

Digital SI and challenges of modern metrology

Цифровая СИ и вызовы современной метрологии

Семинар "КОOMET-30 лет»
Seminar "30 years to COOMET"

Павел Неежмаков, член CIPM, Вице-президент КОOMET
Pavel Neyezhnikov, CIPM Member, Vice-President of COOMET

Развитие метрологии в последние десятилетия происходило в конкретных технических направлениях.

Оно было вызвано потребностями национальных экономик, которые необходимо было поддерживать развитием национальных эталонов.

На международном уровне признание национальных эталонов обеспечивалось благодаря имплементации **Соглашения CIPM MRA**.

Reconnaissance mutuelle
des étalons nationaux de mesure
et des certificats d'étalonnage et de mesurage
émis par les laboratoires nationaux de métrologie
Paris, le 14 octobre 1999



Comité international des poids et mesures

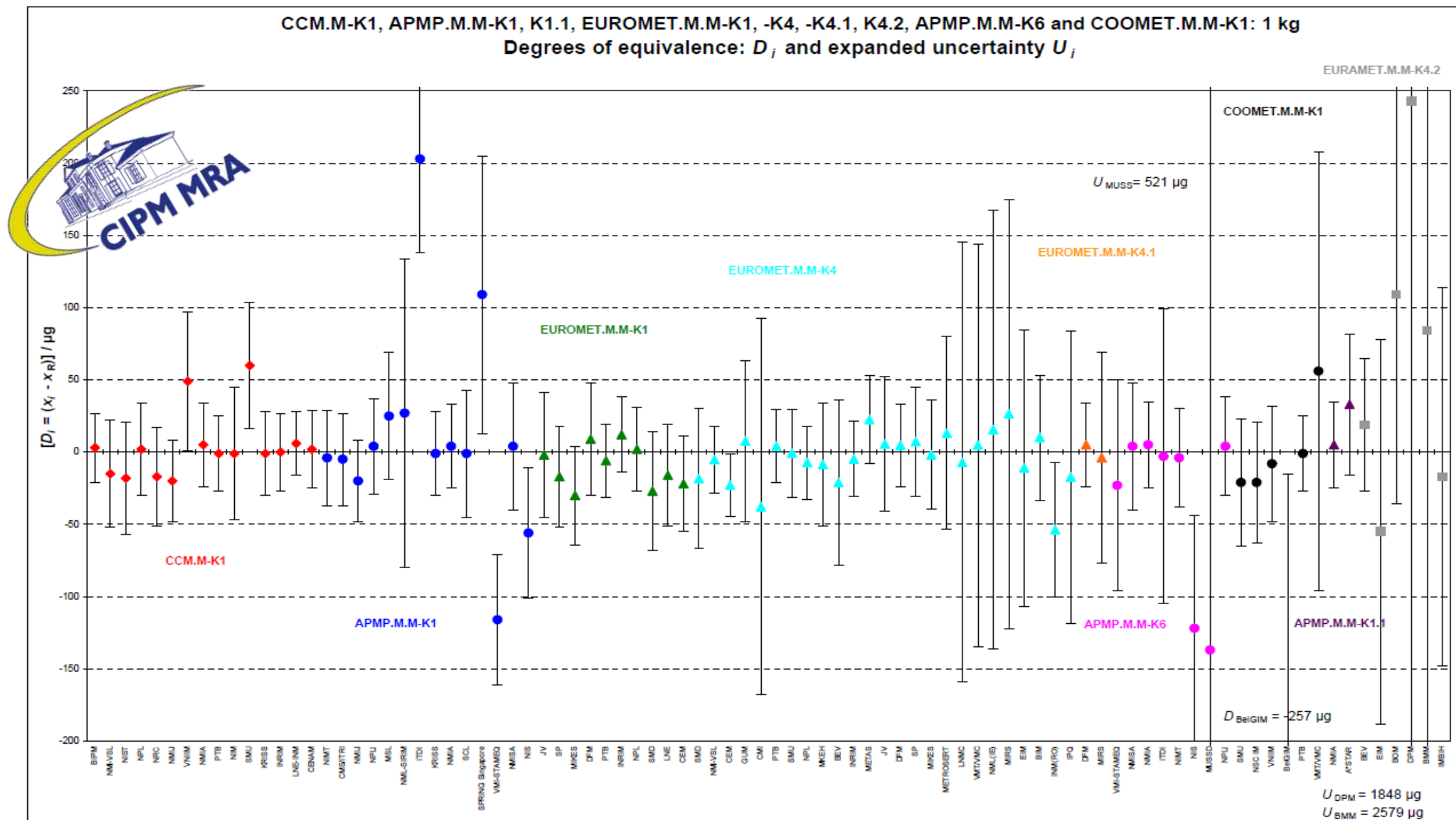
Bureau
international
des poids
et mesures

