

Существует лишь то, что
можно измерить...

Макс Планк

Из истории метрологии и теории
измерений

Измерение массы

Потребность в измерениях возникла в незапамятные времена. Для этого в первую очередь использовались подручные средства.



Семена цератонии стручковой (рождкового дерева) служили мерой веса для взвешивания золотых изделий и драгоценных камней. Производная от названия дерева – *карат*, равный 0,2 г – применяется и до сих пор



Единица аптекарского веса – *гран*, что в переводе с латинского, означает “зерно” – равна 0,062 г (в России) или 0,064 г (в некоторых странах)

Меры длины

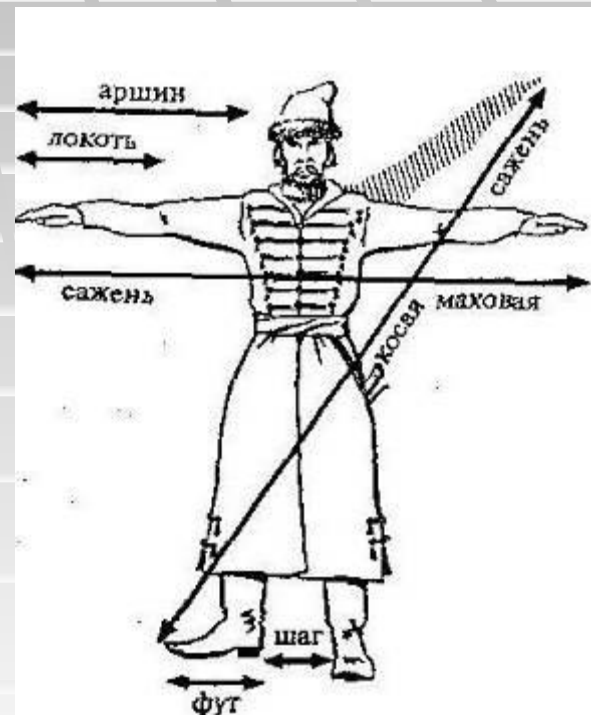
Многие меры имели антропометрическое происхождение или были связаны с конкретной трудовой деятельностью человека. Так, в Киевской Руси применялись в обиходе **вершок** – длина фаланги указательного пальца; **пядь** – расстояние между концами вытянутых большого и указательного пальцев; **локоть** – расстояние от локтя до конца среднего пальца; **сажень** – от “сягать”, “достигать”, т. е. можно достать; **косая сажень** – расстояние от подошвы левой ноги до конца среднего пальца вытянутой вверх правой руки; **верста** – от “верти, поворачивая” плуг обратно, длина борозды



вершок



пядь

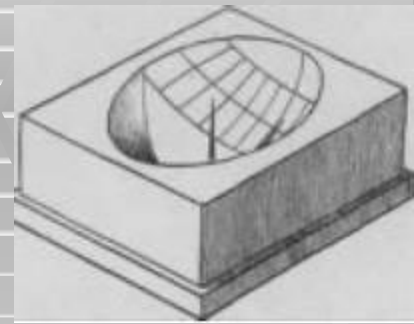


Измерение времени

Древние вавилоняне установили **год, месяц, час**. Их год, измеренный в V веке до н.э. всего на несколько минут отличался от современного.

Число 60 являлось одним из священных волшебных чисел: оно было принято у вавилонян за основу счета, как у нас 100. Час делили на 60 минут, минуту – на 60 секунд. Эти деления круга и часа также перешли к нам.

В Вавилоне во II в. до н. э. время измерялось в **минах**. Мина равнялась промежутку времени (около двух астрономических часов), за который из принятых в Вавилоне водяных часов вытекала “мина” воды, масса которой составляла около 500 г. Затем мина сократилась и превратилась в привычную для нас *минуту*. Со временем водяные часы уступили место песочным, а затем и более сложным маятниковым часам.



Древние часы

Всё можно измерить?

Итак, для измерений необходимы опорные метки — меры. Сначала появились «естественные» меры, которые можно было легко воспроизвести. Исторически они связывались с какими-то свойствами растений, животных и людей. Так, в древности существовала мера земельной площади, которую называли «бычий рев». Это размер участка, в пределах которого этот звук отчетливо слышен.



Набор
средневекового
купца: весы, гири

С развитием ремесел и торговли появились и специально изготовленные единицы — линейки, мерные емкости, гири. Их введение часто сопровождалось соглашениями, а то и приказами. Скажем, французский туаз — это изначально «шесть королевских шагов». Потом изготавливались стабильные прототипы мер (правда они могли отличаться друг от друга).

Двинская грамота Ивана Грозного (1550 г.).

