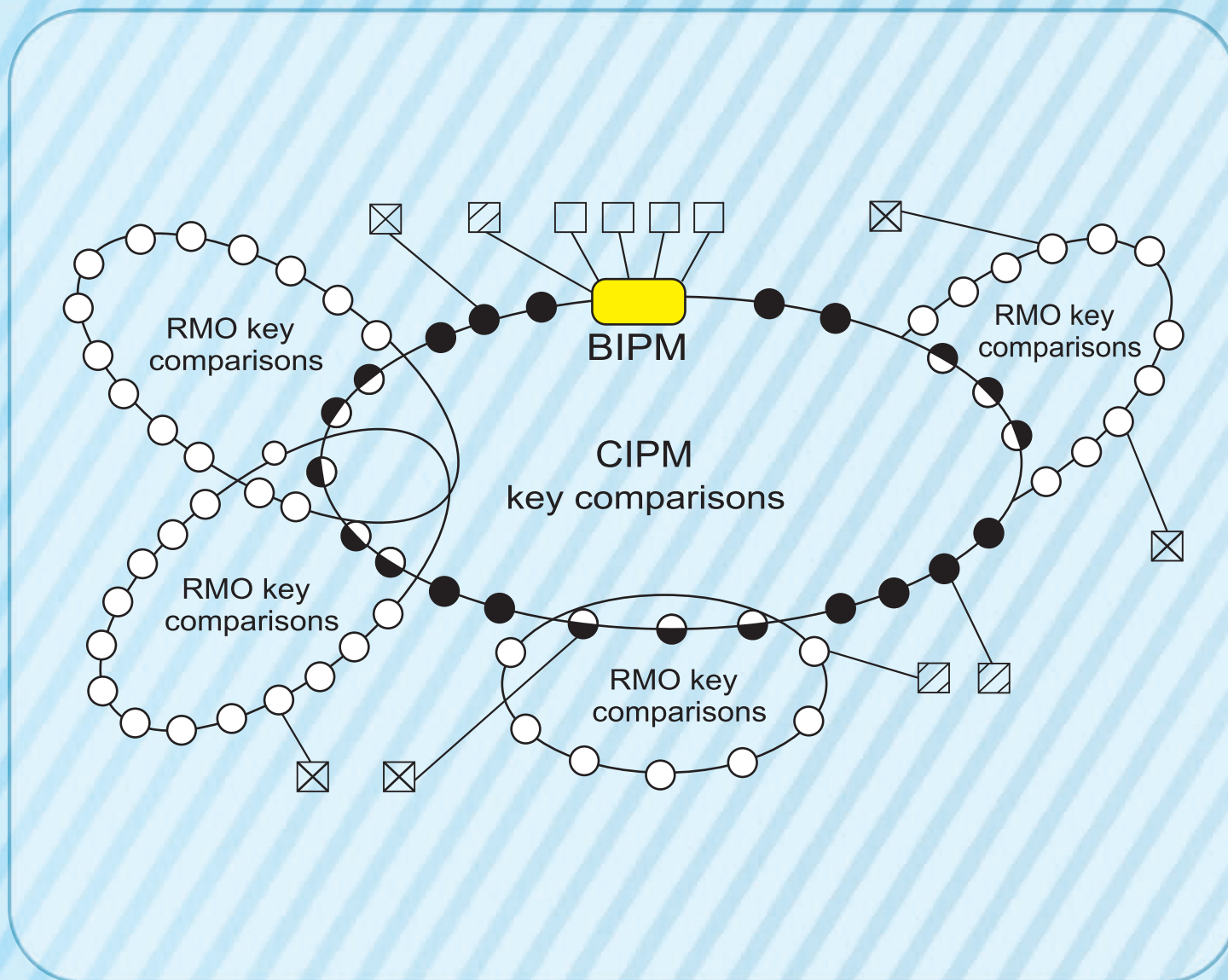


metrologie

Revista **Institutului Național de Metrologie**
și a **Biroului Român de Metrologie Legală**

The Journal of the **National Institute of Metrology**
and of the **Romanian Bureau of Legal Metrology**



