

Caract.físicas

Geometria
Forma, espes., tam.
Materiais
Resistência
Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro
Potência e vergência
Princ. correcção
Efectividade
Transposição
Curvas base
Transposição tórica
Cilind. cruz. oblíqua/.
Curv.cil.merid.obliq.
Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções
Tolerâncias

Características das lentes oftálmicas

Óptica oftálmica

S. Mogo

Departamento de Física
Universidade da Beira Interior

2020 / 21

Caract.físicas

Geometria
Forma, espes., tam.
Materiais
Resistência
Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro
Potência e vergência
Princ. correcção
Efectividade
Transposição
Curvas base
Transposição tórica
Cilind. cruz. oblíqua/.
Curv.cil.merid.obliq.
Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções
Tolerâncias

1

Características físicas de lentes oftálmicas

Geometria da superfície da lente: esférica, cilíndrica, tórica, asférica, atórica
Forma, espessura, tamanho
Materiais para lentes oftálmicas
Testes de resistência ao impacto
Utilizações especiais de lentes: utilização diária, protecção ocular, prática desportiva

2

Características ópticas de lentes oftálmicas

Centro óptico, eixo óptico e centro geométrico
Potência e vergência
Princípio de correcção das ametropias
Efectividade das lentes
Lentes esféricas, cilíndricas e bicilíndricas: regras da transposição
Curvas base
Transposição tórica
Cilindros cruzados obliquamente
Curvatura de um cilindro num meridiano oblíquo
Feito da inclinação da lente

3

Tolerâncias ópticas

Convenções para prescrição de lentes oftálmicas
Tolerâncias

Caract.físicas

Geometria
Forma, espes., tam.
Materiais
Resistência
Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro
Potência e vergência
Princ. correcção
Efectividade
Transposição
Curvas base
Transposição tórica
Cilind. cruz. oblíqua/.
Curv.cil.merid.obliq.
Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções
Tolerâncias

1

Características físicas de lentes oftálmicas

Geometria da superfície da lente: esférica, cilíndrica, tórica, asférica, atórica
Forma, espessura, tamanho
Materiais para lentes oftálmicas
Testes de resistência ao impacto
Utilizações especiais de lentes: utilização diária, protecção ocular, prática desportiva

2

Características ópticas de lentes oftálmicas

Centro óptico, eixo óptico e centro geométrico
Potência e vergência
Princípio de correcção das ametropias
Efectividade das lentes
Lentes esféricas, cilíndricas e bicilíndricas: regras da transposição
Curvas base
Transposição tórica
Cilindros cruzados obliquamente
Curvatura de um cilindro num meridiano oblíquo
Efeito da inclinação da lente

3

Tolerâncias ópticas

Convenções para prescrição de lentes oftálmicas
Tolerâncias

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

Curv.cil.merid.oblíq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções

Tolerâncias

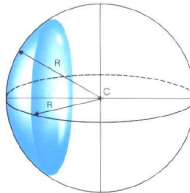
Geometria da superfície da lente

- esférica
- cilíndrica
- tórica
- esférica
- atórica

Geometria da superfície da lente

Superfície esférica

- Todos os meridianos apresentam a mesma potência.



Essilor Ophtalmic optics file n.2

<http://www.slideshare.net/DonRMuellerPhD/astonishing-astronomy-101-chapter-5>

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

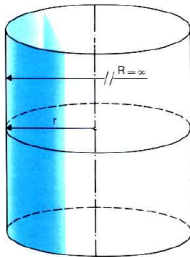
Convenções

Tolerâncias

Geometria da superfície da lente

Superfície cilíndrica

- Um meridiano com potência máxima e outro com potência nula:
 - meridiano axial \rightarrow eixo do cilindro;
 - meridiano de potência \rightarrow contra-eixo do cilindro;
- Situados a 90° um do outro.



Essilor Optalmic optics file n.2

Geometria

Forma, espes., tam.

Materials

Resistência

Utilizações especiais

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correccão

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. obliqua/.

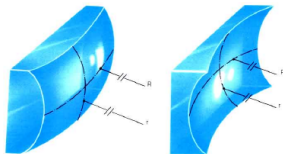
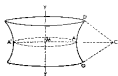
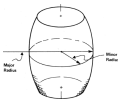
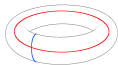
Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Convenções

Tolerâncias

- Um meridiano com potência máxima e outro com potência mínima não nula;
- Situados a 90° um do outro.



Donut surface by Woottonjames - Own work, CC BY 3.0.

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11824034>

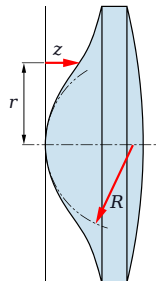
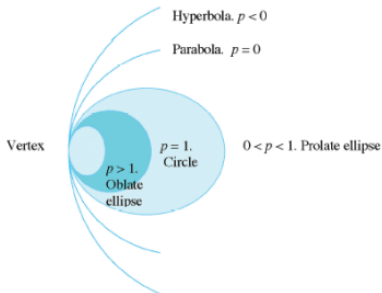
<http://www.oculist.net/downaton502/prof/ebook/duanes/pages/v1/ch030/074f.html>

Bennet, A.G., Emsley and Swaine's Ophthalmic Lenses, Volume I, The Hatton Press Ltd., 1968.

Geometria da superfície da lente

Superfície asférica

- Todos os meridianos apresentam a mesma potência;
- Variação de potência ao longo do mesmo meridiano.



<http://www.eyesite.co.za/magazine/april2006/columns5.asp>

By I, ArtMechanic, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1650139>

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

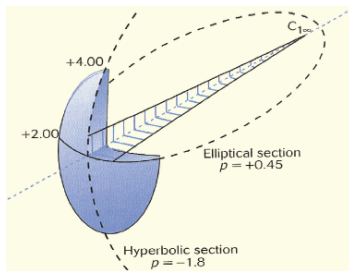
Convenções

Tolerâncias

Geometria da superfície da lente

Superfície atórica

- Um meridiano com potência máxima e outro com potência mínima não nula;
- Situados a 90° um do outro;
- Ambos apresentam variação de potência ao longo do mesmo meridiano.



Forma das lentes

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções

Tolerâncias

Lentes convergentes



Biconvexa



Plano-convexa



Menisco convergente

Lentes divergentes



Bicôncava



Plano-côncava



Menisco divergente

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

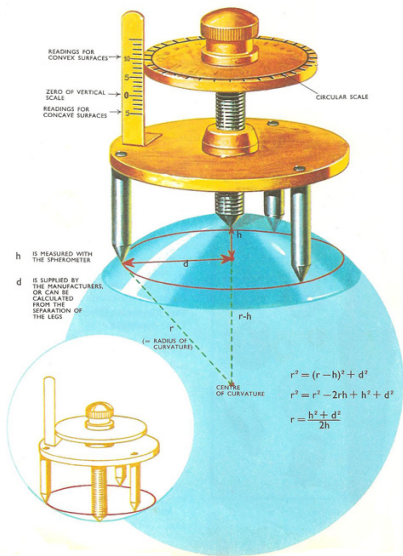
Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções

Tolerâncias

Esferómetro



Esferómetros e sagímetros

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções

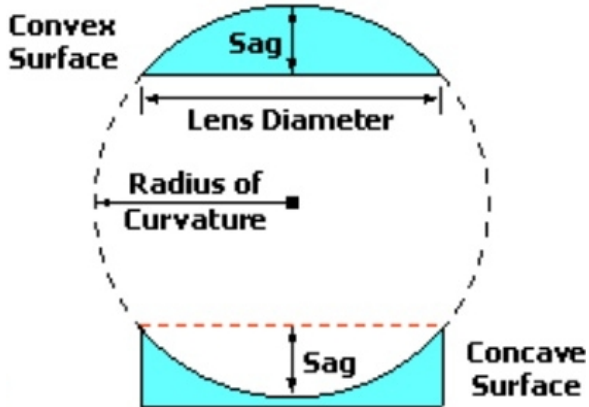
Tolerâncias



<https://es.wikipedia.org/wiki/Esferómetro>

<http://doris-optometria.blogspot.com/2011/10/elaboracion-de-lentes-oftalmicas.html>

Sagímetro



Geometry of a Lens Surface

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções

Tolerâncias

Sagímetro

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. obliqua/.

