

Метрология

Шапаева Татьяна Борисовна

**Доцент кафедры магнетизма физического
факультета МГУ имени М.В. Ломоносова**



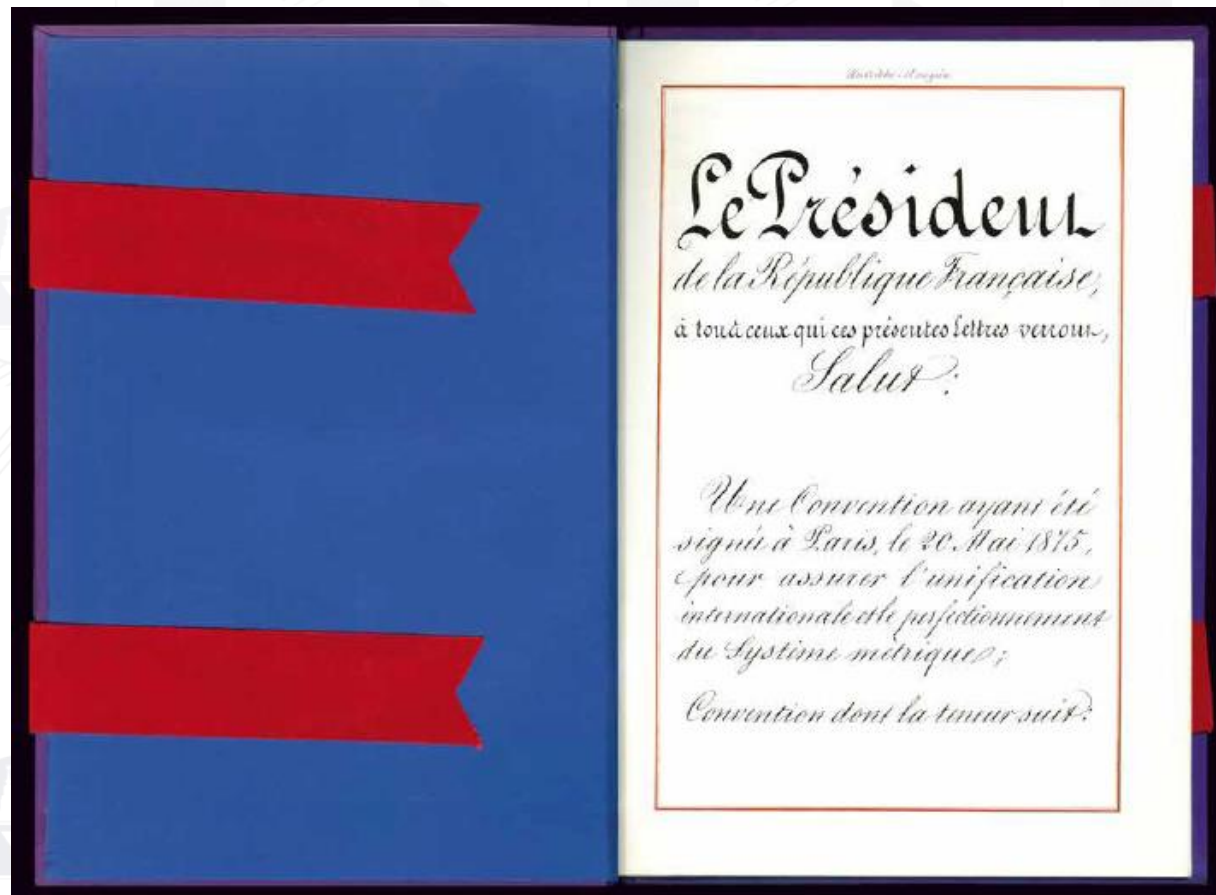
Физический факультет Московского государственного университета
имени М.В. Ломоносова

Метрология

- Краткая история
- Метрология в современном мире
- Метрология в Российской Федерации
- Государственные первичные эталоны основных единиц
 - ГЭТ 1-2022
 - ГЭТ 2-2021
 - ГЭТ 3-2020
 - ГЭТ 4-91
 - и некоторые другие
- Метрология будущего



20 мая – Всемирный день метрологии



- ✓ В начале 1840 года во Франции была введена метрическая система мер.
- ✓ **20 мая 1875 г. в Париже 17 стран подписали Метрическую конвенцию – первое межправительственное соглашение в метрологии** (Аргентина, Австро-Венгрия, Бельгия, Бразилия, Дания, Франция, Германия, Италия, Перу, Португалия, Россия, Испания, Швеция и Норвегия, Швейцария, Османская империя, Соединенные Штаты Америки и Венесуэла)
- ✓ **20 мая 1875 г.** на основе Конвенции создали Международное бюро мер и весов и установили рамки для мирового сотрудничества и взаимодействия измерительных наук.



Международное бюро мер и весов

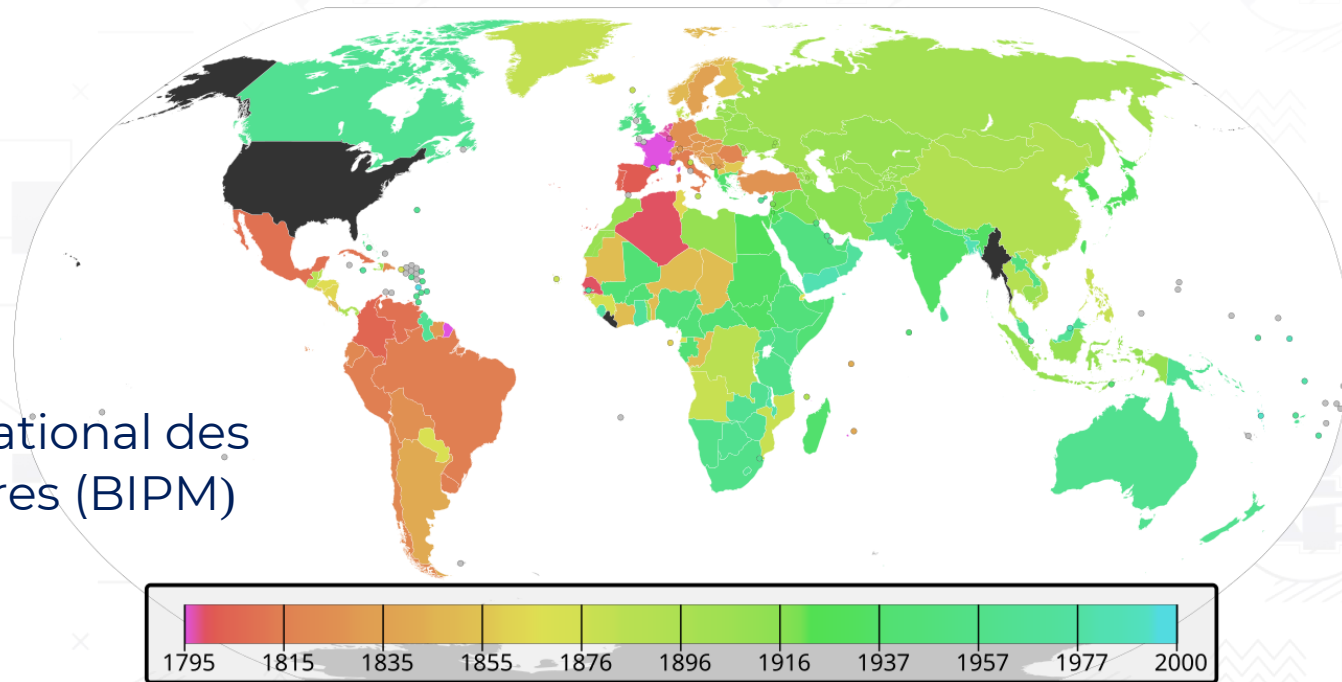
— постоянно действующая международная организация со штаб-квартирой, расположенной в городе Севр (предместье Парижа).



Bureau International des Poids et Mesures (BIPM)

<https://www.bipm.org>

Метрическая конвенция до сих пор определяет успешное развитие торговых, экономических и научно-технических связей. **2026 г. — 102 страна-участница** 98% мирового валового продукта.



Даты перехода на метрическую систему. Страны, которые не приняли систему СИ в качестве основной или единственной (Либерия, Мьянма, США), отмечены чёрным цветом.