1864 - 2014



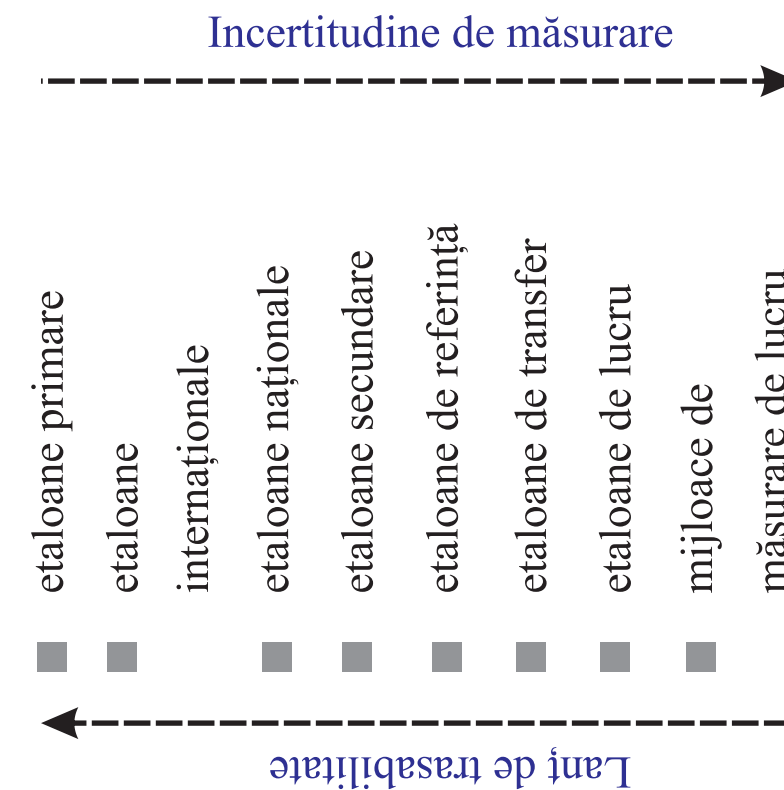
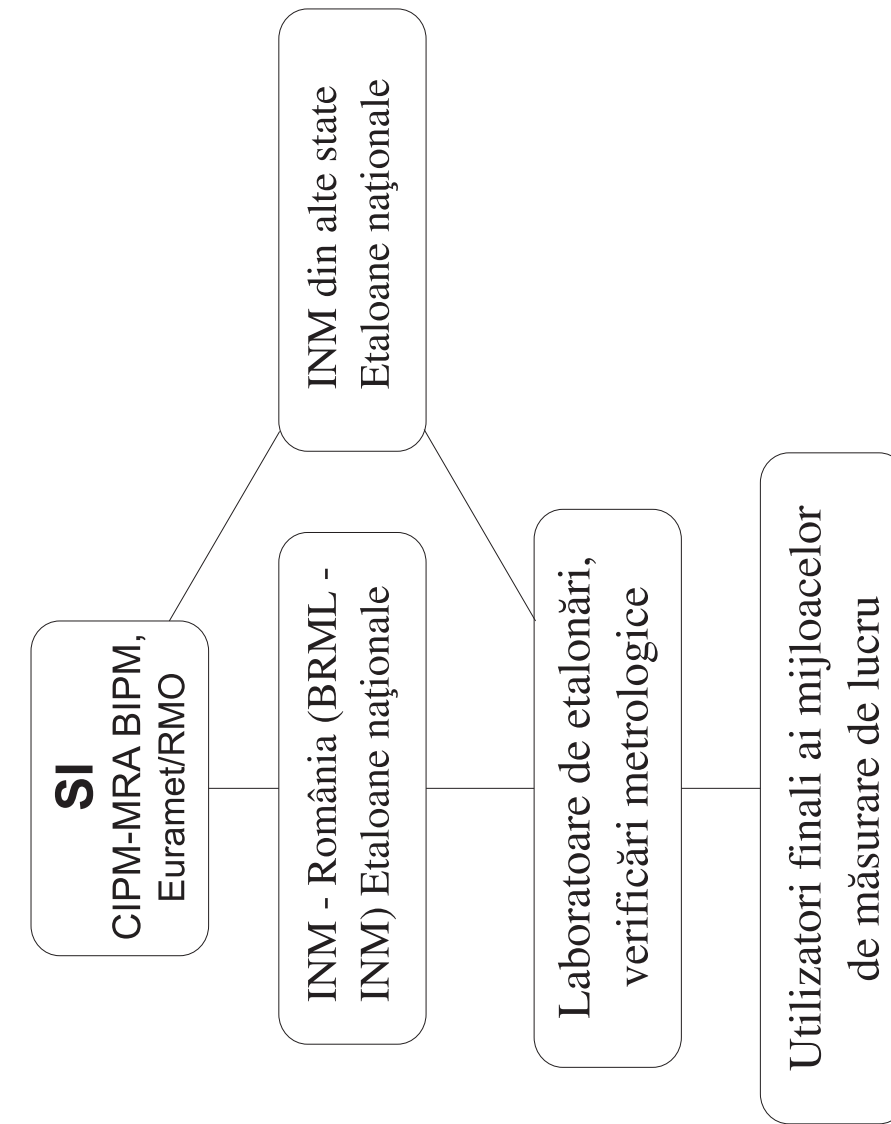


REPERE ISTORICE ALE METROLOGIEI DIN ROMÂNIA

- 1864 - Este promulgată Legea pentru adoptarea sistemului metric de măsuri și greutatea în România, de către domnitorul Alexandru Ioan Cuza
- 1883 - România aderă la Convenția Metrului
- 1889 - Se înființează Serviciul Central de Măsuri și Greutăți, primul organism național de metrologie din România
- 1951 - Se înființează Institutul Național de Metrologie
- 1954 - Apare primul număr al revistei Metrologie
- 1956 - România devine membru fondator al OIML
- 1961 - România adoptă Sistemul Internațional de Unități (SI)
- 1992 - Noua Lege a metrologiei
- 1992 - Se înființează Biroul Român de Metrologie Legală ca organism național de metrologie cu atribuții în toate cele trei domenii principale: metrologie legală, științifică și aplicată
- 1996 - România, prin Biroul Român de Metrologie Legală, devine membru asociat al WELMEC
- 1999 - România, prin Institutul Național de Metrologie, semnează Aranjamentul CIPM - MRA
- 2004 - Institutul Național de Metrologie devine membru EUROMET
- 2007 - România, prin Biroul Român de Metrologie Legală, devine membru WELMEC
- 2007 - Institutul Național de Metrologie devine membru fondator EURAMET e.V.

SHORT CHRONOLOGY OF METROLOGY IN ROMANIA

- 1864 - The Law for the adopting of the metric system of measures and weights is promulgated by voivode Alexandru Ioan Cuza
- 1883 - Romania signs the Metre Convention
- 1889 - The Central Service of Measures and Weights is founded as the first national metrology body in Romania
- 1951 - The National Institute of Metrology is founded
- 1954 - The first issue of the review Metrologie is published
- 1956 - Romania becomes a founding member of OIML
- 1961 - Romania adopts the International System of Units (SI)
- 1992 - New Law of metrology
- 1992 - The Romanian Bureau of Legal Metrology is founded as a national metrology body with competency in all the three main areas of metrology: legal, scientific and applied metrology
- 1996 - Romania, represented by the Romanian Bureau of Legal Metrology, becomes an associate member of WELMEC
- 1999 - The National Institute of Metrology signs on behalf of Romania the Mutual Recognition Arrangement (CIPM-MRA)
- 2004 - The National Institute of Metrology becomes a full member of EUROMET
- 2007 - Romania, represented by the Romanian Bureau of Legal Metrology, becomes a full member of WELMEC
- 2007 - The National Institute of Metrology becomes a founding member of EURAMET e.V.



