طراحی اپتیکی با
نرم‌افزار زیمکس (ZEMAX)

تألیف:

بهرام قبانعلی زاده

www.ketab.ir

سرشناسه	:	قربانعلی‌زاده، بهرام، ۱۳۶۵ -
عنوان و نام پدیدآور	:	طراحی اپتیکی با نرم‌افزار زیمکس(zemax) / تالیف بهرام قربانعلی‌زاده.
مشخصات نشر	:	تهران: علم استادان ، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	:	۶۰۲ ص.: مصور(رنگی).
شابک	:	۹۷۸-۶۲۲-۹۹۰۵۳-۷-۱
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا
موضوع	:	نرم‌افزار زیمکس
موضوع	:	ZEMAX (Computer software)
موضوع	:	نورشناسی -- نرم‌افزار
موضوع	:	Optics -- Software
موضوع	:	ابزار بینایی -- طرح و ساختمان
موضوع	:	Optical instruments -- Design and construction
رده بندی کنگره	:	QC۲/۳۵۵/۴ط ق۴ ۱۳۹۷
رده بندی دیویی	:	۸۳
شماره کتابشناسی ملی	:	۵۲۱۰۴۱۱

طراحی اپتیکی با نرم‌افزار زیمکس (ZEMAX)

تألیف: بهرام قربانعلی زاد
ناشر: انتشارات علم استادان
نوبت چاپ: اول/۱۳۹۷
تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه
لیتوگرافی: باختر
چاپخانه: مهر
صحافی: مهر
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۹۹۰۵۳-۷-۱
قیمت: ۷۴۰۰۰ تومان

کلیه حقوق این اثر برای مولف محفوظ است.

انتشارات علم استادان: خیابان انقلاب- نبش خیابان ۱۲ فروردین
پلاک ۱۳۱۴ - طبقه اول- واحد ۲- تلفن: ۶۶۴۱۸۴۹۳
انتشارات عمارت: خیابان انقلاب- خیابان فخررازی - پلاک ۸۵- طبقه سوم-
واحد۷- تلفن: ۶۶۴۱۱۷۲۰-۶۶۴۸۷۵۱۶

www.ketab.ir

پیشگفتار مؤلف

امروزه صنعت اپتیک یکی از مهم‌ترین صنایع در دنیا به شمار می‌رود. طراحی انواع دوربین، تلسکوپ، میکروسکوپ، دستگاه‌های تصویربرداری، طیف‌سنجی و طراحی دستگاه‌های مادون‌قرمز همگی در حوزه طراحی اپتیک و الکترواپتیک قرار دارند.

به‌طورکلی قبل از ساخت یک سیستم اپتیکی ابتدا باید طراحی آن انجام شود، به‌عبارت‌دیگر شعاع انحنای سطوح، ضخامت‌ها، فواصل خالی بین عدسی‌ها[1]، قطر مؤلفه‌های مختلف و نوع شیشه تعیین می‌شود. دلیل پیچیدگی عدسی‌ها این است که در حالت ایده‌ال، تمامی پرتوهای منتشرشده از یک نقطه شیء در تمام طول موج‌ها باید به‌طور دقیق عبور داده شوند و تصویری کامل بسازند. تصویر یک شیء تخت، باید در تصاویری که در راستای مستقیم قرار دارند بدون هیچ‌گونه انحرافی تخت باشد.

پارامترهای در دسترس طراح برای تغییر در ساختار سیستم اپتیکی به درجه‌های آزادی[2] موسوم‌اند. این درجه‌های آزادی شامل شعاع انحنای سطوح، ضخامت‌ها، فضاهای خالی، ضرایب شکست، توان پاشندگی شیشه‌ها و مکان دهانه‌بند[3] یا ریچه محدودکننده سیستم می‌شود. حفظ فاصله کانونی موردنیاز عدسی‌ها همواره لازم است، در غیر این صورت بزرگنمایی نسبی و ارتفاع تصویر تغییر خواهد کرد. درنهایت، طراح باید کار خود را با یک سیستم اولیه متناسب و خوش‌نام کند. ازاین‌رو هر تغییر ساختاری که در سیستم ایجاد می‌شود باید با برخی تغییرات دیگر همراه باشد تا کانون ثابت بماند. همچنین اگر عدسی برای بزرگنمایی ثابتی استفاده می‌شود، این بزرگنمایی باید در کل فرآیند طراحی حفظ شود.

