



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Метрология

Метрология – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности

(Рекомендации по межгосударственной стандартизации РМГ 29-2013 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения)



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Стандартизация

Стандартизация – установление и применение правил для всеобщего и многократного применения в повторяющихся ситуациях или в отношении повторяющихся объектов с целью упорядочения деятельности в определенной области на пользу и при участии всех заинтересованных сторон (по ИСО/МЭК)

Стандартизация - деятельность по разработке (ведению), утверждению, изменению (актуализации), отмене, опубликованию и применению документов по стандартизации и иная деятельность, направленная на достижение упорядоченности в отношении объектов стандартизации (по 162-ФЗ от 29.06.2015)



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Подтверждение соответствия

Подтверждение соответствия - документальное удостоверение соответствия продукции или иных объектов, процессов проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг требованиям технических регламентов, документам по стандартизации или условиям договоров (по 184-ФЗ от 27.12.2002)

Сертификация - форма осуществляемого органом по сертификации подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов, документам по стандартизации или условиям договоров



Законодательная
метрология



Измерения при
подтверждении
соответствия

Подтверждение соответствия
требованиям документов по
стандартизации



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Модуль 1

МЕТРОЛОГИЯ



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Метрология

metron
(мера)

logos
(учение, слово)

Метрология – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности



Метрология

теоретическая

прикладная

законодательная

общие фундаментальные
вопросы теории
измерений, разработка
новых методов измерений,
создание систем единиц
измерений и физических
постоянных

обязательные технические
и юридические требования
по применению единиц
физических величин,
эталонов, методов и
средств измерений

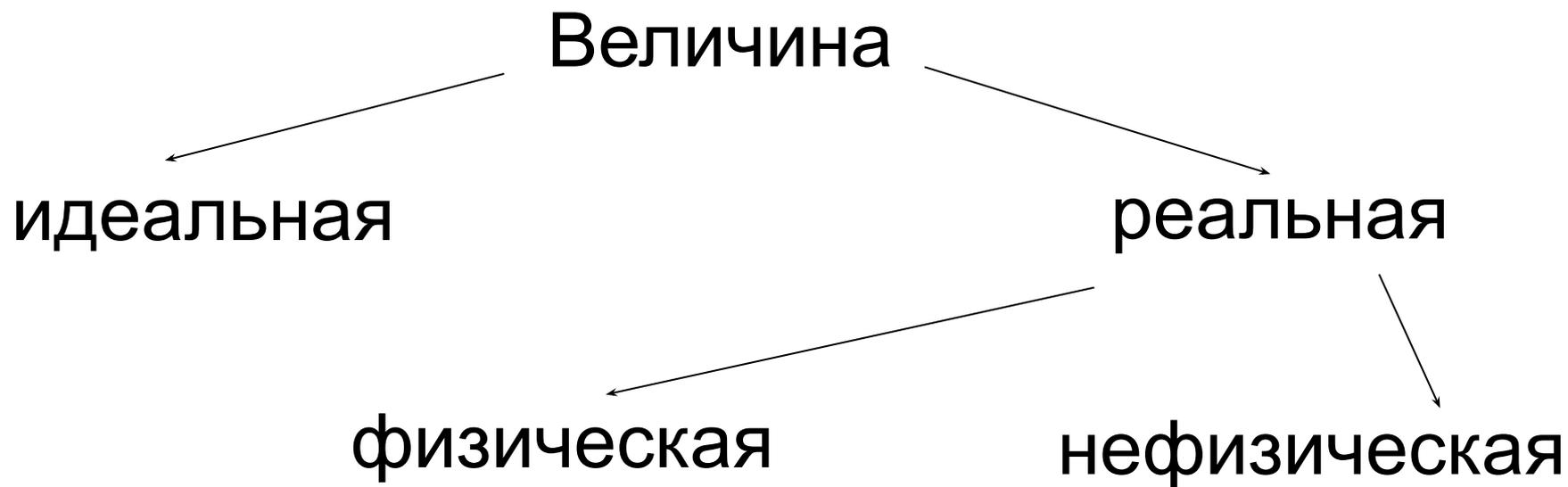
практическое
применение
результатов
разработок
теоретической и
законодательной
метрологии



Свойство
Величина



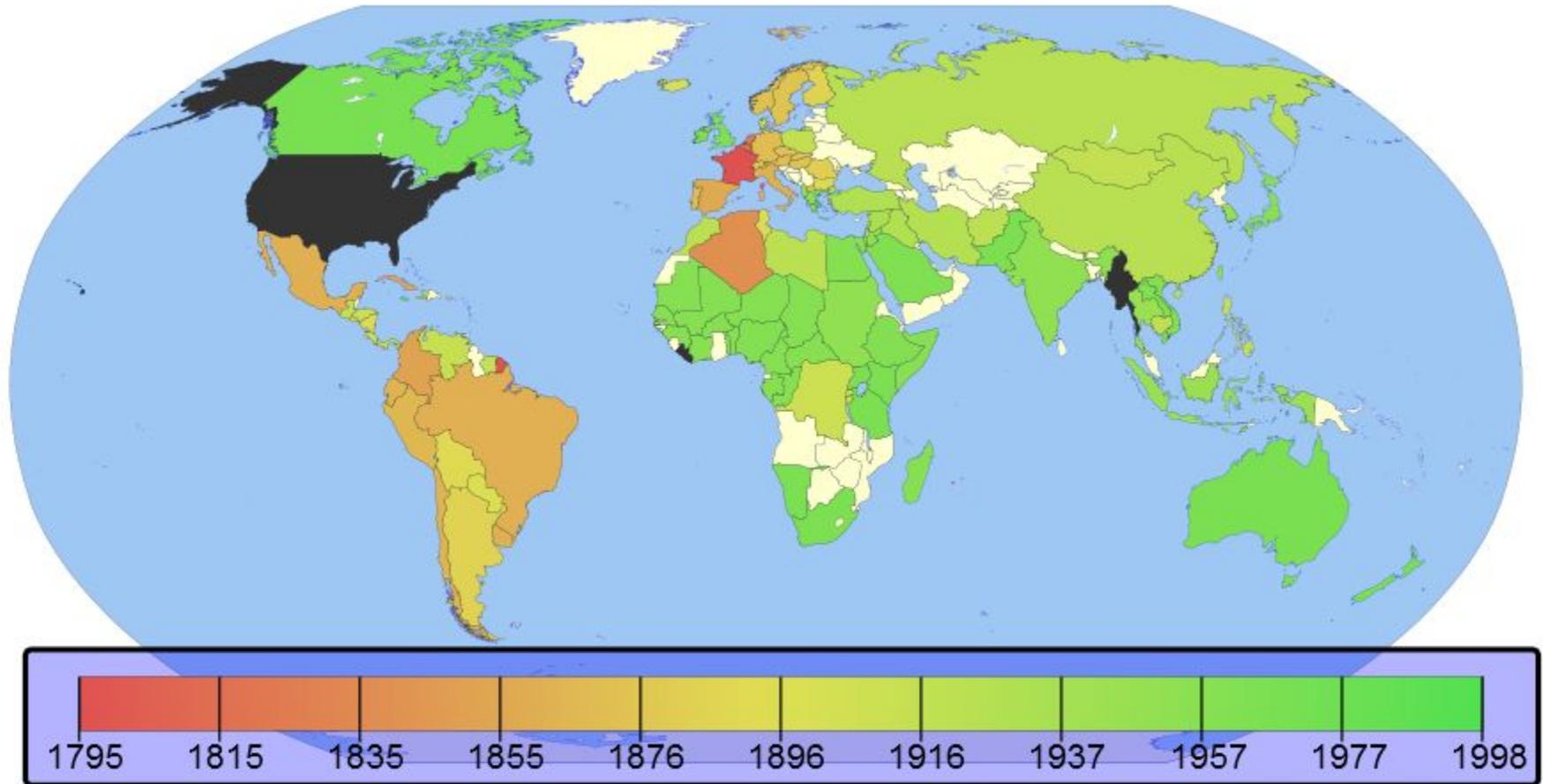
качество
количество





ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Международная система единиц физических величин (System Internationale d'Unites)





Международная система единиц физических величин (System Internationale d'Unites)

