

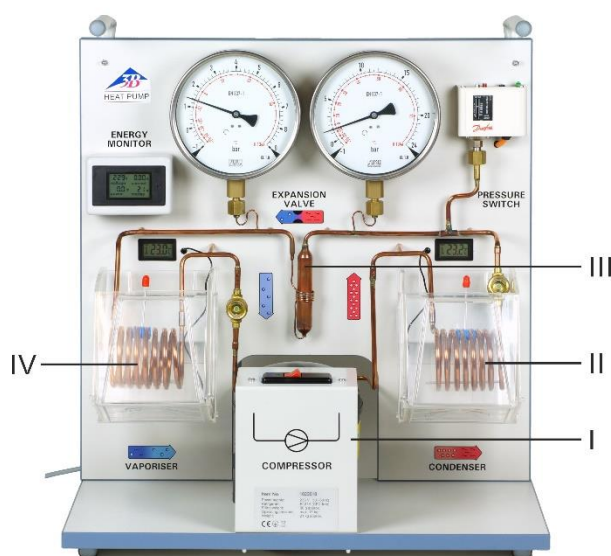
Bomba de calor D

230 V, 50/60 Hz 1022618

115 V, 50/60 Hz 1022619

Instruções de operação

03/20 JS/ALF/GH



- I Compressor
- II Liquefator
- III Válvula de expansão
- IV Vaporizador

1. Descrição

A bomba de calor D serve para a representação observável do modo de funcionamento de uma geladeira, ou seja, de uma bomba elétrica de calor por compressão.

Os componentes compressor, condensador, válvula de expansão e evaporador são montados numa placa de base e, graças à sua disposição clara, podem ser directamente ligados à sequência de mudanças de estado no ciclo da bomba de calor. O vaporizador e o liquefator são formados em espirais de tubos de cobre e mergulham em cada um dos recipientes, que foi destinado como reservatório para a determinação do calor absorvido, respectivamente, transmitido. Dois termômetros digitais permitem a necessária medição de temperatura para isto nos dois recipientes de água.

Para poder observar a condição agregada do meio de trabalho, a bomba de calor é equipada

com um vidro de observação no verso do vaporizador e no verso do liquefator. Dois grandes manômetros indicam a pressão tanto antes como após da válvula de expansão. Integrado a conexão de alimentação de tensão de rede existe um medidor de energia digital para a determinação da duração de operação, da tensão de rede, do recebimento atual de rendimento e do trabalho elétrico. Um interruptor de proteção contra pressão excessiva separa a bomba de calor da rede, em caso de uma pressão excessiva de 15 bar.

A bomba de calor D é fornecida em duas versões:

1022618	230V (±10 %), 50 Hz
1022619	115V (±10 %), 60 Hz .

2. Indicações de segurança

A bomba de calor D conforma-se às regulamentações de segurança segundo DIN EN 61010 Parte 1 e é construída conforme a classe de segurança I. Está previsto para ser operada em ambiente seco e é apropriado para meios de operação elétricos.

Caso for utilizado conforme as indicações operacionais de segurança, está garantida a operação segura do aparelho. Esta segurança não estará garantida caso o aparelho seja operado de modo incorreto ou sem os necessários cuidados.

Caso seja determinado que um funcionamento sem perigo não seja mais possível (por exemplo, em caso de danificação do aparelho), deve-se imediatamente deixar de utilizar o mesmo.

Em escolas ou centros de formação a operação do aparelho deve ocorrer sob a responsabilidade de pessoas preparadas para a operação do aparelho.

- Antes da primeira utilização deve-se verificar se a tensão de rede impressa coincide com a tensão de rede e condições de fornecimento locais.
- Antes de conectar a bomba de calor à rede elétrica, controlar se esta e a conexão à rede estão livres de danos ou defeitos funcionais, e caso sejam observados disfunções ou danos visíveis, desligar imediatamente o aparelho e garantir que não seja operado por acidente.
- Só conectar a bomba de calor em tomada com condutor de proteção aterrado.

