

О РАЗМЕРНОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ В СИСТЕМНОМ ПРЕДСТАВЛЕНИИ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

А.С. Чуев, МГТУ им. Н.Э. Баумана, E-mail: chuev@mail.ru

В необратимых процессах важное место занимает понятие *температуры*. Рассмотрим расположение физической величины (ФВ) *температура* в размерностной системе физических величин и закономерностей (ФВиЗ) [1, 2], частное изображение которой приведено на рис. 1.

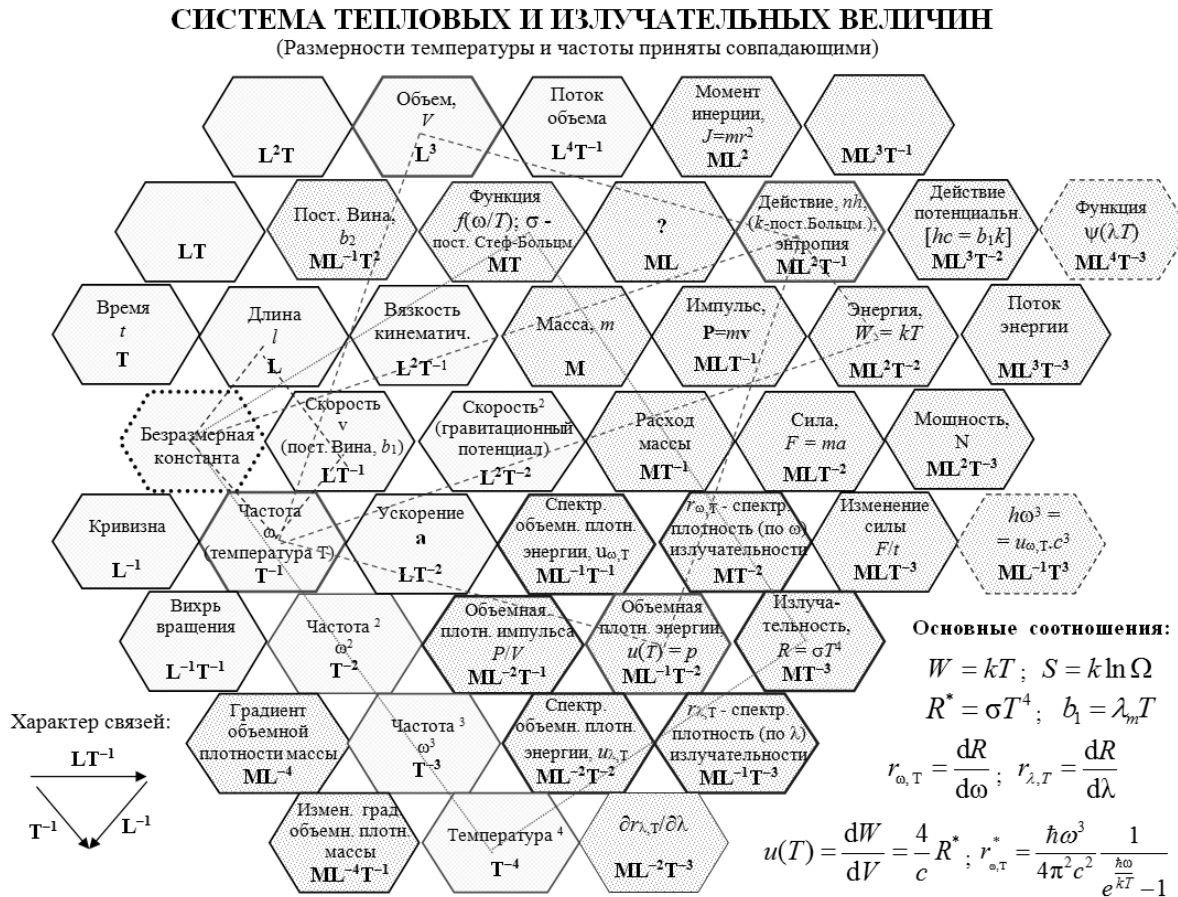


Рис.1. Система ФВиЗ с иллюстрацией некоторых закономерностей с участием температуры.

