

온도-엔트로피 차트상에서 이상기체에 대한 물성치의 표현

김 덕 진[†]

에너코스

Expression of Ideal Gas Properties on Temperature-Entropy Chart

Deok-Jin Kim[†]

ABSTRACT: T-s chart graphically displays the thermophysical properties, so it is very conveniently used in various thermal systems. In this study, the software drawing 13 kinds of quantity of state on ideal gas properties and analyzing 25 kinds of values in any system was developed. The 13 kinds of quantity of state on ideal gas properties are temperature, pressure, specific volume, specific internal energy, specific enthalpy, specific entropy, specific exergy, exergy ratio, density, isobaric specific heat, isochoric specific heat, ratio of specific heat, and velocity of sound. The developed software can draw any range of chart and analysis any state or process on ideal gas system. Also, this supports various document-editing functions such as MS-power point. We wish to this chart is a help to design, analysis, and education in energy system field.

Key words: T-s chart(온도-엔트로피 선도), Property(물성치), Ideal gas(이상기체)

1. 서 론

이상기체의 열역학적 물성치는 공기, 물과 더불어 수치적으로 잘 파악되어 있다. 그 수치적 값들을 T-s 차트에 표현한다면, 각 물성치의 특성을 그래픽적으로 이해할 수 있고, 열적 시스템의 운전상태를 차트상에 쉽게 표현할 수 있다.

선행연구에서 물의 T-s 선도상에 26 종류의 물성치 표현⁽¹⁾, 공기의 T-s 선도상에 13 종류의 물성치 표현⁽²⁾, 증수의 T-s 선도상에 24 종류의 물성치 표현⁽³⁾, 그리고 습공기 선도상에 20 종류의 물성치 표현⁽⁴⁾을 수행할 수 있는 소프트웨어를 개발한 바 있다.

현재, 전세계적으로 이상기체에 대한 T-s 선도를 자유롭게 작도할 수 있고, 시스템 해석을 수

행하고 그 결과를 T-s 선도 상에 출력하는 소프트웨어는 아직 개발되지 않았다. 이에, 본 연구의 목적은 이상기체의 T-s 선도 상에 13 종류의 상태량을 그래픽적으로 전산화하고, 각 상태량의 특징을 선도 상으로 파악하는데 있다.

개발된 차트는 이상기체의 상태량을 모두 표현하고 있으며, 25 종류의 시스템 값을 열역학 제 1법칙과 제 2법칙적으로 해석할 수 있다. 또한 파워포인트와 같은 문서편집기능을 지원하고 있다. 이 전산화된 차트는 연구소, 산업계, 교육기관 등에서 편리하게 활용될 수 있을 것이다.

2. 물성치 계산 수식

개발된 차트에서 적용한 정압비열은 Daubert와 Danner이 제시한 다항식⁽⁵⁾을 적용하였으며, 이상기체의 물성치는 다음과 같이 구할 수 있다.

비체적 v 은 단위질량당 물체가 차지하는 부피이다. 이것은 이상기체 상태방정식으로부터 다음

[†] Corresponding author

Tel.: +82-61-793-2730; fax: +82-61-794-2730

E-mail address: enecos@hotmail.com

과 같이 구할 수 있다.

$$v = RT/P \quad (1)$$

여기서 R 은 기체상수이다.

엔탈피 h 는 계의 내부 에너지와 계가 외부에 한 일에 해당하는 에너지 즉, 부피와 압력의 곱의 합으로 정의되며, 정압비열로부터 다음과 같이 구할 수 있다.

$$h = \frac{\bar{h}}{M} = \frac{1}{M} \int_{T_{ref}}^T \bar{C}_P dT \quad (2)$$

여기서 M 은 분자량, C_P 는 정압비열이다.

엔트로피 s 는 열의 이동과 더불어 유효하게 이용할 수 있는 에너지의 감소 정도 또는 무효에너지의 증가 정도를 나타내는 상태량이며 다음의 수식으로부터 구할 수 있다.

$$s = \frac{1}{M} \left[\int_{T_{ref}}^T \frac{\bar{C}_P}{T} dT - \bar{R} \ln \frac{P}{P_{ref}} + \bar{s}_f \right] \quad (3)$$

3. T-s 선도 작도 및 검토

물성치 값은 25°C, 1 bar를 기준으로 하였으며, 차트상의 25°C, 1 bar 상태에서의 엔트로피 값은 식(3)의 s_f 값으로서, 절대 엔트로피 값이다.

