МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В. Г. Шухова

О.В. Луценко, А.А.Афанасьев

**ИСТОРИЯ МЕТРОЛОГИИ И СТАНДАРТИЗАЦИИ**

Учебно-методическое пособие для студентов заочной формы обучения с применением дистанционных технологий

Белгород  
2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В. Г. Шухова

О.В.Луценко, А.А.Афанасьев

**ИСТОРИЯ МЕТРОЛОГИИ И СТАНДАРТИЗАЦИИ**

Утверждено ученым советом университета в качестве учебного  
по­собия по дисциплине « История метрологии и стандартизации»  
для студентов направления бакалавриата 221700 –  
«Стандартизация и метрология»

Белгород  
2015

УДК 006(07)  
ББК 30.10. я7  
Л 86

Рецензенты:

Кандидат технических наук, доцент Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова *Е.Н.Коробкова*

Доктор технических наук, профессор Белгородской государственной сельскохозяйственной академии им .В.Я.Горина *А.Г.Пастухов*

Луценко О. В.

Л 86 История метрологии и стандартизации: учебно-практическое пособие/ О.В. Луценко, А.А.Афанасьев. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. – 61 с.

Представленное учебно-методическое пособие посвящено вопросам истории возникновения систем мер и способов измерения, определению роли великих ученых мировой науки в становлении метрологии и стандартизации.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов направления бакалавриата 221700.62 – «Стандартизация и метрология».

Данное учебное издание публикуется в авторской редакции.

УДК 006(07)

ББК 30.10я7

© Белгородский государственный технологический университет  
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2016

# ВВЕДЕНИЕ

Целью курса «История метрологии и стандартизации» является изу­чение истории становления современной метрологии, возникновения со­временных мер, средств и способов измерения физических величин.

В истории метрологии, возникновение которой связано с существо­ванием древнего государства Шумер в долине двух рек – Тигра и Евфрата в IV тысяче­летии до новой эры, следует отметить преемственность в ис­пользовании мер измерения. Почти одновременно была создана система мер в Древнем Египте. Впоследствии шумерская система мер измерения была использована практиче­ски всеми государствами Ближнего и Средне­го Востока: Аккадом, Вавилоном, Эламом, Ассирией, Урарту, Финикией, Персией, Мидией и другими. Данные меры при своем соединении с древ­неегипетскими положили начало античной системе мер, а затем европей­ской и восточной метрологиям, в том числе и мет­рологии Древней Руси. Они переходили из страны в страну, из века в век, меня­ли свое название в связи с переводом с одного языка на другой, изменяли свою величину. Первые меры длины были связаны с размерами человеческого тела. Древ­негреческий философ Протагор утверждал, что человек есть мера всех ве­щей.

Межгосударственные отношения, развитие ремесел, промышленно­сти и науки вынуждало введение в жизнь принципов постоянства мер и единства из­мерений, разработку средств и методов требуемой точности. Именно требования в достижении точности привели к созданию междуна­родной системы единиц измерения – системы СИ (Системы Интернацио­нальной).

# 1. ЧЕЛОВЕК КАК МЕРА ВЕЩЕЙ ШУМЕРО-ВАВИЛОНСКАЯ И ДРЕВНЕЕГИПЕТСКАЯ СИСТЕМЫ МЕР

**Шумеро-вавилонская система мер и весов** легла в основу ряда метрологических систем древней Передней Азии, а шестидесятеричная позиционная система счисления дошла и до нашего времени именно этой системой пользуются и сейчас, когда оперируют градусами (или часами),

Позднее за единицу массы стали принимать массу воды, наполняю­щей сосуд определенной вместимости. Например, в Древнем Вавилоне за единицу массы принимали талант — массу воды, наполняющей такой со­суд, из которого вода равномерно вытекает через отверстие определенного размера в течение одного часа.

Около 5000 лет назад ученые Древнего Вавилона создали связанную систему. Также была введена система обозначения чисел.

Единицы массы, как и единицы длины, сначала устанавливались по природным образцам. Чаще всего по массе какого-нибудь семени. Так, например, массу драгоценных камней определяли и до сих пор определяют в каратах (0,2 г) — это масса семени одного из видов бобов.

Вавилонское государство располагалось в Азиатском Междуречье (между реками Тигр и Евфрат). Первые государства на этой территории возникли в начале 3-го тыс. до н. э. Это были небольшие города-государства, в общественном и государственном строе которых длительное время сохранялись пережитки родоплеменной организации. Древнейшим населением страны, заложившим основы цивилизации в Междуречье, бы­ли шумеры. От этого народа получило свое название государство Шумер, история которого насчитывает семь веков.

К северу от шумеров в Междуречье проживали аккадцы, которые постепенно захватили всю территорию Шумера и создали мощное Шуме­ро-Аккадское царство, просуществовавшее почти 100 лет.

Около 2000 г. до н. э. Междуречье было захвачено кочевниками-амореями, победившими Шумеро-Аккадское царство и широко расселив­шимися на его территории. Одним из их опорных пунктов стал Вавилон, бывший крупным поселением уже в последние века существования Шуме­ра. Удобное географическое положение обеспечивало возвышение Вави­лона. Он становится столицей небольшого царства. Первые пять вавилон­ских царей значительно расширили свои владения. При шестом царе, Хам­мурапи, Вавилон стал столицей огромного государства, включавшего большую часть Междуречья. Созданное Хаммурапи государство, полу­чившее название Вавилония по имени его столицы, было большим, но не сильным.

Важнейшим фактором развития науки была хозяйственная практика, которая требовала, прежде всего, выработки системы мер, а также созда­ния приёмов определения площади полей, объёма зернохранилищ и искус­ственных водоёмов, расчётов рабочих норм при копке каналов, в строи­тельстве и ремесле. На этой основе к концу 3-го тыс. до н. э. создалась шу­меро-­вавилонская математика. Вавилонские математики широко пользова­лись созданной ещё шумерами шестидесятеричной позиционной системой счёта; на основе этой системы были составлены различные вычислитель­ные таблицы: деления и умножения чисел, квадратов и кубов чисел и их корней (квадратных и кубических) и др. Вавилоняне решали квадратные уравнения, знали «теорему Пифагора» и располагали методами нахожде­ния всевозможных «пифагоровых» чисел (более чем за тысячу лет до Пи­фагора).Помимо планиметрических задач, решали и стереометрические, связанные с определением объёма различного рода пространств, тел, ши­роко практиковали черчение планов полей, местностей, отдельных зданий, но обычно не в масштабе Больших успехов достигли вавилоняне в области химии, имевшей, разумеется, чисто прикладной характер. От 2-го тыс. до н. э. сохранились многочисленные рецепты изготовления бронзы, известны глазури и многокрасочные поливы на керамике.

Сутки делились на день и ночь.

Каждая из этих частей делилась на 12 часов.

Час был равен времени истечения воды из сосуда кубической фор­мы.

Длина ребра этого куба была принята за единицу длины так называ­емый священный фут.

Площадь квадрата со стороной, равной 1 футу, являлась единицей площади.

Объем куба с ребром в 1 фут являлся единицей объема. Масса ку­бического фута воды составляла вавилонский талант — древнейшую еди­ницу массы. Здесь единицы разных величин: времени, длины, площади, объема, массы — оказались связанными между собой. Одной единицы для измерения какой-либо величины мало. Неудобно, например, расстояние между городами, длину веревки и толщину бумаги измерять аршинами. Надо ввести единицы большие и меньшие и указать, во сколько раз они больше или меньше выбранной. Соотношение между единицами указыва­лось и в старину. Например, 1 миля = 7 верстам; 1 верста = 500 саженям, 1 сажень = 3 аршинам, 1 аршин=6 вершкам,

Шумера-Вавилонская система мер внесла свой вклад в развитее и дошла до наших дней. Также существуют системы, которыми мы пользу­емся до сих пор.

**Египет**, особенно Александрия, в эпоху правления Птолемеев явля­ется родиной математики. Математические науки получили в Древнем Египте широкое развитие. Благодаря дошедшим до нас папирусам можно судить о системе счисления, которую использовали древние египтяне для расчетов.

В Древнем Египте существовали следующие меры длины: локоть (длина предплечья до кончика среднего пальца), он подразделялся на ла­донь, пядь, ступню и палец. С точки зрения современных измерений, длина одного локтя составляла 466 мм, ладони — 66,5 мм, пальца — 16,6 мм. Локоть состоял из семи ладоней, ладонь — из четырех пальцев.

Во времена III династии был принят "царский локоть", т.е. к обыч­ному локтю прибавлялась пядь (52,3 см)

Любопытным фактом является то, что практически все постройки, сделанные в то время, имеют строго рассчитанные размеры.Так высота пирамиды Хеопса составляет 146,6 м. или 442 локтя 100 ладоней, пирами­ды Снофру — 93,2 м., или 200 локтей.

Во всех направлениях культуры и науки Древнего Египта прослежи­вается определенный, можно сказать математический, порядок. Даже дли­на папирусов, которые использовались для письма школьниками, была строго определена и составляла 10 пальцев, или 16,6 см.Линейки изготов­лялись из камня или дерева, на их поверхность наносилась шкала с делени­ями.

Египтяне измеряли вес гирями и весами. Весы появились еще в эпо­ху древнего царства, но сначала ими пользовались только ювелиры и золо­тых дел мастера. Гири изготавливались из полированного камня и имели круглую или прямоугольную форму. Начиная с Нового царства стали при­менять бронзовые гири в виде животных.

Самой распространенной мерой веса был дебен (91 грамм). Он де­лился на 10 частей - кебет. Одно шати соответствовало 0,5 дебена. Дебен из бронзы использовался для меновой торговли с соседними странами или при сборе налогов.

Для измерения объема зерна использовался бочонок хекат(4,5 лит­ра),для вина и молока - амфоры (13 литров).

Другие, более дорогостоящие жидкости, например, духи, измеря­лись единицами хену, что соответствует приблизительно 0,5 литра. На многих сосудах были рисунки, указывающие на объем сосуда.

Согласно Ли цзи, первые единицы измерения в **Древнем Китае** со­здал легендарный император Хуан-ди. Словари Сяоэръя и Кунцзыцзяюй утверждают, что единицы длины произошли от длины частей тела. Со­гласно Ши цзи, эти основанные на длине частей тела единицы имели неод­нозначную протяжённость, и император Юй Великий, другая легендарная персона, их унифицировал. Линейки с десятеричными метками находят в могилах династии Шан.

В династию Чжоу власть регионов стала усиливаться, и там стали использоваться собственные единицы измерения. По окончании Периода Сражающихся царств ЦиньШихуанди объединил Китай и стандартизиро­вал меры. Эти единицы зафиксированы в Ханыну.

Исследование астрономических инструментов показало изменение в длине «чи» в течение веков (по нанесённым меткам). Династия Мин реор­ганизовала меры и привела их к десятичному основанию. В 1928 прави­тельство КНР приняло метрическую систему.

В 1976 году Управление метрологии Гонконга организовало посте­пенный переход на систему СИ.

Важнейшее условие обеспечения единства измерение - единообра­зие СИ, определяющим фактором которого является градуировка СИ в указанных единицах физических величин.

Шичжи (shizhi — «рыночная система», система мер, имевшая упо­требление в Китае до конца XX века. В КНР меры были стандартизирова­ны для соответствия системе СИ, а древняя система мер имела в основании 16. В Гонконге английская система мер использовалась вместе с гонконг­ской, а с 1976 года к употребимым единицам добавились метрические. Тайваньская система мер использовалась под японским и голландским владычеством, в ней многие одноимённые меры обладали другим объёмом. На конец XX века Тайвань полностью перешел на метрические единицы. Старые китайские единицы измерения продолжают ограниченно использо­ваться в повседневной жизни.

Метрическая система — общее название международной десятич­ной системы единиц, основанной на использовании метра и килограмма. На протяжении двух последних веков существовали различные варианты метрической системы, различающиеся выбором основных единиц. В настоящее время международной признанной является система СИ. Мет­рические единицы широко используются по всему миру как в научных целях, так и в повседневной жизни.

Система древнекитайских циклических мер является одной из древ­нейших, не потерявших и ныне ни связь с истоками, ни живучесть свою и новизну, ни мощь и тенденции к дальнейшему совершенствованию. Прин­цип причинности и формальная логика в ней не господствуют и почти не прижились. То, что в школе пифагореизма и иных древних школах пони­малось как живые меры, здесь известно под именами Гуа, Хэ Ту, У Син, Сян Шу ЧжиСюэ.

Китайская традиция, подобно большинству древних цивилизаций, почитающих свои священные писания как божественное откровение, взявшая истоки Гуа из мифических истоков цивилизации (деятельности Культурного героя, первого императора Фуси). При этом, чудесно явлен­ные ГУА были использованы как парадигмы (греч.:paradeigma - образец), созидающие основы материальной культуры, в соответствии с законами Природы. Впервые целостная философская концепция Гуа изложена в приписываемой Конфуцию комментирующей части священной книги «Чжоу и». Второе название этой книги «И Цзин» (главное произведение «Тринадцатиканоние» и «Пятиканоние»).

Гуа - образец универсального классификатора, не менее мощного, чем «зодиакальные системы». Так, китайская культурная традиция почти за 3000 лет накопила ценнейший опыт истолкования и прогноза свойств «всей тьмы вещей», всех типов взаимодействия систем средствами Гуа, наглядным языком ее символов. Пространство - время, природные стихии, цвета, органы тела, семья, социум, числа - вот лишь некоторые традицион­ные примеры области использования Гуа.

Основные элементы Гуа - восемь триграмм и 64 гексограммы. Все они - комбинация сплошных (Ян - мужской признак) и прерывистых (Инь - женский признак) черт.

Принципиальным свойством системы Гуа, которая, подобно запад­ной формальной логике, используется как средство измерения истинности, средства приближения к Истине, является то, что она в явном виде вклю­чает в себя Тайну. Гуа, воплощая миропорядок, заключает в себе сокро­венное духовной природы («Поднебесного»). Таким образом, Гуа является образцом системы универсальных живых мер, включающих спонтанное (незнание, тайна, невыразимое). В этом фундаментальное отличие Гуа и формальной логики.

