

## استفاده از عینک مخصوص کار با لیزر

مقدمه: نه تنها باریکه مستقیم لیزر می‌تواند به چشم‌ها آسیب برساند بلکه پرتوهای منعکس شده و پرتوهای پراکنده‌ی لیزر نیز ممکن است خطرناک باشند. پرتو لیزرهای کم توان نیز می‌توانند آسیب‌های دائمی و جدی بر چشم وارد کنند. خطرهای پرتوها، مخصوصاً پرتوهای نامرئی را نمی‌توان احساس کرد، اما با استفاده از عینک‌های مناسب در محیط کار با لیزر، می‌توان از خطرات احتمالی پرتوهای لیزر برای چشم، پیشگیری به عمل آورد. برای عینک‌های استاندارد و مخصوص لیزر، باید محدوده‌ی طول موج و میزان تضعیف نور در آن محدوده یا محدوده‌ها، روی دسته یا قاب عینک حک شده باشد. در قسمت‌های بعدی مشخصه‌های عینک‌های لیزر، بر اساس استانداردهای فعلی در جهان ارایه می‌گردد.

**معیار چگالی نوری (optical density) (OD) :** قبل از معرفی استاندارد EN 207، معیار عینک‌های محافظ لیزری معمولاً از طریق چگالی نوری (OD) مشخص می‌شد. در این معیار تنها اطلاعات حفاظتی که برای عینک در دسترس است OD عینک است. این روش هنوز به طور گسترده‌ای در آمریکا استفاده می‌شود. OD یک عینک، لگاریتم مقدار تضعیفی است که عینک در برابر پرتوی لیزر در یک طول موج مشخص انجام می‌دهد. به عنوان مثال اگر عینک محافظ لیزری پرتوی لیزر ND:YAG را ۱۰۰۰۰۰۰ برابر تضعیف کند، این عینک دارای OD، ۶ در طول موج ۱۰۶۴ نانومتر است. برای به دست آوردن OD ابتدا حداکثر شدت نور لیزر قابل دسترسی، بر حد استاندارد شدت پرتوی لیزر در طول موج مورد نظر تقسیم می‌شود. لگاریتم این عدد حداقل مقدار OD برای عینک را مشخص می‌کند. جدول ۱ حداکثر عبور طیف و مقدار تضعیف پرتو لیزر را در معیار OD نشان می‌دهد.

جدول ۱- معیار چگالی نوری (OD)

معیار OD	حداکثر عبور طیف	مرتبۀ تضعیف پرتوی لیزر
OD1	$10^{-1}$	۱۰
OD2	$10^{-2}$	۱۰۰
OD3	$10^{-3}$	۱۰۰۰
OD4	$10^{-4}$	۱۰۰۰۰
OD5	$10^{-5}$	۱۰۰۰۰۰
OD6	$10^{-6}$	۱۰۰۰۰۰۰
OD7	$10^{-7}$	۱۰۰۰۰۰۰۰
OD8	$10^{-8}$	۱۰۰۰۰۰۰۰۰

**معیار LB:** LB معیاری است که توسط استاندارد EN207:2009 تعریف شده است. این استاندارد در مورد حفاظت از چشم در برابر پرتوهای لیزر، با استفاده از عینک و یا مواد پلاستیکی، است. معیار LB، علامت‌گذاری‌های لازم بر روی عینک‌های مخصوص کار با لیزر، برای تضمین حفاظت از چشم در برابر پرتوهای لیزر را معرفی می‌کند.

هر معیار LB سه قسمت دارد.

قسمت اول معیار LB، حالت زمانی باریکه لیزر را بیان می‌کند:

**D:** نشان دهنده لیزرهای پیوسته، و یا لیزرهایی است که زمان پرتوگیری از آن‌ها بیشتر از ۰/۲۵ ثانیه است.

**I:** نشان دهنده لیزرهای پالسی با عرض پالس بین یک میکرو ثانیه تا ۰/۲۵ ثانیه است.

**R:** نشان دهنده لیزرهای پالسی با عرض پالس بین یک نانوثانیه تا یک میکرو ثانیه است.

**M:** نشان دهنده لیزرهای پالسی با عرض پالس کمتر از یک نانوثانیه است.

این دسته بندی در جدول ۲ خلاصه شده است.

