

1.1

INLEIDING

De koudetechniek houdt zich bezig met het langs kunstmatige weg opwekken en handhaven van temperaturen, die lager zijn dan de omgevingstemperatuur. Koudetechniek is een natuurkundig proces waarbij warmte wordt getransporteerd van een laag temperatuurniveau naar een hoger temperatuurniveau. In dit hoofdstuk wordt uitgelegd hoe een koudesysteem is opgebouwd en welke componenten er in zitten.

1.2

ALGEMEEN

De koudetechniek houdt zich bezig met het langs kunstmatige weg opwekken en handhaven van temperaturen, welke lager zijn dan de omgevingstemperatuur.

Anders gezegd kunnen we ook stellen dat koudetechniek een proces is, waarbij warmte wordt getransporteerd van een laag temperatuurniveau naar een hoger temperatuurniveau. Denk bijvoorbeeld aan een vriescel van -25°C (lage temperatuur) naar de omgeving van $+25^{\circ}\text{C}$ (hoge temperatuur).

De warmte in de vriescel bestaat uit instralingswarmte, dit is warmte die ontstaat door de verlichting, deur- en lekverliezen, lichaamswarmte van mensen die in deze cel moeten werken, warmte die door de isolatie van buitenaf de cel binnentreedt, maar ook door het plaatsen van producten welke een hogere temperatuur hebben dan de celtemperatuur etc..

Deze warmte wordt door het koudesysteem opgenomen en door middel van een natuurkundig proces weer aan de buitenlucht (omgevingslucht) of koelwater afgegeven.

hoofdbestanddelen
koudesysteem

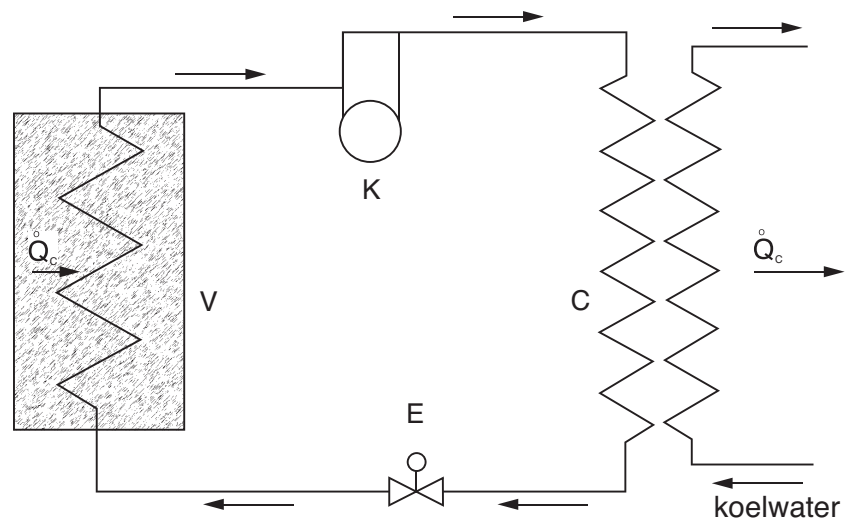
Een koudesysteem, waarin we dit proces willen laten verlopen, bestaat uit een gesloten circuit waarin een bepaald koudemiddel circuleert en is opgebouwd uit vier hoofdbestanddelen, te weten:

- Koudecompressor (K).
- Condensor (C).
- Expansieventiel (E).
- Verdamer (V).

Op elk onderdeel, evenals de koudemiddelen en diverse compressiesystemen, komen we in deze cursus uitgebreid terug.

Onderstaand tref je een zeer eenvoudig schema aan van een compressor-koudesysteem, waarin de vier genoemde componenten zijn opgenomen. Let vooral op de stromingsrichting van het koudemiddel in het systeem, alsmede de richting van de warmtestroom.

schema compressor-
koudesysteem



1.3

HET KOUDESISTEEM

In het koudesysteem vindt warmtetransport plaats. Wij zullen proberen aan de hand van eenvoudige proeven het koudeproces duidelijk te maken.

In het koudesysteem fungeert de compressor als hogedrukpomp. Deze zuigt het koudemiddel in gasvormige toestand, lagedruk en lage temperatuur uit de verdamper en perst het gas samen tot een hogere druk en hogere temperatuur en voert dit gas naar de condensor. In de condensor condenseert het samengeperste gas tot vloeistof, waarna deze vloeistof via het expansieventiel weer naar de verdamper wordt getransporteerd.

Het koudemiddel wordt dus in het systeem rondgepompt terwijl het koudemiddel tijdens het proces steeds van aggregatietoestand verandert.

Het blijkt dat voor verdamping van een vloeistof (verandering van aggregatietoestand) warmte nodig is. Deze wordt vooral aan de directe omgeving onttrokken. Daarnaast is het zo dat niet elke vloeistof evenveel warmte nodig heeft om te verdampen, met andere woorden, niet evenveel koude produceert.

De conclusie is dat de verschillende koudemiddelvloeistoffen een verschillende verdampingswarmte hebben.

Uit het voorgaande is ons het begrip “verdamping” duidelijk geworden. Om nu de functie van de verdamper, het component waarin het koudemiddel verdampt, beter te leren begrijpen gaan wij door met het nemen van proeven.

Als we een vluchtige vloeistof in een fles gieten en deze niet met een dop afsluiten dan zal de vloeistof door de omgevingstemperatuur worden verwarmd en gaan verdampen. De omgevingstemperatuur in de onmiddellijke nabijheid van de fles wordt lager en dit proces blijft doorgaan tot alle vloeistof is verdampt

voor verdamping is
warmte nodig

proef 1

proef 2

Als op de fles een dop wordt geplaatst, dan zal de vloeistof gaan verdampen, maar de damp blijft in de fles. Omdat de damp die in de fles boven de vloeistof ontstaat op een gegeven moment verzadigd, zal de vloeistof niet meer verder verdampen. De vloeistof zal nu verder opwarmen tot de omgevingstemperatuur is aangenomen en daarna gebeurt er niets meer. De dampspanning boven de vloeistof in de fles is te groot geworden en deze houdt de verdere verdamping tegen.

Hieruit blijkt dat, door toevoeging van warmte, vloeistof in damp overgaat, totdat boven deze vloeistof een dampdruk ontstaat die overeenkomt met de omgevingstemperatuur.

Niet alleen de temperatuur is van invloed op de verandering van aggregatietoestand, maar ook de druk.

Een ketel water zal gaan koken als deze ongeveer een temperatuur van 100°C heeft bereikt. Bij het bereiken van deze temperatuur heeft de dampdruk in het water een druk aangenomen die overeenkomt met de atmosferische druk van circa 1 bar.

Als de ketel op een berg zou staan dan kookt het water al bij bijvoorbeeld 90°C. Dit komt omdat de luchtdruk boven in de bergen veel lager is. Hoe lager de druk, hoe lager het kookpunt, hoe hoger de druk, hoe hoger het kookpunt

In de condensor gebeurt het tegenovergestelde als in de verdamper. De damp die is ontstaan door de toevoer van warmte uit het product in de cel, het personeel en computers op kantoor, wrijving van delen in de koudecompressor en de toegevoerde energie uit het net (230V – 400V) zal, als deze wordt afgekoeld, weer terugkeren in zijn oorspronkelijke staat, de vloeistof. Daarbij geeft de damp zijn warmte weer af aan de omgeving.



geheel gesloten
systeem

Om dit te voorkomen laten we dit koudeproces in een geheel gesloten systeem plaatsvinden. Het zuiggas dat de compressor uit de verdamper aanzuigt wordt in druk en temperatuur verhoogd en wordt naar de condensor getransporteerd.

In de condensor zullen de samengeperste gassen neerslaan tegen de koude buitenwand van de condensor. Het koelwater dat door de condensor stroomt, onttrekt warmte aan dit persgas waardoor deze condenseert tot koudemiddelvloeistof. De koudemiddelvloeistof stroomt daarna naar een vloeistofvat onder de condensor.

Omdat de druk in de condensor hoger is dan de druk in de verdamper, wordt koudemiddelvloeistof uit het vloeistofvat weer door de compressor naar de verdamper getrasnporteerd, om daar opnieuw te verdampen.

drukval

Om een drukval tussen de condensor en de verdamper te laten ontstaan is in de vloeistofleiding tussen beide componenten een expansieventiel aangebracht.

Wanneer dit er niet zou zijn, dan zou de compressor, via de condensor persdruk veroorzaken in de verdamper. Daardoor zou de zuigdruk ongeveer gelijk worden aan de persdruk en het koudesysteem zou niet meer werken.

expansieorgaan

Het expansieventiel is een onmisbaar onderdeel in een koudesysteem. Het expansieventiel vormt de afscheiding tussen condensor en verdamper. Aan de condensorzijde van het ventiel heerst persdruk (condensordruk, hogedruk) en aan de verdamperzijde heerst zuigdruk (verdampersdruk, lagedruk). De taak van het expansieventiel is het smoren van de hogedruk koudemiddelvloeistof, wanneer deze van de condensor naar de verdamper wordt getransporteerd.



1.4

Mollier diagram

h-log p diagram
R-22

toestands-
veranderingen

H-LOG P DIAGRAM

In de koudetechniek wordt gewerkt met het h-log p diagram, ook wel Mollier diagram genoemd. Dit h-log p diagram gaan we hier nader bekijken. We gaan er vanuit dat de meeste lijnen in het h-log p diagram bekend zijn en dat je het koudeproces in grote lijnen kent. Voor ieder koudemiddel is een specifiek h-log p diagram beschikbaar, uiteraard zijn dan de getallen van de drukken en temperaturen gerelateerd aan het bewuste koudemiddel. De opzet van het diagram blijft gelijk.

Op de volgende pagina is als voorbeeld een h-log p diagram getekend van het koudemiddel R-22, daarboven is een schematisch koudesysteem getekend.

Je ziet de 4 toestandsveranderingen:

1. Comprimeren in de compressor - drukverhoging van het zuiggas.
2. Condenseren in de condensor – warmteafgifte van het persgas, en condenseren naar vloeistof.
3. Expanderen in het expansieventiel - drukverlaging van de vloeistof.
4. Verdampen in verdamper - warmteopname door het vloeistofkoudemiddel en dit verdampen naar damp door warmte te onttrekken uit het product in de koel/vriescel..

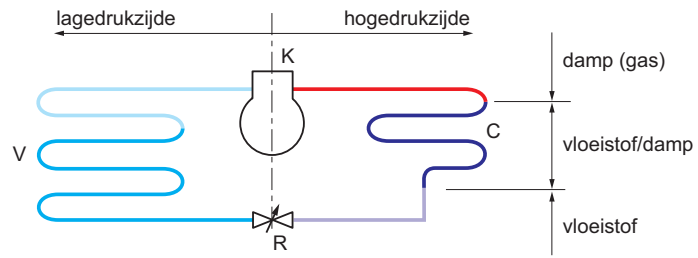
We kunnen dit proces ook zien in het h-log p diagram van het koudemiddel R-22.

Stel dat we een verzadigde vloeistof hebben van +20°C, dan wordt de toestand weergegeven door het punt +20°C op de vloeistoflijn (4), waarbij een druk hoort van 9,1 bar(a).

