



International Commission on Illumination  
Commission Internationale de l'Eclairage  
Internationale Beleuchtungskommission

ISBN 978-3-902842-24-4

DOI: 10.25039/TR.018.2019

# TECHNICAL REPORT

## The Basis of Physical Photometry, 3<sup>rd</sup> Edition

**CIE 018:2019**

UDC: 535.24  
535.247  
621.3.081

Descriptor: Photometry  
Objective photometry  
Units. Constants

## THE INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION

The International Commission on Illumination (CIE) is an organization 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 organizations concerned with matters related to the science, technology, standardization and art in the fields of light and lighting.

The work of the CIE is carried out by Technical Committees, organized in six Divisions. 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 reported and reviewed, and plans are made for the future. The CIE is recognized as the authority on all aspects of light and lighting. As such it occupies an important position among international organizations.

## 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 Comités Techniques, organisés en six Divisions. 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 internationales Forum 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 durch Technische Komitees geleistet, die in sechs Divisionen organisiert sind. Diese Arbeit betrifft Gebiete mit grundlegendem Inhalt bis zu allen Arten der Lichtenwendung. Die Normen und Technischen Berichte, die von diesen international zusammengesetzten Divisionen ausgearbeitet werden, sind auf der ganzen Welt anerkannt.

Alle vier Jahre findet eine Session statt, in der die Arbeiten der Divisionen berichtet und überprüft werden, sowie 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  
Babenbergerstrasse 9, A-1010 Vienna, AUSTRIA  
Tel: +43(1)714 31 87  
e-mail: ciecb@cie.co.at  
www.cie.co.at



International Commission on Illumination  
Commission Internationale de l'Eclairage  
Internationale Beleuchtungskommission

ISBN 978-3-902842-24-4

DOI: 10.25039/TR.018.2019

# TECHNICAL REPORT

## The Basis of Physical Photometry, 3<sup>rd</sup> Edition

**CIE 018:2019**

UDC: 535.24  
535.247  
621.3.081

Descriptor: Photometry  
Objective photometry  
Units. Constants

This Technical Report has been prepared by CIE Joint Technical Committee JTC 2 (CIE-CCPR) of CIE Division 2 "Physical Measurement of Light and Radiation" in cooperation with the Consultative Committee for Photometry and Radiometry (CCPR) and has been approved by the Board of Administration and by Division 2 of the Commission Internationale de l'Eclairage. A harmonized document, Rapport BIPM-2019/05, Principles Governing Photometry, 2nd Edition, containing identical technical contents, has also been published by BIPM (Bureau International des Poids et Mesures). The document reports on current knowledge and experience within the specific field of light and lighting described, and is intended to be used by all with an interest in excellence in light and lighting. The information provided here is advisory, and not mandatory.

Ce rapport technique a été élaboré par le Comité Technique mixte JTC 2 (CIE-CCPR) de la CIE Division 2 "Mesures Physiques de la Lumière et des Radiations" conjointement avec le CCPR et a été approuvé par le Bureau et Division 2 de la Commission Internationale de l'Eclairage. Un document harmonisé, Rapport BIPM-2019/05, Principles Governing Photometry, 2nd Edition, avec content technique identique, a été publié par BIPM (Bureau International des Poids et Mesures). Le document expose les connaissances et l'expérience actuelles dans le domaine particulier de la lumière et de l'éclairage décrit ici. Il est destiné à être utilisé par tous ceux qui s'intéressent à l'excellence de la lumière et de l'éclairage. Les informations fournies ici sont données à titre indicatif et non obligatoire.

Dieser Technisch Bericht ist vom gemeinschaftlichen Technischen Komitee JTC 2 (CIE-CCPR) der CIE Division 2 "Physikalische Messungen von Licht und Strahlung" in Zusammenarbeit mit dem CCPR ausgearbeitet und vom Vorstand sowie Division 2 der Commission Internationale de l'Eclairage gebilligt worden. Ein harmonisiertes Dokument, Rapport BIPM-2019/05, Principles Governing Photometry, 2nd Edition, mit identischem technischen Inhalt, ist auch vom BIPM (Bureau International des Poids et Mesures) veröffentlicht worden. Das Dokument berichtet über den derzeitigen Stand des Wissens und Erfahrung in dem behandelten Gebiet von Licht und Beleuchtung. Es ist zur Verwendung durch alle an Licht- und Beleuchtungsqualität Interessierte bestimmt. Die in diesem Dokument gegebenen Informationen sind eine Empfehlung und keine Vorschrift.

Any mention of organizations 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, besteht die Möglichkeit, dass diese nicht vollständig sind.