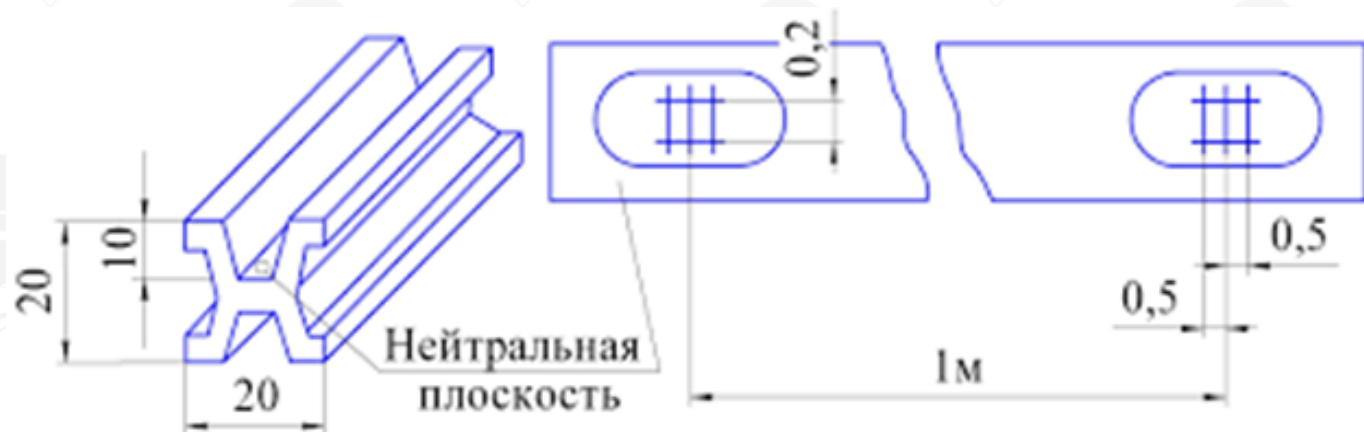


России переданы два эталона массы № 12 и № 26. Эталон массы также выполнен из платино-иридиевого сплава.



Эталон массы № 12 храниться во ВНИИМ им. Д.И. Менделеев. Цилиндр диаметром и высотой 39,17 мм из платино-иридиевого сплава (90 % платины, 10 % иридия).

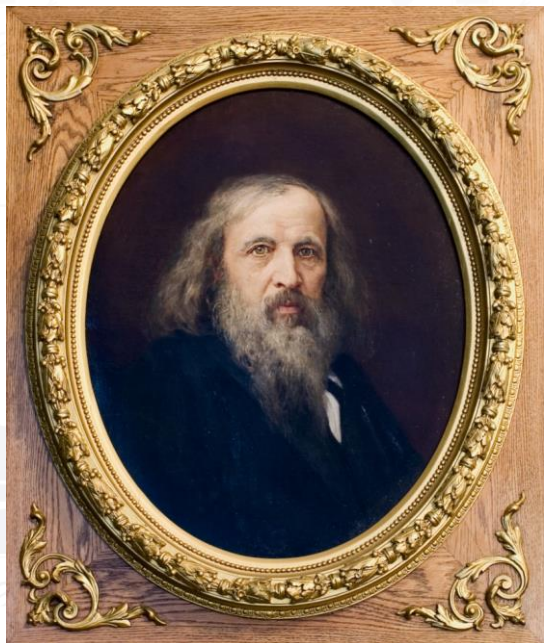
В 1889 году организаторы Первой Генеральной конференция по мерам и весам распределили копии эталонов метрической системы (килограмм и метр) между государствами путём жеребьёвки.



Метр – одна сорокамиллионная часть Парижского меридиана.

Эталон длины выполнен из платино-иридиевого сплава. России переданы два эталона №28 и №11. В настоящее время они хранятся в Санкт-Петербурге во ВНИИМ им. Д.И. Менделеева





Дмитрий Иванович Менделеев
(1834 — 1907)

Член-корреспондент
Петербургской академии наук
(1876), Учёный-хранитель Депо
образцовых мер и весов,
управляющий Главной палатой
мер и весов (1892-1907)



**Всероссийский научно-
исследовательский институт
метрологии имени Д.И. Менделеева**

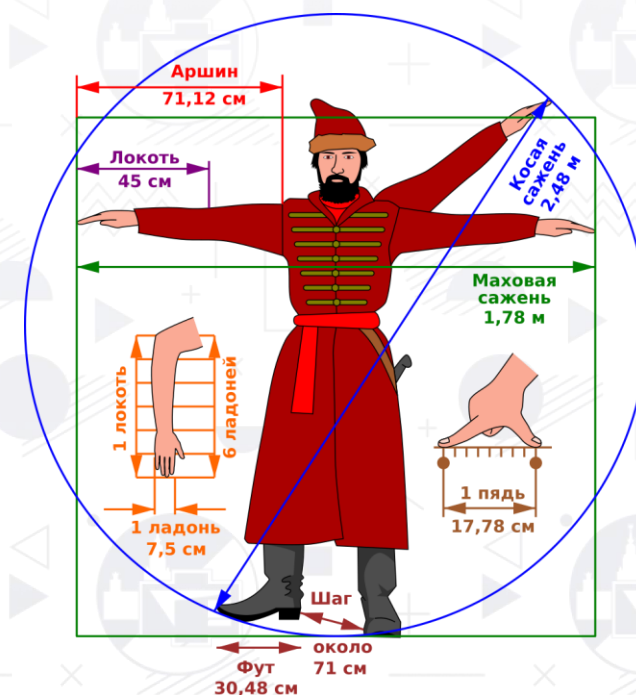
Г. Санкт-Петербург, Московский пр., 19



Физический факультет МГУ



14 сентября 1918 г. принят Декрет СНК РСФСР о введении Метрической системы мер. На смену русскому фунту пришел килограмм, на смену аршину – метр.



УДОБСТВО И РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ МЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МЕР



НА ВСЕ ВРЕМЕНА — ДЛЯ ВСЕХ НАРОДОВ
МЕТРИЧЕСКИЕ МЕРЫ

МЕРЫ ВЕСА:

ТОННА (Т) = 1000 кг
ЦЕНТНЕР (Ц) = 100 кг
КИЛОГРАММ (КГ) = 1000 г
ГРАММ (Г) = 0,001 тонны
ДЕЦИГРАММ (ДГ) = 0,1 грамма
САНТИГРАММ (СГ) = 0,01 грамма
МИЛЛИГРАММ (МГ) = 0,001 грамма

МЕРЫ ВНЕСТИМОСТИ:

ГЕКТОЛИТР (ГЛ) = 100 л
ДЕКАЛИТР (ДАЛ) = 10 л
ЛИТР (Л) = 1 л
ДЕЦИЛИТР (ДЛ) = 0,1 литра
САНТИЛИТР (СЛ) = 0,01 литра
МИЛЛИЛИТР (МЛ) = 0,001 литра
КУБИЧЕСКИЙ МЕТР (КМ) = 1000 л

МЕРЫ ДЛИНЫ:

КИЛОМЕТР (КМ) = 1000 м
МЕТР (М) = 1 м
ДЕЦИМЕТР (ДМ) = 0,1 метра
САНТИМЕТР (СМ) = 0,01 метра
МИЛЛИМЕТР (ММ) = 0,001 метра

МЕРЫ ПЛОЩАДИ:

ГЕКТАР (ГА) = 100 а
АР (А) = 100 кв. м
КВАДРАТНЫЙ МЕТР (КВ. М) = 1 кв. м

ПРОСТОТА ВЫЧИСЛЕНИЯ В МЕТРИЧЕСКИХ МЕРАХ:

ЧТОБЫ УЗНАТЬ, СКОЛЬКО ПРОДАНО МУКИ, НАДО
ВСЕ ЧИСЛА СЛОЖИТЬ:

так как в 1 центнере 100 кг, а в 1 кг 1000 г, то для сложения вычитания умножать все цифры на 1000, а для сложения делить на 1000, а если есть под рукой счеты, то можно складывать на счетах.