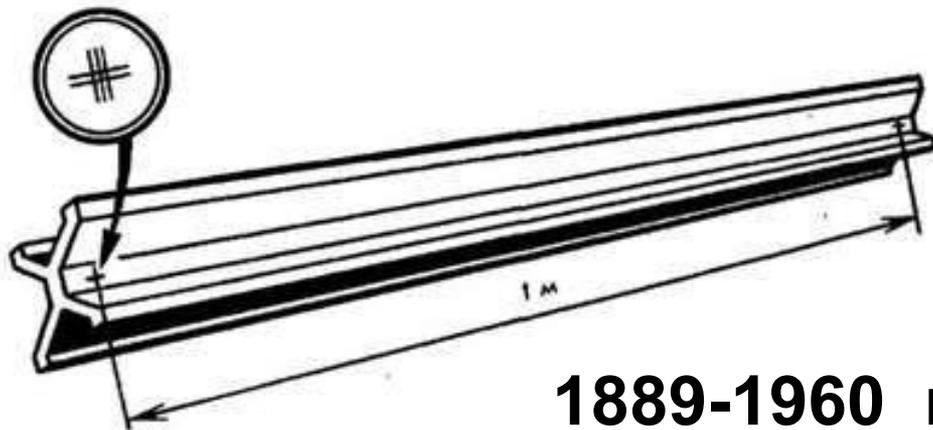
Величина	Единица измерения	Сокращённое обозначение единицы	
		Русское	Международное
<i>Основные</i>			
Длина	метр	м	m
Масса	килограмм	кг	kg
Время	секунда	с	s
Сила электрического тока	ампер	А	A
Термодинамическая температура	кельвин	К	K
Сила света	кандела	кд	cd
Количество вещества	моль	моль	mol
<i>Дополнительные</i>			
Плоский угол	радиан	рад	rad
Телесный угол	стерадиан	ср	sr



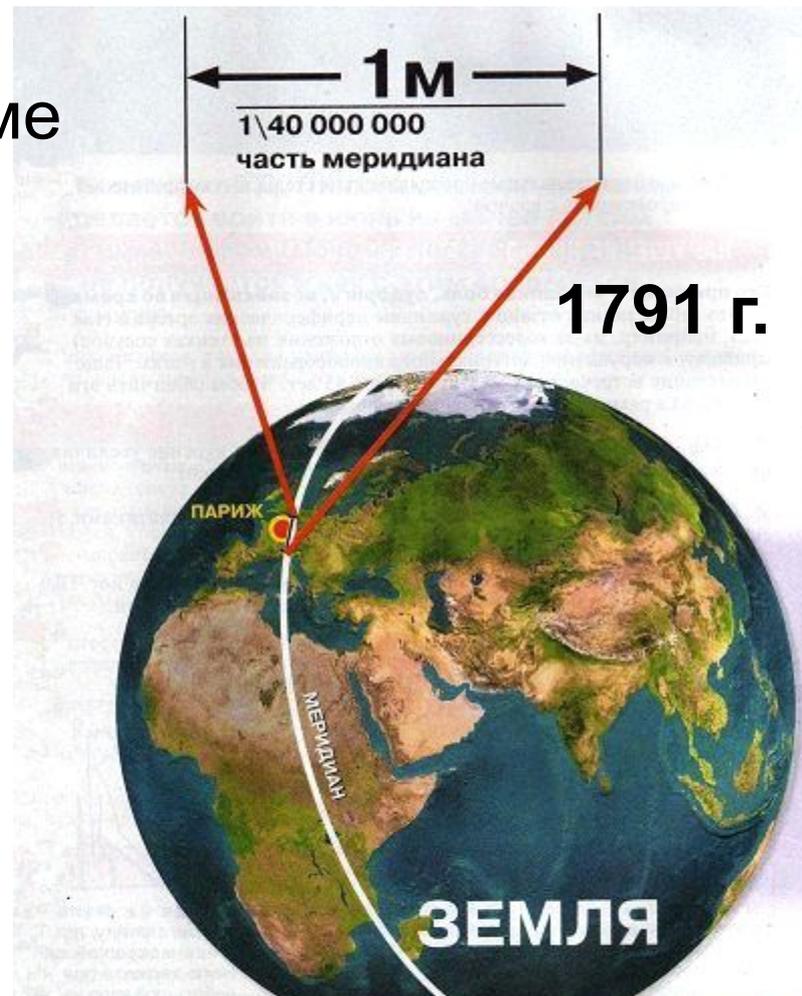
ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Международная система единиц физических величин (System Internationale d'Unites)

Метр — это длина пути,
проходимого светом в вакууме
за $(1 / 299\,792\,458)$ секунды
(1983 г., XVII Генеральная
конференция по мерам и
весам)



1889-1960 гг.



1791 г.

ЗЕМЛЯ



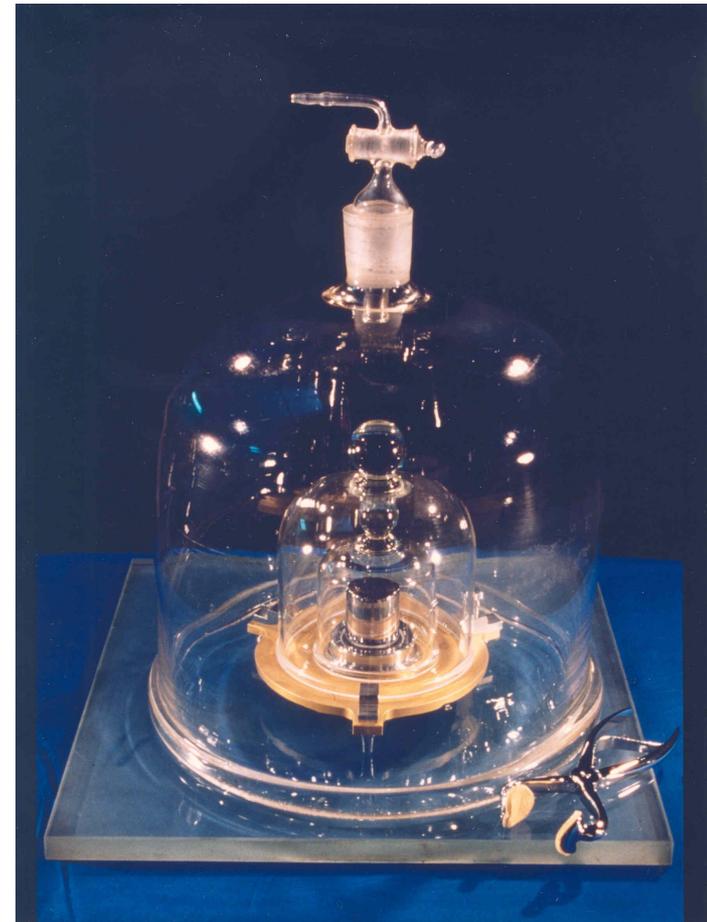
ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Международная система единиц физических величин (System Internationale d'Unites)

Килограмм - единица массы,
равная массе международного
прототипа килограмма
(1901 г., III Генеральная
конференция по мерам и
весам)

Отличия от других величин:

- приставка «кило»
- основа – объект, созданный человеком
- используется для определения других базовых





ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Международная система единиц физических величин (System Internationale d'Unites)

Секунда – продолжительность 9 192 631 770 периодов излучения, соответствующего переходу между двумя уровнями сверхтонкой структуры основного состояния атома цезия-133 при отсутствии возмущения со стороны внешних полей.

Ампер – сила не изменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным проводникам бесконечной длины и ничтожно малого кругового сечения, расположенным на расстоянии 1 м один от другого в вакууме, создал бы между этими проводниками силу, равную $2 \cdot 10^{-7}$ Н на каждый метр длины.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Международная система единиц физических величин (System Internationale d'Unites)

Кельвин – $1/273,16$ часть термодинамической температуры тройной точки воды.

Моль — количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько атомов содержится в нуклиде углерода-12 массой 0,012 кг.