Organisation
intergouvernementale
de la Convention
du Mètre

The development of metrology in recent decades has taken place in specific technical fields.

It was caused by the needs of national economies, which had to be supported by the development of national measurement standards.

At the international level, the recognition of national measurement standards was ensured through the implementation of the **CIPM MRA**.



88
участников

Сегодня мир сталкивается с очередной **революцией** глобального масштаба, которая влияет на каждую часть экономики и все аспекты нашей повседневной жизни. Она обусловлена **взаимосвязанностью продуктов, людей и процессов** в условиях **цифровой трансформации**. Передовые технологии развиваются благодаря объединению отдельных компонентов, а **инновационные циклы** чрезвычайно **ускоряются**.

Современные вызовы метрологии существенно отличаются по своей природе. Они вызваны уже региональными или даже глобальными проблемами и, как правило, требуют привлечения нескольких технических дисциплин.

Решение этих больших проблем требует усиления междисциплинарного сотрудничества на международном уровне между НМИ и международными организациями, имеющими соответствующую техническую компетенцию.

«Семёрка глобальных потребностей»:

- 1) Климатические изменения и окружающая среда
- 2) Здравоохранение и наука о жизни
- 3) Безопасность пищевых продуктов
- 4) Энергетика
- 5) Передовое производство
- 6) Цифровая трансформация
- 7) «Новая» метрология

The “Seven Grand Needs” are:

- 1) *Climate change and Environment:*
- 2) *Health and Life Sciences*
- 3) *Food safety*
- 4) *Energy*
- 5) *Advanced Manufacturing*
- 6) *Digital Transformation*
- 7) *“New” metrology*

Today, the world is facing another global **revolution** that is affecting every part of the economy and every aspect of our daily life. It is due to **the interrelation of products, people and processes** in the context of **digital transformation**. Advanced technologies are developing thanks to the integration of individual components, and **innovation cycles** are greatly **accelerated**.

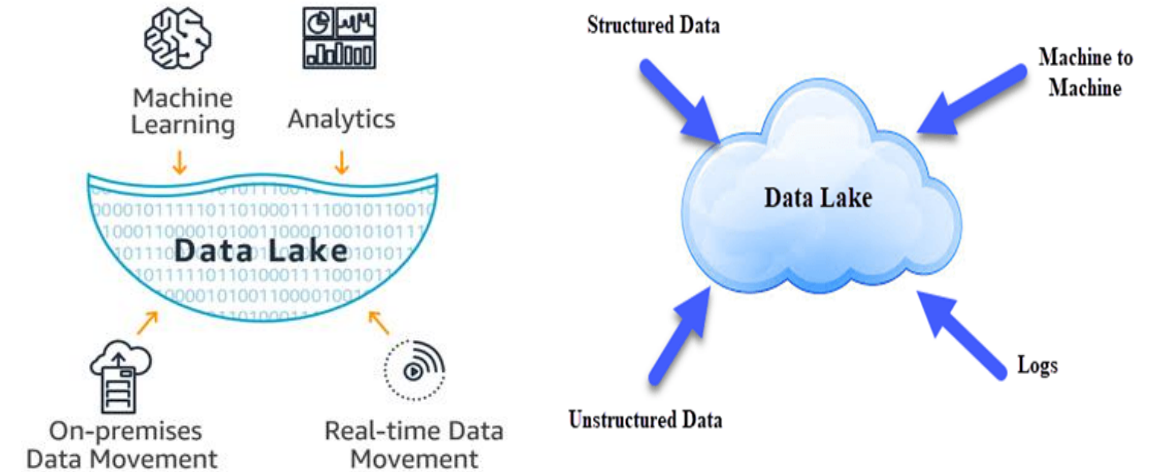
Modern challenges of metrology differ significantly in nature. They are already caused by regional or even global problems and usually require the involvement of several technical disciplines.

