**Для ТАК 18**

**Задание по Метрологии, стандартизации и сертификации**

1. **Составить конспект по теме:**

Классификация измерений. Погрешности измерений. Точность и ее составляющие

Проработать практическое занятие №4 Основные и дополнительные единицы СИ

1. Составить конспект по теоретической (кратко) и практической части.

Ответить на контрольные вопросы.

**Практическая работа № 4**

|  |  |
| --- | --- |
| **Тема:** | **Основные и дополнительные единицы СИ** |
| **Цель работы:** | Изучить основные и дополнительные системы СИ  В результате выполнения практической работы студенты  **должны уметь:**  - пользоваться единицами системы ;  - пользоваться справочниками.  **должны знать:**  - основные и дополнительные единицы СИ. |
| **Приборы, материалы и инструмент** |  |
| **Порядок выполнения практической работы** | 1. Усвоить теоретический материал 2. Выполнить и записать задания практической работы в тетрадь. 3. Оформить и записать практическую работу. 4. Сдать выполненную практическую работу на проверку преподавателю. |

**Теоретическая часть**

Метрическая система - это общее название международной десятичной системы единиц, основными единицами которой являются метр и килограмм. При некоторых различиях в деталях элементы системы одинаковы во всем мире.

**Эталоны длины и массы, международные прототипы**

Международные прототипы эталонов длины и массы - метра и килограмма - были переданы на хранение Международному бюро мер и весов, расположенному в Севре - пригороде Парижа. Эталон метра представлял собой линейку из сплава платины с 10% иридия, поперечному сечению которой для повышения изгибной жесткости при минимальном объеме металла была придана особая X-образная форма. В канавке такой линейки была продольная плоская поверхность, и метр определялся как расстояние между центрами двух штрихов, нанесенных поперек линейки на ее концах, при температуре эталона, равной 0° С. За международный прототип килограмма была принята масса цилиндра, сделанного из того же платино-иридиевого сплава, что и эталон метра, высотой и диаметром около 3,9 см. Вес этой эталонной массы, равной 1 кг на уровне моря на географической широте 45°, иногда называют килограмм-силой. Таким образом, ее можно использовать либо как эталон массы для абсолютной системы единиц, либо как эталон силы для технической системы единиц, в которой одной из основных единиц является единица силы.

**Практическая часть**

**Международная система СИ**

 Международная система единиц (СИ) представляет собой согласованную систему, в которой для любой физической величины, такой, как длина, время или сила, предусматривается одна и только одна единица измерения. Некоторым из единиц даны особые названия, примером может служить единица давления паскаль, тогда как названия других образуются из названий тех единиц, от которых они произведены, например единица скорости - метр в секунду. Основные единицы вместе с двумя дополнительными геометрического характера представлены в таблице.

1. Производные единицы, для которых приняты особые названия, даны в таблице 2. Из всех производных механических единиц наиболее важное значение имеют единица силы ньютон, единица энергии джоуль и единица мощности ватт. Ньютон определяется как сила, которая придает массе в один килограмм ускорение, равное одному метру за секунду в квадрате. Джоуль равен работе, которая совершается, когда точка приложения силы, равной одному ньютону, перемещается на расстояние один метр в направлении действия силы. Ватт - это мощность, при которой работа в один джоуль совершается за одну секунду. Об электрических и других производных единицах будет сказано ниже. Официальные определения основных и дополнительных единиц таковы.

**Метр** - это длина пути, проходимого в вакууме светом за 1/299 792 458 долю секунды.

**Килограмм** равен массе международного прототипа килограмма.

**Секунда** - продолжительность 9 192 631 770 периодов колебаний излучения, соответствующего переходам между двумя уровнями сверхтонкой структуры основного состояния атома цезия-133.

**Кельвин** равен 1/273,16 части термодинамической температуры тройной точки воды.

**Моль** равен количеству вещества, в составе которого содержится столько же структурных элементов, сколько атомов в изотопе углерода-12 массой 0,012 кг.