Важнейшим метрологическим документом в России является Двинская грамота Ивана Грозного. В ней регламентированы правила хранения и передачи размера новой меры сыпучих веществ - **осьмины**. Ее медные экземпляры рассылались по городам на хранение выборным людям - старостам, соцким, целовальникам. С этих мер надлежало сделать клейменные деревянные копии для городских померщиков, а с тех, в свою очередь, - деревянные копии для использования в обиходе.



Метрологические реформы России

Метрологической реформой Петра I к обращению в России были допущены английские меры, получившие особенно широкое распространение на флоте и в кораблестроении - **футы, дюймы**. В 1736 г. при правлении Анны Иоанновны по решению Сената была образована Комиссия весов и мер под председательством главного директора Монетного двора графа М.Г. Головкина. В состав комиссии входил Л. Эйлер. В качестве исходных мер комиссия изготовила **медный аршин** и **деревянную сажень**, за меру веществ было принято **ведро** московского Каменномостовского питейного двора. Важнейшим шагом, подытожившим работу комиссии, было создание русского **эталонного фунта**.



Рождение десятичной шкалы и метрической системы

Официальным рождением десятичной шкалы измерений длины принято считать 1670 год –

ее предложил французский математик и астроном Габриэль Мутон. Пятью годами позже итальянский архитектор и оптик Тито

Ливิโอ Бураттини предложил принять за всеобщую единицу линейных измерений длину маятника с секундным полупериодом. Он

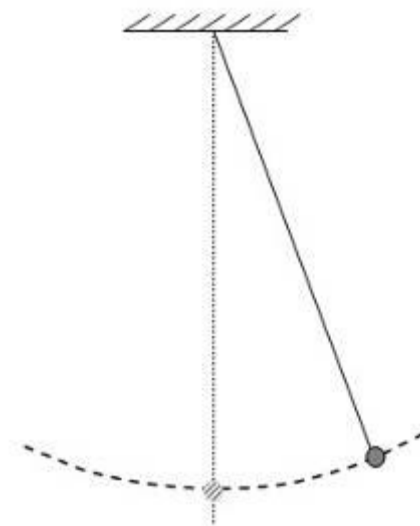
назвал ее **Всеобщим метром**. По формуле для периода математического маятника, взяв ускорение свободного падения, скажем,

на широте Москвы, получится, что эталон

Бураттини расходится в длине с сегодняшним метром лишь примерно на полсантиметра (на практике этот способ непригоден, т.к. g зависит от широты).

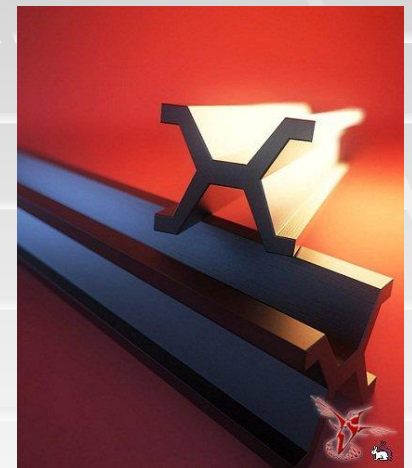
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

В разных местах
земного шара
маятник качается
по-разному



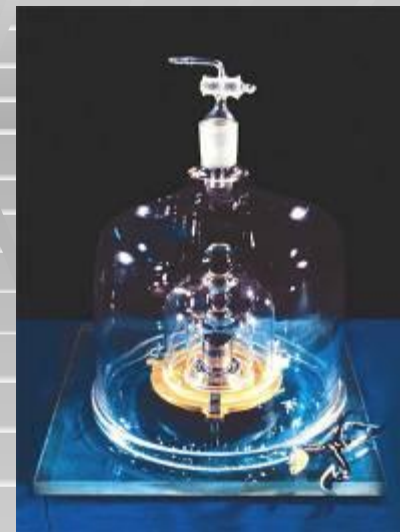
Рождение метра

Название «**метр**» (от греческого *metron* – мера) в 1790 году придумал парижский преподаватель математики Леблон. 19 марта 1791 года академическая Комиссия мер и весов в составе звезд французской науки Лагранжа, Лапласа, Борда, Монжа и Кондорсе избрала основной единицей длины одну десятимиллионную долю квадранта парижского меридиана (одна сорокамиллионная доля меридиана). Она рекомендовала измерить длину дуги меридиана от Дюнкерка до Барселоны на долготе Парижа. Измерения затянулись и лишь 22 июня 1799 года самый лучший эталон из платины (ошибка не превышала 0,001%) в торжественной обстановке сдали на хранение в Республиканский архив Франции.



