

INTERNATIONAL  
STANDARD

**ISO**  
**9334**

NORME  
INTERNATIONALE  
МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
СТАНДАРТ

First edition  
Première édition  
Первое издание  
1995-11-01

---

---

**Optics and optical instruments — Optical transfer function — Definitions and mathematical relationships**

iTeh STANDARD PREVIEW

**Optique et instruments d'optique —  
Fonction de transfert optique — Définitions  
et relations mathématiques**

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/56c8a581-7df9-454a-99f8-b60e5ae54418/iso-9334-1995>

**Оптика и оптические приборы —  
Оптическая передаточная функция —  
Определения и математические  
соотношения**



Reference number  
Numéro de référence  
Номер ссылки  
ISO 9334:1995(E/F/R)

## Foreword

ISO (the International Organization for Standardization) is a worldwide federation of national standards bodies (ISO member bodies). The work of preparing International Standards is normally carried out through ISO technical committees. Each member body interested in a subject for which a technical committee has been established has the right to be represented on that committee. International organizations, governmental and non-governmental, in liaison with ISO, also take part in the work. ISO collaborates closely with the International Electrotechnical Commission (IEC) on all matters of electrotechnical standardization.

Draft International Standards adopted by the technical committees are circulated to the member bodies for voting. Publication as an International Standard requires approval by at least 75 % of the member bodies casting a vote.

International Standard ISO 9334 was prepared by Technical Committee ISO/TC 172, *Optics and optical instruments*, Subcommittee SC 1, *Fundamental standards*.

ISO 9334:1995

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/56c8a581-7df9-454a-99f8-b60e5ae54418/iso-9334-1995>

© ISO 1995

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher. / Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

International Organization for Standardization  
Case postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Switzerland

Printed in Switzerland/Imprimé en Suisse

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

Le Norme internationale ISO 9334 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 172, *Optique et instruments d'optique*, sous-comité SC 1, *Normes fondamentales*.

ISO 9334:1995

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/56c8a581-7df9-454a-99f8-b60e5ae54418/iso-9334-1995>

## Предисловие

ИСО (Международная Организация по Стандартизации) является всемирной федерацией национальных организаций по стандартизации (комитетов-членов ИСО). Разработка Международных Стандартов осуществляется техническими комитетами ИСО. Каждый комитет-член, заинтересованный в деятельности, для которой был создан технический комитет, имеет право быть представленным в этом комитете. Международные правительственные и неправительственные организации, имеющие связи с ИСО, также принимают участие в работах. Что касается стандартизации в области электротехники, ИСО работает в тесном сотрудничестве с Международной Электротехнической Комиссией (МЭК).

Проекты Международных Стандартов, принятые техническими комитетами, рассылаются комитетам-членам на голосование. Их опубликование в качестве Международных Стандартов требует одобрения по меньшей мере 75 % комитетов-членов, принимающих участие в голосовании.

Международный Стандарт ИСО 9334 был разработан Техническим Комитетом ИСО/ТК 172, *Оптика и оптические инструменты*, подкомитет ПК 1, *Основополагающие стандарты*.

[ISO 9334:1995](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/56c8a581-7df9-454a-99f8-b60e5ae54418/iso-9334-1995)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/56c8a581-7df9-454a-99f8-b60e5ae54418/iso-9334-1995>

## Introduction

The optical transfer function (OTF) is an important aid to objective evaluation of the image-forming capability of optical, electrooptical and other imaging systems.

To allow comparison of optical transfer function measurements achieved using different measuring principles and instruments, or obtained from measuring instruments in different laboratories, it is necessary to ensure equivalence of measurement parameters such as focus setting and spatial frequency range. For this reason, an agreed terminology must be defined so that the measurement parameters called upon in a standard may be understood by all users. Definitions of the terms used in optical transfer function measurement are listed in this International Standard.

The specifications in this International Standard form the basic requirements of measurement instrumentation and procedures for guaranteeing a defined accuracy of measurement of the optical transfer function.

The optical transfer function provides a means of expressing the image-forming quality of imaging systems objectively. Subjective measures of optical performance, such as limiting resolution, give less information about the imaging performance of the system under test and are susceptible to the variability of human observers.

It is important to note that the optical transfer function is only one of a number of objective parameters, such as noise, veiling glare, image structure (sampling) etc., which may affect image quality and all such parameters should be included in a comprehensive description of the performance of an imaging system.

