

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА  
СТАНДАРТНЫХ СПРАВОЧНЫХ ДАННЫХ  
(ГСССД)

УДК 53.0816

**ТАБЛИЦЫ СТАНДАРТНЫХ СПРАВОЧНЫХ ДАННЫХ**

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ  
ФИЗИЧЕСКИЕ КОНСТАНТЫ

**ГСССД 314 – 2015**  
**(Взамен ГСССД 237-2008)**

(ОКОНЧАТЕЛЬНАЯ РЕДАКЦИЯ, тема RU.3.039 — 2016)

ПОДГОТОВЛЕНЫ Рабочей группой по фундаментальным физическим константам при Национальном комитете Российской Академии наук по сбору и оценке численных данных в области науки и техники по материалам Рекомендаций Рабочей группы по фундаментальным константам международной организации КОДАТА

ОДОБРЕНЫ Национальным комитетом Российской Академии наук по сбору и оценке численных данных в области науки и техники

ПОДГОТОВЛЕНЫ К УТВЕРЖДЕНИЮ Российским научно-техническим центром информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия (ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»)

УТВЕРЖДЕНЫ Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии **«27» октября 2015 г. (протокол № 3).**

УДК 53.0816

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА  
СТАНДАРТНЫХ СПРАВОЧНЫХ ДАННЫХ**

---

Таблицы стандартных справочных данных

Фундаментальные физические константы

**ГСССД  
314 — 2015  
(Взамен ГСССД  
237-2008)**

Tables of Standard Reference Data

Fundamental physical Constants

**GSSSD  
314 — 2015  
(Instead of  
GSSSD  
237-2008)**

---

## ДЕПОНИРОВАННАЯ РУКОПИСЬ

УДК 539. 163

Таблицы стандартных справочных данных ГСССД 314 – 2015. Фундаментальные физические константы/ Рабочая группа по фундаментальным физическим константам при Национальном комитете Российской Академии наук по сбору и оценке численных данных в области науки и техники по материалам Рекомендаций Рабочей группы по фундаментальным константам международной организации КОДАТА; Росс. научн. – технич. центр информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия. 2015. - 23 с. Библиогр. 6 назв. – Рус. – 2 назв.

Деп. в ФГУП “Стандартинформ”, № 27.10.2015 г, № 894-2015 кк.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Общая часть.....	6
2. ТАБЛИЦЫ ФФК.....	10
Таблица I. Сокращенный список наиболее важных фундаментальных физических констант.....	10
Таблица II. Значения фундаментальных физических констант.....	11
Таблица III. Физические постоянные, значение которых приняты по определению и известны точно .....	19
Таблица VI. Значения в единицах системы Си некоторых внесистемных единиц, основанных на согласовании констант, полученных в согласовании в 2010 г.....	20
Таблица V. Значение некоторых энергетических эквивалентов.....	21
3.Список литературы.....	22

## 1. Общая часть

Фундаментальные физические константы (ФФК) играют важную роль в физике и ее приложениях. Определение их значений с высокой точностью связано с разнообразными областями вычислений и измерений и включает наиболее совершенные методы и технологии.

В виду разнообразия использованных методов измерений выработка высокоточных самосогласованных значений ФФК представляет собой достаточно сложную задачу. Совместная обработка всех данных по ФФК называется согласованием значений ФФК. Подобные согласования регулярно проводятся Рабочей группой по фундаментальным константам<sup>1</sup> Комитета по данным для науки и технологии (КОДАТА) Международного совета науки (ICSU).

Настоящие таблицы стандартных справочных данных подготовлены Рабочей группой по фундаментальным константам<sup>2</sup> Национального комитета Российской Академии наук по сбору и оценке численных данных в области науки и техники. Они подготовлены на основе материалов Международной рабочей группы [1]. Подробное описание процедуры согласования ФФК и анализ его результатов можно найти в [2].

Информацию о работе международной и российской рабочих групп по ФФК можно получить на сайте российской рабочей группы или в Российском национальном комитете КОДАТА (председатель рабочей группы по ФФК - Каршенбойм С. Г.; электронный адрес группы: [ffk@gao.spb.ru](mailto:ffk@gao.spb.ru)).

Представленные ниже таблицы — это наиболее точный самосогласованный набор численных значений ФФК. Они являются результатом совместной обработки теоретических и экспериментальных результатов, опубликованных до 31 декабря 2010 г.

Таблицы ФФК содержат следующие разделы.

### 1. Универсальные константы, входящие во многие ФФК как составные

множители (скорость света, постоянная Планка, диэлектрическая и магнитная постоянные, гравитационная постоянная).

**2. Электромагнитные постоянные**, связанные с электромагнитным взаимодействием (элементарный заряд, постоянные Джозефсона, фон Клитцинга и др.).

**3. Атомные и ядерные постоянные** (постоянные тонкой структуры, Ридберга, массы электрона, протона, нейтрона, мюона и ядер дейтерия, трития, гелия-3 и гелия-4 и другие параметры частиц, ядер и атомов).

**4. Физико-химические постоянные** (постоянные Больцмана, Авогадро, Фарадея, универсальная газовая постоянная и др.).

**5. Рекомендуемые коэффициенты пересчета энергетических единиц** (джоуль, электрон-вольт и др.).

Значения констант приводятся в Международной системе единиц (СИ), основные единицы которой определяются следующим образом [3,4]:

**секунда (с)** - промежуток времени, равный 9 192 631 770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133;

**метр (м)** - расстояние, проходимое светом в вакууме за промежуток времени  $1/299\,792\,458$  доли секунды;

**килограмм (кг)** - единица массы, равная массе международного прототипа килограмма;

**ампер (А)** - сила постоянного тока, который, при прохождении по двум прямолинейным параллельным проводникам бесконечной длины и бесконечно малого сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 метр один от другого, вызывает силу, равную  $2 \times 10^{-7}$  ньютона, на каждом участке проводника длиной в 1 метр;

**кельвин (К)** - единица термодинамической температуры, равная  $1/273,16$  части термодинамической температуры тройной точки воды;

**моль (моль)** - количество вещества системы, которая содержит столько же частиц, сколько атомов содержится в  $0,012$  килограммах углерода-12;

**кандела (кд)** представляет собой единицу силы света, величины, которая характеризует воздействие света на человеческий глаз, и никак не связана с ФФК.

Во всех таблицах использованы официально принятые русские обозначения [4] для основных и производных единиц Международной системы СИ, а также для единиц, не входящих в систему СИ, но рекомендованных к применению, таких как атомная единица массы и электрон-вольт.

При необходимости использовать таблицы с максимальной точностью, следует помнить, что это — рекомендуемые результаты научных исследований и их неопределенность определяется как стандартное отклонение, при котором, в частности, в трети независимых измерений результат отличается от истинного на величину более стандартного отклонения.

Для практических приложений используют рекомендации, построенные по другому принципу, где вместо актуальной неопределенности указывается более консервативная оценка возможных отклонений, которая обладает необходимым запасом надежности. Таким образом, например, Международный Комитет Мер и Весов определяет значения физических постоянных, рекомендуемых для практической реализации единиц ряда физических величин (см., напр., [5,6]).

Отсутствие запаса надежности приводит к тому, что некоторые научные результаты время от времени пересматриваются.



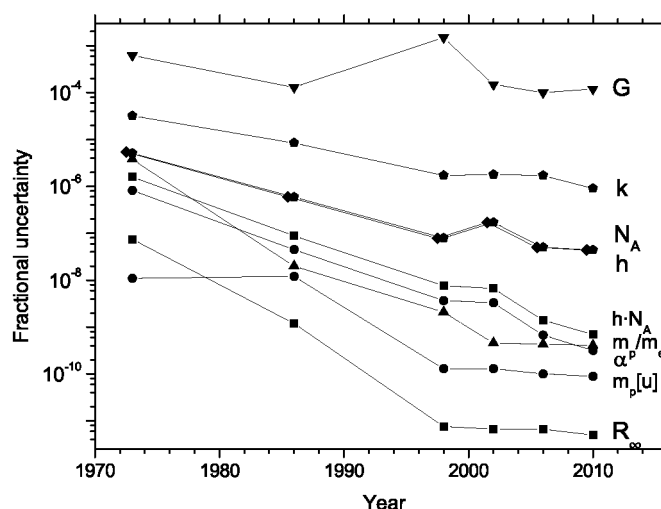


Рис. 1. Динамика уточнения значений ФФК: относительные неопределенности определения значений важнейших ФФК в согласованиях Международной рабочей группы).

Рисунок взят из [2].

В частности, как видно из Рис. 1, неопределенности определения значений некоторых ФФК могут возрастать со временем. Тем не менее, практика использования консервативных неопределенностей со значительным запасом надежности оказывается привлекательной в ряде практических областей, но недопустима в научных исследованиях, где необходимо адекватно понимать неопределенность измерений и вычислений и где возникающие противоречия между разными полученными значениями являются важнейшим стимулом развития экспериментальных и теоретических методов.