Trasabilitatea la SI a rezultatelor măsurărilor în România

Vol LX / 2-3/2014
ISSN 1220 -546 X

metrologie

Revista INSTITUTULUI NAȚIONAL
DE METROLOGIE (INM) și a BIROULUI
ROMÂN DE METROLOGIE LEGALĂ (BRML)

The Journal of the NATIONAL INSTITUTE
OF METROLOGY (INM) and of the ROMANIAN
BUREAU OF LEGAL METROLOGY (BRML)

COLEGIUL DE REDACȚIE / EDITORIAL STAFF

- prof. univ. dr. ing. dr.h.c. **Fănel IACOBESCU**,
editor șef / editor in chief
- dr. **Dragoș BOICIUC**, redactor șef adjunct /
deputy editor in chief
- dr. **Mirella BUZOIANU**, redactor / editor
- prof. univ. dr. **Angela REPANOVICI**, secretar
general de redacție / secretary of the editorial
office

Adresa redacției / Editorial office:

INSTITUTUL NAȚIONAL DE METROLOGIE
a os. Vitan-Bârzești nr. 11, sect. 4, cod poștal
042122, București
Tel.: 4021-3345520,
e-mail: mirella.buzoianu@inm.ro

Îngrijire editorială: **Editura AGIR**

Dr. ing **Ioan GANEA**

Ing. **Dan BOGDAN**

Tel./Fax: 4021-3168992, e-mail: editura@agir.ro

În colaborare cu:

- Asociația Laboratoarelor din România, **ROLAB**
- Societatea Română de Măsurări, **SRM**

Publicație științifică cotate de către CNCSIS în
categoria B+ și înregistrată în baza de date EBSCO /
Scientific publication quoted by the CNCSIS with
B+ category and registered in the EBSCO database

©Toate drepturile asupra materialelor publicate în
revistă sunt rezervate INM-BRML

Punctele de vedere exprimate în articole aparțin
autorilor, redacția rezervându-și dreptul de a prezenta
și alte opinii

Cereri pentru procurarea de reviste și pentru abonamente
vor fi adresate Asociației Laboratoarelor din România -
ROLAB, a os. Vitan-Bârzești nr. 11, sect. 4, cod poștal 042122,
București, Tel.: 0755 041 848, e-mail: office_rolab@yahoo.com

CONSILIUL ȘTIINȚIFIC EDITORIAL/ EDITORIAL SCIENTIFIC BOARD

- Prof. dr. **Angelos AMDITIS**,
Universitatea Tehnică Națională din Atena
- Prof. dr. ing. **Ștefan ANTOHE**,
Universitatea București
- Prof. dr. **Mircea ATUDOREI**,
Universitatea Tehnică de Construcții
- Prof. dr. **Seton BENNETT**,
NPL-UK
- Prof. **Yves BOISSELIER**,
European Network for the Multi-Actors Cooperation,
MAC-Team aisbl
- Prof. dr. **Costin CEPIȘĂ**,
Universitatea Politehnică București
- Dr. ing. **Dumitru DINU**,
Biroul Român de Metrologie Legală
- Dr. ing. **Alexandru DUȚĂ**,
Institutul Național de Metrologie
- Prof. dr. **Cristian FLOREA**,
ESIEE, Paris-France
- Prof. univ. dr. **Mihail MANGRA**,
ROLAB
- Dr. ing. **Aurel MILLEA**
Societatea Română de Măsurări
- Dr. **Anca NICULESCU**,
Institutul Național de Metrologie
- Prof. dr. **Constantin OPREAN**,
Universitatea Lucian Blaga, Sibiu
- Acad. **Marius PECULEA**,
Academia Română
- Prof. dr. **Ion M. POPESCU**,
Universitatea Politehnică București
- Prof. dr. **Nicolae PUȘCAȘ**,
Universitatea Politehnică București
- Prof. dr. **Adrian RUSU**,
Universitatea Politehnică București
- Prof. dr. **Valeriu RUXANDRA**,
Universitatea București
- Dr. **Maria SAHAGIA**,
INCD „Horia Hulubei”
- Dr. ing. **Ion SANDU**,
Institutul Național de Metrologie
- Dr. **Mihai SIMIONESCU**,
Institutul Național de Metrologie
- Prof. dr. **Ion ȘTEFĂNESCU**,
ICSI Râmnicu Vâlcea
- Prof. dr. **Doru TALABĂ**,
Universitatea Transilvania Brașov
- Prof. dr. **Florin TĂNĂSESCU**,
Universitatea Valahia Târgoviște
- Prof. **Herbert ten THIJ**,
International Excellence Reserve - SECURIO
- Ing. **Ionel Marcus URDEA**,
Institutul Național de Metrologie
- Dr. ing. **Gabriel VLĂDUȚ**,
Asociația Română pentru Transfer Tehnologic și Inovare
- Prof. dr. **Andrew WALLARD**,
Bureau International de Poids et Mesures, Sèvres