개발된 차트는 13 종류의 물성치를 표현해 주지만, 본 논문의 지면상에 모두 표현하기는 한계가 있으므로, 온도 $T(^{\circ}\text{C})$, 압력 $P(\text{bar})$, 비체적 $v(\text{m}^3/\text{kg})$, 엔탈피 $h(\text{kJ}/\text{kg})$, 엔트로피 $s(\text{kJ}/\text{kg}^{\circ}\text{C})$, 정압비열 $C_P(\text{kJ}/\text{kg}^{\circ}\text{C})$ 만을 출력하였다. 또한 54 종류의 기체 중에서 주요한 24 종류만을 Fig. 1 부터 Fig. 24까지 출력하였다.

위의 차트 중에서 특징적인 차트는 Fig. 3의 수소 차트이다. 엔트로피, 엔탈피, 정압비열이 다른 차트상의 기체보다 월등히 높음을 볼 수 있다. 이 차트에서 정압비열 14.5와 14.6에서의 증가량이 그 전체적인 증가량보다 월등히 큰 것을 볼 수 있다. 즉 수소의 고유 특성일 수도 있으나, 이 구간의 신뢰성을 위해 실험 또는 수치적 다항식의 재검토가 필요할 것으로 여겨진다.

4. 결론

이상기체에 대한 T-s 선도 작도 소프트웨어는 전세계적으로 아직 개발되지 않았다. 이에 본 연구에서는 13 종류의 상태값을 표현하고, 더 나아가 열역학 제 1법칙 그리고 제 2법칙적으로 12 종류의 시스템 값을 해석할 수 있는 전산화된 T-s 선도를 개발하였으며, 총 54 종류의 이상기체를 해석할 수 있다.

본 차트의 사용자에게는 이상기체의 물성치적 특성을 이해하는 데 도움을 줄 수 있을 것으로 그리고 전산코드 개발자들에게는 개발된 전산코드의 신뢰성을 용이하게 파악할 수 있는 수단이 될 것으로 판단한다.

향후, 다양한 유체에 대해 물성치의 전산코드 및 시스템 해석을 전산화하여, 사용자에게 편의성을 제공하는 소프트웨어를 개발할 예정이다.

참고 문헌

1. Kim, D. J., 2008, Program development for drawing of 26 properties and system analysis on T-s diagram of water or vapor, Proceedings of the SAREK Winter Annual Conference, pp. 157-164.
2. Kim, D. J. and Kim, D. B., 2009, Plotting of 13 kinds of properties on temperature-entropy chart of air, Proceedings of the SAREK Summer Annual Conference, pp. 1191-1196.
3. Kim, D. J., 2009, Software development for drawing of 24 properties and system analysis on T-s diagram of heavy water, Proceedings of the SAREK Winter Annual Conference, pp. 776-781.
4. Kim, D. J., 2009, Drawing of twenty kinds of state and process values on psychrometric chart, Proceedings of the KSME Fall Annual Meeting, pp. 1877-1822.
5. Kim, D. J., 2010, Comprehension of exergy on the T-s chart of steam, Proceedings of the SAREK Summer Annual Conference, pp. 14-19.
6. Daubert, T. E. and Danner, R. P., 1991, Physical and thermodynamic properties of pure chemicals, data compilation, Design Institute for Physical Property Data American Institute of Chemical Engineers, Hemisphere.

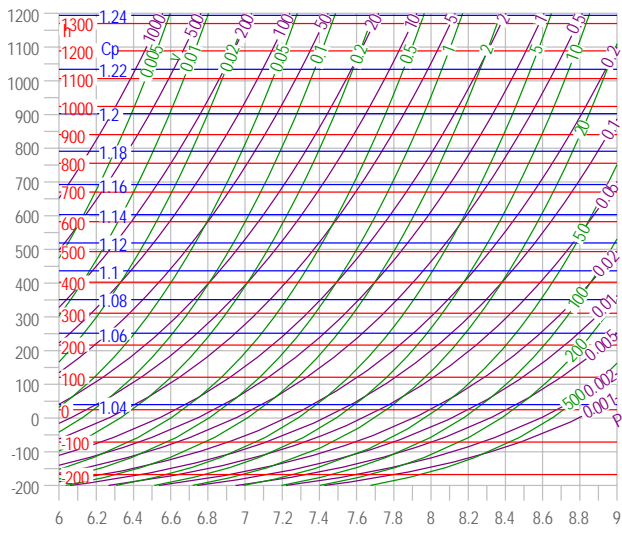


Fig. 1 Nitrogen N_2 .

