style="list-style-type: none"> o symbolen in vergelijkingen gebruiken o formules met symbolen vereenvoudigen 	
Natuurkunde	1. <i>Thermodynamica</i>	<ul style="list-style-type: none"> o herhaling gaswetten 		
	2. <i>Kringprocessen</i>	<ul style="list-style-type: none"> o de toestandsveranderingen van een gas beschrijven aan de hand van een pV-diagram van een kringproces; o berekeningen uitvoeren met isochore processen; 		

Natuurkunde voor Operator C, deel 2		<ul style="list-style-type: none"> o berekeningen uitvoeren met isobare processen; o berekeningen uitvoeren met isotherme processen; o berekeningen uitvoeren met adiabatiscie processen; o berekeningen uitvoeren met polytrope processen; o berekeningen uitvoeren aan eenvoudige kringprocessen; o betekenis van positieve en negatieve kringprocessen; o berekeningen uitvoeren aan de ideale benzine- en dieselmotor; o berekeningen uitvoeren aan het Carnot- en Stirlingkringproces; o berekeningen uitvoeren aan compressoren.
	<i>6. Radioactieve stoffen en ioniserende straling</i>	<ul style="list-style-type: none"> o berekeningen uitvoeren met behulp van de halfwaardetijd; o de verschillende toepassingen van radioactieve stoffen beschrijven; o vervalreacties opstellen; o berekenen hoeveel energie er vrij kan komen bij de splijting van uranium; o de volgende eenheden hanteren: becquerel, gray, sievert; o de bouw van atomen beschrijven; o de begrippen massagetal en isotopen beschrijven; o het ontstaan van ioniserende straling aan de hand van radioactief verval verklaren; o de gevolgen van straling beschrijven; o het principe van een kerncentrale globaal beschrijven; o het principe van de geigerteller beschrijven.
Anorganische chemie	<i>5. Redoxreacties</i>	<ul style="list-style-type: none"> o vertellen wat oxiden zijn, hoe oxiden ontstaan en enkele toepassingen kunnen noemen o het begrip redoxreacties uitleggen en halfreacties opstellen o het verbrandingsproces, verschillen tussen brandstoffen en hun invloed op het milieu verklaren
	<i>6. Zuren en basen</i>	<ul style="list-style-type: none"> o uitleggen wat zuren en basen zijn en wat het betekent dat zuren of basen zwak of sterk zijn o veiligheidsmaatregelen die je moet nemen als je met geconcentreerde sterke zuren en basen werkt noemen o de termen zuurrest, zuur/base-koppel, geconjugeerd zuur, indicator, pH, titratie, pH-meter, neutraliseren verklaren
Stoomtechniek	<i>1. Eigenschappen van stoom</i>	<ul style="list-style-type: none"> o uitleggen wat energie is en welke energieomzettingen in de elektriciteitscentrale plaatsvinden o de eerste hoofdwet van de thermodynamica uitleggen en toepassen o de eigenschappen van stoom beschrijven o uitleggen wat de enthalpie van water en stoom is en hoe je deze kunt bepalen o het proces van verdampen, oververhitten en condenseren van stoom uitleggen en in het p-v diagram weergeven o de stoomtabel gebruiken
	<i>2. Tweede hoofdwet thermodynamica, entropie en het gebruik van stoomdiagrammen</i>	<ul style="list-style-type: none"> o de betekenis van de tweede hoofdwet van de thermodynamica uitleggen o uitleggen wat met entropie wordt bedoeld o het T-s diagram uitleggen en toepassen

			<ul style="list-style-type: none"> o de betekenis van het theoretische Carnot proces uitleggen o het h-p en h-s diagram uitleggen en toepassen o processen interpreteren en weergeven in de stoomdiagrammen 	
		<i>3. Het Rankine proces en mogelijkheden tot rendementsverbetering</i>	<ul style="list-style-type: none"> o het Rankine proces uitleggen o het Rankine proces uitzetten in het h-s en T-s diagram o het belang van de gemiddelde temperatuur van de warmtetoevoer en -afvoer bepalen en berekeningen maken o het belang van herverhitting van stoom uitleggen o het rendement van het Rankine proces, met en zonder herverhitting, berekenen o de rendementsverbetering door voedingwatervoorwarming uitleggen 	