METROLOGIE

Vol LX / 2-3 / 2014

CUPRINS

Editorial	3
I. SINTEZE	
Mirella Buzoianu , <i>Contribuția Institutului Național de Metrologie la Dezvoltarea și Recunoașterea Etaloanelor Naționale ale României</i>	5
Elena Dugheanu , <i>Evoluția definiției unității de măsură a lungimii "metru"</i>	15
Adriana Vâlcu , <i>Extinderea diseminării unității de masă sub 1 mg în România</i>	21
Carmen-Laura Țugulan, Florentina Dincă , <i>Metrologia Mărimilor Acustice și Cinematice la Institutul Național de Metrologie</i>	29
Mihai Simionescu, Amadeu Seucan, Victor Drăgan, Laura Conia, Tănțica Caloian , <i>Metrologia Mărimilor Optice la Institutul Național de Metrologie: Evoluție și Perspective</i>	34
Steluța Duță, Mirella Buzoianu, Ioan Cîrneanu, Gabriela State, George-Victor Ionescu, Gabriela Mareș, Nicușor Ioniță , <i>Aspecte privind dezvoltarea capacității tehnice a laboratorului de Mărimi Fizico-Chimice din Institutul Național de Metrologie</i>	39
Mihai Simionescu, Alexandru Duță, Ion Sandu, Liliana Cîrneanu, Ioan Cîrneanu, Florentina Dincă, Adriana Vâlcu, Violeta Ciociea, Eugenia Ciocârlan, Gabriela State , <i>Managementul Calității în INM: Evoluție și perspectivă</i>	57
INFORMAȚII-EVENIMENTE	
ZIUA MONDIALĂ A METROLOGIEI 2014 <i>Mesajele directorilor BIPM și BIML</i>	61
<i>Comunicat de presă</i>	65

CONTENTS

.....	Editorial
I. SYNTHESIS	
Mirella Buzoianu , <i>Contributions of the National Institute of Metrology to the Development and ..Recognition of the National Standard of Romania</i>	
Elena Dugheanu , <i>Evolution of the definition of the unit of length "meter"</i>	
Adriana Vâlcu , <i>Extension of dissemination of mass unit below 1 mg in Romania</i>	
Carmen-Laura Țugulan, Florentina Dincă , <i>Metrology of Acoustics and Kinematics from the National Institute of Metrology</i>	
Mihai Simionescu, Amadeu Seucan, Victor Drăgan, Laura Conia, Tănțica Caloian , <i>Optical Quantities Metrology at INM: Evolution and forecast</i>	
Steluța Duță, Mirella Buzoianu, Ioan Cîrneanu, Gabriela State, George-Victor Ionescu, Gabriela Mareș, Nicușor Ioniță , <i>Some aspects regarding the technical capabilities development of the Physico-Chemistry laboratory within the National Institute of Metrology</i>	
Mihai Simionescu, Alexandru Duță, Ion Sandu, Liliana Cîrneanu, Ioan Cîrneanu, Florentina Dincă, Adriana Vâlcu, Violeta Ciociea, Eugenia Ciocârlan, Gabriela State , <i>Quality Management at INM: Evolution and forecast</i>	
INFORMATION-EVENTS	
WORLD METROLOGY DAY 2014 <i>... Messages from the BIML and BIPM Directors</i>	
<i>Press Release</i>	

EVOLUȚIA DEFINIȚIEI UNITĂȚII DE MĂSURĂ A LUNGIMII ”metru”

EVOLUTION OF THE DEFINITION OF THE UNIT OF LENGTH “meter”

Elena DUGHEANU

INSTITUTUL NAȚIONAL DE METROLOGIE
NATIONAL INSTITUTE OF METROLOGY

Rezumat: *Articolul prezintă succint un istoric al punerii în practică a definiției unității de lungime, metrul, pornind de la realizarea etalonului de lungime în anul 1889, respectiv metrul prototip nr. 6 din platină – iridiu, caracterizat de o incertitudine relativă de măsurare de 10^{-3} , până la dezvoltarea, după anul 2000, a generatoarelor comb femtosecundă, având o incertitudine asociată de până la 10^{-18} .*

Cuvinte cheie: *punere în practică a definiției metrului, unități de măsură SI, CGPM*

Abstract: *The article is about the mise en pratique of the definition of the metre, starting the standard made in 1899: The prototype meter from platinum and iridium no. 6, having a measurement uncertainty of 10^{-3} to femtosecond generators developed after 2000 with a measurement uncertainty of 10^{-18} .*

Key words: *mise en pratique of the definition of the metre, units SI, CCPM.*

1 INTRODUCERE

În decursul dezvoltării omenirii, datorită necesității asidue pentru atingerea unor niveluri cât mai înalte de exactitate care să permită dezvoltarea tehnologiei, unitățile de măsură au fost într-o continuă evoluție. Pentru a putea asigura stabilitatea pe termen lung a unităților de măsură în funcție de constantele fizice fundamentale, a existat ca obiectiv permanent definirea unităților fundamentale ale Sistemului Internațional de Unități (SI), derivată din necesitatea uniformizării măsurărilor pentru a putea asigura echivalența tuturor rezultatelor măsurărilor utilizate în comerț, industrie, sănătate.

În domeniul lungimii, Sistemul Metric de unități de măsură a fost creat tocmai din dorința de a pune capăt haosului care domnea pretutindeni, deoarece, înainte de adoptarea acestui sistem, atât pe teritoriul României cât și al majorității țărilor europene, existau o mulțime de unități de măsură de lungime cu denumiri și valori foarte diverse, funcție de perioada istorică și de regiunea geografică.

Una dintre problemele fundamentale ale metrologiei științifice este definirea unităților de măsură și adoptarea de etaloane pentru materializarea acestora. Progresul, în acest sens, este marcat de tendința de a introduce noi definiții ale unităților de măsură, care să le confere universalitate, reproductibilitate și exactitate cât mai ridicate. Acestea pot fi obținute prin legarea

1 INTRODUCTION

During the development of humanity, due to a necessity to touch high levels of accuracy which permit the development of the technology, the measurement units were in a permanent evolution. To assure a long term stability of the measurement units that depend on the universal constants of the International System of Unit (SI) it was a permanent objective to define the fundamental units of SI due to the necessity to standardize measurements in order to assure the equivalent of all the same type of measurements used in the fields of trading, industry and health.

In length field, the Metric System of Units was created to put an end to the chaos which was everywhere, because, before the adoption of this system, both on the territory of Romanian and of the majority of European countries existed a lot of different length unit, with different values and different names depending on the historical period and geographical region.