The optical transfer function concept originated in the field of optical systems, comprising lenses and mirrors, which closely satisfy the conditions of (radiometric) linearity and isoplanatism in their image-forming process. It allowed optical and systems designers to predict, with high reliability, the performance of optical systems of this type from the basic design data.

When the requirements for isoplanatism and linearity are exactly satisfied, the optical transfer function can be regarded as expressing the way in which each sinusoidal spatial frequency component in the Fourier spectrum of an incoherently radiating object is transferred to the image as a sinusoidal pattern with reduced modulation and (frequently) a shift of phase.

However, for some imaging devices the linearity and isoplanatism conditions are met only within certain limits. In order to adopt the optical transfer function approach, even under these conditions, two key concepts will be introduced. First, it will be assumed that it is possible to identify a certain range over which a system behaves in a linear manner.

Second, there will be an area of the object/image field over which the system is isoplanatic such that the measured optical transfer function can be assumed to be accurate within a specified tolerance.

The basic measurement technique also becomes significant in this situation and must be specified as part of the measurement conditions relating to that device. This information is contained in the appropriate sections of ISO 9336.

A very useful and important aspect of the optical transfer function concept is the multiplicative property of incoherently coupled system component OTFs. This property permits the overall OTF of a composite imaging system to be obtained as the product of the separately measured OTFs of its incoherently coupled components. Strictly speaking, this "product rule" applies only when the complete system, and its individual components, obey the conditions of linearity and isoplanatism, but the product rule remains useful even when the linear radiometric range and isoplanatic area are of limited extent.

For cascaded optical systems, such as telescopic sights, in which the components are coherently coupled, the "product rule" cannot be applied. It is only possible to determine the optical transfer function of these optical systems by a test of the complete instrument.

To summarize, this International Standard describes the optical transfer function as a tool which can be applied within well-defined limits to a large class of imaging systems in order to assess their image-forming capabilities.

Since the problems of measurement vary considerably from one class of imaging device to another, the following format is used for International Standards on the optical transfer function.

This International Standard contains the introduction and a set of definitions upon which optical transfer function theory is built. These definitions are part of a vocabulary in which all terms in general use throughout this International Standard are defined. It also contains a list of basic relationships of the optical transfer function to other image-describing parameters and a summary of concepts and symbols which are useful in optical transfer function work.

ISO 9335 contains statements of the principles and rules of measurement and presentation of results which apply in general to all imaging devices for which the optical transfer function is a valid concept.

It is essential that these rules be followed in order to ensure that accurate results are obtained. No attempt is made to prescribe a particular measuring technique, since a variety of methods may be applicable, depending on the characteristics of the device under test and the equipment available.

ISO 9336 is subdivided into several parts each devoted to a different class of imaging device or to a special application.

It describes, for each class, the limitations and precautions associated with making valid optical transfer function measurements and provides an imaging state ("I-state") specification, which is a list of all those parameters which affect the point spread function and consequently the measured optical transfer function.

This framework will allow for future expansion to include new classes of imaging device.

## Introduction

La fonction de transfert optique est un atout précieux pour évaluer de façon objective l'aptitude à former une image de tout système optique, électro-optique et de façon générale de tout dispositif de formation d'images.

Pour permettre une comparaison entre les mesures de fonction de transfert optique faites à partir de principes de mesure et d'instruments différents, ou obtenues à partir d'instruments de mesure de différents laboratoires, il est nécessaire de spécifier les paramètres de mesure tels que le réglage de focalisation et le domaine de fréquence spatiale. De ce fait, on doit définir une terminologie telle que les paramètres de mesure utilisés dans une norme soient correctement compris et acceptés par tous les utilisateurs. Les définitions des termes employés pour la mesure de la fonction de transfert optique sont données dans la présente Norme internationale.

Les spécifications de la présente Norme internationale constituent des exigences fondamentales concernant l'instrumentation et les méthodes de mesure pour garantir avec une exactitude donnée les mesures de fonction de transfert optique.

La fonction de transfert optique est un moyen quantitatif pour exprimer de façon objective la qualité d'image des systèmes optiques. Les mesures subjectives de qualité telles que celles de limite de résolution fournissent moins d'informations sur les possibilités du système examiné et sont susceptibles d'être influencées par des facteurs propres à chaque observateur humain.

