

Шкалы измерений

Основное уравнение измерений:

$$X = \{X\}[X]$$

,где X – измеряемая величина; $\{X\}$ –
числовое значение измеряемой величины;
 $[X]$ – единица измерения.

Физическая величина – одно из свойств физического объекта (физической системы, явления или процесса), общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них.

**Рекомендации
по межгосударственной
стандартизации**

**РМГ 83-
2007**

Государственная система обеспечения единства измерений

ШКАЛЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Термины и определения

1 Область применения

Настоящие рекомендации устанавливают основные термины и определения понятий, необходимых для практического применения теории шкал измерений в законодательной и прикладной метрологии.

Установленные термины рекомендуется применять во всех видах документации и литературы, входящих в сферу работ по метрологии и использующих результаты этих работ.

2 Термины и определения

2.1 Общие понятия

2.1.1 **шкала (измерений):** Отображение множества различных проявлений количественного или качественного свойства на принятое по соглашению упорядоченное множество чисел или другую систему логически связанных знаков (обозначений).

2 Различают пять основных типов шкал: наименований, порядка, разностей (интервалов), отношений и абсолютные.

2.1.4 элементы шкалы измерений: Основные признаки, характеризующие шкалу измерений: класс эквивалентности, нуль, условный нуль, условная единица измерений, естественная (безразмерная) единица измерений, диапазон шкалы измерений, точка шкалы.

Элементы шкал измерений

2.3.1 нуль шкалы: Начальная точка шкал порядка (некоторых), интервалов, отношений и абсолютных.

2.3.4 точка шкалы: Одно отдельное число или знак (обозначение) из спецификации шкалы измерений.

2.3.5 класс эквивалентности: Подмножество проявлений измеряемого свойства, принятых условно неразличимыми в шкале измерений этого свойства.

Элементы шкал измерений

2.3.6 диапазон шкалы измерений: Пределы изменений измеряемого свойства, охватываемые данной конкретной реализацией шкалы.

2.3.7 единица измерений [величины]: Величина фиксированного размера, которой условно (по определению) присвоено числовое значение, равное единице в соответствующей шкале измерений.

2.5.8 эталон величины: Эталон, воспроизводящий или несколько значений измеряемой величины шкалы).

2.2 Типы шкал измерений

2.2.1 **шкала наименований:** Шкала измерений качественного свойства, характеризующаяся только соотношениями эквивалентности или отличиями проявлений этого свойства.

2 **Отличительные признаки шкал наименований:** неприменимость в них понятий нуля, единицы измерений, размерности;

Шкала наименований (классификации)

Это самая простая шкала, которая основана на приписывании объекту знаков или цифр для их идентификации или нумерации. Например, **атлас цветов (шкала цветов) или шкала (классификация) растений Карла Линнея**. Данные шкалы характеризуются только отношением эквивалентности (равенства) и в них отсутствуют понятия больше, меньше, отсутствуют единицы измерения и нулевое значение. Этот вид шкал приписывает свойствам объектов определенные числа, которые выполняют функцию имен. Процесс оценивания в таких шкалах состоит в достижении эквивалентности путем сравнения испытуемого образца с одним из эталонных образцов. Таким образом, шкала

2 Отличительные признаки шкал наименований:
неприменимость в них понятий нуля, единицы измерений,
размерности;

2.2.2 шкала порядка: Шкала измерений количественного свойства(величины), характеризующаяся соотношениями эквивалентности и порядка по возрастанию (убыванию) различных проявлений свойства.

Примечание - Отличительные признаки шкал порядка: неприменимость в них понятий «единица измерений» и «размерность»; **необязательность** **наличия** **нуля**; **допустимость** **любых** **монотонных** **преобразований**; недопустимость изменения спецификаций, описывающих конкретные шкалы.

- **2. Шкала порядка (ранжирования)** – упорядочивает объекты относительно какого-либо их свойства в порядке убывания или возрастания, например, землетрясений, силы ветра. Эти шкалы описывают уже количественные свойства. В данной шкале невозможно ввести единицу измерения, так как эти шкалы в принципе нелинейны. В ней можно говорить лишь о том, что больше или меньше, хуже или лучше, но невозможно дать количественную оценку во сколько раз больше или меньше. В некоторых случаях в шкалах порядка может быть нулевая отметка. Например, **в шкале Бофорта оценки силы ветра** (отсутствие ветра). Примером шкалы порядка является также пятибалльная шкала оценки знаний учащихся. Ясно, что «пятерка» характеризует лучшее знание предмета, чем «тройка», но во сколько раз лучше, сказать невозможно. Другими примерами шкалы порядка являются **шкала силы землетрясений** (например, шкала Рихтера), шкалы твердости, шкалы силы ветра. Некоторые из этих шкал имеют эталоны, например, **шкалы твердости материалов**. Другие шкалы не могут их иметь, например, шкала волнения моря.
- **Шкалы порядка и наименований называют неметрическими шкалами.**

Шкала Мооса (минералогическая шкала твёрдости) —

набор эталонных минералов для определения относительной твёрдости методом царапания. В качестве эталонов приняты 10 минералов, расположенных в порядке возрастающей твёрдости.

Предложена в 1811 году немецким минералогом Фридрихом Моосом.