Рекомендации Международной группы КОДАТА регулярно обновляются с тем, чтобы учесть новые научные данные, и новых рекомендаций следует ожидать примерно через 4 года. Следует отметить, что Международный Комитет Мер и Весов активно рассматривает вопрос о пересмотре Международной системы единиц СИ, что также изменит ситуацию с определением значений ФФК

## 2. ТАБЛИЦЫ ФФК

Таблица I Сокращенный список значений наиболее важных фундаментальных физических констант

Величина	Обозначение	Численное значение	Размерность	Относительное стандартное отклонение $u_T$
Скорость света в вакууме	$c, c_0$	299 792 458	$\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$	известна точно
Магнитная постоянная	$\mu_0$	$4\pi \cdot 10^{-7}$ $= 12,566\,370\,614 \dots \cdot 10^{-7}$	$\text{Н} \cdot \text{А}^{-2}$ $\text{Н} \cdot \text{А}^{-2}$	известна точно
Электрическая постоянная $1/\mu_0 c^2$	$\epsilon_0$	$8,854\,187\,817 \dots \cdot 10^{-12}$	$\text{Ф} \cdot \text{м}^{-1}$	известна точно
Гравитационная постоянная	$G$	$6,673\,84(80) \cdot 10^{-11}$	$\text{м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$
Постоянная Планка	$h$	$6,626\,069\,57(29) \cdot 10^{-34}$	$\text{Дж} \cdot \text{с}$	$4,4 \cdot 10^{-8}$
$\hbar/2\pi$	$\hbar$	$1,054\,571\,726(47) \cdot 10^{-34}$	$\text{Дж} \cdot \text{с}$	$4,4 \cdot 10^{-8}$
Элементарный заряд	$e$	$1,602\,176\,565(35) \cdot 10^{-19}$	Кл	$2,2 \cdot 10^{-8}$
Квант магнитного потока $h/2e$	$\Phi_0$	$2,067\,833\,758(46) \cdot 10^{-15}$	Вб	$2,2 \cdot 10^{-8}$
Квант проводимости $2e^2/h$	$G_0$	$7,748\,091\,7346(25) \cdot 10^{-5}$	См	$3,2 \cdot 10^{-10}$
Масса электрона	$m_e$	$9,109\,382\,91(40) \cdot 10^{-31}$	кг	$4,4 \cdot 10^{-8}$
Масса протона	$m_p$	$1,672\,621\,777(74) \cdot 10^{-27}$	кг	$4,4 \cdot 10^{-8}$
Отношение массы протона к массе электрона	$m_p/m_e$	1836,152 672 45(75)		$4,1 \cdot 10^{-10}$
Постоянная тонкой структуры $e^2/4\pi\epsilon_0\hbar c$	$\alpha$	$7,297\,352\,5698(24) \cdot 10^{-3}$		$3,2 \cdot 10^{-10}$
Обратная постоянная тонкой структуры	$\alpha^{-1}$	137,035 999 074(44)		$3,2 \cdot 10^{-10}$
Постоянная Ридберга $\alpha^2 m_e c/2h$	$R_\infty$	10 973 731,568 539(55)	$\text{м}^{-1}$	$5,0 \cdot 10^{-12}$
Постоянная Авогадро	$N_A, L$	$6,022\,141\,29(27) \cdot 10^{23}$	$\text{мол}^{-1}$	$4,4 \cdot 10^{-8}$
Постоянная Фарадея $N_A e$	$F$	96 485,3365(21)	$\text{Кл} \cdot \text{мол}^{-1}$	$2,2 \cdot 10^{-8}$
Универсальная газовая постоянная	$R$	8,314 4621(75)	$\text{Дж} \cdot \text{мол}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$	$9,1 \cdot 10^{-7}$
Постоянная Больцмана $R/N_A$	$k$	$1,380\,6488(13) \cdot 10^{-23}$	$\text{Дж} \cdot \text{К}^{-1}$	$9,1 \cdot 10^{-7}$
Постоянная Стефана-Больцмана $(\pi^2/60)\hbar^4/\hbar^3 c^2$	$\sigma$	$5,670\,373(21) \cdot 10^{-8}$	$\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-4}$	$3,6 \cdot 10^{-6}$
Внесистемные единицы, используемые в системе СИ				
Электронвольт ( $e/\text{Кл}$ ) Дж	эВ	$1,602\,176\,565(35) \cdot 10^{-19}$	Дж	$2,2 \cdot 10^{-8}$
(Универсальная) атомная единица массы $\frac{1}{12}m(^{12}\text{C})$	а.е.м.	$1,660\,538\,921(73) \cdot 10^{-27}$	кг	$4,4 \cdot 10^{-8}$

Таблица II: Значения фундаментальных физических констант.

Величина	Обозначение	Численное значение	Размерность	Относительное стандартное отклонение $u_t$
УНИВЕРСАЛЬНЫЕ КОНСТАНТЫ				
Скорость света в вакууме	$c, c_0$	299 792 458	$\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$	известна точно
Магнитная постоянная	$\mu_0$	$4\pi \cdot 10^{-7}$ $= 12,566\,370\,614... \cdot 10^{-7}$	$\text{Н} \cdot \text{А}^{-2}$ $\text{Н} \cdot \text{А}^{-2}$	известна точно
Электрическая постоянная $1/\mu_0 c^2$	$\epsilon_0$	$8,854\,187\,817... \cdot 10^{-12}$	$\text{Ф} \cdot \text{м}^{-1}$	известна точно
Характеристический импеданс вакуума $\sqrt{\mu_0/\epsilon_0} = \mu_0 c$	$Z_0$	376,730 313 461...	Ом	известен точно
Гравитационная постоянная	$G$	$6,673\,84(80) \cdot 10^{-11}$	$\text{м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$
	$G/\hbar c$	$6,708\,37(80) \cdot 10^{-39}$	$(\text{ГэВ}/c^2)^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$
Постоянная Планка	$h$	$6,626\,069\,57(29) \cdot 10^{-34}$	$\text{Дж} \cdot \text{с}$	$4,4 \cdot 10^{-8}$
		$4,135\,667\,516(91) \cdot 10^{-15}$	$\text{эВ} \cdot \text{с}$	$2,2 \cdot 10^{-8}$
$h/2\pi$	$\hbar$	$1,054\,571\,726(47) \cdot 10^{-34}$	$\text{Дж} \cdot \text{с}$	$4,4 \cdot 10^{-8}$
		$6,582\,119\,28(15) \cdot 10^{-16}$	$\text{эВ} \cdot \text{с}$	$2,2 \cdot 10^{-8}$
	$\hbar c$	197,326 9718(44)	$\text{МэВ} \cdot \text{фм}$	$2,2 \cdot 10^{-8}$
Планковская масса $(\hbar c/G)^{1/2}$	$m_{\text{P}}$	$2,176\,51(13) \cdot 10^{-8}$	кг	$6,0 \cdot 10^{-5}$
энергетический эквивалент <sup>3</sup>	$m_{\text{P}} c^2$	$1,220\,932(73) \cdot 10^{19}$	ГэВ	$6,0 \cdot 10^{-5}$
Планковская температура $(\hbar c^5/G)^{1/2}/k$	$T_{\text{P}}$	$1,416\,833(85) \cdot 10^{32}$	К	$6,0 \cdot 10^{-5}$
Планковская длина $\hbar/m_{\text{P}} c = (\hbar G/c^3)^{1/2}$	$l_{\text{P}}$	$1,616\,199(97) \cdot 10^{-35}$	м	$6,0 \cdot 10^{-5}$
Планковское время $l_{\text{P}}/c = (\hbar G/c^5)^{1/2}$	$t_{\text{P}}$	$5,391\,06(32) \cdot 10^{-44}$	с	$6,0 \cdot 10^{-5}$
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОСТОЯННЫЕ				
Элементарный заряд	$e$	$1,602\,176\,565(35) \cdot 10^{-19}$	Кл	$2,2 \cdot 10^{-8}$
	$e/h$	$2,417\,989\,348(53) \cdot 10^{14}$	$\text{А} \cdot \text{Дж}^{-1}$	$2,2 \cdot 10^{-8}$
Квант магнитного потока $h/2e$	$\Phi_0$	$2,067\,833\,758(46) \cdot 10^{-15}$	Вб	$2,2 \cdot 10^{-8}$
Квант проводимости $2e^2/h$	$G_0$	$7,748\,091\,7346(25) \cdot 10^{-5}$	См	$3,2 \cdot 10^{-10}$
Обратный квант проводимости	$G_0^{-1}$	12 906,403 7217(42)	Ом	$3,2 \cdot 10^{-10}$
Постоянная Джозефсона <sup>4</sup> $2e/h$	$K_{\text{J}}$	$483\,597,870(11) \cdot 10^9$	$\text{Гц} \cdot \text{В}^{-1}$	$2,2 \cdot 10^{-8}$
Постоянная фон Клитцинга <sup>5</sup> $h/e^2 = \mu_0 c/2\alpha$	$R_{\text{K}}$	25 812,807 4434(84)	Ом	$3,2 \cdot 10^{-10}$
Магнетон Бора $e\hbar/2m_{\text{e}}$	$\mu_{\text{B}}$	$927,400\,968(20) \cdot 10^{-26}$	$\text{Дж} \cdot \text{Тл}^{-1}$	$2,2 \cdot 10^{-8}$
		$5,788\,381\,8066(38) \cdot 10^{-5}$	$\text{эВ} \cdot \text{Тл}^{-1}$	$6,5 \cdot 10^{-10}$
	$\mu_{\text{B}}/h$	$13,996\,245\,55(31) \cdot 10^9$	$\text{Гц} \cdot \text{Тл}^{-1}$	$2,2 \cdot 10^{-8}$
	$\mu_{\text{B}}/\hbar c$	46,686 4498(10)	$\text{м}^{-1} \cdot \text{Тл}^{-1}$	$2,2 \cdot 10^{-8}$
	$\mu_{\text{B}}/k$	0,671 713 88(61)	$\text{К} \cdot \text{Тл}^{-1}$	$9,1 \cdot 10^{-7}$
Ядерный магнетон $e\hbar/2m_{\text{p}}$	$\mu_{\text{N}}$	$5,050\,783\,53(11) \cdot 10^{-27}$	$\text{Дж} \cdot \text{Тл}^{-1}$	$2,2 \cdot 10^{-8}$
		$3,152\,451\,2605(22) \cdot 10^{-8}$	$\text{эВ} \cdot \text{Тл}^{-1}$	$7,1 \cdot 10^{-10}$
	$\mu_{\text{N}}/h$	7,622 593 57(17)	$\text{МГц} \cdot \text{Тл}^{-1}$	$2,2 \cdot 10^{-8}$
	$\mu_{\text{N}}/\hbar c$	$2,542\,623\,527(56) \cdot 10^{-2}$	$\text{м}^{-1} \cdot \text{Тл}^{-1}$	$2,2 \cdot 10^{-8}$
	$\mu_{\text{N}}/k$	$3,658\,2682(33) \cdot 10^{-4}$	$\text{К} \cdot \text{Тл}^{-1}$	$9,1 \cdot 10^{-7}$