طراح سیستم لنزی اغلب برای دستیابی به نتیجه‌ای مطلوب، با تنوعی از روش‌ها مواجه است. موفقیت یک پروژه تا حد زیادی تحت تأثیر انتخاب او است. برخی از سؤالات پیش روی او عبارت‌اند از: آیا سیستم آینه‌ای استفاده شود یا سیستم عدسی؟ آیا یک سطح قوی می‌توان جایگزین دو سطح ضعیف کرد؟ آیا یک عدسی با ضریب شکست بالا را می‌توان بجای دو عدسی با شیشه‌های معمولی بکار برد؟ آیا یک سطح غیر کروی قابل جایگزین با دو سطح کروی است؟ آیا یک عدسی با فاصله کانونی زیاد که زاویه‌ی میدانی باریک دارد را می‌توان بجای یک عدسی با فاصله کانونی کم بکار برد؟ آیا به منظور ایجاد تغییرات گام‌به‌گام بزرگنمایی، می‌توان عناصر عدسی که دارای کانون متغییر[4] هستند را جایگزین یک سری عدسی‌های

---

[1] Air Spaces
[2] Degree of Freedom
[3] Aperture
[4] Zoom lens

www.ketab.ir

معمولی کرد؟ اگر دو سیستم عدسی به‌صورت متوالی مورداستفاده قرار گیرند، چگونه می‌توان بزرگنمایی کل را بین آن‌ها تقسیم کرد؟ اگر برخی ابیراهی‌های کم‌اهمیت نادیده گرفته شوند، آیا ممکن است بتوان تصاویری با وضوح‌بالا به دست آورد؟

یکی از مشکل‌ترین مسائل پیش روی یک طراح عدسی، انتخاب هوشمندانه نوع شیشه است و بدین منظور وی باید چندین عامل را در نظر بگیرد. شیشه‌ای با ضریب شکست بالا منجر به ایجاد سطوح ضعیف‌تر و ابیراهی‌های کمتر می‌شود اما چنین شیشه‌هایی پرهزینه و حجیم هستند. اگر کیفیت عدسی ارجحیت داشته باشد هر شیشه‌ای قابل‌استفاده خواهد بود اما اگر قیمت مهم باشد شیشه‌های ارزان‌تر باید انتخاب شوند. ضریب شکست و عدد آبه یک شیشه به‌عنوان درجه آزادی برای طراحی سیستم‌های اپتیکی توسط طراحان مورداستفاده قرار می‌گیرد.

یک طراح اپتیکی ماهر باید بتواند یک مصالحه‌ای بین این نوع سؤالات ایجاد نماید تا بتواند بهترین و مؤثرترین سیستم اپتیکی را طراحی، مدل‌سازی و شبیه‌سازی نماید. باید توجه داشت که تمامی روش‌های طراحی سیستم‌های اپتیکی الگوریتمی واپتیکی بر اساس اپتیک هندسی پایه‌ریزی شده است به‌طوری‌که فرض می‌شود پرتوهای نور در یک محیط یکنواخت در امتداد خطی مستقیم حرکت می‌کنند. همچنین در یک عدسی یا آینه، پرتوها دچار شکست یا بازتاب می‌شوند. به خاطر ویژگی‌های ذاتی سطوح شکننده و بازتابی و نیز پاشندگی محیط شکننده، تصویر یک نقطه به‌ندرت یک نقطه است و در حالت کلی دچار ابیراهی می‌شود. به‌علاوه به دلیل طبیعت موجی نور، کامل‌ترین تصویر یک نقطه قرص ایری[1] نامیده می‌شود که یک لکه[2] کوچک نوری از مرتبه چند طول‌موج است. این لکه با حلقه‌های روشن نور که شدت آن‌ها در امتداد قطر کاهش می‌یابد، احاطه می‌شود.