Perigo de sobreaquecimento: O compressor da bomba de calor aquece muito durante a operação.

- Não se deve impedir a circulação livre do ar em volta do compressor.
- Não se deve isolar termicamente ao compressor.
- Efetuar um 'reset' do interruptor de excesso de pressão o mais cedo após 10 min. da sua reação.
- O meio de trabalho na bomba de calor também se encontra baixa pressão excessiva com o compressor desligado.
- Transportar o aparelho somente com as asas de carga.
- Em nenhum caso torcer, nem danificar as linhas de cobre.

O meio de trabalho não deve chegar ao compressor na fase líquida, porque este seria sobrecarregado.

O lubrificante de dentro do compressor não pode chegar à circulação de esfriamento.

- Armazenar, transportar e operar a bomba de calor sempre na vertical.
- Antes de operar o aparelho deixar-lo parado verticalmente por pelo menos 7 horas, no caso que for virado.
- Enviar a bomba de calor somente na posição vertical na caixa original sobre o pálete descartável.

3. Componentes

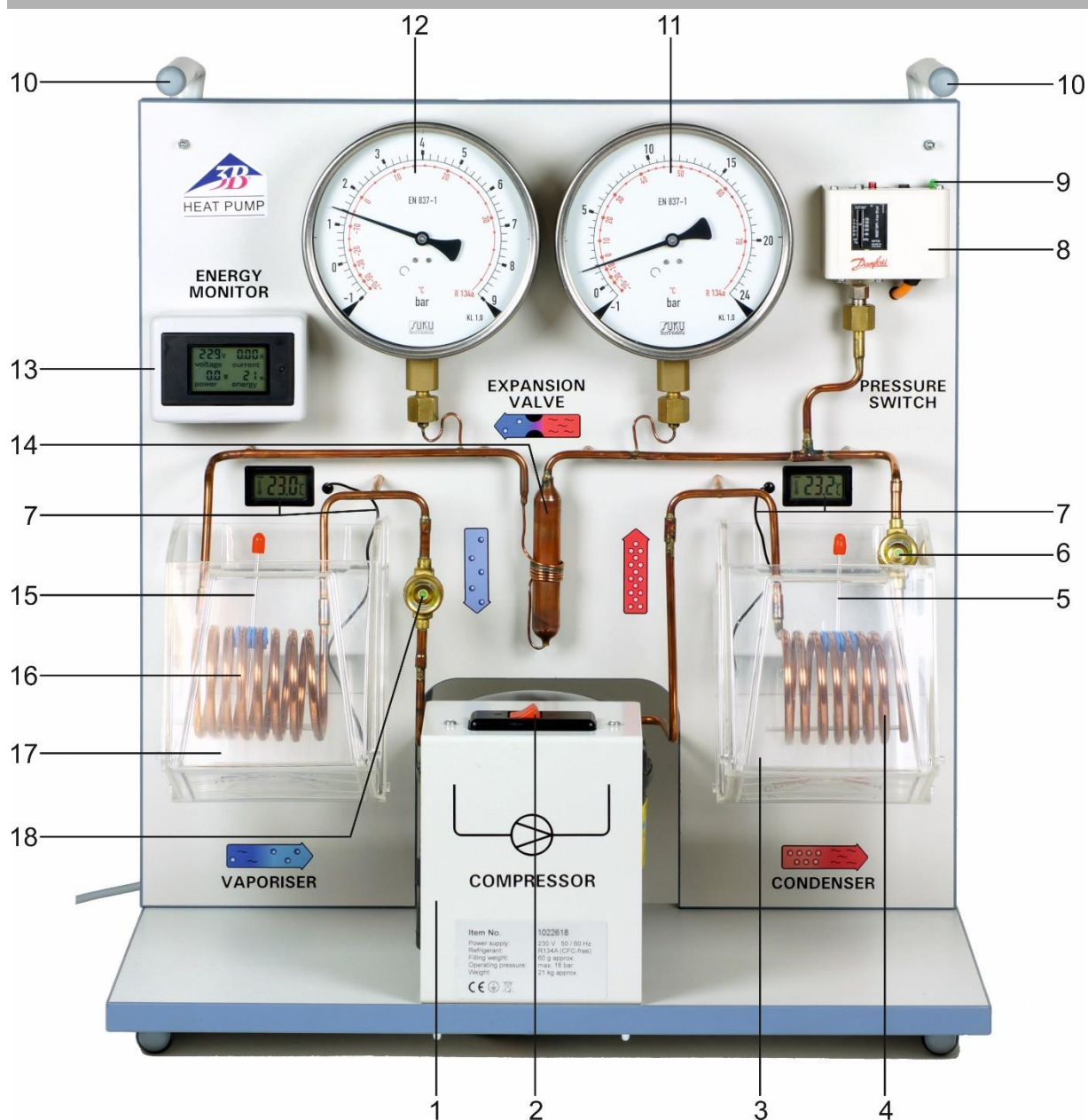


Fig. 1 Componentes da bomba de calor

- | | |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1 Compressor | 11 Manômetro do lado de alta pressão |
| 2 Interruptor para o compressor | 12 Manômetro do lado de baixa pressão |
| 3 Recipiente de água em volta do liquefator | 13 Monitor de energia |
| 4 Espiral do liquefator | 14 Válvula de expansão |
| 5 Misturador, do lado do liquefator | 15 Misturador, do lado do vaporizador |
| 6 Vidro de observação, do lado do liquefator | 16 Espiral do vaporizador |
| 7 Termômetro digital com sensor de temperatura | 17 Recipiente de água em volta do vaporizador |
| 8 Interruptor de proteção de pressão excessiva | 18 Vidro de observação, do lado do vaporizador |
| 9 Reset para o interruptor de proteção | Cabo de conexão à rede (no verso) |
| 10 Asas de transporte | |

4. Assessorios

