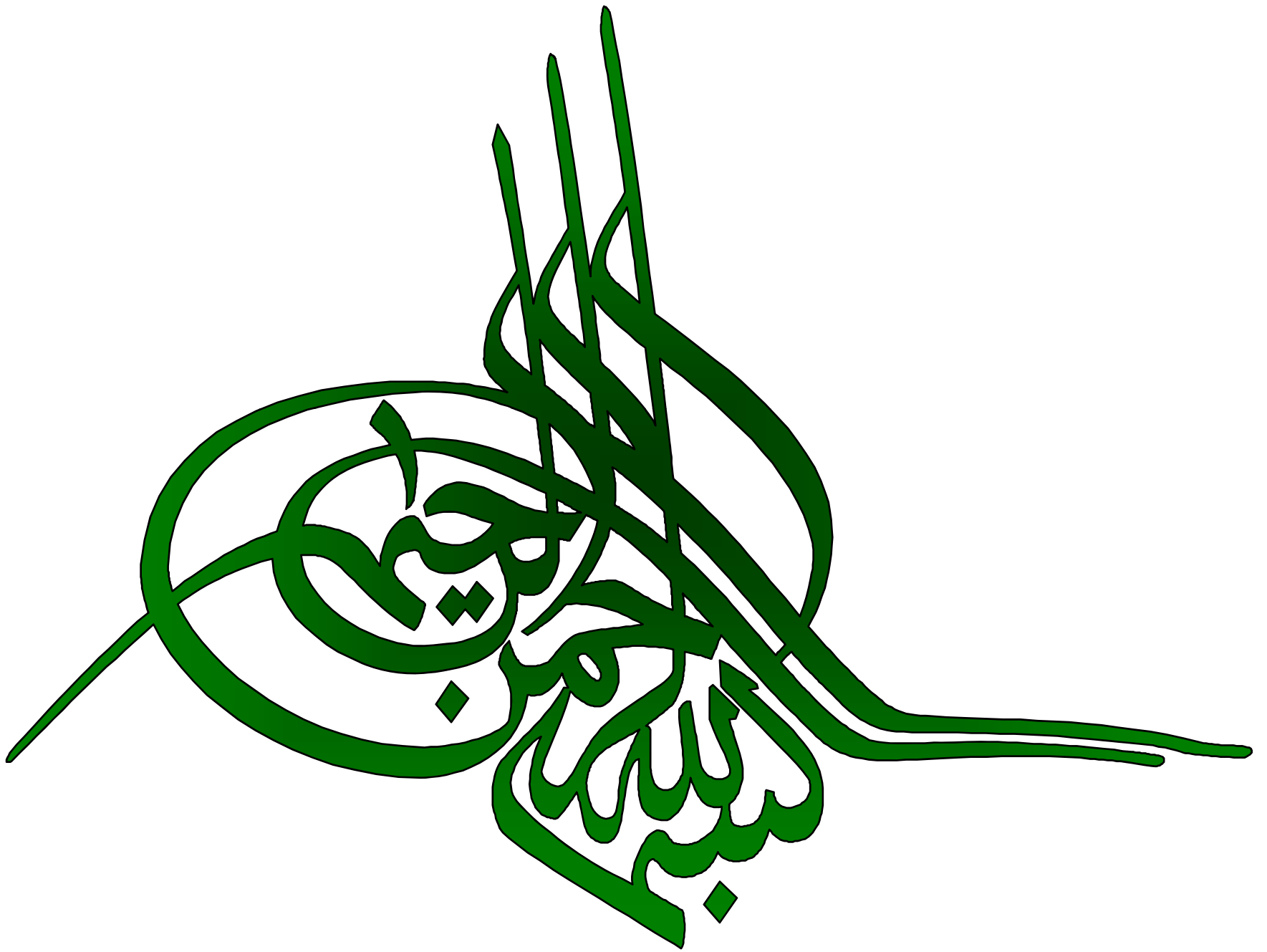


# مدیریت انرژی سیستم‌های روشنایی

دکتر علی اکبر عالم رجبی

دانشگاه صنعتی اصفهان  
دانشکده مهندسی مکانیک



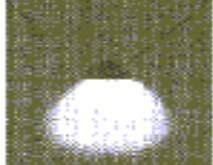

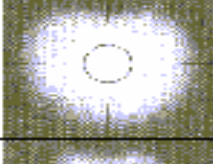
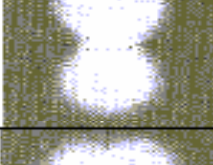
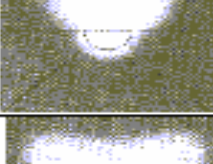
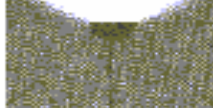
اصول مهم در طراحی و نگهداری