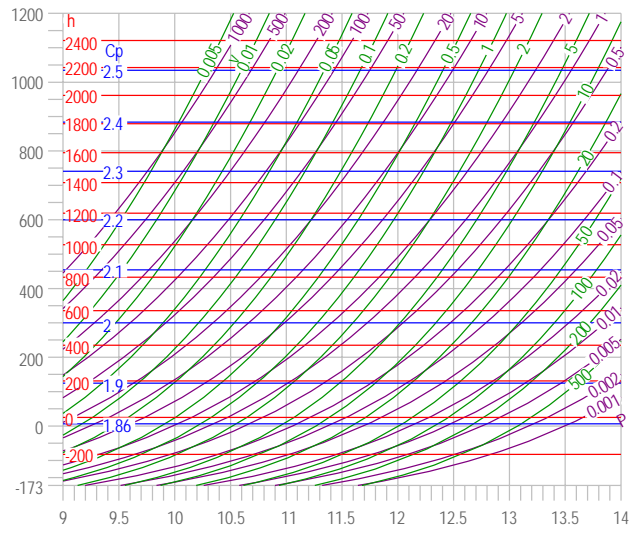


Fig. 2 Water H_2O .

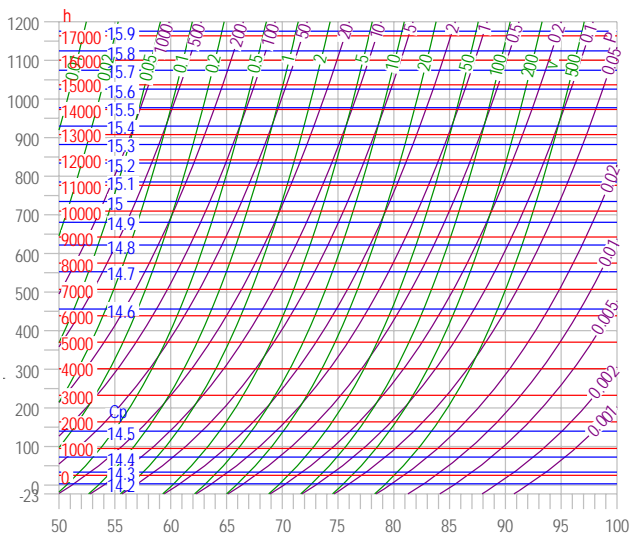


Fig. 3 Hydrogen H_2 .

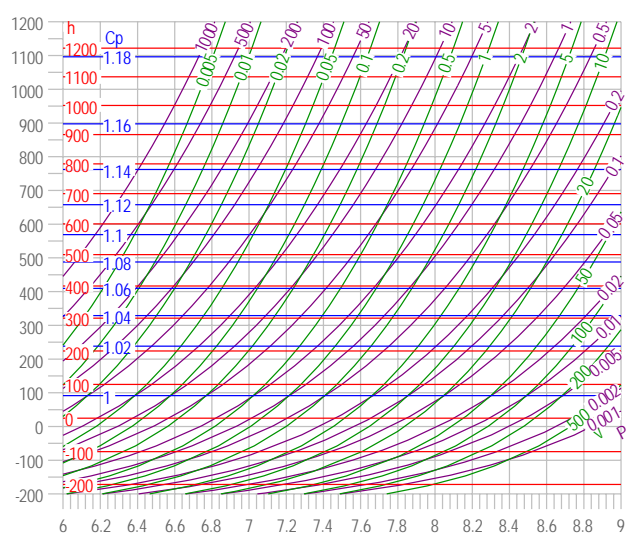


Fig. 4 Nitrogen Monoxide NO .

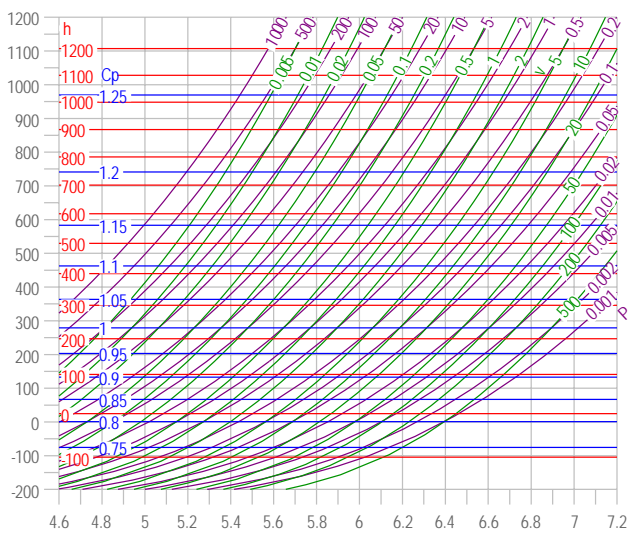


Fig. 5 Nitrogen Dioxide NO_2 .