زیمکس (ZEMAX) یک نرم‌افزار قدرتمند طراحی سیستم‌های اپتیکی است. این برنامه در طراحی و تحلیل سیستم‌های تصویربرداری و نورپردازی کاربرد دارد. زیمکس توسط کن‌مور[3] نوشته‌شده است. این نرم‌افزار اولین نرم‌افزار طراحی اپتیکی مخصوص ویندوز است. زیمکس در سال ۱۹۹۰ به‌صورت تجاری در دسترس بود. اولین ویرایش این نرم‌افزار مکس[4] نام داشت که این نام بعداً به دلیل مغایرت نام تجاری به زیمکس تغییر کرد.

نرم‌افزار زیمکس برنامه‌ای است که می‌تواند سیستم‌های اپتیکی را مدل‌سازی، تحلیل و طراحی نماید.

---

[1] Airy disk

[2] Patch

[3] Ken Moore

[4] Max

www.ketab.ir

نرم‌افزار زیمکس طوری طراحی‌شده است که به‌آسانی قابل‌استفاده باشد و با مقدار کمی تمرین، امکان طراحی‌های سریع و مؤثر را فراهم می‌نماید.

نرم‌افزار زیمکس از ردیابی پرتو برای مدل کردن سیستم‌های اپتیکی ترتیبی و غیر ترتیبی شکستی، بازتابی و پراشی استفاده می‌کند. بیشتر سیستم‌های اپتیکی و تمام سیستم‌های تصویربرداری، توسط مدل سطحی ترتیبی (Sequential Mode) به‌خوبی توصیف می‌شوند. در ردیابی پرتو ترتیبی، یک پرتو در سطح جسم آغاز می‌شود و تا ناحیه تصویر ادامه می‌یابد. ردیابی پرتو ترتیبی از یک مدل «سطحی» استفاده می‌کند: هر عبور از یک فضای اپتیکی به دیگری، نیازمند یک سطح است.

عدم یک منبع فارسی جامع در کشور موجب شد تا با تلاش بی‌وقفه این اثر در اختیار طراحان و کارشناسان اپتیک، الکترواپتیک و فوتونیک قرار گیرد. نرم‌افزار زیمکس بی‌شک جز قوی‌ترین و کامل‌ترین نرم‌افزارهای طراحی و تحلیل سیستم‌های اپتیکی در دنیا است. در کتابی که پیشرو دارید، پس از ارائه مفاهیم اساسی اپتیک و تجزیه و تحلیل مودهای اپتیکی، نکات کلی، قراردادها و اصطلاحات نرم‌افزار زیمکس بیان شده است.

در این کتاب، بیش از ۱۰۰ طراحی در سه کلاس مختلف (مقدماتی، متوسطه و پیشرفته) انجام گرفته است. بیشتر طراحی‌ها در مد ترتیبی زیمکس قابل انجام است. بااین‌وجود، یک‌فصل کامل به طراحی در مد غیرترتیبی زیمکس اختصاص یافته است. روش انتقال فایل‌های CAD به زیمکس و بالعکس در یک فصل جداگانه نیز بیان شده است. سعی شده است قبل از هر طراحی، ابتدا به مفاهیم اپتیکی و فرمول‌های حاکم بر آن پرداخته شود.

لازم به ذکر است تمام طراحی‌های این کتاب با نسخه ۲۰۰۵ و ۲۰۰۹ نرم‌افزار زیمکس انجام گرفته است. این طراحی‌ها به‌راحتی در نسخه‌های جدیدتر نرم‌افزار قابل‌اجرا است. نسخه ۲۰۰۵ نرم‌افزار روی سیستم‌های ۳۲ و ۶۴ بیتی قابل‌نصب است.

