



ISBN 978 3 900734 21 3

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE
INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION
INTERNATIONALE BELEUCHTUNGSKOMMISSION

TECHNICAL REPORT

THE MEASUREMENT OF LUMINOUS FLUX

CIE 84-1989

Photocopy Edition 1996

UDC: 535.241.41
535.241.62
628.981
681.786.3

Descriptor: Luminous flux
Ulbricht sphere
Evaluation of light source
Goniometer

THE INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION

The International Commission on Illumination (CIE) is an organisation devoted to international co-operation and exchange of information among its member countries on all matters relating to the art and science of lighting. Its membership consists of the National Committees in about 40 countries.

The objectives of the CIE are:

1. To provide an international forum for the discussion of all matters relating to the science, technology and art in the fields of light and lighting and for the interchange of information in these fields between countries.
2. To develop basic standards and procedures of metrology in the fields of light and lighting.
3. To provide guidance in the application of principles and procedures in the development of international and national standards in the fields of light and lighting.
4. To prepare and publish standards, reports and other publications concerned with all matters relating to the science, technology and art in the fields of light and lighting.
5. To maintain liaison and technical interaction with other international organisations concerned with matters related to the science, technology, standardisation and art in the fields of light and lighting.

The work of the CIE is carried on by seven Divisions each with about 20 Technical Committees. This work covers subjects ranging from fundamental matters to all types of lighting applications. The standards and technical reports developed by these international Divisions of the CIE are accepted throughout the world.

A plenary session is held every four years at which the work of the Divisions and Technical Committees is reviewed, reported and plans are made for the future. The CIE is recognised as the authority on all aspects of light and lighting. As such it occupies an important position among international organisations.

LA COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE

La Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) est une organisation qui se donne pour but la coopération internationale et l'échange d'informations entre les Pays membres sur toutes les questions relatives à l'art et à la science de l'éclairage. Elle est composée de Comités Nationaux représentant environ 40 pays.

Les objectifs de la CIE sont:

1. De constituer un centre d'étude international pour toute matière relevant de la science, de la technologie et de l'art de la lumière et de l'éclairage et pour l'échange entre pays d'informations dans ces domaines.
2. D'élaborer des normes et des méthodes de base pour la métrologie dans les domaines de la lumière et de l'éclairage.
3. De donner des directives pour l'application des principes et des méthodes d'élaboration de normes internationales et nationales dans les domaines de la lumière et de l'éclairage.
4. De préparer et publier des normes, rapports et autres textes, concernant toutes matières relatives à la science, la technologie et l'art dans les domaines de la lumière et de l'éclairage.
5. De maintenir une liaison et une collaboration technique avec les autres organisations internationales concernées par des sujets relatifs à la science, la technologie, la normalisation et l'art dans les domaines de la lumière et de l'éclairage.

Les travaux de la CIE sont effectués par 7 Divisions, ayant chacune environ 20 Comités Techniques. Les sujets d'études s'étendent des questions fondamentales, à tous les types d'applications de l'éclairage. Les normes et les rapports techniques élaborés par ces Divisions Internationales de la CIE sont reconnus dans le monde entier.

Tous les quatre ans, une Session plénière passe en revue le travail des Divisions et des Comités Techniques, en fait rapport et établit les projets de travaux pour l'avenir. La CIE est reconnue comme la plus haute autorité en ce qui concerne tous les aspects de la lumière et de l'éclairage. Elle occupe comme telle une position importante parmi les organisations internationales.

DIE INTERNATIONALE BELEUCHTUNGSKOMMISSION

Die Internationale Beleuchtungskommission (CIE) ist eine Organisation, die sich der internationalen Zusammenarbeit und dem Austausch von Informationen zwischen ihren Mitgliedsländern bezüglich der Kunst und Wissenschaft der Lichttechnik widmet. Die Mitgliedschaft besteht aus den Nationalen Komitees in rund 40 Ländern.