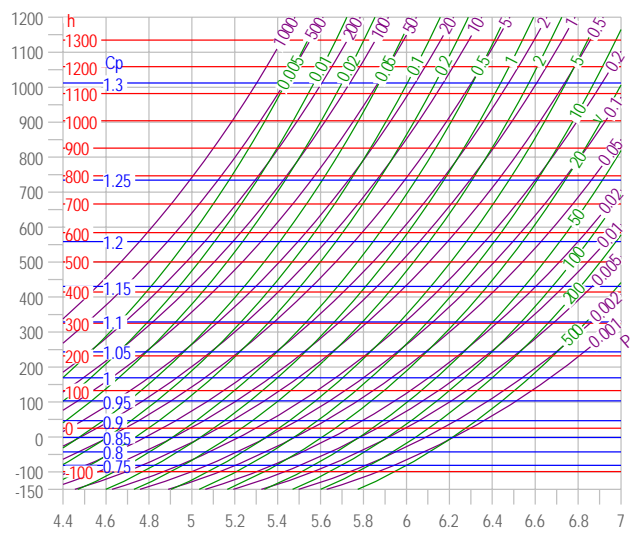


Fig. 6 Dinitrogen Monoxide N_2O .

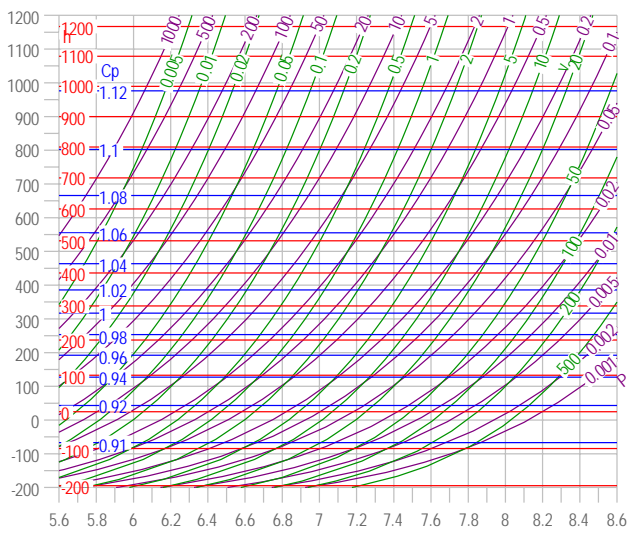


Fig. 7 Oxygen O₂.

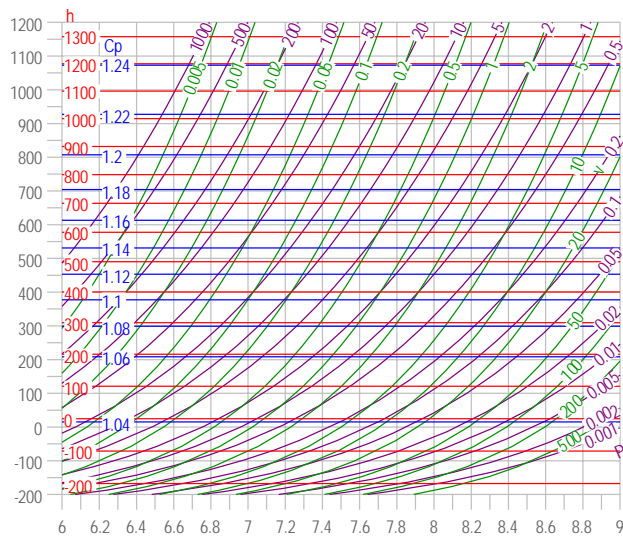


Fig. 8 Carbon Monoxide CO.