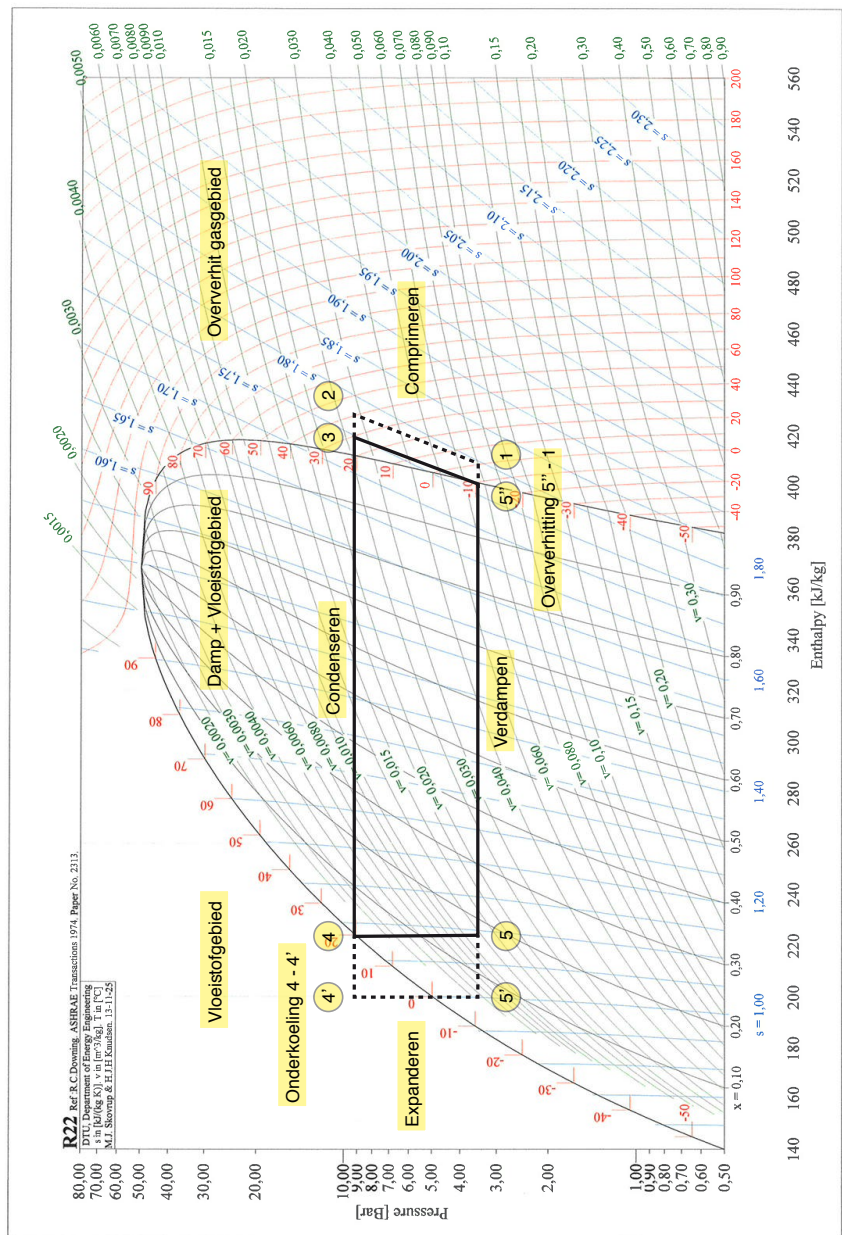
Gaan we deze vloeistof door een expansieventiel plotseling in druk verlagen bijvoorbeeld bij -10°C of 3,5 bar(a) dan zal dit zo snel gaan dat de warmte-inhoud van de vloeistof gelijk blijft.

Het verloop wordt op het diagram aangegeven door de verticale lijn door het beginpunt van 20°C. Immers de druk daalt en de warmte-inhoud blijft gelijk. Zodoende komt het punt (5) op de lijn van de verdamperdruk te liggen. Deze verdamperdruk is dus -10°C of 3,5 bar.

schematische
weergave
koudesysteem



h-log p diagram
R-22



verdampen van
vloeistof

De verdamper is geplaatst in bijvoorbeeld een koelcel met een temperatuur van 0°C .

Door de hogere temperatuur van de cel, (0°C is hoger dan -10°C) zal de vloeistof gaan verdampen. Doordat warmte wordt toegevoegd via de verdamperwanden en de druk gelijk blijft door het aanzuigen van de compressor, zal dit verdampen worden weergegeven door een lijn van gelijke druk (horizontaal) tot tenslotte alle vloeistof verdampt is (5").

Je ziet dat het diagram niet alleen de toestand van het koudemiddel weergeeft, maar ook het verloop van het proces in de vorm van een lijn. In het diagram kun je zo het hele proces, ook van comprimeren en condenseren intekenen.

compressie

Bij de compressie bestaat een moeilijkheid die eerst behandeld moet worden om verder te kunnen.

Wanneer een gas wordt samengedrukt, wordt zowel de druk als de temperatuur verhoogt. Dit hangt af van de eigenschappen van het gas (NH_3 wordt bijvoorbeeld veel warmer dan R-22), maar ook de compressoruitvoering is hierop van invloed.

isothermisch

Het gehele proces verloop volgens een natuurkundige wet, waarbij wordt uitgegaan van bepaalde aannames. Er zijn formules opgesteld om inzichtelijk te krijgen hoe het proces verloopt. Stel dat we bij een compressie het gas zo sterk afkoelen dat de temperatuur van dat gas niet stijgt, dan zeggen we dat de compressie isothermisch (bij gelijke temperatuur) verloopt.

adiabatisch

Ook kan het zijn dat het comprimeren zo snel gebeurt dat er geen warmte-uitwisseling plaatsvindt van het gas naar de cilinderwand of van de cilinderwand naar het gas. Zo'n proces wordt adiabatisch proces genoemd en dit wordt meestal gebruikt bij het berekenen van de theoretische compressie.

toestandsvergelijking

adiabaat

eindcompressie-
temperatuur

In werkelijkheid is de praktische eindcompressietemperatuur (bij een goed werkend systeem) 15% hoger dan de theoretische (adiabatische) eindcompressietemperatuur.

We vervolgen nu weer het koudeproces.

Eerst de compressie. We gaan er vanuit dat de compressie adiabatisch geschiedt. Als dat zo is kan volgens de technische warmteleer worden uitgerekend wat de toestand is op elk ogenblik.

Bijvoorbeeld als het gas vanaf (1) wordt gecomprimeerd tot bijvoorbeeld 9 bar(a), dan kan door een formuleberekening worden vastgesteld wat de eindtoestand is, zoals warmte-inhoud, temperatuur etc.. Zo'n formuleberekening noemen we een toestandsvergelijking.

Op deze wijze kan in het diagram voor elk van die drukken 9 bar(a) etc. de toestand gedurende de compressie door een punt in het h-log p diagram aangegeven worden. Verbind deze punten weer door een lijn en zo ontstaat er een lijn die we adiabaat noemen. We zeggen dat de eindcompressie (2) volgens die lijn plaats vindt. Op deze wijze kunnen we voor alle punten de lijnen intekenen.

De compressie gaat dus vanaf (1) langs de adiabaat naar de eindcompressietemperatuur (2). Dat is het eindpunt van de compressie en het geeft dus de toestand aan van het gas als het de compressor verlaat en richting de condensor wordt getransporteerd. In de condensor wordt het gasvormig koudemiddel afgekoeld door de omgevingslucht, samen met de ventilator en water bij een watergekoelde condensor, en zal omdat de condensatiedruk constant is, ook dit proces weer volgens een horizontale lijn verlopen tot tenslotte weer vloeistof van 20°C (punt 4) is ontstaan.

Op deze lijn kunnen we ook zien dat in de condensor eerst het gas wordt gekoeld en dan pas wordt gecondenseerd. Punt 3 geeft de toestand aan van verzadigd gas.



Als het gas dus van het beginpunt (2) wordt gekoeld, wordt eerst de warmte vanaf (3) tot (4) door het koelwater (of de omgevingslucht met ventilator) opgenomen om het gas van de perstemperatuur tot op zijn condensatietemperatuur af te koelen. We zien daar dus oververhittingswarmte (3-4).

Vanaf (3) tot (4) wordt het gas weer vloeibaar gemaakt. Van punt 4 naar punt 5 wordt geëxpandeerd (de druk en temperatuur wordt verlaagd) om zo op punt 5 de intrede van de verdamper van vloeistof en gas te voorzien om warmte uit het product of ruimte te onttrekken.

Het punt 5" - 1 is de oververhitting die aan het einde van de verdamper geschiedt en die nodig is om vloeistofslag in de compressor te voorkomen. Je kunt nu ook zien dat de compressor eindtemperatuur verder naar rechts komt te liggen (2') . Bij punt 1 begint het proces weer van voor af aan.

vloeistof- en damplijn

Bekijken we de vloeistof- en damplijn, dan zien we dat links van de vloeistoflijn de toestanden worden weergegeven van de vloeistof. Koelen we de vloeistof in de condensor, dan blijft de druk gelijk en omdat we warmte onttrekken, verloopt dat proces volgens deze druklijn verder naar links. Dat is dus een vloeistof die kouder is dan zijn condensatietemperatuur. We noemen het deel links van de vloeistoflijn het vloeistofgebied.

oververhit gasgebied

Zo zal rechts van de damplijn alleen damp kunnen bestaan, omdat alle punten boven het kookpunt liggen. Dit wordt het oververhit gasgebied genoemd.

co-existentiegebied

In het gebied tussen de beide lijnen kunnen damp en vloeistof naast elkaar bestaan. Dit vloeistofdampgebied noemt men co-existentiegebied (co = samen; existentie = bestaan) van persgas uit de compressor naar vloeistof (aan het eind van de condensor) en na het expansieventiel van vloeistof naar damp (aan het eind van de verdamper).

Wanneer het gas uit de verdamper oververhit is en bijvoorbeeld een temperatuur heeft van 0°C, terwijl de verdampingstemperatuur -10°C bedraagt, zal de toestand niet meer aangegeven worden door het punt (5), maar door (5").

Dit is iets meer naar rechts gelegen op de lijn door de druklijn van -10°C , daar waar die lijn de isotherm van 0°C snijdt. De compressie begint nu in (1) en trekken we daardoor de adiabaat, dan zien we dat deze de druklijn door $+20^{\circ}\text{C}$ snijdt in (2). Dit punt ligt praktisch midden tussen de isothermen van 30°C en 40°C , zodat nu de eindtemperatuur 35°C bedraagt.

In werkelijkheid zal dit vrijwel nooit het geval zijn omdat onze aanname, dat de compressie adiabatisch geschiedt, niet geheel juist is. In de praktijk zal men een compressie-eindtemperatuur van 15% hoger aanhouden. In gevallen waarbij de compressorkop niet gekoeld is, vaak bij synthetische koudemiddelen, en ook de omgeving niet te koud is zal de temperatuur hoger zijn. In het geval dat de cilinderkop wel gekoeld wordt met water of glycol is de temperatuur vaak lager, de warmte uit de cilinderkoppen wordt meestal afgestaan door een drycooler naar de omgeving.

Het is dus duidelijk dat oververhitting van de zuiggassen tevens een hogere eindtemperatuur van de compressie geeft, en de perstemperatuur kan bij benadering ook direct aan onze leiding worden vastgesteld (deze wordt gemeten direct na de compressor). Wijkt deze teveel af, dan kan er lucht of een ander niet condenseerbaar gas in het systeem aanwezig zijn of waren de zuiggassen nog niet volledig verdampt bij het eind van de verdamping en waren er nog vloeistofdelen in het gas aanwezig.

Het h-log p diagram geeft ons nog meer informatie. In de eerste plaats het proces 1-2-3-4 – 4'-5-5'', hieruit kan worden bepaald;

De warmte-inhoud of enthalpie van de vloeistof bij het verlaten van de condensor (4). Dezelfde enthalpie tref je aan na het expansieventiel (5) (even ervan uitgaande dat dit een verliesvrij proces is!).

Vanuit punt (4) trek je een verticale lijn naar beneden en lees vervolgens de horizontale as af ($224,07 \text{ kJ/kg}$). Eenzelfde waarde vind je ook in de damp-tabel voor R-22 (h_4 bij $+20^{\circ}\text{C}$). Deze enthalpie is: $411,93 \text{ kJ/kg}$. De warmte-inhoud of enthalpie van de verdampte vloeistof (dus damp) bij het verlaten van de verdamer (5'').

warmte-inhoud of
enthalpie



verschilwaarde

Ook hier kan, met behulp van een verticale lijn, de waarde op de horizontale as worden afgelezen (40 1,36 kJ/kg). Dezelfde waarde vind je ook in de damptabel voor R-22, omdat het een verzadigde damp is (h'' bij -10°C). Deze enthalpie is: 674,71 kJ/kg.

Het lijkt erop dat hier niets van klopt, de enthalpie van vloeistof, welke juist gaat verdampen is in het h-log p diagram 22 4,07 kJ/kg. Voor dezelfde conditie van hetzelfde koudemiddel zegt de damptabel dat dit 497,22 kJ/kg is. Hoe kan dat?

Inderdaad, de exacte waarde is niet gelijk, maar in het proces gaat het niet om de exacte waarde, maar om de verschilwaarde.