Кандела – сила света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540 \cdot 10^{12}$ Гц



Производные единицы системы СИ

Величина		Единица		
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение	Выражение через единицы СИ
Частота	T^{-1}	герц	Гц	s^{-1}
Сила, вес	LMT^{-2}	ньютон	Н	$mkgs^{-2}$
Давление, механическое напряжение	$L^{-1}MT^{-2}$	паскаль	Па	$m^{-1}kgs^{-2}$
Энергия, работа, количество теплоты	L^2MT^{-2}	джоуль	Дж	m^2kgs^{-2}
Мощность	L^2MT^{-3}	ватт	Вт	m^2kgs^{-3}
Количество электричества	TI	кулон	Кл	sA
Электрическое напряжение, потенциал, электродвижущая сила	$L^2MT^{-3}I^{-1}$	вольт	В	$m^2kgs^{-3}A^{-1}$
Электрическая емкость	$L^{-2}M^{-1}T^4I^2$	фарад	Ф	$m^{-2}kg^{-1}s^4A^2$
Электрическое сопротивление	$L^2MT^{-3}I^{-2}$	ом	Ом	$m^2kgs^{-3}A^{-2}$
Электрическая проводимость	$L^{-2}M^{-1}T^3I^2$	сименс	См	$m^{-2}kg^{-1}s^3A^2$
Поток магнитной индукции	$L^2MT^{-2}I^{-1}$	вебер	Вб	$m^2kgs^{-2}A^{-1}$



Международная система единиц физических величин (System Internationale d'Unites)

Множит ель	Приста вка	Обозначение приставки		Множит ель	Приста вка	Обозначение приставки	
		междуна родное	русс кое			междунар одное	русское
10^{18}	экса	E	Э	10^{-1}	деци	d	д
10^{15}	пета	P	П	10^{-2}	санци	c	с
10^{12}	тера	T	Т	10^{-3}	милли	m	м
10^9	гига	G	Г	10^{-6}	микро	μ	МК
10^6	мега	M	М	10^{-9}	нано	n	н
10^3	кило	k	к	10^{-12}	пико	p	п
10^2	гекто	h	г	10^{-15}	фемто	f	ф
10^1	дека	Da	да	10^{-18}	атто	a	а



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Внесистемные единицы физических величин в РФ

По Постановлению Пр-ва РФ от 31.10.2009 N 879
«Об утверждении Положения о единицах величин,
допускаемых к применению в Российской Федерации» -
применяются только в случаях, когда количественные
значения величин невозможно или нецелесообразно
выражать в единицах СИ

- применяются во всех областях

масса: тонна

время: минута, час сутки

плоский угол: градус, минута, секунда

- применяются в специальных областях

масса: карат (для драгоценных камней и жемчуга)

плоский угол: град (геодезия)

длина: световой год, парсек (астрономия),

ангстрем (физика), морская миля, фут



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

Устаревшие единицы физических величин

Наименование величины	Единица		
	Наименование	Обозначение	Соотношение с единицей СИ
Длина	микрон	МК	$1 \text{ МК} = 10^{-6} \text{ м}$
Масса	центнер	ЦН	$1 \text{ ЦН} = 10^2 \text{ кг}$
Мощность	лошадиная сила	л.с.	$1 \text{ л.с.} = 735,499 \text{ Вт}$

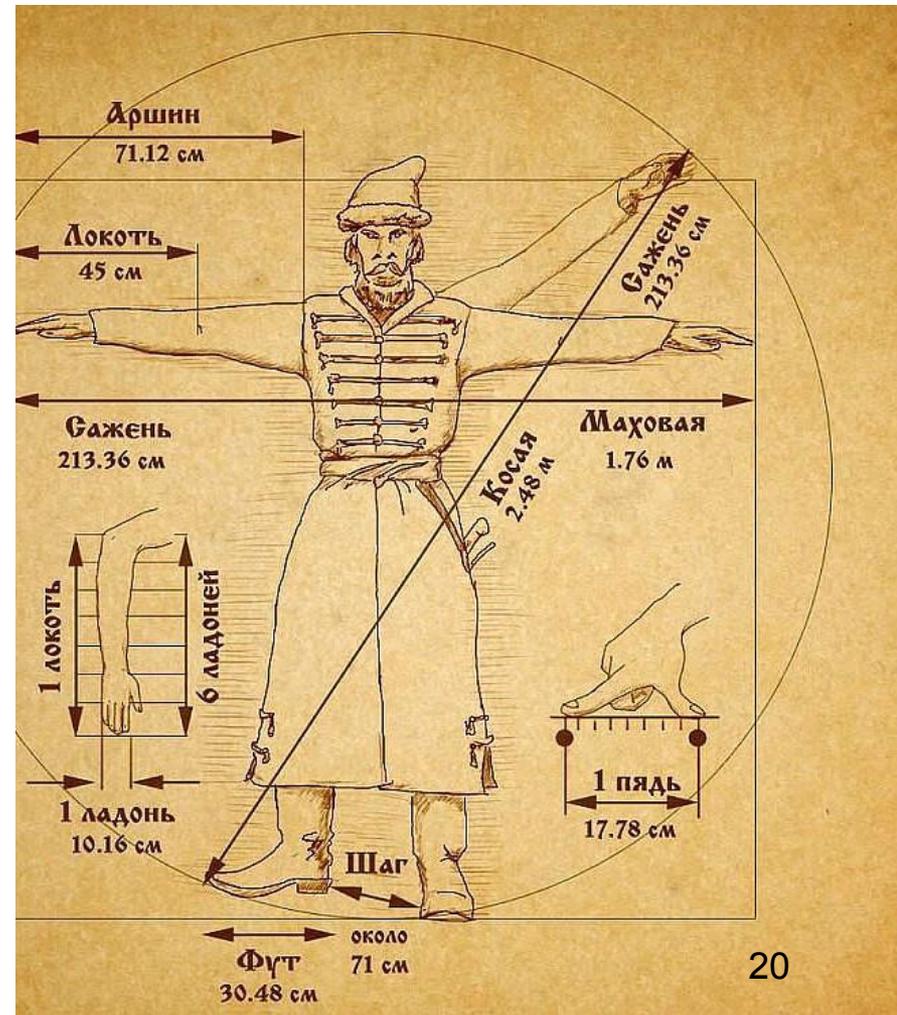


Генрих I



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Устаревшие единицы физических величин





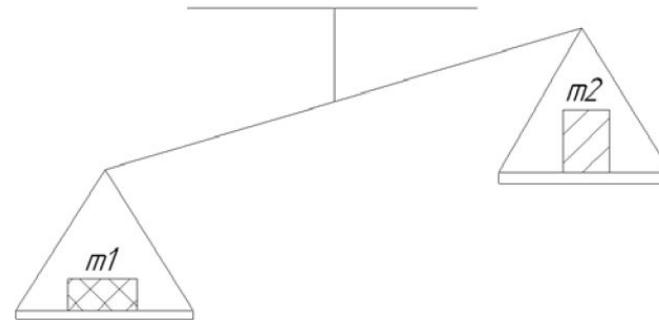
ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Способы получения измерительной информации

Измерение – сравнение

1. Какая величина больше?

$$Q_i > Q_j$$



2. На сколько одна величина больше другой?

$$Q_i - Q_j = \Delta Q_{ij}$$

3. Во сколько раз одна величина больше другой?