<sup>3</sup> Под энергетическим эквивалентом той или иной величины подразумевается ее комбинация с такими константами как постоянная Планка, скорость света, постоянная Больцмана и т.д., которая имеет размерность энергии. Например, энергетическим эквивалентом массы  $m$  является величина  $mc$ .

Смотри Таблицу III для согласованной условий величины (рекомендованного МКМВ практического значения), принятой по определению для практической реализации вольты [5].

<sup>8</sup> Смотри Таблицу III для согласованной условий величины (рекомендованного МКМВ практического значения), принятой по определению для практической реализации ОМА [6].

Таблица II: (Продолжение).

Величина	Обозначение	Численное значение	Размерность	Относительное стандартное отклонение $u_T$
АТОМНЫЕ И ЯДЕРНЫЕ ПОСТОЯННЫЕ				
Основные				
Постоянная тонкой структуры $e^2/4\pi\epsilon_0\hbar c$	$\alpha$	$7,297\,352\,5698(24) \cdot 10^{-3}$		$3,2 \cdot 10^{-10}$
Обратная постоянная тонкой структуры	$\alpha^{-1}$	137,035 999 074(44)		$3,2 \cdot 10^{-10}$
Постоянная Ридберга $\alpha^2 m_e c/2h$	$R_\infty$	10 973 731,568 539(55)	$\text{м}^{-1}$	$5,0 \cdot 10^{-12}$
	$R_\infty c$	$3,289\,841\,960\,364(17) \cdot 10^{15}$	Гц	$5,0 \cdot 10^{-12}$
	$R_\infty \hbar c$	$2,179\,872\,171(96) \cdot 10^{-18}$	Дж	$4,4 \cdot 10^{-8}$
		13,605 692 53(30)	эВ	$2,2 \cdot 10^{-8}$
Радиус Бора $\alpha/4\pi R_\infty = 4\pi\epsilon_0\hbar^2/m_e e^2$	$a_0$	$0,529\,177\,210\,92(17) \cdot 10^{-10}$	м	$3,2 \cdot 10^{-10}$
Энергия Хартри $e^2/4\pi\epsilon_0 a_0 = 2R_\infty \hbar c = \alpha^2 m_e c^2$	$E_h$	$4,359\,744\,34(19) \cdot 10^{-18}$	Дж	$4,4 \cdot 10^{-8}$
		27,211 385 05(60)	эВ	$2,2 \cdot 10^{-8}$
Квант циркуляции	$h/2m_e$	$3,636\,947\,5520(24) \cdot 10^{-4}$	$\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$	$6,5 \cdot 10^{-10}$
	$h/m_e$	$7,273\,895\,1040(47) \cdot 10^{-4}$	$\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$	$6,5 \cdot 10^{-10}$
Электрослабые				
Константа слабого взаимодействия Ферми	$G_F/(\hbar c)^3$	$1,166\,364(5) \cdot 10^{-5}$	$\text{ГэВ}^{-2}$	$4,3 \cdot 10^{-6}$
Угол смешивания слабых взаимодействий $\theta_W$ $\sin^2 \theta_W = s_W^2 \equiv 1 - (m_W/m_Z)^2$	$\sin^2 \theta_W$	0,2223(21)		$9,5 \cdot 10^{-3}$
Электрон, $e^-$				
Масса электрона	$m_e$	$9,109\,382\,91(40) \cdot 10^{-31}$	кг	$4,4 \cdot 10^{-8}$
		$5,485\,799\,0946(22) \cdot 10^{-4}$	а.е.м.	$4,0 \cdot 10^{-10}$
энергетический эквивалент	$m_e c^2$	$8,187\,105\,06(36) \cdot 10^{-14}$	Дж	$4,4 \cdot 10^{-8}$
		0,510 998 928(11)	МэВ	$2,2 \cdot 10^{-8}$
Отношение массы электрона к массе мюона	$m_e/m_\mu$	$4,836\,331\,66(12) \cdot 10^{-3}$		$2,5 \cdot 10^{-8}$
Отношение массы электрона к массе тау	$m_e/m_\tau$	$2,875\,92(26) \cdot 10^{-4}$		$9,0 \cdot 10^{-5}$
Отношение массы электрона к массе протона	$m_e/m_p$	$5,446\,170\,2178(22) \cdot 10^{-4}$		$4,1 \cdot 10^{-10}$
Отношение массы электрона к массе нейтрона	$m_e/m_n$	$5,438\,673\,4461(32) \cdot 10^{-4}$		$5,8 \cdot 10^{-10}$
Отношение массы электрона к массе дейтрона	$m_e/m_d$	$2,724\,437\,1095(11) \cdot 10^{-4}$		$4,0 \cdot 10^{-10}$
Отношение массы электрона к массе тритона	$m_e/m_t$	$1,819\,200\,0653(17) \cdot 10^{-4}$		$9,1 \cdot 10^{-10}$
Отношение массы электрона к массе гелиона	$m_e/m_h$	$1,819\,543\,0761(17) \cdot 10^{-4}$		$9,2 \cdot 10^{-10}$
Отношение массы электрона к массе альфа-частицы	$m_e/m_\alpha$	$1,370\,933\,555\,78(55) \cdot 10^{-4}$		$4,0 \cdot 10^{-10}$
Отношение заряда электрона к его массе	$-e/m_e$	$-1,758\,820\,088(39) \cdot 10^{11}$	$\text{Кл} \cdot \text{кг}^{-1}$	$2,2 \cdot 10^{-8}$
Молярная масса электрона $N_A m_e$	$M(e), M_e$	$5,485\,799\,0946(22) \cdot 10^{-7}$	$\text{кг} \cdot \text{мол}^{-1}$	$4,0 \cdot 10^{-10}$
Комптоновская длина волны $h/m_e c$ $\lambda_C/2\pi = \alpha a_0 = \alpha^2/4\pi R_\infty$	$\lambda_C$	$2,426\,310\,2389(16) \cdot 10^{-12}$	м	$6,5 \cdot 10^{-10}$
	$\lambda_C$	$386,159\,268\,00(25) \cdot 10^{-15}$	м	$6,5 \cdot 10^{-10}$
Классический радиус электрона $\alpha^2 a_0$	$r_e$	$2,817\,940\,3267(27) \cdot 10^{-15}$	м	$9,7 \cdot 10^{-10}$
Томсоновское сечение рассеяния $(8\pi/3)r_e^2$	$\sigma_e$	$0,665\,245\,8734(13) \cdot 10^{-28}$	$\text{м}^2$	$1,9 \cdot 10^{-9}$
Магнитный момент электрона в магнетонах Бора	$\mu_e$	$-928,476\,430(21) \cdot 10^{-26}$	Дж·Тл <sup>-1</sup>	$2,2 \cdot 10^{-8}$
	$\mu_e/\mu_B$	-1,001 159 652 180 76(27)		$2,6 \cdot 10^{-13}$

Таблица II: (Продолжение).