Die Ziele der CIE sind:

1. Ein internationaler Mittelpunkt für Diskussionen aller Fragen auf dem Gebiet der Wissenschaft, Technik und Kunst der Lichttechnik und für den Informationsaustausch auf diesen Gebieten zwischen den einzelnen Ländern zu sein.
2. Grundnormen und Verfahren der Meßtechnik auf dem Gebiet der Lichttechnik zu entwickeln.
3. Richtlinien für die Anwendung von Prinzipien und Vorgängen in der Entwicklung internationaler und nationaler Normen auf dem Gebiet der Lichttechnik zu erstellen.
4. Normen, Berichte und andere Publikationen zu erstellen und zu veröffentlichen, die alle Fragen auf dem Gebiet der Wissenschaft, Technik und Kunst der Lichttechnik betreffen.
5. Liaison und technische Zusammenarbeit mit anderen internationalen Organisationen zu unterhalten, die mit Fragen der Wissenschaft, Technik, Normung und Kunst auf dem Gebiet der Lichttechnik zu tun haben.

Die Arbeit der CIE wird in 7 Divisionen, jede mit etwa 20 Technischen Komitees, geleistet. Diese Arbeit betrifft Gebiete mit grundlegendem Inhalt bis zu allen Arten der Lichtanwendung. Die Normen und Technischen Berichte, die von diesen international zusammengesetzten Divisionen ausgearbeitet werden, sind von der ganzen Welt anerkannt.

Tagungen werden alle vier Jahre abgehalten, in der die Arbeiten der Divisionen überprüft und berichtet und neue Pläne für die Zukunft ausgearbeitet werden. Die CIE wird als höchste Autorität für alle Aspekte des Lichtes und der Beleuchtung angesehen. Auf diese Weise unterhält sie eine bedeutende Stellung unter den internationalen Organisationen.

Published by the

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE
CIE Central Bureau
Kegelgasse 27, A-1030 Vienna, AUSTRIA
Tel: +43(01)714 31 87 0, Fax: +43(01)714 31 87 18
e-mail: ciecb@cie.co.at
WWW: <http://www.cie.co.at>



ISBN 978 3 900734 21 3

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE
INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION
INTERNATIONALE BELEUCHTUNGSKOMMISSION

TECHNICAL REPORT

THE MEASUREMENT OF LUMINOUS FLUX

CIE 84-1989

Photocopy Edition 1996

UDC: 535.241.41
535.241.62
628.981
681.786.3

Descriptor: Luminous flux
Ulbricht sphere
Evaluation of light source
Goniometer

This Technical Report has been prepared by CIE Technical Committee 2-02 of Division 2 'Physical Measurement of Light and Radiation' and has been approved by the Council of the Commission Internationale de l'Eclairage for study and application. The document reports on current knowledge and experience within the specific field of light and lighting described, and is intended to be used by the CIE membership and other interested parties. It should be noted, however, that the status of this document is advisory and not mandatory. The latest CIE Proceedings, CIE News, or publication listings should be consulted regarding possible subsequent amendments.

Ce rapport technique a été préparé par le Comité Technique CIE 2-02 de la Division 2 'Mesures physiques de la lumière et des radiations' et a été approuvé par le Conseil de la Commission Internationale de l'Eclairage, pour étude et application. Le document traite des connaissances courantes et de l'expérience dans le domaine spécifique indiqué de la lumière et de l'éclairage, et il est établi pour l'usage des membres de la CIE et autres groupements intéressés. Il faut cependant noter que ce document est indicatif et non obligatoire. Pour connaître d'éventuels amendements, consulter les plus récents comptes rendus, CIE News ou liste des publications de la CIE.

Dieser Technische Bericht ist vom CIE Technischen Komitee 2-02 der Division 2 'Physikalische Messung von Licht und Strahlung' ausgearbeitet und vom Rat der Commission Internationale de l'Eclairage gebilligt worden. Das Dokument berichtet über den derzeitigen Stand von Wissen und Erfahrung in dem behandelten Gebiet von Licht und Beleuchtung; es ist zur Verwendung durch CIE-Mitglieder und durch andere Interessierte bestimmt. Es sollte jedoch beachtet werden, daß das Dokument eine Empfehlung und keine Vorschrift ist. Die neuesten CIE-Tagungsberichte, das CIE-News oder die Publikationsliste sollten im Hinblick auf mögliche spätere Änderungen zu Rate gezogen werden.

Any mention of organisations or products does not imply endorsement by the CIE. Whilst every care has been taken in the compilation of any lists, up to the time of going to press, these may not be comprehensive.

Toute mention d'organisme ou de produit n'implique pas une préférence de la CIE. Malgré le soin apporté à la compilation de tous les documents jusqu'à la mise sous presse, ce travail ne saurait être exhaustif.