De damptabel gaat uit van het absolute nulpunt (-273°C), waarbij dan de enthalpie 0 kJ/kg is. Voor het h-log p diagram is een hogere temperatuur genomen, waarbij de enthalpie 0 kJ/kg wordt gesteld. Vandaar dat deze niet hetzelfde zijn. Het gaat om het enthalpieverschil en dat klopt.

berekenen
verdampercapaciteit

Het is hier duidelijk, dat in ons proces bij een verdampingsdruk van 3,5 bar een (kookpunt)temperatuur hoort en er kan nu berekend worden dat voor verdampen van 1 kg koudemiddel R-22 tot verzadigde damp 154,34 kJ/kg warmte nodig is.

Als bijvoorbeeld dat in het proces 0,1 kg/s R-22 stroomt of condenseert, dan kan met dit gegeven berekend worden dat de verdampercapaciteit of verdamperbelasting $154,34 \text{ kJ/kg} \cdot 0,1 \text{ kg/s} = 15,4 \text{ kJ/s}$ of 15,4 kW is.

Met andere woorden; de verdamper neemt onder die condities maximaal 15,4 kW aan warmte op.

De warmte-inhoud of enthalpie van de gecomprimeerde damp bij het verlaten van de compressor (4). Het h-log p diagram geeft aan: 425 kJ/kg.

Hiermee kunnen we berekenen dat de enthalpietoename van de damp door het comprimeren van deze damp van een lage druk ($-10^{\circ}\text{C}/3,5 \text{ bar}$) naar een hoge druk ($+20^{\circ}\text{C}/9,1 \text{ bar}$) in de compressor is: $425 - 402 = 23 \text{ kJ/kg}$.

berekenen
condensorcapaciteit

Let wel: dit is theoretisch, uitgaande van een adiabatisch proces. In de praktijk komt deze temperatuur veel hoger en is de enthalpietoename veel groter.

Vervolgens kan hiermee eveneens de condensorcapaciteit worden berekend, immers vanuit 2 condenseren we terug naar punt 4. Het wordt nu duidelijk dat deze condensatie gebeurt bij constante druk van 9,1 bar, waarbij de temperatuur tijdens de condensatie +20°C is. We komen hierop verder nog uitgebreid terug in het hoofdstuk over condensors.

Het enthalpieverschil tussen (h4) en (h2) is dus $425 - 224,07 = 201,93$ kJ/kg. Nemen we dezelfde hoeveelheid koudemiddel van 0,1 kg/s, die in ons proces circuleert, dan kunnen we daarmee berekenen, dat de condensorcapaciteit of belasting dan $201,93 \cdot 0,1 = 20,2$ kW is.

Verder kan uit het proces bepaald worden, dat de condensorcapaciteit gelijk is aan de verdampercapaciteit + de compressorcapaciteit.

In het begin van dit hoofdstuk is al de mogelijkheid van onderkoeling van koudemiddelvloeistof in de condensor besproken. In het voorbeeld van het schema van een compressorkoudesysteem (pagina 2) onderkoelen we de vloeistof tot 0°C, waarbij in het h-log p diagram een enthalpiewaarde van 200 kJ/kg wordt bepaald. Bovendien kunnen we verdampte vloeistof in de verdamper laten oververhitten, zoals in het voorbeeld, tot 0°C. De enthalpiewaarde in dat punt bedraagt 405,37 kJ/kg.

Let op de condensorcapaciteit, deze moet dan ook met hetzelfde verschil toenemen.

Natuurlijk heeft onderkoelen en oververhitten zijn beperkingen ook daarop komen we in de volgende hoofdstukken nog terug.

Controleer altijd het enthalpieniveau als je verschillende damptabellen en h-log p diagrammen door elkaar gebruikt!!



1.5

OEFENINGEN MET HET H-LOG P DIAGRAM EN DAMPTABEL

Oefening

Ammoniak (NH_3) heeft een kooktemperatuur van $-33,3^\circ\text{C}$.

- Welke verzadigde dampspanning hoort daarbij?
- Wat is de enthalpie bij kookpunt vloeistof en verzadigde damp?
- Hoeveel warmte is nodig voor het verdampen van 1 kg ammoniak bij $-33,3^\circ\text{C}$?
- Wat is het specifieke volume van verzadigde damp?

Oplossing

Raadpleeg de damptabel voor ammoniak.

Zoek bij t (kookpunt) $-33,3^\circ\text{C}$ de druk P: 1,031bar.

In dezelfde rij vind je de enthalpie kookpunt vloeistof.

$h' = 350,2$ kJ/kg en de enthalpie voor verzadigde damp.

$h'' = 1717,5$ kJ/kg.

Warmte nodig voor verdampen van 1 kg NH_3 :

$$h'' - h' = 1717,5 - 350,2 = 1367,3 \text{ kJ.}$$

Probeer in het h-log p diagram voor ammoniak deze waarden ook terug te vinden. Het specifieke volume van verzadigde damp vinden we bij $v'' = 0,771 \text{ m}^3/\text{kg}$.

Oefening

R-22 heeft een enthalpiewaarde van 200 kJ/kg. Welke toestand kent dit koudemiddel bij respectievelijk 5 bar, 10 bar en 2,6 bar? Wat is de enthalpiewaarde van verzadigde damp bij 5 bar?

Oplossing

Raadpleeg het h-log p diagram voor R-22.

Trek een verticale lijn door de waarde 200 kJ/kg (isenthalp).

Trek een horizontale lijn door 5 bar (isobaar).

Het snijpunt van deze lijnen valt precies op de vloeistoflijn, dus het kookpunt van de vloeistof. Dit kookpunt lezen we af: 0°C .

Klopt dat met de damptabel voor R-22?

Bij 10 bar trek je weer een isobaar; in het snijpunt met de isenthalp van 200 kJ/kg vindt je een punt wat in het vloeistofgebied van R-22 ligt. Dus dit is gewoon vloeistof met een temperatuur van 0°C.

Bij 2,6 bar trek je ook weer een isobar en weer een snijpunt met de isenthalp van 200 kJ/kg. Het snijpunt ligt in het co-existentgebied van R-22 op de lijn 0,1. Dat wil dus zeggen dat in dat punt 10% damp is ontstaan, terwijl nog 90% vloeistof aanwezig is, echter bij een temperatuur van ongeveer -19°C.

De enthalpiewaarde van verzadigde damp bij 5 bar vindt je door een verticale lijn te trekken door het snijpunt van de isobaar van 5 bar en de verzadigde damplijn. Op de horizontale as vindt je dan 405 kJ/kg.

Oefening

Een R-22 compressor zuigt verzadigde damp aan met een druk van 5 bar en perst het gas samen tot een druk van 12 bar en een gastemperatuur van 60°C. Hoeveel warmte is per kg aan het gas toegevoerd? Hoeveel is het gas, na compressie oververhit?

Oplossing

Raadpleeg het h-log p diagram voor R-22.

Verzadigde damp bij 5 bar heeft een enthalpiewaarde van 405 kJ/kg.

Trek een isobaar van 12 bar; deze snijdt de isotherm van +60°C in het oververhittingsgebied. Trek vanuit dit punt een verticale lijn en lees op de horizontale as een waarde af van: 440 kJ/kg.

Per kg R-22 gas moet dus $440 - 405 = 35$ kJ aan warmte in de vorm van compressie-arbeid worden toegevoerd.

Na compressie heeft het gas een temperatuur van 60°C, het kookpunt van R-22 bij 12 bar bedraagt +30°C. Dus de oververhitting bedraagt $(60) - (30) = 30$ K (het verschil tussen de eindcompressietemperatuur en condensatietemperatuur).



Oefening

Stel dat vervolgens het gecomprimeerde gas wordt afgekoeld, gecondenseerd en nagekoeld tot 20°C bij een constante druk.

Hoeveel bedraagt de onderkoeling in de condensor?

Hoeveel warmte wordt per kg R-22 in de condensor afgevoerd?

Hoeveel warmte wordt per kg R-22 in de verdamper aan de omgeving onttrokken?

Oplossing

Het gecomprimeerde gas (12 bar) wordt in de condensor eerst afgekoeld tot 30°C en gecondenseerd tot aan de vloeistoflijn bij constante temperatuur (bij 12 bar) om daarna (30) - (20) = 10 K onderkoeld te worden.

De enthalpiewaarde bij 20°C R-22 vloeistof blijkt te zijn 225 kJ/kg.

De enthalpiewaarde van het gecomprimeerde gas was 440 kJ/kg, dus per kg R-22 wordt in de condensor afgevoerd: $440 - 225 = 215$ kJ.

De enthalpiewaarde bij aanzuigen compressor (verzadigde damp bij 5 bar) was 405 kJ/kg. Dus per kg R-22 wordt in de verdamper opgenomen: $405 - 225 = 180$ kJ.

Je hebt geleerd, dat condensorcapaciteit (215 kJ), verdampercapaciteit (180 kJ) + compressievermogen(35 kJ), ofwel de condensorcapaciteit is 215 kJ = 180 kJ + 35 kJ.

Oefening

Een R-404a koudesysteem werkt bij een condensatiedruk van 16,6 bar, terwijl in de condensor een onderkoeling optreedt van 10 K.

De verdamper werkt met een temperatuur van -10°C.

Welke toestand tref je dan net na het smoorventiel aan?

Oplossing

Raadpleeg het h-log p diagram voor R-404a.

Trek de isobaar van 16,6 bar; op het snijpunt van deze isobaar met de vloeistoflijn blijkt de condensatietemperatuur 36°C te zijn.

Er treedt onderkoeling op van 10 K, dus de R-404a vloeistof heeft voor het smoorventiel een temperatuur van $36^{\circ}\text{C} - 10\text{ K} = 26^{\circ}\text{C}$.

Stel dat het smoorproces theoretisch, verliesvrij verloopt, dan kan een isenthalp, een lijn van constante enthalpie door dit punt worden getrokken. Deze lijn snijdt op een gegeven moment de isotherm van -10°C nagenoeg de isobaar van 4,5 bar (verdamperdruk). Door dit punt loopt eveneens een lijn voor een dampgehalte van 0,3, dus 30% damp, 70% vloeistof. Deze toestand vind je dus na het smoorventiel.

Oefening

Een koudesysteem heeft een koudecapaciteit van 306 kW en de hoeveelheid koudemiddel, welke door het systeem stroomt, is 2 kg/s. Welke toestand tref je aan bij uittrede damp van de verdamper?

Oplossing

Koude- of verdampercapaciteit 306 kJ/s of 306 kW. Bij een hoeveelheid koudemiddel van 2 kg/s betekent dit dat in de verdamper een enthalpieverschil van $306\text{ kJ/s} = 153\text{ kJ/kg}$ ontstaat.

In het Mollier diagram vind je na het expansieventiel een enthalpiewaarde van 235 kJ/kg (isenthalp van -10°C).

Het enthalpieverschil in de verdamper is 153 kJ/kg, dus aan het einde van de verdamper vind je een enthalpiewaarde van $235 + 153 = 388\text{ kJ/kg}$. De isenthalp vanuit dit punt op de enthalpielijnsnijdt de isobaar van de verdamperdruk (4,5 bar). Door dit snijpunt loopt ook de isotherm van $+26^{\circ}\text{C}$, dus in dit punt hebben we oververhit gas met een oververhitting van $+26 - (-10) = 36\text{ K}$ bij een verdamperdruk van 4,5 bar.

Oefening

Van een R-134a systeem is bekend: het persgas van de compressor heeft een temperatuur van $+70^{\circ}\text{C}$ en een specifiek volume van $0,02\text{ m}^3/\text{kg}$. Het R-134a gas wordt afgekoeld, gecondenseerd en onderkoeld. De onderkoeling bedraagt 12 K.



Wat is de persdruk van de compressor en hoeveel is het persgas oververhit? Hoeveel bedraagt de condensorcapaciteit, als we weten dat er 0,5 kg/s gas wordt gecondenseerd?

Oplossing

Raadpleeg het h-log p diagram voor R-134a.

Het snijpunt van de isotherm van 70°C en de isochoor van 0,02 m³/kg ligt op de isobaar van 11,5 bar. In de damptabel van R-134a vinden we bij 11,5 bar een (condensatie) temperatuur van 45°C. De oververhitting van het persgas bedraagt dus in dit punt (70) - (45) = 25 K.

