

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مبانی فناوری نور و روشنایی

تألیف: دکتر هاشم علیپور و مهندس سیامک علیپور

سرشناسه:	علیپور، هاشم، ۱۳۵۱-
عنوان و نام پدیدآور:	مبانی فناوری نور و روشنایی/تألیف هاشم علیپور، سیامک علیپور.
مشخصات نشر:	تهران: پژوهشگاه نیرو، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری:	ن، ۳۰۱ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک:	۳-۷-۹۲۹۵۹-۶۰۰-۹۷۸: ۱۷۰،۰۰۰ ریال
وضعیت فهرست‌نویسی:	فیپا
یادداشت:	کتابنامه: ص. ۲۹۷.
موضوع:	روشنایی
موضوع:	روشنایی برق
موضوع:	نور
شناسه افزوده:	علیپور، سیامک، ۱۳۵۳-
شناسه افزوده:	پژوهشگاه نیرو
رده‌بندی کنگره:	TH۷۷۰۳/ع۸م۲ ۱۳۹۲
رده‌بندی دیویی:	۶۲۱/۳۲
شماره کتابشناسی ملی:	۳۱۷۱۵۲۴

نام کتاب:	مبانی فناوری نور و روشنایی
مؤلفان:	دکتر هاشم علیپور، مهندس سیامک علیپور
ناشر:	پژوهشگاه نیرو
چاپخانه:	چاپ میران
شمارگان:	۱۰۰۰ جلد
نوبت چاپ:	اول / بهار ۱۳۹۲
قیمت:	۱۷۰،۰۰۰ ریال
شابک:	۳-۷-۹۲۹۵۹-۶۰۰-۹۷۸

تقدیم به:

کسانی که به ما آموختند و

کسانی که راه آموختن را هموار کردند.

پیشگفتار

مدتهاست انسان خورشید را به‌عنوان یک منبع نور منحصر به فرد می‌شناسد. از حدود ۳۰۰ هزار سال پیش انسان آتش را برای گرما و نوردهی اختراع (شناسایی) کرد. انسان‌های غارنشین برای روشنایی از انبار آتش، مشعل، سوختن روغن یا پیه حیوانات استفاده می‌کردند. نقاشی‌های انجام‌شده در غارها در حدود ۵۰۰۰ سال پیش نمایان‌گر استفاده انسان از نور مصنوعی داخل این غارها بوده است.

تقریباً ۲۶۰ سال قبل از میلاد حضرت مسیح برج‌های روشنایی به‌منظور جهت‌یابی کشتی‌ها در کنار سواحل و ۳۷۸ سال بعد از میلاد مسیح در کوچه و خیابان‌های مدرن از چراغ روشنایی استفاده شده است.

از سال ۱۷۸۳ انسان از لامپ‌هایی با مواد سوختنی استفاده کرده است. تا قرن نوزدهم برای روشنایی از لامپ‌های روغنی و شمع استفاده است. در این لامپ‌ها از گاز یا روغن به‌عنوان ماده سوختنی استفاده می‌شد. هرچند از قرن نوزدهم به بعد لامپ‌های الکتریکی اختراع شدند اما عملاً در سال ۱۸۶۶ همزمان با ماشین الکتریکی زیمنس این لامپ‌ها معرفی شده‌اند. از سال ۱۸۷۹، ادیسون از لامپ الکتریکی برای روشنایی استفاده کرد.

امروزه زندگی بدون نور مصنوعی قابل تصور نیست. سرعت توسعه و پیشرفت لامپ‌ها جهت تولید نور بسیار زیاد است. پیشرفت تکنولوژی و مواد مصرفی در سیستم‌های نوری، امکانات روشنایی مصنوعی را بالا برده است. منابع نور مصنوعی تنها در کارخانجات پیشرفت نداشته بلکه دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی تحقیقاتی نیز تلاش عمده‌ای در این پیشرفت داشته‌اند.

امروزه در اغلب کشورها مهندسی روشنایی به‌عنوان یکی از گرایش‌های اصلی مهندسی برق به‌صورت بخش (یا انستیتو) روشنایی در دانشگاه‌ها فعالیت دارند. به‌طور مثال در کشور آلمان در دانشگاه‌های صنعتی برلین، دارم‌اشتات، ایلمینو و ... دانشجویان زیادی در مقطع فوق‌لیسانس و دکترا در رشته مهندسی روشنایی مشغول به تحصیل در انستیتو روشنایی هستند.