Существенно, что в пределах китайской культурной традиции уста­новлены соответствия между Гуа и ее аналогами, а именно: зодиакальными системами, пятиэлементной (пятимерной) китайской системой «У Син», магической системой типа «магический квадрат» и «магический крест» - Хэ Ту.

С древнейших времен и до настоящего времени Гуа - существенное средство и способ познания философии, науки, особенно астрономии, хро­нометрии, топографии, медицины, литературы и искусства, китайской культуры в целом.

Уже несколько тысячелетий человечество пользуется дробными числами. Появились десятичные дроби в трудах арабских математиков в Средние века и независимо от них в древнем Китае. Но и раньше, в древ­нем Вавилоне, использовали дроби такого же типа, только шестидесяте­ричные.

Позднее учёный Гартман Бейер (1563-1625) выпустил сочинение “Десятичная логистика”, где писал: “...я обратил внимание на то, что тех­ники и ремесленники, когда измеряют какую-нибудь длину, то очень редко и лишь в исключительных случаях выражают её в целых числах одного наименования; обыкновенно им приходится или брать мелкие меры, или обращаться к дробям. Точно так же астрономы измеряют величины не только в градусах, но и в долях градуса, т.е. минутах, секундах и т.п. Их деление на 60 частей не так удобно, как деление на 10, на 100 частей и т.д., потому что в последнем случае гораздо легче складывать, вычитать и во­обще производить арифметические действия; мне кажется, что десятичные доли, если бы ввести вместо шестидесятеричных, пригодились бы не толь­ко для астрономии, но и для всякого рода вычислений”.

В Древнем Китае уже пользовались десятичной системой мер, обо­значали дробь словами, используя меры длины чи: цуни, доли, порядко­вые, шерстинки, тончайшие, паутинки. Дробь вида 2,135436 выглядела так: 2 чи, 1 цунь, 3 доли, 5 порядковых, 4 шерстинки, 3 тончайших, 6 паутинок. Так записывались дроби на протяжении двух веков, а в V веке китайский ученый Цзу-Чун-Чжи принял за единицу не чи, а чжан = 10 чи, тогда эта дробь выглядела так: 2 чжана, 1 чи, 3 цуня, 5 долей, 4 порядковых, 3 шер­стинки, 6 тончайших, 0 паутинок.

Китайская система мер является совершенно самостоятельной и не связанной с другими странами вследствие достаточной географической удаленности Китая от центров развития азиатской и европейской цивили­заций.

Возникновение системы мер в Китае относят кXXVII в. дон. э. с  
III в. до н. э. создается единая система мер для всей страны. И хотя китай­ские меры не были заимствованы из других стран, выбор их подобен выбо­ру других народов. Так, единица длины фэнь первоначально равнялась длине одного зернышка проса, бу— мера длины, равная двойному шагу, а мера длины чжан равнялась расстоянию между концами пальцев распахну­тых рук, т. е. сажени.

Вследствие тесной исторической взаимосвязанности Кореи и Япо­нии с Китаем, большинство единиц измерения этих стран являются анало­гами китайских мер.

Таким образом, меры отличались крайним разнообразием в различ­ных странах. Более того, одна и та же мера могла иметь различную вели­чину не только в разных странах, но и в различных областях одной страны. Такое разнообразие мер прежде всего осложняло торговые отношения. Попытки установить общие меры в отдельной стране предпринимались с XIV века, но и к XIX веку решить эту задачу до конца не удалось.

С древнейших времен человек начал использовать меры для практи­ческих надобностей: строительства жилья, обработки земли, изготовления предметов домашнего обихода. За единицу измерения принимался кон­кретный предмет — камень, зерно, палка, веревка, предметы быта. При этом от величины выбранного предмета зависела величина меры. За меру длины принимались шаг человека, длина ступни, руки или пальца.

Сложная историческая взаимосвязанность различных народов объ­ясняется в первую очередь войнами, которые приводили к тому, что не только побежденные народы принимали культуру победителей, но и сами победители многое заимствовали из культуры побежденных. Соответ­ственно этому менялась и система мер этих стран.

Китайская система мер является совершенно самостоятельной и не связанной с другими странами вследствие достаточной географической удаленности Китая от центров развития азиатской и европейской цивили­заций.

Полным отличием от средиземноморской европейской истории мет­рологии является то, что в древнем Китае, система обладает всеми основ­ными характеристиками западных. Она использовала части тела в качестве источника единиц, например, расстояние от пульса к основанию большого пальца. Это было принципиально в том, что не было никакой взаимосвязи между различными типами единиц, таких как длина и объем. Наконец, она была богата вариациями. На единицу земельной меры, колебалась от реги­она к региону от 0,08 до 0,13 гектара.

Китай использует метрическую систему в качестве стандарта для измерения веса, длины, площади, объема и т.д. Кроме того, древние стан­дартного веса и измерений был использован китайский народ в течение более 2000 лет, и многие люди все еще используют часть старой системы. В результате, как древняя система, так и метрическая система широко ис­пользуется по всей стране.

# ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Зная свой рост выразить его в уббану (палец, Древний Вавилон) – 20,8 мм, кату (ладонь, Древний Вавилон) – 8,35 см и аммату (локоть, Древний Вавилон) – 49,5 см.
2. Длина границы г. Белгорода составляет 75 км. Выразить эту длину в ашлу (Древний Вавилон) – 59,5 м, гарах (Древний Вавилон) и кану (Древний Вавилон) – 3 м.
3. Выразить свой рост в древнеегипетских мерах длины: джеба (палец), шесеп (ладонь), немех (локоть).
4. Выразить свой рост в древнекитайских мерах длины бу и чи (двойной шаг и одна шестая его часть).
5. Длина Великой Китайской стены составляет 5200 км. Сколько китай­ских верст (ли) включается в это расстояние?
6. Выразить свой рост в мерах длины Древней Греции – дактилях (паль­цах), пелестрах (ладонях), спитамах (пядях), пехиях (локтях), и оргиях (саженях).
7. Периметр территории Белгородского государственного технологиче­ского университета им. В.Г. Шухова составляет 3200 м. Выразить это расстояние в древнеримских мерах длины – кубитусах (локтях), ста­диях (веревках) и милях.

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. В каком веке ученые Древнего Вавилона ввели систему обозначения чисел?
2. В каких единицах определяют массу драгоценных камней в наши дни, а во времена Древнего Вавилона? Укажите эквивалент в граммах.
3. В какое время была создана шумеро-­вавилонская математика?
4. Что измеряли «священным футом»? где использовалась эта длина?
5. Перечислите единицы измерений в Древнем Египте.
6. Как в Древнем Египте измеряли объем дорогих жидкостей?
7. В каком году Управление метрологии Гонконга организовало посте­пенный переход на систему СИ?
8. Как в Древнем Китае записывались десятичные дроби?
9. В чем недостаток различных единиц измерений одной и той же вели­чины?
10. Какая система мер является совершенно самостоятельной и не свя­занной с другими странами?

# 2. СТАРОРУССКАЯ СИСТЕМА МЕР РОЛЬ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА В СИСТЕМЕ РУССКОЙ И МИРОВОЙ МЕТРОЛОГИИ

В далекие исторические времена человеку приходилось постепенно постигать не только искусство счета, но и измерений. Когда наш предок – древний, но уже мыслящий попытался найти для себя пещеру, он вынуж­ден был соразмерить длину, ширину и высоту своего будущего убежища с собственным ростом. А ведь это и есть измерение. Изготовляя простейшие орудия труда, строя жилища, добывая пищу, возникает необходимость из­мерять расстояния, а затем площади, емкости, массу, время. Наш предок располагал только собственным ростом, длиной руки ног. Если при счете человек пользовался пальцами рук и ног то при измерении расстояний ис­пользовались руки и ноги. Не было народа, который не придумал свои единицы измерения.

На Руси существовали свои измерения. Древнейшими мерами дли­ны являются локоть и сажень. Локтем являлась длина от локтя до передне­го сустава среднего пальца и равнялась половине английского ярда. Назва­ние сажень происходит происходит от славянского слова сяг-шаг. Сначала оно означало расстояние, на которое можно шагнуть. Затем стали разли­чать сажени-маховую, косую, казенную, мерную, большую, греческую, церковную, царскую, морскую, трубную. Этой меряли только длину труб на соляных промыслах. Маховая или мерная сажень-расстояние между вытянутыми пальцами раскинутых рук (176 см). Сажень простая (152 см) – расстояние между размахом вытянутых рук человека от большого пальца одной руки до большого пальца другой. Сажень косая (248 см) – расстоя­ние между подошвой левой ноги и концом среднего пальца вытянутой вверх правой руки. Небольшие расстояния на Руси измерялись четвертями, пядями и аршинами. Четверть- расстояние между раздвинутыми большим и указательным пальцами, пядь -расстояние от конца большого пальца до конца мизинца при наибольшем возможном их раздвижении. Четыре чет­верти составляли аршин, который, в свою очередь, трижды вмещался в косую сажень. Мера длины, равная 0,1 дюйма, называлась линией (очевид­но, потому, что ее можно было отложить при помощи линейки). К наибо­лее мелким старинным русским мерам длины относится точка, равная 0,1 линии, возможно отсюда появилось слово точность.

Для измерения больших расстояний в древности была введена мера, называемая поприще, а затем взамен ее появляется верста. Название это происходит от слова вертеть, которое в начале означало поворот плуга, а потом ряд, расстояние от одного до другого поворота плуга при пахоте. Длина версты в разное время была различной- от 500 до 750 саженей. Да и верст-то было не одна, а две: путевая - ею измеряли расстояние пути, и межевая - ею меряли земельные участки. Так же у наших предков были весьма любопытные способы измерения больших расстояний: "вержение камня"- бросок камнем, "перестрел" -расстояние, которое пролетала стре­ла, выпущенная из лука. Расстояния измерялись и так: "Печенегия отстояла от хазар на пять дней пути, от алан на шесть дней, от Руси на один день, от мадьяр на четыре дня и от болгар дунайских на полдня пути". В старинны грамотах о пожаловании земли можно прочитать: "От погоста во все сто­роны на бычачий рев", это значило-на расстояния с которых еще слышен рев быка. Подобные меры были и у других народов "коровий крик", "пе­тушиный крик". Мерой служило и время "пока закипит котел воды". "Пу­шечный выстрел" тоже мера расстояния. В Сибири в стародавние времена употреблялась мера расстояния – бука. Это расстояние, на котором человек перестает видеть раздельно рога быка. Единица аптекарского веса до по­следнего времени называлась граном, что значит зерно.

Человеку требовалось измерять не только расстояния и длину. Су­ществовали также меры жидкости, сыпучих веществ, единицы массы, де­нежные единицы. Из мер жидких тел Древней Руси известны: бочка, ведро, корчага, насадка, кружка, чарка... (основной мерой жидкости было ведро). Корчагами (12 кг) меряли мед и воск. Насадка-2,5 ведра. Бочка равнялась 4 насадкам или 10 ведрам. Бочка могла равняться и 40 ведрам. Более мелкие меры: штоф- десятая часть ведра, чарка - сотая часть ведра, шкалик рав­нялся двум чаркам. Мерами сыпучих тел были бочка и кадь (оков). Кадь была хлебной мерой, вмещала 14 пудов ржи (около 230 кг). Делилась она на две половины или восемь осьмин (четвериков). Позже появился гарнец, равный 1/8 четверика. Название гарнец идет от глагола загребать, и озна­чает деревянную или железную посудину для зерна. Существовало много и местных мер: коробья, пуз, рогожа, лукно и другие. Древнейшей единицей массы (веса) была гривна, или гривенка, позже получившая название фунт. Русский фунт (400г) был меньше английского (454г). Фунт, как и пуд, про­исходит от латинского корня и обозначает вес, тяжесть. Фунт подразделял­ся на 96 золотников, а золотник на 96 долей. Помимо торгового фунта, употреблялся аптекарский фунт, который делился на 12 унций. Более крупными единицами веса был пуд, равный 40 фунтам, и берковец, равный 10 пудам. Берковец происходит от слова беркун-большая плетеная корзи­на, короб для подноски корма скоту, для переноски сена, соломы. Сходное происхождение имеет слово тонна, оно происходит от английского тун – бочка. В старину у многих народов мера веса часто совпадала с мерой сто­имости товара, так как деньги выражались в весе серебра и золота. Так, в Вавилоне денежная единица щекель, а в Риме асс были и единицами веса. Таково же происхождение и английской денежной единицы фунт стерлин­гов. Древнейшей единицей веса и денежного счета на Руси, видимо, была гривна. Ее вес был 409,5 г. Предполагают, что гривна от слова "грива": по количеству серебра гривна равнялась стоимости коня. Различались гривны кунные, серебряные и золотые. Кунные готовились из низкопробного се­ребра и стоили в четверо дешевле настоящих серебряных. Золотая гривна была в 12,5 раз дороже серебряной. Позднее гривну стали рубить пополам на гривенки и новый слиток в половину денежной гривны назвали рублем. Рубль (очевидно от слова "рубить") стал основной денежной единицей на Руси. В летописях встречается слово "деньга" видимо от названия индий­ской серебряной монеты "танка". Шесть денег составляли алтын (от татар­ского алты – о шесть). Алтын приравнивался к трем копейкам. Название копейка происходит от маленьких монет, выпущенных при Иване Грозном, с изображением всадника с копьем. При Петре I появились гривенники (10-копеечные монеты) и полтинники (50-копеечные монеты).

Осуществление поставленной Петром I задачи «прорубить окно в Европу», повлекло за собой чрезвычайное расширение культурных, науч­ных, производственных и торговых связей с Западом и отразилось на мет­рологии как петровской, так и послепетровской эпохи. Развитие системы русских мер получило ряд особенностей:

1. Значительно увеличилось число малых мер;
2. Произошло сближение русских мер длины с английскими;
3. Было введено несколько английских мер площади и объема;
4. Были введены новые единицы, предназначенные для не изме­рявшихся ранее величин (механических, тепловых, электриче­ских, магнитных).