		<i>Zelftoets</i>		
Stoomturbines-A	Natuurkunde voor Operator C, deel 1	<i>1. Bewegingsleer: de rechte lijnige beweging</i>	<ul style="list-style-type: none"> o zie thermodynamica 	
		<i>2. Bewegingsleer: de cirkelbeweging</i>	<ul style="list-style-type: none"> o berekeningen uitvoeren met eenparige en eenparig versnelde of vertraagde cirkelbewegingen o de volgende omrekeningen maken: rad - graden, rad/s - m/s, rad/s²- m/s² en vice versa o berekeningen uitvoeren met de begrippen periode, toerental, hoeksnelheid, omtreksnelheid en afgelegde hoek 	
		<i>3. Trillingen en golven</i>	<ul style="list-style-type: none"> o trillingen verklaren aan de hand van de begrippen trillingstijd, amplitude, frequentie en fase o de voortplantingssnelheid van trillingen en golven berekenen met behulp van de golflengte en de frequentie of trillingstijd o longitudinale, transversale, lopende en staande golven tekenen 	
		<i>7. Warmte en warmteoverdracht</i>	<ul style="list-style-type: none"> o zie thermodynamica 	
		<i>8. Faseovergangen</i>	<ul style="list-style-type: none"> o zie thermodynamica 	
	Wiskunde ProcesPlus	<i>3. Vlakke figuren</i>	<ul style="list-style-type: none"> o uitleggen welke soorten driehoeken er zijn; o de stelling van Pythagoras toepassen; o uitleggen welke vierhoeken er zijn; o de kenmerken opnoemen van een zeshoek; o vertellen wat de diameter en straal van een cirkel zijn 	
		<i>5. Eenvoudige vergelijkingen</i>	<ul style="list-style-type: none"> o vertellen wat een formule is en hoe je deze opschrijft o het verschil tussen een formule en een vergelijking uitleggen o vergelijkingen omzetten en vereenvoudigen o symbolen in vergelijkingen gebruiken o formules met symbolen vereenvoudigen 	
	Wiskunde C	<i>1. Lineaire functies en vergelijkingen</i>	<ul style="list-style-type: none"> o vertellen wat het domein en bereik van een functie zijn en weten hoe je dit moet opschrijven; o vertellen wat een lineaire functie is en hoe het functievoorschrift van een lineaire functie eruit ziet; o de grafiek van een lineaire functie tekenen met behulp van het nulpunt van een functie, 	

		<ul style="list-style-type: none"> o de richtingscoëfficiënt en de as-afsnede; o bij de grafiek van een lineaire functie het functievoorschrift van de lijn opstellen; o het snijpunt van twee lineaire functies bepalen; o de oplossing van twee lineaire vergelijkingen bepalen met de eliminatie- en substitutiemethode; o vertellen wat de absolute waarde of moduluswaarde van een getal is; o de grafiek tekenen van een lineaire modulusfunctie; o de snijpunten berekenen van een lineaire modulusfunctie en een lineaire functie. 	
	7. <i>Goniometrische functies</i>	<ul style="list-style-type: none"> o uitleggen waarom $f(x) = \sin x$, $f(x) = \cos x$ en $f(x) = \tan x$ periodieke functies zijn; o de grafieken van $f(x) = a \cdot \sin (bx + c) + d$, $f(x) = a \cdot \cos (bx + c) + d$ en $f(x) = a \cdot \tan (bx + c) + d$ lezen en begrijpen; o de grafieken van $f(x) = a \cdot \sin (bx + c) + d$, $f(x) = a \cdot \cos (bx + c) + d$, en $f(x) = a \cdot \tan (bx + c) + d$ in graden en radialen tekenen; o de periode en amplitude berekenen van de functies $f(x) = a \cdot \sin (bx + c) + d$, $f(x) = a \cdot \cos (bx + c) + d$, en $f(x) = a \cdot \tan (bx + c) + d$; o de horizontale en verticale verschuiving van $f(x) = a \cdot \sin (bx + c) + d$, $f(x) = a \cdot \cos (bx + c) + d$, en $f(x) = a \cdot \tan (bx + c) + d$ bepalen. 	