In het h-log p diagram vind je bij het snijpunt 11,5 bar/70°C ook een enthalpiewaarde van 450 kJ/kg. De condensatietemperatuur bedraagt 45°C, de onderkoeling 12 K, dus de R-134a vloeistof bereikt het expansieventiel met een temperatuur van (45°C) - (12 K) = 33°C.

Hierbij hoort een enthalpiewaarde van 244 kJ/kg. Het enthalpieverschil over de condensor bedraagt dus nu 450 - 244 = 206 kJ/kg. Dus de condensorcapaciteit bedraagt 206 kJ/kg x 0,5 kg/s = 103 kJ/s of ook wel 103 kW.

Oefening

De verdamper waarin de R-134a vloeistof wordt ingespoten, werkt bij een temperatuur van -25°C. Aan het einde van de verdamper bevindt zich juist verzadigde damp. Wat is de verdampercapaciteit, hoeveel energie moet theoretisch aan de compressor worden toegevoerd en met welke drukverhouding werkt de compressor? Drukverhouding = Persdruk : Zuigdruk.

Oplossing

De enthalpiewaarde van de ingespoten koudemiddelvloeistof bedraagt 244 kJ/kg (Mollier diagram). Voor de enthalpiewaarde van verzadigde damp van -25°C kunnen we aflezen 382 kJ/kg.

Het enthalpieverschil in de verdamper is dus: 382 - 244 = 138 kJ/kg.

De verdampercapaciteit bedraagt dus $138 \text{ kJ/kg} \times 0,5 \text{ kg/s} = 69 \text{ kJ/s}$ of 69 kW . Aan de compressor moet dus theoretisch een vermogen worden toegevoerd van $103 - 69 = 34 \text{ kW}$.

In onze damptabel voor R-134a vind je bij een verdampertemperatuur van -25°C een druk of verzadigde dampspanning van $1,063 \text{ bar}$.

De drukverhouding bedraagt dus: $11,5/1,063 = 10,8$

Je merkt dat in bovenstaande voorbeelden zowel het h-log p diagram als de damptabel voor een bepaald koudemiddel door elkaar gebruikt worden.

Bedenk wel steeds goed welke waarde je afleest.

Probeer altijd een gevonden waarde dubbel te controleren; éénmaal in het h-log p diagram en éénmaal in de damptabel.



1.6

VRAGEN

1. Wat zijn de belangrijkste onderdelen in een compressor koudesysteem?

Geef deze aan in een schematisch diagram.

Waarvoor dient het smoorventiel?

2. Met welke proef kun je verdamping van een vloeistof aantonen?

Hoe kan men in het algemeen deze verdamping versnellen?

3. Bij welke proef neem je condensatie waar?

Hoe wordt de condensatiewarmte afgevoerd?

4. Leg uit wat we bedoelen met: koelen is warmte verplaatsen.

5. In de condensor wordt warmte afgevoerd.

Waar wordt deze warmte opgenomen?

6. Noem van elk van de vier hoofdcomponenten, drie uitvoeringen.

7. Geef met behulp van een eenvoudig schema het verloop weer van het koudeproces in een h-log p diagram.

Welke 4 toestanden herken je hierin?

8. Wat betekent adiabatische compressie?



9. Hoe vind je de enthalpie van een vloeistof die juist het kookpunt heeft bereikt en van verzadigde damp, waarbij juist alle vloeistof is verdampt? (gebruik hiervoor een isobaar of isotherm).

10. Het blijkt dat de waarde voor de enthalpie bij een bepaalde druk/temperatuur in het h-log p diagram niet overeenkomt met de waarde in de damptabel voor R-22. Hoe komt dat?



Deze pagina is met opzet leeggelaten.



1.7

BIJLAGE H-LOG P DIAGRAM EN DAMPTABEL

tabel R-22
CHClF₂
chlorodifluormethane

T °C	p Bar	v _l dm ³ /kg	v _g m ³ /kg	h _l kJ/kg	h _g kJ/kg	R kJ/kg	s _l kJ/(kg K)	s _g kJ/(kg K)
-54,00	0,522	0,6899	0,39462	140,84	382,02	241,18	0,7606	1,8611
-53,00	0,551	0,6912	0,37554	141,86	382,50	240,64	0,7652	1,8583
-52,00	0,580	0,6925	0,35755	142,88	382,98	240,09	0,7699	1,8555
-51,00	0,611	0,6939	0,34060	143,91	383,45	239,54	0,7745	1,8528
-50,00	0,644	0,6952	0,32461	144,94	383,93	238,99	0,7791	1,8501
-49,00	0,678	0,6966	0,30951	145,98	384,40	238,43	0,7837	1,8474
-48,00	0,713	0,6980	0,29526	147,01	384,88	237,86	0,7883	1,8448
-47,00	0,749	0,6994	0,28180	148,05	385,35	237,30	0,7929	1,8422
-46,00	0,787	0,7008	0,26907	149,09	385,82	236,73	0,7975	1,8397
-45,00	0,827	0,7022	0,25703	150,14	386,29	236,15	0,8021	1,8372
-44,00	0,868	0,7036	0,24564	151,19	386,76	235,57	0,8066	1,8347
-43,00	0,911	0,7050	0,23485	152,24	387,23	234,99	0,8112	1,8322
-42,00	0,955	0,7064	0,22464	153,29	387,69	234,40	0,8157	1,8298
-41,00	1,002	0,7079	0,21496	154,34	388,16	233,81	0,8203	1,8275
-40,00	1,049	0,7093	0,20578	155,40	388,62	233,22	0,8248	1,8251
-39,00	1,099	0,7108	0,19707	156,46	389,08	232,62	0,8293	1,8228
-38,00	1,151	0,7123	0,18881	157,52	389,54	232,01	0,8339	1,8205
-37,00	1,204	0,7138	0,18096	158,59	390,00	231,41	0,8384	1,8183
-36,00	1,259	0,7153	0,17351	159,66	390,45	230,79	0,8429	1,8161
-35,00	1,317	0,7168	0,16642	160,73	390,91	230,18	0,8474	1,8139
-34,00	1,376	0,7183	0,15969	161,80	391,36	229,55	0,8518	1,8117
-33,00	1,438	0,7198	0,15329	162,88	391,81	228,93	0,8563	1,8096
-32,00	1,501	0,7214	0,14719	163,96	392,26	228,30	0,8608	1,8075
-31,00	1,567	0,7229	0,14139	165,04	392,70	227,66	0,8652	1,8054
-30,00	1,635	0,7245	0,13586	166,13	393,15	227,02	0,8697	1,8034
-29,00	1,705	0,7261	0,13060	167,22	393,59	226,37	0,8741	1,8013
-28,00	1,778	0,7277	0,12558	168,31	394,03	225,72	0,8786	1,7993
-27,00	1,853	0,7293	0,12080	169,40	394,47	225,07	0,8830	1,7974
-26,00	1,930	0,7309	0,11623	170,50	394,91	224,41	0,8874	1,7954
-25,00	2,010	0,7325	0,11187	171,60	395,34	223,74	0,8918	1,7935
-24,00	2,092	0,7342	0,10772	172,70	395,77	223,07	0,8963	1,7916
-23,00	2,177	0,7358	0,10374	173,80	396,20	222,40	0,9007	1,7897
-22,00	2,265	0,7375	0,09995	174,91	396,63	221,72	0,9050	1,7879
-21,00	2,355	0,7392	0,09632	176,02	397,05	221,03	0,9094	1,7860
-20,00	2,448	0,7409	0,09286	177,13	397,48	220,34	0,9138	1,7842
-19,00	2,544	0,7426	0,08954	178,25	397,90	219,65	0,9182	1,7824
-18,00	2,643	0,7443	0,08637	179,37	398,31	218,95	0,9226	1,7807
-17,00	2,745	0,7461	0,08333	180,49	398,73	218,24	0,9269	1,7789
-16,00	2,849	0,7478	0,08042	181,61	399,14	217,53	0,9313	1,7772
-15,00	2,957	0,7496	0,07763	182,74	399,55	216,81	0,9356	1,7755
-14,00	3,068	0,7514	0,07497	183,87	399,96	216,09	0,9399	1,7738
-13,00	3,182	0,7532	0,07241	185,00	400,37	215,36	0,9443	1,7721
-12,00	3,299	0,7550	0,06996	186,14	400,77	214,63	0,9486	1,7705
-11,00	3,419	0,7569	0,06760	187,28	401,17	213,89	0,9529	1,7688
-10,00	3,543	0,7587	0,06535	188,42	401,56	213,14	0,9572	1,7672
-9,00	3,670	0,7606	0,06318	189,57	401,96	212,39	0,9615	1,7656
-8,00	3,801	0,7625	0,06110	190,71	402,35	211,64	0,9658	1,7640
-7,00	3,935	0,7644	0,05911	191,86	402,74	210,87	0,9701	1,7624
-6,00	4,072	0,7663	0,05719	193,02	403,12	210,11	0,9744	1,7609
-5,00	4,213	0,7683	0,05534	194,17	403,51	209,33	0,9787	1,7593
-4,00	4,358	0,7703	0,05357	195,33	403,88	208,55	0,9830	1,7578
-3,00	4,507	0,7722	0,05187	196,50	404,26	207,77	0,9872	1,7563
-2,00	4,659	0,7742	0,05023	197,66	404,63	206,97	0,9915	1,7548
-1,00	4,816	0,7763	0,04866	198,83	405,00	206,17	0,9957	1,7533
0,00	4,976	0,7783	0,04714	200,00	405,37	205,37	1,0000	1,7519
1,00	5,140	0,7804	0,04568	201,17	405,73	204,56	1,0042	1,7504
2,00	5,308	0,7825	0,04427	202,35	406,09	203,74	1,0085	1,7490
3,00	5,481	0,7846	0,04292	203,53	406,45	202,92	1,0127	1,7475
4,00	5,657	0,7867	0,04162	204,72	406,80	202,09	1,0169	1,7461
5,00	5,838	0,7889	0,04036	205,90	407,15	201,25	1,0212	1,7447

