

Expressions of Thermophysical Properties of Helium and Argon

桑原, 憲
九州大学機能物質科学研究所

藤井, 哲
九州大学機能物質科学研究所

<https://doi.org/10.15017/6617>

出版情報 : 九州大学機能物質科学研究所報告. 6 (2), pp.115-118, 1993-03-20. Institute of Advanced Material Study Kyushu University

バージョン :

権利関係 :



ヘリウムおよびアルゴンの熱物性値に関する表示式の提案 —温度範囲 270K~380K, 圧力範囲 10kPa~100kPa の場合—

桑原 憲・藤井 哲

Expressions of Thermophysical Properties of Helium and Argon

Ken KUWAHARA, Tetsu FUJII

This paper presents accurate and simple expressions of densities, viscosities, thermal conductivities and specific heats of helium and argon, in the temperature range from 270 to 380K and pressure range from 10 to 100kPa.

1. 緒言

著者らは最近、水蒸気の凝縮に及ぼす不凝縮ガスの影響に関して実験と理論との比較を行った。その際に、必要となったヘリウムとアルゴンの気体の物性値（密度、粘度、熱伝導率および比熱）の式を作成した。本報はその結果の報告である。

基礎データとしては日本機械学会編の熱物性値集¹⁾を用い、式の形式としては藤井ら²⁾の空気に関するものを参考にした。また温度は0℃から100℃の範囲に限定した。

[Nomenclature]

ρ : density [kg/m³]
 μ : viscosity [kg/ms]
 λ : thermal conductivity [W/m·K]
 C_p : isobaric specific heat [J/kg·K]
 T : absolute temperature [K]
 P : pressure [kPa]
Subscripts ;
 He : helium
 Ar : argon

2. ヘリウムの物性値

2.1 密度 ρ

理想気体として次式が得られる。

$$(\rho)_{He} = 0.481 \times \frac{P}{T} \quad (1)$$

$(\rho)_{He}$ [kg/m³], P [kPa], T [K]

この式は、表1および図1に示すように、 T が270K~380K、 P が10kPa~100kPaの範囲内で0.2%以内の誤差で成り立つ。

2.2 粘度 μ

$$(\mu)_{He} = \frac{2.53 \times 10^{-6} T^{1.42}}{118 + T} \quad (2)$$

$(\mu)_{He}$ [kg/ms], T [K]

この式の誤差は、表2および図2に示すように、270K~380K、10kPa~100kPaの範囲内で0.3%以内である。なお粘度は圧力にはほとんど影響されない。

受理日 平成4年11月30日

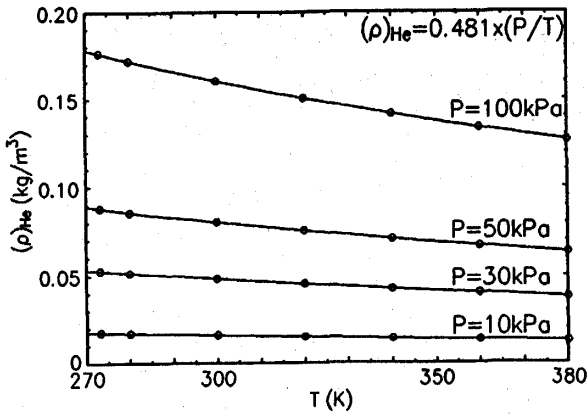


Figure 1. Density of helium (ρ)_{He} vs. Temperature.

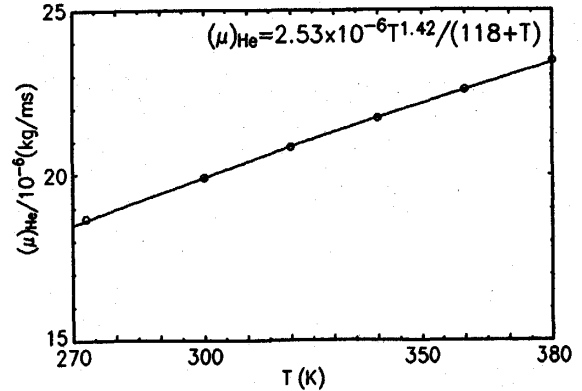


Figure 2. Viscosity of helium (μ)_{He} vs. Temperature.