جدول ۲- حالت زمانی باریکه لیزر در استاندارد EN207

عرض پالس (ثانیه)	نوع لیزر	قسمت اول معیار LB
بیشتر از ۰/۲۵	لیزر پیوسته	D
یک میکرو ثانیه تا ۰/۲۵ ثانیه	لیزر پالسی	I
یک نانو ثانیه تا یک میکرو ثانیه	لیزر پالسی Q-switch	R
کمتر از ۱ نانو ثانیه	لیزر پالسی Mode-coupled	M

قسمت دوم معیار LB، طول موج و یا طول موج‌هایی که عینک برای تضعیف آن‌ها ساخته شده است را بیان می‌کند.

قسمت سوم معیار LB، اعداد LB است. این اعداد، نشان می‌دهند چگالی توان و یا چگالی انرژی پرتوهای لیزری که به چشم می‌رسند، توسط عینک چند برابر تضعیف شده‌اند.

مثال ۱: **D 532 LB3** این عینک پرتوی لیزر با باریکه نوع D (لیزر پیوسته) در طول موج ۵۳۲ نانومتر را حداقل ۱۰۰۰ مرتبه تضعیف می‌کند. ( $\log 1000=3$ )

مثال ۲: **DIR 1000-1300 LB5** این عینک باریکه‌های نوع D (پیوسته)، I (لیزر پالسی) و R (لیزر پالسی Q-switch) را در محدوده‌ی طول موج ۱۰۰۰ تا ۱۳۰۰ نانومتر حداقل  $10^5$  مرتبه تضعیف می‌کند. ( $\log 10^5=5$ )

**مقایسه تضعیف بر اساس معیارهای LB و OD:** همان‌گونه که مواد به کار رفته در عینک محافظ باید مقاومت کافی در برابر شدت توان و یا شدت انرژی پرتو لیزر در یک طول موج معین را داشته باشند، و تغییر کیفیت ندهند، عینک باید توانایی تضعیف پرتو لیزر به اندازه کافی برای حفاظت از چشم در برابر پرتو لیزر را نیز داشته باشد. قسمت سوم معیار LB نشان دهنده آن است که OD عینک از عدد L در طول موج معین ذکر شده، بیشتر است.

راهنمای انتخاب عینک برای کار با یک لیزر خاص: جدول زیر از استاندارد EN 207 استخراج شده است. در این جدول برای معیار LB سه محدوده طول موج در نظر گرفته شده است. محدوده اول بین ۱۸۰ تا ۳۱۵ نانومتر، محدوده دوم بین ۳۱۶ تا ۱۴۰۰ نانومتر و محدوده سوم بین ۱۴۰۱ تا ۱۰۰۰ میکرون تقسیم بندی شده است.