Die Erwähnung von Organisationen oder Erzeugnissen bedeutet keine Billigung durch die CIE. Obgleich große Sorgfalt bei der Erstellung von Verzeichnissen bis zum Zeitpunkt der Drucklegung angewendet wurde, ist es möglich, daß diese nicht vollständig sind.

The following members of TC 2-02 'Measurement of luminous flux' of CIE Division 2 took part in the preparation of the technical report:

Chairman of the
Committee: J. Krochmann Fed.Republ.of Germany

Members:

H. Reiter	Austria
F. Rotter	Austria
M. Vandermeersch	Belgium
O. Nielsen	Denmark
D. Förste	Fed.Republ.of Germany
J. Bastie	France
G. Dézsi	Hungary
J. Schanda	Hungary
C. Gentile	Italy
J. de Groot	Netherlands
S. de Veer	Netherlands
F. Hengstberger	South Africa
J. Moore	U.K.

Editorial Committee:

F. Hengstberger
J. Krochmann
F. Rotter
S. de Veer

Final Editing: F. Billmeyer

TABLE OF CONTENTS

1	Scope	1
2	Terminology	1
2.1	Photometric quantities	1
2.1.1	Luminous flux	1
2.1.2	Luminous intensity	1
2.1.3	Illuminance	2
2.1.4	Luminance	2
2.2	Terms for measuring instruments	2
2.2.1	Photometer	2
2.2.2	Integrating	3
2.2.3	Integrating sphere; Ulbricht sphere	3
2.2.4	Box photometer	3
2.2.5	Photometer head	3
2.2.6	Acceptance area	3
2.2.7	Goniophotometer	3
3	Methods of measurement	4
4	Calculation of luminous flux from luminous intensity distribution	6
4.1	Measurement principle	6
4.2	Measurement of luminous intensity distribution	6
4.3	Method of calculation	6
4.4	Sources of error	7
5	Calculation of the luminous flux from the illuminance distribution	7
5.1	Measurement principle	7
5.2	Types of goniophotometers	8
5.2.1	Goniphotometer with light source in a fixed position	8
5.2.2	Goniphotometer with the light source rotated about a spatially fixed light centre	12

5.2.3	Goniophotometer with the light source rotated about a vertical axis with a moving light centre	12
5.3	Measurement of illuminance distribution	13
5.3.1	Movement of the photometer head	13
5.3.2	Angular step sizes	14
5.3.3	Speed of rotation	14
5.4	Angle encoding	15
5.5	Illuminance meter	15
5.6	Data acquisition and calculation of luminous flux	15
5.7	Stray light	17
5.8	Missed luminous flux	17
5.9	Summary of error sources	18
5.10	Characterization checklist	18
5.11	Calibrating and testing	19
5.11.1	Calibration	
5.11.2	Testing	19
5.11.2.1	Luminous flux standard lamp	20
5.11.2.2	Luminous intensity standard lamp	20
5.11.2.3	Calibrated illuminance meter	20
5.11.3	Intercomparison	21
6	Measurement with an integrating sphere	21
6.1	Measuring principle	21
6.2	Sphere theory	21
6.3	Spectral method	23
6.4	Box-photometer	24
6.5	Integrating sphere	24
6.5.1	Sphere diameter	24
6.5.2	Sphere paint	25
6.5.3	Arrangement of light source and screen	26
6.5.4	Influences of objects in the sphere and auxiliary lamp	28
6.6	Illuminance meter	29

6.7	Data acquisition	29
6.8	Luminous flux standard lamps	30
6.9	Execution of measurements	31
6.10	Testing and correction	32
6.10.1	Correction for the influence of the sphere paint	32
6.10.2	Corrections for incandescent lamp measurements	32
6.10.3	Corrections for measuring fluorescent lamps	33
6.10.4	Test for stability with time	34
6.11	Sources of error	34
6.12	Characterization of sphere photometers	35
7	Determination of luminous flux via illuminance, luminous intensity or luminance	35
7.1	Measurement principle	35
7.2	Measurement and calibration	36
7.3	Characterization	37
8	General measurement conditions	37
8.1	Operating conditions	37
8.2	Ageing	38
8.3	Burning position	38
8.4	Ambient temperature	38
8.5	Vibration and shock	39
8.6	Stabilization period	39
8.7	Electrical measurements	39
8.7.1	Measurement uncertainty	39
8.7.2	Power supply and operating mode	40
8.7.3	Wiring	40
8.7.4	Execution of the electrical measurements	41
8.7.5	Measuring circuit	41
8.8	Ballasts	41
8.9	Supply voltage	41
9	References	43
	Appendix	46