Величина	Обозначение	Численное значение	Размерность	Относительное стандартное отклонение $u_r$
в ядерных магнетонах	$\mu_e/\mu_N$	$-1838,281\,970\,90(75)$		$4,1 \cdot 10^{-10}$
Аномальный магнитный момент электрона $ \mu_e /\mu_B - 1$	$a_e$	$1,159\,652\,180\,76(27) \cdot 10^{-3}$		$2,3 \cdot 10^{-10}$
$g$ -фактор электрона $-2(1 + a_e)$	$g_e$	$-2,002\,319\,304\,361\,53(53)$		$2,6 \cdot 10^{-13}$
Отношение магнитного момента электрона к магнитному моменту мюона	$\mu_e/\mu_\mu$	$206,766\,9896(52)$		$2,5 \cdot 10^{-8}$
Отношение магнитного момента электрона к магнитному моменту протона	$\mu_e/\mu_p$	$-658,210\,6848(54)$		$8,1 \cdot 10^{-9}$
Отношение магнитного момента электрона к магнитному моменту экранированного протона (в сферическом образце $H_2O$ при $25^\circ C$ )	$\mu_e/\mu'_p$	$-658,227\,5971(72)$		$1,1 \cdot 10^{-8}$
Отношение магнитного момента электрона к магнитному моменту нейтрона	$\mu_e/\mu_n$	$960,920\,50(23)$		$2,4 \cdot 10^{-7}$
Отношение магнитного момента электрона к магнитному моменту дейтрона	$\mu_e/\mu_d$	$-2143,923\,498(18)$		$8,4 \cdot 10^{-9}$
Отношение магнитного момента электрона к магнитному моменту экранированного гелиона (в сферическом газовом образце при $25^\circ C$ )	$\mu_e/\mu'_h$	$864,058\,257(10)$		$1,2 \cdot 10^{-8}$
Гиромагнитное отношение электрона $2 \mu_e /\hbar$	$\gamma_e$ $\gamma_e/2\pi$	$1,760\,859\,708(39) \cdot 10^{11}$ $28\,024,952\,66(62)$	$c^{-1} \cdot T_L^{-1}$ $MG_{TC} \cdot T_L^{-1}$	$2,2 \cdot 10^{-8}$ $2,2 \cdot 10^{-8}$
Мюон, $\mu^-$				
Масса мюона	$m_\mu$	$1,883\,531\,475(96) \cdot 10^{-28}$ $0,113\,428\,9267(29)$	кг а.е.м.	$5,1 \cdot 10^{-8}$ $2,5 \cdot 10^{-8}$
энергетический эквивалент	$m_\mu c^2$	$1,692\,833\,667(86) \cdot 10^{-11}$ $105,658\,3715(35)$	Дж МэВ	$5,1 \cdot 10^{-8}$ $3,4 \cdot 10^{-8}$
Отношение массы мюона к массе электрона	$m_\mu/m_e$	$206,768\,2843(52)$		$2,5 \cdot 10^{-8}$
Отношение массы мюона к массе тау	$m_\mu/m_\tau$	$5,946\,49(54) \cdot 10^{-2}$		$9,0 \cdot 10^{-5}$
Отношение массы мюона к массе протона	$m_\mu/m_p$	$0,112\,609\,5272(28)$		$2,5 \cdot 10^{-8}$
Отношение массы мюона к массе нейтрона	$m_\mu/m_n$	$0,112\,454\,5177(28)$		$2,5 \cdot 10^{-8}$
Молярная масса мюона $N_A m_\mu$	$M(\mu), M_\mu$	$0,113\,428\,9267(29) \cdot 10^{-3}$	кг·мол $^{-1}$	$2,5 \cdot 10^{-8}$
Комптоновская длина волны мюона $h/m_\mu c$	$\lambda_{C,\mu}$	$11,734\,441\,03(30) \cdot 10^{-15}$	м	$2,5 \cdot 10^{-8}$
$\lambda_{C,\mu}/2\pi$	$\lambda_{C,\mu}$	$1,867\,594\,294(47) \cdot 10^{-15}$	м	$2,5 \cdot 10^{-8}$
Магнитный момент мюона	$\mu_\mu$	$-4,490\,448\,07(15) \cdot 10^{-26}$	Дж·Тл $^{-1}$	$3,4 \cdot 10^{-8}$
в магнетонах Бора	$\mu_\mu/\mu_B$	$-4,841\,970\,44(12) \cdot 10^{-3}$		$2,5 \cdot 10^{-8}$
в ядерных магнетонах	$\mu_\mu/\mu_N$	$-8,890\,596\,97(22)$		$2,5 \cdot 10^{-8}$
Аномальный магнитный момент мюона $ \mu_\mu /(e\hbar/2m_\mu) - 1$	$a_\mu$	$1,165\,920\,91(63) \cdot 10^{-3}$		$5,4 \cdot 10^{-7}$
$g$ -фактор мюона $-2(1 + a_\mu)$	$g_\mu$	$-2,002\,331\,8418(13)$		$6,3 \cdot 10^{-10}$
Отношение магнитного момента мюона к магнитному моменту протона	$\mu_\mu/\mu_p$	$-3,183\,345\,107(84)$		$2,6 \cdot 10^{-8}$

Таблица II: (Продолжение).

Величина	Обозначение	Численное значение	Размерность	Относительное стандартное отклонение $u_r$
Тау, $\tau^-$				
Масса $\tau$ -лептона	$m_\tau$	$3,167\,47(29) \cdot 10^{-27}$	кг	$9,0 \cdot 10^{-5}$
энергетический эквивалент	$m_\tau c^2$	1,907 49(17)	а.е.м.	$9,0 \cdot 10^{-5}$
		$2,846\,78(26) \cdot 10^{-10}$	Дж	$9,0 \cdot 10^{-5}$
		1776,82(16)	МэВ	$9,0 \cdot 10^{-5}$
Отношение массы $\tau$ -лептона к массе электрона	$m_\tau/m_e$	3477,15(31)		$9,0 \cdot 10^{-5}$
Отношение массы $\tau$ -лептона к массе мюона	$m_\tau/m_\mu$	16,8167(15)		$9,0 \cdot 10^{-5}$
Отношение массы $\tau$ -лептона к массе протона	$m_\tau/m_p$	1,893 72(17)		$9,0 \cdot 10^{-5}$
Отношение массы $\tau$ -лептона к массе нейтрона	$m_\tau/m_n$	1,891 11(17)		$9,0 \cdot 10^{-5}$
Молярная масса $\tau$ -лептона $N_A m_\tau$	$M(\tau), M_\tau$	$1,907\,49(17) \cdot 10^{-3}$	кг·мол $^{-1}$	$9,0 \cdot 10^{-5}$
Комптоновская длина волны $\tau$ -лептона $h/m_\tau c$	$\lambda_{C,\tau}$	$0,697\,787(63) \cdot 10^{-15}$	м	$9,0 \cdot 10^{-5}$
	$\lambda_{C,\tau}/2\pi$	$0,111\,056(10) \cdot 10^{-15}$	м	$9,0 \cdot 10^{-5}$
Протон, p				
Масса протона	$m_p$	$1,672\,621\,777(74) \cdot 10^{-27}$	кг	$4,4 \cdot 10^{-8}$
энергетический эквивалент	$m_p c^2$	1,007 276 466 812(90)	а.е.м.	$8,9 \cdot 10^{-11}$
		$1,503\,277\,484(66) \cdot 10^{-10}$	Дж	$4,4 \cdot 10^{-8}$
		938,272 046(21)	МэВ	$2,2 \cdot 10^{-8}$
Отношение массы протона к массе электрона	$m_p/m_e$	1836,152 672 45(75)		$4,1 \cdot 10^{-10}$
Отношение массы протона к массе мюона	$m_p/m_\mu$	8,880 243 31(22)		$2,5 \cdot 10^{-8}$
Отношение массы протона к массе тау	$m_p/m_\tau$	0,528 063(48)		$9,0 \cdot 10^{-5}$
Отношение массы протона к массе нейтрона	$m_p/m_n$	0,998 623 478 26(45)		$4,5 \cdot 10^{-10}$
Отношение заряда протона к его массе	$e/m_p$	$9,578\,833\,58(21) \cdot 10^7$	Кл·кг $^{-1}$	$2,2 \cdot 10^{-8}$
Молярная масса протона $N_A m_p$	$M(p), M_p$	$1,007\,276\,466\,812(90) \cdot 10^{-3}$	кг·мол $^{-1}$	$8,9 \cdot 10^{-11}$
Комптоновская длина волны протона $h/m_p c$	$\lambda_{C,p}$	$1,321\,409\,856\,23(94) \cdot 10^{-15}$	м	$7,1 \cdot 10^{-10}$
	$\lambda_{C,p}/2\pi$	$0,210\,308\,910\,47(15) \cdot 10^{-15}$	м	$7,1 \cdot 10^{-10}$
Среднеквадратичный зарядовый радиус протона	$r_p$	$0,8775(51) \cdot 10^{-15}$	м	$5,9 \cdot 10^{-3}$
Магнитный момент протона в магнетонах Бора в ядерных магнетонах	$\mu_p$	$1,410\,606\,743(33) \cdot 10^{-26}$	Дж·Тл $^{-1}$	$2,4 \cdot 10^{-8}$
	$\mu_p/\mu_B$	$1,521\,032\,210(12) \cdot 10^{-3}$		$8,1 \cdot 10^{-9}$
	$\mu_p/\mu_N$	2,792 847 356(23)		$8,2 \cdot 10^{-9}$
$g$ -фактор протона $2\mu_p/\mu_N$	$g_p$	5,585 694 713(46)		$8,2 \cdot 10^{-9}$
Отношение магнитного момента протона к магнитному моменту нейтрона	$\mu_p/\mu_n$	-1,459 898 06(34)		$2,4 \cdot 10^{-7}$
Экранированный магнитный момент протона (сферический образец H <sub>2</sub> O при 25 °C) в магнетонах Бора в ядерных магнетонах	$\mu'_p$	$1,410\,570\,499(35) \cdot 10^{-26}$	Дж·Тл $^{-1}$	$2,5 \cdot 10^{-8}$
	$\mu'_p/\mu_B$	$1,520\,993\,128(17) \cdot 10^{-3}$		$1,1 \cdot 10^{-8}$
	$\mu'_p/\mu_N$	2,792 775 598(30)		$1,1 \cdot 10^{-8}$
Поправка на диамагнитное экранирование протона $1 - \mu'_p/\mu_p$ (сферический образец H <sub>2</sub> O при 25 °C)	$\sigma'_p$	$25,694(14) \cdot 10^{-6}$		$5,3 \cdot 10^{-4}$
Гиромангнитное отношение протона $2\mu_p/\hbar$	$\gamma_p$	$2,675\,222\,005(63) \cdot 10^8$	с $^{-1}$ ·Тл $^{-1}$	$2,4 \cdot 10^{-8}$
	$\gamma_p/2\pi$	42,577 4806(10)	МГц·Тл $^{-1}$	$2,4 \cdot 10^{-8}$
Экранированное гиромангнитное отноше-				