Para a medição de temperatura em várias localidades da linha de cobre presta-se o “sensor de temperatura NTC com pregador de medição” (1021797), porque pode ser pregado com boa transferência de calor diretamente a linha de cobre. Ele é utilizado em conexão com o registrador de dados “VinciLab (1021477)”.

5. Dados técnicos

Potência do compressor:	120 W, dependendo das condições de serviço
Meio de resfriamento:	R 134A (Tetrafluoreteno $C_2H_2F_4$)
Temperatura de ebulição:	-26°C em 1 bar
Reservatórios de temperatura:	cada 2 000 ml
Manômetro:	160 mm Ø, até 9 bar (Lado da baixa pressão, condução de sucção), até 24 bar (lado da alta pressão, condução de pressão)
Interruptor de proteção:	desliga em 15 bar
Termômetro:	
Temperatura de medição:	-20°C até 110°C
Resolução:	0,1°C
Precisão:	±1°C
Intervalo de medição:	aprox. de 10 s com duas baterias LR44
Operação:	
Setor de tensão:	115 V, 60 Hz, respect. 230 V, 50 Hz
Dimensões:	750 x 350 x 540 mm ³
Massa:	aprox. 21 kg

6. Utilização

6.1 Encher o recipiente de água

- Encher o recipiente com água e empurrar-lo com o canto baixo para frente embaixo da espiral do vaporizador, respectivamente, da do liquefator.
- Girar o recipiente de água de tal maneira, para que o canto alto indique para a parede traseira.

- Alçar o recipiente de água, inclinar-lo para a parede traseira e pendurar-lo na chapa de suporte.

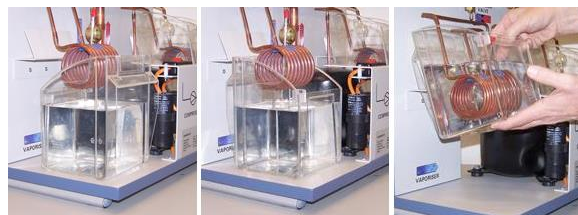


Fig. 3 Colocação do recipiente de água na bomba de calor
esquerda: o recipiente de água com o canto baixo para a bomba de calor
centro: o recipiente de água virado, indicando com o canto baixo para frente
direita: o recipiente de água é pendurado na chapa de suporte

6.2 Operação

- Observar as instruções de segurança no ponto 2.
- Deixar a bomba de calor parada verticalmente por pelo menos 7 horas, antes de operar-la, em caso que ela for virada.
- Encher o depósito de água (ver ponto 6.1)

Indicação: o medidor de energia também funciona com o compressor desligado.