MEASUREMENT OF LUMINOUS FLUX

SUMMARY

This Technical Report defines the terminology required for luminous flux measurements. It then deals with the principles of luminous flux measurements and describes methods for the evaluation of the illuminance distribution, the measurement of luminous flux by means of an integrating sphere photometer and the determination of luminous flux via luminance, luminous intensity and illuminance measurements.

The report is based on and replaces CIE Publication No. 25, 1973 'Procedures for the measurement of luminous flux of discharge lamps and for their calibration as working standards' [1] and on the conclusions of the 'CIE-symposium on light and radiation measurement 81' [2]. The terminology follows that in the 'International Lighting Vocabulary' [3].

MESURES DE FLUX LUMINEUX

RESUME

Ce rapport technique contient d'abord la terminologie nécessaire pour les mesures de flux lumineux. Ensuite il traite des principes de mesure du flux lumineux et donne des détails sur l'évaluation de la distribution d'éclairement lumineux, la mesure du flux lumineux au moyen d'une sphère d'intégration photométrique, et la détermination du flux lumineux par l'intermédiaire de mesure de luminance, d'intensité lumineuse et d'éclairement.

Ce rapport remplace la publication CIE No. 25, 1973 'Procedures for the measurement of luminous flux of discharge lamps and for their calibration as working standards' [1] dont elle est issue et sur les conclusions du 'CIE-Symposium on Light and Radiation Measurement 81' [2]. La terminologie est empruntée au vocabulaire international de l'éclairage [3].

LICHTSTROM-MESSUNGEN

ZUSAMMENFASSUNG

Dieser Technische Bericht enthält zunächst die für Lichtstrommessungen wichtigen Begriffsbestimmungen. Danach werden die Prinzipien der Lichtstrommessung und Einzelheiten über die Auswertung der Lichtstärkeverteilung, die Auswertung der Beleuchtungsstärkeverteilung, die Lichtstrombestimmung über Leuchtdichte-, Lichtstärke- oder Beleuchtungsstärkemessungen behandelt. Die allgemeinen Meßbedingungen werden genannt.

Dieser Bericht ersetzt und stützt sich vor allem auf die Publikation CIE No. 25, 1973 'Procedures for the Measurement of Luminous Flux of Discharge Lamps and for their Calibration as Working Standards' [1] und auf die Ergebnisse des 'CIE-Symposium on light and radiation measurement 81' [2]. Bei den Begriffsbestimmungen sind die Angaben des Internationalen Wörterbuchs der Lichttechnik [3] weitgehend zugrunde gelegt.

1 Scope

The purpose of this report is to review the main methods in use for luminous flux measurements. One of these methods is used primarily by national standards laboratories (calculation from illuminance or luminance distribution), one is widely used in industry (measurement with an integrating sphere), while yet another form of measurement can be carried out in the limited number of industrial laboratories with access to a goniophotometer for measuring luminous intensity distributions. While each of the user groups will be primarily interested in the method in use in its field, it is necessary for a reference work on luminous flux measurements to cover all the main methods used for this purpose and to put them in perspective relative to each other.

2 Terminology <3>

2.1. Photometric quantities <3>

2.1.1 Luminous flux (Φ_v ; Φ)

Quantity derived from radiant flux Φ_e by evaluating the radiation according to its action upon the CIE standard photometric observer. For photopic vision

$$\Phi_v = K_m \int_0^{\infty} \frac{d\Phi_e(\lambda)}{d\lambda} \cdot V(\lambda) d\lambda, \quad (1)$$

where $d\Phi_e(\lambda)/d\lambda$ is the spectral distribution of the radiant flux and $V(\lambda)$ the spectral luminous efficiency.

Unit: lm

2.1.2 Luminous intensity (of a source, in a given direction) (I_v ; I)

Quotient of the luminous flux $d\Phi_v$ leaving the source and propagated in the element of solid angle $d\Omega$ containing the given direction, by the element of solid angle.

$$I = \frac{d\Phi_v}{d\Omega} . \quad (2)$$

Unit: cd = lm·sr⁻¹