Solving of these important issues requires enhanced interdisciplinary cooperation at the international level between NMIs and international organizations with relevant technical competence.



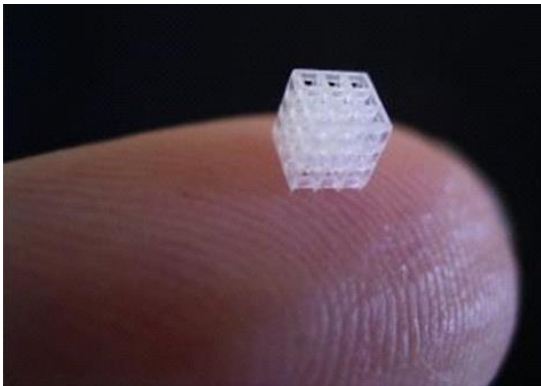
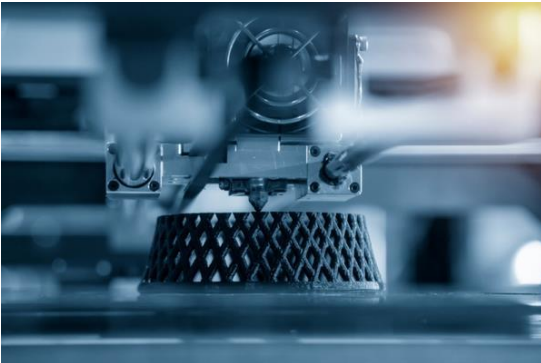
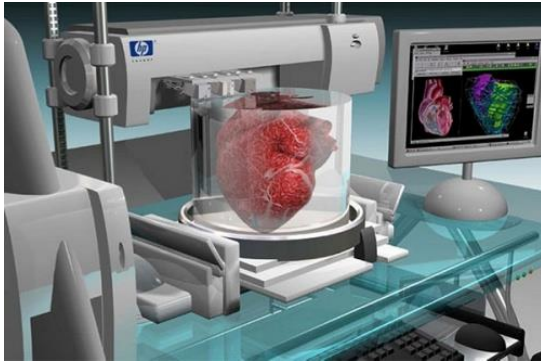
Мы переходим из мира, в котором нам нужно было быть уверенными в точности и согласованности отдельных измерений, в мир, где:

- огромное количество разнородных сетевых датчиков собирает различные данные об измерениях («Интернет вещей»);
- новые средства очень быстро собирают огромные объемы данных об измерениях (например, спецификация массы изображения, «большая наука»), которые иногда обрабатываются / фильтруются в режиме реального времени;
- большие объемы данных об «измерениях» собираются и хранятся в «озере» данных;
- данные вынимаются из «озера» и сочетаются с другими наборами данных;
- сложные алгоритмы и / или искусственный интеллект используются для получения части количественной информации из комбинированных данных (или для принятия решения).