One of the fundamental problem of scientific metrology is to define the measurement units and to adopt standards in order to materialize them. In this way, the progress is marked by the purpose to introduce new definitions of the measurement units which can confer universality, reproducibility and highest accuracy. All these can be obtained by associating the measurement units with simple natural

unităților de măsură de fenomene naturale cât mai simple, reproductibile în condiții bine determinate și foarte stabile, neinfluențate de factori de mediu.

Cercetările și studiile efectuate în decursul anilor pentru punerea în practică a definiției *metrului* și realizarea etalonului de lungime au arătat că, etalonul fundamental de lungime, care materializează unitatea de lungime, trebuie căutat în domeniul radiațiilor luminoase și nu într-un obiect material.

2. SCURT ISTORIC AL ADOPTĂRII ȘI PUNERII ÎN PRACTICĂ A DEFINIȚIEI UNITĂȚII DE MĂSURĂ A LUNGIMII

Mijloacele de măsurare în domeniul lungimii, alături de cele din domeniul masei și a timpului, au fost definite încă de la începutul existenței omenirii, deoarece erau necesare referințe stabile ale rezultatelor măsurărilor obținute în urma activităților societății umane. Odată cu dezvoltarea comerțului mai ales, s-au constatat diferențe mari între diferitele sisteme de măsurare care duceau la rezultate diferite pentru același tip de măsurări, ceea ce a derivat într-o problemă majoră. Era timpul să se încerce adoptarea unui sistem unitar și coerent de măsurări.

Istoric vorbind, primul pas pe această cale a fost făcut în timpul Revoluției Franceze. Se afirma că una dintre cauzele care au accelerat desfășurarea revoluției a fost nemulțumirea generată de lipsa unor etaloane unice pentru lungime și masă. Imediat după revoluție s-a luat hotărârea creării și adoptării unor etaloane pentru lungime și masă, realizate ulterior sub forma *metrului*, considerat egal cu a 10-a milionă parte a sfertului meridianului pământesc și a gramului, egal cu masa unui decimetru cub de apă la temperatura densității maxime, respectiv la 4 °C. În baza rezultatelor măsurărilor arcului de meridian dintre Dunkerque și Barcelona, efectuate de Delambre și Mechain, a fost realizat un etalon din platină al metrului cu repere. Pe baza rezultatelor măsurărilor efectuate de Lavoisier și colaboratorii săi asupra greutatei unui volum cunoscut de apă, a fost realizat un etalon din platină al kilogramului. Cele două etaloane din platină, al metrului și al kilogramului, au fost depuse, la 22 iunie 1799, la Arhivele Republicii Franceze, primind denumirea de Metru de la Arhive și, respectiv, Kilogramul de la Arhive. Astfel, s-a ajuns la realizarea unui prim sistem unitar și coerent de măsurări, de către un grup de oameni francezi, care, la sfârșitul secolului al XVIII-lea, a creat sistemul de unități MKS (metru, kilogram, secundă), precursorul actualului Sistem Internațional de Unități, SI. În anul 1790, Adunarea Constituantă a investit Academia franceză să stabilească unități

phenomena which are reproducible under stable and determined conditions, and are not affected by the environment.

The researches and studies which were done in time to mise en pratique *the meter* definition and to achieve the standard of length, showed that the fundamental standard of length must be achieved in the field of light radiation and not in a material object.

2 SHORT HISTORY OF THE ADOPTION AND MISE EN PRACTIQUE OF THE DEFINITION OF MEASURE LENGTH UNIT

In length field, the measurement means as in both mass and time fields were defined since the beginning of humanity because were necessary stable references of the results of all measurements obtained by human society. Especially with the development of trade, it was determined that there were great differences between different measure systems that led to different results for the same type of measurements, which derived into a major problem. It was about time to try to adopt a unitary and coherent system of measurements.

Historically, the first step in this matter was made during the French Revolution. It was stated that one of the causes that accelerated the deployment of the people was the general discontent due to the absence of unique standards for length and mass. After the revolution the government took the decision of making and adopting standards for length and mass. In length field it was adopted the *meter*, whose length was equal to a 10 million part of the quarter Meridian of Earth and a gram, equal to the mass of cubic decimetre water at the temperature of maximum density at 4°C. Based on the results of measurements of the arc of meridian between Dunkerque and Barcelona, conducted by Delambre and Mechain, a Platinum standard for meter was made. Based on the results of the measurements made by Lavoisier and his collaborators on the weight of a known volume of water it was achieved a Platinum standard of the kilogram. The two standards of Platinum, the meter and the kilogram, were filed on June 22, 1799, at the archives of the French Republic, receiving the name of Archives of Meter and respectively the kilogram from the Archives. Thus, it was the first time when the first coherent and uniform system of measurement was created by a French group of people. This system created at the end of the XVIIIth century was called MKS (meter, kilogram, second). In 1790 in France, the Constituent Assembly authorized the French Academy to establish uniform measurement

de măsură uniforme pe tot cuprinsul Franței și nouă ani mai târziu, au fost create primele etaloane pentru lungime și masă, respectiv metrul și kilogramul, care materializau unitățile de măsură ale sistemului metric.

În anul 1867 s-a creat un Comitet Internațional al Măsurilor, Greutăților și Monedelor cu misiunea de a promova adoptarea sistemului metric în lume. Comisia Internațională a Metrului, constituită la inițiativa Academiei de Științe din Paris a luat în discuție primele definiții ale unităților de măsură și a propus organizarea unui Birou Internațional de Măsuri și Greutăți care să aibă ca obiective realizarea, păstrarea, compararea etaloanelor naționale și internaționale. În anul 1875, guvernele a 17 state au semnat un tratat diplomatic internațional cunoscut sub denumirea de „Convenția metrului” și au creat la Sévres - Franța, Biroul Internațional de Măsuri și Greutăți (BIPM), subordonat Conferinței Naționale pentru Măsuri și Greutăți (CGPM).