On doit souligner que la fonction de transfert optique n'est que l'un des éléments concourant à la qualité de l'image: la diffusion, les voiles et images parasites, la structure de l'image, etc. sont autant de paramètres à considérer lorsqu'on veut décrire complètement les performances d'un système de formation d'images.

Le concept de la fonction de transfert optique concerne les systèmes optiques comportant des lentilles et des miroirs devant strictement satisfaire lors du processus de formation d'image à la double condition de linéarité (radiométrique) et d'isoplanétisme. La fonction de transfert permet aux opticiens et aux «concepteurs» de systèmes de prévoir avec sûreté les performances des systèmes optiques, à partir de leurs caractéristiques.

Quand les conditions de linéarité et d'isoplanétisme sont parfaitement satisfaites, on peut considérer que la fonction de transfert optique exprime la façon dont chaque composante sinusoidale du spectre de fréquences spatiales (spectre de Fourier) de l'objet est transmise par le système optique formant l'image selon un schéma sinusoidal avec modulation réduite et (souvent) avec décalage de phase.

Toutefois, dans le cas de certains dispositifs de formation d'image, les conditions de linéarité et d'isoplanétisme ne sont remplies que dans certaines limites. Il est alors nécessaire, pour utiliser dans ces conditions le concept de fonction de transfert optique, d'introduire deux notions essentielles. On suppose tout d'abord qu'il est possible de déterminer un certain domaine dans lequel le système se comporte de manière linéaire. On suppose ensuite qu'il existe une zone du champ objet/image pour laquelle le système optique est isoplanétique, de sorte que la fonction de transfert optique mesurée pourra être validée à l'intérieur d'un domaine spécifié.

Dans ces conditions, la méthode et la procédure de mesure adoptées prennent une importance particulière, et doivent être spécifiées dans les conditions de mesure relatives au dispositif en cause. Cette remarque sera développée dans les chapitres appropriés de l'ISO 9336.

Un aspect important et très utile du concept de fonction de transfert optique est la propriété multiplicative des fonctions de transfert des éléments couplés les uns aux autres en rupture totale de cohérence spatiale. Cette propriété permet de déterminer la fonction de transfert globale d'un ensemble complexe de formation d'image comme étant le produit des fonctions de transfert mesurées séparément de chacun des éléments, associés de façon à maintenir un éclairage spatialement incohérent entre chacun d'eux. Bien que cette «règle du produit» ne s'applique strictement que lorsque le système complet et ses composants individuels obéissent aux conditions de linéarité et d'isoplanétisme, cette règle reste utile même lorsque l'intervalle radiométrique linéaire et le domaine isoplanétique sont limités.

Dans le cas de systèmes en cascade, comme des jumelles, dans lesquels les composants sont à «couplage cohérent», la «règle du produit» ne peut s'appliquer. Il n'est possible de déterminer la fonction de transfert de ces systèmes optiques que de façon globale sur l'instrument complet.

En résumé, la présente Norme internationale décrit la fonction de transfert optique comme un outil pouvant être appliqué, dans des limites bien définies, à une large catégorie d'instruments, pour préciser leur rôle dans un processus de formation d'image.

Comme les problèmes de mesure varient considérablement d'un type d'instrument à un autre, on a utilisé, pour les normes internationales traitant de la fonction de transfert optique, la disposition suivante.

La présente Norme internationale contient l'introduction et un ensemble de définitions sur lesquelles repose la théorie de la fonction de transfert optique. Les définitions font partie d'un vocabulaire où sont définis tous les termes généralement utilisés dans la norme. Elle contient également une liste des relations fondamentales entre la fonction de transfert optique et les autres paramètres caractérisant l'image, ainsi qu'un résumé des concepts et symboles utiles à l'étude de la fonction de transfert optique.

L'ISO 9335 porte sur les principes et procédures de mesure ainsi que sur la présentation des résultats, concernant de façon générale tous les dispositifs de formation d'image pour lesquels la fonction de transfert optique est un concept valable.

Pour obtenir des résultats précis, il est essentiel que ces règles soient observées. On ne prescrit aucune technique particulière de mesure, car une grande variété de méthodes peut être mise en œuvre en fonction des caractéristiques du dispositif examiné et de l'équipement disponible.