7. Processo circular da bomba de calor

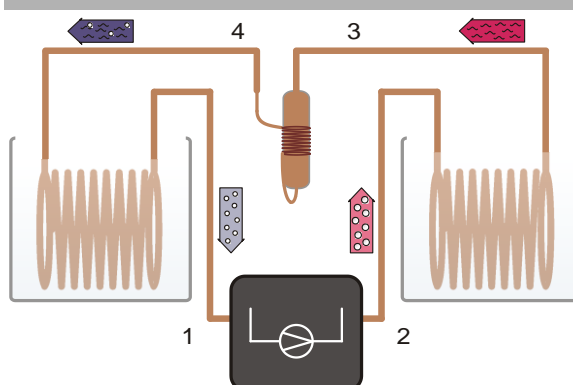


Fig. 4 Representação esquemática da bomba de calor com compressor (1→2), Liquefator (2→3), válvula de expansão (3→4) e vaporizador (4→1)

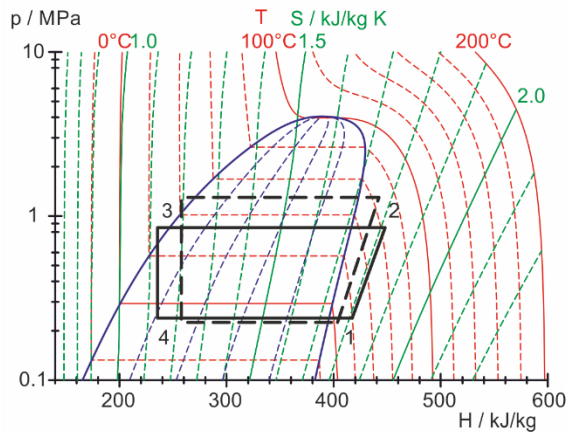


Fig. 5 Representação do processo circular idealizado da bomba de calor no diagrama de Mollier (ver secção 8.2)

O processo circular da bomba de calor idealizado é subdividido em quatro passos: compressão (1→2), liquefação (2→3), expansão estrangulada (3→4) e vaporização (4→1).

Compressão:

O meio de trabalho gasoso é aspirado pelo compressor, sem modificação de entropia ($s_1 = s_2$) comprimido de p_1 para p_2 e nisso é sobre aquecido. A temperatura sobe de T_1 para T_2 . O trabalho mecânico de compressão por cada unidade de massa é $\Delta w = h_2 - h_1$.

Liquefação:

No liquefator o meio de trabalho resfria fortemente e condensa. O calor liberado (Calor de sobreaquecimento e calor de condensação) aquece o reservatório em volta para a temperatura T_2 . Ela monta por unidade de massa a $\Delta q_2 = h_2 - h_3$.

Expansão estrangulada:

O meio de trabalho condensado chega à válvula de expansão, para ali ser estrangulado (quer dizer, sem trabalho mecânico) para ser expandido a uma baixa pressão. Nisso a temperatura também diminui, porque o trabalho contra as forças moleculares de atração tem que ser realizado no meio de trabalho (Efeito de Joule-Thomson). A entalpia mantém-se constante ($h_4 = h_3$).

Vaporização:

No vaporizador o meio de trabalho vaporiza completamente com a recepção de calor. Isto leva ao resfriamento do reservatório em volta para a temperatura T_1 . O calor recebido por unidade de massa é $\Delta q_1 = h_1 - h_4$.

O meio de trabalho vaporizado é aspirado outra vez pelo compressor para uma nova compressão.

Orientação:

O refrigerante expandido evapora e retira calor do reservatório esquerdo.