tabel R-22
CHClF2
chlorodifluormethane

T °C	p Bar	v_l dm ³ /kg	v_g m ³ /kg	h_l kJ/kg	h_g kJ/kg	R kJ/kg	s_l kJ/(kg K)	s_g kJ/(kg K)
6,00	6,023	0,7910	0,03915	207,09	407,50	200,41	1,0254	1,7433
7,00	6,212	0,7932	0,03798	208,29	407,84	199,55	1,0296	1,7419
8,00	6,406	0,7955	0,03685	209,48	408,18	198,70	1,0338	1,7405
9,00	6,604	0,7977	0,03576	210,68	408,51	197,83	1,0380	1,7392
10,00	6,807	0,8000	0,03472	211,88	408,84	196,96	1,0422	1,7378
11,00	7,014	0,8023	0,03370	213,09	409,17	196,08	1,0464	1,7365
12,00	7,226	0,8046	0,03273	214,30	409,49	195,19	1,0506	1,7351
13,00	7,443	0,8070	0,03179	215,49	409,81	194,32	1,0547	1,7338
14,00	7,665	0,8094	0,03087	216,70	410,13	193,42	1,0589	1,7325
15,00	7,891	0,8118	0,02999	217,92	410,44	192,52	1,0631	1,7312
16,00	8,123	0,8142	0,02914	219,15	410,75	191,60	1,0672	1,7299
17,00	8,359	0,8167	0,02832	220,37	411,05	190,68	1,0714	1,7286
18,00	8,601	0,8192	0,02752	221,60	411,35	189,74	1,0756	1,7273
19,00	8,847	0,8217	0,02675	222,83	411,64	188,81	1,0797	1,7260
20,00	9,099	0,8243	0,02601	224,07	411,93	187,86	1,0839	1,7247
21,00	9,356	0,8269	0,02529	225,31	412,21	186,90	1,0880	1,7234
22,00	9,619	0,8295	0,02459	226,56	412,49	185,94	1,0922	1,7221
23,00	9,887	0,8322	0,02391	227,80	412,77	184,96	1,0963	1,7209
24,00	10,160	0,8349	0,02326	229,05	413,03	183,98	1,1005	1,7196
25,00	10,439	0,8376	0,02263	230,31	413,30	182,99	1,1046	1,7183
26,00	10,723	0,8404	0,02201	231,57	413,56	181,99	1,1087	1,7171
27,00	11,014	0,8432	0,02142	232,83	413,81	180,98	1,1129	1,7158
28,00	11,309	0,8461	0,02084	234,10	414,06	179,96	1,1170	1,7146
29,00	11,611	0,8490	0,02029	235,37	414,30	178,93	1,1211	1,7133
30,00	11,919	0,8519	0,01974	236,65	414,54	177,89	1,1253	1,7121
31,00	12,232	0,8549	0,01922	237,93	414,77	176,84	1,1294	1,7108
32,00	12,552	0,8579	0,01871	239,22	415,00	175,78	1,1335	1,7096
33,00	12,878	0,8610	0,01822	240,51	415,22	174,71	1,1377	1,7083
34,00	13,210	0,8641	0,01774	241,80	415,43	173,63	1,1418	1,7071
35,00	13,548	0,8673	0,01727	243,10	415,64	172,54	1,1459	1,7058
36,00	13,892	0,8705	0,01682	244,41	415,84	171,43	1,1500	1,7046
37,00	14,243	0,8738	0,01638	245,71	416,03	170,32	1,1542	1,7033
38,00	14,601	0,8771	0,01595	247,03	416,22	169,19	1,1583	1,7021
39,00	14,965	0,8805	0,01554	248,35	416,40	168,05	1,1624	1,7008
40,00	15,335	0,8839	0,01514	249,67	416,57	166,90	1,1666	1,6995
41,00	15,712	0,8874	0,01475	251,00	416,74	165,73	1,1707	1,6983
42,00	16,097	0,8909	0,01437	252,34	416,89	164,55	1,1748	1,6970
43,00	16,487	0,8946	0,01400	253,68	417,04	163,36	1,1790	1,6957
44,00	16,885	0,8983	0,01364	255,03	417,18	162,15	1,1831	1,6944
45,00	17,290	0,9020	0,01329	256,38	417,32	160,93	1,1873	1,6931
46,00	17,702	0,9058	0,01295	257,74	417,44	159,70	1,1914	1,6918
47,00	18,121	0,9097	0,01261	259,11	417,56	158,45	1,1956	1,6905
48,00	18,548	0,9137	0,01229	260,49	417,66	157,18	1,1998	1,6892
49,00	18,982	0,9178	0,01198	261,87	417,76	155,90	1,2039	1,6878
50,00	19,423	0,9219	0,01167	263,25	417,85	154,60	1,2081	1,6865
51,00	19,872	0,9261	0,01137	264,65	417,93	153,28	1,2123	1,6851
52,00	20,328	0,9304	0,01108	266,05	417,99	151,94	1,2165	1,6838
53,00	20,793	0,9349	0,01080	267,46	418,05	150,59	1,2207	1,6824
54,00	21,265	0,9394	0,01052	268,88	418,09	149,21	1,2249	1,6810
55,00	21,744	0,9440	0,01025	270,31	418,13	147,82	1,2291	1,6796



tabel R-404A
R-125/143a/134a

T °C	p Bar	v _l dm ³ /kg	v _g m ³ /kg	h _l kJ/kg	h _g kJ/kg	R kJ/kg	s _l kJ/(kg K)	s _g kJ/(kg K)
-50,00	0,827	0,7726	0,22296	132,39	337,30	204,91	0,7299	1,6482
-49,00	0,869	0,7744	0,21282	133,62	337,96	204,34	0,7354	1,6470
-48,00	0,913	0,7761	0,20324	134,85	338,61	203,76	0,7409	1,6458
-47,00	0,958	0,7779	0,19418	136,09	339,26	203,18	0,7463	1,6447
-46,00	1,006	0,7797	0,18561	137,33	339,91	202,59	0,7518	1,6436
-45,00	1,055	0,7816	0,17749	138,57	340,57	202,00	0,7572	1,6426
-44,00	1,106	0,7834	0,16980	139,81	341,22	201,41	0,7626	1,6415
-43,00	1,159	0,7853	0,16251	141,06	341,87	200,81	0,7680	1,6406
-42,00	1,214	0,7872	0,15559	142,31	342,52	200,20	0,7735	1,6396
-41,00	1,271	0,7891	0,14903	143,57	343,17	199,60	0,7789	1,6386
-40,00	1,330	0,7911	0,14281	144,83	343,81	198,99	0,7843	1,6377
-39,00	1,391	0,7931	0,13689	146,09	344,46	198,37	0,7896	1,6368
-38,00	1,454	0,7951	0,13128	147,36	345,11	197,75	0,7950	1,6360
-37,00	1,520	0,7971	0,12593	148,63	345,75	197,12	0,8004	1,6351
-36,00	1,587	0,7992	0,12086	149,91	346,40	196,49	0,8058	1,6343
-35,00	1,658	0,8012	0,11602	151,19	347,05	195,86	0,8111	1,6336
-34,00	1,730	0,8034	0,11142	152,47	347,69	195,22	0,8164	1,6328
-33,00	1,805	0,8055	0,10704	153,75	348,33	194,58	0,8217	1,6321
-32,00	1,882	0,8077	0,10287	155,03	348,97	193,94	0,8270	1,6313
-31,00	1,962	0,8099	0,09889	156,31	349,60	193,29	0,8323	1,6306
-30,00	2,045	0,8121	0,09510	157,59	350,24	192,64	0,8376	1,6300
-29,00	2,130	0,8143	0,09148	158,87	350,88	191,99	0,8429	1,6294
-28,00	2,218	0,8166	0,08803	160,15	351,52	191,34	0,8482	1,6287
-27,00	2,309	0,8189	0,08473	161,43	352,16	190,69	0,8535	1,6281
-26,00	2,402	0,8213	0,08158	162,71	352,79	189,99	0,8588	1,6275
-25,00	2,499	0,8236	0,07858	163,99	353,41	189,29	0,8641	1,6269
-24,00	2,598	0,8261	0,07570	165,27	354,04	188,59	0,8694	1,6264
-23,00	2,701	0,8285	0,07295	166,55	354,66	187,89	0,8747	1,6258
-22,00	2,806	0,8310	0,07032	167,83	355,29	187,19	0,8800	1,6253
-21,00	2,915	0,8335	0,06781	169,11	355,91	186,49	0,8853	1,6248
-20,00	3,027	0,8361	0,06540	170,39	356,52	185,79	0,8906	1,6243
-19,00	3,142	0,8387	0,06309	171,67	357,14	185,09	0,8959	1,6238
-18,00	3,260	0,8413	0,06088	172,95	357,75	184,39	0,9012	1,6233
-17,00	3,382	0,8440	0,05876	174,23	358,36	183,69	0,9065	1,6228
-16,00	3,507	0,8467	0,05673	175,51	358,97	182,99	0,9118	1,6224
-15,00	3,635	0,8495	0,05479	176,79	359,58	182,29	0,9171	1,6220
-14,00	3,767	0,8523	0,05292	178,07	360,18	181,59	0,9224	1,6215
-13,00	3,903	0,8551	0,05113	179,35	360,78	180,89	0,9277	1,6211
-12,00	4,043	0,8580	0,04941	180,63	361,38	180,19	0,9330	1,6207
-11,00	4,186	0,8610	0,04775	181,91	361,97	179,49	0,9383	1,6204
-10,00	4,333	0,8640	0,04617	183,19	362,56	178,79	0,9436	1,6200
-9,00	4,484	0,8670	0,04464	184,47	363,15	178,09	0,9489	1,6196
-8,00	4,639	0,8701	0,04318	185,75	363,74	177,39	0,9542	1,6192
-7,00	4,798	0,8733	0,04177	187,03	364,32	176,69	0,9595	1,6189
-6,00	4,961	0,8765	0,04041	188,31	364,90	176,00	0,9648	1,6186
-5,00	5,128	0,8798	0,03911	189,59	365,47	175,30	0,9701	1,6182
-4,00	5,299	0,8831	0,03785	190,87	366,04	174,60	0,9754	1,6179
-3,00	5,475	0,8865	0,03665	192,15	366,61	173,90	0,9807	1,6176
-2,00	5,655	0,8899	0,03548	193,43	367,17	173,20	0,9860	1,6172
-1,00	5,839	0,8934	0,03436	194,71	367,73	172,50	0,9913	1,6169
0,00	6,028	0,8970	0,03328	196,00	368,28	171,80	0,9966	1,6166
1,00	6,222	0,9006	0,03224	197,28	368,83	171,10	1,0019	1,6163
2,00	6,420	0,9043	0,03124	198,56	369,38	170,40	1,0072	1,6160
3,00	6,622	0,9080	0,03027	199,84	369,92	169,70	1,0125	1,6157
4,00	6,830	0,9119	0,02934	201,12	370,46	169,00	1,0178	1,6154
5,00	7,043	0,9158	0,02844	202,40	370,99	168,30	1,0231	1,6151
6,00	7,260	0,9198	0,02757	203,68	371,52	167,60	1,0284	1,6148
7,00	7,482	0,9239	0,02673	204,96	372,04	166,90	1,0337	1,6145
8,00	7,710	0,9280	0,02592	206,24	372,56	166,20	1,0390	1,6143
9,00	7,943	0,9322	0,02514	207,52	373,07	165,50	1,0443	1,6140

tabel R-404A
R-125/143a/134a

T °C	p Bar	v_l dm ³ /kg	v_g m ³ /kg	h_l kJ/kg	h_g kJ/kg	R kJ/kg	s_l kJ/(kg K)	s_g kJ/(kg K)
10,00	8,180	0,9366	0,02438	213,96	373,58	159,61	1,0500	1,6137
11,00	8,424	0,9410	0,02365	215,46	374,08	158,62	1,0552	1,6134
12,00	8,672	0,9455	0,02295	216,96	374,57	157,61	1,0604	1,6131
13,00	8,926	0,9501	0,02226	218,47	375,06	156,58	1,0656	1,6128
14,00	9,186	0,9548	0,02160	219,99	375,54	155,55	1,0708	1,6125
15,00	9,451	0,9596	0,02097	221,52	376,02	154,49	1,0760	1,6122
16,00	9,722	0,9645	0,02035	223,06	376,48	153,43	1,0812	1,6118
17,00	9,999	0,9695	0,01975	224,60	376,95	152,34	1,0865	1,6115
18,00	10,281	0,9746	0,01917	226,16	377,40	151,24	1,0917	1,6112
19,00	10,570	0,9798	0,01861	227,72	377,85	150,13	1,0970	1,6109
20,00	10,864	0,9852	0,01806	229,29	378,29	148,99	1,1023	1,6105
21,00	11,165	0,9907	0,01754	230,88	378,72	147,84	1,1076	1,6102
22,00	11,472	0,9963	0,01703	232,47	379,14	146,68	1,1129	1,6098
23,00	11,785	1,0021	0,01653	234,07	379,56	145,49	1,1182	1,6094
24,00	12,104	1,0080	0,01605	235,68	379,97	144,28	1,1235	1,6091
25,00	12,430	1,0141	0,01559	237,31	380,37	143,06	1,1288	1,6087
26,00	12,763	1,0203	0,01514	238,94	380,75	141,81	1,1342	1,6083
27,00	13,102	1,0267	0,01470	240,59	381,13	140,55	1,1396	1,6078
28,00	13,448	1,0332	0,01427	242,24	381,50	139,26	1,1450	1,6074
29,00	13,801	1,0400	0,01386	243,91	381,86	137,95	1,1504	1,6069
30,00	14,160	1,0469	0,01346	245,60	382,21	136,61	1,1558	1,6065
31,00	14,527	1,0540	0,01307	247,29	382,55	135,26	1,1613	1,6060
32,00	14,900	1,0613	0,01269	249,00	382,87	133,88	1,1668	1,6055
33,00	15,281	1,0688	0,01233	250,72	383,19	132,47	1,1723	1,6049
34,00	15,669	1,0766	0,01197	252,46	383,49	131,03	1,1778	1,6044
35,00	16,065	1,0845	0,01162	254,21	383,78	129,57	1,1833	1,6038
36,00	16,468	1,0928	0,01128	255,97	384,06	128,08	1,1889	1,6032
37,00	16,879	1,1013	0,01096	257,75	384,32	126,56	1,1945	1,6026
38,00	17,297	1,1100	0,01064	259,55	384,56	125,01	1,2001	1,6019
39,00	17,723	1,1191	0,01033	261,37	384,79	123,43	1,2058	1,6012
40,00	18,157	1,1284	0,01002	263,20	385,01	121,81	1,2115	1,6005
41,00	18,599	1,1381	0,00973	265,05	385,21	120,16	1,2173	1,5997
42,00	19,049	1,1482	0,00944	266,92	385,39	118,47	1,2230	1,5990
43,00	19,507	1,1586	0,00916	268,81	385,55	116,74	1,2289	1,5981
44,00	19,974	1,1694	0,00889	270,72	385,70	114,97	1,2347	1,5972
45,00	20,449	1,1806	0,00862	272,66	385,82	113,16	1,2406	1,5963
46,00	20,932	1,1922	0,00836	274,61	385,92	111,31	1,2466	1,5953
47,00	21,424	1,2043	0,00810	276,59	386,00	109,40	1,2526	1,5943
48,00	21,925	1,2170	0,00786	278,60	386,05	107,45	1,2587	1,5932
49,00	22,435	1,2301	0,00761	280,63	386,08	105,45	1,2648	1,5921
50,00	22,953	1,2439	0,00738	282,69	386,08	103,39	1,2710	1,5909
51,00	23,481	1,2583	0,00715	284,79	386,05	101,26	1,2772	1,5896
52,00	24,018	1,2735	0,00692	286,91	385,99	99,08	1,2836	1,5883
53,00	24,564	1,2893	0,00670	289,07	385,90	96,83	1,2900	1,5869
54,00	25,120	1,3060	0,00648	291,27	385,77	94,50	1,2965	1,5853
55,00	25,685	1,3236	0,00627	293,51	385,60	92,09	1,3031	1,5837
56,00	26,260	1,3423	0,00606	295,79	385,39	89,60	1,3098	1,5820
57,00	26,845	1,3620	0,00585	298,11	385,13	87,02	1,3166	1,5802
58,00	27,440	1,3829	0,00565	300,49	384,83	84,33	1,3235	1,5782
59,00	28,045	1,4053	0,00545	302,93	384,46	81,53	1,3306	1,5761
60,00	28,660	1,4292	0,00525	305,42	384,03	78,61	1,3379	1,5738
61,00	29,285	1,4549	0,00506	307,99	383,53	75,55	1,3453	1,5714
62,00	29,921	1,4827	0,00487	310,63	382,96	72,32	1,3529	1,5687
63,00	30,567	1,5129	0,00468	313,36	382,29	68,92	1,3607	1,5658
64,00	31,225	1,5458	0,00449	316,19	381,51	65,31	1,3688	1,5626
65,00	31,893	1,5822	0,00429	319,14	380,60	61,46	1,3773	1,5590