Были открыты специальные учебные заведения:

* 1. Навигационная школа в Москве (1701г.);
  2. Инженерная школа в Москве (1711г.);
  3. Артиллерийская школа в Петербурге (1711г.);
  4. Морская академия в Петербурге (1715г.);
  5. Горные школы и пр.

Во многих руководствах того времени стали приводиться таблицы мер длины,объема и веса, указания об использовании угловых мер и угло­мерных приборов для целей практической астрономии, топографии и нави­гации.

Еще в конце XVII века Петром I был организован ввоз различных измерительных приборов (оптических, угломерных и др.). Появились ре­монтно-юстировочные мастерские, а затем и мастерские для изготовления измерительных приборов.

На многих заводах были организованы контрольно-измерительные лаборатории,оснащенные мерами длины, веса и весоизмерительными при­борами.

При Академии наук была открыта «инструментальная палата» - ма­стерская, вкоторой изготовляли компасы, астролябии, квадраты, нивели­ры, а также «барометренная палата» - мастерская, изготовлявшая баромет­ры, микроскопы, термометры и пр.

Однако в XVIII в., как и ранее, объединенного метрологического ру­ководства встране не существовало – выполнение основных метрологиче­ских функций не было еще сконцентрировано в каком-либо одном ведом­стве или учреждении.

Коммерц-коллегия ведала вопросами внедрения мер в практику тор­говли и метрологического обслуживания этой сферы. Адмиралтейств-коллегия руководила процессом использования угловых мер, а также уг­ломерных приборов и компасов. Берг-коллегия ведала измерительным хо­зяйством горных заводов, рудников и монетных дворов.

Академия наук, хранившая копии эталонов туаза и фута, образцовые меры аптекарского веса и пр., решала задачу воспроизведения и использо­вания угловых единиц, единиц времени, температуры и атмосферного дав­ления.

Между тем в XVIII в. фактически не было единых общеобязатель­ных эталонов, кроме эталона фунта 1747г.

Однако правительство и руководящие ведомственные органы уделя­ли внимание не только состоянию образцового и рабочего измерительного хозяйства, но и методике выполнения измерений в торговле, промышлен­ности и в других областях (пробирное и монетное дело, измерения, связан­ные с изучением территории России и пр.).

ХХ век застал Россию с полностью сложившейся системой единиц мер веса, длины, объёма и площади. Отчасти самостоятельной, отчасти заимствованной из других стран при посредничестве торговли. К этому времени многие страны утратили свои системы мер, заменив их на метри­ческие. Так что к этому времени в мире было только три системы мер: ан­глийская, русская и метрическая. В 1892 году Д.И. Менделеев принял предложение премьер-министра Сергея Витте занять должность ученого хранителя "депо образцовых мер и весов" Дату первое июля 1893 г., когда было утверждено подготовленное Д.И. Менделеевым "Положение о Глав­ной палате мер и весов", считают началом новой эры в истории русской науки об измерениях.

Д.И. Менделеев хотел, чтобы одновременно с утверждением поло­жения о Палате правительство приняло решение о подготовке к введению в России метрической системы мер. Свою деятельность в Депо образцовых мер и весов Д.И. Менделеев начал с осуществления первоочередной задачи - возобновления эталонов русских мер. Этому вопросу посвящена первая докладная записка Менделеева, составленная в декабре 1892 г. Учёный предложил создать законченную систему эталонов, копий и рабочих эта­лонов, необходимую для установления единства мер и весов: вообще неприкосновенные; служащие только как основная единица, с которых проводят сличение в исключительных случаях; эталоны для рабочих сли­чений; эталоны подразделений основных единиц. Предусматривая в дальнейшим переход к метрической системе, Д.И. Менделеев считал, что для сличения русского фунта потребуются также и эталоны подразделений килограмма. В этой же записке предложено и новое название будущего метрологического центра России - Главная палата мер и весов. 8 июня 1893г. оно было утверждено решением Министерства финансов. С этого времени в России начало действовать метрологическое учреждение нового типа с чётко определенной Д.И. Менделеевым программой, которой наря­ду с практическими и организационными задачами, такими как возобнов­лении прототипов русских мер, организация поверочного дела в стране, большое внимание уделялось проведению научных исследований в обла­сти метрологии. Д.И. Менделеев огромное значение придавал точному взвешиванию и непосредственно связанным с ним исследованиям по уста­новлению величин физических констант - веса литра воздуха и веса объёма воды.

Трудоёмкая работа по возобновлению прототипов, в процессе кото­рой в общей сложности было проведено 80 серий сличений и 20000 от­дельных наблюдений, была выполнена в исключительно короткий срок - за 1893-1898гг. (Подобная работа в Англии потребовала 21 года, во Франции-17 лет). В июне 1899 г. был издан разработанный при участии Менделеева новый закон о мерах и весах, который устанавливал в России основные единицы измерения – фунт и аршин. Учёный настоял на пункте закона, разрешающем в стране факультативно международных метрических мер – килограмма и метра. И так, единицей мер веса (массы) являлся фунт, рав­ный 0,40951241 части международного килограмма или 409, 51241 грам­мам. Основной единицей линейных мер являлся аршин, равный 28 англ. дюймам или 0,711200 частям международного метра или 71,12 сантимет­рам. По положению о мерах и весах задачей Палаты являлось "сохранение единообразия, верности и взаимного соответствия мер и весов"; по закону 1901 года на нее было возложено заведование местными поверочными па­латками, временными их отделениями, распределение по тем и другим со­стоявших при Палате поверителей, командирование их, а также решение различных вопросов по метрологии и ведение отчетности по поступлению в казну сборов за клеймение мер и весов. Клеймению гирь и весов стало придаваться такое же государственное значение, как и клеймению драго­ценных металлов. В самой палате устройство поверочного дела было дове­дено до возможного научно-технического совершенства. Д.И. Менделеев всегда был сторонником метрической системы. Ещё в 1868г. На Первом съезде русских естествоиспытателей прозвучало его яркое выступление в пользу метрической системы: "Станем употреблять её постоянно в наших научных исследованиях и только в случаях нужды рядом будем означать наши обыкновенные меры и веса. Введём в наши лекции и уроки длины метрические, чтобы развить в наших слушателях привычку соображать по этой системе... Станем требовать в школах знакомства с этой системой. Всё это возможно нам, и потому решаюсь обратить на это внимание съез­да. Облегчим же и на нашем скромном поприще возможность всеобщего распространения метрической системы и чрез то посодействуем и этом отношении общей пользе и будущему желанному сближению народов. Не скоро, понемногу, но оно придёт. Пойдём же ему навстречу". При возоб­новлении прототипов учёный стремился к наиболее точному выражению русских мер в метрологических единицах. Продолжая считать метриче­скую систему мер самой удобной, Д.И. Менделеев подчеркивал, что её введение в России может быть лишь постепенным.

Созданное Д.И. Менделеевым научно-метрологическое учреждение очень скоро стало одним из ведущих метрологических центров Европы. В 1895 г. Д.И. Менделеев был избран в число членов постоянного Междуна­родного комитета мер и весов. Ученый принимал активное участие в рабо­те Комитета, выступая по ряду актуальных для метрологии того времени вопросов: об определении понятия литра и кубического дециметра воды, о введении эталонов с децимальными делениями шкалы, о создании метро­логической библиографии. Много внимания в эти годы Д.И. Менделеев уделял организации поверочного дела в России, т.е. упорядочению в стране мер, применяемых в торговле и промышленности. В 1893-1897 гг. была проведена большая работа по инспектированию поверочных учре­ждений, расположенных по всей территории России. Одновременно со­трудники ГПМВ, командированные за границу, изучали постановку пове­рочного дела в Англии, Франции и Германии. По инициативе Д.И. Менде­леева в феврале 1897 г. была организована правительственная комиссия, которая должна была выработать основные направления новой организа­ции проверки мер и весов в стране и надзора за ними. Имея у себя образ­цовые гири и весы (а также питейные меры, меры длины и сыпучих тел), эти учреждения проверяли на точность все весовые приборы, находящиеся в обращении. На исправные гири и весы ставилось клеймо-пломба из крас­ной меди. Без клейма приборы запрещалось использовать - можно было подвергнуться штрафу, и вообще лишиться прав торговли.

Поверочные палатки в России стали открывать с 1900 года. Первые десять из них были созданы в таких крупных городах как Петербург, Москва, Варшава, Нижний Новгород, Тула, Харьков, Нахичевань, Муром. При этом выбор мест определялся данными ревизий о значении каждого из них в промышленной и хозяйственной жизни страны. В 1902 году были открыты еще 10 палаток - в Киеве, Одессе, Вильно, Екатеринодаре, Риге, Казани, Саратове, Екатеринбурге, Усае. В 1903 году для обслуживания отдаленных местностей был создан передвижной вагон-палатка.

К концу XIXв. ГПМВ представляла собой один из лучших метроло­гических институтов Европы с прекрасно оснащенными лабораториями, среди которых лаборатория массы являлась лучшей в мире. В 1901-1902 годах по проекту Д.И. Менделеева для Палаты строятся новые здания. В одном из них располагается астрономическая обсерватория, оборудованная всеми необходимыми приборами. Создание службы точного времени в ГПМВ давало возможность самостоятельного его определения, выверку его эталонов и систем отсчета. На посту управляющего Главной палаты мер и весов Менделеев оставался до конца своих дней.

Сегодня ВНИИ метрологии имени Д.И. Менделеева является одним из крупнейших мировых центров научной и практической метрологии, головной организацией станы по фундаментальным исследованиям в мет­рологии, Главным центром государственных эталонов России. Эталонная база России представляет собой совокупность первичных и вторичных эта­лонов, а также исходных установок высшей точности для воспроизведения единиц физических величин. Являясь крупнейшим научно-техническим комплексом, она имеет в своем составе 114 государственных эталонов, более 70 установок высшей точности и 250 вторичных эталонов. Эта эта­лонная база международно признана входящей в тройку самых совершен­ных, наряду с базами США и Японии.

В годы советской власти метрология получила дальнейшее разви­тие. В 1918г. был принят декрет правительства Российской Федерации "О введении международной метрической системы мер и весов".

В 1930г. произошло объединение метрологии и стандартизации. Бы­ла проведена большая работа по изучению состояния метрологической деятельности. Опыт, полученный в эти годы, оказался полезным во время Великой Отечественной войны, когда потребовалось быстрое восстановле­ние измерительного хозяйства на эвакуированных предприятиях и приспо­собление его к задачам военного производства. После окончания войны сеть поверочных и метрологических организаций начала быстро восста­навливаться. Были созданы новые метрологические институты.

В 1954г. был образован Комитет стандартов, мер и измерительных приборов при Совете министров ССССР (в дальнейшем Госстандарт СССР). После распада СССР управление метрологической службой России осуществляет Государственный комитет РФ по стандартизации и метроло­гии (Госстандарт России).

В отличие от зарубежных стран управление метрологической служ­бой в РФ осуществляется в рамках единой сферы управления, включающей и стандартизацию. Однако между этими видами деятельности существуют различия, которые углубляются по мере развития рыночных отношений.

# ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Расстояние от Белгорода до Москвы составляет 695 км, а до Санкт-Петербурга – 1574 км. Как выразятся эти расстояния в верстах и са­женях?
2. Сколько кубометров курского чернозема содержится в одной кубиче­ской сажени, выставленной в 1900 году на Всемирной выставке вСен-Клу (близ Парижа)?
3. Сколько гектаров содержится в одной десятине земли?
4. По преданию основательница Карфагена Дидона купила землю по сделке: продаже подлежит площадь, охватываемой шкурой вола (4 м2). Какова будет величина площади охватываемой земли, если шкуру разрезать на ремни шириной 1 мм?
5. В бочке вместимостью 100 л содержится этиловый спирт с массовой долей 96,6%. Какой объем воды нужно взять, чтобы получить 40-градусную водку, исследованиям свойств которой Д.И. Менделеев посвятил свою диссертацию?
6. Оцените в процентах погрешность бытовых часов, если известно, что отставание от действительных значений за 1 сутки составляет 20 с.
7. Сколько граммов содержится в одной унции (Англия) и сколько ун­ций содержится в одном килограмме?

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Какие древнейшие меры длины на Руси вы знаете?
2. От какого слова образуется название «верста»?
3. Перечислите известные Вам местные меры измерений.
4. Каков был вес древнейшей единицы денежного счета на Руси? Назо­вите эту единицу.
5. Какие особенности получило развитие системы русских мер?
6. Какую дату считают началом новой эры в истории русской науки об измерениях?
7. Что являлось единицей линейных мер? Назовите эквиваленты.
8. Кто из известных русских ученых являлся сторонником метрической системы?

# 3. СТАНОВЛЕНИЕ СИСТЕМЫ МЕР В ЕВРОПЕ И АМЕРИКЕ РОЛЬ ФРАНЦИИ В СОЗДАНИИ МЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МЕР

Несмотря на то, что в континентальной Европе давно принята мет­рическая, десятичная система мер и весов. Мы часто сталкиваемся с ан­глийскими и американскими единицами измерения длинны, площади, объ­ема и веса. Наиболее распространенные среди них: дюйм, фут, ярд, миля, акр, фунт, пинта, баррель. В Англии и США существует множество дру­гих, менее известных у нас единиц измерения. Чаще всего мы пользуемся этими единицами измерения, когда говорим о таких распространенных вещах как размер шины автомобиля, экрана телевизора. Размер, как пра­вило уже указан в дюймах прямо в названии модели. Так же обстоит дело и с диаметром металлических и пластмассовых труб, размером гаечных ключей и самих болтов и гаек. Пробег американских автомобилей указы­вают в милях. Называя стоимость нефти, говорят: "цена за баррель", а вес золота часто называют в унциях. Слово фунт - pound происходит от латин­ского librapondo. Первое слово libra означает "весы" – собственно прибор для измерения веса и астрологический знак, так как созвездие внешне напоминает весы. Второе – pondo -просто вес. Соответственно все сочета­ние librapondo означает "фунт веса". В современном английском языке "librаpondo" видоизменилось и сократилось до "pound", но аббревиатура осталась от латинского libra – lb.