$$\frac{Q_i}{Q_j} = x_{ij}$$



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Виды измерений

1. По способу получения информации

←
прямые

→
косвенные

2. По характеру изменения измеряемой величины

←
статистические

↓
динамические

→
статические

3. По количеству измерительной информации

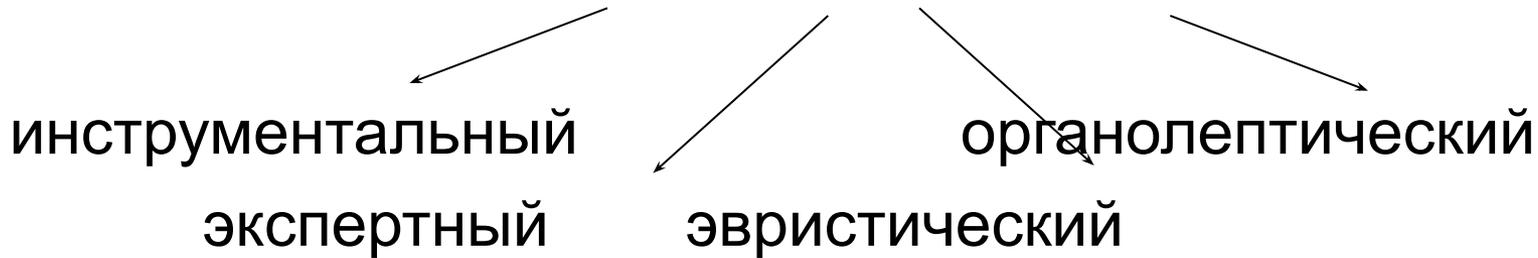
←
однократные

→
многократные



Методы измерений

1. В зависимости от измерительных средств



2. По способу получения значений измеряемой величины

метод непосредственной оценки методы|сравнения

- дифференциальный
- нулевой
- замещения
- совпадений



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Методы измерений

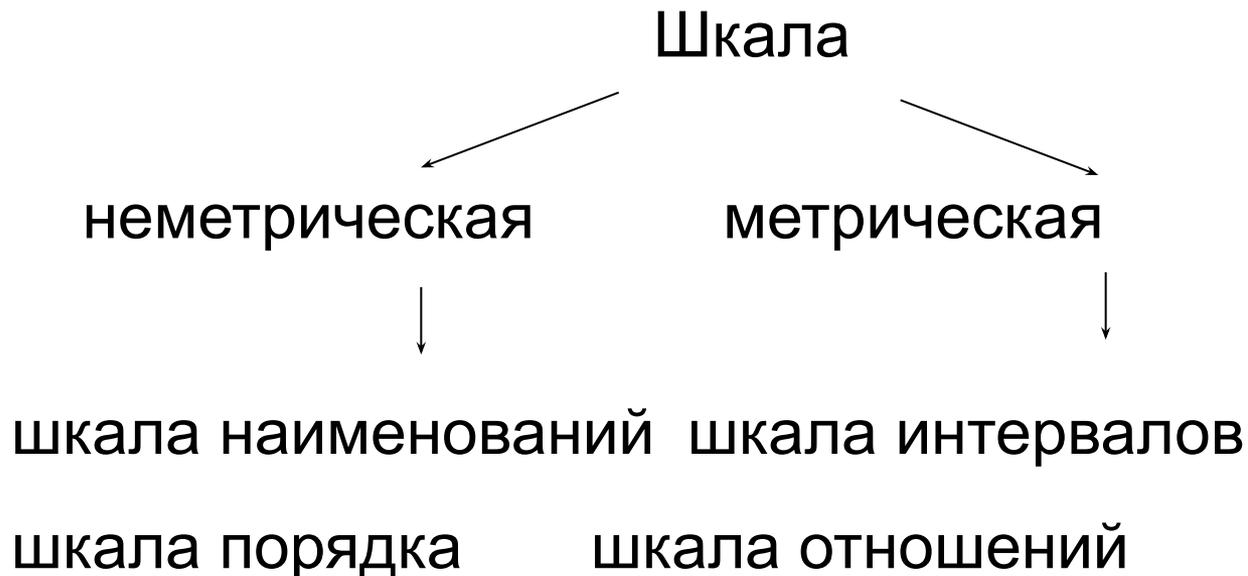




ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Шкала измерений

Шкала – упорядоченная совокупность значений величины





ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

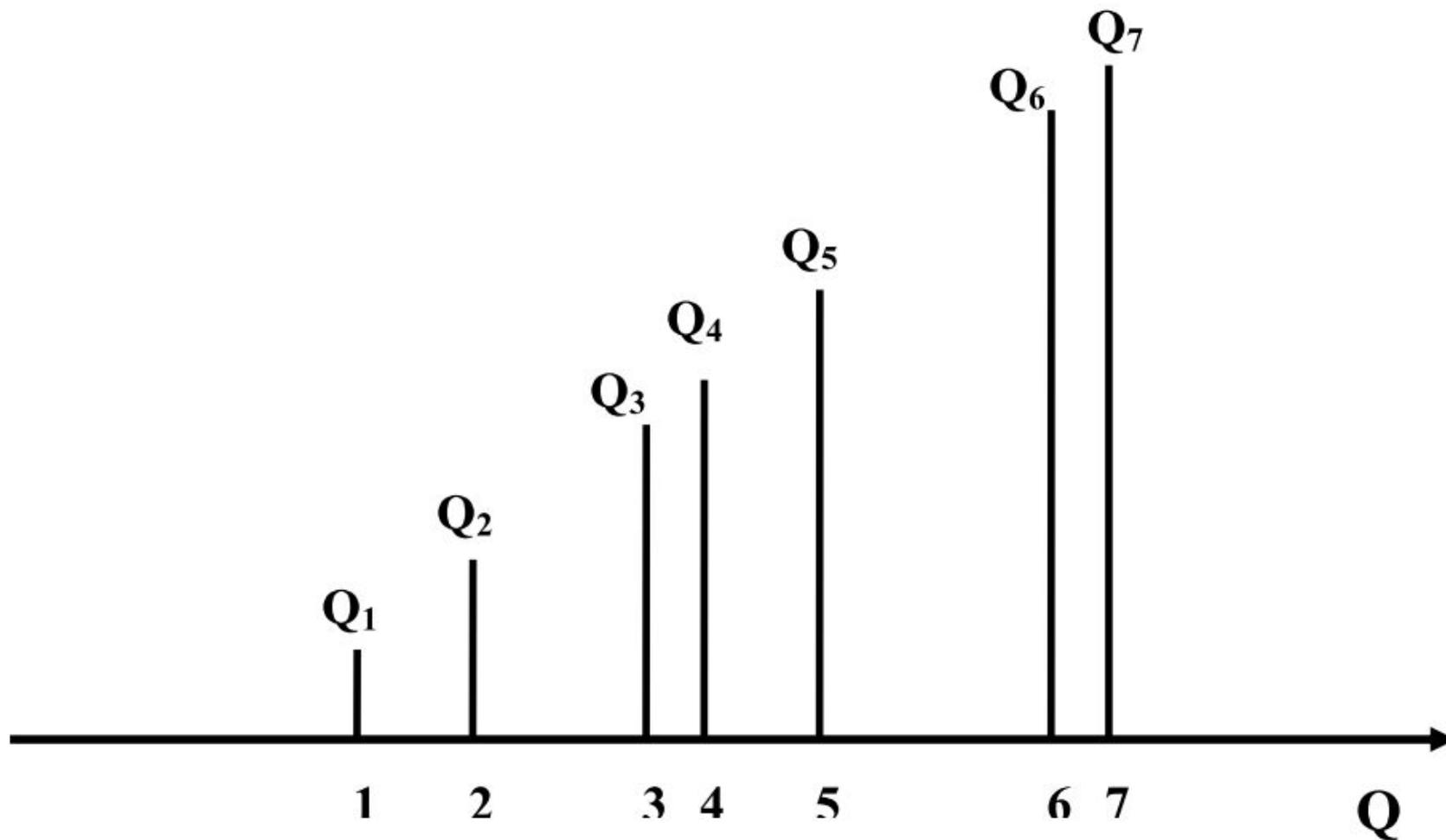
Шкала наименований





ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Шкала порядка





ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Шкала порядка

Шкала оценок знаний

Российские оценки	ECTS	Смысловое содержание оценки
5	A	«отлично»
4	B	«очень хорошо»
	-	
3	D	«удовлетворительно»
	E	«посредственно»
2	FX	«неудовлетворительно» (с правом пересдать)
*	F	«неудовлетворительно» (без права пересдать)

ECTS (англ. European Credit Transfer and Accumulation System) — Европейская система перевода и накопления баллов



Шкала Бофорта для измерения силы ветра

Балл	Название	Признак
0	Штиль	Дым идёт вертикально
1	Тихий	Дым идёт слегка наклонно
2	Лёгкий	Ощущается лицом, шелестят листья
3	Слабый	Развеваются флаги
4	Умеренный	Поднимается пыль
5	Свежий	Вызывает волны на воде
6	Сильный	Свистит в вантах, гудят провода
7	Крепкий	На волнах образуется пена
8	Очень крепкий	Трудно идти против ветра
9	Шторм	Срывает черепицу
10	Сильный шторм	Вырывает деревья с корнем
11	Жестокий шторм	Большие разрушения
12	Ураган	Опустошительное действие



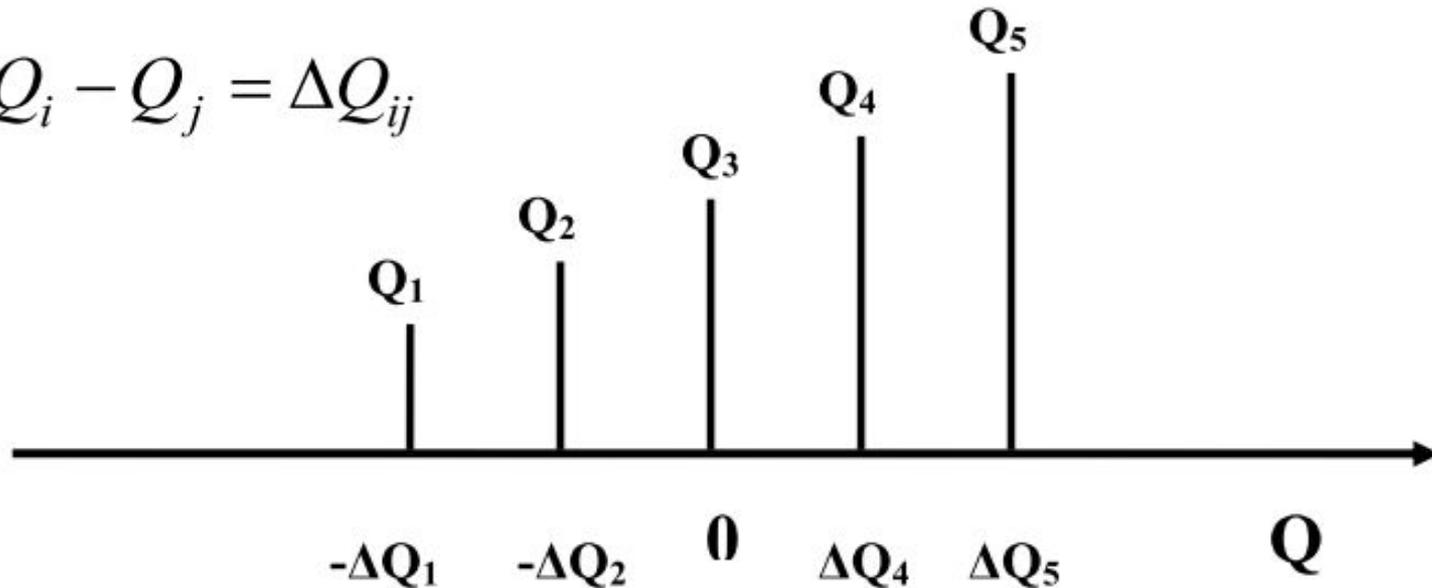
Шкала Мооса для определения твёрдости минералов