damptabel
ammoniak

temp. t °C	druk P bar	spec. volume		enthalpie	
		v' ltr/kg	v" m ³ /kg	h' kJ/kg	h" kJ/kg
-49	0.433	1.427	2.487	279.4	1691.1
-48	0.460	1.429	2.351	284.0	1692.8
-47	0.485	1.432	2.232	288.2	1694.5
-46	0.515	1.434	2.112	292.3	1696.2
-45	0.544	1.437	2.007	296.5	1697.8
-44	0.577	1.439	1.901	301.1	1699.5
-43	0.611	1.442	1.808	305.3	1701.2
-42	0.644	1.444	1.715	309.9	1702.9
-41	0.681	1.448	1.633	314.5	1704.5
-40	0.718	1.449	1.550	319.1	1706.2
-39	0.757	1.452	1.475	323.4	1707.9
-38	0.798	1.454	1.404	327.8	1709.5
-37	0.841	1.457	1.338	332.3	1711.1
-36	0.885	1.460	1.275	336.8	1712.7
-35	0.932	1.462	1.215	341.2	1714.3
-34	0.981	1.465	1.159	345.7	1715.9
-33	1.031	1.468	1.106	350.2	1717.5
-32	1.084	1.470	1.055	354.6	1719.1
-31	1.139	1.473	1.008	359.1	1720.6
-30	1.195	1.476	0.963	363.6	1722.2
-29	1.254	1.478	0.920	368.1	1723.7
-28	1.316	1.481	0.880	372.6	1725.2
-27	1.380	1.484	0.842	377.0	1726.7
-26	1.446	1.487	0.806	381.6	1728.2
-25	1.516	1.489	0.771	386.0	1729.8
-24	1.588	1.492	0.739	390.6	1731.2
-23	1.662	1.495	0.708	395.0	1732.7
-22	1.740	1.498	0.678	399.6	1734.1
-21	1.820	1.501	0.650	404.1	1935.6
-20	1.902	1.504	0.624	408.6	1737.0
-19	1.988	1.507	0.598	413.1	1738.5
-18	2.076	1.510	0.574	417.6	1739.8
-17	2.168	1.512	0.551	422.2	1741.2
-16	2.264	1.515	0.529	426.7	1742.6
-15	2.363	1.518	0.509	431.3	1744.0
-14	2.465	1.521	0.489	435.9	1745.3
-13	2.570	1.524	0.470	440.4	1746.6
-12	2.679	1.528	0.452	444.9	1747.9
-11	2.792	1.531	0.435	449.5	1742.2
-10	2.909	1.534	0.418	451.1	1750.5
- 9	3.029	1.537	0.403	458.6	1751.7
- 8	3.154	1.540	0.388	463.2	1753.0
- 7	3.282	1.543	0.373	467.8	1754.2
- 6	3.414	1.546	0.360	472.4	1755.4
- 5	3.549	1.550	0.347	477.0	1756.6
- 4	3.688	1.553	0.334	481.5	1757.8
- 3	3.832	1.556	0.322	486.1	1759.0
- 2	3.982	1.559	0.311	490.7	1760.1
- 1	4.135	1.563	0.300	495.4	1761.3
0	4.294	1.566	0.290	500.0	1762.4

damptabel
ammoniak

temp. t °C	druk p bar	spec. volume		enthalpie	
		v' ltr/kg	v'' m ³ /kg	h' kJ/kg	h'' kJ/kg
+ 1	4.457	1.569	0.280	504.6	1763.5
+ 2	4.625	1.573	0.270	509.3	1764.6
+ 3	4.797	1.576	0.261	513.9	1765.7
+ 4	4.975	1.580	0.252	518.5	1766.7
+ 5	5.157	1.583	0.243	523.2	1767.8
+ 6	5.345	1.587	0.235	527.8	1768.8
+ 7	5.538	1.590	0.227	532.5	1769.7
+ 8	5.736	1.594	0.220	537.1	1770.7
+ 9	5.940	1.596	0.213	541.8	1771.7
+10	6.150	1.601	0.206	546.5	1772.6
+11	6.365	1.604	0.199	551.2	1773.5
+12	6.585	1.608	0.193	555.9	1774.5
+13	6.812	1.612	0.187	560.6	1775.3
+14	7.044	1.616	0.181	565.3	1776.1
+15	7.283	1.619	0.175	570.0	1776.9
+16	7.529	1.623	0.169	574.7	1777.8
+17	7.780	1.627	0.164	579.5	1778.6
+18	8.038	1.631	0.159	584.2	1779.4
+19	8.301	1.635	0.154	588.9	1780.1
+20	8.572	1.639	0.149	593.7	1780.9
+21	8.850	1.643	0.145	598.5	1781.6
+22	9.134	1.647	0.140	603.3	1782.3
+23	9.425	1.651	0.136	608.0	1783.0
+24	9.723	1.655	0.132	612.8	1783.6
+25	10.027	1.659	0.128	617.6	1784.3
+26	10.341	1.663	0.124	622.4	1784.9
+27	10.660	1.667	0.121	627.2	1785.5
+28	10.987	1.671	0.117	632.1	1786.1
+29	11.323	1.676	0.114	636.9	1786.6
+30	11.665	1.680	0.111	641.7	1787.2
+31	12.015	1.684	0.107	646.5	1787.7
+32	12.373	1.689	0.104	651.4	1788.2
+33	12.740	1.693	0.101	656.3	1788.6
+34	13.115	1.698	0.099	661.1	1789.0
+35	13.499	1.702	0.096	666.0	1789.4
+36	13.891	1.707	0.093	670.9	1789.8
+37	14.291	1.711	0.091	675.8	1790.2
+38	14.700	1.716	0.088	680.7	1790.5
+39	15.117	1.721	0.086	685.6	1790.8
+40	15.544	1.726	0.083	690.6	1791.1
+41	15.979	1.730	0.081	695.5	1791.3
+42	16.423	1.735	0.079	700.5	1791.6
+43	16.877	1.740	0.077	705.4	1791.8
+44	17.340	1.745	0.075	710.4	1792.0
+45	17.814	1.750	0.073	715.3	1792.1
+46	18.297	1.755	0.071	720.3	1792.2
+47	18.791	1.761	0.069	725.3	1792.3
+48	19.293	1.766	0.067	730.3	1792.4
+49	19.805	1.771	0.065	735.3	1792.5
+50	20.326	1.777	0.063	740.2	1792.6