Sob condições ideais, o sistema de tubulação transporta refrigerante gasoso puro do evaporador através do visor de líquido para o compressor.

À medida que a temperatura da água diminui, a absorção de calor através da serpentina do evaporador diminui e, como resultado, as gotas de refrigerante podem tornar-se visíveis no visor esquerdo.

Isto não tem praticamente nenhuma influência na função da bomba de calor, mas deve ser reduzido ao mínimo através da circulação constante da água.

Para a determinação do coeficiente de desempenho, deve ser utilizada uma janela de temperatura limitada:

Temperatura inicial aprox. 20°C a 25°C, temperatura final no reservatório esquerdo aprox. 10° a 12°C.

8. Exemplos de experiências

8.1 Rendimento do compressor

O rendimento η_{co} do compressor resulta da relação do volume de calor ΔQ_2 , que é fornecida ao reservatório de água quente por cada intervalo de tempo Δt , para o rendimento de impulso P do compressor. Ele diminui com a diferença crescente da temperatura entre o liquefator e o vaporizador.

Para a determinação do rendimento:

- Ligar a bomba de calor à rede elétrica.
- Encher o recipiente de água com 2 l de água cada e inseri-lo na placa de retenção (ver ponto 6.1). Para a medição seguinte, mantenha adicionalmente pelo menos 4 l de água a 20°C pronta.
- Ligue o compressor e deixe-o funcionar durante aproximadamente 10 minutos para que atinja a sua temperatura de funcionamento (o compressor não deve aquecer durante a medição).
- Esvaziar o depósito de água e enchê-lo com água a uma temperatura de 20°C. Reiniciar o contador de energia (ponto 9)
- Ligue o compressor e inicie a temporização (relógio de paragem, smartphone, etc.).
- Durante toda a experiência, mexa sempre bem a água nos recipientes.

- Em intervalos de tempo iguais, observe o tempo de operação, o consumo de energia e a temperatura da água.
- Abortar a medição, a aproximadamente 10°C no reservatório esquerdo.

A partir dos valores medidos, pode ser calculada uma eficiência global para o curso da experiência e uma eficiência parcial para cada intervalo de tempo

$$\eta_{co} = \frac{\Delta Q_2}{P \cdot \Delta t} = \frac{c \cdot m \cdot \Delta T_2}{P \cdot \Delta t}$$

c = capacidade específica de calor da água e
 m = massa da água.

8.2 Representação no diagrama de Mollier

O processo circular idealizado pode-se determinar no diagrama de Mollier através das pressões $p(3)$ e $p(4)$ antes e após da válvula de expansão e a temperatura $T(1)$ antes do compressor:

$T(1)$ e $p(4)$ fixam o ponto 1 no diagrama de Mollier (ver Fig. 5). O ponto de cruzamento das isentrópicas correspondentes com as horizontais $p(3)$ = constante resulta no ponto 2. O ponto de cruzamento das horizontais com a linha de ebulição leva ao ponto 3 e a perpendicular sobre a horizontal $p(4)$ = constante para o ponto 4.

As medições adicionais das temperaturas $T(2)$, $T(3)$, e $T(4)$ dão uma idéia amplificada sobre os processos decorrendo na bomba de calor:

Assim coincide a temperatura $T(4)$ medida externamente, dentro da precisão de medição, com a temperatura lida na escala de temperatura do manômetro correspondente. Esta escala de temperatura se baseia sobre a curva de pressão de vapor do meio de trabalho. Portanto a medição indica que o meio de trabalho atrás da válvula de expansão é uma mistura de líquido e gás.

A temperatura medida externamente $T(3)$ desvia-se em comparação com a temperatura lida do lado de alta pressão do manômetro. Aqui o meio de trabalho não contém nenhuma parte gasosa, senão é completamente líquida.