Балл	Твёрдость
0	Меньше твёрдости талька
1	Равна или больше твёрдости талька, но меньше твёрдости гипса
2	Равна или больше твёрдости гипса, но меньше твёрдости известкового шпата
3	Равна или больше твёрдости известкового шпата, но меньше твёрдости плавикового шпата
4	Равна или больше твёрдости плавикового шпата, но меньше твёрдости апатита
5	Равна или больше твёрдости апатита, но меньше твёрдости полевого шпата
6	Равна или больше твёрдости полевого шпата, но меньше твёрдости кварца
7	Равна или больше твёрдости кварца, но меньше твёрдости топаза
8	Равна или больше твёрдости топаза, но меньше твёрдости корунда
9	Равна или больше твёрдости корунда, но меньше твёрдости алмаза
10	Равна твёрдости алмаза или больше её



Шкала интервалов

$$Q_i - Q_j = \Delta Q_{ij}$$



$$Q = Q_0 + q[Q],$$

где q – числовое значение величины

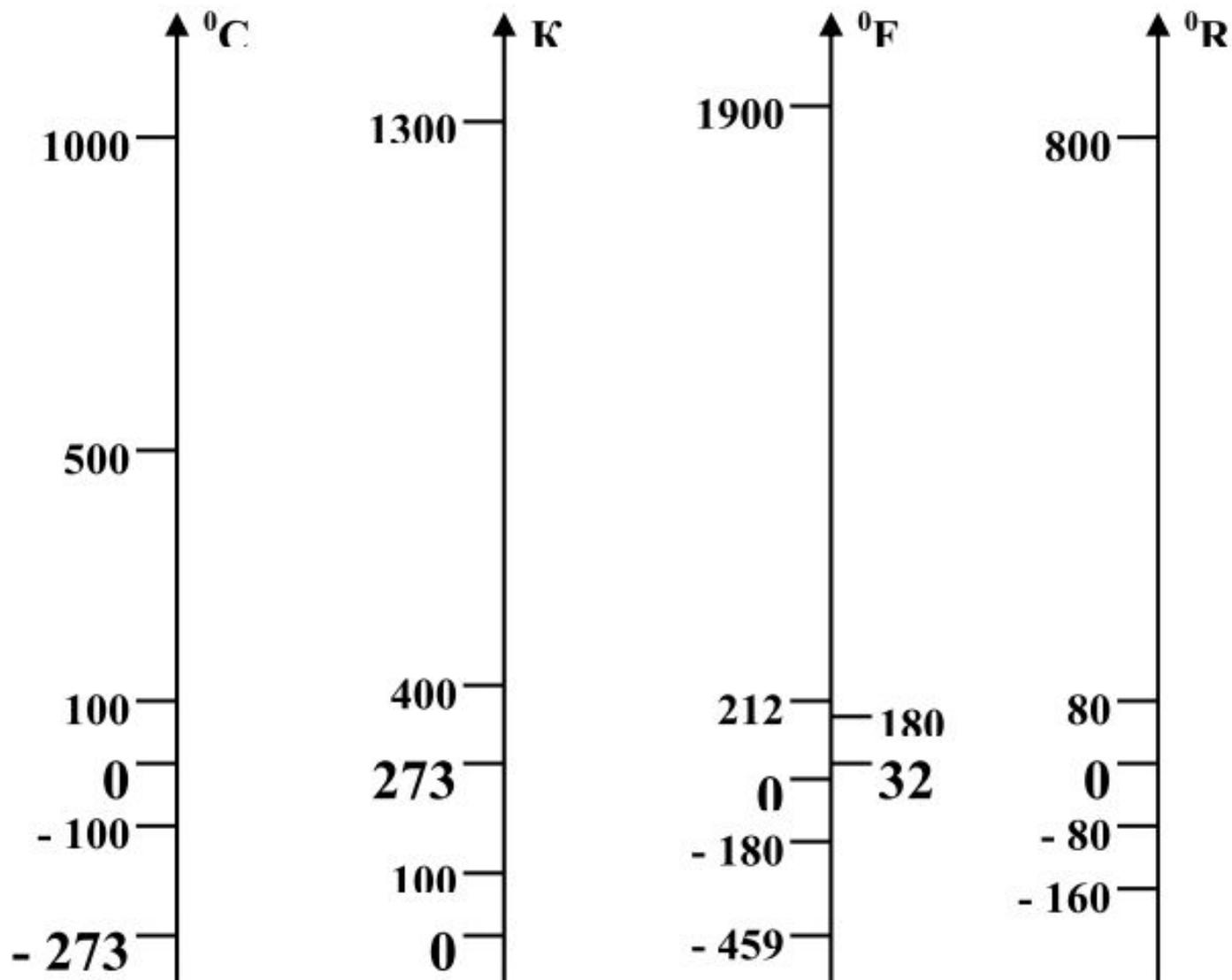
Q_0 – начало отсчета шкалы;

$[Q]$ – единица данной величины



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Температурные шкалы





ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Качество измерений

Истинное значение - значение ФВ, идеальным образом характеризующее свойство данного объекта как в количественном, так и в качественном отношении (абсолютная истина).

Действительное значение - значение ФВ, найденное экспериментально и настолько близкое к истинному, что в поставленной измерительной задаче оно может быть использовано вместо него.

Результат измерения представляет собой значение величины, полученное путем измерения



Правила округления результатов измерений

1. Погрешность результата измерения указывается двумя значащими цифрами, если первая из них равна 1 или 2, и одной – если первая есть 3 или более.
2. Результат измерения округляется до того же десятичного знака, которым оканчивается округленное значение абсолютной погрешности. Если десятичная дробь в числовом значении результата измерений оканчивается нулями, то нули отбрасываются до того разряда, который соответствует разряду числового значения погрешности.

Пример: Число 999,99872142 при погрешности $\pm 0,000005$ следует округлять до 999,998721.



Правила округления результатов измерений

3. Если цифра старшего из отбрасываемых разрядов меньше 5, то остальные цифры числа не изменяются. Лишние цифры в целых числах заменяются нулями, а в десятичных дробях отбрасываются.

Пример: При сохранении четырех значащих цифр число 283435 должно быть округлено до 283400; число 384,435 – до 384,4.

4. Если цифра старшего отбрасываемого разряда больше или равна 5, но за ней следуют отличные от нуля цифры, то последнюю оставляемую цифру увеличивают на единицу.

Пример: При сохранении трех значащих цифр число 17,58 округляют до 17,6; число 18598 – до 18600; число 352,521 – 353.



Правила округления результатов измерений

5. Если отбрасываемая цифра равна 5, а следующие за ней цифры неизвестны или являются нулями, то последнюю сохраняемую цифру числа не изменяют, если она четная, и увеличивают на единицу, если она нечетная. Пример: При сохранении трех значащих цифр число 264,50 округляют до 264; число 645,5 – до 646.
6. Округление производится лишь в окончательном ответе, а все предварительные вычисления проводят с одним-двумя лишними знаками.