سیستم روشنایی مصنوعی

## سیستمهای تامین روشنایی مصنوعی

- ۱- طراحی روشنایی داخلی
- ۲- طراحی روشنایی محوطه ای
- ۳- طراحی روشنایی جاده ای
- ۴- طراحی روشنایی خاص و تبلیغاتی

## سیستم های پخش روشنائی

شکل منحنی قطبی	ضریب بهره روشنائی	نسبت پخش نور به پائین	سیستم روشنائی
	۰/۴۵-۰/۷۵	%۹۰-۱۰۰	مستقیم
	۰/۴۵-۰/۵۵	%۶۰-۹۰	نیمه مستقیم
	۰/۳۵-۰/۴۵	%۴۰-۶۰	پخش یکنواخت
	۰/۳۵-۰/۴۵	%۴۰-۶۰	مستقیم - غیر مستقیم
	۰/۲۵-۰/۳۵	%۱۰-۴۰	نیمه غیر مستقیم
	۰/۱۵-۰/۲۰	%۰-۱۰	غیر مستقیم

# مزایای استفاده از لامپهای کم مصرف

## ۱- کاهش مصرف انرژی:

اگر يك لامپ کم مصرف با يك لامپ رشته ای معمولی که به همان میزان نور تولید می کند مقایسه شود ، مصرف انرژی برق لامپ کم مصرف حدود يك پنجم لامپ رشته ای می باشد. جدول زیر مقایسه مصرف انرژی لامپهای کم مصرف و

توان مصرفی لامپ معمولی (وات)	میزان نور خروجی (لومن) مصرف		توان مصرفی لامپ کم (وات)	رشته
	آفتابی	مهتابی		
۴۰	۵۰۰	۴۵۰	۹	
۶۰	۶۰۰	۵۵۰	۱۱	
۷۵	۸۰۰	۷۵۰	۱۵	
۱۰۰	۱۰۰۰	۹۰۰	۱۸	
۱۵۰	۱۵۰۰	۱۴۰۰	۲۳	

# مزایای استفاده از لامپهای کم مصرف (ادامه)

## - طول عمر زیاد:

طول عمر لامپهای کم مصرف در صورت استفاده صحیح و به ازای يك بار کلیدزنی در هر ۳ ساعت استفاده، بین ۸۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ ساعت می باشد، که این میزان ۸ تا ۱۰ برابر لامپهای رشته ای است.

## - امکان انتخاب رنگ نور لامپ:

لامپهای کم مصرف برخلاف لامپهای رشته ای در رنگهای متفاوت (سفید گرم ، سفید سرد ، خنثی ) عرضه می شوند و شما می توانید رنگ دلخواه نور خود را برای استفاده های مختلف انتخاب نمایید.

## جدول (۱) طیف رنگی لامپهای کم مصرف:

سفید گرم		خنثی		سفید سرد	
نور لامپ التهای معمولی		مناسب برای آشپزخانه و محل کار		مناسب برای مطالعه	
2700K	3000K	3500K	4100K	5000K	6500K

# مزایای استفاده از لامپهای کم مصرف (ادامه)

- نور بدون لرزش:

نور لامپهای کم مصرف به دلیل استفاده از يك مدار الکترونیکی فرکانس بالا کاملاً یکنواخت بوده و تغییرات و چشمک زدن لامپهای مهتابی معمولی را ندارد.

- ایمنی مناسب برای سلامتی انسان:

طبق استانداردهای بین المللی لامپها از نظر تشعشع پرتوها به چهار رده لامپهای بی خطر، کم خطر، میان خطر و پرخطر تقسیم بندی شده اند. لامپهای کم مصرف مطابق این استانداردها در رده لامپهای بی خطر قرار می گیرد. لامپ بی خطر لامپی است که حضور انسان در فاصله ۰/۵ متری از آن به مدت ۸ ساعت یا خیره شدن مستقیم به آن به مدت ۱۵ دقیقه هیچ خطری برای سلامتی چشم و پوست ایجاد نمی کند.