Изображение системы ФВиЗ приводится без показа электромагнитных величин, в состав которых температура явно не входит. На рис. 1 температура показана в составе механических величин, ее размерность совпадает с размерностью частоты, хотя возможны и иные варианты ее расположения.

В системе ФВиЗ для температуры обычно выделяется свой отдельный системный уровень, но ввиду LT - размерностной структуры самой системы для температуры приходится искать размерность LT или MLT типа.

Размерности физических величин с учетом их закономерных взаимосвязей выражают и физический смысл. В системе ФВиЗ эти взаимосвязи

наглядно отображаемы, поэтому правильный выбор размерности *температуры* очень важен. Поиск наиболее подходящей системной размерности температуры автором был начат с анализа закономерностей с ее участием (таблица 1).

Таблица 1. Физические закономерности с участием температуры.

Физическая закономерность	Математическое выражение	Примечание
Внутренняя энергия идеальных газов	$U = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} RT$	
Уравнение Клайперона - Менделеева	$pV = \frac{m}{\mu} RT$	
Зависимость давления газа от концентрации и температуры	$p = nkT$	$k = \frac{m}{\mu} R; n = N/V$ $k \approx 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К
Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов	$p = \frac{3}{2} n \langle \varepsilon \rangle$	$\langle \varepsilon \rangle = \frac{3}{2} kT$
Средняя скорость молекул	$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_0}}$	m_0 – масса одной молекулы
Связь с энтропией (S)	$S = k \ln G;$ $dS = dQ/T$	Q – теплота
Закон Стефана-Больцмана	$R^* = \sigma T^4$	$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м ² ·К ⁴)
Закон смещения (первый закон Вина)	$\lambda_m = b_1/T$	$b_1 = 2,898 \cdot 10^{-3}$ м·К
Второй закон Вина (для $r_{\lambda_{\max}, T}$)	$r_{\lambda_{\max}, T} = b_2 \cdot T^5$	$b_2 = 1,287 \cdot 10^{-5}$ Вт/(м ³ ·К ⁵)
Интегральная плотность энергии излучения фотонного газа	$u(T) = \frac{4\sigma}{c} T^4$	σ – постоянная Стефана- Больцмана
Давление фотонного газа	$p = \frac{4\sigma}{3c} T^4$	
Энтропия фотонного газа	$S = \frac{16\sigma}{3c} T^3 V$	

Выбирая ту или иную размерность температуры в соответствии с уравнениями связи табл. 1 были определены размерности связанных с нею величин. Они сгруппированы и приведены в табл. 2.

Таблица 2. Возможные размерности температуры и связанных с нею величин.

№ п/п	Темпе- ратура	$b_1 = \lambda_m T$	b_2	$k; C; S$	$\sigma = R^*/T^4$	Примечание
1	ML^2T^{-2}	ML^3T^{-2}	$M^{-4}L^{-11}T^7$	–	$M^{-3}L^{-8}T^5$	Температура – динамическая ФВ.
2	$ML^{-1}T^{-2}$	MT^{-2}	$M^{-4}L^4T^7$	–	$M^{-3}L^4T^5$	
3	–	L	$ML^{-1}T^{-3}$	ML^2T^{-2}	MT^{-3}	Температура – кинематическая ФВ.
4	T^{-1}	LT^{-1}	$ML^{-1}T^2$	ML^2T^{-1}	MT	
5	LT^{-1}	L^2T^{-1}	$ML^{-6}T^2$	MLT^{-1}	$ML^{-4}T$	
6	LT^{-2}	L^2T^{-2}	$ML^{-6}T^7$	ML	$ML^{-4}T^5$	
7	L^2T^{-2}	L^3T^{-2}	$ML^{-11}T^7$	M	$ML^{-8}T^5$	
8	T	LT	$ML^{-1}T^{-8}$	ML^2T^{-3}	MT^{-7}	
9	T^{-2}	LT^{-2}	$ML^{-1}T^7$	ML^2	MT^5	
10	$L^{-1}T$	T	ML^4T^{-8}	ML^3T^{-3}	ML^4T^{-7}	
11	LT	L^2T	$ML^{-6}T^{-8}$	MLT^{-3}	$ML^{-4}T^{-7}$	