Английская система мер используется в Великобритании, США и других странах. Отдельные из этих мер в ряде стран несколько различают­ся по своему размеру.

Фут (русское обозначение: фут; международное: Г, а также ' – штрих; от англ. foot ступня) – единица измерения длины в английской системе мер. Точное линейное значение различается в разных странах. В 1958 году на конференции англоговорящих стран страны – участницы унифицировали свои единицы длины и массы. Полученный «международ­ный» фут стал равняться в точности 0,3048 м. Он чаще всего и подразуме­вается под «футом» в настоящее время. Фут является внесистемной едини­цей и не входит в Международную систему единиц (СИ). В то же время в Российской Федерации фут допускается к применению без ограничения срока наравне с единицами СИ с областью применения «авиационная навигация».

Унция (от лат. uncia)– название нескольких единиц массы, а также двух мер объёма жидких тел, одной единицы измерения силы и нескольких денежных единиц, образованных как двенадцатая доля другой единицы. Термин происходит ещё из древнего Рима, где унцией обозначали двена­дцатую часть либры. Являлась одной из основных весовых единиц средне­вековой Европы. На сегодняшний день применяется при торговле драго­ценными металлами тройская унция, а также в странах, где вес измеряется в фунтах (например, CШA).

Бушель (англ. bushel) – единица объёма, используемая в английской системе мер. Применяется для измерения сыпучих товаров, в основном сельскохозяйственных, но не для жидкостей. Сокращённо обозначается bsh или bu. В британской имперской системе мер для сыпучих тел: 1 бушель = 4 пекам = 8 галлонам = 32 сухим квартам = 64 сухим пинтам = 1,032 аме­риканским бушелям = 2219,36 кубическим дюймам = 36,36872 л (дм3). В американской системе мер для сыпучих тел: 1 бушель = 0,9689 английских бушеля = 35,2393 л; по другим данным: 1 бушель = 35,23907017 л = 9,309177489 американских галлонов. Кроме того, бушелем называют тару для хранения и транспортировки яблок. В международной торговле под бушелем, как правило, понимается коробка весом 18 кг.

Галлон – мера объёма, равная от 3,79 до 4,55 литров, в зависимости от страны употребления. Обычно используется для жидкостей, в редких случаях – для твёрдых тел. Традиционно применяется в странах, где ис­пользовалась английская система мер – Великобритании, США и других. 1 американский галлон = 3,78541178 литрам. Галлон изначально определял­ся как объём 8 фунтов пшеницы. Пинта является производной величиной от галлона – одна восьмая его часть. Позже другие разновидности галлона были введены в обиход для других продуктов и, соответственно, появи­лись новые варианты пинт. Америка приняла британский винный галлон, определённый в 1707 году как 231 кубический дюйм, в качестве основной меры объёма жидкости. Отсюда была выведена американская жидкая пин­та. Был также принят британский кукурузный галлон (268,8 кубического дюйма) как мера объёма сыпучих тел. Отсюда произошла американская сухая пинта. В 1824 году британский парламент заменил все варианты гал­лона на один имперский галлон, определённый как 10 фунтов дистиллиро­ванной воды при температуре 62°F (277,42 кубического дюйма). Амери­канский галлон и английский галлон различаются: Американский галлон = 3,785 литра; Английский галлон = 4,546 литра. В США стандартный бар­рель для жидкости равен 42 американским галлона то есть: 1 американский баррель = 42 американских галлона = 159 литров = 1/2 хогсхеда. Однако при измерении объёма пива (из-за налоговых ограничений) в США исполь­зуется, Так называемый, стандартный пивной баррель, который равен 31 американскому галлону (117,3 литров).

В период французской буржуазной революции по настоянию торго­во-промышленных кругов Национальное Собрание Франции 31 марта 1791 г. приняло подготовленное Специальной комиссией, в состав которой вхо­дили известные французские ученые того времени (Лаплас, Лагранж, Бор­да, Кондорсе, Монж и др.), предложение о введении в качестве единицы длины метра, равного одной десятимиллионной доле четверти земного меридиана. Эта единица длины была окончательно утверждена 10 декабря 1799 г., став основой метрической системы. В качестве ее прототипа (пер­воначального эталона) был избран платиновый стержень. Второй единицей Метрической системы явилась единица массы – килограмм, которая пер­воначально равнялась массе в вакууме кубического дециметра воды при ее наибольшей плотности (4°С) в месте, находящемся на уровне моря и на широте 45°. Прототипом этой единицы служила платиновая гиря. Прото­типы метра и килограмма хранятся в Национальном Архиве Франции и называются "метр Архива" и "килограмм Архива" соответственно.

Важным достоинством Метрической системы мер была ее десятич­ность, так как дольные и кратные единицы, согласно принятым правилам, образовывались в соответствии с десятичным счетом с помощью десятич­ных множителей, которым соответствуют приставки деци, санти, милли, дека, гекто и кило. Предпринимались попытки введения метрических еди­ниц для измерения времени (путём деления суток, например, на миллисут­ки) и углов (путем деления оборота на 1000 миллиоборотов либо на 400 градов), но они не имели успеха. В настоящее время в СИ используются секунды (делятся на миллисекунды и т. п.) и радианы.

Надобность в комиссии возникла в связи с просьбой многих городов (в 1788-1789 годы) ввести единую систему мер, чтобы покончить с много­численными злоупотреблениями, имевшими место на почве характерного для феодального строя отсутствия в стране единой твердой системы мер и весов, которую всегда и везде можно было бы проверить. В комиссии впо­следствии приняли участие многие другие ученые. Лаплас был ее предсе­дателем и главным руководителем.

Грандиозная работа Метрической комиссии закончилась лишь в 1799 г. Под наблюдением особой комиссии во главе с Лапласом были изго­товлены нормальные образцы новых мер – метра и килограмма, торже­ственно сданные в архив республики. Постепенно эта метрическая система распространялась по всему миру. В СССР она была введена лишь после Великой Октябрьской социалистической революции. Впоследствии стала очевидной невозможность абсолютно точно измерить длину меридиана, и потому, вопреки первоначальной идее Лапласа, метр принимался равным длине образца, изготовленного под руководством Лапласа. (С 1983 г. за метр приняло расстояние, которое свет проходит за 1/299 792 45 с.).

Работая в Метрической комиссии, Лаплас познакомился с извест­ным химиком Бертолле своим ровесником. Сходство во взглядах на науку и жизнь создало между ними близость, продолжавшуюся до самой смерти Бертолле, умершего на пять лет раньше Лапласа. Из состава этой комиссии Лаплас, как и Лавуазье, был отозван по причине «недостаточности респуб­ликанских добродетелей и слишком слабой ненависти к тиранам».

Впервые в России задача создания эталонов была успешно решена в первой половине XIX в. под руководством министра финансов Е. Ф. Кан­крина, возглавлявшего министерство с 1823 по 1844 гг. Понимая, что уро­вень промышленного развития страны зависит от успехов науки вообще и от успехов естественных наук в частности, он значительное внимание уде­лял поддержке новых научных направлений, например метрологии. Зани­маться проблемами метрологии Е. Ф. Канкрин начал еще до их официаль­ной передачи в его ведение (с 1827 по 1829 гг. эти работы велись в Мини­стерстве внутренних дел). С 1832 г. работы по созданию эталонов возобно­вились уже под руководством Министерства финансов. В 1835 г. Первые государственные эталоны были созданы и утверждены именным указом Николая I правительствующему Сенату. При поддержкеЕ. Ф. Канкрина вступил в действие важнейший документ в истории российской метроло­гии – Положение о весах и мерах от 4 (16) июня 1842 г. Оно определило систему единиц, обязательную для применения на всей территории рос­сийского государства с 1 января 1845 г.; утвердило эталоны этой системы; учредило в Санкт-Петербурге первое государственное метрологическое и поверочное учреждение – Депо образцовых мер и весов, установило его задачи и функции, а также систему организации хранения, применения, производства, клеймения и поверки мер. На территории Петропавловской крепости было построено здание для нового учреждения. Первым ученым-хранителем Депо образцовых мер и весов Е. Ф. Канкрин назначил акаде­мика А. Я. Купфера, внесшего неоценимый вклад в становление россий­ской научной метрологии.

Главная палата мер и весов, учреждена в 1893 году в Санкт-Петербурге па инициативе Д. И. Менделеева. Главная палата мер и весов являлась центральным учреждением Министерства финансов, заведовав­шим поверочной частью в Российской империи и подчиненным отделу торговли. Положению о мерах и весах 1899 года: задачей Палаты являлось «сохранение единообразия, верности и взаимного соответствия мер и ве­сов»; по закону 1901 г. на нее было возложено заведование местными по­верочными палатками, временными их отделениями, распределение по тем и другим состоявших при Палате поверителей, командирование их и др., а также решение различных вопросов по метрологии и ведение отчетности по поступлению в казну сборов за клеймение мер и весов. В самой Палате устройство поверочного дела было доведено до возможного научно- тех­нического совершенства. В 1931 г. реорганизована в Институт метрологии и стандартизации, с 1934 -институт метрологии, ныне ВНИИ метрологии им. Менделеева.

Сегодня ВНИИМ является одним из крупнейших мировых центров научной и практической метрологии, головной организацией страны по фундаментальным исследованиям в метрологии и главным центром госу­дарственных эталонов России.

Для хранения точного времени и воспроизведения единицы времени применялся особый эталон – часы немецкой фирмы "Рифлер", которые имели электрический ход и отличались от применявшихся ранее для той же цели часов большей точностью (суточная погрешность составляла всего 1/100 секунды). Эти часы помещались в герметически закрытый стеклян­ный колпак, из которого с помощью ручного воздушного насоса выкачи­вался воздух, чтобы не мешал работе механизма. Экспозиция рассказывает о том, что система передачи точного времени на другие электрические ча­сы была разработана в Главной палате мер и Весов. Из Палаты электриче­ские сигналы поступали на часы под аркой Главного штаба, в здании Ми­нистерства финансов, на парадной лестнице Зимнего дворца и некоторые другие часы в Петербурге. Так было положено начало созданию россий­ской государственной службы времени.

Для этого Дмитрий Иванович предложил организовать в Главной палате мер и весов астрономическое отделение и эталонную лабораторию времени. В 1903 году здесь были начаты работы по определению точного времени по вращению Земли, а также создан впервые в метрологической практике эталон единицы времени – секунды.

В систему, обеспечивающую воспроизведение и хранение единицы времени, а также передачу сигналов точного времени, входили, кроме того, башенные часы с тремя циферблатами фирмы "Нейгер и сыновья", и часы по среднему времени, регулирующие ход башенных часов, которые уже второй век продолжают свой точный ход.

Так же в самой палате мер и весов находится уникальная музейная коллекция разнообразных эталонов мер длины и массы, где можно увидеть редчайшие зарубежные экспонаты. Это собрание начало формироваться ещё в 1830-е годы, когда в России разрабатывалась система мер на научной основе и министр финансов для сравнения с российскими эталонами учре­дил выставку зарубежных эталонов.

Музейная коллекция весов самого широкого назначения – от эта­лонных до торговых, изготовленных известными отечественными масте­рами и ведущими мировыми фирмами. Государственный эталон единицы массы, государственный эталон единицы силы электрического тока произ­водных единиц механических, электрических, магнитных, температурных, физико-химических величин и величин ионизирующих излучений Госу­дарственный эталон единицы силы. Графитовый замедлитель, входящий в состав Государственного эталона единиц потока и плотности потока нейтронов.

В монументальном здании главной Палаты особенного внимания за­служивают 2 центральные комнаты с каменными устоями, основания кото­рых покоятся на четырехаршинной глубине ниже поверхности почвы. Од­на из комнат назначена для точных взвешиваний, другая для компарирова­ния линейных мер. Все здание имеет паровое отопление по наружным сте­нам. Указанные две центральные комнаты, будучи окружены рядом других комнат и широкими коридорами, могут сохранять значительное постоян­ство температуры – изменение температуры в течение суток не превосхо­дит 0,05° С. При некоторых специальных взвешиваниях до 1 кг — наблю­дение за качаниями коромысла и перекладка грузов могут быть произведе­ны вне комнаты, из коридора. Прототипы русских мер и копии с иностран­ных хранятся в особых кладовых.

# ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Расстояние между Санкт-Петербургом и Нью-Йорком составляет 8200 км. Каково это расстояние в милях и кабельтовых?
2. В США и в Англии вино продают галлонами, квартами и пинтами. Кто из торговцев в США и в Англии будет иметь большую прибыль при цене за 1 л вина 10 долларов (1 галлон равен 4 квартам или 8 пин­там)?
3. С какими единицами физических величин осуществляется сравнение объектов если получены результаты измерений: 1 ч; 10 Н; 0,1 В; 5 А; 20 кг; 300 Ом; 10 МПа; 20 Тл?
4. По результатам измерений предыдущей задачи применить другие единицы измерений. Как при этом изменится физический размер ве­личины и ее числовое значение?
5. Что характеризуют размеры, обозначения единиц и числовые значе­ния в следующих результатах измерений: 20 г/см3; 18 А; 30 ˚С; 273 К; 10 м2/с; 15 Дж/К; 20 Вт/м2 ?
6. Нормальное давление здорового человека составляет 80/120 мм.рт.ст. Этой единицы давления нет в СИ. Перевести эти значения в паскали.
7. Исторический алмаз «Шах» имеет массу 88,7 карата. Какова масса алмаза в граммах?

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Какая единица измерения является мерой длины в английской си­стеме мер?
2. Назовите точное значение «международного» фута.
3. Назовите известные Вам европейские меры объема.
4. Какое наиболее важное достоинство Метрической системы мер вы можете назвать?
5. В каком веке была решена задача создания эталонов в России?
6. В каком году была учреждена главная Палата мер и весов в России?
7. Какова основная задача Палаты мер и весов?
8. Какова суточная погрешность эталонных часов «Рифлер»?
9. Расскажите про основание российской государственной службы времени.
10. В каком году были начаты работы по определению точного време­ни по вращению Земли?