**Радиан** - плоский угол между двумя радиусами окружности, длина дуги между которыми равна радиусу.

**Стерадиан** равен телесному углу с вершиной в центре сферы, вырезающему на ее поверхности площадь, равную площади квадрата со стороной, равной радиусу сферы.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Таблица 1. Основные единицы СИ | | | |
| **Величина** | **Единица** | **Обозначение** | |
| **Наименование** | **русское** | **международное** |
| Длина | метр | м | m |
| Масса | килограмм | кг | kg |
| Время | секунда | с | s |
| Сила электрического тока | ампер | А | A |
| Термодинамическая температура | кельвин | К | K |
| Сила света | кандела | кд | cd |
| Количество вещества | моль | моль | mol |
| Дополнительные единицы СИ | | | |
| **Величина** | **Единица** | **Обозначение** | |
| **Наименование** | **русское** | **международное** |
| Плоский угол | радиан | рад | rad |
| Телесный угол | стерадиан | ср | sr |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Таблица 2. Производные единицы СИ, имеющие собственные наименования | | | | |
| **Величина** | **Единица** | | **Выражение производной единицы** | |
| **Наименование** | **Обозначение** | **через другие единицы СИ** | **через основные и дополнительные единицы СИ** |
| Частота | герц | Гц | - | с-1 |
| Сила | ньютон | Н | - | м кг с-2 |
| Давление | паскаль | Па | Н/м2 | м-1кг с-2 |
| Энергия, работа, количество теплоты | джоуль | Дж | Нм | м2кг с-2 |
| Мощность, поток энергии | ватт | Вт | Дж/с | м2кг с-3 |
| Количество электричества, электрический заряд | кулон | Кл | А с | с А |
| Электрическое напряжение, электрическийпотенциал | вольт | В | Вт/А | м2кгс-3 А-1 |
| Электрическая емкость | фарада | Ф | Кл/В | м-2кг-1с4А2 |
| Электрическое сопротивление | ом | Ом | В/А | м2кг с-3А-2 |
| Электрическая проводимость | сименс | См | А/В | м-2кг-1с3 А2 |
| Поток магнитной индукции | вебер | Вб | В с | м2 кг с-2 А-1 |
| Магнитная индукция | тесла | Т, Тл | Вб/м2 | кг с-2 А-1 |
| Индуктивность | генри | Г, Гн | Вб/А | м2 кг с-2 А-2 |
| Световой поток | люмен | лм |  | кд ср |
| Освещенность | люкс | лк |  | м2 кд ср |
| Активность радиоактивного источника | беккерель | Бк | с-1 | с-1 |
| Поглощенная доза излучения | грэй | Гр | Дж/кг | м2 с-2 |

Для образования десятичных кратных и дольных единиц предписывается ряд приставок и множителей, указываемых в табл. 3.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Таблица 3. Приставки и множители десятичных кратных и дольных единиц международной системы СИ | | | | | |
| экса | Э | 1018 | деци | д | 10-1 |
| пета | П | 1015 | санти | с | 10-2 |
| тера | Т | 1012 | милли | м | 10-3 |
| гига | Г | 109 | микро | мк | 10-6 |
| мега | М | 106 | нано | н | 10-9 |
| кило | к | 103 | пико | п | 10-12 |
| гекто | г | 102 | фемто | ф | 10-15 |
| дека | да | 101 | атто | а | 10-18 |

Таким образом, километр (км) - это 1000 м, а миллиметр - 0,001 м. (Эти приставки применимы ко всем единицам, как, например, в киловаттах, миллиамперах и т.д.)

***Масса, длина и время***

 Все основные единицы системы СИ, кроме килограмма, в настоящее время определяются через физические константы или явления, которые считаются неизменными и с высокой точностью воспроизводимыми. Что же касается килограмма, то еще не найден способ его реализации с той степенью воспроизводимости, которая достигается в процедурах сравнения различных эталонов массы с международным прототипом килограмма. Такое сравнение можно проводить путем взвешивания на пружинных весах, погрешность которых не превышает 1 10-8. Эталоны кратных и дольных единиц для килограмма устанавливаются комбинированным взвешиванием на весах.

Поскольку метр определяется через скорость света, его можно воспроизводить независимо в любой хорошо оборудованной лаборатории. Так, интерференционным методом штриховые и концевые меры длины, которыми пользуются в мастерских и лабораториях, можно проверять, проводя сравнение непосредственно с длиной волны света. Погрешность при таких методах в оптимальных условиях не превышает одной миллиардной (1 10-9). С развитием лазерной техники подобные измерения весьма упростились, и их диапазон существенно расширился.

Точно так же секунда в соответствии с ее современным определением может быть независимо реализована в компетентной лаборатории на установке с атомным пучком. Атомы пучка возбуждаются высокочастотным генератором, настроенным на атомную частоту, и электронная схема измеряет время, считая периоды колебаний в цепи генератора. Такие измерения можно проводить с точностью порядка 1 10-12 - гораздо более высокой, чем это было возможно при прежних определениях секунды, основанных на вращении Земли и ее обращении вокруг Солнца. Время и его обратная величина - частота - уникальны в том отношении, что их эталоны можно передавать по радио. Благодаря этому всякий, у кого имеется соответствующее радиоприемное оборудование, может принимать сигналы точного времени и эталонной частоты, почти не отличающиеся по точности от передаваемых в эфир.