We are moving from a world where we needed to be confident in the accuracy and consistency of individual measurements, to a world where:

- a huge number of heterogeneous network sensors collects a variety of measurement data ("Internet of Things");
- new tools collect very quickly huge amounts of measurement data (for example image mass specification, "great science") which are sometimes processed / filtered in real time;
- large amounts of "measurement" data are collected and stored in the "lake" of data;
- data are extracted from the "lake" and combined with other data sets;
- complex algorithms and/or artificial intelligence are used to obtain part of the quantitative information from the combined data (or to make decisions).



Метрология, как катализатор технологии проведения измерений и испытаний, **должна перерасти в новую, системную область.**

Сложные и гетерогенные системы различных процедур измерения и огромное количество датчиков требуют научного понимания и характеристики с метрологической точки зрения.

Доверие, точность и безопасность должны быть гарантированы, так же как и качество взаимосвязанных данных (об измерении), наборов референтных данных и **наборов данных об испытаниях, а также доверие к решениям, принятие которых возложено на искусственный интеллект (AI)** на основе этих данных.

Это стандарты метрологии будущего - современные эквиваленты международных прототипов килограмма или метра.

Кроме характеристики индивидуальных величин, значительную часть метрологии будущего составляет метрология сложных, неоднородных и взаимосвязанных систем измерительных датчиков.

Metrology, as a catalyst for the technology of measurement and testing, **should grow into a new, systemic industry.**

Complex and heterogeneous systems of different measurement procedures and a huge number of sensors require scientific understanding and characterization from a metrological point of view.

Confidence, accuracy, security and the quality of interrelated data should be guaranteed (concerning measurement) as well as reference data sets, **test data set and trust in decisions, relying on artificial intelligence (AI)** based on these data.

These **are the standards of metrology of the future** - modern equivalents of international prototypes of kilograms or meters.

In addition to characterizing individual quantities, a significant part of the metrology of the future is the metrology of complex, heterogeneous, and interrelated measuring sensor systems.

Эта революция ставит перед метрологическим сообществом два вызова:

- 1) **Как обеспечить соответствие метрологии и ее доступность цифровому миру?** (сделать общедоступным и машиночитаемым)
 - необходимо согласовать Международный словарь по метрологии (VIM) и метрологическую информацию с цифровыми стандартами;
 - рассмотреть возможность преобразовывать информацию и услуги, предоставляемые в цифровой формат.
- 2) **Как внедрить метрологию в цифровой мир?**



Преобразование SI в цифровой формат заключается в разработке и создании **стандартизированной, единой, однозначной, авторитетной и безопасной** системы обмена данными мирового масштаба, основанной на Международной системе единиц (SI), описанной в текущей брошюре SI.

This revolution poses two challenges to the metrological community:

- 1) **How to ensure the compliance of metrology and its accessibility to the digital world?** (make publicly available and machine readable)
 - the International vocabulary of metrology (VIM) and metrological information need to be agreed with digital standards;
 - to consider the possibility of converting the information and services provided into digital format.
- 2) **How to introduce metrology in the digital world?**



The conversion of SI to digital format is the development and creation of a **standardized, unified, unambiguous, authoritative and secure** data exchange system on a global scale, based on the International System of Units (SI) described in the current SI Brochure .



Целью Цифровой SI является создание основы, соответствующей принципам FAIR-данных:

- доступных для **поиска**,
- доступных через **аутентификацию**,
- операционно **совместимых**,
- **многократно** используемых,
- **прослеживаемых**.

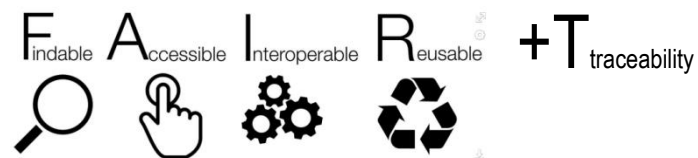
В долгосрочной перспективе:

- цифровое представление процедур измерения, рабочих процессов измерения, методов анализа, цепочек прослеживаемости и источников происхождения, что позволяет машинам получать доступ к этой информации и обрабатывать ее с незначительным участием или вообще без участия человека;
- специальное цифровое представление ключевых и межлабораторных сличений;
- встроенная Цифровая SI в киберфизические системы, например, сенсорные сети, среды Интернета вещей, автономные системы;
- установление прослеживаемости в точке измерения.