L'ISO 9336 est subdivisée en différentes parties dont chacune est consacrée à une catégorie différente de dispositifs de formation d'image, ou à une application particulière.



Pour chaque catégorie, on décrit les limitations et les précautions à prendre pour exécuter des mesures correctes de spécifications («état d'imagerie»), ce qui regroupe tous les paramètres affectant la réponse percussionnelle et donc la fonction de transfert mesurée.

Cette disposition permettra ultérieurement d'inclure de nouvelles catégories de dispositifs de formation d'image.

## iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 9334:1995](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/56c8a581-7df9-454a-99f8-b60e5ae54418/iso-9334-1995)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/56c8a581-7df9-454a-99f8-b60e5ae54418/iso-9334-1995>

## Введение

Оптическая передаточная функция (ОПФ) служит важным средством объективной оценки способности оптических, электрооптических и других изображающих систем к образованию изображения.

Для обеспечения возможности сопоставления результатов измерения оптической передаточной функции, полученных различными методами или на разной либо принадлежащей разным лабораториям аппаратуре, необходимо обеспечить эквивалентность таких измерительных параметров, как фокусировка и диапазон пространственных частот. По этой причине должна быть определена согласованная терминология с тем, чтобы измерительные параметры, выступающие в каком-либо стандарте, были понятны всем потребителям. В настоящем Международном Стандарте перечислены определения терминов, применяемых при измерении оптической передаточной функции.

Требования, установленные настоящим Международным Стандартом, являются основными для измерительной аппаратуры и методик и призваны обеспечить определенную точность измерения оптической передаточной функции.

Оптическая передаточная функция дает способ объективного выражения качества изображения изображающих систем. Субъективные показатели оптических характеристик, такие, как предельное разрешение, дают меньше информации об изображающих характеристиках испытуемых систем и подвержены изменчивости в зависимости от наблюдателя.

Важно отметить, что оптическая передаточная функция является лишь одним из ряда объективных параметров, таких, как шум, светорассеяние, дискретная структура изображения и др., которые могут оказывать влияние на качество изображения, и все они должны быть включены в исчерпывающее описание характеристик изображающей системы.

Понятие оптической передаточной функции родилось в области теории оптических систем, составленных линзами и зеркалами, которые строго подчиняются условию (радиометрической) линейности и изопланатизма в процессе формирования изображения. Оно позволило конструкторам оптических и составных систем с высокой степенью надежности предсказывать параметры оптических систем этого типа на основании конструктивных данных.

Когда требования к линейности и изопланатизму с точностью удовлетворены, можно считать, что оптическая передаточная функция выражает способ передачи каждой синусоидальной составляющей спектра Фурье некогерентно излучающего объекта к изображению в виде синусоидальной картины с пониженной модуляцией и (зачастую) со сдвигом фазы.

Однако, для некоторых изображающих приборов условия линейности и изопланатизма удовлетворяются лишь в определенных пределах. С тем,

чтобы даже в этих условиях подойти к ним с позиций оптической передаточной функции, оказывается необходимым ввести два ключевых понятия. Во-первых, делается допущение, что возможно отождествление определенного интервала, в котором система ведет себя линейно. Во-вторых, допускается, что в пространстве предметов/изображений существует область, в которой система является изопланатической настолько, что измеренная оптическая передаточная функция может считаться точной в пределах заданного допуска.

Принципальная методика измерения также становится в этой ситуации важной и должна быть определена как часть условий измерения применительно к данному прибору. Эта информация содержится в соответствующих разделах ИСО 9336.

Очень полезным и важным аспектом понятия оптической передаточной функции является мультипликативность составляющих ОПФ некогерентно сопряженной системы. Это свойство позволяет находить общую ОПФ сложной изображающей системы как произведение отдельно измеренных ОПФ ее некогерентно сопряженных составных частей. Строго говоря, „правило произведения“ применимо только тогда, когда и система в целом, и ее отдельные компоненты подчиняются условиям линейности и изопланатизма, но правило произведения остается полезным даже в том случае, когда линейный радиометрический диапазон и изопланатическая область обладают ограниченной протяженностью.

Для многокаскадных оптических систем, таких, как телескопические прицелы, в которых компоненты сопряжены когерентно, „правило произведения“ неприменимо. Можно определить оптическую передаточную функцию этих оптических систем только испытанием прибора в целом.