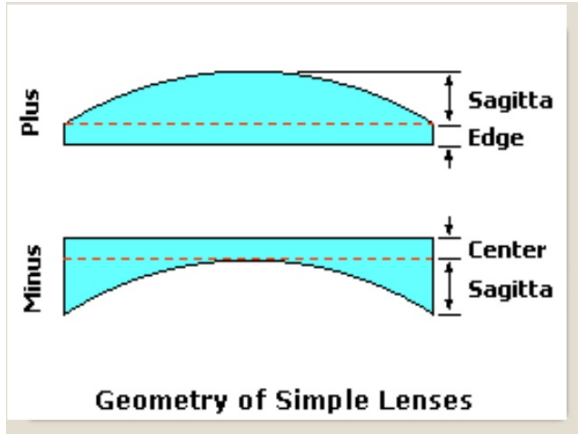
Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções

Tolerâncias



Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções

Tolerâncias

Espessura das lentes

Centro, bordo, gradiente

- Lentes convexas são mais espessas no centro;
- Lentes côncavas são mais espessas nos bordos.



Os fabricantes decidem a espessura da lente levando em conta a resistência do material:

- lentes convexas com bordos demasiado finos podem esborcelar;
- lentes côncavas com o centro demasiado fino podem partir.



Lentes com maior espessura:

- são mais pesadas e desconfortáveis para o utilizador;
- mais inestéticas;
- afectam a imagem formada.

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções

Tolerâncias

Espessímetro



Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

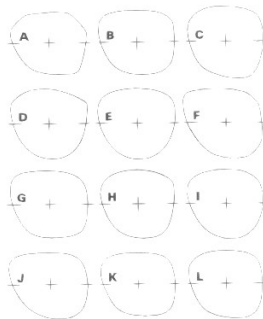
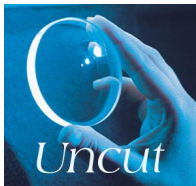
Convenções

Tolerâncias

Tamanho e forma das lentes

Lentes cortadas, têm forma dependente da armação escolhida:

Lentes por cortar,
normalmente são redondas:



<http://www.luzerneoptical.com/uncut-lenses/>

<http://www.djnewson.co.uk/lens/lens.html>

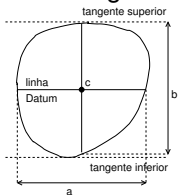
Tamanho e forma das lentes

Especificação de tamanho

Sistema *boxing*:

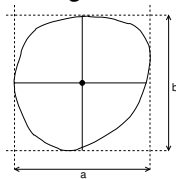
Sistema Datum (antigo):

- linhas tangentes aos bordos superior e inferior;
- linha Datum fica situada a meia distância entre as duas tangentes;



- tamanho Datum da lente:
 - a - largura Datum;
 - b - altura Datum;
 - c - centro Datum.

- coloca a lente dentro de uma caixa definida pelas tangentes aos bordos;
- linhas médias horizontal e vertical definem o centro geométrico ou centro *boxing*;

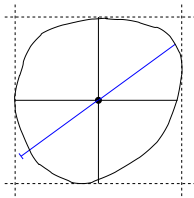


- tamanho da lente:
 - largura;
 - altura.

Tamanho e forma das lentes

Diâmetro efetivo

O **diâmetro efectivo** de uma lente corresponde ao dobro da distância entre o centro geométrico e o bordo mais afastado da lente.



Materiais para lentes oftálmicas

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. obliqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções

Tolerâncias

- O material das lentes está intimamente ligado à utilização prevista para os óculos: uso diário, protecção ocular ou prática desportiva.
- Nos anos mais recentes aumentou substancialmente o número de materiais disponíveis.
- Conhecer as características de cada material, permite ao profissional seleccionar o material que melhor se adequa aos objectivos do utilizador.

Materiais para lentes oftálmicas

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. obliqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções

Tolerâncias

Dois grupos de materiais disponíveis:

- Lentes de vidro: denominadas **lentes minerais**;
- Lente de plástico: denominadas **lentes orgânicas**.



De um modo geral, as lentes minerais são mais pesadas e partem com maior facilidade, no entanto, têm a vantagem de riscar menos que as lentes orgânicas.

Materiais para lentes oftálmicas

Lentes minerais

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções

Tolerâncias

- Vidro *crown* $n = 1,523$

É o material mais comum.

- *Corning Clear 16* $n = 1,60$

Após tratamento de endurecimento, conseguem passar os testes de resistência ao impacto da FDA.

- Vidros com alto índice de refração $n = 1,90$

São pesados e alguns não conseguem passar os testes de resistência ao impacto da FDA (não podem ser utilizadas em todos os países).

Materiais para lentes oftálmicas

Lentes orgânicas

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

Curv.cil.merid.oblíq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções

Tolerâncias

- **CR-39** $n = 1,498$

Material tradicional.

- **Plásticos com alto índice de refração** $n = 1,71$

Há muitas opções de materiais, no entanto, além do índice de refração, há que considerar o peso, resistência ao impacto, espessura final da lente, número de Abbe e facilidade de produção.

- **Policarbonato** $n = 1,586$

Muito bom desempenho em termos de segurança.

- **Trivex** $n = 1,532$

Originalmente desenvolvidas para aplicações militares. O nome “tri” advém das três vantagens fundamentais: óptica de grande qualidade, muito boa resistência ao impacto e ultra leve.

- **NXT** $n = 1,53$

Material extremamente resistente, compatível com fotopigmentos e polarização. Tem sido usado em desportos ao ar livre, capacetes para motociclistas, janelas de aviões, escudos policiais anti-balas, etc.

Materiais para lentes oftálmicas

Comparação

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções

Tolerâncias

TABLE 23-1

A Representative Comparison of Lens Materials

Lens Material	Refractive Index (n)*	Density†	Thickness‡ (Minus Lens Center Thickness)	Abbé Value§
CR-39 plastic	1.498	1.32	2.0	58
Crown glass	1.523	2.54	2.0-2.2	59
Trivex	1.532	1.11	1.0-1.3	43-35
Spectralite	1.537	1.21	1.5	47
Polycarbonate	1.586	1.22	1.0-1.5	29
Polyurethane	1.595	1.34	1.5	36
Corning Clears 16 (glass)	1.60	2.63	1.5	42
High-Index plastic	1.66	1.35	1.0-1.7¶	32
	1.71	1.4		36
Thin & Lite 1.74 High-Index plastic	1.74	1.46	1.1	33
High-Index glass³	1.7	2.97	2.0-2.2	31
	1.80	3.37		25
	1.90¶	4.02		30.4

The higher the refractive index, the thinner the edge of a minus lens.

†The lower the density, the lighter the lens.

‡Lens thickness is based on the thinnest lens that will both maintain U.S. impact resistance requirements and stability (will not warp). Thicknesses are approximate and may vary with lens coatings.

§The higher the Abbé value, the less the chromatic aberration.

¶Depends upon if lenses are single vision stock or surfaced and whether AR coated.

‡Cannot be chemically tempered for impact resistance and will not pass FDA requirements.

Brooks, C., Borish, I., System for ophthalmic dispensing (3rd ed.), Butterworth-Heinemann/Elsevier, 2007.

Materiais para lentes oftálmicas

Lentes laminadas

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções

Tolerâncias

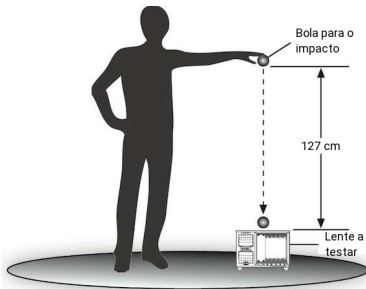
As **lentes laminadas** são feitas de duas ou mais camadas de diferentes materiais.

- Esta técnica pode ser utilizada com vários objectivos;
- lentes polarizadas: filme fino polarizador entre duas camadas de lente;
- aumento da resistência ao impacto.

Testes de resistência ao impacto

Teste da bola em queda

O teste da bola em queda é o método aceite pela FDA para determinar a resistência ao impacto de lentes para utilização diária.



Para passar o teste, a lente é colocada com a superfície anterior voltada para cima e tem de suportar o impacto de uma bola de aço com 1,6 cm e 16 g, deixada cair de uma altura de 127 cm.

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções

Tolerâncias

Testes de resistência ao impacto

Lentes isentas

Alguns tipos de lentes, devido às suas características especiais, estão isentas da realização do teste de resistência ao impacto.

- Multifocais com o segmento saliente: exemplo bifocal executivo;
- lentes *slab-off*;
- lentes lenticulares;
- lentes iseicónicas;
- etc.