The goal of Digital-SI is to create a framework that meets the principles of FAIR data

- **findable**,
- **accessible**,
- **interoperable**,
- **reusable**,
- **traceability**.



In the long perspective:

- digital representation of measurement procedures, measurement working processes of measurements , analysis methods, traceability chains and sources of origin, allowing machines to access and process this information with little or no human involvement;
- special digital presentation of key and interlaboratory comparisons;
- embedded Digital SI in cyberphysical systems, such as sensor networks, the Internet of Things, stand-alone systems;
- establishment of traceability at the measuring point.

Представленные доклады на семинаре CIPM "Международная система единиц (SI) в формате цифровых FAIR-данных" (22-26 февраля 2021, онлайн) подтверждают актуальность затронутых вопросов

The reports considered at the **CIPM seminar "International System of Units (SI) in the format of digital FAIR data"** (22-26 February 2021, online) confirm the relevance of the raised issues



- The International System of Units (SI) in FAIR digital data;
- Digital Transformation (DT) с точки зрения региональных метрологических организаций AFRIMETS, COOMET, EURAMET, SIM;
- DT Impact Scenarios on QI;
- DT of legal metrology processes;
- DT for accreditation;
- Digitalization at ISO;
- Digitalization in metrology;
- Digital units-of-measurement services: communities, coverage and alignment;
- The EOSC Interoperability Framework: facilitating cross-domain discovery and reuse;
- GEMIMEG-II – Creating a digital quality infrastructure for industry 4.0;
- An Approach to Interoperability for Units of Measurement;
- Recent developments with QUDT - Quantities, Units, Dimensions and Types;
- Machine-actionable metadata and data on basis of SI, VIM & GUM;
- Digital Calibration Certificate (DCC);
- Reference Data for Trustworthy Machine Learning in Metrology.

Общие выводы семинара :

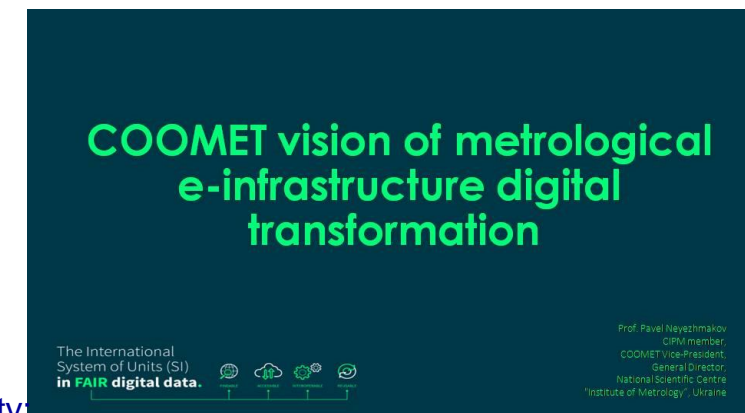
- существует хороший задел из цифровой SI, онтологий и словарей, например, UCUM, QUDT
- проведена дискуссия по машиночитаемым брошюре SI, словарю VIM и руководству GUM;
- получено представление о достижениях цифровых ресурсов, представляющих данные измерений;
- рассмотрены проекты NSCLI MII, CODATA и DRUM;
- совместимость (англ. interoperable) в **FAIR** и в метрологии отличаются. В метрологии имеем **FAIR+T=FA(I+T)R**, где T – прослеживаемость;
- SI охватывает небольшую часть всех единиц измерений;
- преобразование Международной системы единиц (SI) на полностью цифровое представление необходимо для содействия эффективным преобразованиям в промышленности, инфраструктуре качества и организации современных исследований и разработок во всем мире;
- такое цифровое представление должно опираться на надежные, однозначные и *машиночитаемые* цифровые представления единиц измерений.