اگرچه انسان نور را برای روشنایی کشف کرد اما در حال حاضر کاربرد نور بسیار وسیع شده به‌طوری‌که در ارتباطات به‌منظور ارسال انواع اطلاعات و همچنین درمان و سلامتی جایگاه بسیار مهمی دارد. پروژه‌های تحقیقاتی براساس خط‌مشی اتحادیه اروپا بر سه محور استوار است:

- نور و سلامتی

- نور و محیط زیست

- نور و کاهش مصرف انرژی الکتریکی

در مبحث نور و سلامتی، آثار نور بر سلامتی انسان بررسی می‌شود چرا که نور علاوه بر دیدن بر بعضی از اعضای مهم بدن — به‌خصوص سیستم عصبی و غدد داخلی — تأثیر مستقیم دارد و می‌تواند بر سلامتی انسان تأثیرگذار باشد. البته امروز از نور برای ضدعفونی کردن، درمان بیماری (مانند زردی، دیابت، سینوزیت، آگزما، عفونت‌های داخلی و ...) و حتی زیبایی نیز استفاده می‌شود.

در مبحث نور و محیط زیست تأثیر مخرب نوع نور و روشنایی بر انسان، محیط زیست (گیاهان و جانوران)، آلودگی نوری، عوامل مخرب محیط زیست لامپ‌ها، چراغ‌ها و راه‌اندازی‌های مستهلک‌شده آنها و نیز بازیافت مواد بررسی می‌شود. همواره

سازندگان در تلاش‌اند تا در تجهیزات جدید از موادِ دوستدار محیط زیستی استفاده کنند یا در صورت مخرب‌بودن میزان مصرف‌شان کمینه شود.

در آخرین مبحث — بخش نور و کاهش مصرف انرژی الکتریکی — راه‌های مختلف کاهش مصرف انرژی الکتریکی، از جمله افزایش راندمان و بازدهی لامپ‌ها، چراغ‌ها و راه‌اندازها، افزایش کیفیت نور منابع نوری، سنسورهای مختلف نوری، راه‌های استفاده بیشینه از نور طبیعی خورشید، تجهیزات هوشمند و کنترلی و ... مورد بررسی قرار می‌گیرند.

با توجه به اهمیت نور و روشنایی، در دسترس نبودن مرجع کاملی به زبان فارسی باعث شده با این موضوع مهم به‌صورت علمی و مهندسی در همه‌جا برخورد نشود و در نتیجه مانند سایر علوم مهندسی روند تکاملی مناسبی نداشته باشد. لذا سعی شده این کتاب براساس معتبرترین مراجع به‌روز و واحدهای درسی مبانی مهندسی روشنایی — که در دانشگاه صنعتی برلین توسط آقایان پروفیسور کازه (Kasse) و پروفیسور فولکا (Völker) تدریس می‌شود — و همچنین آخرین دستاوردهای علمی مجلات معتبر جمع‌آوری و تدوین شود. در دانشگاه صنعتی برلین آلمان این درس در قالب یک درس سه‌واحدی نظری به‌علاوه یک درس دوواحدی تجربی برگزار می‌شود.

امید داریم با عنایت و لطف خداوند متعال این کتاب به‌عنوان یک مرجع اولیه قابل قبول برای تدریس مبانی روشنایی در دانشگاه‌ها، و استفاده علاقه‌مندان به این موضوع مورد توجه قرار بگیرد، و در راه ارتقاء مهندسی روشنایی در کشور عزیزمان

— از طریق انجام پروژه‌های تحقیقاتی به‌خصوص پروژه‌های دانشجویی در مقاطع لیسانس، فوق لیسانس و دکترا — تأثیرگذار باشد.

در خاتمه مؤلفان بر خود فرض می‌دانند از مساعدت و همکاری آقای مهندس همایون حایری (مدیر عامل محترم شرکت توانیر)، جناب آقای مهندس محمدرضا فخرنبوی (مدیرعامل (اسبق) محترم شرکت برق منطقه‌ای فارس)، جناب آقای پروفیسور حسین محسنی (استاد محترم دانشگاه تهران)، سرکار خانم اعظم جلالوندی (مسئول انتشارات پژوهشگاه نیرو) و همچنین سرکار خانم سیما تویسرکانی (ویراستار محترم) تشکر و قدردانی کنم.

دکتر هاشم علیپور، مهندس سیامک علیپور-هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی سپیدان