Anorganische chemie	5. <i>Redoxreacties</i>	<ul style="list-style-type: none"> o vertellen wat de termen metaaloxide/ niet-metaaloxide, zuurvormend/ basevormend/ indifferent en de verdringingsreeks van de metalen inhouden 	
	6. <i>Zuren en basen</i>	<ul style="list-style-type: none"> o uitleggen wat zuren en basen zijn en wat het betekent dat zuren of basen zwak of sterk zijn o enkele eigenschappen en toepassingen van een aantal veel gebruikte zuren en basen noemen 	
Stoomturbines	1. <i>Algemene principes en de De Laval-turbine</i>	<ul style="list-style-type: none"> o de opbouw en werkingsprincipe van een stoomturbine uitleggen o vertellen hoe we stoomturbines indelen o vertellen wat de eigenschappen en uitvoeringsvormen van straalbuizen zijn o het begrip 'kritische snelheid' en 'kritische drukverhouding' uitleggen o de formules van Zeuner afleiden en toepassen o de inrichting en het werkingsprincipe van de De Laval-turbine uitleggen o de snelheidsdriehoeken van een De Laval-turbine berekenen en tekenen o het begrip ideale omtreksnelheid uitleggen 	
	2. <i>De Curtis- en Zoelly-turbine</i>	<ul style="list-style-type: none"> o het begrip 'gelijkdruckturbine' uitleggen o het werkingsprincipe van de Curtis- en Zoelly-turbine uitleggen o de snelheidsdriehoeken van de Curtis- en Zoelly-turbine berekenen en tekenen o de druk-snelheidsdiagrammen van de Curtis- en Zoelly-turbine interpreteren o uitleggen hoe straalbuis- en smoorregeling werkt o de schoepkracht, het schoepvermogen en het stromingsrendement van gelijkdruckturbines uitleggen en berekenen 	
	3. <i>De Parsons-turbine</i>	<ul style="list-style-type: none"> o het principe van de reactieturbine uitleggen o het werkingsprincipe van de Parsons-turbine uitleggen o vertellen wat we onder de reactiegraad verstaan 	

		<ul style="list-style-type: none"> o uitleggen waarom de Parsons-turbine een evenwichtszuiger nodig heeft en de diameter van deze evenwichtszuiger berekenen o de snelheidsdriehoeken van de Parsons-turbine berekenen en tekenen o het druk-snelheidsdiagram van de Parsons-turbine interpreteren o schoepkracht, schoepvermogen en stromingsrendement van de Parsonsturbine berekenen o de verschillen tussen een gelijkdruk- en overdrukturbine uitleggen 	
	<i>4. Gecombineerde turbines</i>	<ul style="list-style-type: none"> o uitleggen hoe en waarom verschillende turbintypen gecombineerd kunnen worden o vertellen wat de voor- en nadelen van het combineren van turbintypen zijn o de druk-snelheidsdiagrammen van gecombineerde turbintypen interpreteren o de snelheidsreductie bij het combineren van turbintypen berekenen 	
	<i>Zelftoets</i>		
	<i>5. Constructieaspecten van stoomturbines</i>	<ul style="list-style-type: none"> o uitleggen welke krachten op de loopschoepen werken en welke materiaalspanningen daarbij optreden o vertellen welke factoren de loopschoepvorm bepalen en welke uitvoeringsvormen van loopschoepen we toepassen o uitleggen hoe resonantie ontstaat en wat daartegen te doen is o vertellen welke bevestigingen voor loop- en leidschoepen we toepassen o vertellen wat we onder het kritische toerental van een turbine verstaan en wat daarvan de consequenties zijn voor de bedrijfsvoering o uitleggen waarom de turbine uit meerdere huizen is opgebouwd o vertellen welke uitvoeringsvormen van turbinerotoren en huizen we toepassen en welke eisen aan turbinehuizen worden gesteld o vertellen welke koppelingen we bij meerhuizige turbine-installaties toepassen o vertellen wat een SSS-koppeling is o uitleggen hoe de turbinerotor radiaal en axiaal gelagerd wordt en hoe de smering van de lagers tot stand komt 	
	<i>6. Condensatie-inrichting en invloed van het vacuüm</i>	<ul style="list-style-type: none"> o de inrichting en de functie van de condensor in de stoom/waterkringloop uitleggen o de invloed van het condensorvacuüm op het thermisch rendement uitleggen o vertellen hoe het condensorvacuüm in stand wordt gehouden o vertellen wat `Grädigkeit` van de condensor betekent o vertellen wat een regeneratieve condensor is o het nadeel van onderkoeling van het condensaat uitleggen en berekenen o de energiebalans van de condensor opstellen en het koelwatervoud berekenen o de verschillende methoden van condensorreiniging uitleggen o het gemiddelde temperatuursverschil over de condensor berekenen en het temperatuursverloop over de condensor tekenen o vertellen hoe te handelen bij koelwaterinbreuk en luchtinbreuk in de condensor 	