جدول ۳- راهنمای انتخاب عینک لیزر در معیار EN207

مشخصات و کلاس بندی های فیلترها و حفاظت از چشم در برابر پرتوهای لیزر EN 207										
معیار L	ماکزیمم عبور در طول موج لیزر	ماکزیمم چگالی توان و یا ماکزیمم چگالی انرژی در ناحیه طول موجها								
		۱۸۰ تا ۳۱۵ نانومتر			۳۱۶ تا ۱۴۰۰ نانومتر			۱۴۰۱ نانومتر تا ۱۰۰۰ میکرون		
		D W/m <sup>2</sup>	I,R J/m <sup>2</sup>	M W/m <sup>2</sup>	D W/m <sup>2</sup>	I,R J/m <sup>2</sup>	M W/m <sup>2</sup>	D W/m <sup>2</sup>	I,R J/m <sup>2</sup>	M W/m <sup>2</sup>
L <sub>1</sub>	۱۰ <sup>-۱</sup>	۱۰ <sup>-۲</sup>	۳×۱۰ <sup>۲</sup>	۳×۱۰ <sup>۱۱</sup>	۱۰ <sup>۲</sup>	۵×۱۰ <sup>-۲</sup>	۱/۵×۱۰ <sup>-۳</sup>	۱۰ <sup>۴</sup>	۱۰ <sup>۳</sup>	۱۰ <sup>۱۲</sup>
L <sub>2</sub>	۱۰ <sup>-۲</sup>	۱۰ <sup>-۱</sup>	۳×۱۰ <sup>۳</sup>	۳×۱۰ <sup>۱۲</sup>	۱۰ <sup>۳</sup>	۵×۱۰ <sup>-۱</sup>	۱/۵×۱۰ <sup>-۲</sup>	۱۰ <sup>۵</sup>	۱۰ <sup>۴</sup>	۱۰ <sup>۱۳</sup>
L <sub>3</sub>	۱۰ <sup>-۳</sup>	۱	۳×۱۰ <sup>۴</sup>	۳×۱۰ <sup>۱۳</sup>	۱۰ <sup>۴</sup>	۵	۰/۱۵	۱۰ <sup>۶</sup>	۱۰ <sup>۵</sup>	۱۰ <sup>۱۴</sup>
L <sub>4</sub>	۱۰ <sup>-۴</sup>	۱۰	۳×۱۰ <sup>۵</sup>	۳×۱۰ <sup>۱۴</sup>	۱۰ <sup>۵</sup>	۵۰	۱/۵	۱۰ <sup>۷</sup>	۱۰ <sup>۶</sup>	۱۰ <sup>۱۵</sup>
L <sub>5</sub>	۱۰ <sup>-۵</sup>	۱۰ <sup>۲</sup>	۳×۱۰ <sup>۶</sup>	۳×۱۰ <sup>۱۵</sup>	۱۰ <sup>۶</sup>	۵×۱۰ <sup>۲</sup>	۱۵	۱۰ <sup>۸</sup>	۱۰ <sup>۷</sup>	۱۰ <sup>۱۶</sup>
L <sub>6</sub>	۱۰ <sup>-۶</sup>	۱۰ <sup>۳</sup>	۳×۱۰ <sup>۷</sup>	۳×۱۰ <sup>۱۶</sup>	۱۰ <sup>۷</sup>	۵×۱۰ <sup>۳</sup>	۱/۵×۱۰ <sup>۲</sup>	۱۰ <sup>۹</sup>	۱۰ <sup>۸</sup>	۱۰ <sup>۱۷</sup>
L <sub>7</sub>	۱۰ <sup>-۷</sup>	۱۰ <sup>۴</sup>	۳×۱۰ <sup>۸</sup>	۳×۱۰ <sup>۱۷</sup>	۱۰ <sup>۸</sup>	۵×۱۰ <sup>۴</sup>	۱/۵×۱۰ <sup>۳</sup>	۱۰ <sup>۱۰</sup>	۱۰ <sup>۹</sup>	۱۰ <sup>۱۸</sup>
L <sub>8</sub>	۱۰ <sup>-۸</sup>	۱۰ <sup>۵</sup>	۳×۱۰ <sup>۹</sup>	۳×۱۰ <sup>۱۸</sup>	۱۰ <sup>۹</sup>	۵×۱۰ <sup>۵</sup>	۱/۵×۱۰ <sup>۴</sup>	۱۰ <sup>۱۱</sup>	۱۰ <sup>۱۰</sup>	۱۰ <sup>۱۹</sup>
L <sub>9</sub>	۱۰ <sup>-۹</sup>	۱۰ <sup>۶</sup>	۳×۱۰ <sup>۱۰</sup>	۳×۱۰ <sup>۱۹</sup>	۱۰ <sup>۱۰</sup>	۵×۱۰ <sup>۶</sup>	۱/۵×۱۰ <sup>۵</sup>	۱۰ <sup>۱۲</sup>	۱۰ <sup>۱۱</sup>	۱۰ <sup>۲۰</sup>
L <sub>10</sub>	۱۰ <sup>-۱۰</sup>	۱۰ <sup>۷</sup>	۳×۱۰ <sup>۱۱</sup>	۳×۱۰ <sup>۲۰</sup>	۱۰ <sup>۱۱</sup>	۵×۱۰ <sup>۷</sup>	۱/۵×۱۰ <sup>۶</sup>	۱۰ <sup>۱۳</sup>	۱۰ <sup>۱۲</sup>	۱۰ <sup>۲۱</sup>

لذا با دانستن مشخصات پرتو تابش شده از لیزر شامل چگالی توان، یا چگالی انرژی برای لیزرهای پالسی و همچنین طول موج نور لیزر، می توان با استفاده از جدول ۳، عینک مناسب را انتخاب نمود.

مثال ۳: اگر لیزر در طول موج ۷۸۰ نانومتر تابش کند و لیزر پیوسته با چگالی توان ۵۰۰ وات بر متر مربع باشد، با توجه به جدول بالا باید از عینکی با حداقل مشخصات **D 780 L2** استفاده شود.

مثال ۴: آیا عینکی با مشخصات DIR 1060 L5 برای لیزری که در طول موج ۱۰۶۴ نانومتر عمل می‌کند و لیزر دارای طول پالس ۱۰ نانوثانیه با چگالی انرژی هزار ژول بر متر مربع می‌باشد، مناسب است یا خیر؟

عینک مورد استفاده باید از نوع D باشد. با توجه به جدول ۳ معیار L باید L6 باشد، در نتیجه عینک مورد استفاده برای این لیزر مناسب نیست.