Таблица II: (Продолжение).

Величина	Обозначение	Численное значение	Размерность	Относительное стандартное отклонение $u_r$
Масса протона $2\mu'_p/\hbar$ (сферический образец $\text{H}_2\text{O}$ при $25^\circ\text{C}$ )	$\gamma'_p$	$2,675\,153\,268(66) \cdot 10^8$	$\text{с}^{-1} \cdot \text{Тл}^{-1}$	$2,5 \cdot 10^{-8}$
	$\gamma'_p/2\pi$	$42,576\,3866(10)$	$\text{МГц} \cdot \text{Тл}^{-1}$	$2,5 \cdot 10^{-8}$
Нейтрон, n				
Масса нейтрона	$m_n$	$1,674\,927\,351(74) \cdot 10^{-27}$	кг	$4,4 \cdot 10^{-8}$
		$1,008\,664\,916\,00(43)$	а.е.м.	$4,2 \cdot 10^{-10}$
энергетический эквивалент	$m_n c^2$	$1,505\,349\,631(66) \cdot 10^{-10}$	Дж	$4,4 \cdot 10^{-8}$
		$939,565\,379(21)$	МэВ	$2,2 \cdot 10^{-8}$
Отношение массы нейтрона к массе электрона	$m_n/m_e$	$1838,683\,6605(11)$		$5,8 \cdot 10^{-10}$
Отношение массы нейтрона к массе мюона	$m_n/m_\mu$	$8,892\,484\,00(22)$		$2,5 \cdot 10^{-8}$
Отношение массы нейтрона к массе тау	$m_n/m_\tau$	$0,528\,790(48)$		$9,0 \cdot 10^{-5}$
Отношение массы нейтрона к массе протона	$m_n/m_p$	$1,001\,378\,419\,17(45)$		$4,5 \cdot 10^{-10}$
Разность масс нейтрона и массы протона	$m_n - m_p$	$2,305\,573\,92(76) \cdot 10^{-30}$	кг	$3,3 \cdot 10^{-7}$
		$0,001\,388\,449\,19(45)$	а.е.м.	$3,3 \cdot 10^{-7}$
энергетический эквивалент	$(m_n - m_p)c^2$	$2,072\,146\,50(68) \cdot 10^{-13}$	Дж	$3,3 \cdot 10^{-7}$
		$1,293\,332\,17(42)$	МэВ	$3,3 \cdot 10^{-7}$
Молярная масса нейтрона $N_A m_n$	$M(n), M_n$	$1,008\,664\,916\,00(43) \cdot 10^{-3}$	$\text{кг} \cdot \text{мол}^{-1}$	$4,2 \cdot 10^{-10}$
Комптоновская длина волны нейтрона $h/m_n c$	$\lambda_{C,n}$	$1,319\,590\,9068(11) \cdot 10^{-15}$	м	$8,2 \cdot 10^{-10}$
$\lambda_{C,n}/2\pi$	$\lambda_{C,n}$	$0,210\,019\,415\,68(17) \cdot 10^{-15}$	м	$8,2 \cdot 10^{-10}$
Магнитный момент нейтрона в магнетонах Бора	$\mu_n$	$-0,966\,236\,47(23) \cdot 10^{-26}$	$\text{Дж} \cdot \text{Тл}^{-1}$	$2,4 \cdot 10^{-7}$
	$\mu_n/\mu_B$	$-1,041\,875\,63(25) \cdot 10^{-3}$		$2,4 \cdot 10^{-7}$
в ядерных магнетонах	$\mu_n/\mu_N$	$-1,913\,042\,72(45)$		$2,4 \cdot 10^{-7}$
$g$ -фактор свободного нейтрона $2\mu_n/\mu_N$	$g_n$	$-3,826\,085\,45(90)$		$2,4 \cdot 10^{-7}$
Отношение магнитного момента нейтрона к магнитному моменту электрона	$\mu_n/\mu_e$	$1,040\,668\,82(25) \cdot 10^{-3}$		$2,4 \cdot 10^{-7}$
Отношение магнитного момента нейтрона к магнитному моменту протона	$\mu_n/\mu_p$	$-0,684\,979\,34(16)$		$2,4 \cdot 10^{-7}$
Отношение магнитного момента электрона к магнитному моменту экранированного протона (в сферическом газовом образце при $25^\circ\text{C}$ )	$\mu_n/\mu'_p$	$-0,684\,996\,94(16)$		$2,4 \cdot 10^{-7}$
гиромагнитное отношение нейтрона $2 \mu_n /\hbar$	$\gamma_n$	$1,832\,471\,79(43) \cdot 10^8$	$\text{с}^{-1} \cdot \text{Тл}^{-1}$	$2,4 \cdot 10^{-7}$
	$\gamma_n/2\pi$	$29,164\,6943(69)$	$\text{МГц} \cdot \text{Тл}^{-1}$	$2,4 \cdot 10^{-7}$
Дейтрон, d				
Масса дейтрона	$m_d$	$3,343\,583\,48(15) \cdot 10^{-27}$	кг	$4,4 \cdot 10^{-8}$
		$2,013\,553\,212\,712(77)$	а.е.м.	$3,8 \cdot 10^{-11}$
энергетический эквивалент	$m_d c^2$	$3,005\,062\,97(13) \cdot 10^{-10}$	Дж	$4,4 \cdot 10^{-8}$
		$1875,612\,859(41)$	МэВ	$2,2 \cdot 10^{-8}$
Отношение массы дейтрона к массе электрона	$m_d/m_e$	$3670,482\,9652(15)$		$4,0 \cdot 10^{-10}$
Отношение массы дейтрона к массе протона	$m_d/m_p$	$1,999\,007\,500\,97(18)$		$9,2 \cdot 10^{-11}$
Молярная масса дейтрона $N_A m_d$	$M(d), M_d$	$2,013\,553\,212\,712(77) \cdot 10^{-3}$	$\text{кг} \cdot \text{мол}^{-1}$	$3,8 \cdot 10^{-11}$
Среднеквадратичный зарядовый радиус дейтрона	$r_d$	$2,1424(21) \cdot 10^{-15}$	м	$9,8 \cdot 10^{-4}$

Таблица II: (Продолжение).