КОOMET представил концепцию е-инфраструктуры НМИ, которая описывает некоторые аспекты концепции цифровой трансформации.

General conclusions of the seminar :

- there is already a good base of digital SI, ontologies and dictionaries such as UCUM, QUDT;
- there was held a discussion on machine-readable SI brochures, the VIM and the GUM;
- there was got an idea of the achievements of digital resources that represent measurement data;
- there were considered NSCLI MII, CODATA and DRUM projects;
- interoperable in **FAIR** and in metrology differ. In metrology we have **FAIR+T=FA(I+T)R**, where T - traceability;
- SI covers a small part of all units of measurements;
- the transformation of the International System of Units (SI) into a fully digital representation is necessary to promote effective transformation in industry, quality infrastructure and the organization of modern research and development around the world;
- such digital representation should be based on reliable, unambiguous and *machine-readable* digital representations of units of measurements.

At this seminar, COOMET presented the concept of e-infrastructure of NMI, which implements some aspects of the concept of digital transformation.



На своем заседании 19 мая **Целевая группа CIPM по цифровой SI** обсудила будущие задачи, в частности, для форума «Цифровизация и метрология», среди которых:

- консультирование CIPM по всем вопросам цифровизации и метрологии;
- координирование разработку **Соглашения о взаимном признании цифровых сертификатов калибровки**;
- обмен информацией и создание возможностей для сотрудничества;
- привнесение метрологической основы/мышления в области, на которые оказывают влияние услуги цифровой революции.



Группа готовит два проекта резолюций для CGPM-2022 по новым потребностям в метрологии (реагирование на междисциплинарные «горизонтальные» вызовы), а также по цифровой системе SI и новой (цифровой) миссии BIPM, ключевые моменты которой:

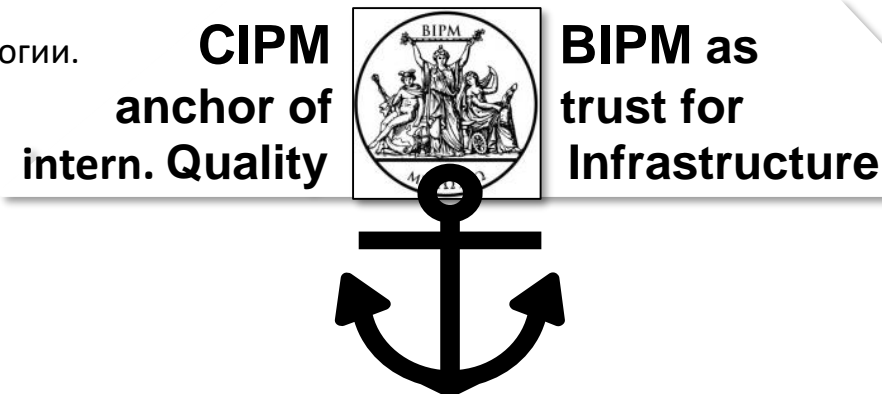
- работа над цифровизацией в метрологии;
- работа над внедрением FAIR+T - принципов и
- быть **якорем доверия** (авторитетным объектом) для цифровой трансформации метрологии.

At its meeting on May 19 the **CIPM Task Group on Digital SI** discussed potential objectives particularly for forum “Digitalization & Metrology”, among which:

- to advise the CIPM in all matters of Digitalization & Metrology;
- to coordinate the development on Mutual recognition of Digital Calibration Certificates;
- to act as a forum to exchange information and to create opportunities for collaboration;
- to bring metrological framework/thinking to areas that are impacted by the digital revolution services.