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções

Tolerâncias

Testes de resistência ao impacto

Categoria de utilização das lentes

- Os testes de resistência ao impacto são mais exigentes no caso de os óculos serem utilizados em situações especiais, como seja a protecção ocular em certas profissões ou a prática desportiva;
- nestes casos, estão definidas a espessura mínima aceitável para as lentes e diferentes valores para passar os testes de impacto.

Utilizações especiais de lentes

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções

Tolerâncias

Diferentes categorias de utilização de óculos:

- **utilização diária:** situações comuns do dia a dia;
- **protecção ocular:** para ser usada em situações potencialmente perigosas para os olhos, as lentes devem cumprir os padrões mais exigentes de testes de resistência ao impacto;
- **prática desportiva:** para proteger os olhos ou melhorar a visão em situações desportivas.

Utilizações especiais de lentes

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções

Tolerâncias

Outras situações que requerem cuidados especiais:

- crianças;
- indivíduos que só possuem visão de um olho;
- indivíduos que só possuem boa AV num olho;
- lentes de contacto e lentes intraoculares;
- lentes para indivíduos com baixa visão.

Caract.físicas

Geometria
Forma, espes., tam.
Materiais
Resistência
Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro
Potência e vergência
Princ. correcção
Efectividade
Transposição
Curvas base
Transposição tórica
Cilind. cruz. oblíqua/.
Curv.cil.merid.obliq.
Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções
Tolerâncias

1

Características físicas de lentes oftálmicas

Geometria da superfície da lente: esférica, cilíndrica, tórica, asférica, atórica
Forma, espessura, tamanho
Materiais para lentes oftálmicas
Testes de resistência ao impacto
Utilizações especiais de lentes: utilização diária, protecção ocular, prática desportiva

2

Características ópticas de lentes oftálmicas

Centro óptico, eixo óptico e centro geométrico
Potência e vergência
Princípio de correcção das ametropias
Efectividade das lentes
Lentes esféricas, cilíndricas e bicilíndricas: regras da transposição
Curvas base
Transposição tórica
Cilindros cruzados obliquamente
Curvatura de um cilindro num meridiano oblíquo
Efeito da inclinação da lente

3

Tolerâncias ópticas

Convenções para prescrição de lentes oftálmicas
Tolerâncias

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. obliqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções

Tolerâncias

Centro óptico, eixo óptico e centro geométrico

Centro óptico → ponto da lente que ao ser atravessado por um raio de luz, este não sofre qualquer desvio.



- Normalmente queremos que o centro óptico das lentes coincida com o centro da pupila do utilizador.

Eixo óptico → linha recta imaginária que passa pelo centro óptico e pelo centro de curvatura das superfícies da lente.

Centro óptico, eixo óptico e centro geométrico

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

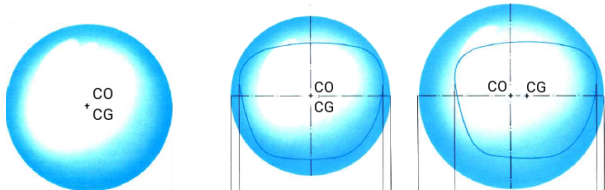
Tolerâncias

Convenções

Tolerâncias

Centro geométrico → ponto médio entre as tangentes horizontais e verticais aos respectivos bordos da lente (sistema *boxing*).

- Pode coincidir ou não com o centro óptico da lente.



Essilor Ophtalmic optics file n.2

Potência e vergência

Caract.físicas

Geometria
Forma, espes., tam.
Materiais
Resistência
Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro
Potência e vergência
Princ. correcção
Efectividade
Transposição
Curvas base
Transposição tórica
Cilind. cruz. oblíqua/.
Curv.cil.merid.oblíq.
Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções
Tolerâncias

Potência de uma lente → medida da convergência / divergência que a lente induz na luz que lhe incide.

$$F = \frac{1}{f}$$

Unidade: dioptria [D] = [m⁻¹]



Vergência → recíproca da distância ao objecto/imagem.

$$V = \frac{1}{s}$$

Unidade: dioptria [D]

Potência ao vértice anterior e potência ao vértice posterior

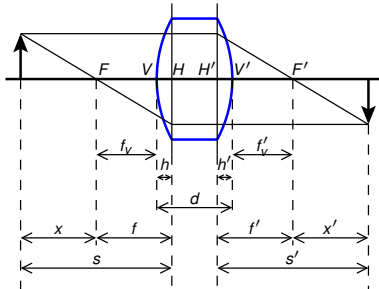
Lente com espessura grande



distância entre as superfícies anterior e posterior é grande



deixamos de poder considerar as distâncias focais como sendo iguais às distâncias aos vértices da lente.



Potência ao vértice anterior, $F_v \rightarrow$
recíproca da distância da superfície
anterior da lente ao foco objecto.

★

Potência ao vértice posterior, $F'_v \rightarrow$ recíproca da distância da superfície posterior da lente ao foco imagem.

Princípio de correcção das ametropias

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materials

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correccão

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. obliqua/

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

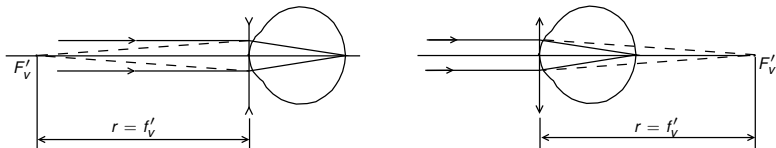
Convencões

Tolerâncias

Princípio de correcção das ametropias:

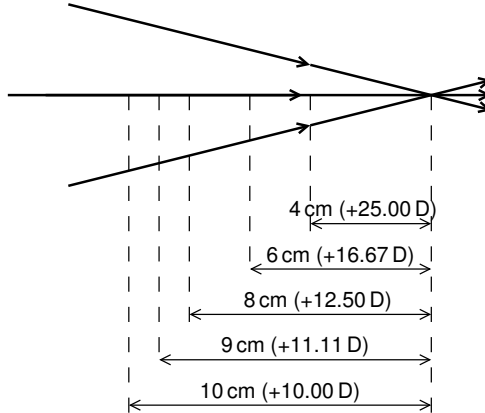
- fazer coincidir o foco imagem da lente compensadora com o PR do indivíduo.
 - a lente forma no seu foco imagem, uma imagem nítida de um objecto situado no infinito;
 - o olho foca na retina, objectos situados no PR;
 - se a correcção for feita em LC: distância focal imagem da LC é igual à distância ao PR (inverso da refração ocular, R_{oc}):

$$f'_v = r \quad \Rightarrow \quad F'_v = R_{oc}$$



Potência efectiva

Potência efectiva → variação na vergência de um feixe depois de ter viajado uma certa distância.



Potência efectiva

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materials

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correccão

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tónica

Cilind. cruz. obliqua/.

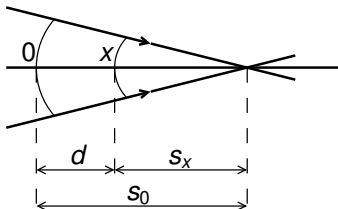
Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções

Tolerâncias



Vergência na posição 0: $V_0 = \frac{1}{s_0}$

Vergência na posição x : $V_x = \frac{1}{s_x}$

$$s_x = s_0 - d$$



$$V_x = \frac{1}{s_0 - d} = \frac{s_0}{s_0(s_0 - d)} = \frac{\frac{1}{V_0}}{\frac{1}{V_0}(s_0 - d)} = \frac{1}{\frac{1}{V_0} - d} \Rightarrow V_x = \frac{V_0}{1 - V_0 d}$$

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções

Tolerâncias

Potência efectiva

Efectividade das lentes positivas e das lentes
negativas

No caso das lentes oftálmicas, há uma distância especial, para a qual é interessante e necessário conhecermos a potência efectiva — **distância ao vértice**.