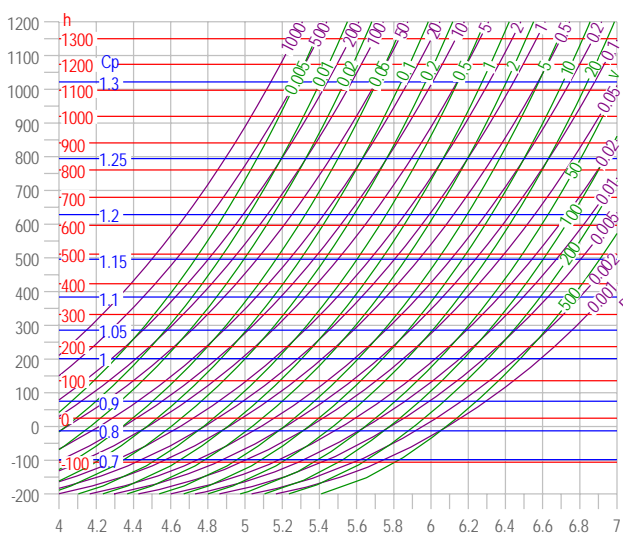


Fig. 9 Carbon Dioxide CO₂.

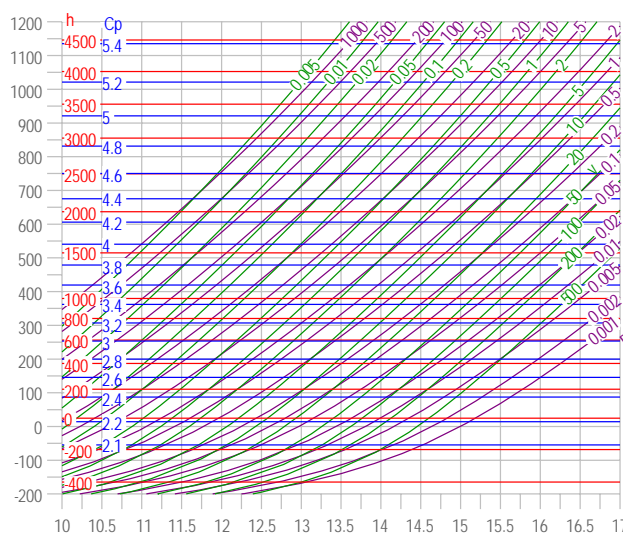


Fig. 10 Methan CH₄.

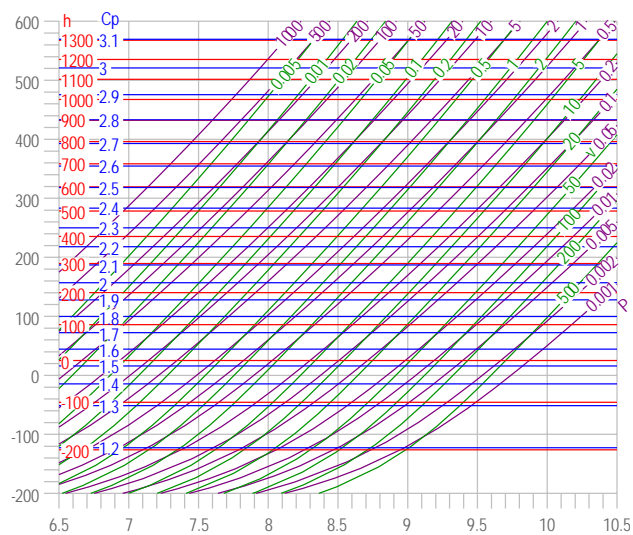


Fig. 11 Ethylene C₂H₄.

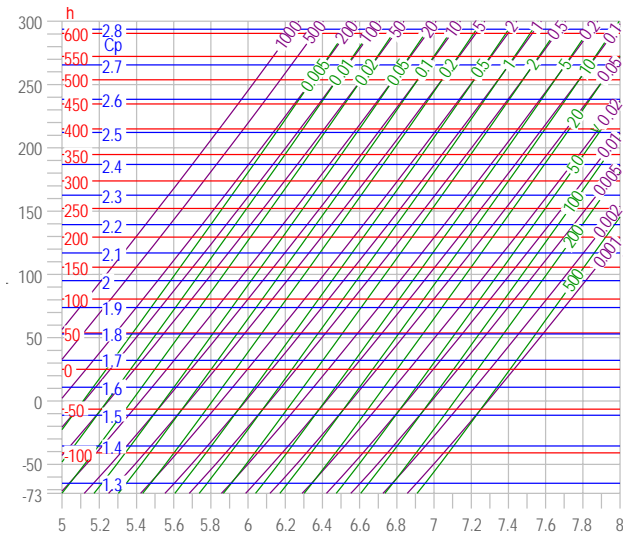


Fig. 12 Propane C₃H₈.