# مزایای استفاده از لامپهای کم مصرف (ادامه)

- جدول ( ۲ ): زمانهای مجاز مواجهه برای انواع مختلف

لامپ

	لامپ بی خطر	لامپ کم خطر	لامپ میان خطر
حداکثر زمان حضور در فاصله کمتر از ۰/۵ متر	۸ ساعت	۳ ساعت	۱۵ دقیقه
حداکثر زمان خیره شدن به لامپ	۱۵ دقیقه	۵ دقیقه	۱۰۰ ثانیه

# توصیه هایی برای کاربرد لامپهای کم مصرف

## - شاخص نمود رنگ:

شاخص نمود رنگ شاخص بسیار مهمی برای کیفیت نور لامپ می باشد. این شاخص نشان می دهد که مواد غیر شفاف چگونه و به چه میزان توسط منابع نوری نمایان می شوند. هر چه شاخص نمود رنگ لامپ بالاتر باشد کیفیت نور لامپ بالاتر بوده و نور لامپ نمود بهتری به رنگ اجسام می دهد. لامپهای رشته ای دارای شاخص نمود رنگ بسیار بالا و در حدود ۱۰۰ می باشند، اما لامپهای کم مصرف نیز دارای شاخص نمود رنگ عالی یا خیلی خوب و در حدود بالاتر از ۸۰ می باشند.

# مزایای استفاده از لامپهای کم مصرف (ادامه)

جدول ( ۳ ): شاخص نمود رنگ و کاربرد مناسب لامپ

وضعیت	گروه	شاخص نمود رنگ CRI	کاربردهای مناسب
عالی	1A	90-100	موزه ها، مکانهای نمایش نقاشی، پارچه و ...
خیلی خوب	1B	80-89	اتاقهای ملاقات، هتلها، رستورانها
خوب	2A	70-79	اماکن اداری، مدارس
مناسب	2B	60-69	سالنهای کارخانجات
ضعیف	3	40-59	نورپردازی خارجی
بسیار ضعیف	4	20-39	نورپردازی دریا، نورپردازیهای خارجی

# توصیه هایی برای کاربرد لامپهای کم مصرف (ادامه)

ساختمان لامپهای کم مصرف به گونه ای است که کلیدزنی بیش از حد سبب کاهش طول عمر آن می شود. بنابراین بهتر است از بکار بردن لامپهای کم مصرف در اماکنی که تعداد دفعات کلیدزنی، نسبت به مقدار زمان روشن بودن لامپ در آنجا زیاد است خودداری شود (مثل سرویسهای بهداشتی و راه پله های مجهز به تایمر) .

طول عمر نامی اعلام شده توسط شرکت سازنده به ازای یک بار کلیدزنی در هر ۳ ساعت کار اندازه گیری شده است . بدیهی است نرخ کلیدزنی بالاتر به طول عمر کوتاه تر منجر می شود. همچنین در مواردی که زمان عدم نیاز به لامپ کمتر از ۱۵ دقیقه است بهتر است لامپ خاموش نگردد، زیرا کاهش طول عمر در این گونه موارد زیانبارتر از اتلاف انرژی مصرفی لامپ است.

## بهینه سازی مصرف انرژی در سیستم های روشنایی

- بالاست های مغناطیسی ، انرژی را مشابه مکانیزم اتلاف انرژی در ترانسفورماتورها تلف می کنند. وقتی که لامپ خاموش می شود، بالاست انرژی مصرف نمی کند، ولی غالباً اتفاق می افتد که در برنامه کاهش لامپها به منظور صرفه جویی انرژی ، برخی لامپ ها از مدار خارج شده و بقیه در مدار باقی می مانند. از سوی دیگر بالاست لامپ های سوخته و یا نیم سوز نیز معمولاً در مدار باقی می ماند. در این وضعیت، وقتی مدار تغذیه می شود، اگرچه لامپ ها خارج شده اند، ولی بالاست ها همچنان انرژی را تلف می کنند. با جدا کردن بالاست ها می توان تلفات انرژی ناشی از در مدار بودن آنها را کاهش داد.