Distância ao vértice → distância entre a superfície posterior da lente e o olho do utilizador de óculos.
Normalmente $\simeq 13,5$ mm



Exemplo: utilização de lentes de contacto

Distância ao vértice: 0 mm

Lente em óculos positiva \Rightarrow necessária mais potência na LC

Lente em óculos negativa \Rightarrow necessária menos potência na LC

Caract.físicas

Geometria
Forma, espes., tam.
Materiais
Resistência
Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro
Potência e vergência
Princ. correcção
Efectividade
Transposição
Curvas base
Transposição tórica
Cilind. cruz. oblíqua/
Curv.cil.merid.obliq.
Inclinação da lente

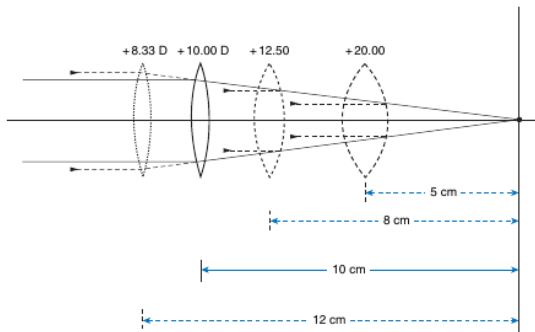
Tolerâncias

Convenções
Tolerâncias

Potência efectiva

Efectividade das lentes positivas e das lentes
negativas

Uma vez que o **princípio de correcção das lentes oftálmicas** consiste em fazer coincidir o seu foco imagem com o PR do indivíduo, significa que **qualquer lente**, *seja qual for a sua potência*, pode compensar a ametropia, se for colocada à **distância ao vértice adequada**.



Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções

Tolerâncias

Potência efectiva

Efectividade das lentes positivas e das lentes negativas

Isto explica porque razão alguns indivíduos amétropes mal corrigidos, aproximam ou afastam os seus óculos, conseguindo assim ver melhor.



Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

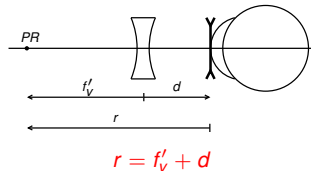
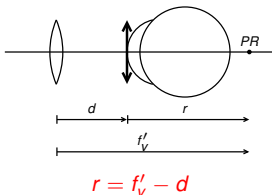
Tolerâncias

Convenções

Tolerâncias

Potência efectiva

Efectividade das lentes positivas e das lentes negativas



No caso de uma lente de contacto, a sua potência ao vértice posterior, F'_{vLC} , coincide com a refração ocular, R_{oc} : $R_{oc} = 1/r = F'_{vLC}$

$$R_{oc} = \frac{1}{r} = \frac{1}{f'_V \pm d} = \frac{f'_V}{f'_V(f'_V \pm d)} = \frac{\frac{1}{F'_V}}{\frac{1}{F'_V} \pm d} = \frac{1}{\frac{1}{F'_V} \pm d} = \frac{F'_V}{1 \pm dF'_V} \Rightarrow F'_V = \frac{R_{oc}}{1 \mp dR_{oc}}$$

Então, a potência efectiva, F_{eff} , da lente oftálmica é:

$$F_{eff} = \frac{F'_{vLC}}{1 \mp dF'_{vLC}}$$

No entanto, não se recomenda decorar estas fórmulas, mas sim perceber o conceito de potência efectiva.

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções

Tolerâncias

Potência efectiva

Efectividade das lentes positivas e das lentes negativas

Se, por alguma razão, houver que mudar a distância ao vértice dos óculos, a potência da lente oftálmica tem de ser ajustada:

$$f''_v = f'_v + \Delta d$$

onde:

f''_v — distância focal ao vértice da nova lente;

f'_v — distância focal ao vértice da lente original;

Δd — variação de distância ao vértice.

Também não se recomenda decorar esta fórmula, mas sim perceber o conceito de potência efectiva.

Lentes esféricas e cilíndricas

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

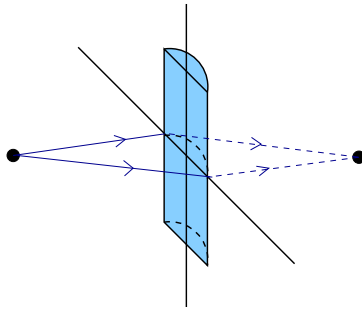
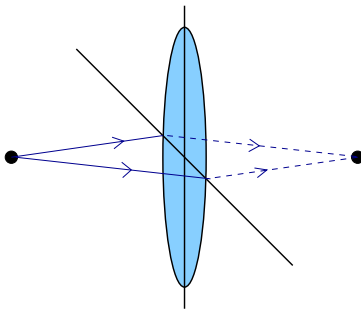
Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

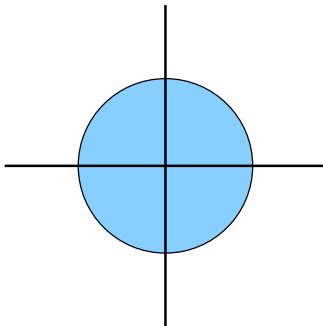
Tolerâncias

Convenções

Tolerâncias

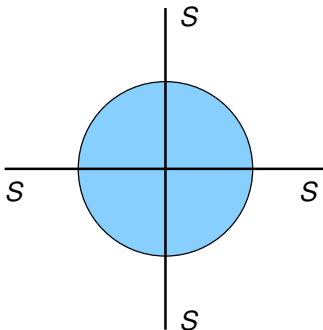


Lentes esferocilíndricas

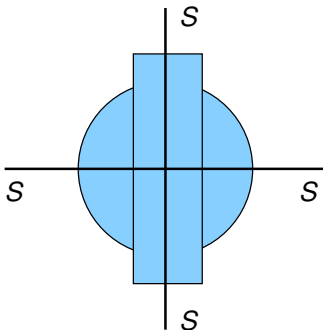


Combinação de lentes esféricas e lentes cilíndricas

Lentes esferocilíndricas



Lentes esferocilíndricas



Lentes esferocilíndricas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materials

Resistência

Utilizações especiais

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correccão

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tónica

Cilind. cruz. obliqua/

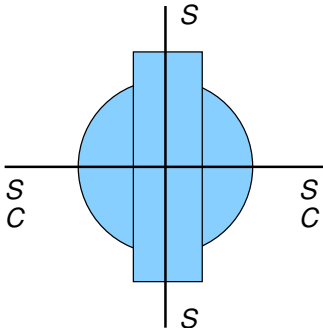
Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

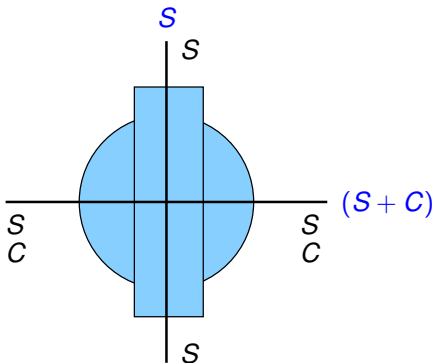
Tolerâncias

Convenções

Tolerâncias



Lentes esferocilíndricas



Combinação de lentes esféricas e lentes cilíndricas

Lentes esferocilíndricas

Caract.físicas

Geometria
Forma, espes., tam.
Materiais
Resistência
Utilizações especiais

Caract.ópticas

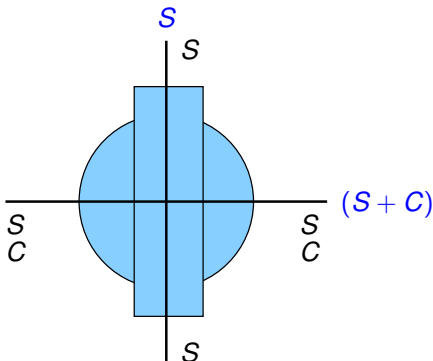
Eixo e centro
Potência e vergência
Princ. correcção
Efectividade

Transposição

Curvas base
Transposição tórica
Cilind. cruz. oblíqua/
Curv.cil.merid.obliq.
Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções
Tolerâncias



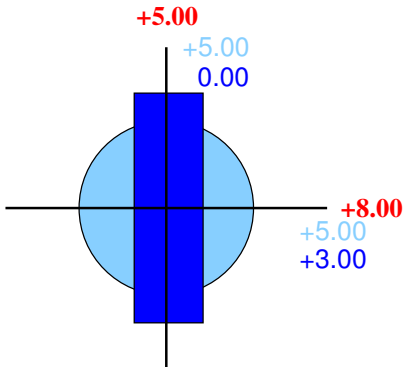
$(S)_{\text{esf}} \diamond (C)_{\text{cil}} 90^\circ$

O símbolo \diamond significa
“combinado com”.