**استاندارد EN 208 (قابل استفاده برای لیزرهای تنظیم (alignment) با نور مرئی):** استاندارد EN 208 تنها برای لیزرهای مرئی (طول موج ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر) به کار می‌رود. در این طول موج‌ها عینک‌های محافظ لیزر معمولاً ODهای بزرگی دارند. ODهای ۶ و بزرگتر از آن متداول هستند که به ازای آنها ضریب تضعیف حداقل ۱۰۰۰۰۰۰ به پرتوی لیزری که به چشم می‌رسد، اعمال می‌شود. در نتیجه با زدن این عینک‌ها پرتوهای لیزر مرئی آنقدر تضعیف می‌شوند که قابل دیدن نیستند و توانایی دیدن آنکه پرتوی لیزر به چه نقطه‌ای تابیده می‌شود، از بین می‌رود. در برخی از کاربردهای لیزر لازم است که محل برخورد پرتو لیزر دیده شود، پرتو لیزری که به این منظور استفاده می‌شود لیزر تنظیم (alignment) نامیده می‌شود.

EN208 برای محاسبه تضعیف عینک مناسب برای لیزرهای تنظیم (alignment) استفاده می‌شود. برای بدست آوردن مشخصات عینک مناسب باید مراحل زیر، انجام داده شود:

الف - ۱ برای لیزرهای پیوسته و یا لیزرهایی با عرض پالس بیشتر از ۰/۲ میلی ثانیه: توان لیزر را بدست آورید. (برای باریکه‌هایی که قطر آنها از ۷ میلی‌متر بزرگتر هستند، تنها توان ۷ میلی‌متر از پهنای باریکه را بدست آورید).

الف - ۲ برای لیزرهای پالسی (لیزرهایی با عرض پالس ۱ نانو ثانیه تا ۰/۲ میلی ثانیه): انرژی هر پالس را محاسبه کنید (برای باریکه‌هایی که قطر آنها از ۷ میلی‌متر بزرگتر هستند، تنها انرژی ۷ میلی‌متر از پهنای باریکه را محاسبه کنید) سپس انرژی بدست آمده را در ضریب تصحیح  $N^{1/4}$  (N برابر است با تعداد پالس‌ها در ۱۰ ثانیه) ضرب کنید.

ب - با توجه به جدول ۴ عینک مناسب، انتخاب می‌شود.

جدول ۴- راهنمای انتخاب عینک مخصوص لیزر تنظیم (alignment) با معیار EN208

معیار	لیزرهای پالسی (لیزرهایی با عرض پالس ۱ نانو ثانیه تا ۰/۲ میلی ثانیه) ماکزیمم انرژی (J)	لیزرهای پیوسته و یا لیزرهایی با عرض پالس بیشتر از ۰/۲ میلی ثانیه ماکزیمم توان (W)
R <sub>1</sub>	$2 \times 10^{-6}$	۰/۰۱
R <sub>2</sub>	$2 \times 10^{-5}$	۰/۱
R <sub>3</sub>	$2 \times 10^{-4}$	۱
R <sub>4</sub>	$2 \times 10^{-3}$	۱۰
R <sub>5</sub>	$2 \times 10^{-2}$	۱۰۰

در استاندارد EN208 از سمبل R به جای L استفاده می‌شود که نباید با سمبل R در استاندارد EN207 اشتباه شود. با توجه به جدول بالا، معیار EN208 پرتو لیزری را که به چشم می‌رسد، به محدوده لیزرهای کلاس II می‌رساند.

ارتباط بین R و OD در جدول ۵ نشان داده شده است:

جدول ۵- ارتباط بین R و OD

معیار EN208	OD
R <sub>1</sub>	$1 < OD < 2$
R <sub>2</sub>	$2 < OD < 3$
R <sub>3</sub>	$3 < OD < 4$
R <sub>4</sub>	$4 < OD < 5$
R <sub>5</sub>	$5 < OD < 6$

مثال ۵: عینکی با مشخصات **532R3** با توجه به جدول‌های ۴ و ۵ باریکه پرتو لیزر در طول موج ۵۳۲ نانومتر را بین  $10^3$  تا  $10^4$  مرتبه تضعیف می‌کند.

مثال ۶: **1064DL6+IRL7+532R3**: این عینک در طول موج ۱۰۶۴ نانومتر باریکه نوع D (لیزر پیوسته) را حداقل  $10^6$  مرتبه، در همان طول موج باریکه‌های I (لیزر پالسی) و R (لیزر پالسی-Q-switch) را حداقل  $10^7$  مرتبه و باریکه تنظیم (alignment) با طول موج ۵۳۲ نانومتر را بین  $10^2$  و  $10^4$  مرتبه تضعیف می‌کند.