damptabel
134a

SUVA® 134a
veradzigingseigenschappen - temperatuurtablel

Temp. °C	Druk kPa(abs)	VOLUME m³/kg		DICHTHEID kg/m³		ENTHALPIE kJ/kg			ENTROPIE kJ/kg·K		Temp. °C
		vloeistof v _l	damp v _g	vloeistof l/v _g	damp l/v _g	vloeistof t _l	latent t _g	damp t _g	vloeistof s _l	damp s _g	
-50	29,41	0,0007	0,6068	1442,9	1,648	136,1	231,9	368,0	0,7428	1,7819	-50
-49	31,16	0,0007	0,5747	1440,1	1,740	137,3	231,3	368,6	0,7482	1,7801	-49
-48	33,00	0,0007	0,5447	1437,3	1,836	138,5	230,7	369,2	0,7537	1,7783	-48
-47	34,93	0,0007	0,5165	1434,5	1,936	139,8	230,1	369,9	0,7591	1,7766	-47
-46	36,95	0,0007	0,4902	1431,6	2,040	141,0	229,5	370,5	0,7645	1,7749	-46
-45	39,06	0,0007	0,4653	1428,8	2,149	142,2	228,9	371,1	0,7699	1,7732	-45
-44	41,27	0,0007	0,4419	1426,0	2,263	143,5	228,3	371,8	0,7753	1,7716	-44
-43	43,58	0,0007	0,4198	1423,2	2,382	144,7	227,7	372,4	0,7806	1,7700	-43
-42	45,99	0,0007	0,3992	1420,3	2,505	145,9	227,1	373,0	0,7860	1,7685	-42
-41	48,51	0,0007	0,3798	1417,5	2,633	147,3	226,5	373,7	0,7913	1,7670	-41
-40	51,14	0,0007	0,3614	1414,6	2,767	148,4	225,9	374,3	0,7967	1,7655	-40
-39	53,88	0,0007	0,3441	1411,8	2,906	149,6	225,3	374,9	0,8020	1,7641	-39
-38	56,74	0,0007	0,3279	1408,9	3,050	150,9	224,7	375,5	0,8073	1,7627	-38
-37	59,72	0,0007	0,3125	1406,0	3,200	152,1	224,0	376,2	0,8126	1,7613	-37
-36	62,83	0,0007	0,2980	1403,1	3,356	153,4	223,4	376,8	0,8178	1,7599	-36
-35	66,07	0,0007	0,2843	1400,2	3,518	154,6	222,8	377,4	0,8231	1,7586	-35
-34	69,43	0,0007	0,2713	1397,4	3,686	155,9	222,2	378,1	0,8283	1,7573	-34
-33	72,93	0,0007	0,2590	1394,5	3,861	157,1	221,5	378,7	0,8336	1,7561	-33
-32	76,58	0,0007	0,2474	1391,5	4,042	158,4	220,9	379,3	0,8388	1,7548	-32
-31	80,36	0,0007	0,2365	1388,6	4,229	159,7	220,3	379,9	0,8440	1,7536	-31
-30	84,29	0,0007	0,2260	1385,7	4,424	160,9	219,6	380,6	0,8492	1,7525	-30
-29	88,37	0,0007	0,2162	1382,8	4,625	162,2	219,0	381,2	0,8544	1,7513	-29
-28	92,61	0,0007	0,2069	1379,8	4,833	163,5	218,3	381,8	0,8595	1,7502	-28
-27	97,02	0,0007	0,1981	1376,9	5,049	164,7	217,7	382,4	0,8647	1,7491	-27
-26	101,58	0,0007	0,1896	1373,9	5,273	166,0	217,1	383,1	0,8698	1,7481	-26
-25	106,32	0,0007	0,1817	1371,0	5,504	167,3	216,4	383,7	0,8750	1,7470	-25
-24	111,22	0,0007	0,1741	1368,0	5,743	168,6	215,7	384,3	0,8801	1,7460	-24
-23	116,31	0,0007	0,1669	1365,0	5,991	169,8	215,1	384,9	0,8852	1,7450	-23
-22	121,57	0,0007	0,1601	1362,0	6,247	171,1	214,4	385,5	0,8903	1,7440	-22
-21	127,02	0,0007	0,1536	1359,0	6,511	172,4	213,7	386,2	0,8954	1,7431	-21
-20	132,67	0,0007	0,1474	1356,0	6,784	173,7	213,1	386,8	0,9005	1,7422	-20
-19	138,50	0,0007	0,1415	1353,0	7,066	175,0	212,4	387,4	0,9055	1,7413	-19
-18	144,54	0,0007	0,1359	1349,9	7,357	176,3	211,7	388,0	0,9106	1,7404	-18
-17	150,78	0,0007	0,1306	1346,9	7,658	177,6	211,0	388,6	0,9157	1,7395	-17
-16	157,23	0,0007	0,1255	1343,8	7,968	178,9	210,4	389,2	0,9207	1,7387	-16
-15	163,90	0,0007	0,1207	1340,8	8,288	180,2	209,7	389,8	0,9257	1,7379	-15
-14	170,78	0,0007	0,1160	1337,7	8,618	181,5	209,0	390,4	0,9307	1,7371	-14
-13	177,89	0,0007	0,1116	1334,6	8,958	182,8	208,3	391,1	0,9357	1,7363	-13
-12	185,22	0,0008	0,1074	1331,5	9,309	184,1	207,6	391,7	0,9407	1,7356	-12
-11	192,79	0,0008	0,1034	1328,4	9,671	185,4	206,9	392,3	0,9457	1,7348	-11
-10	200,60	0,0008	0,0996	1325,3	10,044	186,7	206,2	392,9	0,9507	1,7341	-10
-9	208,65	0,0008	0,0959	1322,1	10,428	188,0	205,4	393,5	0,9557	1,7334	-9
-8	216,95	0,0008	0,0924	1319,0	10,823	189,3	204,7	394,1	0,9606	1,7327	-8
-7	225,50	0,0008	0,0890	1315,8	11,231	190,7	204,0	394,7	0,9656	1,7321	-7
-6	234,32	0,0008	0,0858	1312,6	11,650	192,0	203,3	395,3	0,9705	1,7314	-6
-5	243,39	0,0008	0,0828	1309,4	12,082	193,3	202,5	395,9	0,9755	1,7308	-5
-4	252,74	0,0008	0,0798	1306,2	12,526	194,6	201,8	396,4	0,9804	1,7302	-4
-3	262,36	0,0008	0,0770	1303,0	12,983	196,0	201,1	397,0	0,9853	1,7295	-3
-2	272,26	0,0008	0,0743	1299,8	13,454	197,3	200,3	397,6	0,9902	1,7290	-2
-1	282,45	0,0008	0,0718	1296,5	13,937	198,7	199,6	398,2	0,9951	1,7284	-1
0	292,93	0,0008	0,0693	1293,3	14,435	200,0	198,8	398,8	1,0000	1,7278	0
1	303,70	0,0008	0,0669	1290,0	14,946	201,3	198,0	399,4	1,0049	1,7273	1
2	314,77	0,0008	0,0646	1286,7	15,472	202,7	197,3	400,0	1,0098	1,7267	2
3	326,16	0,0008	0,0624	1283,4	16,013	204,0	196,5	400,5	1,0146	1,7262	3
4	337,85	0,0008	0,0604	1280,1	16,569	205,4	195,7	401,1	1,0195	1,7257	4
5	349,87	0,0008	0,0583	1276,7	17,140	206,8	194,9	401,7	1,0244	1,7252	5
6	362,21	0,0008	0,0564	1273,4	17,726	208,1	194,2	402,3	1,0292	1,7247	6
7	374,88	0,0008	0,0546	1270,0	18,329	209,3	193,4	402,8	1,0340	1,7242	7
8	387,88	0,0008	0,0528	1266,6	18,948	210,8	192,6	403,4	1,0389	1,7238	8
9	401,23	0,0008	0,0511	1263,2	19,583	212,2	191,8	404,0	1,0437	1,7233	9



damptabel
134a

SUVA® 134a
verzuadigingseigenschappen - temperatuurtabel

Temp. °C	Druk kPa(abs)	VOLUME m³/kg		DICHTHEID kg/m³		ENTHALPIE kJ/kg			ENTROPIE kJ/kg·K		Temp. °C
		vloeistof v _l	damp v _v	vloeistof l/v _l	damp l/v _v	vloeistof h _l	latent h _l	damp h _v	vloeistof s _l	damp s _v	
10	414,92	0,0008	0,0494	1259,8	20,236	213,6	190,9	404,5	1,0485	1,7229	10
11	428,97	0,0008	0,0478	1256,3	20,906	215,0	190,1	405,1	1,0533	1,7224	11
12	443,37	0,0008	0,0463	1252,9	21,594	216,4	189,3	405,6	1,0582	1,7220	12
13	458,11	0,0008	0,0448	1249,4	22,301	217,7	188,5	406,2	1,0630	1,7216	13
14	473,25	0,0008	0,0434	1245,9	23,026	219,1	187,6	406,8	1,0678	1,7212	14
15	488,78	0,0008	0,0421	1242,3	23,770	220,5	186,8	407,3	1,0726	1,7208	15
16	504,68	0,0008	0,0408	1238,8	24,533	221,9	185,9	407,8	1,0773	1,7204	16
17	520,98	0,0008	0,0395	1235,2	25,317	223,3	185,1	408,4	1,0821	1,7200	17
18	537,67	0,0008	0,0383	1231,6	26,121	224,7	184,2	408,9	1,0869	1,7196	18
19	554,76	0,0008	0,0371	1228,0	26,945	226,1	183,3	409,5	1,0917	1,7192	19
20	572,25	0,0008	0,0360	1224,4	27,791	227,5	182,5	410,0	1,0964	1,7189	20
21	590,16	0,0008	0,0349	1220,7	28,659	228,9	181,6	410,5	1,1012	1,7185	21
22	608,49	0,0008	0,0338	1217,0	29,549	230,4	180,7	411,0	1,1060	1,7182	22
23	627,25	0,0008	0,0328	1213,3	30,462	231,8	179,8	411,6	1,1107	1,7178	23
24	646,44	0,0008	0,0318	1209,6	31,399	233,2	178,9	412,1	1,1155	1,7175	24
25	666,06	0,0008	0,0309	1205,9	32,359	234,6	178,0	412,6	1,1202	1,7171	25
26	686,13	0,0008	0,0300	1202,1	33,344	236,1	177,0	413,1	1,1250	1,7168	26
27	706,66	0,0008	0,0291	1198,3	34,354	237,5	176,1	413,6	1,1297	1,7165	27
28	727,64	0,0008	0,0283	1194,4	35,389	238,9	175,2	414,1	1,1345	1,7161	28
29	749,04	0,0008	0,0274	1190,6	36,451	240,4	174,2	414,6	1,1392	1,7158	29
30	771,02	0,0008	0,0266	1186,7	37,540	241,8	173,3	415,1	1,1439	1,7155	30
31	793,43	0,0008	0,0259	1182,8	38,657	243,3	172,3	415,6	1,1487	1,7151	31
32	816,28	0,0008	0,0251	1178,8	39,802	244,8	171,3	416,1	1,1534	1,7148	32
33	839,66	0,0009	0,0244	1174,9	40,975	246,2	170,3	416,6	1,1581	1,7145	33
34	863,53	0,0009	0,0237	1170,8	42,179	247,7	169,3	417,0	1,1628	1,7142	34
35	887,91	0,0009	0,0230	1166,8	43,413	249,2	168,3	417,5	1,1676	1,7138	35
36	912,80	0,0009	0,0224	1162,7	44,679	250,6	167,3	418,0	1,1723	1,7135	36
37	938,20	0,0009	0,0218	1158,6	45,977	252,1	166,3	418,4	1,1770	1,7132	37
38	964,14	0,0009	0,0211	1154,5	47,308	253,6	165,3	418,9	1,1817	1,7129	38
39	990,60	0,0009	0,0205	1150,3	48,672	255,1	164,2	419,3	1,1864	1,7125	39
40	1017,61	0,0009	0,0200	1146,1	50,072	256,6	163,2	419,8	1,1912	1,7122	40
41	1045,16	0,0009	0,0194	1141,9	51,508	258,1	162,1	420,2	1,1959	1,7119	41
42	1073,26	0,0009	0,0189	1137,6	52,980	259,6	161,0	420,6	1,2006	1,7115	42
43	1101,93	0,0009	0,0184	1133,3	54,490	261,1	159,9	421,1	1,2053	1,7112	43
44	1131,16	0,0009	0,0178	1128,9	56,040	262,7	158,8	421,5	1,2101	1,7108	44
45	1161,01	0,0009	0,0174	1124,5	57,630	264,2	157,7	421,9	1,2148	1,7105	45
46	1191,41	0,0009	0,0169	1120,0	59,261	265,7	156,6	422,3	1,2195	1,7101	46
47	1222,41	0,0009	0,0164	1115,6	60,934	267,3	155,4	422,7	1,2242	1,7097	47
48	1253,95	0,0009	0,0160	1111,0	62,652	268,8	154,3	423,1	1,2290	1,7093	48
49	1286,17	0,0009	0,0155	1106,4	64,415	270,4	153,1	423,5	1,2337	1,7090	49