Pressure	Temperature[K]	273.15	300	340	380
10kPa	Eq.(1) [kg/m³]	0.01761	0.01603	0.01415	0.01266
	He table [kg/m³]	0.01762	0.01605	0.01416	0.01267
	Error %	-0.06	-0.12	-0.07	-0.08
30kPa	Eq.(1) [kg/m³]	0.05283	0.04810	0.04244	0.03797
	He table [kg/m³]	0.05287	0.04814	0.04247	0.03800
	Error %	-0.08	-0.08	-0.07	-0.08
50kPa	Eq.(1) [kg/m³]	0.08805	0.08017	0.07074	0.06329
	He table [kg/m³]	0.08810	0.08022	0.07078	0.06333
	Error %	-0.07	-0.06	-0.06	-0.06
100kPa	Eq.(1) [kg/m³]	0.1761	0.1603	0.1415	0.1266
	He table [kg/m³]	0.1762	0.1604	0.1415	0.1266
	Error %	-0.06	-0.06	0.00	0.00

Table 1. Comparison of the values of Eq. (1) with those of the table [1] on the density of helium (ρ)_{He}.

2.3 熱伝導率 λ

$$(\lambda)_{He} = \frac{16.38 \times 10^{-3} T^{1.45}}{118 + T} \quad (2)$$

$(\lambda)_{He}$ [W/m·K], T [K]

Chapman-Enskog の理論によれば、熱伝導率は粘度と同形式で表されるはずであるが、上式のように T の指数を若干修正した方がデータとの一致がよい。この式の誤差は、表 3 および図 3 に示すように、270 K ~ 380 K、10kPa ~ 100kPa の範囲内で 0.3% 以内である。なお熱伝導率も圧力にはほとんど影響されない。

2.4 定圧比熱 C_p

表 4 に示すようにヘリウムの定圧比熱は、 T が 270

Temperature[K]	273.15	300	320	340	360	380
Eq.(2) [kg/ms]	18.64	19.93	20.84	21.73	22.58	23.40
He table [kg/ms]	18.69	19.93	20.83	21.71	22.58	23.44
Error %	-0.27	0.00	0.05	0.09	0.00	-0.17

Table 2. Comparison of the values of Eq. (2) with those of the table [1] on the viscosity of helium (μ)_{He}.

K ~ 380 K, P が 10kPa ~ 100kPa の範囲内ではほとんど変化しない。

$$(C_p)_{He} = 5193 \quad (4)$$

$$(C_p)_{He} \text{ [J/kg} \cdot \text{K]}$$

3. アルゴンの物性値

3.1 密度 ρ

理想気体として次式が得られる。

$$(\rho)_{Ar} = 4.807 \times \frac{P}{T} \quad (5)$$

$$(\rho)_{Ar} \text{ [kg/m}^3\text{]}, P \text{ [kPa]}, T \text{ [K]}$$

この式は、表 5 および図 4 に示すように、 T が 270 K ~ 380 K、 P が 10kPa ~ 100kPa の範囲内で 0.1% 以内の誤差で成り立つ。

3.2 粘度 μ

$$(\mu)_{Ar} = \frac{0.92 \times 10^{-6} T^{1.62}}{118 + T} \quad (6)$$

$$(\mu)_{Ar} \text{ [kg/ms]}, T \text{ [K]}$$

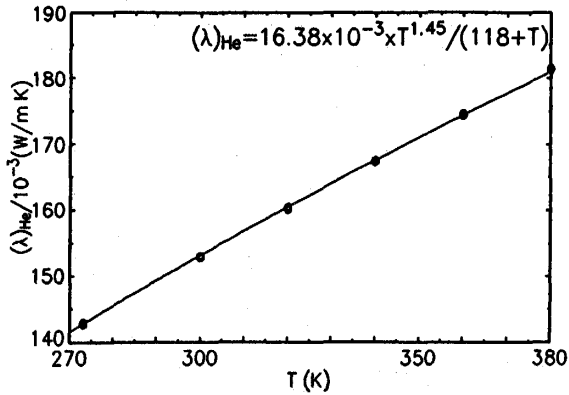


Figure 3. Thermal conductivity of helium, $(\lambda)_{He}$, vs. Temperature.