# 4. ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ВЕРНЬЕРА (НОНИУСА) И НОНИУСНОГО ИНСТРУМЕНТА ИХ РОЛЬ В ПОВЫШЕНИИ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

Одна из главных задач метрологических служб предприятий - обеспе­чение требуемой точности измерений, выполняемых на различных стадиях производства продукции. В условиях острой конкурентной борьбы за пер­венство на российском и международном рынках возрастают требования, предъявляемые к качеству выпускаемых изделий, и появляется очередная задача - повышение точности измерений.

Повышение точности измерений всегда способствовало развитию не только отдельной отрасли народного хозяйства, но и мирового научно-технического прогресса, улучшению жизни и здоровья людей. Достаточно вспомнить, что значительное повышение точности измерений неоднократ­но являлось основной предпосылкой фундаментальных научных открытий.

Так, повышение точности измерения плотности воды в 1932 году при­вело к открытию тяжелого изотопа водорода - дейтерия, определившего бурное развитие атомной энергетики. Точность измерений на прямую за­висит от погрешности прибора. Потребность в увеличении точности явля­ется предпосылкой к созданию и совершенствованию измерительных при­боров.

Верньер или нониус (Уелйег, Кonius) –это приспособление употребля­ется в измерительных приборах, чтобы определить положение указателя между двумя чертами шкалы точнее, чем это можно сделать на глаз. Прин­цип работы нониуса основан на разности интервалов делений основной шкалы и шкалы-нониуса. Эта разница равна цене деления нониуса, а число делений зависит от цены деления. Если интервал деления шкалы составля­ет 1 мм, а интервал делений нониуса — 0,9 мм, то цена деления нониуса равна 0,1 мм. Таким образом, если совместить нулевое деление нониуса с нулевым делением основной шкалы штангенциркуля, то первое деление нониуса «отстанет» от первого деления основной шкалы на величину раз­ности интервалов шкал, т. е. на 0,1 мм, второе деление — на 0,2 мм и т. д. Десятое деление нониуса, сместившись на 1 мм, совпадает с девятым деле­нием основной шкалы штанги, то есть если цену деления 1 мм разделить на число делений нониуса (на 10), получаем 0,1 мм.

Точка – единица измерения расстояния в русской и английской систе­мах мер.

В русской системе мер 1 точка = 1/100 дюйма = 1/10 линии = 0,254 мм[1].

В английской системе мер 1 точка (пункт, пойнт) = 1/72 дюйма = 1/6 линии = 0,352777777… мм.

Ли́ния – единица измерения расстояния в русской, английской (англ. line) и некоторых других системах мер. Название пришло в русский язык через польск. liniа или нем. Liniе от лат. līnea — льняная бечёвка; полоса, проведённая этой бечёвкой.

В старорусской системе мер 1 линия = 1/16 ногтя = 1/256 пяди = 0,69453 мм.

В русской (с XVIII века) и английской системах мер 1 линия («большая») = 1/10 дюйма = 10 точек = 2,54 мм[2].

В английской системе мер 1 линия («малая») = 1/12 дюйма = 2,11666666… мм. Эта единица использовалась редко, так как в технике использовались десятые, сотые и тысячные («милы») доли дюйма. Измерения в биологии и типографском деле использовали эту единицу, сокращая её как '' (за преде­лами этих областей линию обозначали как ''', a '' применялось и применяет­ся для обозначения дюйма) [3,4].

Изготовители пуговиц для измерения толщины пуговиц использовали спе­циальную линию, равную 1/40 дюйма = 0,635 мм, также известную как англ. Buttonmeasure[3].

«Французская» линия = 1/144 «нормального фута» = 2,255 мм.

В новопольской и прусской системах мер линия составляла 2,0 и 2,17 мм соответственно.

Дюйм традиционно является наименьшей целой единицей измерения в имперской системе мер, для измерения длины меньше дюйма используют­ся дробные значения 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32 и 1/64 дюйма.

В начале 19-го века, в Великобритании, инженеры стали использовать тысячную долю дюйма, как единицу измерения максимально возможной точности, впоследствии эта единица измерения стала известна как мил (thou).

Кратные и дольные единицы от системных единиц не входят в коге­рентную систему.

Кратные и дольные единицы образуются путем умножения или деления на степень числа 10, Их наименования получаются прибавлением указан­ных в нижеследующей таблице приставок к наименованиям основных и производных единиц.

Кратные и дольные единицы по ГОСТ 7063 - 55 образуются путем умножения или деления единиц СИ (или других систем) на число 10 в со­ответствующей степени.

Кратные и дольные единицы образуются при умножении или делении на степень числа 10 основной или производной единицы.

Кратные и дольные единицы получаются умножением или делением основных единиц на 10 в той или иной степени. Наименования дольных и кратных единиц образуются при помощи приставок: aттo (10-18), фемто (10-15), пико (10-12), нано (10-9), микро (10-6), милли (10-3), санти (10-2), деци (10-1), дека (101), гекто (102), кило (103), мега (106), гига (109), тера (1012), пета (1015), экса(1018).

# ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Два шара имеют одинаковые массы и диаметры, но один шар из золота полый, а другой – из серебра сплошной. Серебряный шар позолочен. Как выяснить, где шар золотой, а где – серебряный, не царапая их? По внешнему виду они ничем не отличаются.
2. Рассчитать нониус с ценой деления 0,2 мм; 0,3 мм и 0,02 мм.
3. Какова погрешность измерений длины стальной детали, равной 100мм, при изменении температуры от 10º С до 60º С?
4. Можно ли определить различие размеров деталей по условию за­дачи 3, если применить для измерения штангенциркуль с ценой деления 0,05 и 0,02 мм?
5. Как изменится длина стальной ленты у рулетки при изменении температуры от 5 до 45°С? Длина ленты 75 мм, αст = 12 ·10-6 К-1.
6. Сколько линий содержится в диаметре ствола винтовки Мосина, находившейся на вооружении в России вплоть до 40-х го­дов 20-го столетия?
7. Пушка имеет калибр 12 дюймов. Толщина стенок ствола состав­ляет 30 мм. Каковы наружный диаметр ствола и его масса, если его длина равна 3 м?

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Какова одна из главных задач метрологических служб предприя­тий?
2. Какие события являлись основными предпосылками фундамен­тальных научных открытий?
3. На основе чего состоит принцип работы нониуса?
4. Обозначьте размеры точки в русской и английской системах мер.
5. Какая величина традиционно является наименьшей целой единицей измерения в имперской системе мер?
6. Как образуются наименования кратных и дольных единиц?
7. Укажите правило образования дольных и кратных единиц.

# 5. ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОМЕТРИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТА ЕГО РОЛЬ В МИРОВОМ ТЕХНИЧЕСКОМ ПРОГРЕССЕ МЕТРОЛОГИЯ НАЧАЛА ХХ ВЕКА

Температурные шкалы - это способы деления на части интервалов тем­пературы для измерений физических свойств объекта, при прочих равных условиях однозначно зависящего от температуры(объёма, давления, элек­трического сопротивления, ЭДС, интенсивности излучения, показателя преломления, скорости звука и др.) и называемого термометрическим свойством.

Для построения шкалы температур приписывают её численные значе­ния двум фиксированным точкам (реперным точкам температуры), напри­мер, точке плавления льда и точке кипения воды. Деля разность темпера­тур реперных точек (основной температурный интервал) на выбранное произвольным образом число частей, получают единицу измерения темпе­ратуры, а задавая, опять-таки произвольно, функциональную связь между выбранным термометрическим свойством и температурой, получают воз­можность вычислять температуру по данной температурной шкале.

Ясно, что построенная таким способом эмпирическая температурная шкала является произвольной и условной. Поэтому можно создать любое число температурных шкал, различающихся выбранными термометриче­скими свойствами, принятыми функциональными зависимостями темпера­туры от них (в простейшем случае связь между термометрическим свой­ством и температурой полагают линейной) и температурами реперных то­чек.

Примерами температурных шкал служат шкалы Цельсия, Реомюра, Фа­ренгейта, Ранкина и Кельвина.

Понятие абсолютной температуры было введено У. Томсоном (Кельви­ном), в связи с чем шкалу абсолютной температуры называют шкалой Кельвина или термодинамической температурной шкалой. Единица абсо­лютной температуры кельвин (К).

Абсолютная шкала температуры называется так, потому что мера ос­новного состояния нижнего предела температуры - абсолютный ноль, то есть наиболее низкая возможная температура, при которой в принципе не­возможно извлечь из вещества тепловую энергию.

Абсолютный ноль определён как О К, что равно -273.15 °С.

Шкала температур Кельвина - это шкала, в которой начало отсчёта ве­дётся от абсолютного нуля.

Важное значение имеет разработка на основе термодинамической шка­лы Кельвина Международных практических шкал, основанных на репер­ных точках - фазовых переходах чистых веществ, определенных методами первичной термометрии. Первой международной температурной шкалой являлась принятая в 1927 г. МТШ-27. С 1927 г. шкала несколько раз пе­реопределялась (МТШ-48, МТШ-68, МТШ-90): менялись реперные темпе­ратуры, методы интерполяции, но принцип остался тот же - основой шка­лы является набор фазовых переходов чистых веществ с определенными значениями термодинамических температур и интерполяционные прибо­ры, градуированные в этих точках. В настоящее время действует шкала МТШ- 90. Основной документ (Положение о шкале) устанавливает опре­деление Кельвина, значения температур фазовых переходов (реперных точек) и методы интерполяции.

Используемые в быту температурные шкалы как Цельсия, так и Фарен­гейта (используемая, в основном, в США), не являются абсолютными и поэтому неудобны при проведении экспериментов в условиях, когда тем­пература опускается ниже точки замерзания воды, из-за чего температуру приходится выражать отрицательным числом. Для таких случаев были введены абсолютные шкалы температур.

Одна из них называется шкалой Ранкина, а другая абсолютной термо­динамической шкалой (шкалой Кельвина); температуры по ним измеряют­ся, соответственно, в градусах Ранкина (°Ra) и кельвинах (К).

Обе шкалы начинаются при температуре абсолютного нуля. Различа­ются они тем, что цена одного деления по шкале Кельвина равна цене де­ления шкалы Цельсия, а цена деления шкалы Ранкина эквивалентна цене деления термометров со шкалой Фаренгейта. Температуре замерзания во­ды при стандартном атмосферном давлении соответствуют 273,15 К,   
0 °С, 32 °F.

Масштаб шкалы Кельвина привязан к тройной точке воды (273,16 К), при этом от неё зависит постоянная Больцмана. Это создаёт проблемы с точностью интерпретации измерений высоких температур.

Сейчас Международное бюро мер и весов рассматривает возможность перехода к новому определению кельвина и фиксированию постоянной Больцмана, вместо привязки к температуре тройной точки.

В технике, медицине, метеорологии и в быту в качестве единицы изме­рения температуры используется шкала Цельсия. В настоящее время в си­стеме СИ термодинамическую шкалу Цельсия определяют через шкалу Кельвина: t(°C) = Т(К) 273,15 (точно), т. е. цена одного деления в шкале Цельсия равна цене деления шкалы Кельвина. По шкале Цельсия темпера­тура тройной точки воды равна приблизительно 0,008 °С, и, следовательно, точка замерзания воды при давлении в 1 атм. очень близка к 0 °С. Точка кипения воды, изначально выбранная Цельсием в качестве второй репер­ной точки со значением, по определению равным 100 °С, утратила свой статус одного из реперов. По современным оценкам температура кипения воды при нормальном атмосферном давлении в термодинамической шкале Цельсия составляет около 99,975 °С. Шкала Цельсия очень удобна с прак­тической точки зрения, поскольку вода очень распространена на нашей планете и на ней основана наша жизнь. Ноль Цельсия особая точка для метеорологии, поскольку связана с замерзанием атмосферной воды. Шкала предложена Андерсом Цельсием 1742 г.

В Англии и, в особенности, в США используется шкала Фаренгейта. Ноль градусов Цельсия это 32 градуса Фаренгейта, а 100 градусов Цельсия - 212 градуса Фаренгейта.

В настоящее время принято следующее определение шкалы Фаренгей­та: это температурная шкала, 1 градус которой (1 °F) равен 1/180 разности температур кипения воды и таяния льда при атмосферном давлении, а точ­ка таяния льда имеет температуру +32 °F. Температура по шкале Фарен­гейта связана с температурой по шкале Цельсия (t °С) предложена Г. Фа­ренгейтом в 1724 году.

Шкала Реомюра предложена в 1730 году Р. А. Реомюром, который опи­сал изобретённый им спиртовой термометр. Единица градус Реомюра (°Rd), 1 °Rd равен 1/80 части температурного интервала между опорными точками температурой таяния льда (0 °Rd) и кипения воды (80 °R0).В настоящее время шкала вышла из употребления, дольше всего она сохра­нялась во Франции, на родине автора.

# ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Чему равна ширина деления барабана микрометра и число делений при шаге винта 0,4 мм, диаметре 30 мм и цене деления 0,1 мм?
2. Для изготовления короны древнегреческий царь Гиерон выдал ювелиру 8 кг золота и 2 кг серебра. Ювелир заменил 3 кг золота серебром. Архимед, однако, уличил ювелира. Приведите расчет доказательства замены золота серебром, если известно, что плот­ность золота 19320 кг/м3, а серебра – 10500 кг/м3. Известно, что Галилей спустя восемнадцать веков более точно решил эту задачу. Попытайтесь самым простым способом доказать факт замены од­ного металла другим.
3. Перевести температуру по Цельсию в температуру по Фаренгей­ту, если известно, что между началом шкалы (температура смеси льда, соли и нашатыря) и температурой смеси льда воды было 32 деления, а температура кипения воды соответствовала 212°.
4. Перевести температуру по Цельсию в температуру по Реомюру, если известно, что нуль по Реомюру соответствует температуре таяния льда, а точка кипения воды соответствует числу 80.
5. Перевести значения температур: 20, 50 и 200 ˚С в температуру по шкале Фаренгейта.
6. Перевести значения температур 20, 50 и 327 ˚С в температуру по Реомюра.
7. Перевести температуру по Фаренгейту, равную 0, 20, 100 и 220 ˚F в температуру по Реомюру.
8. Длина ленты из инвара (сплава железа с никелем) у рулетки равна 75 мм. Как изменится длина ленты при изменении температуры от 5°С до 30°С, если относительное удлинение инвара равно αин = 9 · 10-7 К-1?