خرداد ماه ۱۳۹۲

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول: ماهیت نور و روابط فیزیکی آن
۱	۱.۱. مقدمه.....
۵	۱.۲. دسته‌بندی امواج الکترومغناطیسی.....
	فصل دوم: اصطلاحات پایه و کمیت‌های نوری
۹	۲.۱. مقدمه.....
۹	۲.۲. شار نوری.....
۱۶	۲.۳. روشنایی.....
۱۸	۲.۳.۱. روشنایی عمودی.....
۱۸	۲.۳.۲. روشنایی استوانه‌ای.....
۱۹	۲.۳.۳. روشنایی نیمه‌استوانه‌ای.....
۱۹	۲.۳.۴. روشنایی نیمه‌کروی.....
۲۰	۲.۴. شدت نور و زاویه فضایی.....
۲۵	۲.۵. سیستم‌های نمایش منحنی توزیع پخش نور.....
۲۸	۲.۶. درخشندگی.....
۳۰	۲.۷. گسیل نوری خاص.....
۳۱	۲.۸. انرژی نورانی.....
۳۱	۲.۹. نوردهی.....
۳۲	۲.۱۰. چند کمیت مهم نوری دیگر.....
۳۴	۲.۱۱. توزیع طیف یک پرتو، تابع پرتوها و نوع نور.....
۳۵	۲.۱۲. ضریب اثر بخشی (کارایی).....
۴۲	۲.۱۳. حساسیت.....

عنوان صفحه

فصل سوم: روابط و انتشار نور

۳. ۱. مقدمه ۴۵

۳. ۲. قوانین پایه نوری ۴۵

۳. ۳. محاسبات روشنایی و گسیل نوری خاص ۴۷

۳. ۴. محاسبه روشنایی با نور کاملاً متقارن پخش شده ۴۷

۳. ۵. پرتورها کاملاً متقارن پخش شده نور ۴۹

۳. ۶. محاسبات شار نوری ۵۱

۳. ۷. محاسبات ضریب مشخصه برای خصوصیات نوری مواد با توجه به طیف ۵۳

فصل چهارم: رنگ

۴. ۱. مقدمه ۵۵

۴. ۲. روش‌های تعیین رنگ ۵۶

۴. ۳. سیستم ظرفیت‌های رنگی استاندارد ۵۸

۴. ۴. ضریب برگرداندن رنگ ۷۵

فصل پنجم: چشم انسان

۵. ۱. مقدمه ۷۷

۵. ۲. کالبدشناسی چشم انسان ۷۷

۵. ۲. ۱. قرنیه ۷۹

۵. ۲. ۲. عدسی ۸۲

۵. ۲. ۳. زجاجیه ۸۳

۵. ۲. ۴. شبکیه ۸۴

صفحه	عنوان
۸۷	۵. ۳. خطر پرتوهای نوری بر چشم انسان
۸۹	۵. ۴. تعدادی از بیماری‌های چشم ناشی از پرتوها
۸۹	۵. ۴. ۱. عفونت قرنیه و عفونت پلک
۹۰	۵. ۴. ۲. آب مروارید چشم (UV-A , UV-B)
۹۱	۵. ۴. ۳. پاره شدن شبکیه (سوختن شبکیه)
۹۱	۵. ۴. ۴. آب مروارید ناشی از پرتوهای IR
۹۲	۵. ۵. سنجش و ارزیابی مکانی نور توسط چشم
۹۳	۵. ۶. تحریک زمانی چشم
۹۴	۵. ۷. تطابق
۹۶	۵. ۸. مشخصه‌های توانایی دید چشم انسان
۹۶	۵. ۸. ۱. آستانه دید
۹۷	۵. ۸. ۲. حساسیت کنتراست
۹۹	۵. ۸. ۳. حساسیت شکلی و تیزبینی
۱۰۰	۵. ۸. ۴. سرعت حس بینایی
۱۰۱	۵. ۹. خیرگی
۱۰۲	۵. ۹. ۱. خیرگی فیزیولوژی
۱۰۳	۵. ۹. ۲. خیرگی روانی
فصل ششم: اندازه‌گیری نور و پرتوها	
۱۰۵	۶. ۱. مقدمه
۱۰۹	۶. ۳. گیرنده‌های نوری
۱۰۹	۶. ۳. ۱. پیروالکتریسیتته

عنوان	صفحه
۶.۳.۲. فتوسل	۱۱۱
۶.۳.۳. تکثیرکننده‌های نوری	۱۱۲
۶.۳.۴. فتودیودها	۱۱۳
۶.۴. اندازه‌گیری کمیت‌های مهم نوری	۱۲۰
۶.۴.۱. اندازه‌گیری روشنایی	۱۲۱
۶.۴.۲. اندازه‌گیری شدت نور	۱۲۵
۶.۴.۳. اندازه‌گیری شار نوری	۱۲۹
۶.۵. اندازه‌گیری درخشندگی	۱۳۷
۶.۶. اندازه‌گیری تعدادی ضریب مشخصه نوری مواد	۱۴۵
۶.۷. اندازه‌گیری رنگ	۱۴۸
۶.۷.۱. روش طیف	۱۴۸
۶.۷.۲. روش معادل‌سازی	۱۴۹
۶.۷.۳. روش سه ناحیه‌ای	۱۵۰
۶.۸. طیف‌سنج	۱۵۱
۶.۹. موارد تکمیلی	۱۵۳
فصل هفتم: تولید نور و منابع نوری	
۷.۱. مقدمه	۱۵۵
۷.۲. تخلیه گازی	۱۶۴
۷.۳. تبدیل پرتوها	۱۷۰
۷.۴. چند سازوکار دیگر برای تولید نور	۱۷۳
۷.۵. منابع نوری مصنوعی	۱۷۳