Para a medição externa de temperatura é recomendável (ver 4. assessórios):

Sensor de temperatura NTC
 com prendedor de medição 1021797
 VinciLab 1021477
 Licença Coach 7

8.3 Grandeza de rendimento teórico

A grandeza teórica de rendimento do processo circular idealizado pode-se calcular das entalpias específicas h_1 , h_2 e h_3 obtidas do diagrama de Mollier:

$$\eta_{th} = \frac{\Delta q_2}{\Delta w} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1}$$

8.4 Fluxo de massa do meio de trabalho

Se as entalpias h_2 e h_3 do processo circular idealizado, assim como o volume de calor ΔQ_2 transferido ao reservatório de água quente por cada intervalo de tempo Δt , são determinados, pode-se estimar o fluxo de massa do meio de trabalho.

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{\Delta Q_2}{\Delta t} \cdot \frac{1}{h_2 - h_3}$$

9. Medidor de energia

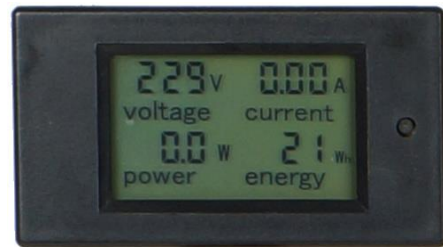


Fig. 6 Medidor de energia

Os seguintes valores podem ser lidos no display do medidor de energia:

Tensão eléctrica	unidade Volt
Corrente Eléctrica	unidade Ampere
Energia eléctrica	unidade Watt
Energia eléctrica	unidade watt-hora

Para repor a energia eléctrica a zero, é necessário premir o botão pequeno à direita do visor com um objecto pontiagudo, como se segue:

- -Segure-o durante cerca de 4 segundos até o valor da energia eléctrica piscar, depois prima-o novamente por breves instantes.

O visor pode ser inclinado para facilitar a leitura.

10. Diagrama de Mollier

Para a representação do processo circular de uma bomba de calor por compressão utiliza-se frequentemente o diagrama de Mollier do meio de trabalho. Nele é anotada a pressão p contra a entalpia específica h do meio de trabalho (a entalpia é uma medida do conteúdo de calor do meio de trabalho, assim em geral ela incrementa com a pressão crescente e com o aumento da parte gasosa).

Fora disso, são indicados os isotérmicos ($T = \text{constante}$) e isentrópicos ($S = \text{constante}$), assim como a parte relativa de massa da fase líquida do meio de trabalho. Na esquerda da assim chamada linha de ebulição o meio de trabalho está completamente condensado. Na direita da assim chamada linha de degelo encontra-se o meio de trabalho como vapor superaquecido e por dentro das duas linhas como mistura de líquido-gás. Ambas as linhas cruzam-se no ponto crítico.

Ver Fig.7 na página 8.

11. Trocar a bateria

- Remover a tampa traseira do termômetro e remova as duas baterias planas.
- Substitua as baterias. Atentar para a polaridade correta.
- Fechar a tampa novamente.
- Em caso de armazenamento prolongado também retirar as baterias.
- Não dispor das baterias descarregadas no lixo caseiro. Devem ser observados os regulamentos legais vigentes (EU: 2006/66/EG).

12. Armazenagem, cuidados e manutenção

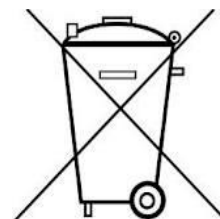
A bomba de calor é livre de manutenção.

- Armazenar a bomba de calor em local limpo, seco e livre de pó.

- Antes da limpeza separar o aparelho da fonte de alimentação.
- Para a limpeza utilizar um pano suave e úmido.

13. Eliminação

- Para eventuais consertos, devolução, etc., a bomba de calor precisa ser enviada na posição vertical na caixa original sobre o pátete descartável. Por isto, não descartar a caixa original nem o pátete descartável.
- Em caso que o próprio aparelho deva ser descartado, então este não pertence ao lixo doméstico normal. É necessário cumprir com a regulamentação local para a eliminação de descarte eletrônico.
- Não dispor das baterias descarregadas no lixo caseiro. Devem ser observados os regulamentos legais vigentes (EU: 2006/66/EG).