150 500 г
44 200 г
12 700 г
32 250 г
24 100 г
200 300 г
468 050 г
или 4 ц 68 кг 50 г



ЧТОБЫ УЗНАТЬ, СКОЛЬКО ДОЛЖНО БЫТЬ В
ОСТАТКЕ, НУЖНО СДЕЛАТЬ ВЫЧИТАНИЕ, ЭТО
МОЖНО ВЫПОЛНИТЬ —

НА СЧЕТАХ
470 000 г
- 468 050 г
1 950 г
то есть 1 кг 950 г



1927 г.
Завершение
перехода
России на
метрическую
систему мер



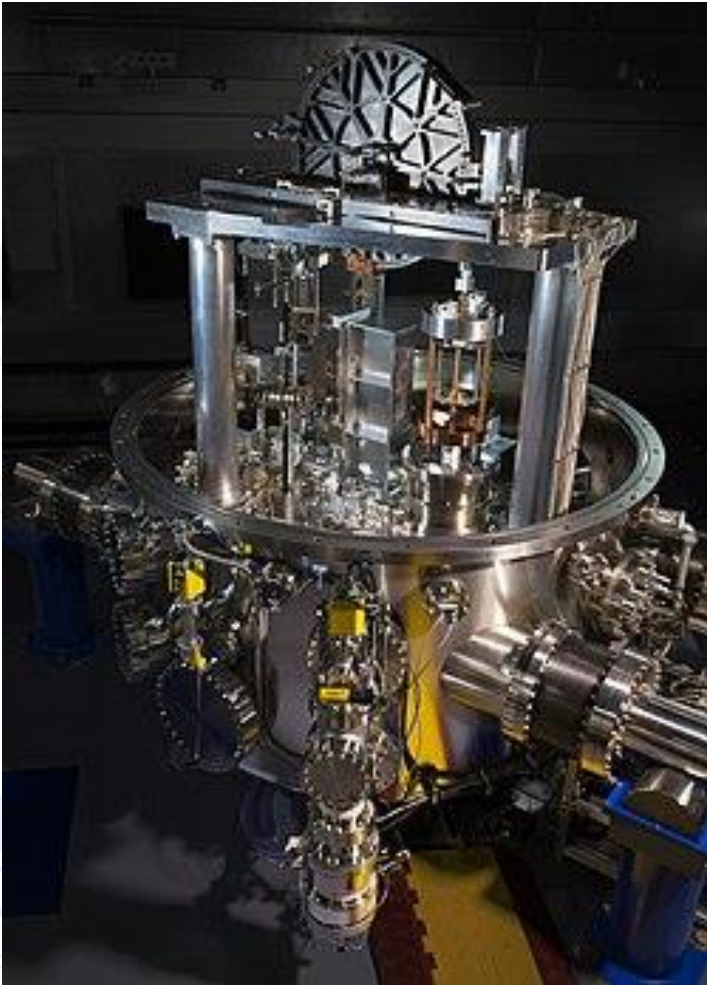
- 1960 г. принята Международная система единиц СИ (System International (SI))
- В Международной палате мер и весов было организовано 10 Консультативных комитетов по видам измерений
- В 2018 г. на 26-й Генеральной конференции по мерам и весам было принято решение об окончательном переходе к обновлённой Международной системе единиц (SI). Участники единогласно проголосовали за новое определение эталонов четырёх единиц СИ — килограмма, ампера, кельвина и моля.

Кандела (cd) — единица силы света. Определена как «сила света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540 \cdot 10^{12}$ Гц, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет $\frac{1}{683}$ Вт/ср» (ср – стерадиан, единица измерения телесного угла).

Эволюция Метрической конвенции



Эволюция метрической конвенции



До 20 мая 2019 года килограмм оставался последней единицей СИ, определённой на основе изготовленного человеком объекта.

С 20 мая 2019 года килограмм определен через постоянную Планка; его величина устанавливается фиксацией численного значения постоянной Планка h равной в точности $6,62607015 \cdot 10^{-34}$, когда она выражена единицей СИ Дж·с, которая эквивалентна $\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$, где метр и секунда определены через c и $\Delta\nu_{\text{Cs}}$.

$$E = mc^2$$

$$E = h\nu$$

Весы Киббла использовались с середины 70-х годов 20 века для измерения величины постоянной Планка.



Современная мировая метрология

В настоящее время, наряду с главной метрологической организацией МБМВ, существуют и сотрудничают несколько региональных метрологических организаций.



AFRIMETS (Intra-Africa Metrology System),
APMP (Asia Pacific Metrology Programme),
COOMET (Euro-Asian Cooperation of National Metrological Institutions),
EURAMET (European Association of Metrology Institutes),
GULFMET (Gulf Association for Metrology),
SIM (Inter-American Metrology System).

Российская Федерация является лидером COOMET



Программой деятельности МБМВ предусмотрены систематические международные сличения национальных эталонов крупнейших метрологических лабораторий разных стран с международными эталонами и между собой.

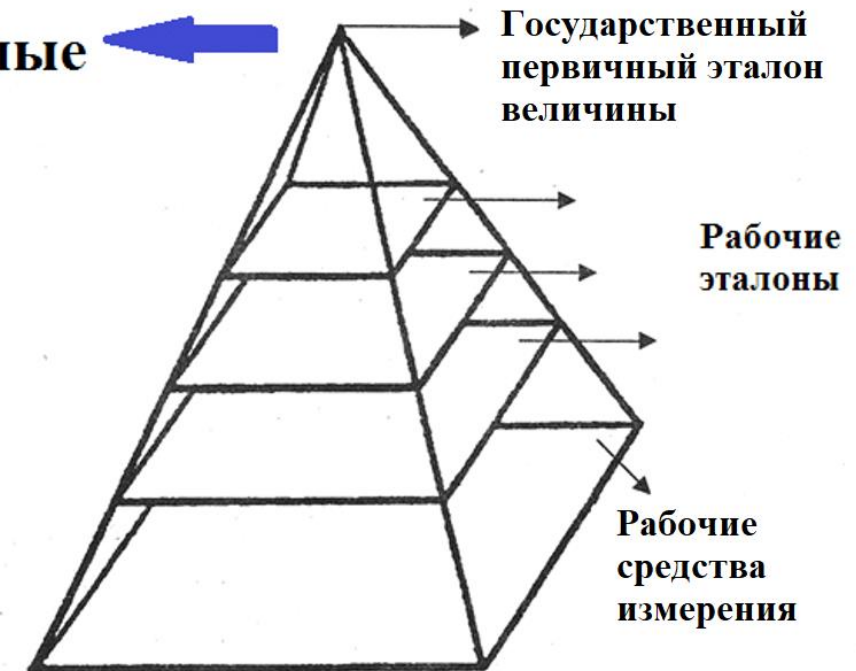
Сличение эталонов – это совокупность операций, устанавливающих соотношение между размерами величины, полученными в результате воспроизведения величины или ее производных с эталонами стран участниц сличений.

Существует несколько видов сличений: ключевые, дополнительные и пилотные.

Для проведения сличений назначается лаборатория-пилот, она несет ответственность за подготовку отчета о сличении.

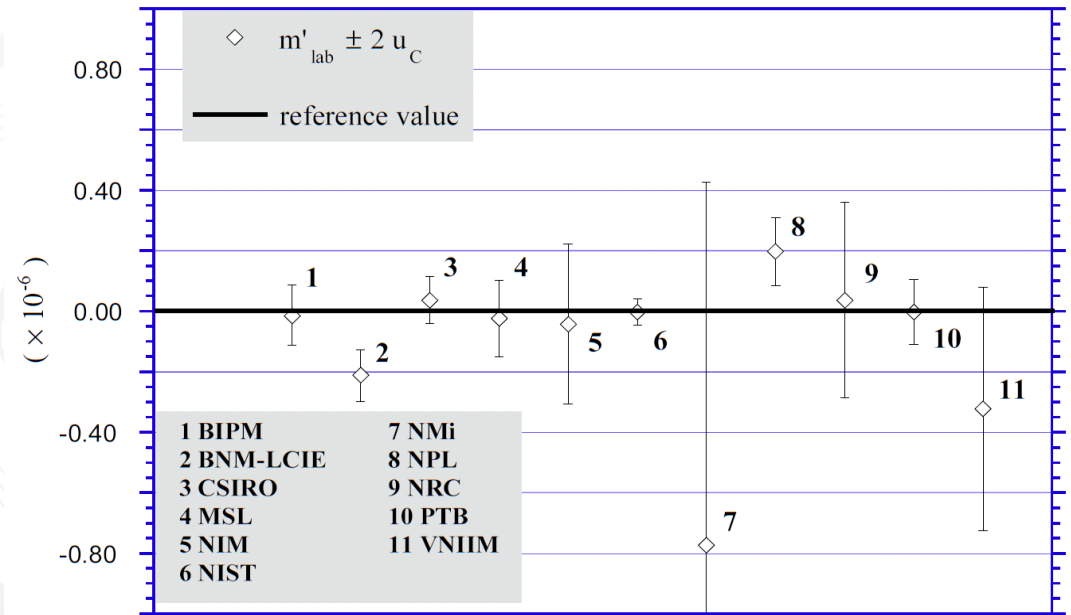
Степень эквивалентности национальных эталонов выражается количественно в значениях отклонений от опорного значения единицы, полученной при ключевом сличении, и неопределенностей в этих отклонениях.