Temperature[K]	273.15	300	320	340	360	380
Eq.(3) [W/mK]	142.8	153.1	160.4	167.5	174.4	181.0
He table [W/mK]	142.6	152.7	160.0	167.2	174.3	181.3
Error %	0.14	0.26	0.25	0.18	0.06	-0.17

Table 3. Comparison of the values of Eq. (3) with those of the table [1] on the thermal conductivity of helium $(\lambda)_{He}$.

Pressure	Temperature[K]	273.15 ~ 380
10kPa ~ 100kPa	Eq.(4) [J/kgK]	5193
	He table [J/kgK]	5193
	Error %	0.0

Table 4. Comparison of the values of Eq. (4) with those of the table [1] on the specific heat of helium $(Cp)_{He}$.

この式の誤差は、表 6 および図 5 に示すように、270K~380K, 10kPa~100kPa の範囲内で1.0%以内である。

3.3 熱伝導率 λ

$$(\lambda)_{Ar} = \frac{1.14 \times 10^{-3} T^{1.54}}{118 + T} \quad (7)$$

$(\lambda)_{Ar}$ [W/m·K], T [K]

ヘリウムと同様に、粘度の T の指数を修正して表示式を作成した。この式の誤差は、表 7 および図 6 に示すように、270K~380K, 10kPa~100kPa の範囲内で

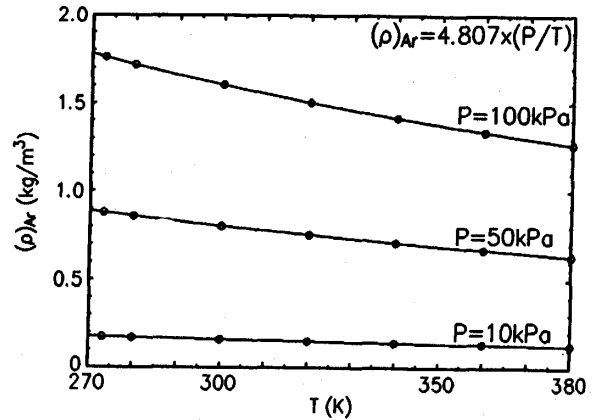


Figure 4. Density of argon $(\rho)_{Ar}$ vs. Temperature.

Pressure	Temperature[K]	273.15	300	340	380
10kPa	Eq.(5) [kg/m ³]	0.1760	0.1602	0.1414	0.1265
	Ar table [kg/m ³]	0.1759	0.1602	0.1413	0.1264
	Error %	0.06	0.00	0.07	0.08
50kPa	Eq.(5) [kg/m ³]	0.8799	0.8012	0.7069	0.6325
	Ar table [kg/m ³]	0.8799	0.8010	0.7067	0.6322
	Error %	0.00	0.02	0.03	0.05
100kPa	Eq.(5) [kg/m ³]	1.760	1.602	1.414	1.265
	Ar table [kg/m ³]	1.761	1.603	1.414	1.264
	Error %	-0.06	-0.06	0.00	0.08

Table 5. Comparison of the values of Eq. (5) with those of the table [1] on the density of argon $(\rho)_{Ar}$.