## مقایسه میزان مصرف انرژی لامپ های فلورسنت با بالاست های متفاوت

لامپ	بالاست	مصرف انرژی نسبت به حالت مبنا
استاندارد	مغناطیسی استاندارد	(حالت مبنا) ۱۰۰%
استاندارد	مغناطیسی راندمان بالا	۸۷%
استاندارد	الکترونیکی	۷۵%
راندمان بالا	مغناطیسی استاندارد	۹۰%
راندمان بالا	مغناطیسی راندمان بالا	۸۰%
راندمان بالا	الکترونیکی	۶۸%
T8	الکترونیکی یکپارچه	۵۶%

# نحوه انتخاب لامپ ها برای کاربردهای مختلف

□ بسیار مناسب ○ مناسب ▲ توصیه نمی گردد X نامناسب

کاربری	رشته ای			فلورسنت			جیوه ای			ننال هالاید		سدیم		
	عمومی	رفلکتوری	هالوژنی	عمومی	رنگ دمی بالا	توان بالا	جیوه ای شفاف	فلورسنت جیوه ای	رفلکتوری	با بالابست داخلی	عمومی	رنگ دمی بالا	پر فشار	کم فشار
مسکونی	□	○	▲	□	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×
اداری	عمومی	▲	▲	▲	□	▲	○	×	×	×	×	▲	▲	×
	لابی ها و اتاق های با سقف مرتفع	○	○	○	○	▲	○	×	○	○	▲	□	○	×
	اتاقهای نقشه کشی و اتاق های منفرد	○	○	▲	□	○	×	×	▲	×	×	▲	▲	×
فروشگاهها	عمومی	□	□	○	□	○	×	○	▲	▲	▲	▲	×	×
	سقف مرتفع	○	○	○	○	○	×	○	○	○	□	○	▲	×
	ویرین	□	□	□	□	○	×	▲	▲	○	○	○	×	×
کارخانه ها	سقف با ارتفاع کم	▲	▲	○	□	○	×	▲	▲	▲	▲	▲	▲	×
	سقف مرتفع	▲	▲	○	▲	▲	□	×	□	○	○	□	○	×
	انبیارها	○	▲	○	□	▲	○	▲	□	○	○	○	▲	○
آموزشی	کلاس درس	▲	▲	▲	□	○	▲	×	×	×	▲	▲	×	
جاده ها	خیابانها	▲	×	×	○	×	×	▲	□	▲	▲	▲	○	▲
	جاده در مناطق مسکونی	○	×	×	○	×	×	▲	□	▲	×	▲	×	○
پارکینگ	داخلی	▲	▲	▲	□	×	○	×	○	▲	▲	▲	○	×
	بیرونی	▲	▲	▲	○	×	×	▲	□	○	▲	▲	○	▲
فضاهای باز		○	▲	▲	○	▲	×	▲	□	▲	▲	○	▲	×

- با اجرای روش های بهینه سازی در سیستم های روشنایی ، می توان بدون آنکه در تامین میزان روشنایی لازم مشکلی ایجاد گردد ، مصرف انرژی را تا حد امکان کاهش داد. بر این اساس و با توجه به نوع فعالیت واحدهای صنعتی که معمولاً از نوع غیر دقیق می باشد، میزان روشنایی لازم در محل های مختلف داخل کارخانه عموماً بین ۵۰ تا ۳۰۰ لوکس برآورد شده است که البته برای هر منطقه کاری باید با توجه به نوع کار ، بصورت دقیق تری مشخص گردد.