**Международные
сличения**



Результаты ключевых сличений эталонов электрической емкости (http://kcdb.bipm.org/AppendixB/appbresults/ccem-k4/ccem-k4_final_report.pdf).

Участники сличений: **NIST** – National Institute of Standards and Technology (USA, SIM) – Pilot, **BIPM-Bureau International des Poids et Mesures**, **BNM-LCIE** – Bureau National de Métrologie, Laboratoire Central des Industries Électriques (France, EUROMET), **CSIRO-NML** – Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization – National Measurement Laboratory (Australia, APMP), **MSL** – Measurement Standards Laboratory (New Zealand, APMP), **NIM** – National Institute of Metrology (China, APMP), **NMi - Nederlands Meetinstituut** (Netherlands, EUROMET), **NPL** – National Physical Laboratory (UK, EUROMET), **NRC** – National Research Council (Canada, SIM), **PTB** – Physikalisch-Technische Bundesanstalt (Germany EUROMET/COOMET), **VNIIM** – D. I. Mendeleyev Institute for Metrology (Russia, COOMET)

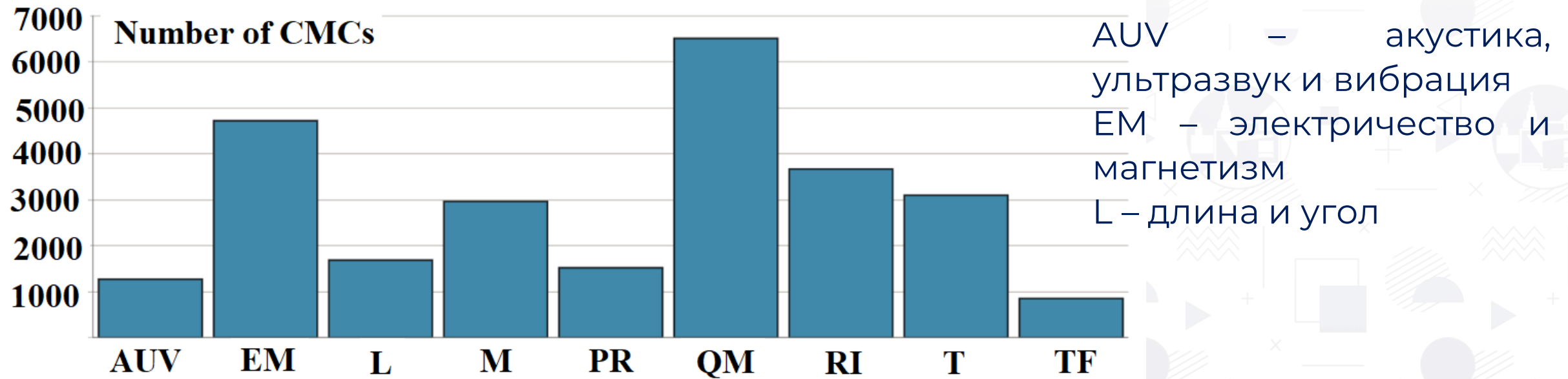


Степень эквивалентности национальных эталонов выражается количественно в значениях отклонений от опорного значения единицы, полученной при ключевом сличении, и неопределенностей в этих отклонениях.



Общее число калибровочных и измерительных возможностей в разных метрологических областях (данные на 15.06.2026)

<https://www.bipm.org/kcdb/cmc/statistics/public>

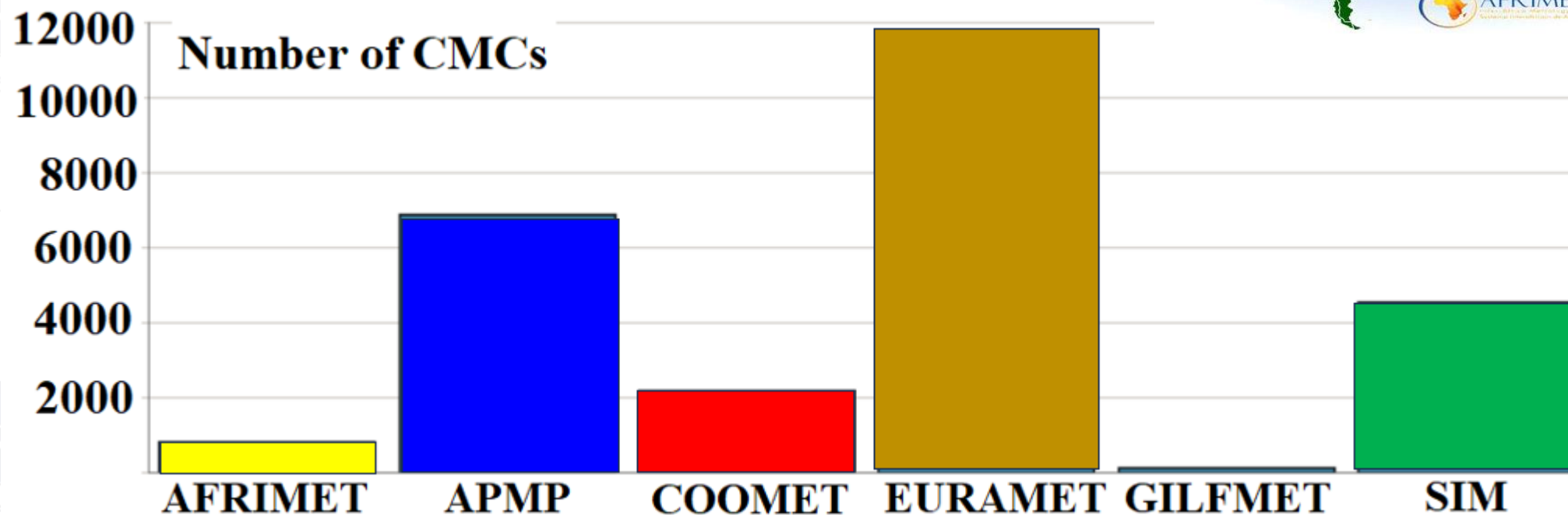


M – масса, сила, давление и вязкость
PR – фотометрия и радиометрия
QM – физико-химические измерения

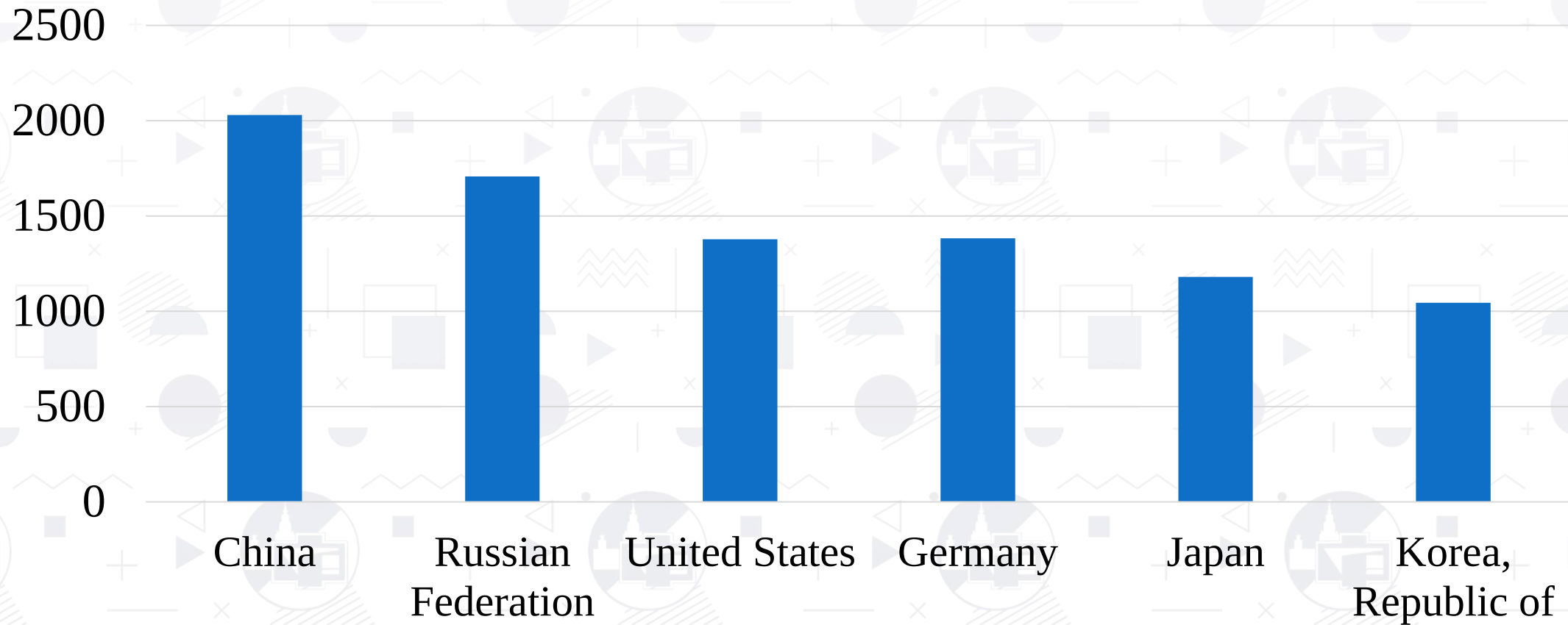
RI – радиация и ионизирующие излучения
T – термометрия
TF – время и частота