damptabel
404A

SUVA® 404A
verzadigingseigenschappen - temperatuurtablel

Temp. °C	DRUK kPa (abs)		VOLUME m³/kg		DICHTHEID kg/m³		ENTHALPIE kJ/kg			ENTROPIE kJ/kg·K		Temp. °C
	vloeistof p _l	damp p _v	vloeistof v _l	damp v _v	vloeistof l/v _l	damp l/v _v	vloeistof h _l	latent h _v	damp h _v	vloeistof s _l	damp s _v	
-50	85,2	82,1	0,0008	0,2244	1314,1	4,456	133,1	204,2	337,3	0,7318	1,6487	-50
-49	89,5	86,4	0,0008	0,2142	1311,0	4,670	134,4	203,6	338,0	0,7373	1,6475	-49
-48	94,0	90,7	0,0008	0,2045	1308,0	4,891	135,6	203,0	338,6	0,7427	1,6463	-48
-47	98,7	95,3	0,0008	0,1953	1304,9	5,121	136,8	202,4	339,3	0,7482	1,6451	-47
-46	103,5	100,0	0,0008	0,1866	1301,8	5,359	138,1	201,8	339,9	0,7537	1,6440	-46
-45	108,6	104,9	0,0008	0,1784	1298,8	5,605	139,3	201,2	340,6	0,7591	1,6430	-45
-44	113,8	110,1	0,0008	0,1706	1295,7	5,861	140,6	200,6	341,2	0,7645	1,6419	-44
-43	119,2	115,4	0,0008	0,1633	1292,6	6,125	141,8	200,0	341,9	0,7700	1,6409	-43
-42	124,8	120,9	0,0008	0,1563	1289,5	6,399	143,1	199,4	342,5	0,7754	1,6399	-42
-41	130,6	126,6	0,0008	0,1496	1286,4	6,682	144,3	198,8	343,2	0,7808	1,6389	-41
-40	136,7	132,5	0,0008	0,1434	1283,2	6,975	145,6	198,2	343,8	0,7862	1,6380	-40
-39	142,9	138,6	0,0008	0,1374	1280,1	7,278	146,9	197,6	344,5	0,7916	1,6371	-39
-38	149,4	144,9	0,0008	0,1317	1277,0	7,592	148,1	197,0	345,1	0,7970	1,6362	-38
-37	156,1	151,5	0,0008	0,1263	1273,8	7,916	149,4	196,3	345,8	0,8024	1,6353	-37
-36	163,0	158,3	0,0008	0,1212	1270,7	8,250	150,7	195,7	346,4	0,8077	1,6345	-36
-35	170,1	165,3	0,0008	0,1163	1267,5	8,595	152,4	194,6	347,0	0,8150	1,6337	-35
-34	177,5	172,6	0,0008	0,1117	1264,4	8,951	153,7	194,0	347,7	0,8203	1,6330	-34
-33	185,2	180,1	0,0008	0,1073	1261,2	9,319	155,0	193,4	348,3	0,8256	1,6322	-33
-32	193,0	187,8	0,0008	0,1031	1258,0	9,698	156,3	192,7	349,0	0,8309	1,6315	-32
-31	201,2	195,8	0,0008	0,0991	1254,9	10,090	157,5	192,1	349,6	0,8362	1,6308	-31
-30	209,5	204,1	0,0008	0,0953	1251,7	10,492	159,9	190,3	350,3	0,8460	1,6301	-30
-29	218,2	212,5	0,0008	0,0917	1248,5	10,906	161,2	189,7	350,9	0,8512	1,6295	-29
-28	227,0	221,3	0,0008	0,0882	1245,3	11,332	162,5	189,1	351,5	0,8563	1,6289	-28
-27	236,2	230,3	0,0008	0,0849	1242,2	11,772	163,7	188,4	352,2	0,8615	1,6283	-27
-26	245,7	239,7	0,0008	0,0818	1239,0	12,225	165,0	187,8	352,8	0,8667	1,6277	-26
-25	255,4	249,3	0,0008	0,0788	1235,8	12,692	166,3	187,1	353,4	0,8718	1,6271	-25
-24	265,4	259,2	0,0008	0,0759	1232,5	13,174	167,6	186,5	354,0	0,8769	1,6265	-24
-23	275,8	269,4	0,0008	0,0732	1229,3	13,669	168,9	185,8	354,7	0,8821	1,6260	-23
-22	286,4	279,9	0,0008	0,0705	1226,1	14,180	170,2	185,1	355,3	0,8872	1,6255	-22
-21	297,4	290,7	0,0008	0,0680	1222,8	14,705	171,5	184,4	355,9	0,8924	1,6250	-21
-20	308,7	301,8	0,0008	0,0656	1219,6	15,246	172,8	183,8	356,5	0,8975	1,6245	-20
-19	320,3	313,3	0,0008	0,0633	1216,3	15,803	174,1	183,1	357,1	0,9026	1,6240	-19
-18	332,2	325,1	0,0008	0,0611	1213,1	16,376	175,4	182,4	357,8	0,9078	1,6235	-18
-17	344,5	337,2	0,0008	0,0589	1209,8	16,966	176,7	181,7	358,4	0,9129	1,6231	-17
-16	357,1	349,7	0,0008	0,0569	1206,5	17,572	178,0	180,9	359,0	0,9180	1,6226	-16
-15	370,1	362,5	0,0008	0,0550	1203,2	18,196	179,4	180,2	359,6	0,9231	1,6222	-15
-14	383,4	375,7	0,0008	0,0531	1199,8	18,838	180,7	179,5	360,2	0,9282	1,6218	-14
-13	397,1	389,2	0,0008	0,0513	1196,5	19,498	182,1	178,7	360,8	0,9334	1,6214	-13
-12	411,1	403,1	0,0008	0,0496	1193,2	20,177	183,4	178,0	361,4	0,9385	1,6210	-12
-11	425,6	417,4	0,0008	0,0479	1189,8	20,875	184,7	177,2	362,0	0,9436	1,6206	-11
-10	440,4	432,1	0,0008	0,0463	1186,4	21,593	186,1	176,5	362,6	0,9487	1,6202	-10
-9	455,6	447,2	0,0008	0,0448	1183,0	22,331	187,5	175,7	363,2	0,9538	1,6198	-9
-8	471,2	462,6	0,0008	0,0433	1179,6	23,089	188,8	174,9	363,8	0,9589	1,6195	-8
-7	487,2	478,5	0,0009	0,0419	1176,1	23,868	190,2	174,1	364,3	0,9641	1,6191	-7
-6	503,6	494,7	0,0009	0,0405	1172,7	24,669	191,6	173,3	364,9	0,9692	1,6188	-6
-5	520,5	511,4	0,0009	0,0392	1169,2	25,492	193,0	172,5	365,5	0,9743	1,6184	-5
-4	537,7	528,5	0,0009	0,0380	1165,7	26,338	194,4	171,7	366,1	0,9794	1,6181	-4
-3	555,4	546,1	0,0009	0,0368	1162,2	27,207	195,8	170,9	366,6	0,9846	1,6178	-3
-2	573,5	564,1	0,0009	0,0356	1158,6	28,100	197,2	170,0	367,2	0,9897	1,6175	-2
-1	592,1	582,5	0,0009	0,0345	1155,1	29,018	198,6	169,2	367,7	0,9948	1,6171	-1
0	611,1	601,3	0,0009	0,0334	1151,5	29,960	200,0	168,3	368,3	1,0000	1,6168	0
1	630,6	620,7	0,0009	0,0323	1147,8	30,928	201,4	167,4	368,9	1,0051	1,6165	1
2	650,6	640,5	0,0009	0,0313	1144,2	31,923	202,9	166,5	369,4	1,0102	1,6162	2
3	671,0	660,7	0,0009	0,0304	1140,5	32,944	204,3	165,7	369,9	1,0154	1,6159	3
4	691,9	681,5	0,0009	0,0294	1136,8	33,994	205,7	164,7	370,5	1,0205	1,6156	4
5	713,3	702,7	0,0009	0,0285	1133,0	35,072	207,2	163,8	371,0	1,0257	1,6153	5
6	735,1	724,5	0,0009	0,0276	1129,2	36,179	208,6	162,9	371,5	1,0308	1,6150	6
7	757,5	746,7	0,0009	0,0268	1125,4	37,316	210,1	162,0	372,1	1,0360	1,6147	7
8	780,4	769,5	0,0009	0,0260	1121,6	38,485	211,6	161,0	372,6	1,0412	1,6144	8
9	803,8	792,7	0,0009	0,0252	1117,7	39,685	213,1	160,0	373,1	1,0464	1,6141	9



damptabel
404A

SUVA® 404A												
verzadigingseigenschappen - temperatuurtabel												
Temp. °C	DRUK kPa (abs)		VOLUME m³/kg		DICHTHEID kg/m³		ENTHALPIE kJ/kg			ENTROPIE kJ/kg·K		Temp. °C
	vloeistof P _l	damp P _v	vloeistof v _l	damp v _v	vloeistof l/v _l	damp l/v _v	vloeistof h _l	latent h _v	damp h _v	vloeistof s _l	damp s _v	
10	827,8	816,5	0,0009	0,0244	1113,7	40,917	214,5	159,1	373,6	1,0515	1,6138	10
11	852,2	840,8	0,0009	0,0237	1109,8	42,184	216,0	158,1	374,1	1,0567	1,6135	11
12	877,2	865,7	0,0009	0,0230	1105,7	43,485	217,5	157,0	374,6	1,0619	1,6132	12
13	902,8	891,1	0,0009	0,0223	1101,7	44,821	219,1	156,0	375,1	1,0671	1,6129	13
14	928,9	917,1	0,0009	0,0216	1097,5	46,194	220,6	155,0	375,6	1,0723	1,6126	14
15	955,6	943,6	0,0009	0,0210	1093,4	47,605	222,1	153,9	376,0	1,0776	1,6123	15
16	982,8	970,7	0,0009	0,0204	1089,1	49,055	223,6	152,9	376,5	1,0828	1,6120	16
17	1010,6	998,4	0,0009	0,0198	1084,9	50,545	225,2	151,8	377,0	1,0880	1,6116	17
18	1039,0	1026,7	0,0009	0,0192	1080,5	52,076	226,7	150,7	377,4	1,0933	1,6113	18
19	1068,1	1055,6	0,0009	0,0186	1076,1	53,650	228,3	149,6	377,9	1,0985	1,5110	19
20	1097,7	1085,1	0,0009	0,0181	1071,7	55,267	229,9	148,4	378,3	1,1038	1,6106	20
21	1127,9	1115,2	0,0009	0,0176	1067,2	56,930	231,5	147,3	378,7	1,1091	1,6103	21
22	1158,7	1145,9	0,0009	0,0171	1062,6	58,640	233,0	146,1	379,2	1,1144	1,6099	22
23	1190,2	1177,2	0,0009	0,0166	1057,9	60,398	234,6	144,9	379,6	1,1197	1,6095	23
24	1222,3	1209,2	0,0009	0,0161	1053,2	62,206	236,3	143,7	380,0	1,1250	1,6091	24
25	1255,0	1241,8	0,0010	0,0156	1048,4	64,066	237,9	142,5	380,4	1,1304	1,6087	25
26	1288,4	1275,1	0,0010	0,0152	1043,5	65,980	239,5	141,3	380,8	1,1357	1,6083	26
27	1322,5	1309,1	0,0010	0,0147	1038,5	67,949	241,2	140,0	381,1	1,1411	1,6079	27
28	1357,2	1343,7	0,0010	0,0143	1033,5	69,975	242,8	138,7	381,5	1,1465	1,6075	28
29	1392,6	1379,0	0,0010	0,0139	1028,3	72,062	244,5	137,4	381,9	1,1519	1,6070	29
30	1428,7	1415,0	0,0010	0,0135	1023,1	74,210	246,2	136,1	382,2	1,1574	1,6065	30
31	1465,4	1451,7	0,0010	0,0131	1017,8	76,422	247,9	134,7	382,6	1,1628	1,6060	31
32	1502,9	1489,1	0,0010	0,0127	1012,3	78,702	249,6	133,3	382,9	1,1683	1,6055	32
33	1541,1	1527,2	0,0010	0,0123	1006,8	81,050	251,3	131,9	383,2	1,1738	1,6050	33
34	1580,0	1566,0	0,0010	0,0120	1001,1	83,472	253,0	130,5	383,5	1,1793	1,6044	34
35	1619,7	1605,6	0,0010	0,0116	995,4	85,968	254,8	129,0	383,8	1,1848	1,6038	35
36	1660,1	1645,9	0,0010	0,0113	989,5	88,543	256,5	127,5	384,1	1,1904	1,6032	36
37	1701,2	1687,0	0,0010	0,0110	983,5	91,201	258,3	126,0	384,3	1,1960	1,6026	37
38	1743,1	1728,8	0,0010	0,0106	977,4	93,944	260,1	124,5	384,6	1,2016	1,6019	38
39	1785,8	1771,4	0,0010	0,0103	971,1	96,777	261,9	122,9	384,8	1,2073	1,6012	39
40	1829,2	1814,8	0,0010	0,0100	964,7	99,704	263,8	121,3	385,0	1,2130	1,6005	40
41	1873,4	1859,0	0,0010	0,0097	958,2	102,730	265,6	119,6	385,2	1,2187	1,5998	41
42	1918,4	1904,0	0,0011	0,0094	951,5	105,860	267,5	117,9	385,4	1,2245	1,5990	42
43	1964,2	1949,8	0,0011	0,0092	944,6	109,098	269,4	116,2	385,6	1,2303	1,5981	43
44	2010,8	1996,4	0,0011	0,0089	937,6	112,452	271,3	114,4	385,7	1,2362	1,5973	44
45	2058,3	2043,9	0,0011	0,0086	930,4	115,926	273,2	112,6	385,8	1,2421	1,5964	45
46	2106,6	2092,2	0,0011	0,0084	923,0	119,529	275,1	110,8	385,9	1,2480	1,5954	46
47	2155,7	2141,3	0,0011	0,0081	915,5	123,267	277,1	108,9	386,0	1,2540	1,5944	47
48	2205,6	2191,3	0,0011	0,0079	907,7	127,150	279,1	107,0	386,1	1,2600	1,5933	48
49	2256,5	2242,2	0,0011	0,0076	899,7	131,185	281,1	105,0	386,1	1,2662	1,5922	49