	<i>Zelftoets</i>		
	<i>7. Beveiligings- en afschakelapparatuur</i>	<ul style="list-style-type: none"> o doel, werking en uitvoering van alle toegepaste turbinebeveiligingen en beveiligingssystemen uitleggen 	

	<ul style="list-style-type: none"> o de opstelling van een meerhuizige turbine tekenen en uitleggen waar het vaste punt is geplaatst o vertellen hoe de turbinehuizen kunnen uitzetten en hoe de rotor ten opzichte van het huis kan uitzetten o de uitzetting van een turbinehuis en rotor o vertellen hoe rotortrillingen kunnen ontstaan; o de effecten van te hoog gehalte SiO₂ en andere verontreinigingen in de stoom op de turbinebeschoeping uitleggen
8. Hulpsystemen	<ul style="list-style-type: none"> o vertellen wat doel en werking van de bij stoomturbines toegepaste hulpsystemen zijn o de smeerolievoorziening van een turbine-installatie beschrijven o vertellen wat de eigenschappen van turbinesmeerolie zijn o vertellen wat het aslichtoliesysteem is en waar het toe dient o doel en de werking van de torninrichting uitleggen o vertellen hoe je moet handelen als de torninrichting door storing niet in bedrijf komt o doel, uitvoering en regeling van het pakkingbusstoomsysteem uitleggen en schematisch weergeven o vertellen hoe het koelwatersysteem ingericht is en hoe een droge, natte en hybride koeltoren werken
Zelftoets	
9. Rendementsverbetering	<ul style="list-style-type: none"> o uitleggen welke verliezen in een stoomturbine optreden; o uitleggen en berekenen wat de invloed van voedingwatervoorwarming op het thermisch rendement van de Rankinekringloop is o vertellen wat de werking en constructie van toegepaste voedingwatervoorwarmers is o de voordelen van herverhitting uitleggen en het proces weergeven in het T-s diagram o de begrippen specifiek warmte- en stoomgebruik uitleggen o de definitie toelichten van het inwendig, het mechanisch, het thermodynamisch en het totaal rendement van een stoomturbineinstallatie
10. Bedrijfsvoering	<ul style="list-style-type: none"> o vertellen hoe je een stoomturbine start o vertellen hoe je een stoomturbine uit bedrijf neemt o uitleggen hoe je de stoomturbine ter beperking van de afkoeltijd kunt 'koud draaien' en tijdens stilstand versneld kunt afkoelen o uitleggen wat het doel en de werking is van het omloopsysteem o het principe van de toerenregeling van de stoomturbine uitleggen o het begrip statiek uitleggen wat het effect is van een frequentieverandering in het net op het vermogen van de turbogenerator o vertellen wat we onder het principe van glijdrukregeling verstaan o vertellen waarom welke maatregelen getroffen moeten worden als de turbine voor langere tijd uitbedrijf genomen wordt

Gasturbines-A	Anorganische chemie	5. Redoxreacties	<ul style="list-style-type: none"> o het verbrandingsproces, verschillen tussen brandstoffen en hun invloed op het milieu verklaren 	
	Gasturbines	1. Algemene inleiding gasturbines	<ul style="list-style-type: none"> o de inrichting en werking van de gasturbine uitleggen; o het Brayton-Joule arbeidsproces van de gasturbine in het p-v diagram uitleggen o het Sankey-diagram van een gasturbine uitleggen o vertellen welke soorten gasturbines er zijn o vertellen waar gasturbines worden toegepast o met behulp van het T-s diagram uitleggen hoe het gasturbinerendement en de nuttige arbeid kan worden verhoogd en berekend 	
		2. Theoretische grondslagen van het gasturbineproces	<ul style="list-style-type: none"> o uitleggen hoe de gaswetten bij gasturbines van toepassing zijn o het turbine- en compressorrendement en arbeid en vermogen berekenen o het gasturbineproces in het T-s en h-s diagram uitleggen o de betekenis van het begrip optimale drukverhouding uitleggen o het werkelijke verloop van turbinerendement en arbeid in relatie tot de drukverhouding uitleggen o uitleggen wat het effect is van toepassing van een regenerator of recuperator o uitleggen wat het effect is van compressor tussenkoeling o uitleggen wat het effect is van herverhitting 	