Обозначения ФВ в табл. 1 и табл. 2 следующие: T – температура, k – постоянная Больцмана, b_1 и b_2 – постоянные Вина, σ – постоянная Стефана-Больцмана, S – энтропия, C – теплоемкость, R – универсальная газовая постоянная, R^* – излучательность (энергетическая светимость).

По табл. 2 видно, что постоянная Больцмана, теплоемкость и энтропия при любом выборе размерности температуры из числа кинематических величин имеют одинаковую размерность. Видно также, что в вариантах с третьего по пятый постоянная Стефана-Больцмана и вторая постоянная Вина, как самостоятельные физические величины, получают достаточно разумную размерность. Излучательность R^* не зависит от выбора размерности температуры и служит одной из реперных ФВ, определяющих ее размерность.

Таким образом, данные табл. 2 показывают, что наиболее подходящим является четвертый вариант. Здесь теплоемкость получает очень понятную размерность действия, равную произведению энергии на время. Действительно, тепло это энергия, а теплоемкость веществ определяется еще и величиной своеобразной «емкости» для энергии – временем отдачи и приема энергии. Наглядные изображения части закономерных системных взаимосвязей ФВ с

участием *температуры* по данному варианту представления ее размерности приведены на рис. 1.

Закономерные системные связи на рис. 1 выглядят как геометрически правильные фигуры (параллелограммы или линии), соединяющие от двух до четырех ФВ. Математически эти связи читаются как произведения (отношения) ФВ, располагаемых на противоположных (смежных) вершинах выделенных параллелограммов.

Если брать конкретно, то небольшим выделенным параллелограммом на рис. 1 показан закон смещения Вина ($b_1 = \lambda_m T$), именуемый первым законом Вина. Продлив мысленно частотно-температурную последовательную цепи ФВ, идущей от *безразмерной константы* до T^5 , можно обнаружить второй закон Вина, связывающий максимальное значение *спектральной плотности излучательности* $r_{\lambda_{\max}, T}$ с *температурой* в пятой степени ($r_{\lambda_{\max}, T} = b_2 T^5$). В системе легко обнаруживаются широко известные соотношения *энергии и температуры* ($W = kT$), *излучательности* и *энергии* W . Другие системные закономерности с участием излучательных величин и *температуры* приводятся в других работах автора.

Совпадение размерностей *температуры* и *частоты* наиболее явно подтверждает закон смещения Вина. По данным И.Ш. Когана [3], имеющего взгляд на размерность температуры, аналогичный авторскому, соотношение единиц измерения температуры и частоты такое: 1К = 103,45 ГГц. Это значение определено И.Ш. Коганом на основе закона смещения Вина.

Вывод: наиболее подходящей размерностью *температуры* в системном представлении физических величин является размерность *частоты*, что указывает и на близость физической сущности этих величин.

Литература:

1. Чуев А.С. Система физических величин и закономерных размерностных взаимосвязей между ними. // Журнал «Законодательная и прикладная метрология». № 3 - 2007. С. 30-33.
2. Чуев А.С. О системе СИ и других возможных системах единиц с позиции общей системы физических величин и закономерностей. // Журнал «Законодательная и прикладная метрология». № 5, 2014. С. 44-49.
4. Коган И.Ш. Размерность и единица термодинамической температуры. // Мир измерений. № 6, 2013, с. 46-49.