1.0%以内である。

3.4 定圧比熱 Cp

アルゴンの定圧比熱も表 8 に示すように、 T が 270K~380K, P が 10kPa~100kPa の範囲内ではほとんど変化しない。

$$(Cp)_{Ar} = 521 \quad (8)$$

$(Cp)_{Ar}$ [J/kg·K]

4. 結論

ヘリウムおよびアルゴンの気体の密度、粘度、熱伝導率および定圧比熱の温度と圧力に対する依存性を示す式を提案した。提案した式の誤差は1%以内であり、それらの温度範囲は270K~380K, 圧力範囲は10kPa~100kPa である。式中の T の指数は物質の相違によって若干異なる値となっている。

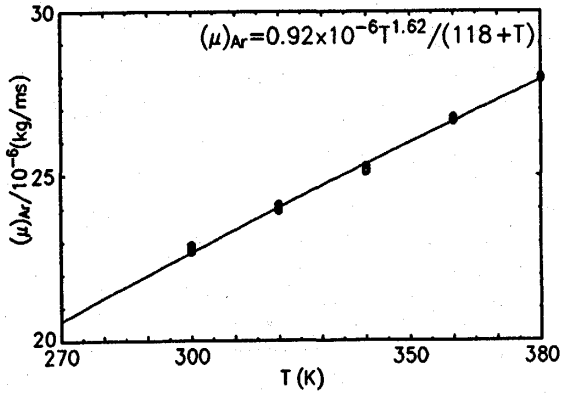


Figure 5. Viscosity of argon $(\mu)_{Ar}$ vs. Temperature.

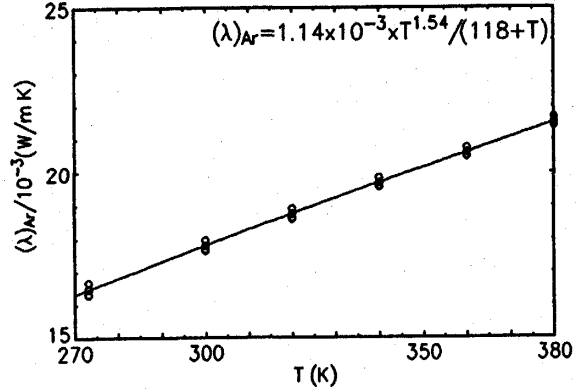


Figure 6. Thermal conductivity of argon $(\lambda)_{Ar}$ vs. Temperature.

Temperature[K]	300	320	340	360	380
Eq.(6) [kg/ms]	22.68	24.03	25.35	26.64	27.91
He table [kg/ms]	22.70	23.92	25.10	26.64	27.91
Error %	-0.09	0.46	1.00	0.00	0.00

Table 6. Comparison of the values of Eq. (6) with those of the table [1] on the viscosity of argon $(\mu)_{Ar}$.

Temperature[K]	273.15	300	320	340	360	380
Eq.(7) [W/mK]	16.47	17.80	18.77	19.70	20.62	21.51
He table [W/mK]	16.31	17.64	18.61	19.56	20.49	21.40
Error %	0.98	0.91	0.86	0.72	0.63	0.51

Table 7. Comparison of the values of Eq. (7) with those of the table [1] on the thermal conductivity of argon $(\lambda)_{Ar}$.

参考文献

- (1) 日本機械学会編, “技術資料 流体の熱物性値集” (1983)
- (2) 藤井 哲, 加藤 泰生, 三原一正, “空気, 水蒸気および水の物性値に関する表示式の提案” 九州大学生産科学研究所報告, 第66号81-95 (1977)

概要

本報には, ヘリウムとアルゴンの密度, 粘度, 熱伝導率および定圧比熱について精度が高くかつ簡単な式が提案されている。温度範囲は270~380 K, 圧力範囲は10~100 kPaである。

Pressure	Temperature[K]	273.15 ~ 380
10kPa ~ 100kPa	Eq.(8) [J/kgK]	521.0
	He table [J/kgK]	520.4 ~ 521.9
	Error %	-0.172 ~ 0.115

Table 8. Comparison of the values of Eq. (8) with those of the table [1] on the specific heat of argon $(Cp)_{Ar}$.