Число калибровочных и измерительных
возможностей международных
метрологических организаций (данные на
15.06.2026)
<https://www.bipm.org/kcdb/cmc/statistics/public>



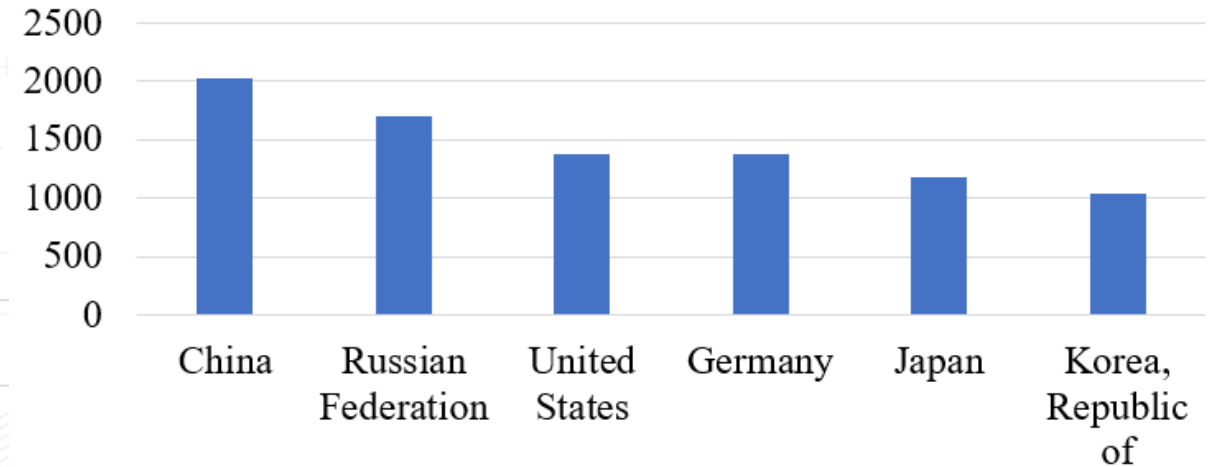
Калибровочные и измерительные возможности лидеров мировой метрологии организаций (данные на 15.06.2026) <https://www.bipm.org/kcdb/cmcs/statistics/public>



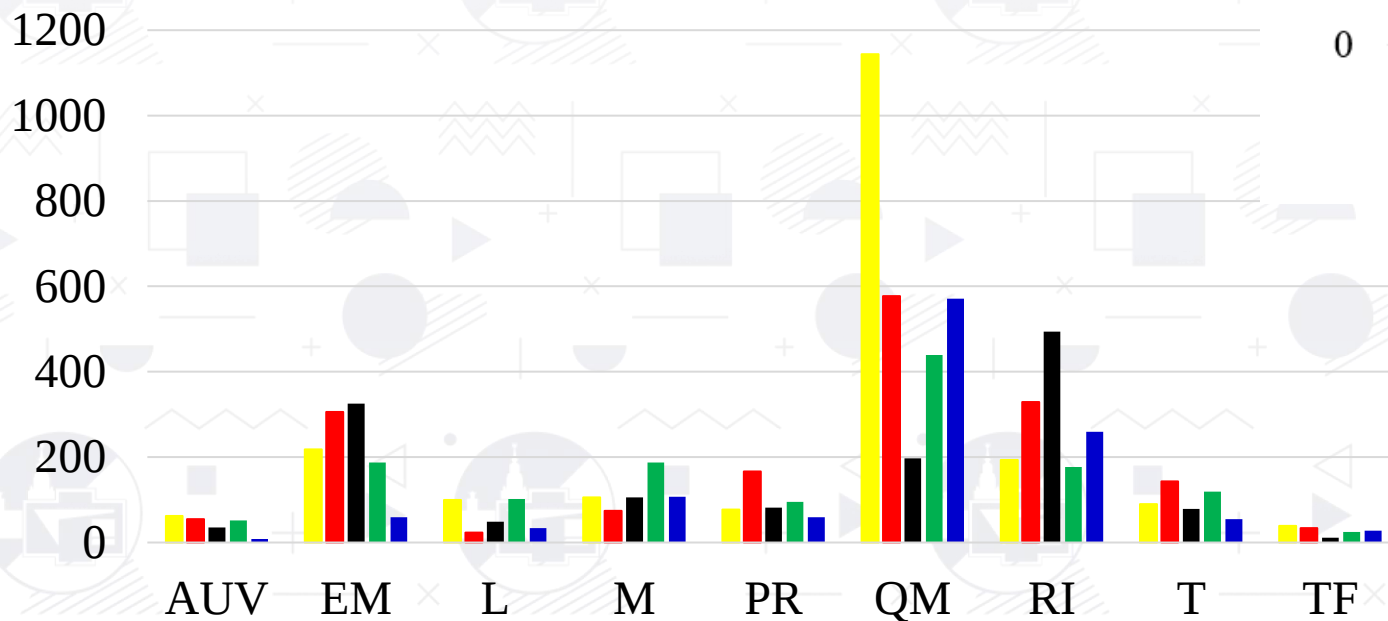
AUV – акустика, ультразвук и вибрация
 EM – электричество и магнетизм
 L – длина и угол
 M – масса, сила, давление и вязкость
 PR – фотометрия и радиометрия
 QM – физико-химические измерения
 RI – радиация и ионизирующие излучения
 T – термометрия
 TF – время и частота

Калибровочные и измерительные возможности лидеров мировой метрологии организаций (данные на 15.06.2026)

<https://www.bipm.org/kcdb/cmc/statistics/public>



Калибровочные и измерительные возможности лидеров в мировой метрологии в разных метрологических областях (Китай, Россия, США, Германия, Япония) (данные на 15.06.2026)



В настоящее время все измерения в России подчиняются Федеральному закону N 102-ФЗ от 26.06.2008 г. "Об обеспечении единства измерений".

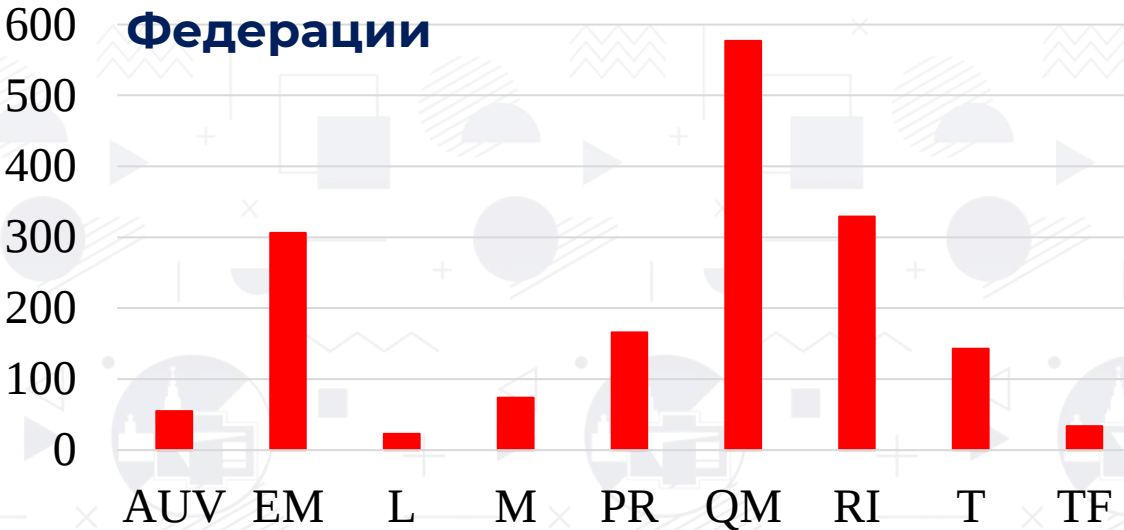
**Государственные
первичные эталоны
Российской Федерации**