The following members of JTC 2 (CIE-CCPR) “Principles Governing Photometry” took part in the preparation of this Technical Report. The committee comes under Division 2 “Physical Measurement of Light and Radiation”.

Authors:

**Ohno, Y. (Chair)**

Goodman, T. (Co-Chair CIE)

Blattner, P.

Shitomi, H.

Sperling, A.

Schanda, J. †

Zwinkels, J.

**USA**

United Kingdom

Switzerland

Japan

Germany

Hungary

Canada

## CONTENTS

Summary .....	v
Résumé .....	v
Zusammenfassung .....	v
1 Introduction .....	1
2 Photometric quantities .....	1
2.1 luminous flux .....	2
2.2 luminous intensity .....	2
2.3 luminance .....	3
2.4 illuminance .....	4
3 Photometric units .....	4
4 Spectral luminous efficiency functions .....	5
4.1 Photopic vision .....	5
4.2 Scotopic vision .....	6
4.3 Mesopic vision .....	6
4.4 10° photopic vision .....	6
4.5 Use of these spectral luminous efficiency functions .....	7
5 Photometric quantity names and symbols .....	7
5.1 Photometric quantities for photopic vision .....	7
5.2 Photometric quantities for scotopic vision .....	7
5.3 Photometric quantities for mesopic vision .....	8
5.4 Photometric quantities for 10° photopic vision .....	8
5.5 Photometric quantities for other observers .....	8
6 Basic equations relating photometric quantities to radiometric quantities .....	8
6.1 General equation .....	8
6.2 (Photopic) luminous flux .....	9
6.3 Scotopic luminous flux .....	9
6.4 Mesopic luminous flux .....	10
7 Relating photochemical and photobiological quantities to photometric quantities .....	12
8 Colorimetric quantities .....	12
8.1 CIE 1931 colour-matching functions .....	12
8.2 Tristimulus values and chromaticity coordinates .....	12
9 General notes .....	13
10 Tables .....	15
References .....	41

## THE BASIS OF PHYSICAL PHOTOMETRY, 3<sup>RD</sup> EDITION

### Summary

This publication supersedes CIE 18.2-1983. It presents the basic conventions and principles of physical photometry, with the definitions of the photometric units as reformulated in the International System of Units (SI) 2019 and the photometric quantities and spectral luminous efficiency functions for photopic, mesopic and scotopic vision, including 10° photopic vision. The relationships between the photometric quantities and the radiometric quantities based on the constant  $K_{cd}$  are described, as well as the relationships between photochemical and photobiological quantities and photometric quantities. The conventions of colorimetry are presented, with the definitions of the colour-matching functions for the 2° and 10° field of view, tristimulus values, and chromaticity coordinates.

## LES BASES DE LA PHOTOMÉTRIE PHYSIQUE, 3ÈME EDITION

### Résumé

Ce rapport remplace la publication CIE 18.2-1983. Il présente les conventions de base et les principes de la photométrie physique en tenant compte des unités photométriques définies dans le Système International des Unités (SI) 2019, des grandeurs photométriques et des fonctions d'efficacité lumineuse spectrale pour la vision photopique, mésopique et scotopique, y compris l'observateur photopique 10°. Le rapport décrit la relation entre les unités photométriques et radiométriques basée sur la constante  $K_{cd}$ . De plus, la relation entre les grandeurs photochimiques et photobiologiques et les grandeurs photométriques est décrite. Les conventions de la colorimétrie avec la définition des fonctions colorimétriques 2° et 10°, les composantes trichromatiques et les coordonnées trichromatiques sont présentées.

## DIE BASIS DER PHYSIKALISCHEN PHOTOMETRIE, 3. EDITION

### Zusammenfassung

Dieser Technische Bericht ersetzt die CIE Publikation 18.2-1983. Er enthält die grundlegenden Festlegungen und Prinzipien der physikalischen Photometrie. Er beinhaltet die photometrischen Einheiten gemäss dem Internationalen Einheitensystem (SI) 2019, sowie die photometrischen Messgrössen und die spektralen Hellempfindlichkeitsgrade für den photopischen, mesopischen, skoptischen Beobachter, inklusive dem 10° photopischen Beobachter. Die Beziehungen zwischen den photometrischen und radiometrischen Größen, basierend auf der Konstante  $K_{cd}$ , werden beschrieben, wie auch der Zusammenhang zwischen photochemischen und photobiologischen Messgrössen und photometrischen Messgrössen. Die Konventionen für die Farbmessung, mit Definitionen der Spektralwertfunktionen für den 2°- und 10°-Beobachter, der Farbwerte, und der Farbwertanteile werden vorgestellt.