امیدواریم این اثر بتواند گامی هرچند کوچک در ارتقای علمی دانش‌پژوهان و محققان این حوزه داشته باشد. تلاش بر این بوده است که تا حد ممکن متن کتاب ساده و روان باشد و تمام طراحی‌ها به‌صورت گام‌به‌گام بیان شود ولی از تمامی دانش‌پژوهان و کارشناسان جهت ارائه نظرات و پیشنهادات از طریق آدرس b.ghorbanalizadeh@gmail.com جهت بهبود کار یاری می‌طلبیم.

در پایان لازم می‌دانیم از زحمات تمام عزیزانی که در آماده‌سازی این کتاب ما را یاری نمودند سپاسگزاری نماییم.

بهرام قربانعلی زاده

بهار ۱۳۹۷

www.ketab.ir

فهرست مطالب

فصل ۱ مروری بر مفاهیم اساسی ۱

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- امواج الکترومغناطیسی ۱

۱-۳- طیف مرئی و نور سفید ۳

۱-٤- جبهه موج ۵

۱-۱-۱- بررسی المان‌های اپتیکی کلاسیک بر روی جبهه‌موج ۵

۱-۵- اصل هویگنس ۸

۱-٦- پدیده‌ی شکست نور ۹

۱-۷- بازتاب نور ۱۳

۱-۷-۱- قوانین بازتابش ۱۳

۱-۸- معرفی انواع آیینه‌ها و خواص آن‌ها ۱۴

۱-۸-۱- آینه تخت ۱۴

۱-۸-۲- آینه مقعر ۱۵

۱-۸-۳- آینه محدب ۱۷

۱-۹- عدسی‌ها ۱۷

۱-۹-۱- عدسی‌های همگرا ۲۰

۱-۹-۲- عدسی‌های واگرا ۲۰

۱-۹-۳- نحوه تشکیل تصویر در عدسی‌ها ۲۱

۱-۱۰- معادله تصویر در سطوح شکستی ۲۳

۱-۱۱- توان عدسی ۲۴

۱-۱۲- عدسی نازک ۲۶

۱-۱۳- منشورها ۲۷

۱-۱٤- انواع منشور ۲۹

www.ketab.ir

۱-۱۴-۱- بازتابش داخلی منشور ۳۰
۱-۱۴-۲- معرفی چند منشور خاص ۳۱
۱-۱۵- صفحات اصلی ۳۵
۱-۱۶- نقاط گره‌ای و اصلی ۳۶
۱-۱۶-۱- فاصله کانونی مؤثر (EFL) ۳۸
۱-۱۶-۲- فاصله‌ی کانونی پشتی (BFL) ۳۸
۱-۱۶-۳- فاصله‌ی کانونی جلویی (FFL) ۳۸
فصل ۲ بررسی مواد اپتیکی ۴۱
۲-۱- مقدمه ۴۱
۲-۲- شیشه اپتیک ۴۱
۲-۳- مواد مادور قرمز ۴۳
۲-۴- مواد فرابنفش ۴۳
۲-۵- پلاستیک‌های اپتیکی ۴۴
۲-۶- ضریب شکست مواد ۴۷
۲-۷- عدد آبه ۴۸
۲-۸- درون‌یابی ضرایب شکست ۵۴
۲-۸-۱- ضریب دمایی ضریب شکست ۵۷
۲-۹- شیشه‌های کراون ۵۸
۲-۱۰- خواص شیشه‌های فلینت ۵۹
۲-۱۱- پوششهای ضدبازتاب ۶۰
۲-۱۱-۱- یک سطح لایه نشانی چگونه کار می‌کند؟ ۶۳
۲-۱۲- به هم چسباندن عناصر عدسی ۶۸
فصل ۳ کلیات نرم‌افزار زیمکس ۶۹
۳-۱- مقدمه ۶۹
۳-۲- معرفی نرم‌افزار ۶۹
۳-۳- توانایی‌های زیمکس ۷۰