Количество эталонов	Метрологическая область								
	AUV	EM	L	M	PR	QM	RI	T	TF
164	9	43	18	27	24	18	14	15	1

Метрологические НИИ	164	Город
ВНИИМ	62	Санкт-Петербург
ВНИИФТРИ	50	Иркутск, Хабаровск, Московская область, пос. Менделеево
ВНИИОФИ	28	Москва
СНИИМ	6	Новосибирск
УНИИМ	10	Екатеринбург
ВНИИМС	8	Москва

**Калибровочные и измерительные
возможности Российской
Федерации**



ГЭТ 1-2022. Государственный первичный эталон единиц времени, частоты и национальной шкалы времени

Официальной датой основания ВНИИФТРИ считается 18 февраля 1955 года. институт был создан на базе Центрального научно-исследовательского бюро единой службы времени, ЦНИИ радиоизмерений и ЦНИИ физико-технических измерений.

4 октября 1957 г. служба времени ВНИИФТРИ начала передавать сигналы времени в виде шести точек и через специальные радиостанции секундные, минутные и пятиминутные сигналы длительными сеансами для обеспечения станций наблюдения за искусственным спутником Земли.

С 1 января 1960 года институт начал круглосуточно передавать сигналы точного времени, а в 1962 году начались регулярные работы по определению параметров вращения Земли.



Метрологические НИИ	164	Город
ВНИИМ	62	Санкт-Петербург
ВНИИФТРИ	50	Иркутск, Хабаровск, Московская область, пос. Менделеево



ГЭТ 1-2022. Государственный первичный эталон единиц времени, частоты и национальной шкалы времени



С 1964 года во ВНИИФТРИ начались работы по созданию комплексов аппаратуры для государственного эталона, воспроизводящего и хранящего размер атомной секунды и атомной шкалы времени. В 1967 году эталон был официально утвержден Госстандартом в качестве Государственного первичного эталона времени, частоты и атомной шкалы времени. Государственный эталон времени и частоты обеспечивал воспроизведение единиц измерений с погрешностью 1×10^{-11} .



Сергей Борисович Пушкин, 1972г.



ГЭТ 1-2022. Государственный первичный эталон единиц времени, частоты и национальной шкалы времени



Секунда равна продолжительности 9 192 631 770 периодов излучения, соответствующего переходу между двумя уровнями невозмущенного основного состояния атома цезия-133.

Государственный первичный эталон единиц времени, частоты и национальной шкалы времени

<https://www.vniiftri.ru/standards/izmereniya-vremeni-i-chastoty/get-1-2022-gosudarstvennyy-pervichnyy-etalon-edinits-vremeni-chastoty-i-natsionalnoy-shkaly-vremeni/>



ГЭТ 1-2022. Государственный первичный эталон единиц времени, частоты и национальной шкалы времени

Секунда равна продолжительности 9 192 631 770 периодов излучения, соответствующего переходу между двумя уровнями невозмущенного основного состояния атома цезия-133.



Наименование характеристики, единицы измерения	Значение
Диапазон измеряемых интервалов, с	$1,0 \cdot 10^{-9} - 1,0 \cdot 10^8$
Диапазон измеряемых частот, Гц	$1,0 \cdot 10^{-3} - 5,7 \cdot 10^{14}$
Ниминальное значение частоты, при котором воспроизводятся единицы времени и частоты, Гц	9 192 631 770
Относительное среднее квадратическое отклонение результата измерений при воспроизведении единиц времени	$\leq 1,0 \cdot 10^{-15}$

<https://www.vniiftri.ru/standards/izmereniya-vremeni-i-chastoty/get-1-2022-gosudarstvennyy-pervichnyy-etalon-edinits-vremeni-chastoty-i-natsionalnoy-shkaly-vremeni/>



ГЭТ 2-2021. Государственный первичный эталон единицы длины – метра

В 1889 году организаторы Первой Генеральной конференция по мерам и весам распределили копии эталонов метра между государствами.



Метр – одна сорокамиллионная часть Парижского меридиана.
Эталон длины выполнен из платино-иридиевого сплава. России переданы два эталона №28 и №11. В настоящее время они хранятся в Санкт-Петербурге во ВНИИМ им. Д.И. Менделеева

В 1960 году было решено отказаться от использования изготовленного людьми предмета в качестве эталона метра. С этого момента метр определялся как число 1 650 763,73, умноженное на длину волны оранжевой линии (6 056 Å) спектра, излучаемого изотопом криптона 86Kr в вакууме.

Современное определение метра в терминах времени и скорости света было принято XVII Генеральной конференцией по мерам и весам в 1983 году.

Метр — длина пути, проходимого светом в вакууме за интервал времени 1/299 792 458 секунды.

Скорость света
299 792 458 м/с (1,2 м/с)



ГЭТ 2-2021. Государственный первичный эталон единицы длины – метра

В состав эталона входят :

- источник эталонного излучения – He-Ne/I₂ лазер,
- источник эталонного излучения – Nd:YAG лазер, транспортируемый источник эталонного излучения – He-Ne/I₂ лазер,
- комплекс аппаратуры для измерения частоты (длины волны в вакууме) лазеров в диапазоне длин волн от 500 до 1050 нм,
- стандарт частоты и времени водородный Ч1-1003М,
- установка для измерений разности частот источников лазерного излучения,
- компаратор универсальный интерференционный метровый,
- компаратор лазерный интерференционный для измерений длины в субмикронном и нанодиапазоне,
- интерферометр гетеродинный,
- компаратор лазерный интерференционный тридцатиметровый.



ГЭТ 2-2021. Государственный первичный эталон единицы длины – метра



Наименование характеристики, единицы измерения		Значение
Номинальные значения длин волн, при которых воспроизводится единица		633 нм, 532 нм
Диапазон передачи единицы		От $1,0 \cdot 10^{-9}$ до 30 м
Среднее квадратическое отклонение воспроизведения единицы длины (при 100 независимых измерениях) на длине волны:	633 нм	$1,6 \cdot 10^{-12}$
	633 нм (транспортируемый лазер)	$6,2 \cdot 10^{-12}$
	532 нм	$1,3 \cdot 10^{-12}$



ГЭТ 3-2020. Государственный первичный эталон единицы массы – килограмма

В 1872 году России переданы два эталона массы №26 и №12. Эталон массы выполнен из платино-иридиевого сплава.



[«Мир измерений», <https://ria-stk.ru/mi/adetail.php?ID=44188>]

Эталон массы №12 хранится во ВНИИМ им. Д.И. Менделеев. Цилиндр диаметром и высотой 39,17 мм из платино-иридиевого сплава (90 % платины, 10 % иридия).

Сегодня килограмм – самый проблемный эталон в мире: единственный оставшийся на сегодняшний день в обиходе эталон-артефакт загадочным образом теряет в весе. Поэтому самой актуальной для метрологического сообщества сегодня является проблема смены прототипа килограмма. Пока предложено два альтернативных варианта определения единицы массы через физические константы: “электрический” килограмм и “химический” килограмм...