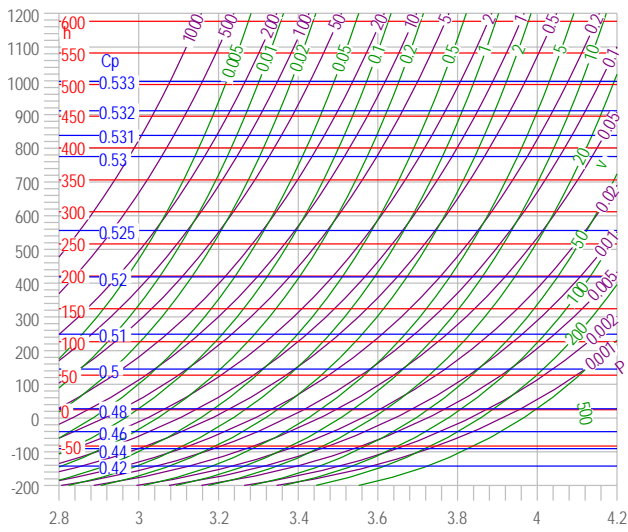


Fig. 13 Chlorine Cl_2 .

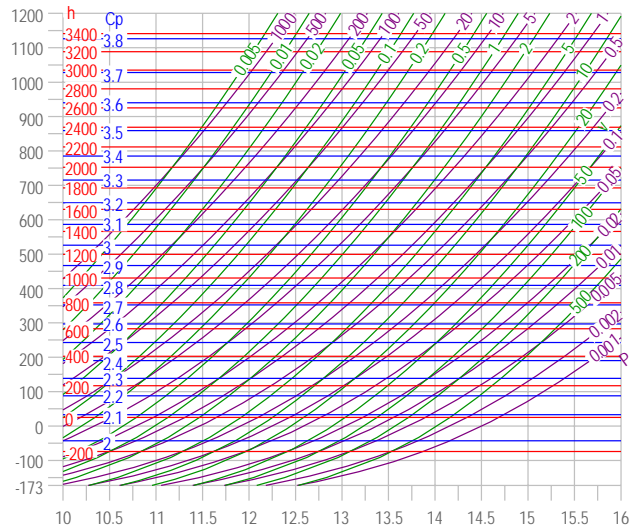


Fig. 14 Ammonia NH_3 .

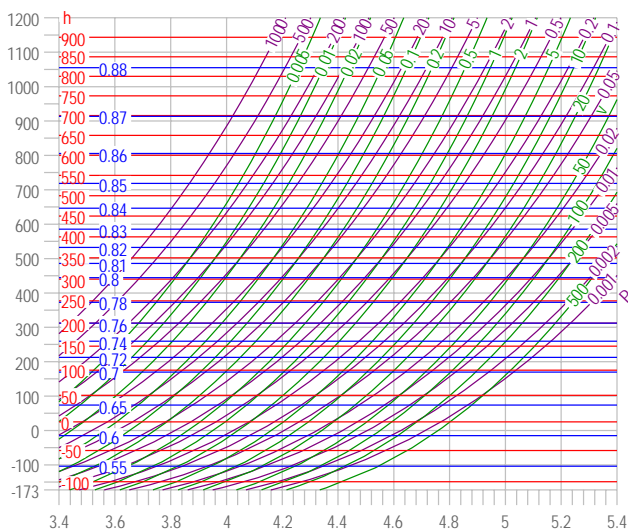


Fig. 15 Sulfur Dioxide SO_2 .

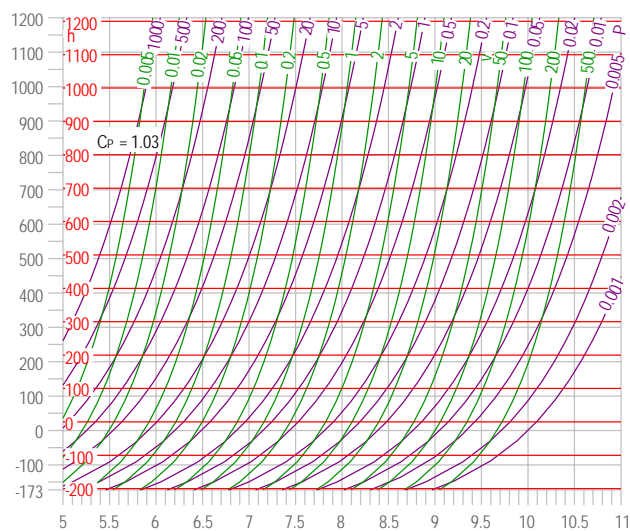


Fig. 16 Neon Ne .