Погрешности

По способу
выражения

Абсолютная

$$\Delta X = X - Q$$

Относительна

$$\delta = \frac{\Delta x}{x}, \text{ или } \delta = \frac{\Delta x}{x} \cdot 100 \%$$

Приведенная

$$\gamma = \frac{\Delta x}{x_N}, \text{ или } \gamma = \frac{\Delta x}{x_N} \cdot 100 \%$$



Погрешности

**По влиянию
характера
изменения
измеряемой
величины**

Статическая

Динамическая



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

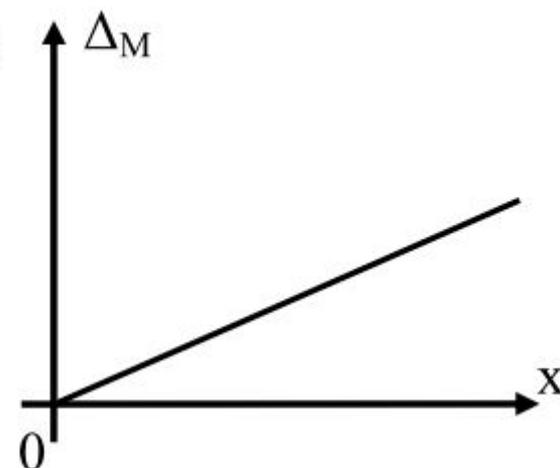
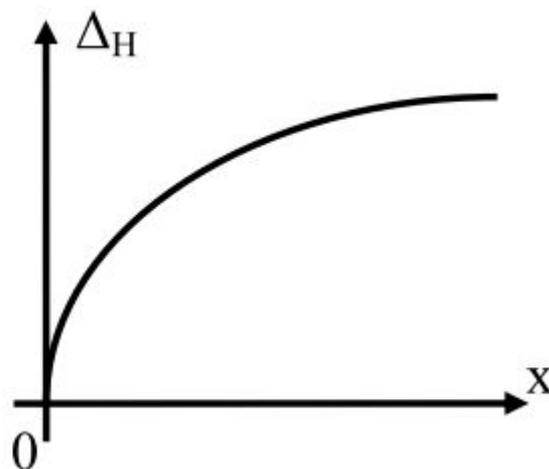
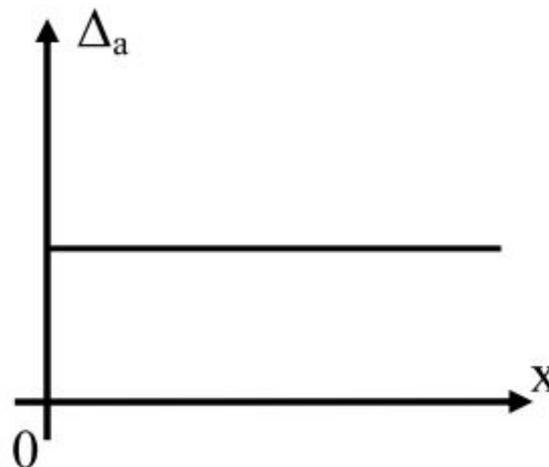
Погрешности

По зависимости
абсолютной
погрешности от
значений
измеряемой
величины

Аддитивная

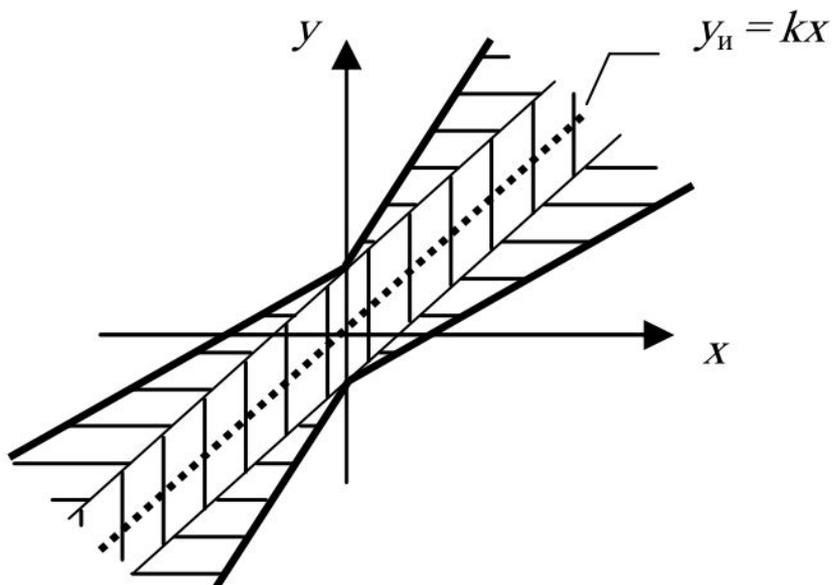
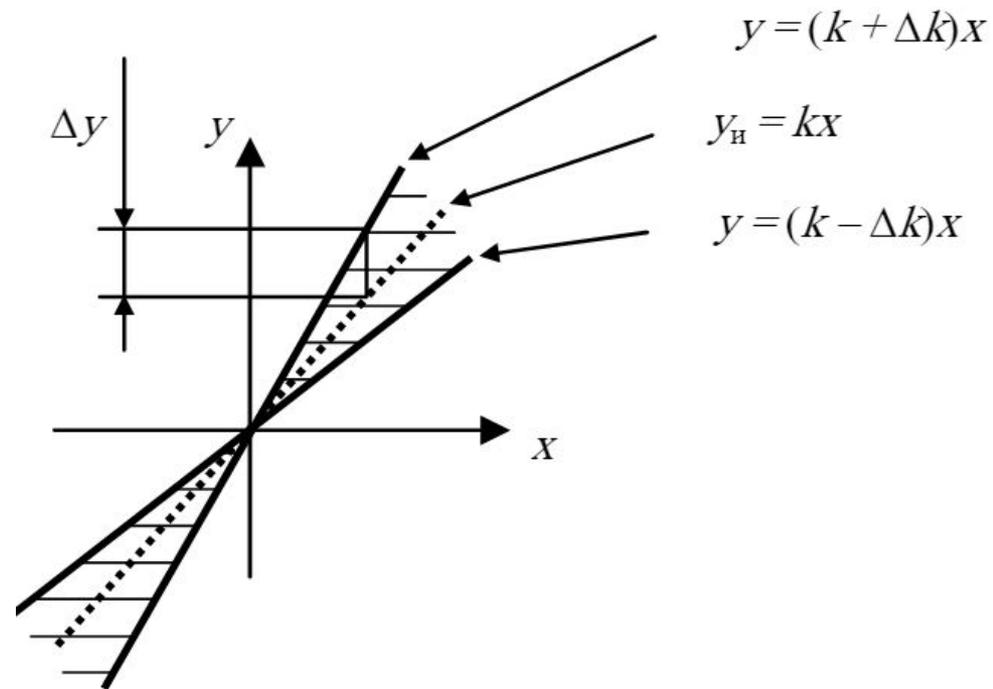
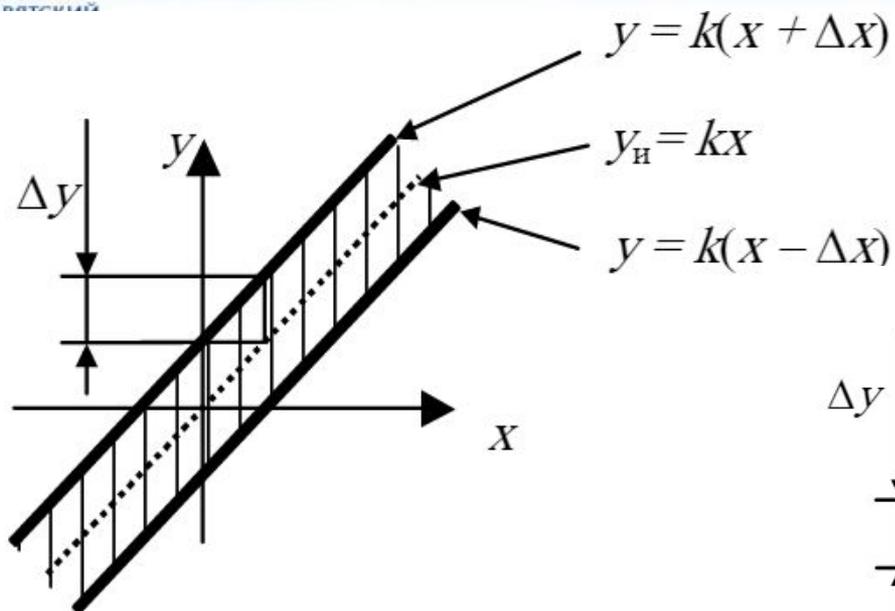
Мультипликативная