Величина	Обозначение	Численное значение	Размерность	Относительное стандартное отклонение $u_T$
Магнитный момент дейтрона	$\mu_d$	$0,433\,073\,489(10) \cdot 10^{-26}$	Дж·Тл <sup>-1</sup>	$2,4 \cdot 10^{-8}$
в магнетонах Бора	$\mu_d/\mu_B$	$0,466\,975\,4556(39) \cdot 10^{-3}$		$8,4 \cdot 10^{-9}$
в ядерных магнетонах	$\mu_d/\mu_N$	0,857 438 2308(72)		$8,4 \cdot 10^{-9}$
$g$ -фактор дейтрона $\mu_d/\mu_N$	$g_d$	0,857 438 2308(72)		$8,4 \cdot 10^{-9}$
Отношение магнитного момента дейтрона к магнитному моменту электрона	$\mu_d/\mu_e$	$-4,664\,345\,537(39) \cdot 10^{-4}$		$8,4 \cdot 10^{-9}$
Отношение магнитного момента дейтрона к магнитному моменту протона	$\mu_d/\mu_p$	0,307 012 2070(24)		$7,7 \cdot 10^{-9}$
Отношение магнитного момента дейтрона к магнитному моменту нейтрона	$\mu_d/\mu_n$	-0,448 206 52(11)		$2,4 \cdot 10^{-7}$
Тритон, t				
Масса тритона	$m_t$	$5,007\,356\,30(22) \cdot 10^{-27}$	кг	$4,4 \cdot 10^{-8}$
		3,015 500 7134(25)	а.е.м.	$8,2 \cdot 10^{-10}$
энергетический эквивалент	$m_t c^2$	$4,500\,387\,41(20) \cdot 10^{-10}$	Дж	$4,4 \cdot 10^{-8}$
		2808,921 005(62)	МэВ	$2,2 \cdot 10^{-8}$
Отношение массы тритона к массе электрона	$m_t/m_e$	5496,921 5267(50)		$9,1 \cdot 10^{-10}$
Отношение массы тритона к массе протона	$m_t/m_p$	2,993 717 0308(25)		$8,2 \cdot 10^{-10}$
Молярная масса тритона $N_A m_t$	$M(t), M_t$	$3,015\,500\,7134(25) \cdot 10^{-3}$	кг·мол <sup>-1</sup>	$8,2 \cdot 10^{-10}$
Магнитный момент тритона	$\mu_t$	$1,504\,609\,447(38) \cdot 10^{-26}$	Дж·Тл <sup>-1</sup>	$2,6 \cdot 10^{-8}$
в магнетонах Бора	$\mu_t/\mu_B$	$1,622\,393\,657(21) \cdot 10^{-3}$		$1,3 \cdot 10^{-8}$
в ядерных магнетонах	$\mu_t/\mu_N$	2,978 962 448(38)		$1,3 \cdot 10^{-8}$
$g$ -фактор тритона $2\mu_t/\mu_N$	$g_t$	5,957 924 896(76)		$1,3 \cdot 10^{-8}$
Гелион, h				
Масса гелиона	$m_h$	$5,006\,412\,34(22) \cdot 10^{-27}$	кг	$4,4 \cdot 10^{-8}$
		3,014 932 2468(25)	а.е.м.	$8,3 \cdot 10^{-10}$
энергетический эквивалент	$m_h c^2$	$4,499\,539\,02(20) \cdot 10^{-10}$	Дж	$4,4 \cdot 10^{-8}$
		2808,391 482(62)	МэВ	$2,2 \cdot 10^{-8}$
Отношение массы гелиона к массе электрона	$m_h/m_e$	5495,885 2754(50)		$9,2 \cdot 10^{-10}$
Отношение массы гелиона к массе протона	$m_h/m_p$	2,993 152 6707(25)		$8,2 \cdot 10^{-10}$
Молярная масса гелиона $N_A m_h$	$M(h), M_h$	$3,014\,932\,2468(25) \cdot 10^{-3}$	кг·мол <sup>-1</sup>	$8,3 \cdot 10^{-10}$
Магнитный момент гелиона	$\mu_h$	$-1,074\,617\,486(27) \cdot 10^{-26}$	Дж·Тл <sup>-1</sup>	$2,5 \cdot 10^{-8}$
в магнетонах Бора	$\mu_h/\mu_B$	$-1,158\,740\,958(14) \cdot 10^{-3}$		$1,2 \cdot 10^{-8}$
в ядерных магнетонах	$\mu_h/\mu_N$	-2,127 625 306(25)		$1,2 \cdot 10^{-8}$
$g$ -фактор гелиона $2\mu_h/\mu_N$	$g_h$	-4,255 250 613(50)		$1,2 \cdot 10^{-8}$
Экранированный магнитный момент гелиона (газовый сферический образец при 25 °С)	$\mu'_h$	$-1,074\,553\,044(27) \cdot 10^{-26}$	Дж·Тл <sup>-1</sup>	$2,5 \cdot 10^{-8}$
в магнетонах Бора	$\mu'_h/\mu_B$	$-1,158\,671\,471(14) \cdot 10^{-3}$		$1,2 \cdot 10^{-8}$
в ядерных магнетонах	$\mu'_h/\mu_N$	-2,127 497 718(25)		$1,2 \cdot 10^{-8}$
Отношение экранированного магнитного момента гелиона к магнитному моменту протона (газовый сферический образец при 25 °С)	$\mu'_h/\mu_p$	-0,761 766 558(11)		$1,4 \cdot 10^{-8}$

<sup>6</sup> Гелион, обозначаемый символом  $h$ , является ядром атома  ${}^3\text{He}$ .



Таблица II: (Продолжение).

Величина	Обозначение	Численное значение	Размерность	Относительное стандартное отклонение $u_r$
Отношение экранированного магнитного момента гелиона к экранированному магнитному моменту протона (сферические газовый и H <sub>2</sub> O образцы при 25 °C)	$\mu'_h/\mu'_p$	-0,761 786 1313(33)		$4,3 \cdot 10^{-9}$
Экранированное гироманнитное отношение гелиона $2 \mu'_h /\hbar$ (сферический газовый образец при 25 °C)	$\gamma'_h$	$2,037\,894\,659(51) \cdot 10^8$	$\text{с}^{-1} \cdot \text{Тл}^{-1}$	$2,5 \cdot 10^{-8}$
	$\gamma'_h/2\pi$	$32,434\,100\,84(81)$	$\text{МГц} \cdot \text{Тл}^{-1}$	$2,5 \cdot 10^{-8}$
Альфа-частица, $\alpha$				
Масса альфа-частицы	$m_\alpha$	$6,644\,656\,75(29) \cdot 10^{-27}$	кг	$4,4 \cdot 10^{-8}$
		$4,001\,506\,179\,125(62)$	а.е.м.	$1,5 \cdot 10^{-11}$
энергетический эквивалент	$m_\alpha c^2$	$5,971\,919\,67(26) \cdot 10^{-10}$	Дж	$4,4 \cdot 10^{-8}$
		$3727,379\,240(82)$	МэВ	$2,2 \cdot 10^{-8}$
Отношение массы альфа-частицы к массе электрона	$m_\alpha/m_e$	$7294,299\,5361(29)$		$4,0 \cdot 10^{-10}$
Отношение массы альфа-частицы к массе протона	$m_\alpha/m_p$	$3,972\,599\,689\,33(36)$		$9,0 \cdot 10^{-11}$
Молярная масса альфа-частицы $N_A m_\alpha$	$M(\alpha), M_\alpha$	$4,001\,506\,179\,125(62) \cdot 10^{-3}$	кг·мол <sup>-1</sup>	$1,5 \cdot 10^{-11}$
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОСТОЯННЫЕ				
Постоянная Авогадро	$N_A, L$	$6,022\,141\,29(27) \cdot 10^{23}$	мол <sup>-1</sup>	$4,4 \cdot 10^{-8}$
Атомная единица массы				
$m_u = \frac{1}{12}m(^{12}\text{C}) = 1 \text{ а.е.м.}$	$m_u$	$1,660\,538\,921(73) \cdot 10^{-27}$	кг	$4,4 \cdot 10^{-8}$
энергетический эквивалент	$m_u c^2$	$1,492\,417\,954(66) \cdot 10^{-10}$	Дж	$4,4 \cdot 10^{-8}$
		$931,494\,061(21)$	МэВ	$2,2 \cdot 10^{-8}$
постоянная Фарадея $^7 N_A e$	$F$	$96\,485,3365(21)$	Кл·мол <sup>-1</sup>	$2,2 \cdot 10^{-8}$
Молярная постоянная Планка	$N_A h$	$3,990\,312\,7176(28) \cdot 10^{-10}$	Дж·с·мол <sup>-1</sup>	$7,0 \cdot 10^{-10}$
	$N_A h c$	$0,119\,626\,565\,779(84)$	Дж·м·мол <sup>-1</sup>	$7,0 \cdot 10^{-10}$
Универсальная газовая постоянная	$R$	$8,314\,4621(75)$	Дж·мол <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup>	$9,1 \cdot 10^{-7}$
Постоянная Больцмана $R/N_A$	$k$	$1,380\,6488(13) \cdot 10^{-23}$	Дж·К <sup>-1</sup>	$9,1 \cdot 10^{-7}$
		$8,617\,3324(78) \cdot 10^{-5}$	эВ·К <sup>-1</sup>	$9,1 \cdot 10^{-7}$
	$k/h$	$2,083\,6618(19) \cdot 10^{10}$	Гц·К <sup>-1</sup>	$9,1 \cdot 10^{-7}$
	$k/hc$	$69,503\,476(63)$	м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup>	$9,1 \cdot 10^{-7}$
Молярный объем идеального газа $RT/p$				
$T = 273,15 \text{ К}, p = 100 \text{ кПа}$	$V_m$	$22,710\,953(21) \cdot 10^{-3}$	м <sup>3</sup> ·мол <sup>-1</sup>	$9,1 \cdot 10^{-7}$
Постоянная Лошмидта $N_A/V_m$	$n_0$	$2,651\,6462(24) \cdot 10^{25}$	м <sup>-3</sup>	$9,1 \cdot 10^{-7}$
Молярный объем идеального газа $RT/p$				
$T = 273,15 \text{ К}, p = 101,325 \text{ кПа}$	$V_m$	$22,413\,968(20) \cdot 10^{-3}$	м <sup>3</sup> ·мол <sup>-1</sup>	$9,1 \cdot 10^{-7}$
Постоянная Лошмидта $N_A/V_m$	$n_0$	$2,686\,7805(24) \cdot 10^{25}$	м <sup>-3</sup>	$9,1 \cdot 10^{-7}$
Постоянная Сакура-Тетроде (постоянная абсолютной энтропии) $^8$				
$\frac{5}{2} + \ln[(2\pi m_u k T_1/h^2)^{3/2} k T_1/p_0]$				
$T_1 = 1 \text{ К}, p_0 = 100 \text{ кПа}$	$S_0/R$	-1,151 7078(23)		$2,0 \cdot 10^{-6}$
$T_1 = 1 \text{ К}, p_0 = 101,325 \text{ кПа}$		-1,164 8708(23)		$1,9 \cdot 10^{-6}$