صفحه	عنوان
۱۷۸	۶.۷. منتشرکنندگان حرارتی.....
۱۷۹	۷.۷. لامپ‌های رشته‌ای.....
۱۸۶	۷.۸. لامپ‌های تخلیه‌ای.....
۱۸۶	۷.۸.۱. لامپ‌های گازی کم فشار.....
۱۸۹	۷.۸.۲. لوله‌های روشنایی.....
۱۹۰	۷.۸.۳. لامپ‌های گازی پرفشار.....
۲۰۰	۷.۹. لامپ‌های فلورسنت کم‌فشار.....
۲۰۱	۷.۹.۱. نگاه کلی در رابطه با مشخصات و شکل لامپ‌های فلورسنت.....
۲۰۳	۷.۱۰. ساختمان لامپ‌های فلورسنت.....
۲۰۴	۷.۱۰.۱. پارامترهای نوری لامپ‌های فلورسنت.....
۲۰۴	۷.۱۰.۲. توان نامی.....
۲۰۵	۷.۱۰.۳. شار خروجی.....
۲۰۵	۷.۱۰.۴. طول عمر.....
۲۰۵	۷.۱۰.۵. رنگ نور.....
۲۰۷	۷.۱۱. عملکرد لامپ‌های فلورسنت.....
۲۰۹	۷.۱۲. مشخصه‌های انتخاب لامپ.....
۲۱۰	۷.۱۲.۱. شار خروجی لامپ.....
۲۱۳	۷.۱۲.۲. توان نامی لامپ.....
۲۱۳	۷.۱۲.۳. طول عمر.....
۲۱۴	۷.۱۲.۴. کیفیت رنگ نور.....
۲۱۶	۷.۱۲.۵. بازیافت لامپ‌های فلورسنت.....

عنوان	صفحه
۱۳.۷. فرایند توسعه منابع فلورسنت.....	۲۱۷
۱۳.۷.۱. فرایند توسعه لامپ.....	۲۱۸
۱۳.۷.۲. فرایند توسعه بالاست.....	۲۱۹
۱۴.۷. مشخصات فنی سیستم کنترل DALI.....	۲۴۰
۱۵.۷. نور طبیعی.....	۲۴۴

فصل هشتم: مطالعه اجمالی LED و OLED

۱. مقدمه.....	۲۴۷
۲. تاریخچه.....	۲۴۸
۳. ساختمان دیود نوری LED.....	۲۴۹
۴. اصول عملکرد LED.....	۲۵۲
۵. مشخصات الکتریکی LED.....	۲۵۵
۶. جهت انتشار پرتوها.....	۲۵۶
۷. ولتاژ مستقیم LED.....	۲۶۱
۸. دیودهای نوری آلی (OLED).....	۲۶۳
۹. ساختمان و عملکرد OLED.....	۲۶۴
۱۰. کاربرد و انتخاب مواد عالی برای OLED.....	۲۶۶
۱۱. مزایای استفاده از (LED OLED) به عنوان منبع نوری برای روشنایی.....	۲۶۶
۱.۱۱. مزایای LED.....	۲۶۷
۲.۱۱. مزایای OLED.....	۲۶۸
۳.۱۱. محدودیت کاربرد دیودهای نوری LED.....	۲۷۱
۴.۱۱. محدودیت کاربرد دیودهای نوری OLED.....	۲۷۷

صفحه	عنوان
۲۷۸	۸. ۱۲. مشخصات طیفی نور منتشره در LED
۲۸۰	۸. ۱۳. طول عمر (پیری)
۲۸۲	۸. ۱۴. رنگ و تکنولوژی
۲۸۳	۸. ۱۴. ۱. ترکیب رنگ‌ها
۲۸۴	۸. ۱۴. ۲. مواد رنگی فلورسنت
۲۸۷	۸. ۱۵. تقسیم‌بندی LED
۲۸۸	۸. ۱۶. توناژ رنگ (تیره یا روشن بودن)
۲۸۹	۸. ۱۷. وضعیت تکنولوژی
۲۹۰	۸. ۱۸. بهره نوری
۲۹۱	۸. ۱۹. کاربرد
۲۹۳	۸. ۲۰. روند توسعه و پیشرفت دیودهای نوری
۲۹۵	۸. ۲۱. چشم‌انداز توسعه و پیشرفت دیودهای نوری
۲۹۷	مراجع