## شدت روشنایی لازم برای مکان های مختلف کارخانه ها

شدت روشنایی	مکان
۱۵۰۰-۳۰۰۰	تابلو سیستم های کنترلی و ابزار دقیق در اتاق کنترل و...
۷۵۰-۱۵۰۰	محل نقشه کشی و طراحی
۳۰۰-۷۵۰	اتاق کنترل
۱۵۰-۳۰۰	اتاق برق و تاسیسات تهویه مطبوع
۷۵-۱۵۰	راهروها ، راه پله ، سرویس های بهداشتی ، انبارها با کاربرد عملیات اجرایی
۳۰-۷۵	راه پله های اضطراری داخلی ، انبارها و تاسیسات بیرونی
۱۰-۳۰	محوطه ها

استفاده از لامپها، رفلکتورها و حبابهاي با راندمان بالاتر

- با توجه به جداول ويژگي هاي عملکردي ونحوه انتخاب لامپها براي کاربردهاي مختلف، مناسب ترين لامپ از دیدگاه بهره نوري براي هر کاربرد خاص انتخاب مي گردد که اين امر نهايتاً به صرفه جويي انرژي در سيستم روشنائي منجر مي شود، بدون آنکه کيفيت روشنائي و يا شدت روشنائي مورد نياز تنزل يابد. همچنين انتخاب انعکاس دهنده هاي نوري ( Reflector ) و حباب هاي با راندمان بالاتر سبب کاهش مصرف انرژي در سيستم روشنائي مي گردد.

## تمیز کردن چراغها، لامپ ها و سطوح دیوارها

- تمیز کردن سطح چراغها، لامپ ها و سطوح دیوارها سبب افزایش شدت روشنایی گردیده و افزایش ضریب نگهداری را به دنبال دارد. حتی در محیط های خیلی تمیز هم پس از سه سال استفاده از چراغ ها، به دلیل کثیفی سطح لامپ ها و انعکاس دهنده ها، تا ۱۵ درصد از روشنایی خروجی کاسته می شود. این امر در محیط های کارگاهی تاثیر شدیدتری در کاهش روشنایی خروجی خواهد داشت. به این منظور حباب لامپ ها و سطوح انعکاس دهنده نور، هر چند ماه يك بار باید کاملاً تمیز گردند. فاصله زمانی تمیز کردن لامپها بستگی به شرایط محیطی محل قرار گرفتن لامپ ها دارد.

## توجه به رنگ محیط اطراف و بازتابش آن

- از آنجایی که رنگهای تیره جاذب نور هستند، سطح روشنایی واقعی يك اتاق تحت تاثیر رنگ و خصوصیات بازتابش سطح دیوارها، سقف و کف قرار می گیرد. در کارگاه های صنعتی اغلب با تمیز کردن دیوارها یا رنگ کردن آنها با رنگهای روشن تر میتوان شدت روشنایی را بهبود بخشید. در واقع استفاده از رنگ های روشن سبب افزایش ضریب بهره روشنایی می گردد که نتیجه آن افزایش شدت روشنایی می باشد.

## کاهش زمان روشن بودن لامپ ها

کاهش مصرف انرژی از طریق کاهش زمان روشن بودن لامپ ها با اجرای موارد زیر امکان پذیر است:

- \* خاموش کردن لامپ ها در مواقع غیر ضروري
- \* خاموش نمودن لامپهاي نزديك به پنجره هايي كه به بيرون ساختمان باز مي شوند
- \* خاموش نمودن لامپ ها در مكان هاي خالي و غير ضروري
- \* نصب كليدهاي اتوماتيك و يا تايمر براي روشنائي فضاي بيروني و ...

- با توجه به اینکه در مراکز صنعتی، اپراتورها و بهره بردارها کمتر مبادرت به خاموش نمودن چراغهای اضافی می نمایند، بهترین راه برای خاموش کردن لامپ های اضافی استفاده از کلیدهای اتوماتیک می باشد. به این منظور مثلاً می توان از حسگرهای نوری و یا از تایمرهای ساعتی استفاده نمود. تایمرها را می توان طوری تنظیم کرد که در ساعات خاصی از شبانه روز چراغها را روشن یا خاموش کند.

- حس گرهای نوری وسایلی حساس به نور هستند که بنا به شدت نور طبیعی موجود چراغها را روشن و خاموش می کنند. با توزیع صحیح چراغها بر روی انشعابات و با استفاده از این کنترل کننده ها، می توان چراغها را بگونه ای تنظیم نمود که مثلاً در هنگام روز چراغهای اطراف و نزدیک به پنجره های خارجی (پنجره هایی که به بیرون باز می شوند) و تعدادی از خطوط روشنایی داخلی خاموش شده و هنگام شب روشن گردند. استفاده از تجهیزات فوق، به نحو موثری خاموش شدن چراغهای اضافی را در طول روز تضمین می نماید.