www.ketab.ir

۳-٤- مراجع مهم در طراحی اپتیکی ۷۰
۳-۵- انواع پنجره‌های نرم‌افزار زیمکس ۷۲
۳-٦- عملکرد کلی پنجره ویرایشگرها ۷۶
۳-۷- انواع پنجره‌های ویرایشگر (Editors) ۷۸
۳-۷-۱- پنجره ویرایشگر داده‌های عدسی (LDE) ۷۹
۳-۷-۲- اضافه و حذف کردن سطوح ۸۰
۳-۷-۳- نمایش عدد سطح ۸۳
۳-۷-۴- واردکردن توضیحات مربوط به سطح ۸۳
۳-۷-۵- واردکردن داده‌های شعاع (Radius) ۸۳
۳-۷-۶- واردکردن داده‌های ضخامت ۸۴
۳-۷-۷- واردکردن داده‌های شیشه ۸۴
۳-۷-۸- واردکردن داده‌های نیم قطر ۸۵
۳-۷-۹- واردکردن داده‌های محروطی ۸۵
۳-۷-۱۰- واردکردن داده‌های پارامتری ۸۶
۳-۷-۱۱- نوار مربوط به انواع خصوصیات سطح ۸۶
۳-۸- مشخصات کلی سیستم ۹۲
۳-۹- واحدهای طراحی ۹۲
۳-۹-۱- واحدهای چشمه (Source Units) ۹۴
۳-۱۰- نام‌گذاری و یادداشت‌های مربوط به طراحی ۹۶
۳-۱۱- کاتالوگ‌های شیشه ۹۷
۳-۱۲- شرایط محیطی ۹۸
۳-۱۳- واردکردن طول‌موج‌ها ۱۰۰
۳-۱٤- میانبرها در زیمکس و چیدمان دکمه‌های پرکاربرد ۱۰۱
۳-۱۵- انواع ضمایم نرم‌افزار زیمکس ۱۰۷
فصل ۴ قراردادها و تعاریف اصطلاحات اپتیکی در زیمکس ۱۰۹
٤-۱- قراردادها و تعاریف در ZEMAX ۱۰۹

www.ketab.ir

۴-۱-۱- طول‌موج اصلی ۱۱۱
۴-۱-۲- ساژیتال و مماسی ۱۱۱
٤-۲- انواع ردیابی پرتو در نرم‌افزار ZEMAX ۱۱۲
۴-۲-۱- ردیابی ترتیبی پرتو ۱۱۲
۴-۲-۲- ردیابی غیر ترتیبی ۱۱۳
٤-۳- انواع پرتوها در ZEMAX ۱۱۳
۴-۳-۱- پرتو اصلی ۱۱۳
۴-۳-۲- پرتو Marginal ۱۱۵
۴-۳-۳- پرتوهای پیرامحوری و سهموی (Parabasal) ۱۱۵
٤-٤- انتخاب پرتو ۱۱۷
۴-۴-۱- ارتفاع تصویر پیرامحوری ۱۱۸
٤-٥- انواع بزرگنمایی ۱۱۸
۴-۵-۱- بزرگنمایی جانبی ۱۱۸
۴-۵-۲- بزرگنمایی طولی ۱۱۹
۴-۵-۳- بزرگنمایی زاویه‌ای ۱۲۰
٤-٦- انواع فاصله کانونی ۱۲۰
۴-۶-۱- فاصله کانون پشتی ۱۲۰
۴-۶-۲- فاصله کانونی مؤثر ۱۲۰
٤-۷- مردمک‌های ورودی و خروجی سیستم اپتیکی ۱۲۱
٤-۸- عدد کانونی (F/#) ۱۲۲
۴-۸-۱- عدد کانونی فضای تصویر ۱۲۳
۴-۸-۲- عدد کانونی عملکردی ۱۲۳
۴-۸-۳- عدد کانونی عملکردی پیرامحوری ۱۲۴
٤-۹- دهانه عددی ۱۲۵
٤-۱۰- صفحات ۱۲۸
٤-۱۱- حد پراش (محدودشده توسط پراش) ۱۲۸