ГЭТ 3-2020. Государственный первичный эталон единицы массы – килограмма

Закон Фарадея

$$\varepsilon = BLv$$

ε – ЭДС индукции; B – индукция магнитного поля, L – длина проводника, v – скорость проводника

$$BL = \frac{\varepsilon}{v}$$

Закон Ампера

$$mg = BLI$$

I – ток, протекающий через обмотку при вывешивании массы m

$$BL = \frac{mg}{I}$$

$$mgv = \varepsilon I$$



Общий вид макета на основе весовой ячейки



В основе создания ватт-весов лежит сравнение электрической и механической мощности



ГЭТ 3-2020. Государственный первичный эталон единицы массы – килограмма



Национальный
прототип килограмма

Комплект
компараторов массы

Автоматическая
климатическая камера

ГЭТ-3-2020

Эталон-свидетель

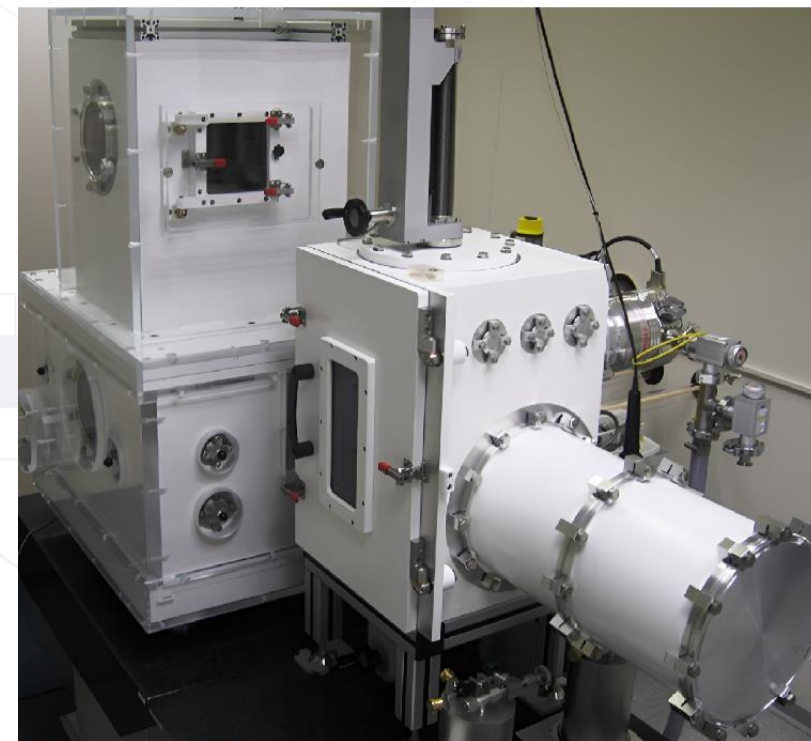
Комплект специальных
мер массы

Вакуумный
компаратор массы



Наименование характеристики, единицы измерения	Значение, кг
Диапазон измерений	$5,0 \cdot 10^{-8} - 20$
Стандартная неопределенность	$2,9 \cdot 10^{-9}$

<https://www.vniim.ru/gpe-vniim-55.html#m>

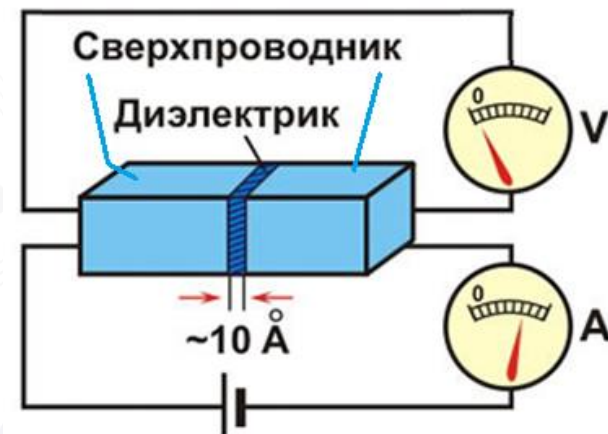
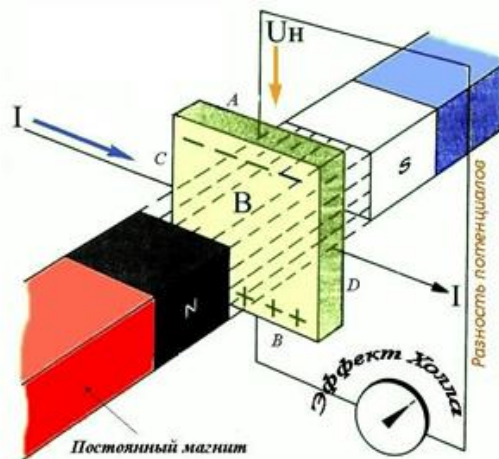


ГЭТ 4-91. Государственный первичный эталон единицы силы постоянного электрического тока

Ампер – единица электрического тока, определенная путём фиксации численного значения элементарного заряда равного $1,602\,176\,634 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Основа работы эталона – использование значений фундаментальных физических констант, квантовых эффектов Холла и Джозефсона.

Возникновение в проводнике разности потенциалов на краях образца (напряжения Холла) при протекании в нем тока, перпендикулярного внешнему магнитному полю. Холловское напряжение пропорциональное магнитному полю и силе тока.



Эффект Джозефсона – протекание тока через контакт, образованный двумя сверхпроводниками, разделенными тонким слоем диэлектрика. Куперовские пары электронов проходят через слой диэлектрика благодаря туннельному эффекту. Сила тока в контакте не изменяется непрерывно, а квантуется.





ГЭТ 4-91. Государственный первичный эталон единицы силы постоянного электрического тока

Эталон ампера в области
малых токов ($10^{-16} - 10^{-9}$ А)

<https://www.vniim.ru/gpe-vniim-em.html#get4>



Наименование характеристики, единицы измерения			Значение
Номинальные значения, диапазон измерений			1 А, 1 мА, $1 \cdot 10^{-16} - 1 \cdot 10^{-9}$ А
Среднее отклонение	квадратичное	При значениях 1 А, 1 мА	$1,1 \cdot 10^{-7}$
		В диапазоне $1 \cdot 10^{-16} - 1 \cdot 10^{-9}$ А	$1,2 \cdot 10^{-2} - 2,4 \cdot 10^{-4}$



Измерение размеров в разных диапазонах

ГЭТ 2-2021 Государственный первичный эталон единицы длины – метра (ВНИИМ)

Наименование характеристики, единицы измерения	Значение, м
Диапазон передачи единицы	От $1,0 \cdot 10^{-9}$ до 30
Среднее квадратическое отклонение воспроизведения единицы длины	$(1,3 - 6,2) \cdot 10^{-12}$

ГЭТ 199-2024. Государственный первичный специальный эталон единицы длины (ВНИИФТРИ)

Наименование характеристики, единицы измерения		Значение
Диапазон измерений		0 до 4000 км
Среднее квадратическое отклонение	В диапазоне до 60 м	2,2 мкм
	В диапазоне до 60 м в режиме измерений приращений координат (длины)	26,2 мкм
	В диапазоне от 24 до 3000 м	0,1-0,7 мм
	В диапазоне от 1 до 4000 км	23 мм

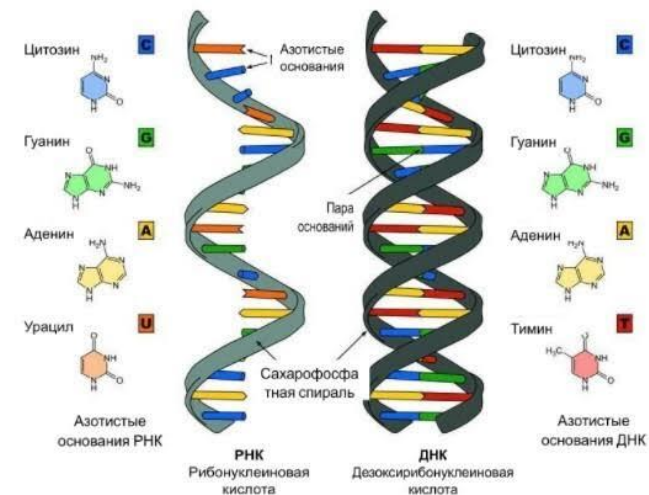
ГЭТ 113-2014. Государственный первичный специальный эталон единицы длины в области измерений параметров шероховатости Rmax, Rz и Ra (ВНИИМС)

Наименование характеристики, единицы измерения	Значение
параметров шероховатости Rmax, Rz	от 1 нм до 3000 мкм
Ra в диапазоне	от 1 нм до 750 мкм
Среднее квадратическое отклонение воспроизведения единицы длины:	от 0,2 нм до 0,04 мкм



«Необычные» эталоны

ГЭТ 220-2024. Государственный первичный
эталон единицы числа копий
последовательности ДНК. (ВНИИМ)