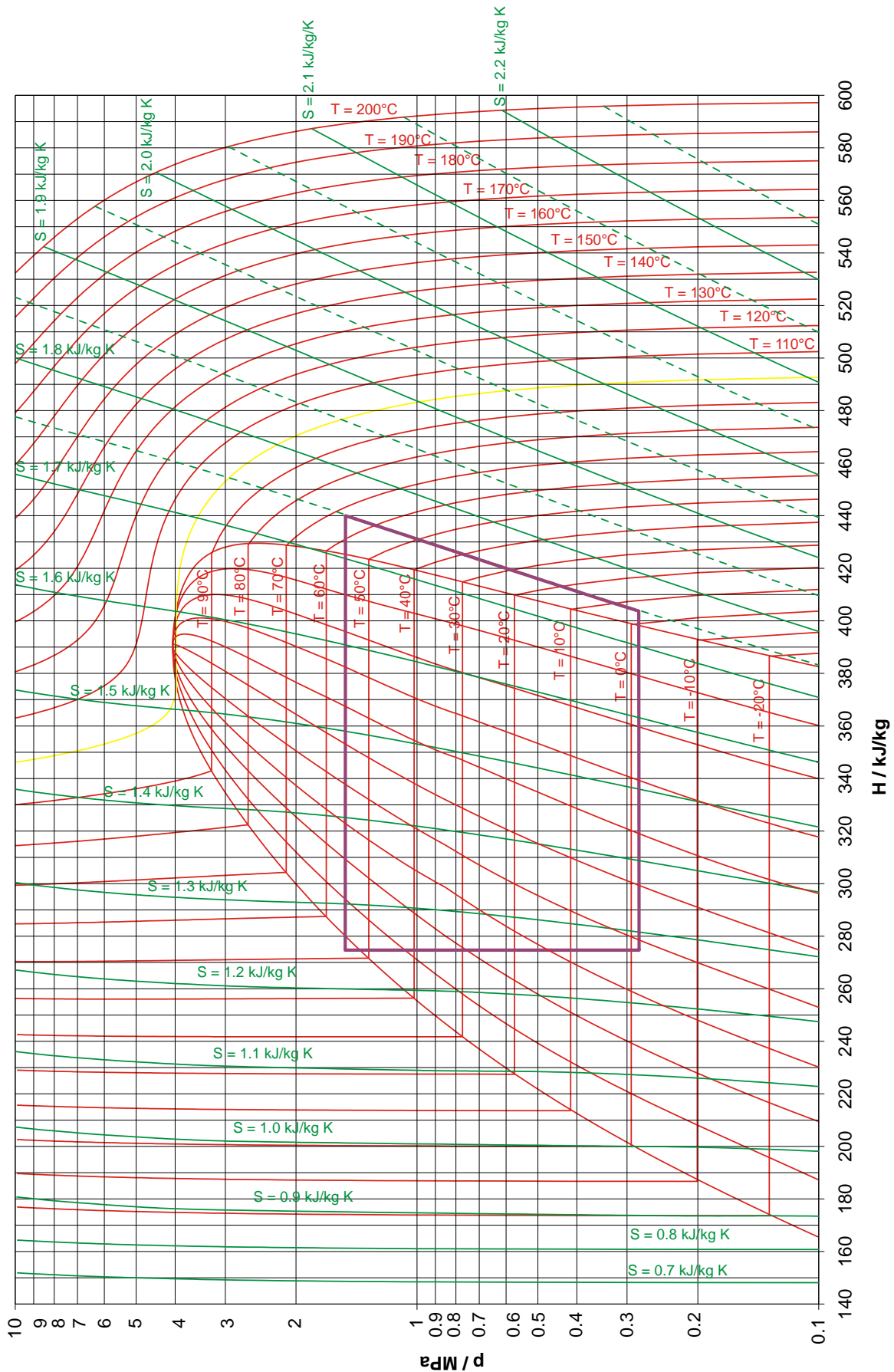


Fig. 7 Diagrama de Mollier