Нелинейная





Погрешности





Погрешности





ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Погрешности

По влиянию внешних условий

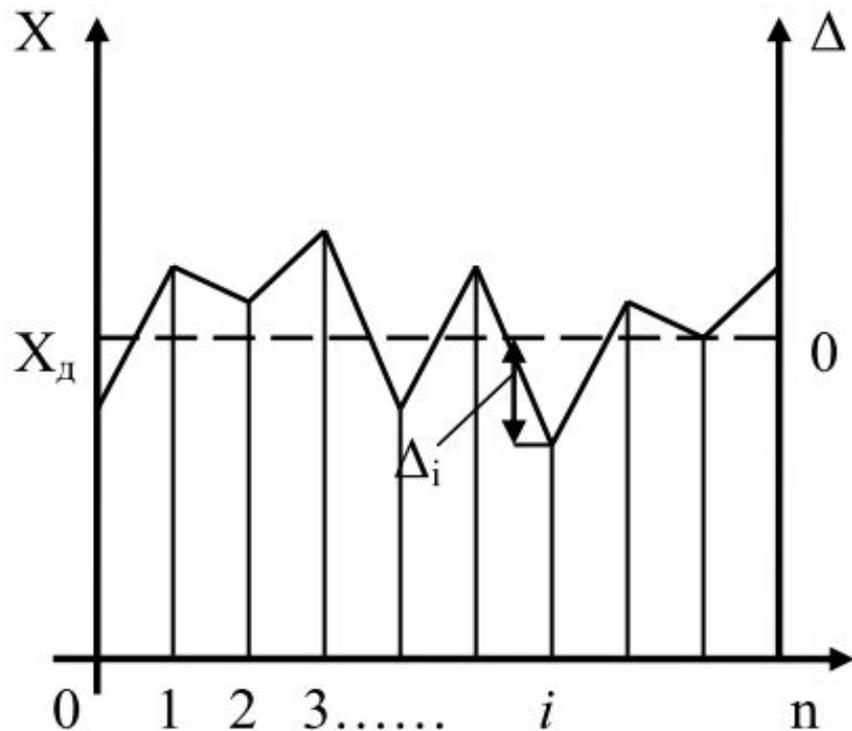
Основная

Дополнительная

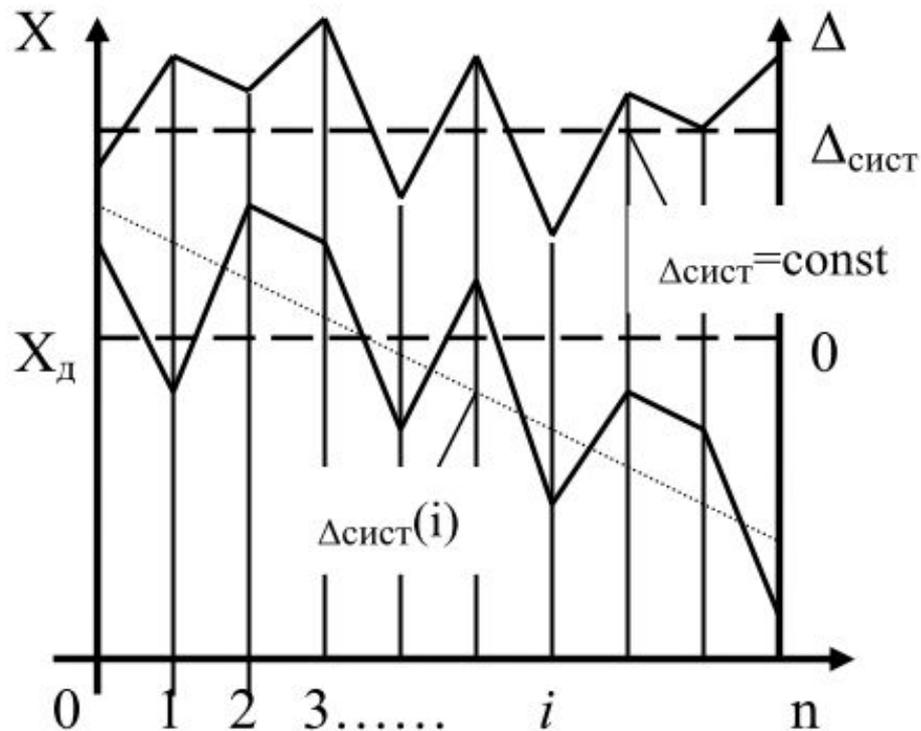


ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Погрешности



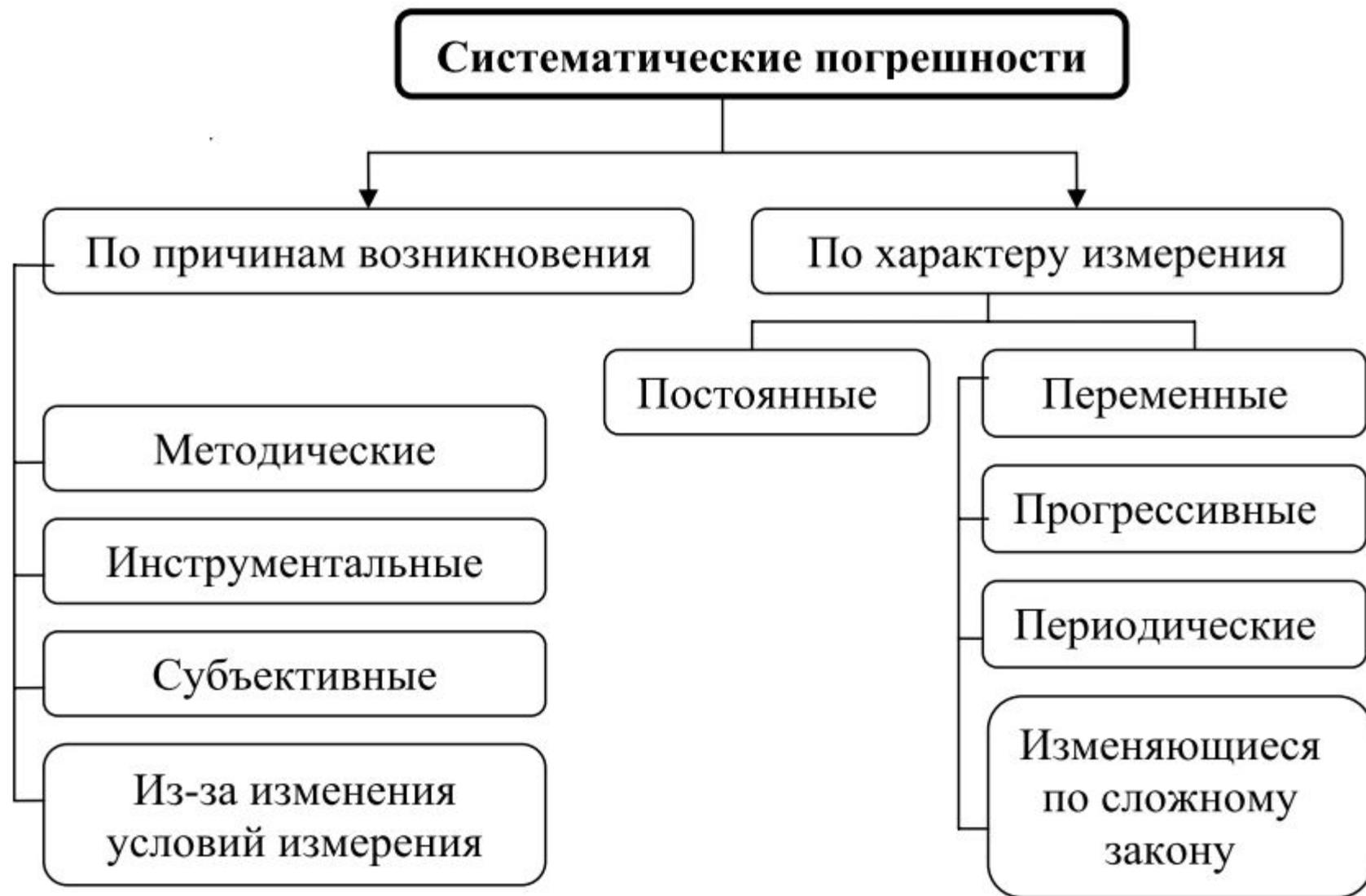
Случайная погрешность



Систематическая
погрешность
(постоянная и переменная)



Систематическая погрешность





Способы обнаружения и устранения погрешностей

$x_i = Q + \Delta_i + \Theta_i$ Q – истинное значение измеряемой величины;
 Δ_i – i -я случайная погрешность;
 Θ_i – i -я систематическая погрешность

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = Q + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta_i + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Theta_i$$