Odată primul pas fiind făcut, s-a început implementarea definiției unităților de măsură în rândul. În decursul celor 23 de conferințe internaționale desfășurate pe parcursul a aproape 140 de ani, care au avut loc de la înființarea CGPM până în prezent, s-a reușit asigurarea perfecționării și răspândirii sistemului internațional de unități, ca sistem coerent și unitar.

În cadrul conferințelor CGPM referitoare la punerea în practică a definiției metrului, au fost adoptate următoarele definiții:

- în septembrie 1889, a avut loc prima CGPM care a adoptat prima rezoluție referitoare la stabilirea prototipului internațional din platină-iridiu pentru realizarea unității de lungime - *metrul* [*m*] și a dat prima definiție a *metrului*; „Metrul, unitatea fundamentală de lungime, este lungimea pe care o are la temperatura de 0 °C prototipul internațional de platină-iridiu”;

- în 1927, la cea de a 7-a CGPM s-a redefinit unitatea de lungime pornind tot de la prototipul din 1889, după cum urmează: „Unitatea de lungime este metrul, definită la temperatura de 0 °C, ca distanța dintre reperele mediane trasate pe rigla de platină-iridiu aflată la BIPM și declarată prototip al metrului de către prima CGPM. Această riglă este sprijinită în condiții de presiune atmosferică normală pe două role, cu un diametru mai mic de 10 mm. Rolele sunt situate simetric pe un plan orizontal față de extremitățile riglei și au o distanța de 571 mm între centrele lor”;

- în 1893 Michelson și Benoit, care își desfășurau activitatea la BIPM au utilizat un interferometru pentru măsurarea lungimii de undă a radiației roșii a cadmiului în raport cu metrul. Având

units along the territory of France and nine years later, the first standards for length and mass to respect to meter for length and kilogram for mass were created.

In 1867 it was created the International Committee of Measurements, Weights and Coins having the mission to promote metric system worldwide. The International Committee of the Meter, constituted at the initiative of the Science Academy of Paris debated the first definitions of the measurement units and proposed the organization of an International Bureau of Measures and Weights, having the aim to achieve, preserve, compare the national and international standards. In 1875, the governments of 17 states signed a diplomatic treaty, known as “The Meter convention” and created in Sévres – France, the Bureau International des Poids et Mesures (BIPM), submitted to the National Conference of Measures and Weights (CGPM).

These problems being resolved it began the implementation of the definition of the measurement units among all the signatory countries of the Meter Convention.

The signing of the Meter Convention in 1875 was a decisive advantage for global uniformity of measurements and in 1960 the CGPM adopted the current name of “International System of Units” and the abbreviation “SI”.

The definitions of SI units underwent a gradual change over time, following the previously stated idea, to bind them with stable and reproducible phenomena. Obviously, the microphysical phenomena are generally less affected by experimental conditions and the properties of matter at the atomic scale are the same at any point on the globe, at any time and in any circumstances.

During the 23 international conferences that took place on a period of 140 years, since the establishment of the CGPM until now, it was managed to ensure the improvement and the spread of the international system of units as a coherent and unified system.

In the frame of the CGPM conferences on the implementation of the definition of the meter, the following definitions were adopted:

- in September 1889, took place the first CGPM which had adopted its first resolution regarding the establishment of the international prototype of platinum-iridium in order to achieve the unit of length - *meter* [*m*] and gave the first definition of the *meter*; ”Meter, the fundamental unit of length is the platinum-iridium international prototype at 0°C length”;

- in 1927, at the 7th CGPM, was redefined the

la bază definiția metrului din 1927, ei au reușit să determine lungimea de undă a liniilor de emisie a izotopilor de kripton 86, cadmiu 114 și mercur 198. Aceasta permitea obținerea lungimilor de undă de la linii spectrale de emisie foarte apropiate, ale căror stabilitate și reproductibilitate erau superioare valorilor obținute la Metrul Prototip. Astfel, în 1960, CGPM a adoptat următoarea definiție a metrului: „Metrul este lungimea egală cu 1.650.763,73 lungimi de undă în vid, ale radiației portocalii a atomului de kripton 86, care corespunde tranziției atomului de kripton 86 între nivelurile $2p_{10}$ și $5d_5$. În aceste condiții, definiția metrului adoptată în 1889 a fost abrogată. Noul etalon realizat permitea măsurarea lungimii cu o exactitate mai bună de 10^{-8} . Această definiție, mai ermetică decât precedenta, aducea o micșorare cu două ordine de mărime a incertitudinii de reproducere a metrului, transferând etalonul primar din domeniul măsurilor realizate cu mijloace tehnologice, în domeniul constantelor naturale;

- primele măsurări simultane ale frecvenței și lungimii de undă a luminii au fost efectuate în 1972, conducând la obținerea unei valori mult mai exacte pentru viteza luminii, respectiv cu o incertitudine asociată egală cu $1,2 \text{ ms}^{-1}$. Această valoare a permis stabilirea unei legături între frecvențele și lungimile de undă ale altor lasere;

- la începutul anilor 1970, frecvențele laserelor puteau fi comparate cu o exactitate mai bună decât rezultatele exprimate în unități absolute, ceea ce implica obținerea unei definiții mult mai exacte pentru viteza luminii. Pentru a preveni discrepanțele între diferitele experimente, în 1975, Comitetul Consultativ al Definiției Metrului a recomandat la cea de a 15-a CGPM, valoarea de $299.792.458 \text{ ms}^{-1}$;

- cu toate acestea, abia în 1983, la cea de a 17-a CGPM s-a adoptat o nouă definiție a unității de lungime, respectiv: „Metrul este lungimea drumului parcurs de lumină, în vid, într-un interval de timp de $1/299.792.458$ dintr-o secundă”, care abrogă definiția metrului dată în 1960, bazată pe tranziția între nivelurile $2p_{10}$ - $5d_5$ a atomului de kripton 86;