www.ketab.ir

٤-١٢- ضخامت ١٢٩
٤-١٣- ضخامت لبه ١٣٠
٤-١٤- بازتاب داخلی کلی (TIR) ١٣٠
٤-١٥- حلقه‌های شش قطبی ١٣١
٤-١٦- ارتفاعات و زوایای میدان ١٣٢
٤-١٧- میدان بیشینه ١٣٣
٤-١٨- مختصات بهنجار میدان ١٣٣
٤-١٨-١- بهنجارش شعاعی میدان ١٣٣
٤-١٨-٢- بهنجارش مستطیلی میدان ١٣٤
٤-١٩- عمق میدان ١٣٥
٤-٢٠- میدان‌بند ١٣٧
٤-٢٠-١- میدان دید ١٣٧
٤-٢١- مختصات بهنجار مردمک ١٣٧
٤-٢٢- نسبت اشترل ١٣٨
٤-٢٣- Vignetting Factors ١٣٨
فصل ٥ Solve های زیمکس ١٣٩
٥-١- معرفی Solves های نرم‌افزار زیمکس ١٣٩
٥-٢- Curvature Solves ١٣٩
٥-٢-١- Marginal Ray Angle Solve ١٤٠
٥-٢-٢- Chief Ray Angle Solve ١٤١
٥-٢-٣- Pick Up Solve ١٤١
٥-٢-٤- Marginal Ray Normal Solve ١٤٢
٥-٢-٥- Chief Ray Normal Solve ١٤٢
٥-٢-٦- Aplanatic Solve ١٤٢
٥-٢-٧- Element Power Solve ١٤٢
٥-٢-٨- Concentric With Surface Solve ١٤٣

www.ketab.ir

۱۴۳..... Concentric With Radius Solve-۹-۲-۵
۱۴۳..... F# Solve-۱۰-۲-۵
۱۴۴..... Thickness Solves-۳-۵
۱۴۴..... Marginal Ray Height Solve-۱-۳-۵
۱۴۵..... Chief Ray Height Solve-۲-۳-۵
۱۴۶..... Edge Thickness Solve-۳-۳-۵
۱۴۶..... Pick Up Solve-۴-۳-۵
۱۴۷..... Optical Path Difference Solve-۵-۳-۵
۱۴۷..... Position Solves-۶-۳-۵
۱۴۸..... Compensator Solve-۷-۳-۵
۱۴۸..... Center of Curvature Solve-۸-۳-۵
۱۴۸..... Pupil Position Solve-۹-۳-۵
۱۴۸..... Glass Solve-٤-٥
۱۴۸..... Model Solve-۱-۴-۵
۱۴۹..... Pick Up solve-۲-۴-۵
۱۴۹..... Substitute Solve-۳-۴-۵
۱۵۰..... Offset Solve-۴-۴-۵
۱۵۰..... Semi-Diameter Solves-۵-۵
۱۵۰..... Pick Up Solve-۱-۵-۵
۱۵۰..... Maximum Solve-۲-۵-۵
۱۵۰..... Conic Solves-٦-٥
۱۵۱..... Pick Up Solve-۱-۶-۵
۱۵۱..... Parameter Solves-۷-۵
۱۵۱..... Pick Up Solve-۱-۷-۵
۱۵۲..... Chief Ray Solve-۲-۷-۵
۱۵۲..... TCE Solve-۸-۵
۱۵۲..... TCE Pickup Solve-۱-۸-۵