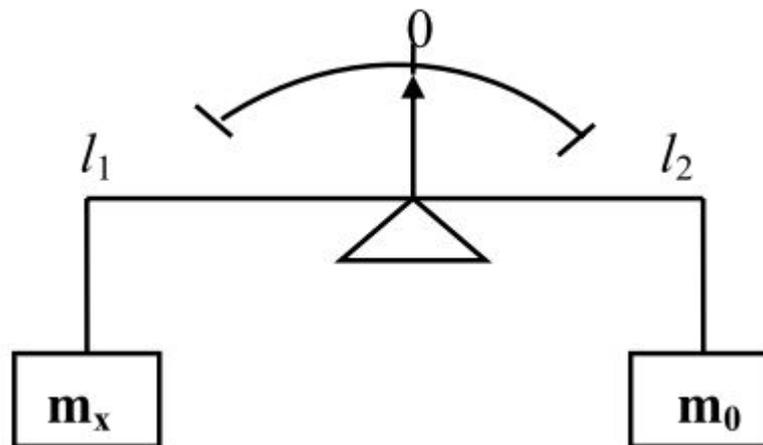
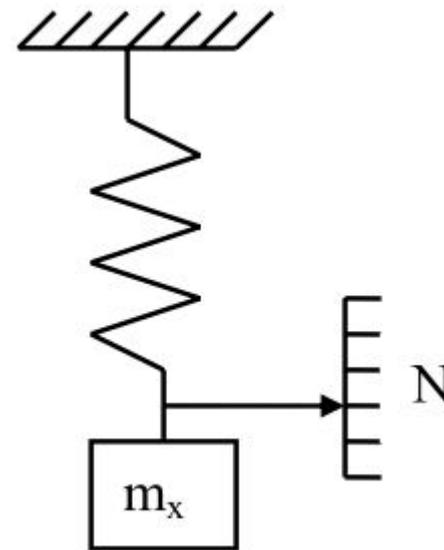
$$\Theta_i = \Theta$$

$$\bar{X} = Q + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta_i + \Theta$$



Устранение постоянных систематических погрешностей

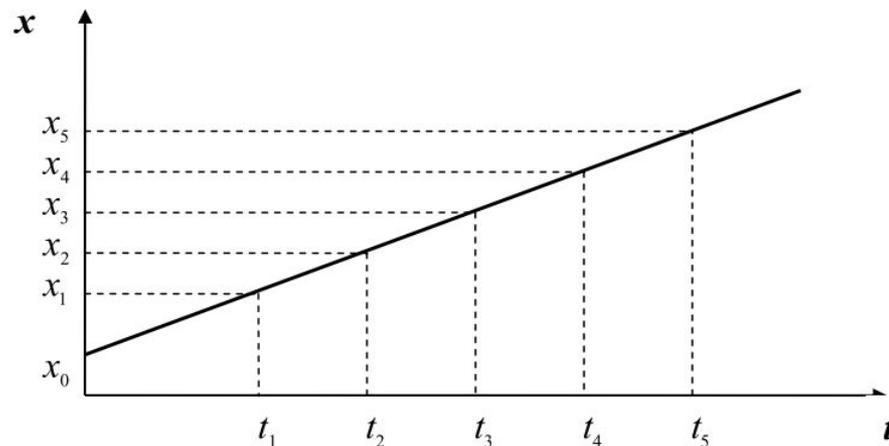
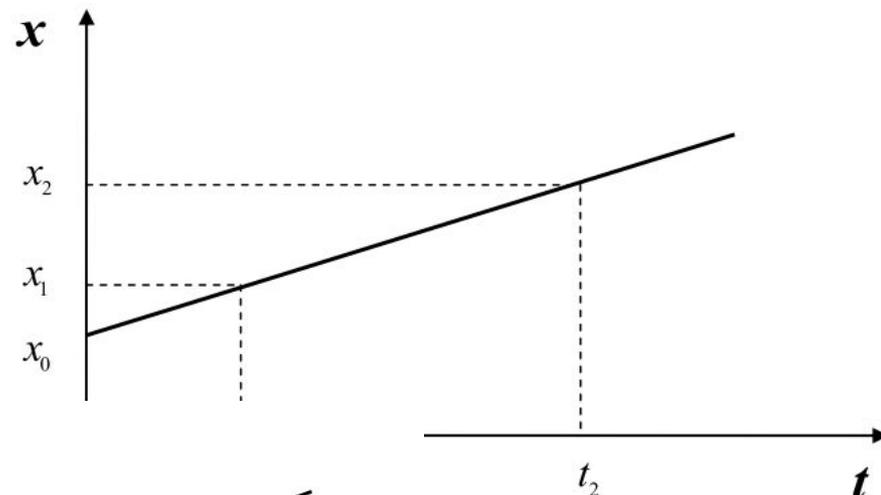
1. Метод измерений замещением
2. Метод противопоставления
3. Метод компенсации погрешности по знаку
4. Метод рандомизации





Устранение переменных систематических погрешностей

1. Анализ знаков неисправленных случайных погрешностей
2. Графический метод
3. Метод симметричных наблюдений





ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Критерии качества измерений

Точность - степень близости результата анализа к истинному (или в его отсутствие принятому опорному) значению.

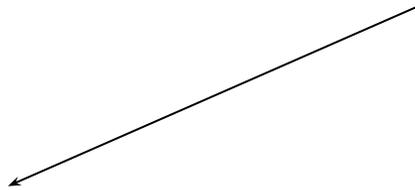
Правильность - степень близости среднего значения, полученного на основе большой серии результатов единичного анализа, к истинному (или в его отсутствие принятому опорному) значению



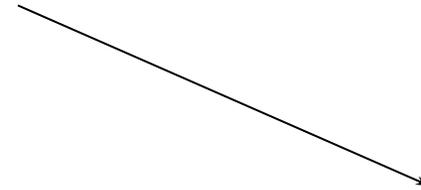
ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Критерии качества измерений

Прецизионность - степень близости друг к другу независимых результатов измерений, которые были получены в конкретных регламентированных условиях



повторяемость



воспроизводимость



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Критерии качества измерений

Повторяемость - степень близости друг к другу результатов единичного анализа (результатов анализа), полученных в конкретных регламентированных условиях. Результаты единичного анализа получают по одной и той же методике на идентичных пробах в одинаковых условиях и практически одновременно, то есть результаты параллельных определений.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Критерии качества измерений

Воспроизводимость - степень близости друг к другу результатов единичного анализа (результатов анализа), полученных в конкретных регламентированных условиях. Результаты анализа получают по одной и той же методике на идентичных пробах, но в различных условиях (разное время, разные аналитики, разные партии реактивов одного типа, разные наборы мерной посуды, экземпляры средств измерений одного типа, разные лаборатории).



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЗАКОН

"Об обеспечении единства измерений" от 26.06.2008 N 102-ФЗ

Статья 1. Цели и сфера действия

Статья 2. Основные понятия

Статья 5. Требования к измерениям

Статья 6. Требования к единицам величин

Статья 7. Требования к эталонам единиц величин

Статья 8. Требования к стандартным образцам

Статья 9. Требования к средствам измерений

Статья 11. Формы государственного регулирования в области обеспечения единства измерений

Статья 12. Утверждение типа стандартных образцов или типа средств измерений

Статья 13. Поверка средств измерений

Статья 18. Калибровка средств измерений

Статья 19. Аккредитация в области обеспечения единства измерений



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

КЛАССЫ ТОЧНОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

ГОСТ 8.401-80 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ).
Классы точности средств измерений.
Общие требования



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

КЛАССЫ ТОЧНОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Форма выражения погрешности	Предел допускаемой основной погрешности	Предел допускаемой основной погрешности, %	Обозначение класса точности	
			в документации	на средстве измерений
Приведенная по п. 2.3.2	По формуле (3): если нормирующее значение выражено в единицах величины на входе (выходе) средств измерений (пп. 2.3.3—2.3.5);	$\gamma = \pm 1,5$	Класс точности 1,5	1,5
	если нормирующее значение принято равным длине шкалы или ее части (п. 2.3.6)	$\gamma = \pm 0,5$		
Относительная по п. 2.3.8	По формуле (4)	$\delta = \pm 0,5$	Класс точности 0,5	
	По формуле (5)	$\delta = \pm \left[0,02 + 0,01 \left(\left \frac{X_K}{x} \right - 1 \right) \right]$	Класс точности 0,02/0,01	0,02/0,01
Абсолютная по п. 2.3.1	По формуле (1) или (2)		Класс точности М	М
Относительная по пп. 2.3.8 и 3.1.1			Класс точности С	С