Воспроизводимая величина	Диапазон	Относительная суммарная стандартная неопределенность, %
Число копий последовательности ДНК	100 – 1500	от 13,1 до 4,8
	свыше 1500 – 3000	от 4,8 до 2,3
	свыше 3000 – 100000	от 2,4 до 2,3
Концентрация копий последовательности ДНК	10 – 150 мм ⁻³	от 13,1 до 4,9
	свыше 150 – 300 мм ⁻³	от 4,9 до 2,5
	свыше 300 – 10000 мм ⁻³	от 2,6 до 2,5
Отношение числа копий последовательностей ДНК	от 1:1000 до 1:67	от 13,2 до 5,2
	свыше 1:67 до 1:33	от 5,2 до 3,2
	свыше 1:33 до 1:1	от 2,9 до 2,8

Прослеживаемость измерений в области анализа нуклеиновых кислот <https://www.vniim.ru/etalon.html>



ГЭТ 200-2023. Государственный первичный эталон единицы количества переданной (принятой) информации (данных) и единиц величин параметров пакетных сетей передачи данных (ВНИИФТРИ)



Наименование характеристики, единицы измерения	Значение
«Необычные» эталоны	
Номинальные значения, диапазон	Диапазон воспроизведения задержки передачи пакетов данных от 0 до $1,5 \cdot 10^6$ мкс, диапазон воспроизведения вариации задержки передачи пакетов данных от 0 до $1 \cdot 10^5$ мкс, диапазон воспроизводимой пропускной способности канала передачи данных от 10 кбит/с до 10 Гбит/с, диапазон воспроизведения количества цифровой информации в диапазоне от 1 байт до 1 Терабайт (2^{40} байт), диапазон расчёта коэффициента потерь пакетов данных от $1 \cdot 10^{-4}$ до 1
Среднее квадратическое отклонение воспроизведения единицы длины	0,0075 мкс при воспроизведении задержки передачи пакетов данных в диапазоне от 0 до 10 мкс, 0,075 % при воспроизведении задержки передачи пакетов данных в диапазоне свыше 10 до $1,5 \cdot 10^6$ мкс. 0,0075 мкс при воспроизведении вариации задержки передачи пакетов данных в диапазоне от 0 до 10 мкс, 0,075 % при воспроизведении вариации задержки передачи пакетов данных в диапазоне свыше 10 до $1 \cdot 10^5$ мкс. 0,072 % при воспроизведении пропускной способности канала передачи данных в диапазоне от 10 кбит/с до 10 Гбит/с. 0 байт при воспроизведении единицы количества цифровой информации в диапазоне от 1 байт до 1 Терабайт.



ГЭТ 218-2022. Государственный первичный специальный эталон координат местоположения (ВНИИФТРИ)

«Необычные» эталоны



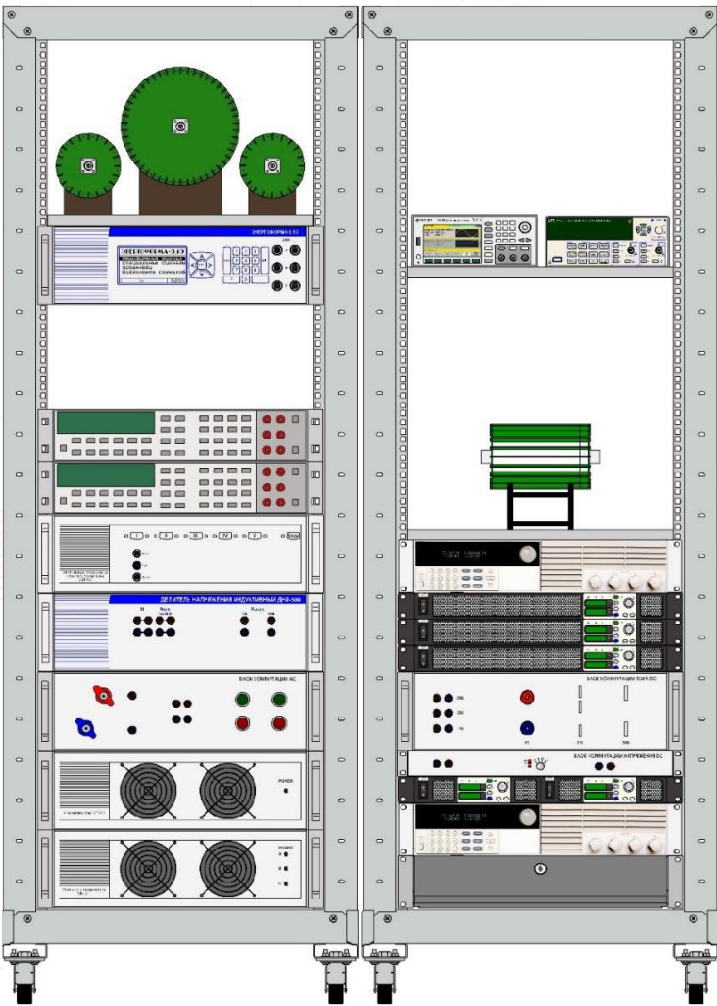
Цель создания эталона – развитие комплекса средств метрологического обеспечения системы ГЛОНАСС в части метрологического обеспечения средств измерения координат, решение задач обеспечения единства измерений спутниковой геодезической и навигационной аппаратуры.



В настоящее время идет работа над созданием Комплекса высшей точности для метрологического обеспечения средств измерений электроэнергетических величин в сетях нового поколения и станций зарядки электротранспорта

Метрология будущего

Наименование	Значение по ТЗ
Диапазон измерения переменного напряжения с частотой от 40 до 400 Гц	от 0,001 до 500 В
Диапазон измерения силы переменного тока с частотой от 40 до 400 Гц	от 0,001 до 120 А
Диапазон измерения постоянного напряжения	от 1 до 1000 В
Диапазон измерения силы постоянного тока	от 1 до 500 А
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений действующего значения переменного напряжения в диапазоне частот от 40 до 400 Гц	0,002 % (от 0,1 до 500 В) 0,005 % (от 0,01 до 0,1 В) 0,01 % (от 0,001 до 0,01 В)
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений действующего значения силы переменного тока в диапазоне частот от 40 до 400 Гц	0,003 % (от 0,01 до 120 А) 0,005 % (от 0,001 до 0,01 А)
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений постоянного напряжения	0,002 %
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений силы постоянного тока	0,003 % (от 1 до 100 А) 0,005 % (от 100 до 500 А)
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений мощности постоянного тока	0,004 % (от 0,01 до 100 кВт) 0,006 % (от 100 до 500 кВт)



Метрология

- Краткая история
- Метрология в современном мире
- Метрология в Российской Федерации
- Государственные первичные эталоны основных единиц
 - ГЭТ 1-2022
 - ГЭТ 2-2021
 - ГЭТ 3-2020
 - ГЭТ 4-91
 - и некоторые другие
- Метрология будущего

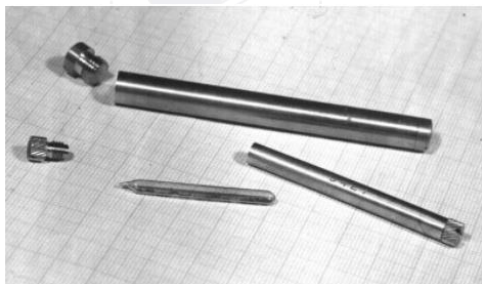


С 1928 по 1969 г. государственным эталоном единицы массы радия служил радиевый образец, изготовленный в 1927 г. Этот эталон был сличен с первичным международным радиевым эталоном, изготовленным в 1911 г. в Париже Марией Кюри.

В начале тридцатых годов возникли опасения за сохранность международных радиевых эталонов 1911 г.

В 1934 г. было изготовлено 20 навесок, их поместили в стеклянные ампулы внутренним диаметром 3 мм, толщиной стенок 0,27 мм и длиной около 40 мм, 2 июня ампулы были запаяны. Изготовленные таким образом эталоны получили номера с 5421 до 5442.

В 1956 г. СССР получил эталон № 5427.



Результаты сличений 1963—1964 гг.

Лаборатория	Метод	Масса радия в эталонах, мг						Среднее квадратическое отклонение, %
		5426	5430	5427	5428	5422	5436	
Мюнхен	В	14,608	16,922	21,283	23,407	24,785	38,060	—
Различные		14,614	16,935	—	23,428	—	—	—
Лаборатория Кюри	К	14,627	16,967	21,273	—	24,795	37,988	0,13
		14,621	16,949	21,283	—	24,797	38,035	0,10
ПТБ	К	14,612	—	21,279	—	24,785	—	0,02
	И	14,613	—	21,279	—	24,785	—	0,03
Институт радия	И	—	—	21,269	23,407	—	—	0,04

Методы: ионизационный (И),
калориметрический (К).