S	C × 90
---	--------

Lentes esferocilíndricas — Exemplo

Cilindro: +3.00 D colocado na vertical



$$+5.00 + 3.00 \times 90$$

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções

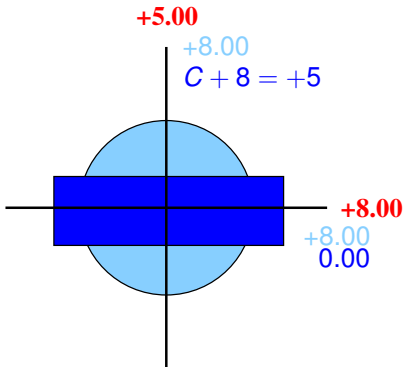
Tolerâncias

Combinação de lentes esféricas e lentes cilíndricas

Formulação com cilindros positivos e cilindros
negativos

Há outra combinação esferocilíndrica que permite obter a mesma
potência nos eixos:

- consiste em usar um cilindro de sinal contrário e situado 90° do
anterior.



$$+8.00 -3.00 \times 180$$

Caract.físicas

Geometria
Forma, espes., tam.
Materiais
Resistência
Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro
Potência e vergência
Princ. correcção
Efectividade

Transposição

Curvas base
Transposição tórica
Cilind. cruz. oblíqua/.
Curv.cil.merid.obliq.
Inclinação da lente

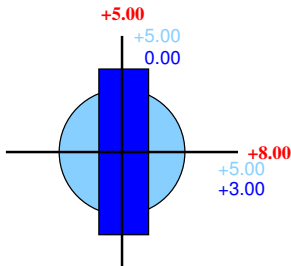
Tolerâncias

Convenções
Tolerâncias

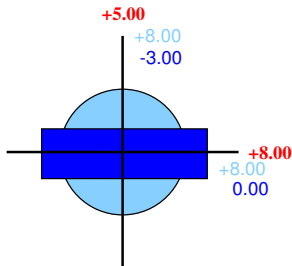
Combinação de lentes esféricas e lentes cilíndricas

Formulação com cilindros positivos e cilindros
negativos

Diz-se que a lente $+5.00 +3.00 \times 90$ é **transposta** da lente
 $+8.00 -3.00 \times 180$.



$+5.00 +3.00 \times 90$



$+8.00 -3.00 \times 180$

Caract.físicas

Geometria
Forma, espes., tam.
Materiais
Resistência
Utilizações especiais

Caract.ópticas

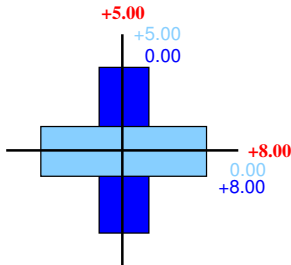
Eixo e centro
Potência e vergência
Princ. correcção
Efectividade
Transposição
Curvas base
Transposição tórica
Cilind. cruz. oblíqua/.
Curv.cil.merid.obliq.
Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções
Tolerâncias

Lentes bicilíndricas

Também é possível obter a mesma potência nos eixos através de duas lentes cilíndricas — **lente bicilíndrica**.



$$+5.00 \times 180 / +8.00 \times 90$$

Caract.físicas

Geometria
Forma, espes., tam.
Materiais
Resistência
Utilizações especiais

Caract.ópticas

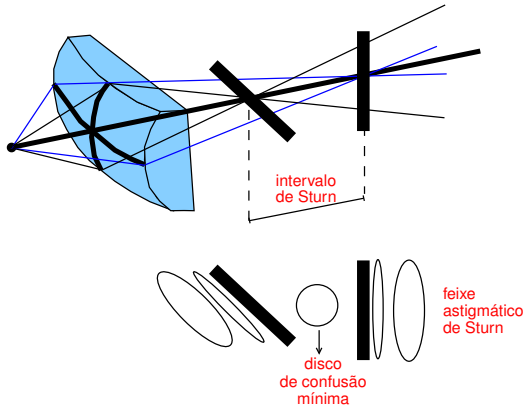
Eixo e centro
Potência e vergência
Princ. correcção
Efectividade
Transposição
Curvas base
Transposição tórica
Cilind. cruz. oblíqua/.
Curv.cil.merid.obliq.
Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções
Tolerâncias

Lentes esferocilíndricas e bicilíndricas

- Lentes esferocilíndricas e bicilíndricas têm o mesmo efeito que uma lente tórica.



Equivalente esférico

Caract.físicas

Geometria
Forma, espes., tam.
Materiais
Resistência
Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro
Potência e vergência
Princ. correcção
Efectividade

Transposição

Curvas base
Transposição tórica
Cilind. cruz. oblíqua/
Curv.cil.merid.obliq.
Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções
Tolerâncias

Lentes esferocilíndricas, bicilíndricas ou tóricas são usadas para corrigir astigmatismo em simultâneo com um erro refractivo esférico, miopia ou hipermetropia.



Se nenhuma destas lentes estiver disponível, e houver que prescrever apenas uma lente esférica, a melhor lente é aquela cujo ponto focal se encontra entre as duas focais da esferocilíndrica/bicilíndrica/tórica ideal — **equivalente esférico**.

$$\text{Equivalente esférico} = \text{esfera} + \frac{\text{cilindro}}{2}$$

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções

Tolerâncias

Curvas base

A potência de uma lente é a soma das potências das superfícies anterior e posterior:

$$F_1 + F_2 = F_T$$

Assim, é possível obter a mesma potência a partir de lentes com diferentes formas.

Exemplo:

- biconvexas:
 - $(+2.00 \text{ D}) + (+2.00 \text{ D}) = +4.00 \text{ D}$
 - $(+3.00 \text{ D}) + (+1.00 \text{ D}) = +4.00 \text{ D}$
 - $(+0.50 \text{ D}) + (+3.50 \text{ D}) = +4.00 \text{ D}$
- planoconvexa:
 - $(0.00 \text{ D}) + (+4.00 \text{ D}) = +4.00 \text{ D}$
- meniscos positivos:
 - $(+7.00 \text{ D}) + (-3.00 \text{ D}) = +4.00 \text{ D}$
 - $(+8.00 \text{ D}) + (-4.00 \text{ D}) = +4.00 \text{ D}$

As possibilidades são imensas, no entanto, na prática, a curvatura de uma das superfícies da lente costuma ser fixa e as outras são calculadas a partir desta — **curva base**.

Curvas base

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções

Tolerâncias

- Normalmente a curva base encontra-se na superfície anterior¹ da lente;
- **lentes esféricas:** a curva base é a superfície esférica anterior;
- **lentes esferocilíndricas com cilindro positivo:** existem duas curvas na superfície anterior, a curva base é a mais plana (a superfície posterior da lente é esférica);
- **lentes esferocilíndricas com cilindro negativo:** a superfície anterior é esférica e é a curva base.

¹ A superfície anterior de uma lente oftálmica é a que se encontra mais afastada do olho.

Caract.físicas

Geometria
Forma, espes., tam.
Materiais
Resistência
Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro
Potência e vergência
Princ. correcção
Efectividade
Transposição

Curvas base

Transposição tórica
Cilind. cruz. oblíqua/.
Curv.cil.merid.obliq.
Inclinação da lente

Tolerâncias

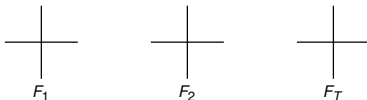
Convenções
Tolerâncias

Curvas base

Exemplo

Queremos uma lente com potência $+3.00 -2.00 \times 180$
Pretendemos obtê-la em cilindro positivo e sabemos que a
curva base a usar é $+6.00$ D

Qual a potência das superfícies anterior e posterior da
lente?



Caract.físicas

Geometria
Forma, espes., tam.
Materiais
Resistência
Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro
Potência e vergência
Princ. correcção
Efectividade
Transposição

Curvas base

Transposição tórica
Cilind. cruz. oblíqua/
Curv.cil.merid.obliq.
Inclinação da lente

Tolerâncias

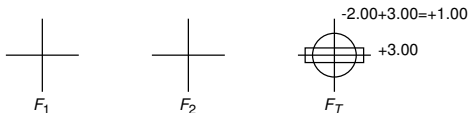
Convenções
Tolerâncias

Curvas base

Exemplo

Queremos uma lente com potência $+3.00 -2.00 \times 180$
Pretendemos obtê-la em cilindro positivo e sabemos que a
curva base a usar é $+6.00$ D

Qual a potência das superfícies anterior e posterior da
lente?



Caract.físicas

Geometria
Forma, espes., tam.
Materiais
Resistência
Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro
Potência e vergência
Princ. correcção
Efectividade
Transposição

Curvas base

Transposição tórica
Cilind. cruz. oblíqua/
Curv.cil.merid.obliq.
Inclinação da lente

Tolerâncias

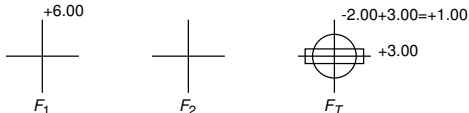
Convenções
Tolerâncias

Curvas base

Exemplo

Queremos uma lente com potência $+3.00 -2.00 \times 180$
Pretendemos obtê-la em cilindro positivo e sabemos que a
curva base a usar é $+6.00$ D

Qual a potência das superfícies anterior e posterior da
lente?