Рождение килограмма

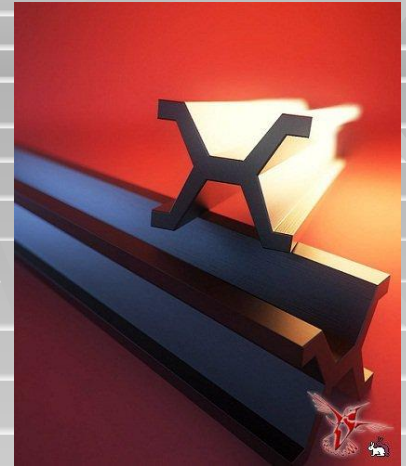
В качестве единицы массы химик Антуан Лавуазье и кристаллограф Рене Жюст Аيي предложили в 1793 году французской Комиссии мер и весов использовать грамм — массу одного кубического сантиметра чистой воды при температуре плавления льда. Был изготовлен медный эталон — 1000 г. С 1795 года новую единицу массы стали называть **килограммом**.



Через четыре года было принято предложение взвешивать воду при температуре ее максимальной плотности (4°C). Эталон килограмма был изготовлен из платины и помещен на хранение в Архив Республики. Однако произведенные в XIX веке измерения показали, что масса 1 л воды на 0,028 г меньше массы архивного эталона. Чтобы не допустить в будущем никаких разночтений, Международная комиссия по эталонам метрической системы в 1872 году решила принять в качестве единицы массу прототипа — Архивного килограмма.

XIX век

20 мая 1875 года представители 17 стран (в том числе и России) подписали в Париже Метрическую конвенцию. В 1877 г. изготовили несколько платиново-иридиевых линеек X-образного сечения. В 1889 году Первая Генеральная конференция по мерам и весам постановила считать длину одной из линеек при температуре 0°C метрической единицей длины.



В 1880 году увидел свет международный эталон килограмма из сплава, состоящего из платины и иридия, тогда же были выполнены четыре официальные копии этого эталона. Они хранятся под двумя герметичными стеклянными колпаками в сейфе, расположенном в подвале Международного бюро мер и весов в Севре неподалеку от Парижа. В 1889 году 1-я Генконференция по мерам и весам приняла определение килограмма как равного массе международного эталона. Это определение действительно и в наше время.

Эталоны массы и длины в России

В соответствии с международной Метрологической конвенцией, подписанной в 1875 г., Россия получила платиноиридиевые эталоны единицы массы № 12 и 26 и эталоны единицы длины № 11 и 28, которые были доставлены в новое здание Депо образцовых мер и весов.

В 1892 г. управляющим Депо был назначен Д.И. Менделеев, которую он в 1893 г. преобразует в Главную палату мер и весов - одно из первых в мире научно-исследовательских учреждений метрологического профиля.



Абсолютные единицы

Становлению метрической системы помог немецкий математик Карл Фридрих Гаусс. В 1832 году Гаусс заметил, что некоторым измерениям недостает надежной основы (магнитным, например). Он предложил ввести новую систему единиц (назвав ее абсолютной), в которой метрические единицы длины и массы вместе с секундой были взяты в качестве основных, а все другие определялись через них как производные на основе известных физических законов. Гаусс рекомендовал ввести десятичные шкалы для всех физических единиц (кроме секунды, которая с XIII века определялась как $1/86400$ -я часть средних солнечных суток).



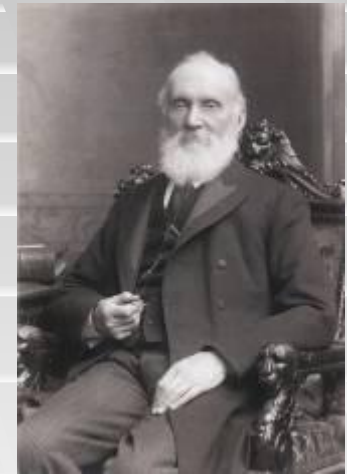
Система СГС

Идеи Гаусса подхватили британские физики Джеймс Максвелл и Уильям Томсон, будущий лорд Кельвин. В 1860-е годы они предложили разработать всеобъемлющую систему единиц для физических измерений на базе гауссовской триады.



Так возникла система CGS (сантиметр, грамм, секунда), вместе с которой вошли в обращение приставки от «микро» до «мега». В 1874 году ее утвердила Британская ассоциация в поддержку науки.

В число единиц вошли единицы сопротивления (ом), напряжения (вольт) и силы тока (ампер).



Метрическая система в России

Метрическая система в России (Советском Союзе) была введена в 1918 г. декретом Совета Народных Комиссаров “О введении Международной метрической системы мер и весов”.