Значения шкалы от 1 до 10 соответствуют 10 достаточно распространённым минералам от талька до алмаза. Твёрдость минерала измеряется путём поиска самого твёрдого эталонного минерала, который он может поцарапать; и/или самого мягкого эталонного минерала, который царапает данный минерал. Например, если минерал царапается апатитом, но не флюоритом, то его твёрдость находится в диапазоне от 4 до 5.

Предназначена для грубой сравнительной оценки твёрдости материалов по системе мягче-твёрже. Испытываемый материал либо царапает эталон и его твёрдость по шкале Мооса выше, либо царапается эталоном и его твёрдость ниже эталона. Таким образом, шкала Мооса информирует только об относительной твёрдости минералов. Например, корунд (9) в 2 раза твёрже топаза (8). Трудно измерить абсолютную твердость алмаза, но различные методы определения относительной твердости дали цифры, указывающие, что алмаз в 90-180 раз тверже корунда. Гранильщики опытным путем нашли, что твердость алмаза меняется в зависимости от направления в кристалле, причем направление, соответствующее грани октаэдра, характеризуется наибольшей твердостью, а направление, отвечающее грани куба — наименьшей. Эти наблюдения подтверждаются многочисленными детальными исследованиями твердости алмаза при шлифовке в различных направлениях.

Твёрдость по Моосу	Эталонный минерал	Абсолютная твёрдость	Изображение	Обрабатываемость	Другие минералы с аналогичной твёрдостью
1	Тальк ($Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$)	1		Царапается ногтем	Графит
2	Гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)	3		Царапается ногтем	Галит, хлорит, слюда
3	Кальцит ($CaCO_3$)	9		Царапается медью	Биотит, золото, серебро
4	Флюорит (CaF_2)	21		Легко царапается ножом, оконным стеклом	Доломит, офалерит
5	Апатит ($Ca_5(PO_4)_3(OH, Cl, F)$)	48		С усилием царапается ножом, оконным стеклом	Гематит, лазурит
6	Ортоклаз ($KAlSi_3O_8$)	72		Царапает стекло. Обрабатывается напильником	Опал, рутил
7	Кварц (SiO_2)	100		Поддается обработке алмазом, царапает стекло	Гранат, турмалин
8	Топаз ($Al_2SiO_4(OH, F)_2$)	200		Поддается обработке алмазом, царапает стекло	Берилл (гелиодор, аквамарин, изумруд), шпинель,
9	Корунд (Al_2O_3)	400		Поддается обработке алмазом, царапает стекло	Разновидности корунда - (Сапфир, рубин), карбид вольфрама
10	Алмаз (C)	1600		Режет стекло	Эльбор

2.2.3 шкала разностей [интервалов]: Шкала измерений количественного свойства (величины), характеризующаяся соотношениями эквивалентности, порядка, суммирования интервалов различных проявлений свойства.

Примечание - Отличительные признаки шкал разностей: наличие устанавливаемых по соглашению нуля и единицы измерений; применимость понятия «размерность»;

Шкала интервалов (разностей)

содержит разность значений физической величины. Для этих шкал имеют смысл соотношения эквивалентности, порядка, суммирования интервалов (разностей) между количественными проявлениями свойств. Шкала состоит из одинаковых интервалов, имеет **условную (принятую по соглашению) единицу измерения и произвольно выбранное начало отсчета – нуль.** Примером такой шкалы являются различные **шкалы времени**, начало которых выбрано по соглашению (от Рождества Христова, от переселения пророка Мухаммеда из Мекки в Медину). Другими примерами шкалы интервалов являются шкала расстояний и **температурная шкала Цельсия**. Результаты измерений по этой шкале (разности) можно складывать и вычитать.

2.2.4 шкала отношений: Шкала измерений количественного свойства(величины), характеризующаяся соотношениями эквивалентности, порядка, пропорциональности (допускающими в ряде случаев операцию суммирования) различных проявлений свойства.

1 Отличительные признаки шкал отношений: наличие естественного нуля и устанавливаемой по соглашению единицы измерений; применимость понятия «размерность»; допустимость масштабных преобразований, допустимость изменения спецификаций, описывающих конкретные шкалы.

2 Шкалы отношений, в которых не имеет смысла операция суммирования, называют «пропорциональными шкалами отношений» (1-го рода), а шкалы, в которых эта операция имеет смысл, называют «аддитивными шкалами отношений» (2-го рода). Например, шкала термодинамических температур - пропорциональная, шкала масс - аддитивная.

2.2.5 абсолютная шкала: Шкала отношений (пропорциональная или аддитивная) безразмерной величины.

1 Отличительные признаки абсолютных шкал: наличие естественных (не зависящих от принятой системы единиц) нуля и арифметической единицы измерений;

2 Результаты измерений в абсолютных шкалах могут быть выражены не только в арифметических единицах, но и в процентах, промилле, битах, байтах, децибелах (см. логарифмические шкалы).

3 Единицы абсолютных шкал могут быть применены в сочетании с единицами размерных величин. Например: скорость передачи информации в битах в секунду.

4 Разновидностью абсолютных шкал являются дискретные (счетные) шкалы, в которых результат измерения выражается числом частиц, квантов или других объектов, эквивалентных по проявлению измеряемого свойства. Например, шкалы для электрического заряда ядер атомов, числа квантов (в фотохимии), количества информации. Иногда за единицу измерений (со специальным названием) в таких шкалах принимают какое-то определенное число частиц (квантов), например один моль - число частиц, равное числу Авогадро.