- în anul 1992, la cea de a 81-a sesiune a CIPM, prin Recomandarea a 3-a s-a prevăzut revizuirea punerii în practică a definiției metrului adoptată în 1983, adoptându-se noi radiații etalon și s-au definit mai exact valorile frecvențelor și incertitudinile relative asociate ale radiațiilor laserelor aservite, care au fost recomandate ca noile etaloane de lungime;

- în anul 2007 la cea de a 23-a conferință a CGPM s-a adoptat Rezoluția I referitoare la revizuirea punerii în practică a definiției metrului, supunându-se atenției noua generație de etaloane de

unit of the length to the same prototype from 1889, as follows: “The unit of length is the metre, defined by the distance, at 0° , between the axes of the two central lines marked on the bar of platinum-iridium kept at the Bureau International des Poids et Mesures and declared Prototype of the metre by the 1st Conférence Générale des Poids et Mesures, this bar being subject to standard atmospheric pressure and supported on two cylinders of at least one centimetre diameter, symmetrically placed in the same horizontal plane at a distance of 571 mm from each other”;

- in 1893 Michelson and Benoit carrying on their activities at BIPM used an interferometer for measure the length of the wavelength of red radiation of cadmium in relation to the meter. Based on the definition of the meter from 1927, they had been able to determine the wavelength of the emission lines of the isotopes krypton 86, cadmium 114 and mercury 198. This made possible the obtaining wavelength from very close spectral lines, whose stability and reproducibility were higher than the values obtained from the Meter Prototype. Thus, in 1960, CGPM adopted the following definition of the meter: “ The metre is the length equal to 1.650.763,73 wavelengths in vacuum of the radiation corresponding to the transition between the levels $2p_{10}$ and $5d_5$ of the krypton 86 atom. Under these conditions, the definition adopted in 1889 has been abrogated. The new achieved standard allowed measuring the length with an accuracy better than 10^{-8} . This definition, tighter than the last, brought a decrease with two orders of magnitude of uncertainty for the reproduction of the meter, transferring the primary standard from the field of measures obtained with technological means, in the field of natural constants;

- the first simultaneous measurements of the frequency and the wavelength of the light have been carried out in 1972, leading to a much more accurate value for the speed of light, with an associated uncertainty equal to 1.2 ms^{-1} . This value permitted a link between frequencies and wavelengths of other lasers;

- at the beginning of 1970s, the lasers frequencies could be compared with an accuracy better than the results expressed in absolute units, which required the obtaining a definition more accurate for the speed of light. To prevent discrepancies between the various experiments, in 1975, the Advisory Committee of Definition of the Meter has recommended at the 15-th CGPM, the value of $299.792.458 \text{ ms}^{-1}$;

- however, in 1983, the 17-th CGPM has adopted a new definition of the unit of length, namely: “The metre is the length of the path travelled by light in vacuum during a time interval of $1/299\ 792\ 458$ of a second”, which abrogated the definition of the

frecvență optică și legarea metrului de unitatea de timp, *secunda*.

Punerea în practică a noii definiții a *metrului* adoptată în anul 1983, bazată pe constanta fizică fundamentală - viteza luminii în vid, nu produce schimbări esențiale în metrologia lungimilor, deoarece tehnologia de reproducere și transmitere a unității de lungime rămâne aceeași. Determinarea lungimii de undă (frecvenței) unui laser utilizat în măsurări curente se poate realiza prin compararea cu un laser de referință, a cărui frecvență este cunoscută cu exactitate înaltă, însă prin compararea lungimii de undă a celor două lasere, *metrul* nu mai este un etalon primar realizat conform definiției. Prin fixarea vitezei luminii, unitatea de lungime se realizează prin intermediul ceasului cu cesiu care reproduce secunda și care devine în subsidiar etalon primar.

În vederea creșterii nivelului de exactitate în transmiterea unității de lungime, laboratoarele europene dezvoltate din domeniile timp și mărimi dimensionale își canalizează atenția asupra elaborării unor studii privind noul sistem de punere în practică a definiției metrului. În acest sens, tot mai multe laboratoare de metrologie utilizează ca etaloane primare de lungime, în locul laserelor He-Ne stabilizate pe Iod, sistemul comb femtosecundă, care are la bază un generator de frecvențe, cu posibilitatea combinării frecvențelor ce pot genera o mulțime de frecvențe în tot spectrul optic.

Dezvoltări recente în metrologia frecvențelor optice, au determinat schimbări importante în lucrul cu frecvența laserelor și, ca o consecință, în punerea în practică a unității SI de lungime, *metrul*. Ținând cont de progresul obținut în generarea impulsurilor ultra scurte și a efectelor optice non liniare în structura fronturilor de undă, s-a extins mult gama generatoarelor femtosecundă. Astăzi, măsurările directe de fază coerentă a frecvențelor optice sunt posibile având ca referință etaloanele primare de frecvență, iar cel mai înalt nivel de exactitate s-a obținut prin legarea directă a acestora la unitatea SI de timp, *secunda*.

Metrologia frecvențelor optice de exactitate înaltă bazată pe fuziunea undelor laser continue cu laserele ultrarapide cu mod fix, a condus la controlul foarte exact al spectrelor de frecvență din vizibil și infraroșu apropiat produse de lasere cu mod fix. Un asemenea laser cu faza controlată prin mod fix constituie baza unui astfel de generator de frecvențe optice în domeniul femtosecunde care realizează

meter given in 1960, based on the transition between the levels $2p_{10}-5d_5$ of krypton 86;

- in 1992, at the 81st session of CIPM, through the 3rd Recommendation it was stipulated the mise en pratique of the definition of the meter from 1983, adopting new radiations standards and were defined more precisely the values of the frequencies and associated uncertainties of lasers, which have been recommended as the new standards for length;

- in 2007, at the 23rd Conference of CGPM was adopted the Resolution I regarding the revision of the mise en pratique of the definition of the meter using the concept of new standards of optical frequencies and the direct link of the meter with the unit of time, *the second*.