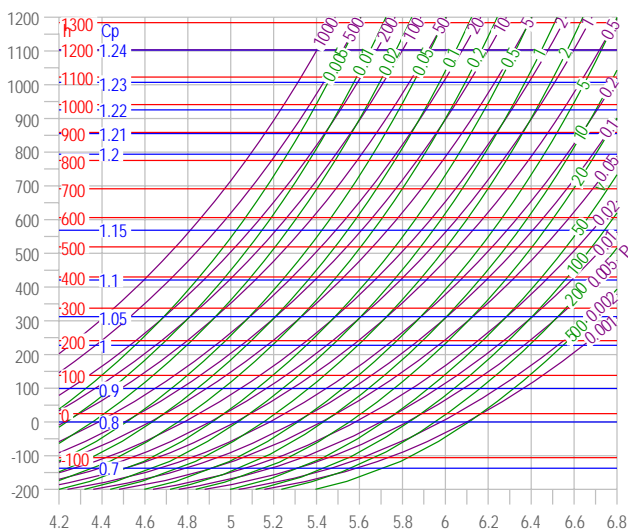


Fig. 17 Ozone O_3 .

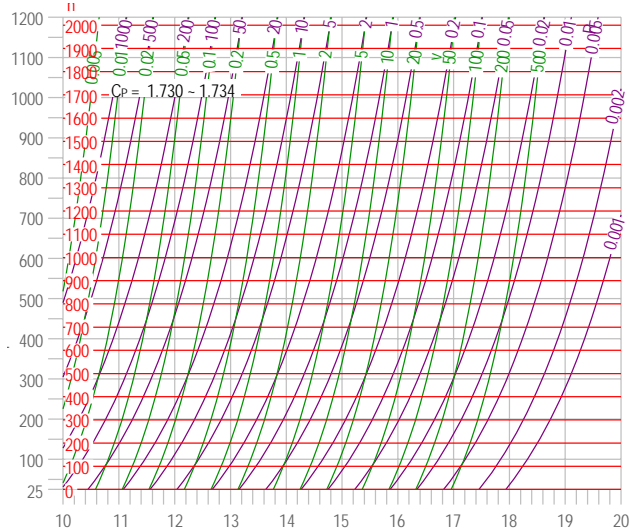


Fig. 18 Carbon C .

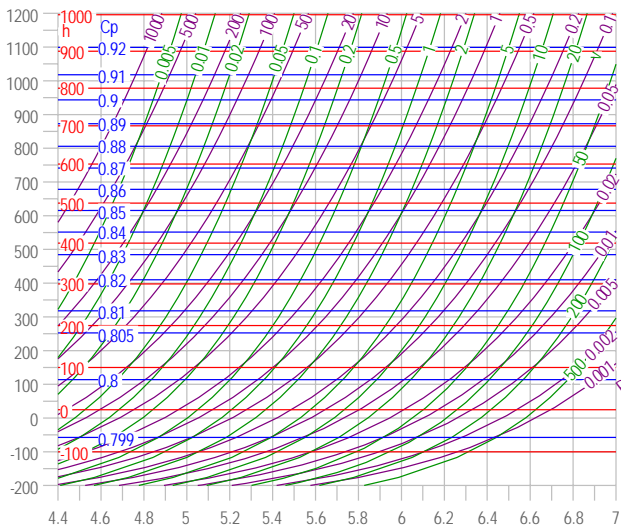


Fig. 19 Hydrogen Chloride HCl.

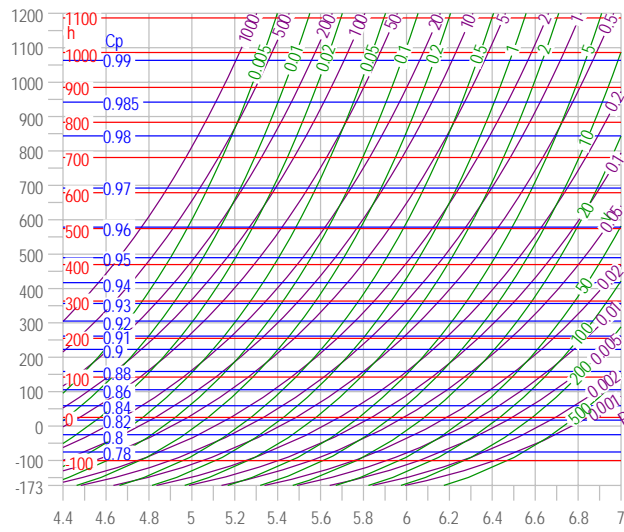


Fig. 20 Fluorine F₂.