В итоге можно сказать, что настоящий Международный Стандарт описывает оптическую передаточную функцию как инструмент, применимый в совершенно определенных пределах к большому классу изображающих систем с целью оценки их способности формировать изображение.

Поскольку проблема измерения значительно варьируется от одного класса изображающих приборов к другому, принята следующая система изложения вопросов оптической передаточной функции в международных стандартах.

Настоящий Международный Стандарт содержит введение и систему определений, на которых построена теория оптической передаточной функции. Эти определения представляют часть словаря, в котором определены все термины, применяемые где-либо в стандарте. Он также содержит перечень основных соотношений, которыми оптическая передаточная функция связана с другими параметрами, характеризующими изображение, а также сводный перечень понятий и обозначений, полезных в работе с оптической передаточной функцией.

ИСО 9335 содержит констатацию принципов и правил измерения и представления результатов, в принципе применимых ко всем изображающим приборам, для которых оптическая передаточная функция имеет смысл как понятие.

Важно следовать этим правилам для обеспечения точности получаемых результатов. Не делается никаких попыток предписать конкретную методику измерения, поскольку применим ряд методов в зависимости от характеристик испытуемого прибора и имеющейся в распоряжении аппаратуры.

ИСО 9336 подразделён на несколько частей, каждая из которых посвящена определённому классу изображающих систем или специальной области применения.

Он описывает для каждого класса ограничения и меры предосторожности, определяющие получение осмысленных результатов измерения оптической передаточной функции, и даёт требования к состоянию изображающей системы, в которых перечислены все те параметры, которые влияют на функцию рассеяния точки и, следовательно, на результаты измерения оптической передаточной функции.

Такая структура позволит дальнейшее развитие стандарта с включением новых классов изображающих приборов.

## iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 9334:1995](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/56c8a581-7df9-454a-99f8-b60e5ac54418/iso-9334-1995)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/56c8a581-7df9-454a-99f8-b60e5ac54418/iso-9334-1995>

## Optics and optical instruments — Optical transfer function — Definitions and mathematical relationships

## Optique et instruments d'optique — Fonction de transfert optique — Définitions et relations mathématiques

## Оптика и оптические приборы — Оптическая передаточная функция — Определения и математические соотношения

### 1 Scope

This International Standard defines terms relating to the optical transfer function and indicates, where pertinent, the mathematical relationships between those terms. It also defines important parameters that should be specified in connection with optical transfer function testing.

Table 1 lists the notation and units for the major parameters considered in this International Standard and to be used in ISO 9335 and ISO 9336.

The terms and parameters defined in this International Standard apply to all measurements of the optical transfer function for optical, electro-optical and other imaging systems.

### 2 Normative references

The following standards contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the editions indicated were valid. All standards are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged

### 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale définit les termes relatifs à la fonction de transfert optique et indique, s'il y a lieu, les relations mathématiques entre ces termes. Elle définit également les paramètres les plus importants qui doivent être spécifiés lors des essais de détermination de la fonction de transfert optique.

Le tableau 1 énumère la notation et les unités des principaux paramètres considérés dans la présente Norme internationale et qui doivent être utilisés dans l'ISO 9335 et l'ISO 9336.

Les termes et paramètres définis dans la présente Norme internationale s'appliquent aux mesures de la fonction de transfert optique impliquant des systèmes optiques, électro-optiques et d'autres dispositifs de formation d'image.

### 2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des

### 1 Область применения

Настоящий Международный Стандарт определяет термины, относящиеся к оптической передаточной функции и в уместных случаях приводит математические соотношения между этими понятиями. Он также определяет важные параметры, которые должны указываться в связи с испытаниями оптической передаточной функции.

В таблице 1 перечислены форма записи и единицы измерения большинства параметров, рассматриваемых в настоящем Международном Стандарте, которые следует использовать в ИСО 9335 и ИСО 9336.

Термины и параметры, определенные в настоящем Международном Стандарте, распространяются на измерения оптической передаточной функции оптических, электрооптических и других изображающих систем.

### 2 Нормативные ссылки

Приведенные стандарты включают положения, на которые делается ссылка в тексте и которые становятся основополагающими для настоящего Международного Стандарта. На момент публикации указанные издания являлись действующими. Любой стандарт подвергается пересмотру, а сторонам,