The mise en pratique of the new definition of *the meter* adopted in 1983 based on the fundamental constant, the speed of light in vacuum, does not bring essential changes in metrology of lights, because the reproducing and transmitting technology of the length unit remains the same. The determination of the wavelength (frequency) of a laser used in current measurements can be easily made by comparing it with a reference laser standard whose frequency is known with great accuracy, but, by comparing the wavelength of both lasers, the meter is no longer a primary standard performed as defined. By assigning the speed of light, the length unit is achieved via a cesium clock which reproduces the *second*, and becomes, in subsidiary, a primary standard.

In order to increasing the accuracy of the length unit, the European laboratories developed from the fields of Time and Dimensional quantities channel their attention on the development of studies regarding the new system of mise en pratique of the meter definition. In this respect, more and more metrological laboratories use as primary standards of length, instead of the stabilized He-Ne lasers on iodine, the optical standard of frequencies based on femtosecond generators which can generate frequencies in all optic spectrum.

Recent developments in optical frequency metrology, had led to major changes in working with frequency lasers and, as a consequence, in the implementation of the unit of length, *the meter*. Taking into account the progress made in the generating of ultra short pulses and the optical non-linear effects in the structure of the wave fronts, the range of femtosecond generators expanded. Today, the direct measurements of the coherence phase of optic frequencies are possible having as reference the primary standards of frequency, and the highest level of accuracy was obtained linking them to the SI unit of time, *the second*.

combinarea bine definită a frecvențelor cu liniile de frecvențe optice fine din domeniul femtosecundelor. Incertitudinea de măsurare a unui astfel de sistem, ajunge în valoare relativă la 10^{-16} .

3. CONCLUZII

În decursul celor aproape 140 de ani de la punerea în practică a primei definiții a metrului, a existat o preocupare continuă de asigurare a uniformității unităților de măsură, a corectitudinii și a exactității măsurărilor.

Deși pentru unitatea de lungime, *metru*, este încă în vigoare definiția dată în anul 1983 de a 17-a CGPM, definiție bazată pe constanta fizică fundamentală, respectiv viteza luminii în vid, se dorește redefinirea unității de lungime plecând de la unitatea de timp și dezvoltarea etaloanelor de frecvență optică. Prin legarea unității de măsură a lungimii la etalonul de timp, se preconizează o creștere a incertitudinii relative asociate de la 10^{-12} la 10^{-16} .

BIBLIOGRAFIE

1. Ispășoiu Gh., "Sistemul metric – un prim pas în unificarea mondială a unităților de măsură", *Metrologie* 3-4 (2001) pp 67-75
2. Comite Consultatif pour la Definition du Metre, 3-th sesion, 1962, pp 18-19 ; Proces-Verbaux CIPM, 52-th Session, 1963, pp 26-27
3. I.M.Popescu, "Încercările de redefinire a unităților fundamentale ale sistemului internațional de unități (SI) plecând de la constantele fizice fundamentale", *Metrologie*, vol.LIV, 2007, nr.1-4, pp 29-31
4. Fănel Iacobescu, Mirella Buzoianu, «Considerații privind evoluția metrologiei științifice în contextul rezoluțiilor adoptate de cea de a 23-a Conferință Generală pentru Măsuri și Greutăți», *Metrologie*, vol. LV/nr.1/2008, pp 7

Revizia științifică:

Alexandru DUȚĂ, doctor, cercetător științific gradul II, Șef al Laboratorului Mărimi Dimensionale și Acustice din INM, e-mail: alexandru.duta@inm.ro

Despre autor:

Elena DUGHEANU, doctor, cercetător științific gradul II, Șef al Colectivului Lungimi din INM, e-mail: dugheanu@inm.ro

Optical frequencies metrology of high accuracy, based on the fusion of continuous laser waves with ultra rapid lasers with fixed mode carries on a very strong control of closed infrared and visible spectra frequencies made by lasers with fixed mode. Such a laser having the phase controlled by fixed mode is the principal component of the generator of optical frequencies in femtosecond field which achieves the well-defined combining of frequencies with optical frequency fine lines in the field of femtoseconds. The relative measurement uncertainty of such a system is about 10^{-16} .

3. CONCLUSIONS

Over a period of nearly 140 years from the mise en pratique of the first definition of the meter, a continuous preoccupation to assure the uniformity, correctness and accuracy of the measurement units existed.

Although, for the unit of length, *the meter*, the definition given in 1983 at the 17-th CGPM is still in use, definition based on the universal physical constant, namely the speed of light in vacuum, it is intended to redefine the unit of length based on the unit of time and the development of the optical frequency standards. By the association of the measurement unit of length, to the standard of time is expected to obtain a decrease of the measurement uncertainty from 10^{-12} to 10^{-16} .

BIBLIOGRAPHY

1. Ispășoiu Gh., "Sistemul metric – un prim pas în unificarea mondială a unităților de măsură", *Metrologie* 3-4 (2001) pp 67-75
2. Comite Consultatif pour la Definition du Metre, 3-th sesion, 1962, pp 18-19 ; Proces-Verbaux CIPM, 52-th Session, 1963, pp 26-27
3. I.M.Popescu, "Încercările de redefinire a unităților fundamentale ale sistemului internațional de unități (SI) plecând de la constantele fizice fundamentale", *Metrologie*, vol.LIV, 2007, nr.1-4, pp 29-31
4. Fănel Iacobescu, Mirella Buzoianu, «Considerații privind evoluția metrologiei științifice în contextul rezoluțiilor adoptate de cea de a 23-a Conferință Generală pentru Măsuri și Greutăți», *Metrologie*, vol. LV/nr.1/2008, pp 7

Scientific revue:

Alexandru DUȚĂ, doctor, scientific researcher 2nd degree, Head of Dimensional and AUV Measurements Laboratory at NMI, e-mail: alexandru.duta@inm.ro

About the author:

Elena DUGHEANU, doctor, scientific researcher 2nd degree, Length group leader, e-mail: dugheanu@inm.ro