Caract.físicas

Geometria
Forma, espes., tam.
Materiais
Resistência
Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro
Potência e vergência
Princ. correcção
Efectividade
Transposição

Curvas base

Transposição tórica
Cilind. cruz. oblíqua/
Curv.cil.merid.obliq.
Inclinação da lente

Tolerâncias

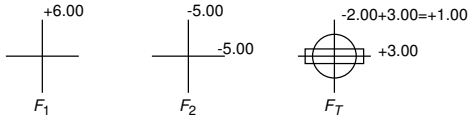
Convenções
Tolerâncias

Curvas base

Exemplo

Queremos uma lente com potência $+3.00 -2.00 \times 180$
Pretendemos obtê-la em cilindro positivo e sabemos que a
curva base a usar é $+6.00$ D

Qual a potência das superfícies anterior e posterior da
lente?



Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções

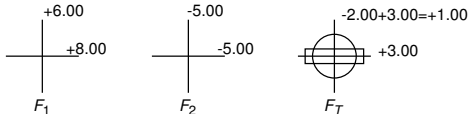
Tolerâncias

Curvas base

Exemplo

Queremos uma lente com potência $+3.00 -2.00 \times 180$
Pretendemos obtê-la em cilindro positivo e sabemos que a
curva base a usar é $+6.00$ D

Qual a potência das superfícies anterior e posterior da
lente?



Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções

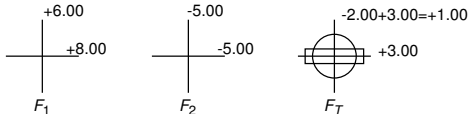
Tolerâncias

Curvas base

Exemplo

Queremos uma lente com potência $+3.00 -2.00 \times 180$
 Pretendemos obtê-la em cilindro positivo e sabemos que a
 curva base a usar é $+6.00$ D

Qual a potência das superfícies anterior e posterior da
 lente?



Superfície anterior:

$$F_{1(180)} = +8.00 \text{ D}; F_{1(90)} = +6.00 \text{ D}$$

Superfície posterior:

$$F_{2(180)} = -5.00 \text{ D}; F_{2(90)} = -5.00 \text{ D}$$

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções

Tolerâncias

Transposição tórica

Superfície toroidal:

- 1 2 curvas principais;
- 2 curva de menor valor numérico: **curva base**;
- 3 curva de maior valor numérico: **curva transversal**;

★

A maioria das lentes para corrigir astigmatismo são tóricas numa superfície e esféricas na outra superfície.

Forma tórica :
$$\frac{\text{curva base} / \text{curva transversal}}{\text{curva esférica}}$$

Transposição tórica

Caract.físicas

Geometria
Forma, espes., tam.
Materiais
Resistência
Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro
Potência e vergência
Princ. correcção
Efectividade
Transposição
Curvas base
Transposição tórica
Cilind. cruz. oblíqua/.
Curv.cil.merid.obliq.
Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções
Tolerâncias

Para uma curva base dada, se quisermos conhecer a lente tórica correspondente a uma determinada esferocilíndrica:

- 1 Curva base é dada
- 2 Curva transversal = curva base + componente cilíndrica
- 3 Curva esférica = componente esférica - curva base

★

Exemplo:

Curva base +6.00 D

+1.00 +2.00 × 90

$$\frac{+6.00 \times 180 / + 8.00 \times 90}{-5.00}$$

Transposição tórica

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções

Tolerâncias

Para passar da forma tórica para a forma esferocilíndrica:

- 1 Esfera = curva base + curva esférica
- 2 Cilindro = curva transversal - curva base
- 3 Eixo: mesmo da curva transversal

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções

Tolerâncias

Cilindros cruzados obliquamente

Cilindros cruzados obliquamente → meridianos principais não estão situados a 90° um do outro.

- Pode ocorrer, p.ex., no caso de uma sobrerefracção.

Exemplo: $+2.00 \times 30 / -3.00 \times 70$



Cálculo da lente resultante de cilindros cruzados obliquamente:

- método gráfico;
- método algébrico.

Caract.físicas

Geometria
Forma, espes., tam.
Materiais
Resistência
Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro
Potência e vergência
Princ. correcção
Efectividade
Transposição
Curvas base
Transposição tórica
Cilind. cruz. oblíqua/.
Curv.cil.merid.obliq.
Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções
Tolerâncias

Cilindros cruzados obliquamente

Método gráfico

$$C_1 \times \text{eixo}_1 / C_2 \times \text{eixo}_2$$

- 1 Escrever ambos cilindros como esferocilíndricas do mesmo sinal: $S_1 F_1 \times \alpha_1, S_2 F_2 \times \alpha_2$, onde $\alpha_1 < \alpha_2$;
- 2 escolher uma escala para a construção, p.e., 1 D = 1 cm;
- 3 desenhar uma linha horizontal à escala para o cilindro F_1 ;
- 4 calcular o ângulo em que se vai desenhar F_2 como sendo o dobro do ângulo entre F_1 e F_2 : $2(\alpha_2 - \alpha_1)$;
- 5 desenhar, no ângulo encontrado, uma linha à escala para F_2 ;
- 6 completar o paralelogramo e desenhar a diagonal resultante;
- 7 medir a diagonal, C , e o ângulo, θ , que faz com a horizontal;
- 8 C é o cilindro resultante e tem o mesmo sinal de F_1 e F_2 ;
- 9 o eixo, α , do cilindro C é obtido como $\alpha = \alpha_1 + \theta/2$;
- 10 calcular o equivalente esférico, eqS , como sendo a soma do equivalente esférico de ambas esferocilíndricas, $eqS_1 = S_1 + F_1/2$ e $eqS_2 = S_2 + F_2/2$: $eqS = eqS_1 + eqS_2$;
- 11 calcular a potência esférica, $S = eqS - C/2$.

$$S \quad C \times \alpha$$

Cilindros cruzados obliquamente

Método gráfico — Exemplo

$$+2.00 \times 30 / -3.00 \times 70$$

- 1 $+2.00 - 2.00 \times 120; -3.00 \times 70$
- 2 Escala: $1 D = 1 \text{ cm};$
- 3 linha horizontal à escala para $F_1: 3 \text{ cm};$
- 4 ângulo em que se vai desenhar $F_2: 2(120 - 70) = 100^\circ;$
- 5 desenhar, no ângulo encontrado, uma linha à escala para $F_2: 2 \text{ cm};$
- 6 completar o paralelogramo e desenhar a diagonal resultante;
- 7 medir a diagonal e o ângulo que faz com a horizontal: $C = 3,3 \text{ cm } \theta = 36^\circ;$
- 8 C é o cilindro resultante e tem o mesmo sinal de F_1 e $F_2: C = -3,3 D;$
- 9 o eixo do cilindro $C: \alpha = 70 + 36/2 = 88^\circ;$
- 10 equivalentes esféricos: $eqS_1 = -3.00/2, eqS_2 = +2.00 - 2.00/2$
 $eqS = eqS_1 + eqS_2 = -0,5 D;$
- 11 esfera do novo cilindro: $S = -0,5 + 3,3/2 = 1,15 D.$

$+1,15 - 3,3 \times 88$

Caract.físicas

Geometria
Forma, espes., tam.
Materiais
Resistência
Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro
Potência e vergência
Princ. correcção
Efectividade
Transposição
Curvas base
Transposição tórica
Cilind. cruz. oblíqua/
Curv.cil.merid.obliq.
Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções
Tolerâncias

Cilindros cruzados obliquamente

Método algébrico

$$C_1 \times \text{eixo}_1 / C_2 \times \text{eixo}_2$$

- 1 Escrever ambos cilindros como esferocilíndricas do mesmo sinal: $S_1 F_1 \times \alpha_1, S_2 F_2 \times \alpha_2$, onde $\alpha_1 < \alpha_2$;
- 2 calcular a distância angular, θ , entre o eixo do novo cilindro e o eixo do cilindro com menor valor de eixo: $\tan(2\theta) = \frac{F_2 \sin 2(\alpha_2 - \alpha_1)}{F_2 + F_2 \cos 2(\alpha_2 - \alpha_1)}$;
- 3 calcular o eixo, α , do novo cilindro como sendo a soma angular entre θ e o cilindro com menor valor de eixo: $\alpha = \theta + \alpha_1$;
- 4 calcular a potência esférica, S_c , resultante dos dois cilindros cruzados:
 $S_c = F_1 \sin^2 \theta + F_2 \sin^2(\alpha_2 - \alpha_1 - \theta)$;
- 5 calcular a potência esférica total, S , adicionando as potências esféricas das duas lentes originais (S_1 e S_2) e a potência esférica, S_c , resultante dos dois cilindros cruzados: $S = S_c + S_1 + S_2$;
- 6 calcular a potência cilíndrica, C , como sendo: $C = F_1 + F_2 - 2S_c$.