В случае, когда в кулонометрических химических измерениях протекающий ток измеряется в единицах вольта и ОМА, поддерживаемых на основе эффекта Джозефсона и квантового эффекта Холла и рекомендованных МКМВ практических значений постоянных Джозефсона  $K_J$ — $g_0$  и фон Клитцинга  $D_K$ —90 (см. Таблицу III), следует использовать численное значение постоянной Фарадея  $F$ , равное  $96\,485,3401(48)$  [5,0 • ИГ8].  $^8$  Энтропия идеального мономатомного газа с относительной атомной массой  $A_m$  дается выражением  $S = S_b + \frac{5}{2} R \ln A_m - R \ln(p/p_0) + \frac{3}{2} R \ln(T/K)$ .

Таблица II: (Продолжение).

Величина	Обозначение	Численное значение	Размерность	Относительное стандартное отклонение $u_r$
Постоянная Стефана-Больцмана $(\pi^2/60)k^4/\hbar^3 c^2$	$\sigma$	$5,670\,373(21) \cdot 10^{-8}$	$\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-4}$	$3,6 \cdot 10^{-6}$
Первая радиационная постоянная $2\pi\hbar c^2$	$c_1$	$3,741\,771\,53(17) \cdot 10^{-16}$	$\text{Вт} \cdot \text{м}^2$	$4,4 \cdot 10^{-8}$
Первая радиационная постоянная для спектрального излучения $2\hbar c^2$	$c_{1L}$	$1,191\,042\,869(53) \cdot 10^{-16}$	$\text{Вт} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{ср}^{-1}$	$4,4 \cdot 10^{-8}$
Вторая радиационная постоянная $\hbar c/k$	$c_2$	$1,438\,7770(13) \cdot 10^{-2}$	$\text{м} \cdot \text{К}$	$9,1 \cdot 10^{-7}$
Постоянная Вина $b = \lambda_{\max} T = c_2/4,965\,114\,231\dots$	$b$	$2,897\,7721(26) \cdot 10^{-3}$	$\text{м} \cdot \text{К}$	$9,1 \cdot 10^{-7}$
$b' = \nu_{\max}/T = 2,821\,439\,372\dots c/c_2$	$b'$	$5,878\,9254(53) \cdot 10^{10}$	$\text{Гц} \cdot \text{К}^{-1}$	$9,1 \cdot 10^{-7}$

Таблица III Физические постоянные, значения которых приняты по определению и известны точно<sup>a</sup>

Величина	Обозначение	Численное значение	Размерность
Относительная атомная масса <sup>b</sup> of $^{12}\text{C}$	$A_r(^{12}\text{C})$	12	
Единица молярной массы	$M_u$	$1 \cdot 10^{-3}$	кг·мол <sup>-1</sup>
Молярная масса $^{12}\text{C}$	$M(^{12}\text{C})$	$12 \cdot 10^{-3}$	кг·мол <sup>-1</sup>
Рекомендованное практическое значение постоянной Джозефсона <sup>c</sup>	$K_{J-90}$	483 597,9	ГГц В <sup>-1</sup>
Рекомендованное практическое значение постоянной фон Клитцинга <sup>d</sup>	$R_{K-90}$	25 812,807	Ом
Стандартная атмосфера		101,325	кПа

<sup>a</sup> Приводятся значения только для тех констант, которые не включены в Таблицу II.<sup>b</sup> Относительная атомная масса  $A_r(X)$  частицы  $X$  с массой  $m(X)$  определяется выражением  $A_r(X) = m(X)/m_u$ , где,  $m_u$  – атомная единица массы ( $m_u = m(^{12}\text{C})/12 = M_u/N_A = 1 \dots$ ). В частности, масса частицы  $X$  равна  $m(X) = A_r(X)$  а.е.м., а молярная масса частицы  $X$  равна  $M(X) = A_r(X)M_u$ .<sup>c</sup> Практическое значение, рекомендованное МКМВ [5].<sup>d</sup> Практическое значение, рекомендованное МКМВ [6].

Таблица IV Значения в единицах системы СИ некоторых внесистемных единиц, основанные на согласовании констан полученных в согласовании 2010 г.

Величина	Обозначение	Численное значение	Размерность	Относительное стандартное отклонение $u_r$
Внесистемные единицы, используемые в системе СИ				
Электронвольт: $(e/C)$ J	эВ	$1,602\,176\,565(35) \cdot 10^{-19}$	Дж	$2,2 \cdot 10^{-8}$
(Универсальная) атомная единица массы: $\frac{1}{12}m(^{12}\text{C})$	а.е.м.	$1,660\,538\,921(73) \cdot 10^{-27}$	кг	$4,4 \cdot 10^{-8}$
Естественные единицы (п.у.)				
Единица скорости: скорость света	$c, c_0$	299 792 458	$\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$	известна точно
Единица действия: постоянная Планка $h/2\pi$	$\hbar$	$1,054\,571\,726(47) \cdot 10^{-34}$	Дж·с	$4,4 \cdot 10^{-8}$
		$6,582\,119\,28(15) \cdot 10^{-16}$	эВ·с	$2,2 \cdot 10^{-8}$
	$\hbar c$	197,326 9718(44)	МэВ·фм	$2,2 \cdot 10^{-8}$
Единица массы: масса электрона	$m_e$	$9,109\,382\,91(40) \cdot 10^{-31}$	кг	$4,4 \cdot 10^{-8}$
Единица энергии	$m_e c^2$	$8,187\,105\,06(36) \cdot 10^{-14}$	Дж	$4,4 \cdot 10^{-8}$
		0,510 998 928(11)	МэВ	$2,2 \cdot 10^{-8}$
Единица импульса	$m_e c$	$2,730\,924\,29(12) \cdot 10^{-22}$	$\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-1}$	$4,4 \cdot 10^{-8}$
		0,510 998 928(11)	МэВ/c	$2,2 \cdot 10^{-8}$
Единица длины $\hbar/m_e c$	$\lambda_C$	$386,159\,268\,00(25) \cdot 10^{-15}$	м	$6,5 \cdot 10^{-10}$
Единица времени	$\hbar/m_e c^2$	$1,288\,088\,668\,33(83) \cdot 10^{-21}$	с	$6,5 \cdot 10^{-10}$
Атомные единицы (а.е.)				
а.е. заряда: элементарный заряд	$e$	$1,602\,176\,565(35) \cdot 10^{-19}$	Кл	$2,2 \cdot 10^{-8}$
а.е. массы: масса электрона	$m_e$	$9,109\,382\,91(40) \cdot 10^{-31}$	кг	$4,4 \cdot 10^{-8}$
а.е. действия: постоянная Планка ( $h/2\pi$ )	$\hbar$	$1,054\,571\,726(47) \cdot 10^{-34}$	Дж·с	$4,4 \cdot 10^{-8}$
а.е. длины: радиус Бора (бор) $\alpha/4\pi R_\infty$	$a_0$	$0,529\,177\,210\,92(17) \cdot 10^{-10}$	м	$3,2 \cdot 10^{-10}$
а.е. энергии: энергия Хартри (хартри) $e^2/4\pi\epsilon_0 a_0 = 2R_\infty \hbar c = \alpha^2 m_e c^2$	$E_h$	$4,359\,744\,34(19) \cdot 10^{-18}$	Дж	$4,4 \cdot 10^{-8}$
а.е. времени	$\hbar/E_h$	$2,418\,884\,326\,502(12) \cdot 10^{-17}$	с	$5,0 \cdot 10^{-12}$
а.е. силы	$E_h/a_0$	$8,238\,722\,78(36) \cdot 10^{-8}$	Н	$4,4 \cdot 10^{-8}$
а.е. скорости ( $\alpha c$ )	$a_0 E_h/\hbar$	$2,187\,691\,263\,79(71) \cdot 10^6$	$\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$	$3,2 \cdot 10^{-10}$
а.е. импульса	$\hbar/a_0$	$1,992\,851\,740(88) \cdot 10^{-24}$	$\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-1}$	$4,4 \cdot 10^{-8}$
а.е. тока	$e E_h/\hbar$	$6,623\,617\,95(15) \cdot 10^{-3}$	А	$2,2 \cdot 10^{-8}$
а.е. плотности заряда	$e/a_0^3$	$1,081\,202\,338(24) \cdot 10^{12}$	$\text{Кл} \cdot \text{м}^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-8}$
а.е. электрического потенциала	$E_h/e$	27,211 385 05(60)	В	$2,2 \cdot 10^{-8}$
а.е. электрического поля	$E_h/ea_0$	$5,142\,206\,52(11) \cdot 10^{11}$	$\text{В} \cdot \text{м}^{-1}$	$2,2 \cdot 10^{-8}$
а.е. электрического дипольного момента	$ea_0$	$8,478\,353\,26(19) \cdot 10^{-30}$	$\text{Кл} \cdot \text{м}$	$2,2 \cdot 10^{-8}$
а.е. электрического квадрупольного момента	$ea_0^2$	$4,486\,551\,331(99) \cdot 10^{-40}$	$\text{Кл} \cdot \text{м}^2$	$2,2 \cdot 10^{-8}$
а.е. плотности магнитного потока	$\hbar/ea_0^2$	$2,350\,517\,464(52) \cdot 10^5$	Тл	$2,2 \cdot 10^{-8}$
а.е. магнитного дипольного момента ( $2\mu_B$ )	$\hbar e/m_e$	$1,854\,801\,936(41) \cdot 10^{-23}$	Дж·Тл <sup>-1</sup>	$2,2 \cdot 10^{-8}$