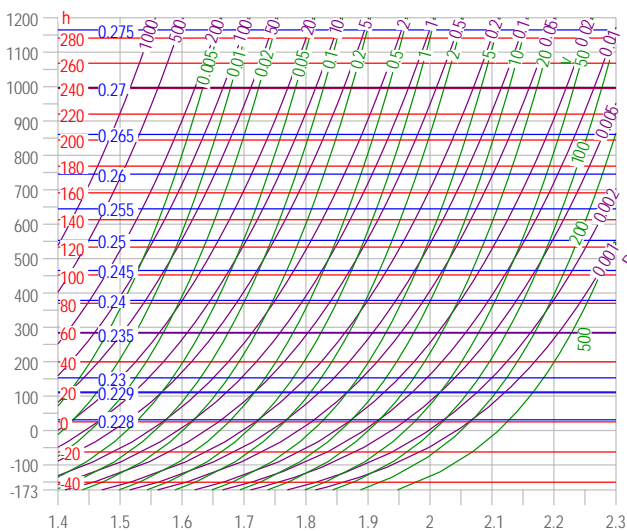


Fig. 21 Hydrogen Iodide HI.

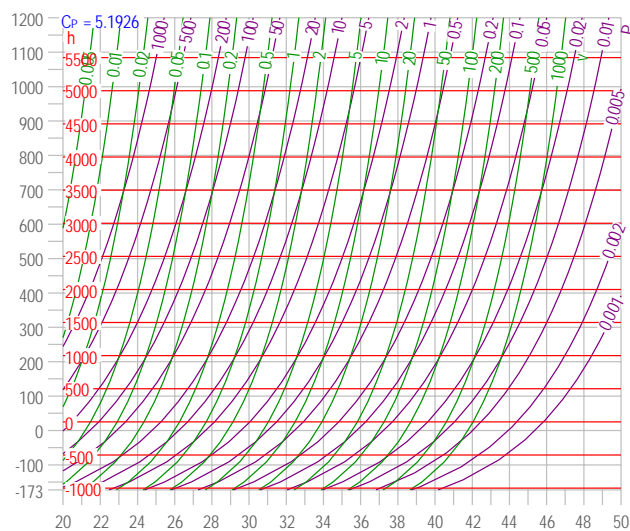


Fig. 22 Helium-4 He.

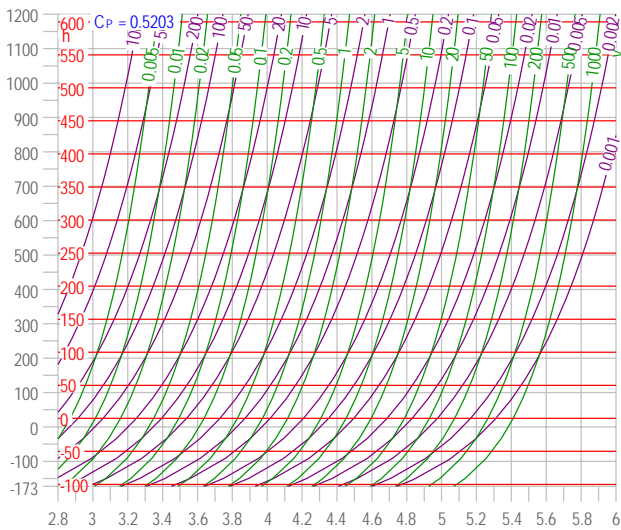


Fig. 23 Argon Ar.

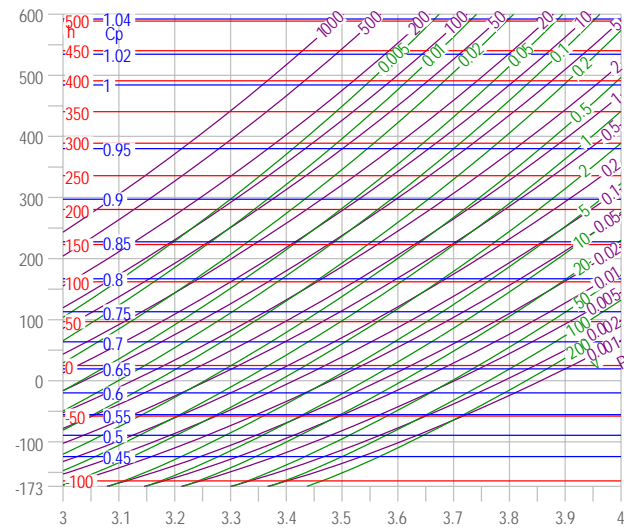


Fig. 24 Chlorodifluoro methane HCFC-22.