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Дайте определение температурных шкал.
2. Как строятся температурные шкалы?
3. Какие температурные шкалы Вам известны?
4. В какой температурной шкале отсчет ведется от абсолютного ну­ля. Назовите значение абсолютного нуля при помощи других шкал.
5. К какому значению привязан масштаб шкалы Кельвина?
6. Укажите шкалу, которая используется в технике, медицине, ме­теорологии и в быту в наше время.
7. В каком году была предложена шкала Цельсия?
8. Как определяется 1 градус шкалы Фаренгейта?
9. Как определяется 1 градус шкалы Реомюра?

# 6.ВОЗНИКНОВЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ЭТАЛОНОВ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН В ПРАКТИКЕ МИРОВОЙ МЕТРОЛОГИИ

Ампер(русское обозначение: А; международное: А) — единица изме­рения силы электрического тока в Международной системе единиц (СИ), одна из семи основных единиц СИ. В амперах измеряется также магнито­движущая сила и разность магнитных потенциалов.

Современное определение ампера было предложено Международным комитетом мер и весов в 1946 году и принято IX Генеральной конференци­ей по мерам и весам (ГКМВ) в 1948 году.

Ампер есть сила неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 метр один от другого, вызвал бы на каждом участке проводника длиной 1 метр силу взаимодействия, равную 2·10-7 ньютона.

Магнитодвижущая сила 1 ампер (ампер-виток) — это такая магнито­движущая сила, которую создает замкнутый контур, по которому протека­ет ток, равный 1 амперу.

Единица измерения, принятая на 1-м Международном конгрессе элек­триков (1881 г., Париж), названа в честь французского физика Андре Ам­пера. Она была первоначально определена как одна десятая единицы тока системы СГСМ (эта единица, известная в настоящее время как абампер или био, определяла ток, создающий силу в 2 дины на сантиметр длины между двумя тонкими проводниками на расстоянии в 1 см).

В 2011 г. XXIV Генеральная конференция по мерам и весам приняла резолюцию, в которой предложено в будущей ревизии Международной системы единиц (СИ) продолжить переопределение основных единиц та­ким образом, чтобы они были основаны не на созданных человеком арте­фактах, а на фундаментальных физических постоянных или свойствах ато­мов.

В частности, предполагается, что СИ станет системой единиц, в кото­рой элементарный электрический заряд *е* равен 1,6·10-19 Кл. Результатом этого явится отмена ныне действующего определения ампера и принятие нового. Величина ампера будет установлена в соответствии с новым точ­ным значением элементарного электрического заряда, выраженным в с·А. В связи с этим в резолюции XXIV ГКМВ по поводу ампера сформулирова­но следующее положение: «Ампер останется единицей силы электрическо­го тока, но его величина будет устанавливаться фиксацией численного зна­чения элементарного электрического заряда равным в точности 1,6·10-19, когда он выражен единицей СИ с·А, что эквивалентно Кл».

Если сила тока в проводнике равна 1 амперу, то за одну секунду через поперечное сечение проходит заряд, равный 1 кулону.

Если конденсатор ёмкостью в 1 фарад заряжать током 1 ампер, то напряжение на обкладках будет возрастать на 1 вольт каждую секунду.

Эталоном единицы величины называют средство измерений, предна­значенное для воспроизведения и хранения единицы величины (или крат­ных либо дольных значений единицы величины) с целью передачи ее раз­мера другим средствам измерений данной величины.

Следует отметить, что создание и совершенствование эталонов являет­ся чрезвычайно сложной задачей, требующей больших усилий коллективов ученых, инженеров, конструкторов и производственников. Это объясняет­ся, в первую очередь, высокой точностью эталонов единиц электрических величин, превышающей в десятки раз точность рабочих средств измере­ний. К тому же требования к точности воспроизведения единиц величин непрерывно растут.

Шкала силы электрических токов - аддитивная шкала отношений. Определение ампера менялось дважды. По определению 1893 г., относя­щемуся к системе международных практических электрических единиц, международный ампер - неизменяющийся ток, который, проходя через водный раствор азотнокислого серебра, при соблюдении спецификации выделяет 0,0011180 г серебра в 1 с. Эталон ампера- серебряные Вольтамет­ры - создавались децентрализовано, по определению и воспроизведению ампер не был независимой единицей, так как определялся через грамм и секунду.

В 1948 г. при создании МКСА вместо международных практических электрических единиц были введены абсолютно практические электриче­ские единицы при этом размер ампера и других электрических единиц из­менился. Международный ампер, определённый в 1893 г., стал равен 0,99985 абсолютных ампера. Абсолютные практические электрические единицы вошли в СИ. Определение ампера – это сила неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным пробойникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенным в Вакууме на расстоянии 1 м друг от друга, вызывал бы на каждом участке проводника длиной 1 м силу взаимо­действия, равную 2·10-7Н. Это определение связало ампер уже с тремя ос­новными единицами - метром, килограммом и секундой, оно не может быть воплощено в каком-либо техническом устройстве. Поэтому в боль­шинстве стран в качестве эталона ампера использовались (и частично ис­пользуются) установки, реализующие ампер путем измерения либо силы (ампер-весы различных конструкций), либо момента сил, действующих на катушку с током, помещенную в магнитное поле другой катушки. Модель­ные расчеты такого рода устройств содержат неопределённости в реализа­ции международного определения. Отсутствие единой пригодной для реа­лизации международной спецификации Эля этих устройств сделало необ­ходимыми международные принятие для единицы ампера некоторого сравнительного значения. Так как эталонные меры силы тока отсутствуют, сличаются меры электрического сопротивления, прокалиброванные на национальном эталоне ампера - ампер-весах.

Одна секунда - это интервал Времени, равный 9 192 63 1 770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уров­нями основного состояния атома цезия-133 при отсутствии возмущения внешними полями.

В истории развития секунды несколько этапов. Ранее единицу опреде­ляли исходя из солнечных суток, так как продолжительность суток меняет­ся, то определяли сутки 1с=1/86400 солнечных средних суток. Средними солнечными сутками называется интервал времени между двумя последо­вательными верхними кульминациями «среднего солнца». «Среднее солн­це» - это воображаемая точка, которая обходит небесный свод, двигаясь равномерно по небесному экватору за такой же промежуток времени, что и истинное Солнце, движущееся неравномерно по эклиптике.

Определение секунды, связанное со средними солнечными сутками, обладает существенным недостатком. Как показали наблюдения, суточное вращение Земли вокруг своей оси, на котором основано определение сред­них солнечных суток, подвержено колебаниям, закономерности которых пока еще не установлены и учету не поддаются. Известно, что за послед­нюю треть XIX в. продолжительность суток увеличилась на 0,007 с, а за первую треть XX в,- уменьшилась на 0,005 с. С 1934 г. продолжительность суток увеличивается. Из-за возникшей в связи с этим неточностью в опре­делении секунды пришлось отказаться от эталона единицы времени, свя­занного с суточным вращением Земли.

В качестве эталона времени был принят тропический год, т. е. проме­жуток времени между двумя последовательными прохождениями Солнца через точку весеннего равноденствия. Но так как тропический год вообще величина непостоянная (продолжительность его уменьшается на полсе­кунды за столетие), то в качестве эталона надо было принять продолжи­тельность какого-нибудь определенного года. За такой год был принят 1900 год, начинавшийся для гринвического меридиана в полдень 1 января 1900 г

В целях дальнейшего повышения точности воспроизведения единицы времени и частоты XII Генеральная конференция по мерам и весам и Меж­дународный комитет мер и весов в 1965 г. приняли для временного приме­нения определение секунды, основанное на атомном эталоне частоты. В декларации Международного комитета сказано, что этот «эталон представ­ляет собой переход между сверхтонкими уровнями F= 4, М=0 и F=3, М=0 основного состояния 2s 1/2, атома цезия-133, не возмущенного внешними полями, и что частоте этого перехода приписывается значение 9 192 631 770 герц». Из такого определения эталона следует, что секунда - это время, в течение которого совершается 9 192 63 1 770 переходов между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133.

Воспроизведение секунды осуществляется в цезиевом эталоне частоты, принцип действия которого состоит в следующем. Если атомам цезия со­общить тепловые скорости около 200 м/с и пропустить пучок таких атомов в вакуумной камере через высокочастотное поле, то при определенной ча­стоте этого поля, близкой к собственной частоте атомов, происходит их ионизация. Улавливая ионы с помощью особого детектора и измеряя со­здаваемый ими ток, можно по максимуму силы этого тока установить ча­стоту поля, при которой наступает резонанс и которой соответствует опре­деленная линия поглощения. Частота линий поглощения с помощью осо­бой системы сравнивается с частотой кварцевых часов.

Государственный первичный эталон времени и частоты содержит: 1) водородные и кварцевые генераторы; 2) делители частоты; 3) аппаратуру для сличения частот; аппаратуру для приема и регистрации радиосигналов.

В 1997 году Международное бюро мер и весов уточнило, что в этом определении фигурирует атом цезия, который покоится при нулевой абсо­лютной температуре. В новейших моделях цезиевых часов (их называют фонтанными) это требование почти идеально реализуется с помощью ла­зерного охлаждения атомов.

Единица осталась той же, но найден другой способ се воспроизведения. Воспроизведение осуществляется атомно-нулевыми часами. Благодаря сигналам точного времени и частоты, передаваемых по телевизору, радио и другим каналам связи, единица времени и частоты воспроизводимой госу­дарственным первичным эталоном стали доступны для всех пользователей. После государственных эталонов в поверочной схеме расположены этало­ны копий и рабочие эталоны (квантовые, перевозные часы).

Эталон времени - особенный. Все остальные эталоны вводятся в дей­ствие периодически, для сличения с ними вторичных и рабочих эталонов. Но эталон, хранящий шкалу времени, нельзя остановить, как нельзя оста­новить время.

Он работает всегда. Есть такой афоризм: Время - очень простое поня­тие, пока Вы не пытаетесь объяснить его кому-нибудь. С полным основа­нием эти слова можно отнести и к эталону времени. Меньше всего он напоминает часы, а оборудование и научные подразделения, которые обес­печивают эксплуатацию эталона, занимают большое здание.

В России главный эталон Времени находится во Всероссийском науч­но- исследовательском институте физико-технических и радиотехнических измерений (ВНИИФТРИ) под Москвой, это сложный комплекс, в который входят дающие строго определенную частоту генераторы, водородные хранители частоты, хранители шкал времени, приборы для измерения Временных интервалов и другая аппаратура. Некоторые составляющие эталона уникальны, например, радиооптический частотный мост, служа­щий для измерения частот излучения лазера. Кроме России такие мосты есть только в США, Канаде, Франции и Великобритании. Российский гос­эталон времени входит в группу лучших мировых эталонов, его относи­тельная погрешность не превышает 5·10-14, т.е. 0,000000000000005 сек, что позволяет накопить погрешность не более 1 секунды за полмиллиона лет.

# ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Известно, что Б.С. Якоби предлагал в качестве единицы измере­ния сопротивления сопротивление медной проволоки 6,358 фута (1 фут равен 30,5 см) и диаметром 0,00336 дюйма (1 дюйм равен 2,54 см). Чему равна единица сопротивления Якоби в единицах СИ?
2. Написать формулу размерности, выразить через основные и до­полнительные единицы СИ, а также привести наименования еди­ниц следующих электрических величин а) энергии; б) работы; в) количества теплоты.
3. Написать формулу размерности, выразить через основные и до­полнительные единицы СИ, а также привести наименования еди­ниц количества электричества.
4. В течение 2 часов пропущено 600 К электричества. Какова была сила тока?
5. Безопасной силой тока для человека принимают величину не бо­лее 1 мА. Сопротивление тела между указательными пальцами двух рук у Петрова составило 15 кОм, у Сидорова – 10 кОм, у Иванова – 17 кОм. Каково безопасное напряжение для каждого из троих?
6. Давление в шине составляет 2,2 технической атмосферы. Выра­зить это значение в: а) паскалях; б) мм водяного столба; в) мм ртутного столба; г) кг/мм2.
7. В современных расчетах расхода тепловой энергии пользуются единицей измерения гигокалорией (Гкал). Выразить ее значение: а) в Джоулях; б) кгс·м; в) эргах; г) Вт·ч; д) электрон-вольтах (эВ).
8. Мощность двигателя троллейбуса составляет 100 квт, аэлектриче­ского фонарика – 1 Вт. Выразить эти значения в: а)эрг·с; б) лоша­диных силах; в) мегаваттах; г) кгс·м/с.

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Сформулируйте определение Ампера.
2. Чему равен элементарный электрический заряд в системе СИ?
3. Что значит, что сила тока в проводнике равна 5 А?
4. Что служило эталоном ампера в 1893 году?
5. Сформулируйте определение одной секунды.
6. На сколько увеличилась продолжительность суток за последнюю треть XIX в?
7. Что было принято в качестве эталона времени?
8. Как осуществляется воспроизведение секунды?
9. Объясните принцип воспроизведение секунды атомно-нулевыми часами.

10. Какова погрешность Российского госэталона времени?

# 7. ВВЕДЕНИЕ КРАТНЫХ И ДОЛЬНЫХ ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ПРАКТИКЕ ИЗМЕРЕНИЙ

Кратные и дольные единицы в систему СИ не входят, за исключе­нием килограмма, являющегося основной единицей СИ. Кратные и дольные единицы от единиц физических величин и их наименования образуются при помощи множителей и приставок:

*Таблица 7.1.*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Десятичный множитель | Приставка | | Обозначение | |
| Русская | Международная | Русское | Международное |
| 101 | Дека | Deca | да | da |
| 102 | Гекто | Hecto | г | h |
| 103 | Кило | Kilo | к | k |
| 106 | Мега | Mega | М | M |
| 109 | Гига | Giga | Г | G |
| 1012 | Тера | Tera | Т | T |
| 1015 | Пета | Peta | П | P |
| 1018 | Экса | Exa | Э | E |
| 1021 | Зетта | Zetta | З | Z |
| 1024 | Иотта | Yotta | И | Y |
| 10-1 | Деци | Deci | д | d |
| 10-2 | Санти | Centi | с | c |
| 10-3 | Милли | Milli | м | m |
| 10-6 | Микро | Micro | мк | µ |
| 10-9 | Нано | Nano | н | n |
| 10-12 | Пико | pico | п | p |
| 10-18 | Атто | atto | а | a |
| 10-21 | Зепто | zepto | з | z |
| 10-24 | Иокто | yocto | и | y |

Кратные и дольные единицы образовывали первоначально по­средством очень небольших множителей и делителей.