***Термодинамическая шкала температуры***

 Единица термодинамической температуры Кельвина (К), называемая кельвином, определяется тройной точкой воды, т.е. температурой, при которой вода находится в равновесии со льдом и паром. Эта температура принята равной 273,16 К, чем и определяется термодинамическая шкала температуры. Данная шкала, предложенная Кельвином, основана на втором начале термодинамики. Если имеются два тепловых резервуара с постоянной температурой и обратимая тепловая машина, передающая тепло от одного из них другому в соответствии с циклом Карно, то отношение термодинамических температур двух резервуаров дается равенством T2/T1 = -Q2Q1, где Q2 и Q1 - количества теплоты, передаваемые каждому из резервуаров (знак <минус> говорит о том, что у одного из резервуаров теплота отбирается). Таким образом, если температура более теплого резервуара равна 273,16 К, а теплота, отбираемая у него, вдвое больше теплоты, передаваемой другому резервуару, то температура второго резервуара равна 136,58 К. Если же температура второго резервуара равна 0 К, то ему вообще не будет передана теплота, поскольку вся энергия газа была преобразована в механическую энергию на участке адиабатического расширения в цикле. Эта температура называется абсолютным нулем. Термодинамическая температура, используемая обычно в научных исследованиях, совпадает с температурой, входящей в уравнение состояния идеального газа PV = RT, где P - давление, V - объем и R - газовая постоянная. Уравнение показывает, что для идеального газа произведение объема на давление пропорционально температуре. Ни для одного из реальных газов этот закон точно не выполняется. Но если вносить поправки на вириальные силы, то расширение газов позволяет воспроизводить термодинамическую шкалу температуры.

***Международная температурная шкала***

В соответствии с изложенным выше определением температуру можно с весьма высокой точностью (примерно до 0,003 К вблизи тройной точки) измерять методом газовой термометрии. В теплоизолированную камеру помещают платиновый термометр сопротивления и резервуар с газом. При нагревании камеры увеличивается электросопротивление термометра и повышается давление газа в резервуаре (в соответствии с уравнением состояния), а при охлаждении наблюдается обратная картина. Измеряя одновременно сопротивление и давление, можно проградуировать термометр по давлению газа, которое пропорционально температуре. Затем термометр помещают в термостат, в котором жидкая вода может поддерживаться в равновесии со своими твердой и паровой фазами. Измерив его электросопротивление при этой температуре, получают термодинамическую шкалу, поскольку температуре тройной точки приписывается значение, равное 273,16 К.

Существуют две международные температурные шкалы - Кельвина (К) и Цельсия (С). Температура по шкале Цельсия получается из температуры по шкале Кельвина вычитанием из последней 273,15 К.

Точные измерения температуры методом газовой термометрии требуют много труда и времени. Поэтому в 1968 была введена Международная практическая температурная шкала (МПТШ). Пользуясь этой шкалой, термометры разных типов можно градуировать в лаборатории. Данная шкала была установлена при помощи платинового термометра сопротивления, термопары и радиационного пирометра, используемых в температурных интервалах между некоторыми парами постоянных опорных точек (температурных реперов). МПТШ должна была с наибольшей возможной точностью соответствовать термодинамической шкале, но, как выяснилось позднее, ее отклонения весьма существенны.

***Температурная шкала Фаренгейта.*** Температурную шкалу Фаренгейта, которая широко применяется в сочетании с британской технической системой единиц, а также в измерениях ненаучного характера во многих странах, принято определять по двум постоянным опорным точкам - температуре таяния льда (32° F) и кипения воды (212° F) при нормальном (атмосферном) давлении. Поэтому, чтобы получить температуру по шкале Цельсия из температуры по шкале Фаренгейта, нужно вычесть из последней 32 и умножить результат на 5/9.

***Единицы теплоты***

Поскольку теплота есть одна из форм энергии, ее можно измерять в джоулях, и эта метрическая единица была принята международным соглашением. Но поскольку некогда количество теплоты определяли по изменению температуры некоторого количества воды, получила широкое распространение единица, называемая калорией и равная количеству теплоты, необходимому для того, чтобы повысить температуру одного грамма воды на 1° С. В связи с тем что теплоемкость воды зависит от температуры, пришлось уточнять величину калории. Появились по крайней мере две разные калории - <термохимическая> (4,1840 Дж) и <паровая> (4,1868 Дж). <Калория>, которой пользуются в диететике, на самом деле есть килокалория (1000 калорий). Калория не является единицей системы СИ, и в большинстве областей науки и техники она вышла из употребления.

**Электричество и магнетизм**

Все общепринятые электрические и магнитные единицы измерения основаны на метрической системе. В согласии с современными определениями электрических и магнитных единиц все они являются производными единицами, выводимыми по определенным физическим формулам из метрических единиц длины, массы и времени. Поскольку же большинство электрических и магнитных величин не так-то просто измерять, пользуясь упомянутыми эталонами, было сочтено, что удобнее установить путем соответствующих экспериментов производные эталоны для некоторых из указанных величин, а другие измерять, пользуясь такими эталонами.