$$S \quad C \times \alpha$$

Curvatura de um cilindro num meridiano oblíquo

Meridiano axial:

superfície plana ($r = \infty$) \Rightarrow curvatura nula ($R = 0$) \Rightarrow
potência nula, $F = 0$



Meridiano de potência:

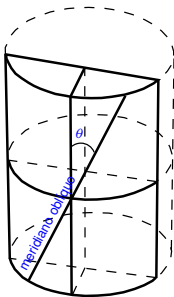
curvatura é o inverso do raio de curvatura ($R = 1/r$) \Rightarrow
potência máxima, $F = (n - 1)/r$

(Para um cilindro com índice de refração n e em contacto com o ar.)

Meridiano axial:

superfície plana ($r = \infty$) \Rightarrow curvatura nula ($R = 0$) \Rightarrow

potência nula, $F = 0$



★

Meridiano de potência:

curvatura é o inverso do raio de curvatura ($R = 1/r$) \Rightarrow

potência máxima, $F = (n - 1)/r$

(Para um cilindro com índice de refração n e em contacto com o ar.)

★

E os outros meridianos? O que acontece num **meridiano oblíquo**?

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

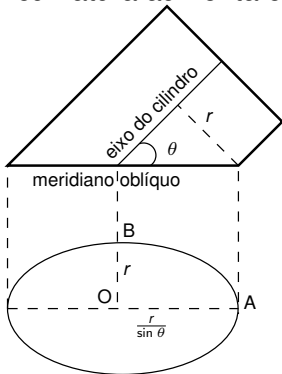
Tolerâncias

Convenções

Tolerâncias

Curvatura de um cilindro num meridiano oblíquo

Entre o meridiano axial e o meridiano de potência, a curvatura aumenta continuamente.



Se um plano intersectar o cilindro fazendo um ângulo θ com o seu eixo, a secção resultante é uma elipse:

- a curvatura, R_θ , de uma elipse nas extremidades do seu eixo menor é dada por:

$$R_\theta = \frac{OB}{OA^2} = \left(\frac{r}{\sin \theta} \right)^2$$

$$\Rightarrow R_\theta = R \sin^2 \theta$$

$$\Rightarrow \frac{F_\theta}{n-1} = \frac{F}{n-1} \sin^2 \theta$$

$$\Rightarrow F_\theta = F \sin^2 \theta$$

Efeito da inclinação da lente

Caract.físicas

Geometria
Forma, espes., tam.
Materiais
Resistência
Utilizações especiais

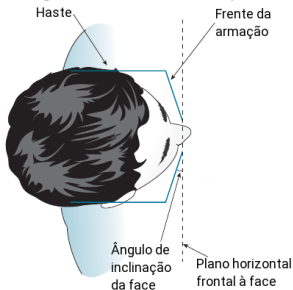
Caract.ópticas

Eixo e centro
Potência e vergência
Princ. correcção
Efectividade
Transposição
Curvas base
Transposição tórica
Cilind. cruz. oblíqua/
Curv.cil.merid.obliq.
Inclinação da lente

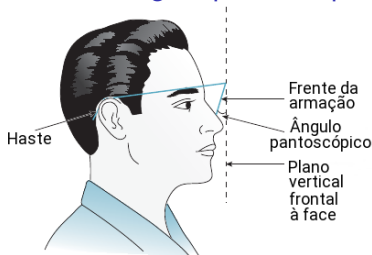
Tolerâncias

Convenções
Tolerâncias

Ângulo de inclinação da face



Ângulo pantoscópico



Schwartz,S.. Geometrical and Visual Optics: A Clinical Introduction. 3rd. Ed., McGrawHill, 2019.

Efeito da inclinação da lente

Ângulo pantoscópico: o ângulo de inclinação é obtido a partir de um eixo horizontal.

Ângulo de inclinação da face: o ângulo de inclinação é obtido a partir de um eixo vertical.



Em ambos casos, é induzido um astigmatismo que pode ser calculado pela diferença entre as potências efectivas nos meridianos sagital, F_S , e tangencial, F_T :

$$F_S = F \left(1 + \frac{\sin^2 \theta}{2n} \right) \quad F_T = F \left(\frac{2n + \sin^2 \theta}{2n \cos^2 \theta} \right)$$

onde F é a potência da lente inclinada, θ é o ângulo de inclinação da lente e n é o seu índice de refração.

Caract.físicas

Geometria
Forma, espes., tam.
Materiais
Resistência
Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro
Potência e vergência
Princ. correcção
Efectividade
Transposição
Curvas base
Transposição tórica
Cilind. cruz. oblíqua/.
Curv.cil.merid.obliq.
Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções
Tolerâncias

1

Características físicas de lentes oftálmicas

Geometria da superfície da lente: esférica, cilíndrica, tórica, asférica, atórica
Forma, espessura, tamanho
Materiais para lentes oftálmicas
Testes de resistência ao impacto
Utilizações especiais de lentes: utilização diária, protecção ocular, prática desportiva

2

Características ópticas de lentes oftálmicas

Centro óptico, eixo óptico e centro geométrico
Potência e vergência
Princípio de correcção das ametropias
Efectividade das lentes
Lentes esféricas, cilíndricas e bicilíndricas: regras da transposição
Curvas base
Transposição tórica
Cilindros cruzados obliquamente
Curvatura de um cilindro num meridiano oblíquo
Efeito da inclinação da lente

3

Tolerâncias ópticas

Convenções para prescrição de lentes oftálmicas
Tolerâncias

Convenções para prescrição de lentes oftálmicas

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correcção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções

Tolerâncias

- **Potência esférica:**
em passos de 0.25 D, separador decimal deve ser o ponto
- **Eixo:**
sistema TABO, 0°-180°, em passos de 5°
- **Lentes esferocilíndricas:**
S C × eixo (sem indicação do símbolo de grau)
obrigatória a indicação do sinal da lente
Exemplo: +2.00 -3.25 × 45
- **Lentes bicilíndricas:**
C₁ × eixo₁ / C₂ × eixo₂ (sem indicação do símbolo de grau)
obrigatória a indicação do sinal da lente
Exemplo: -2.00 × 45 / -1.50 × 135
- **Potência prismática:**
em passos de 1[△], aceitável 0.5[△]

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções

Tolerâncias

Tolerâncias ópticas
ANSI Z80.1

TABLE A-1

Distance Refractive Power Tolerances for Single Vision Lenses and Segmented Multifocals

	Power in Meridian of Highest Power	Tolerance on Meridian of Highest Power	Tolerance on Cylinder Powers of:		
			≥ 0.00 D, ≤ 2.00 D	> 2.00 D, ≤ 4.50 D	> 4.50 D
For single vision and segmented multifocals	From 0.00 up to ± 6.50 D	± 0.13 D	± 0.13 D	± 0.15 D	$\pm 4\%$
	Above ± 6.50 D	$\pm 2\%$	± 0.13 D	± 0.15 D	$\pm 4\%$

TABLE A-2

Distance Refractive Power Tolerances for Progressive Addition Lenses

	Power in Meridian of Highest Power	Tolerance on Meridian of Highest Power	Tolerance on Cylinder Powers of:		
			≥ 0.00 D, ≤ 2.00 D	> 2.00 D, ≤ 3.50 D	> 3.50 D
For Progressive Addition Lenses	From 0.00 up to ± 8.00 D	± 0.16 D	± 0.16 D	± 0.18 D	$\pm 5\%$
	Above ± 8.00 D	$\pm 2\%$	± 0.16 D	± 0.18 D	$\pm 5\%$

Brooks, C., Borish, I., System for ophthalmic dispensing (3rd ed.), Butterworth-Heinemann/Elsevier, 2007.

Caract.físicas

Geometria

Forma, espes., tam.

Materiais

Resistência

Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro

Potência e vergência

Princ. correção

Efectividade

Transposição

Curvas base

Transposição tórica

Cilind. cruz. oblíqua/.