Нововведение приживалось с трудом, нужно было время, чтобы народ понял и привык новшеству. Появилась даже пропаганда на товарах массового спроса.



Предшественница системы СИ - МКСА

Некоторое время практические единицы (джоуль, ватт) существовали в стороне от метрических. Но в 1901 году итальянский инженер Джованни Джорджи показал, что любую из них можно добавить к метру, килограмму и секунде и получить новую систему, имеющую логическую структуру, подходящую для нужд техники.



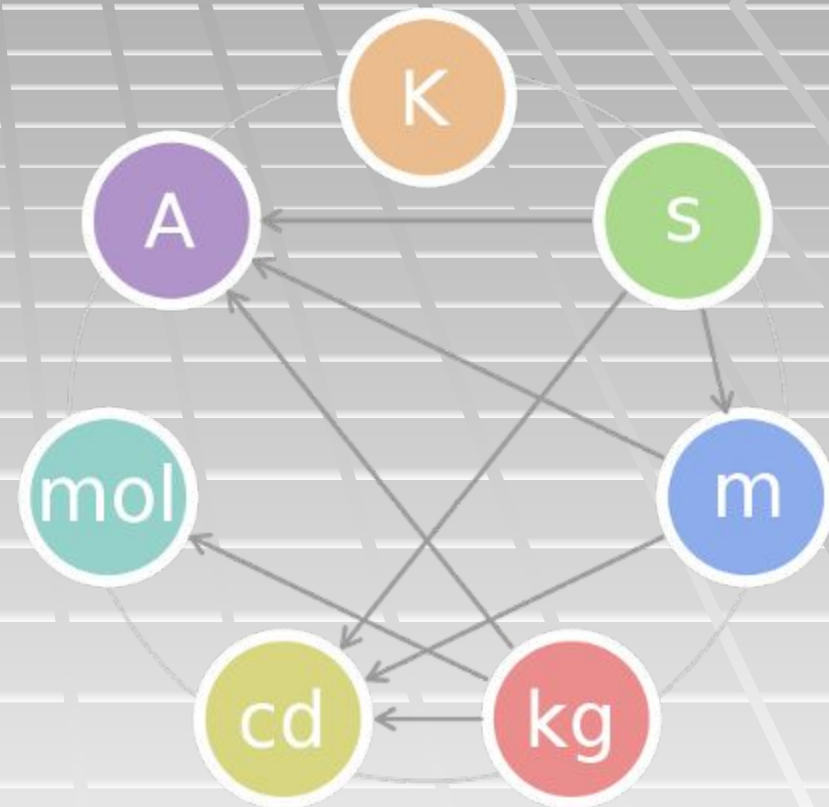
Идеи Джорджи были окончательно приняты Международным комитетом мер и весов лишь в 1946 году. В качестве четвертой основной единицы новой системы была выбрана практическая единица силы тока, ампер, определенная в 1948. В соответствии с традицией эту систему называли MKSA (метр, килограмм, секунда, ампер).

Чуть позднее в MKSA решили добавить единицы температуры и силы света (кельвин и канделу).

Основные единицы системы СИ

Кельвин, кандела, четыре основные единицы MKSA и стали фундаментом системы Systeme International d'Unites (SI или СИ), наследницы Метрической конвенции 1875 года, официально утвержденной в 1960 году на 11-й Генконференции по мерам и весам в Париже.

В 1971 году к этой шестерке добавили еще и единицу количества вещества — моль. Кроме того, в SI вошли дополнительные безразмерные единицы для измерения плоских и телесных углов — радиан и стерadian.



Новая эпоха в системе единиц

Метровая линейка уже около полувека не является эталоном длины. В 1948 году 9-я Генеральная конференция по мерам и весам рекомендовала ввести эталон, базирующийся на оптических измерениях, и в 1960-м за метр приняли $1\,650\,763,73$ длины волны излучения криптона-86, в 1983 году метр определили как расстояние, которое свет проходит в вакууме за $1/299\,792\,458$ долю секунды.

Сама секунда тоже с 1967 года не является $1/86400$ частью суток, а определяется как $9\,192\,631\,770$ периодов излучения, соответствующего переходу между двумя уровнями сверхтонкой структуры изотопа цезия с атомным весом 133.

Единственный оставшийся «механический» эталон — это килограмм. Но даже масса главного международного эталона со временем меняется — к настоящему времени считается, что он «похудел» на 50 мкг за счет микропереноса вещества на поверхность подставки. Поэтому ученые задумываются над новым определением килограмма.



Атомные часы

Наука начинается с тех пор, как
начинают измерять. Точная наука
немыслима без меры.

Д.И. Менделеев