***Единицы системы СИ*** Ниже дается перечень электрических и магнитных единиц системы СИ.

Ампер, единица силы электрического тока, - одна из шести основных единиц системы СИ. Ампер - сила неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины с ничтожно малой площадью кругового поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 м один от другого, вызывал бы на каждом участке проводника длиной 1 м силу взаимодействия, равную 2 10-7 Н.

Вольт, единица разности потенциалов и электродвижущей силы. Вольт - электрическое напряжение на участке электрической цепи с постоянным током силой 1 А при затрачиваемой мощности 1 Вт.

Кулон, единица количества электричества (электрического заряда). Кулон - количество электричества, проходящее через поперечное сечение проводника при постоянном токе силой 1 А за время 1 с.

Фарада, единица электрической емкости. Фарада - емкость конденсатора, на обкладках которого при заряде 1 Кл возникает электрическое напряжение 1 В.

Генри, единица индуктивности. Генри равен индуктивности контура, в котором возникает ЭДС самоиндукции в 1 В при равномерном изменении силы тока в этом контуре на 1 А за 1 с.

Вебер, единица магнитного потока. Вебер - магнитный поток, при убывании которого до нуля в сцепленном с ним контуре, имеющем сопротивление 1 Ом, протекает электрический заряд, равный 1 Кл.

Тесла, единица магнитной индукции. Тесла - магнитная индукция однородного магнитного поля, в котором магнитный поток через плоскую площадку площадью 1 м2, перпендикулярную линиям индукции, равен 1 Вб.

***Практические эталоны***

На практике величина ампера воспроизводится путем фактического измерения силы взаимодействия витков провода, несущих ток. Поскольку электрический ток есть процесс, протекающий во времени, эталон тока невозможно сохранять. Точно так же величину вольта невозможно фиксировать в прямом соответствии с его определением, так как трудно воспроизвести с необходимой точностью механическими средствами ватт (единицу мощности). Поэтому вольт на практике воспроизводится с помощью группы нормальных элементов. В США с 1 июля 1972 законодательством принято определение вольта, основанное на эффекте Джозефсона на переменном токе (частота переменного тока между двумя сверхпроводящими пластинами пропорциональна внешнему напряжению).

**Свет и освещенность**

Единицы силы света и освещенности нельзя определить на основе только механических единиц. Можно выразить поток энергии в световой волне в Вт/м2, а интенсивность световой волны - в В/м, как в случае радиоволн. Но восприятие освещенности есть психофизическое явление, в котором существенна не только интенсивность источника света, но и чувствительность человеческого глаза к спектральному распределению этой интенсивности.

Международным соглашением за единицу силы света принята кандела (ранее называвшаяся свечой), равная силе света в данном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частоты 540 1012 Гц (l = 555 нм), энергетическая сила светового излучения которого в этом направлении составляет 1/683 Вт/ср. Это примерно соответствует силе света спермацетовой свечи, которая когда-то служила эталоном.

Если сила света источника равна одной канделе во всех направлениях, то полный световой поток равен 4p люменов. Таким образом, если этот источник находится в центре сферы радиусом 1 м, то освещенность внутренней поверхности сферы равна одному люмену на квадратный метр, т.е. одному люксу.

**Рентгеновское и гамма-излучение, радиоактивность**

 Рентген (Р) - это устаревшая единица экспозиционной дозы рентгеновского, гамма- и фотонного излучений, равная количеству излучения, которое с учетом вторичноэлектронного излучения образует в 0,001 293 г воздуха ионы, несущие заряд, равный одной единице заряда СГС каждого знака. В системе СИ единицей поглощенной дозы излучения является грэй, равный 1 Дж/кг. Эталоном поглощенной дозы излучения служит установка с ионизационными камерами, которые измеряют ионизацию, производимую излучением.

Кюри (Ки) - устаревшая единица активности нуклида в радиоактивном источнике. Кюри равен активности радиоактивного вещества (препарата), в котором за 1 с происходит 3,700 1010 актов распада. В системе СИ единицей активности изотопа является беккерель, равный активности нуклида в радиоактивном источнике, в котором за время 1 с происходит один акт распада. Эталоны радиоактивности получают, измеряя периоды полураспада малых количеств радиоактивных материалов. Затем по таким эталонам градуируют и поверяют ионизационные камеры, счетчики Гейгера, сцинтилляционные счетчики и другие приборы для регистрации проникающих излучений.

**Вопросы для самоконтроля**

1. Дать определение метрической системе.
2. Что собой представляет международная система СИ?
3. Перечислите основные единицы системы СИ.
4. Перечислите дополнительные единицы системы СИ.
5. Что собой представляет температурная шкала?

Литература

Н.Д.Дубовой, Е.М.Портнов «Основы метрологии, стандартизации , и сертификации»

Или любой другой автор «Основы метрологии, стандартизации, и сертификации»