## کاهش ارتفاع نصب چراغها

- هرچه ارتفاع نصب چراغ در يك اتاق بيشتتر شود، زاويه فضايي كه در محل چراغ تشكيل مي گردد كوچكتر مي شود و با توجه به منحنی پخش نور چراغ، نور كمترى به طور مستقيم به سطح كار مي رسد. لذا ارتفاع نصب چراغ با ضريب بهره نسبت معكوس دارد. بنابراین با کاهش ارتفاع چراغها مي توان تعداد لامپ ها را کاهش داد. از سوي ديگر كم كردن ارتفاع نصب چراغ ها به منظور افزايش ضريب بهره، سبب غير يكنواخت تر شدن نور بر روي سطح كار شده و لذا ارتفاع چراغ ها بايد تا حدي کاهش يابد كه نور بر روي سطح كار غير يكنواخت نگردد.

## استفاده از روشنایی غیر یکنواخت

- محیط های خاصی وجود دارند که نیاز به یک سطح روشنایی یکنواخت در سرتاسر سالن و یا اتاق دارند، مانند برخی دفاتر که در آنها از سطح گسترده ای بطور همزمان استفاده می گردد. اما در بسیاری موارد دیگر ، تامین روشنایی غیر یکنواخت نیز مناسب است. در اینگونه موارد چراغهای سقف باید طوری قرار بگیرند که روشنایی زیادی را روی میزها و سطوح کاری ایجاد کنند و بطور محسوس ، نور کمتری را برای محل های عبور و قسمت های بایگانی و غیره تامین نمایند. در موارد زیادی می توان این عمل را با جابجایی تنها تعداد کمی از چراغها از محل های مشخصی از اتاق انجام داد.



## بهینه نمودن سطح شدت روشنایی

- کاهش شدت روشنایی مکان هایی که شدت روشنایی در آنها بیش از مقادیر لازم تعیین شده می باشد، سبب کاهش مصرف انرژی در سیستم روشنایی می گردد.

## تعویض چراغها با چراغهاي مناسبتر

- راه حل ديگري که مي توان در برخي موارد بکار گرفت، تعویض نوع چراغ ، نورافکن و منعکس کننده ها به شکلي است که بتوان کنترل دقيق تري بر روي روشنائي داشت و پرتوهاي نور را تنها در جاهائي که لازم است متمرکز نمود. بدین ترتیب ، با افزایش راندمان عملکرد، مي توان تعداد چراغها با توان مصرفي لامپ ها را بطور قابل ملاحظه اي کاهش داد. این مسئله به همین اندازه براي روشنائي محيط هاي بيرون نیز صادق است. براي مثال ، مي توان از چراغي استفاده کرد که پرتوهاي نور را در امتداد سطح به گونه اي بتاباند که فقط آن ناحیه روشن شود.

## بهینه سازی مصرف انرژی در سیستم های روشنایی

- در کلیه فعالیت ها ، تامین روشنایی کافی و مناسب در فضاي کار براي جلوگیری از بروز خستگی و آسیب دیدگی چشم کارکنان از ضروریات اولیه می باشد. وجود روشنایی کافی بخصوص در مراکز صنعتی ، کارگاه ها از حساسیت بالایی برخوردار است . در محل های مذکور احتمال بروز خطرات ناشی از عدم دید کافی و صحیح افزایش یافته و از این رو تامین روشنایی با شدت نور کافی در این مناطق اجتناب ناپذیر است.

با افزایش میزان روشنایی مصنوعی در محیط مصرف انرژی سیستم روشنایی نیز افزایش خواهد یافت که این امر منجر به افزایش هزینه انرژی مصرفی می گردد. بنابراین باید سیستم های روشنایی بگونه ای طراحی گردند که علاوه بر برآورده نمودن تمام نیازها و ایجاد شرایط متناسب با نوع کار و فعالیت به لحاظ اقتصادی نیز بهینه باشند.

سیستم های بهینه روشنایی در برگیرنده پارامترهای زیر می باشند :

\* شدت روشنایی مناسب و توزیع بهینه آن

\* عاری بودن منبع روشنایی از چشمک زدن و درخشندگی بیش از حد

\* راندمان بالا

موفق باشيد