Curv.cil.merid.obliq.

Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções

Tolerâncias

Tolerâncias ópticas
ANSI Z80.1TABLE A-3
Tolerances for Cylinder Axis

Cylinder Power Stated Exactly	Cylinder Power Stated in Quarter Diopter Steps	Axis Tolerance in Degrees for the Stated Cylinder Power
Up to and including 0.25	0.25	± 14
>0.25 up to and including 0.50	0.50	± 7
>0.50 up to and including 0.75	0.75	± 5
>0.75 up to and including 1.50	1.00, 1.25 and 1.50	± 3
>1.50	1.75 and above	± 2

When measuring for cylinder axis, the lens should be checked at the distance reference point. The distance reference point is that point on a lens where, according to the manufacturer, the distance power is to be measured. The distance reference point may not correspond to the prism reference point, as in the case of progressive addition lenses.

Brooks, C., Borish, I., System for ophthalmic dispensing (3rd ed.), Butterworth-Heinemann/Elsevier, 2007.

TABLE A-4
Addition Power Tolerances for Segmented Multifocals and Progressive Addition Lenses

Add Power	Tolerance
Up to and including 4.00	± 0.12
>4.00	± 0.18

Caract.físicas

Geometria
Forma, espes., tam.
Materiais
Resistência
Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro
Potência e vergência
Princ. correção
Efectividade
Transposição
Curvas base
Transposição tórica
Cilind. cruz. oblíqua/
Curv.cil.merid.obliq.
Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções
Tolerâncias

Tolerâncias ópticas

ANSI Z80.1

TABLE A-5

Determining Unwanted Vertical and Horizontal Prism Tolerances Using the More Traditional Method:
Single Vision and Segmented Multifocal Lenses Mounted in the Frame

	Tolerance
Vertical prism or PRP* placement	Within 1/3 prism diopter or within 1.0-mm difference between left and right PRP (prism reference point) heights in high-powered Rx with no prism ordered
Horizontal prism or PRP placement	Within 2/3 prism diopter (total from both lenses combined) or within ± 2.5 -mm variation from the specified distance PD for high-powered Rx

*The prism reference point (PRP) is that point on a lens where prism power is to be verified. It has also been referred to as the major reference point (MRP).

TABLE A-6

Determining Unwanted Vertical and Horizontal Prism Tolerances Using the Power-Based Method:
Single Vision and Segmented Multifocal Lenses Mounted in the Frame*

VERTICAL PRISM	
For lenses of ± 3.375 D or below in the vertical meridian . . .	unwanted vertical imbalance shall not exceed 0.33Δ
For lenses stronger than ± 3.375 D in the vertical meridian . . .	the vertical differences between prism reference points may not be greater than 1.0 mm
HORIZONTAL PRISM	
For lenses of ± 2.75 D or below in the horizontal meridian . . .	unwanted horizontal prism for both eyes combined shall not exceed 0.67Δ
For lenses stronger than ± 2.75 D in the horizontal meridian . . .	the horizontal difference from the ordered PD and the actual measured distance between the prism reference points shall not be greater than 2.5 mm

*Both the more traditional method and the power-based method yield exactly the same tolerance results.

Brooks, C., Borish, I., System for ophthalmic dispensing (3rd ed.), Butterworth-Heinemann/Elsevier, 2007.

Caract.físicas

Geometria
Forma, espes., tam.
Materiais
Resistência
Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro
Potência e vergência
Princ. correcção
Efectividade
Transposição
Curvas base
Transposição tórica
Cilind. cruz. oblíqua/.
Curv.cil.merid.obliq.
Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções
Tolerâncias

Tolerâncias ópticas

ANSI Z80.1

TABLE A-7

Tolerances for Unwanted Vertical and Horizontal Prism:

Edged but Unmounted Single Vision and Segmented Multifocals and Uncut Multifocals

For both horizontal
and vertical prism . . .

the tolerance must be within $\frac{1}{2}\Delta$ of the ordered prism power,

or

the PRP placement must be within ± 1.0 mm of the ordered position

TABLE A-8

Tolerances for Progressive Addition Lens Fitting Cross (Fitting Point) Location

VERTICAL FITTING CROSS HEIGHTS

A single un-mounted lens

Actual fitting cross height must be within ± 1.0 mm of the ordered fitting cross height

A pair of un-mounted lenses

Also, both fitting cross heights should be within 1 mm of each other relative to their ordered

A pair of mounted lenses

heights

HORIZONTAL FITTING CROSS LOCATION

A single un-mounted lens

Actual monocular interpupillary distance must be within ± 1.0 mm from the monocular

A pair of un-mounted lenses

interpupillary distance specified.

A pair of mounted lenses

HORIZONTAL TILT (AS MEASURED USING THE HIDDEN ALIGNMENT REFERENCE MARKINGS)

Mounted lens

2 degrees

Brooks, C., Borish, I., System for ophthalmic dispensing (3rd ed.), Butterworth-Heinemann/Elsevier, 2007.

Caract.físicas

Geometria
Forma, espes., tam.
Materiais
Resistência
Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro
Potência e vergência
Princ. correção
Efectividade
Transposição
Curvas base
Transposição tórica
Cilind. cruz. oblíqua/.
Curv.cil.merid.obliq.
Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções
Tolerâncias

Tolerâncias ópticas

ANSI Z80.1

TABLE A-9

Unwanted Vertical and Horizontal Prism Tolerances for Progressive Addition Lenses

VERTICAL PRISM*

For lenses of ± 3.375 D or below in the
vertical meridian . . .

vertical prismatic imbalance shall not exceed $0.33\Delta^{\dagger}$

For lenses stronger than $\pm 3.375\Delta$ in the
vertical meridian . . .

the combined vertical variation from each prism reference point must not exceed
1 mm.

HORIZONTAL PRISM

For lenses of ± 3.375 D or below in the
horizontal meridian . . .

the combined unwanted horizontal prismatic effects at the prism reference points
must not exceed 0.67Δ .

For lenses stronger than ± 3.375 D in the
horizontal meridian . . .

the horizontal variation from the ordered prism reference point location[‡] must not
be greater than ± 1.0 mm for either lens.

*When prism thinning is used to reduce lens thickness, the vertical thinning prism is considered as if it were prescribed prism.

[†]For lens pairs with different cross heights, finding unwanted vertical prism is not as simple as dotting the stronger lens and sliding the spectacles across to read the other lens vertical prismatic effect. The second prism reference point will be at a different ordered height.

[‡]The horizontal prism reference point location is the same as the monocular PD.

Brooks, C., Borish, I., System for ophthalmic dispensing (3rd ed.), Butterworth-Heinemann/Elsevier, 2007.

Caract.físicas

Geometria
Forma, espes., tam.
Materiais
Resistência
Utilizações especiais

Caract.ópticas

Eixo e centro
Potência e vergência
Princ. correção
Efectividade
Transposição
Curvas base
Transposição tórica
Cilind. cruz. oblíqua/
Curv.cil.merid.obliq.
Inclinação da lente

Tolerâncias

Convenções
Tolerâncias

Tolerâncias ópticas

ANSI Z80.1

TABLE A-10

Tolerances for Multifocal Segment Location and Tilt

Vertical segment heights	Tolerance
One unmounted lens	Actual height should be within ± 1.0 mm from the ordered segment height
A lens pair (mounted or unmounted)	Actual height should be within ± 1.0 mm from the ordered segment height <i>and</i> both lens segments in the pair should be within 1 mm of each other
Horizontal segment location* (Near PD)	Tolerance
Mounted lens pair	Near PD should be within ± 2.5 mm of the ordered near PD. Inset should appear symmetrical and balanced unless specified monocularly

Segment Tilt (The amount the flat top of a segment line deviates from the horizontal)

	Tolerance
Mounted lens	2 degrees

*For an E-line (Franklin style) bifocal, the center of the segment is located at the thinnest point on the segment ledge.

Brooks, C., Borish, I., System for ophthalmic dispensing (3rd ed.), Butterworth-Heinemann/Elsevier, 2007.

TABLE A-11

ANSI Z80.1-2005 Miscellaneous Tolerances

	Tolerance
Thickness (measured at the prism reference point)	± 0.3 mm (when thickness is specified on the order)
Warpage	1.00 D (does not apply for points within 6 mm of the eyewire)
Base curve	± 0.75 D (when specified on the order)
Impact resistance	Capable of withstanding the impact of a 5/8 inch steel ball dropped from 50 inches