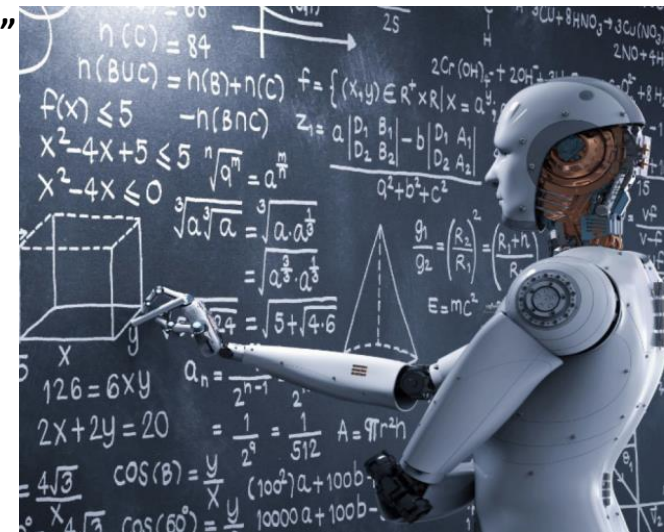
The Group is preparing two Draft Resolutions for CGPM 2022 on the evolving needs for metrology (a response to multi-disciplinary “horizontal” challenges), and on the digital SI framework and new (digital) mission for the BIPM, key points of which are:

- to work towards digitalization in metrology;
- to work towards implementing FAIR+T principles and
- be the **trust anchor** for the digital transformation in metrology.



Метрическая конвенция и Международная система единиц (**SI**) заложили основу качества в промышленности и глобальной торговле. Система **SI** вместе с **Соглашением CIPM MRA, KCDB**, а также **базой данных JCTLM** – “основа” современных принципов **FAIR-данных**. Сегодня существует острая потребность в **развитии международной метрологии будущего как основы качества во взаимосвязанном мире, основанном на данных измерений, в условиях цифровой трансформации.**

1. **Качественные данные** очень важны и должны отвечать стандартам, согласованным на международном уровне, ключевым элементом которых является **четкое представление единиц измерения.**
2. Для того чтобы все, кому нужны данные вместе с дополнительной информацией и знаниями, могли их применять, **нужны соглашения** между сообществами на международном уровне.
3. **Единицы измерения являются ключевой частью** таких **соглашений.** Большей части производства данных во всем мире не хватает четких и однозначных определений используемых единиц измерения.
4. Сегодня, когда мы обмениваемся огромными объемами данных за минимальное время, существует еще большая потребность в **четкости всех деталей**, включая **описание единиц измерения.**
5. Важно активизировать **процесс разработки международных стандартов** по представлению **единиц измерения в цифровом формате.**
6. Данные без хорошо понятных и **оцифрованных единиц** являются скорее препятствием, чем преимуществом.



The Metre Convention and the **International System of Units (SI)** have created the foundation for quality in industry and global trade. **The SI system** together with **the CIPM-MRA, KCDB, and the JCTLM database are the "mother" of modern FAIR data principles.** Today there is an urgent need to **develop the international metrology** of the future as **the basis of Quality in an interrelated world based on measurement data, in the context of digital transformation.**

1. **Qualitative** data are very important and should meet internationally agreed standards, a key element of which is a clear presentation of **the units of measurement.**
2. To ensure that all those who need data, together with related information and knowledge, may apply **the necessary agreements** between communities at the international level.
3. **Units of measurement are a key part** of such **agreements.** Most data production around the world lacks clear and unambiguous definitions of the units used.
4. Today, when we exchange huge amounts of data in a short time period, there is an even greater need **for clarity of all details**, including the **description of units of measurement.**
5. It is important to intensify **the process of developing international standards** for the representation of **units of measurement in digital format.**
6. Data without well-understood and **digital units** is a barrier rather than an advantage.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

THANK YOU FOR ATTENTION!

*Павел Неежмаков, член CIPM,
Вице-президент KOOMET*

*Pavel Neyezhnikov, CIPM Member,
Vice-President of COOMET*