Таблица V Значения некоторых энергетических эквивалентов, рассчитанные из соотношений  $E = mc^2 = hc/\lambda = h\nu = kT$ , и основанные на значениях констант, полученных в согласовании 2010 г.; 1 эВ =  $(e/C)$  J, 1 у =  $m_u = \frac{1}{12}m(^{12}\text{C}) = 10^{-3}$  кг мол $^{-1}/N_A$ , и  $E_h = 2R_\infty hc = \alpha^2 m_e c^2$  - энергия Хартри.

Соответствующая величина в установленных единицах				
Дж	кг	м $^{-1}$	Гц	
1 Дж	(1 Дж) = 1	(1 Дж)/ $c^2 =$ $1,112\,650\,056 \dots \cdot 10^{-17}$	(1 Дж)/ $hc =$ $5,034\,117\,01(22) \cdot 10^{24}$	(1 Дж)/ $h =$ $1,509\,190\,311(67) \cdot 10^{33}$
1 кг	(1 кг) $c^2 =$ $8,987\,551\,787 \dots \cdot 10^{16}$	(1 кг) = 1	(1 кг) $c/h =$ $4,524\,438\,73(20) \cdot 10^{41}$	(1 кг) $c^2/h =$ $1,356\,392\,608(60) \cdot 10^{50}$
1 м $^{-1}$	(1 м $^{-1}$ ) $hc =$ $1,986\,445\,684(88) \cdot 10^{-25}$	(1 м $^{-1}$ ) $h/c =$ $2,210\,218\,902(98) \cdot 10^{-42}$	(1 м $^{-1}$ ) = 1	(1 м $^{-1}$ ) $c =$ 299 792 458
1 Гц	(1 Гц) $h =$ $6,626\,069\,57(29) \cdot 10^{-34}$	(1 Гц) $h/c^2 =$ $7,372\,496\,68(33) \cdot 10^{-51}$	(1 Гц)/ $c =$ $3,335\,640\,951 \dots \cdot 10^{-9}$	(1 Гц) = 1
1 К	(1 К) $k =$ $1,380\,6488(13) \cdot 10^{-23}$	(1 К) $k/c^2 =$ $1,536\,1790(14) \cdot 10^{-40}$	(1 К) $k/hc =$ 69,503 476(63)	(1 К) $k/h =$ $2,083\,6618(19) \cdot 10^{10}$
1 эВ	(1 эВ) = $1,602\,176\,565(35) \cdot 10^{-19}$	(1 эВ)/ $c^2 =$ $1,782\,661\,845(39) \cdot 10^{-36}$	(1 эВ)/ $hc =$ $8,065\,544\,29(18) \cdot 10^5$	(1 эВ)/ $h =$ $2,417\,989\,348(53) \cdot 10^{14}$
1 а.е.м.	(1 а.е.м.) $c^2 =$ $1,492\,417\,954(66) \cdot 10^{-10}$	(1 а.е.м.) = $1,660\,538\,921(73) \cdot 10^{-27}$	(1 а.е.м.) $c/h =$ $7,513\,006\,6042(53) \cdot 10^{14}$	(1 а.е.м.) $c^2/h =$ $2,252\,342\,7168(16) \cdot 10^{23}$
1 $E_h$	(1 $E_h$ ) = $4,359\,744\,34(19) \cdot 10^{-18}$	(1 $E_h$ )/ $c^2 =$ $4,850\,869\,79(21) \cdot 10^{-35}$	(1 $E_h$ )/ $hc =$ $2,194\,746\,313\,708(11) \cdot 10^7$	(1 $E_h$ )/ $h =$ $6,579\,683\,920\,729(33) \cdot 10^{15}$

Соответствующая величина в установленных единицах				
К	эВ	а.е.м.	$E_h$	
1 Дж	(1 Дж)/ $k =$ $7,242\,9716(66) \cdot 10^{22}$	(1 Дж) = $6,241\,509\,34(14) \cdot 10^{18}$	(1 Дж)/ $c^2 =$ $6,700\,535\,85(30) \cdot 10^9$	(1 Дж) = $2,293\,712\,48(10) \cdot 10^{17}$
1 кг	(1 кг) $c^2/k =$ $6,509\,6582(59) \cdot 10^{39}$	(1 кг) $c^2 =$ $5,609\,588\,85(12) \cdot 10^{35}$	(1 кг) = $6,022\,141\,29(27) \cdot 10^{26}$	(1 кг) $c^2 =$ $2,061\,485\,968(91) \cdot 10^{34}$
1 м $^{-1}$	(1 м $^{-1}$ ) $hc/k =$ $1,438\,7770(13) \cdot 10^{-2}$	(1 м $^{-1}$ ) $hc =$ $1,239\,841\,930(27) \cdot 10^{-6}$	(1 м $^{-1}$ ) $h/c =$ $1,331\,025\,051\,20(94) \cdot 10^{-15}$	(1 м $^{-1}$ ) $hc =$ $4,556\,335\,252\,755(23) \cdot 10^{-8}$
1 Гц	(1 Гц) $h/k =$ $4,799\,2434(44) \cdot 10^{-11}$	(1 Гц) $h =$ $4,135\,667\,516(91) \cdot 10^{-15}$	(1 Гц) $h/c^2 =$ $4,439\,821\,6689(31) \cdot 10^{-24}$	(1 Гц) $h =$ $1,519\,829\,846\,0045(76) \cdot 10^{-16}$
1 К	(1 К) = 1	(1 К) $k =$ $8,617\,3324(78) \cdot 10^{-5}$	(1 К) $k/c^2 =$ $9,251\,0868(84) \cdot 10^{-14}$	(1 К) $k =$ $3,166\,8114(29) \cdot 10^{-6}$
1 эВ	(1 эВ)/ $k =$ $1,160\,4519(11) \cdot 10^4$	(1 эВ) = 1	(1 эВ)/ $c^2 =$ $1,073\,544\,150(24) \cdot 10^{-9}$	(1 эВ) = $3,674\,932\,379(81) \cdot 10^{-2}$
1 а.е.м.	(1 а.е.м.) $c^2/k =$ $1,080\,954\,08(98) \cdot 10^{13}$	(1 а.е.м.) $c^2 =$ $931,494\,061(21) \cdot 10^6$	(1 а.е.м.) = 1	(1 а.е.м.) $c^2 =$ $3,423\,177\,6845(24) \cdot 10^7$
1 $E_h$	(1 $E_h$ )/ $k =$ $3,157\,7504(29) \cdot 10^5$	(1 $E_h$ ) = 27,211 385 05(60)	(1 $E_h$ )/ $c^2 =$ $2,921\,262\,3246(21) \cdot 10^{-8}$	(1 $E_h$ ) = 1

### Список литературы

1. P.J. Mohr, B.N. Taylor, and D.B. Newell, *CODATA Recommended values of the fundamental physical constants: 2010, Review of Modern Physics*, vol. 84, pp. 1527-1605 (2012).
2. С.Г. Каршенбойм, *Прогресс в уточнении фундаментальных физических констант: рекомендованные значения КОДАТА-2010*, Успехи физических наук, т. 183, ее. 935—962 (2013).
3. *The International System of Units (SI)*, BIPM, Sevres, 2006.
4. ГОСТ 8.417-2002. ГСН. ЕДИНИЦЫ ВЕЛИЧИН.
5. CIPM, 1988, Recommendation 1: *Representation of the volt by means of the Josephson effect*, *Metrologia*, vol. 26, pp. 69-70 (1989).
6. CIPM, 2000, Recommendation: *Use of the von Klitzing constant to express the value of a reference standard of resistance as a function of the quantum Hall effect*, *Metrologia*, vol. 38, p. 91 (2001).