Кратные и дольные единицы образуются путем умножения еди­ницы измерения на коэффициент 10k, где *k* - целое число.

Представленные в таблице кратные и дольные единицы для дан­ной физической величины не следует считать исчерпывающими, так как они могут не охватывать диапазоны физических величин в разви­вающихся и во вновь возникающих областях науки и техники. Тем не менее, рекомендуемые кратные и дольные от единицСИ способствуют единообразию представления значений физических величин, относя­щихся к различным областям техники.

Стандарт разрешает применять десятичные кратные и дольные единицы, наименования которых следует образовывать путем присо­единения приставок (Международный комитет присвоил им наимено­вание Приставки СИ), охватывающих диапазон множителей, приве­денных в Таблице 1. Присоединение к наименованию единицы двух или более приставок подряд не допускается. Например, вместо наиме­нования единицы микромикрофарад следует писать наименование пи­кофарад.

Со времён появления гелиоцентрической системы, а особенно кеплеровской небесной механики, относительные расстояния в Сол­нечной системе (исключая слишком близкую Луну) стали известны с хорошей точностью. Поскольку Солнце является центральным телом системы, а обращающаяся по почти круговой орбите Земля — место­положением наблюдателей, естественно было принять радиус этой ор­биты за единицу измерения. Однако не существовало способа надёжно измерить величину этой единицы, то есть сравнить её с земными мас­штабами. Солнце находится слишком далеко, чтобы с Земли надёжно измерить параллакс. Расстояние до Луны было известно, но исходя из известных в XVII веке данных оценить отношение расстояний до Солнца и Луны не удавалось — наблюдение за Луной не даёт требуе­мой точности, а отношение масс Земли и Солнца также не было из­вестно.

В 1672 году Джованни Кассини совместно со своим сотрудником Жаном Рише измерили параллакс Марса. Поскольку параметры орби­ты Земли и Марса были измерены с высокой точностью, появилась возможность оценить величину астрономической единицы — в совре­менных единицах у них получилось примерно 140 млн км. Впослед­ствии проводились уточнённые измерения астрономической единицы при помощи прохождений Венеры по солнечному диску. Сближение астероида Эрос с Землёй в 1901 году и измерение его параллакса поз­волили получить ещё более точную оценку.

Астрономическая единица также уточнялась с помощью радиоло­кации планет. Локацией Венеры в 1961 году установлено, что астро­номическая единица равна 149 599 300 км. Возможная ошибка не пре­вышала 2000 км. Повторная радиолокация Венеры в 1962 году позво­лила уменьшить эту неопределенность и уточнить значение астроно­мической единицы: оно оказалось равным 149 598 100±750 км. Выяс­нилось, что до локации 1961 года величина а. е. была известна с точно­стью 0,1 %.

Многолетние измерения астрономической единицы (в её опреде­лении 1976 года) зафиксировали её медленное увеличение со скоро­стью около 15 сантиметров в год (что на порядок превышает точность современных измерений). Одной из причин может быть потеря Солн­цем массы (вследствие солнечного ветра), однако наблюдаемый эф­фект значительно превышает расчётные значения.

Миля морская (англ. nauticalmile) – единица длины для измерений расстояния на море.

Равняется 1852 метрам. Соответственно, 1 км = 0,5399568 морской мили.

Эта величина определена в 1929 году на I экстраординарной меж­дународной гидрографической конференции в Монако. Единогоопре­деленного обозначения не ввели, но часто встречаются сокращения M, NM, Nm, nmi.

Со времен Меркатора морская миля была длиной 1 минуты граду­са дуги земного меридиана (т.е. 1/21600 длины дуги меридиана). Так как форма Земли отличается от шарообразной, величина 1 минуты гра­дуса меридиана колеблется: на полюсах она составляет 1861,6 м, а на экваторе 1842,9 м. Унифицированная миля примерно равна значению длины минуты градуса меридиана на широте 45˚ (1852,2 м). Как угло­вая и линейная мера одновременно, морская миля удобна для решения задач навигации.

Узел — единица измерения скорости, равная одной морской миле в час. Применяется в мореходной и авиационной практике. Так как существуют разные определения морской мили, соответственно, и узел может иметь разные значения. По международному определению, один узел равен 1,852 км/ч (1 морская миля в час) или 0,514 м/с. Эта единица измерения, хотя и является внесистемной, допускается для использования наряду с единицами СИ. Распространённость узла как единицы измерения связана со значительным удобством его примене­ния в навигационных расчётах: судно, идущее на скорости в 1 узел вдоль меридиана, за один час проходит одну угловую минуту геогра­фической широты. Происхождение названия связано с принципом ис­пользования секторного лага. Скорость судна определялась как число узлов на лине (тонкий трос), прошедших через руку измеряющего за определённое время (обычно 15 секунд или 1 минута). При этом рас­стояние между соседними узлами на лине и время измерения были по­добраны с таким расчётом, что это количество численно равнялось скорости судна, выраженной в морских милях в час.

Карат (от итал. carato, через араб. قيراط‎‎ (кират), от др.-греч. κεράτιον (сerátion) — стручок рожкового дерева (Ceratoniasiliqua), се­мена которого служили мерой массы) — единица измерения массы и объёма, а также мера чистоты золота.

Метрический карат — внесистемная единица измерения массы. Установлен 4-й Генеральной конференцией по мерам и весам (Париж, 1907) и принят вСССР с 1922 года, равен 200 мг (0,2 грамма). Сокра­щённое обозначение: русское – кар, международное – ct. Применяется в ювелирном деле для определения массы драгоценных камней и жем­чуга. В настоящее время в Российской Федерации карат допущен к использованию в качестве внесистемной единицы без ограничения срока с областью применения «для драгоценных камней и жемчуга». Международная организация законодательной метрологии (МОЗМ) относит карат к единицам измерения, «которые могут временно при­меняться до даты, установленной национальными предписаниями, но которые не должны вводиться, если они не используются».

Английский карат — 105 мг.

Арабский карат (кират) — устаревшая мера веса в мусульманских странах, приблизительно равная 223 мг.

Канонический кират, который чаще использовался в Ираке, был равен 1/20 мискаля и состоял из 5 (канонически) или, чаще, из 3 хабб. Соответственно, карат весил 1/14 весового дирхама в 3,125 г, то есть 0,2232 г.

В Малой Азии, Египте, Сирии и Мекке 1 кират был равен 1/24 мискаля = 1/16 дирхама = 4 хаббам. В Малой Азии кират = 0,204 г, а в Египте, Сирии и Мекке — 0,195 г.

Собственные меры веса в Египте: 1 шамуна = 1/4 бакилы = 3 еги­петских кирата.

Карат как единица измерения объёма: Египетский карат (кират) — египетская мера измерения объёма, равная 1/32 кадаха = 0,064 л.

Карат как единица измерения площади: Египетский карат (кират) — египетская мера поверхности = 1/24 фаддана = 3 хаббы = 6 даников = 24 сахма = 175,035 м².

Карат как единица измерения чистоты вещества (пробы): Британ­ский карат — неметрическая единица оценки чистоты вещества, рав­ная 1/24 массы чистого вещества в общей массе. Обозначается заглав­ной английской буквой K.

Чаще всего используется для маркировки чистоты золота, в таком случае называется «Британским каратом золота».

Оборот в минуту (обозначение об/мин, 1/мин, мин−1, также часто используется английское обозначение rpm) — единица измерения ча­стоты вращения: количество полных оборотов совершенных вокруг фиксированной оси. Используется для измерения скорости вращения механических компонентов.

Также используется единица оборот в секунду (символ об/с или с−1). Обороты в минуту конвертируются в обороты в секунду делени­ем на 60. Обратное преобразование — обороты в минуту умножаются на 60.

1 об/мин = 1/мин = 1/(60с) = 1/60 об/с ≈ 0,01667 об/с.

Ещё одна физическая величина связана с данным понятием: угло­вая скорость; в системе СИ она измеряется в радианах в секунду (рад·с−1):

1 об/мин = 2π рад·мин−1 = 2π/60 рад·с−1 = 0,1047 рад·с−1 ≈ 1/10 рад·с−1.

Бар (русское обозначение: бар; международное: bar) — внеси­стемная единица измерения давления, примерно равная одной атмо­сфере. Один бар равен 105 Па или 106 дин/см² (в системе СГС).

ВРоссийской Федерации бар допущен к использованию в каче­стве внесистемной единицы без ограничения срока с областью приме­нения «промышленность». Международная организация законодатель­ной метрологии (МОЗМ) в своих рекомендациях относит бар к едини­цам измерения, «которые могут временно применяться до даты, уста­новленной национальными предписаниями, но которые не должны вводиться, если они не используются».

В прошлом бар был названием другой единицы измерения давле­ния, входившей в систему СГС. Бар был равен 1 дин/см² = 0,1 Па[4].

# ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Сколько эксаметров (Эм) и петаметров (Пм) заключено в расстоя­нии от Земли до Солнца (приблизительно 150 млн. км)?
2. Выразить скорость вращения точки земной поверхности в: а) ради­анах; б) километрах; в) метрах; г) сантиметрах; д) миллиметрах; е) микрометрах; ж) ангстремах.
3. Какое расстояние в метрах и в миллиметрах пройдет луч света за: а) 1 наносекунду; б) 1 пикосекунду; в) 1 аттосекунду?
4. Скорость электронов в телевизионной трубке телевизоров 70000 км/с. Выразить это значение в км/ч и в частях от скорости света.
5. Современный торпедный катер развивает скорость 150 км/ч. Выра­зить это значение в: а) узлах; б) м/мин; в) км/с; в) м/с; г) см/с.
6. Первый искусственный спутник Земли совершил около 1400 вит­ков вокруг планеты. Какой общий путь совершил спутник, если средняя высота полета составила 600 км над поверхностью Земли?
7. Средняя продолжительность жизни человека в России составляет в настоящее время 65 лет. Какой путь в космическом пространстве совершает среднестатистический гражданин нашей страны, если известно, что расстояние до Солнца составляет 150 млн. км, а ради­ус Земли – 6000 км?

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Как образуются кратные и дольные единицы физических величин и их наименования?
2. Как измерялась астрономическая единица?
3. Откуда получила название величина измерения расстояния на мо­ре – Узел?
4. Карат как единица измерения массы и объёма.
5. Единицы измерения частоты.

# ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

1. Система мер в Древнем Вавилоне.
2. Меры длины и веса Древнего Египта.
3. Меры длины и веса Древней Греции.
4. Система мер в Древнем Китае.
5. Меры веса в Древнем Риме.
6. Меры емкости жидких и сыпучих тел в Древнем Риме.
7. Меры длины, площади и объема в средневековом арабском Восто­ке.
8. Меры длины и веса в средневековой Франции.
9. Меры длины, емкости и веса в ганзейских городах.
10. Система мер средневековой Италии.
11. Вклад Испании и Португалии в развитие системы мер, применяе­мых в торговых отношениях этих стран с Индией и Латинской Америкой.
12. Система мер в Старой Англии.
13. Старые меры длины и веса в Киевской Руси.
14. Меры величин в Московском государстве XV – XVII в.в.
15. Метрологические реформы Петра I.
16. Метрологическая деятельность Российской Академии наук в пери­од правления Екатерины II.
17. Вклад М.В. Ломоносова в развитие метрологии.
18. Зарождение метрической системы и ее преимущество перед дру­гими.
19. История метра как единицы измерения.
20. История Кельвина как единицы измерения температуры.
21. История Ампера как единицы измерения силы тока.
22. История килограмма как единицы массы.
23. История секунды как единицы времени.
24. История моля как единицы количества вещества.
25. История канделы как единицы силы света.
26. Галилей как ученый и метролог.
27. История вклада Санди Карно в создание температурной шкалы.
28. Людвиг Больцман как ученый и метролог.
29. Д.И. Менделеев как ученый и метролог.
30. История единиц измерения радиоактивности.
31. Проблемы и перспективы мировой метрологии в XXI веке.

**Приложения**

**СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО МЕРАМ ДРЕВНИХ  
ГОСУ­ДАРСТВ,ГОСУДАРСТВАМ АНТИЧНОСТИ,СРЕДНЕВЕКОВЬЯ И СОВРЕМЕННОСТИ**

**Меры древних Шумера и Вавилона**

**Меры длины**

Уббану (палец) – 20.8 мм;

Кату (ладонб) – 8,35 см (пальца);

Аммату (локоть) – 49,5 см (6 ладоней);

Кану (трость) – 3 м (6 локтей);

Эш (шумер.) или ашлу (вавил.) – (веревка мерительная в земледелии) – 120 аммату (локтей) – 59,5 м;

1 ашлу = 2 кану = 10 гар;

1 аммату = 180 зерен ячменя (по ширине уложенных плотно друг к дру­гу).

**Меры веса**

Ше (зерно) = 0,0468 г;

Шикль (сикль) – (шестидесятая) – 8,416 г;

Манна (мина) – (камень) – 505 г;

Билту (талант) – ноша – 30 300 г.

**Меры Древнего Египта**

**Меры длины**

Джеба (палец) – 18,7 мм;

Шесеп (ладонь) – 7,5 см;

Немех (локоть) – 45 см;

Царский локоть – 52,2 см;

1 (хетт) – (трость, древо) = 100 локтей = 45 м;

1 итеру (поток, река) = 2000 царских локтей = 10,5 м;

Меры площади:

1 сечет = 2 ременам = 4 хесебам = 8 са = 100 мехам = 2735 м2.

Продолжение прил.