		3. Hoofdonderdelen van de machine: het luchtinlaatsysteem en de compressor	<ul style="list-style-type: none"> o het gehele luchtinlaatsysteem van de gasturbine uitleggen; o vertellen wat het gevaar van achtergebleven losse onderdelen in het inlaatsysteem is o vertellen waartoe het anti-icingsysteem dient en hoe dit werkt o vertellen waartoe verdampingskoeling dient o het werkingsprincipe van de axiale compressor uitleggen o het druk- en temperatuurverloop over de compressor tekenen en uitleggen o vertellen wat de functie is van de compressor inlaatleidschoepen, IGV's genoemd o uitleggen wat de begrippen surge, stall en choke inhouden en ken je de maatregelen om deze verschijnselen te voorkomen o kun je het doel van regelbare compressor inlaatleidschoepen uitleggen o kun je vaststellen wanneer de compressor gereinigd moet worden en ken je de toegepaste reinigingsmethoden 	
		4. Verbrandingsproces en verbrandingskamers	<ul style="list-style-type: none"> o het doel van de verbrandingskamer in het gasturbineproces uitleggen o het verbrandingsproces uitleggen en de voor aardgas (CH₄) geldende reactievergelijkingen opstellen en berekenen o uitleggen wat het begrip Wobbe-index inhoudt o de energiebalans over de verbrandingskamer opstellen en de adiabatische vlamtemperatuur berekenen o uitleggen hoe NO_x wordt gevormd en welke technieken tot beperking beschikbaar zijn o vertellen wat het BEES inhoudt o benoemen welke eisen aan verbrandingskamers worden gesteld o de inrichting van enkelvoudige en meervoudige verbrandingskamers uitleggen o het principe van een 'dry low NO_x brander' uitleggen 	

		<ul style="list-style-type: none"> o het principe van stoominjectie en de invloed daarvan op het gasturbinevermogen uitleggen o uitleggen welke eisen aan het temperatuurprofiel na de verbrandingskamer worden gesteld o aangeven wat de begrippen Pattern factor en Profile factor inhouden 	
	<i>Zelftoets</i>		
	<i>5. Turbine en hulpsystemen</i>	<ul style="list-style-type: none"> o doel en werking van de bij de gasturbine toegepaste hulpsystemen uitleggen o vertellen welke soorten startinrichtingen voor de gasturbine worden toegepast 	
	<i>6. Onderhoud van gasturbines en materiaalaspecten</i>	<ul style="list-style-type: none"> o kun je de verschillende factoren die de levensduur en het onderhoud van de gasturbine bepalen noemen en toelichten o kun je de soorten onderhoud van gasturbines onderverdelen en uitleggen o ken je het begrip equivalente draaiuren o kun je de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van een gasturbine berekenen o aangeven wat 'superlegeringen' zijn en waarom die voor de hete gasturbineonderdelen worden gebruikt o aangegeven wat 'thermische barrière coatings' zijn en waarom die worden gebruikt o kun je uitleggen wat kruip en metaalvermoeiing is en wat daarvan het gevaar is 	
	<i>7. Regeling en beveiliging van gasturbines</i>	<ul style="list-style-type: none"> o de regelsystemen van de gasturbine uitleggen o uitleggen welke beveiligingen we voor een gasturbine toepassen o uitleggen hoe het hydraulisch beveiligingsoliesysteem werkt o oorzaken van trillingen noemen en vertellen hoe je trillingen kunt meten 	
	<i>8. Bedrijfsvoering</i>	<ul style="list-style-type: none"> o de startprocedure van een gasturbine uitleggen, met de controles die je vooraf moet uitvoeren o de stopprocedure van een gasturbine uitleggen en ken je het verschil tussen een normaalstop en een noodstop o uitleggen hoe je de goede werking van de gasturbine tijdens bedrijf beoordeelt o de invloed van de atmosferische omgevingscondities op het vermogen van de gasturbine uitleggen en berekenen o vertellen wat prestatie- en garantietests zijn, wat het belang er van is en hoe de tests worden uitgevoerd 	
	<i>Zelftoets</i>		