**Меры веса**

1 дебен (кольцо) = 10 кедетам = 12 сенину = 90-91 г.

1 кедет = 9 г.

Более крупные меры веса неизвестны.

**Меры Древнего Китая**

**Меры длины**

Цунь (длина фаланги большого пальца, по старорусской мере – вершок) – 2,76 мм;

Чи (длина ладони от конца среднего пальца до запястья, по старорус­ской системе – пядь) – 27,65 см;

1 чи = 10 цуням = 27,65 см;

Чжан (Расстояние между концами пальцев распахнутых рук, по-русск. сажень);

1 чжан = 10 чи = 10 цуней = 1000 феням (зернам проса) = 276,5 см;

1 Бу (двойной шаг) = 6 чи = 1,659 м;

Ли – китайская верста;

1 ли = 300 бу = 497,7 м.

**Меры Древней Греции**

**Меры длины**

Дактиль (палец) – 18,5 мм;

Палестра (ладонь) – 7,4 см;

Спитама (пядь) – 22,2 см;

Пехий (локоть) – 44,4 см;

Оргия (сажень) – 178 см;

1 Гамма (узел) = 10 оргиям = 17,8 м;

Пус (стопа) – 30,83.

Продолжение прил.

**Дорожные и земельные меры длины**

Бэма (шаг) – 77,07 см;

Калам (тростник) – 3,08 м;

Плетр (ристалище) – 30,8 м;

Стадий (веревка) – 184,8 м;

1 Гиппик= стадиям = 779,2 м;

Иппихон (конный пробег) – 2219,7 м;

1 стадий = 6 плетрам = 60 каламам = 184,8 м.

**Меры веса**

Хальк (медяк) – 0,1 г;

1 Обол (стержень) = 8 халькам = 0,73 г (или 0,93 г серебра);

1 Драхма (горсть) = 48 халькам = 6 оболам = 4,4 г (или 5, 61 г серебра);

1 Статер (коромысло) = 96 халькам = 12 оболам = 2 драхмам = 8,8 г (или 11,22 г серебра);

1 Мина (камень) = 4800 халькам = 600 оболам = 50 статерам = 440,0 г (или 560,91 г серебра);

После реформы Солона соотношение мер весов представляется следу­ющим образом:

1 Талант (чашка весов) = 288000 халькам = 3600 оболам = 6000 драхмам = 3000 статерам = 60 минам = 26,19 (или 33,655 г. серебра для серебряного таланта).

**Меры Древнего Рима**

**Меры длины**

Джгид (палец) - 18,5 мм;

Пальма (ладонь) - 7,4;

Пальма майор (пядь) - 22,2 см;

Кубитус (локоть) - 44,4 см;

1 акта = 80 кубитусов = 35,5 м.

Продолжение прил.

**Дорожные и земельные меры длины**

Унция (палец) - 24,6 мм;

Пес (стопа) - 29,6 см;

Градус (шаг) - 73,94 см;

Пасс (двойной шаг) - 147,87;

Стадий (веревка) - 184, 84;

Миля (тысяча) - 1478,7 м.

**Меры веса**

Обол - 0,59 г;

Скрупул - 1,137 г;

Секстула- 4,55 г;

Унция - 27,29 г;

Либра- 27,45 г;

Центумподий- 32,74 кг;

1 центумподий = 57600 оболам = 28800 скрупулам = 7200 секстулам = 1200 унциям = 1000 либрам.

**Меры Старой Франции**

**Меры длины**

Пойс (палец) - 27,97 мм;

Пье (стопа) - 32,48 см;

Бра (двойной шаг) - 162,46 см;

Катежа (веревка, стадий) - 194,9 м;

Миля (тысяча) - 1949,9 м;

1 лье = 2 мили = 3888 м.

**Меры веса**

В Париже:

1 денье = 24 грана = 1,27 г;

Продолжение прил.

1 гросс (драхма) = 3 денье = 3,82 г;

1 унция = 24 денье = 8 гроссам = 30,59 г;

1 марка = 192 денье = 64 гросса = 8 унций = 224,75 г;

1 ливр = 384 денье = 128 гроссам = 16 унциям = 2 маркам = 489,5 г;

1 кэнитал = 100 ливров;

1 либра = 20 солидам = 240 денариям = 407,97 г.

**Меры Старой Англии**

**Меры длины**

Инч (палец) - 25,4 мм;

Фут (стопа) - 31,48 см;

1 ярд = 3 футам - 94,44 см;

Фурлонг (веревка) - 201,17 м;

Миля (тысяча) - 1609,34 м;

1 миля = 8 фурлонгам = 80 клейнам = 320 родам = 1760 ярдам = 5280 футам = 1610 м.

**Меры веса**

Фунт тройский - 373,24 г;

1 стон = 14 фунтам = 6,53 кг;

1 центнер = 112 фунтам = 8 стонам = 52,25 кг;

1 вей = 168 фунтам = 14 стонам = 1,75 центнерам = 91,44 кг;

1 кар = 2352 фунтам = 168 стонам = 21 центнерам = 12 веям = 2097,33 кг;

1 ласт корабельный = 4704 фунтам = 336 стонам = 42 центнерам = 24 веям = 2 карам = 2194,66 кг;

Продолжение прил.

**Меры Древней и Киевской Руси (с II - III вв. до н.э. по XII в.)**

**Меры длины**

Сажень простая - 152 см;

Сажень мерная - 176 см;

Сажень косая (казенная) - 216 см;

Сажень косая (великая) - 248 см;

Сажень без чети - 197 см;

Локоть - 38-54 см;

Локоть (длина локтя со сжатым кулаком у живота) - 38 см;

Локоть (более поздняя длина локтя со сжатым кулаком у живота) - 41 см;

Локоть (более поздняя длина от сгиба в локте до конца вытянутого среднего пальца) - 46 см;

Локоть (более поздняя длина от сгиба в локте до конца большого паль­ца вытянутой в сторону руки) - 54 см;

Пядь - 27 – 19 см;

Пядь малая - 19 см (расстояние между концами расставленных большо­го и указательного пальцев);

Пядь великая - 22 – 23 см (расстояние между концами расставленных мизинца и большого пальцев);

Верста - 1140 м;

1 верста = 750 простых саженей = 2250 локтей = 4500 пядей = 1140 м;

1 верста = 500 саженей казенных = 1080 м;

В Киевской Руси оба значения версты применялись до реформы Петра I.

**Меры веса**

Берковец - 163800 г (10 пудов);

Пуд - 16380 г;

Полпуда - 8190 г;

Безмен - 1022 г;

Полубезмен- 511 г;

Гривенка - 409,5 г;

Либра- 307,1 г;

Продолжение прил.

Гривенка малая - 204,8 г;

Полугривенка- 102,4 г;

Золотник - 4,266 г;

**Меры объема**

Оков (кадь, бочка) - 839,69 л;

Четверть - 209,92 л;

Осьмина - 104,96 л;

Полосьмины- 52,48 л;

Четверик - 26,24 л;

Получетверик- 13,12 л;

Четверка - 6,56 л;

Гарпец, малый четверик - 3,28 л;

Пол-малый четверик - 1,64 л;

Пол-пол-малый четверик - 0,82 л;

Пол-пол-пол-малый четверик - 0,41 л.

**Меры Московского государства (XIV – XVII вв.)**

**Меры длины**

Верста путевая - 1,08 км;

Верста межевая - 2,16 км;

Сажень - 2,16 м;

Аршин - 72 см;

Локоть - 48 см;

Пядь - 18 см;

Вершок - 4,5 см;

1 верста путевая = 6000 пядей = 1500 аршин = 500 саженей = 1080 м.

Продолжение прил.

**Меры в русской метрологии XIX и начала XX вв.**

**Меры длины**

Миля - 7,468 км;

Верста - 1066,8 м;

Сажень - 2,1336 м;

Аршин - 0,7112 м;

Фут - 304,8 мм;

Дюйм - 25,4 мм4

Вершок - 44,38 мм;

Линия - 2,54 мм;

1 верста = 50 саженей = 1500 аршин = 3500 футов;

1 аршин = 16 вершков = 28 дюймов.

**Меры веса**

Берковец - 163,80496 кг;

Пуд - 16,3805 кг;

Фунт - 409,51241 г;

Лот - 12,797 г;

Золотник - 4,2657 г;

Доля - 0,0444 г;

1 берковец = 10 пудов = 400 фунтов = 12800 лотов = 25600 золотников;

1 золотник = 96 долей.

**Метрологические системы единиц физических величин**

**Система СГС (введена в 1881 г.)**

**Основные единицы**

Единица длины – сантиметр;

Единица массы – грамм;

Единица времени – секунда.

Продолжение прил.

**Производные единицы:**

Единица силы – дина;

Единица работы – эрг;

Единица мощности – эрг в секунду;

Единица кинематической вязкости – стокс;

Единица динамической вязкости – пуаз;

Единица давления – микробар.

**Система МКГСС (введена в конце XVIII в.)**

**Основные единицы**

Единица длины – метр;

Единица силы – килограмм-сила;

Единица времени – секунда.

**Производные единицы**

Единица работы – килограмм-сила-метр;

Единица мощности – килограмм-сила-метр в секунду.

**Система МТС (принята в 1919 г.)**

**Основные единицы**

Единица длины –метр;

Единица массы – тонна;

Единица времени – секунда.

Продолжение прил.

**Производные единицы**

Единица силы – стен;

Единица давления – пьеза.

**Система МКСА (принята в 1958 г.)**

**Основные единицы**

Единица длины –метр;

Единица массы – килограмм;

Единица времени – секунда;

Единица силы тока – ампер.

**Производные единицы**

Единица силы – ньютон;

Единица работы – джоуль;

Единица мощности – ватт;

Единица напряжения – вольт;

Единица электрического сопротивления – ом;

Единица количества электричества – кулон.

**Международная система единиц измерения СИ (утверждена в 1961 г.)**

**Основные единицы**

Единица длины –метр;

Единица массы – килограмм;

Единица времени – секунда;

Единица силы тока – ампер.

Единица термодинамической температуры – кельвин;

Единица силы света – кандела;

Единица количества вещества – моль.

Продолжение прил.

**Производные единицы**

Единица площади – квадратный метр;

Единица объема – кубический метр;

Единица частоты – герц;

Единица скорости – метр в секунду;

Единица ускорения – метр на секунду в квадрате;

Единица угловой скорости – радиан в секунду;

Единица плотности – килограмм на кубический метр;

Единица удельного объема – кубический метр на килограмм;

Единица количества движения – килограмм-метр в секунду;

Единица момента количества движения - килограмм-метр в квадрате в секунду;

Единица силы – ньютон;

Единица работы – джоуль;

Единица мощности – ватт;

Единица кинематической вязкости – квадратный метр на секунду;

Единица динамической вязкости – паскаль в секунду;

Единица электрического напряжения – вольт;

Единица давления и механического напряжения – паскаль.

# Библиографический список

1. Афанасьев А. А., Глаголев С. Н. «Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие». Белгород: изд-во БГТУ, 2012.- 290 с.
2. Власов А. Д., Мурин Б. П. Единицы физических величин в науке и технике: Справочник. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — С. 101. — ISBN 5-283-03966-8.
3. Сергеев, А. Г. Метрология / А. Г. Сергеев, А. Г. Крохин.- М.: Ло­гос, 2001 – 408 с.
4. Шабадим, С. А. Прикладная метрология в вопросах и ответах / С. А. Шабадим. – 2-е изд.- М.: Издательство стандартов, 1990.- 192 с.
5. Шишкин, И. Ф. Метрология, стандартизация и управление каче­ством / И. Ф. Шишкин.- М.: Издательство стандартов, 1990.- 342 с.

**Оглавление**

[Введение 3](#_Toc424741572)

[1. Человек как мера вещей . Шумеро –Вавилонская и Древнеегипетская системы мер 4](#_Toc424741573)

[Задачи для самостоятельного решения ……………………………………………….10](#_Toc424741574)

[Контрольные вопросы 11](#_Toc424741575)

[2. Старорусская система мер. Роль Д.И. Менделеева в системе русской и мировой метрологии 12](#_Toc424741576)

[Задачи для самостоятельного решения 19](#_Toc424741577)

[Контрольные вопросы 20](#_Toc424741578)

[3. Становление системы мер в Европе и Америке . Роль Франции в создании метрической системы мер 21](#_Toc424741579)

[Задачи для самостоятельного решения 26](#_Toc424741580)

[Контрольные вопросы 27](#_Toc424741581)

[4. История создания верньера(нониуса) и нониусного инструмента.Их роль в повышении точности измерений 28](#_Toc424741582)

[Задачи для самостоятельного решения 30](#_Toc424741583)

[Контрольные вопросы 30](#_Toc424741584)

[5. История создания и применения микрометрического инструмента. Его роль в мировом техническом прогрессе. Метрология начала ХХ века 31](#_Toc424741585)

[Задачи для самостоятельного решения 33](#_Toc424741586)

[Контрольные вопросы 34](#_Toc424741587)

[6. Возникновение и применение эталонов физических величин в практике мировой метрологии 35](#_Toc424741588)

[Задачи для самостоятельного решения 39](#_Toc424741589)

[Контрольные вопросы 40](#_Toc424741590)

[7. Введение кратных и дольных единиц измерения и их применение в практике измерений 41](#_Toc424741591)

[Задачи для самостоятельного решения 45](#_Toc424741592)

[Контрольные вопросы 46](#_Toc424741593)

[Темы рефератов 47](#_Toc424741594)

[Приложения 48](#_Toc424741595)

[Библиографический список 59](#_Toc424741596)

Учебное издание

**Луценко** Оксана Витальевна

**Афанасьев** Александр Александрович

ИСТОРИЯ МЕТРОЛОГИИ И СТАНДАРТИЗАЦИИ

Учебно-методическое пособие для студентов заочной формы обучения с применением дистанционных технологий

Подписано в печать 18.2.16г.. Формат 60x84/16. Усл. печ.3,8. Уч.-изд. Л 3,6 .

Тираж 40 экз. Заказ Цена

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете  
 им. В.Г. Шухова

308012, г. Белгород, Костюкова, 46