www.ketab.ir

۵-۹- محدودیت‌های Solve ۱۵۲
فصل ۶ طراحی تک عدسی ۱۵۳
۶-۱-۱- تنظیم واحدهای عدسی ۱۵۴
۶-۱-۲- تنظیم مقدار دهانه سیستم، میدان دید و طول‌موج کاری ۱۵۴
۶-۱-۳- تحلیل اولیه طراحی ۱۶۶
۶-۱-۴- نمودار لکه ۱۶۸
۶-۱-۵- نمودار Ray Fan ۱۷۱
۶-۱-۶- نمودار MTF ۱۷۲
۶-۱-۷- بهینه‌سازی طراحی ۱۷۵
۶-۱-۸- نتیجه‌گیری تحلیل نهایی طراحی ۱۸۱
فصل ۷ انواع دهانه و سطوح در زیمکس ۱۸۷
۷-۱-۱- دهانه سیستم ۱۸۷
۷-۱-۲- انواع دهانه‌های سیستم ۱۸۸
۷-۲- انواع دهانه‌های سطح ۱۹۰
۷-۳- طراحی تک لنز با فاصله کانونی ۸۰ میلی‌متر و F/2 ..... ۱۹۲
۷-۳-۱- گام اول: تنظیم قطر مردمک ورودی ۱۹۳
۷-۳-۲- اعمال دهانه‌ی دایروی ۲۰۱
۷-۳-۳- اعمال دهانه مستطیلی ۲۰۹
۷-۳-۴- دهانه عنکبوتی ۲۱۴
۷-٤- انواع سطوح ۲۱۶
۷-۴-۱- Tilted surface ۲۱۶
۷-۴-۲- Coordinate Break ۲۱۷
۷-۴-۳- سطح Diffraction Grating ۲۱۷
فصل ۸ ویرایشگر چندپیکربندی ۲۱۹
۸-۱- مقدمه ۲۱۹
۸-۲- گام اول ۲۱۹
۸-۳- دسترسی به Multi Configurations Editor ۲۱۹

www.ketab.ir

۸-٤- گزینه‌های Multi Configurations Editor ۲۲۱
۸-۵- عملگرهای ویرایشگر چند پیکربندی‌ها ۲۲۱
۸-٦- تعریف و تغییر پیکربندی‌ها ۲۲۳
۸-۷- روش بهینه‌سازی پیکربندی‌ها ۲۲۳
۸-۸- بهینه‌سازی پیکربندی‌ها ۲۲۴
۸-۹- انواع Solve ها در Multi Configuration Editor ۲۲۶
فصل ۹ طراحی‌های مقدماتی ۲۲۷
۹-۱- طراحی Achromate Doublet Lens ۲۲۷
۹-۱-۱- تنظیم قطر مردمک ورودی، میدان دید و طول‌موج کاری ۲۳۰
۹-۲- طراحی Triplet Lens ۲۴۰
۹-۳- طراحی Symmetry and Periscopic Lens ۲۵۰
۹-۳-۱- محاسبات طراحی ۲۵۱
۹-۳-۲- تنظیم نوع دهانه‌بند سیستم، میدان دید و طول‌موج کاری ۲۵۲
۹-۳-۳- بهینه‌سازی طراحی ۲۵۷
۹-٤- طراحی یک منشور و نحوه کار با Global Coordinates در سیستم‌های اپتیکی ترتیبی ۲۷۰
۹-۵- طراحی آینه اسکن (Scanning Mirror) ۲۸۱
۹-۵-۱- تنظیم قطر مردمک ورودی ۲۸۲
۹-۵-۲- تنظیم داده‌های عدسی ۲۸۴
۹-۵-۳- تنظیم عدد F ۲۸۵
۹-۵-۴- تنظیم آینه اسکن ۲۸۷
۹-۵-۵- استفاده از Multi-Configuration Editor ۲۹۱
۹-۵-۶- بهینه‌سازی طراحی ۲۹۳
فصل ۱۰ طراحی‌های متوسطه ۲۹۷
۱۰-۱- طراحی Apochromat Lens ۲۹۷
۱۰-۱-۱- محاسبات اولیه طراحی ۲۹۹
۱۰-۱-۲- تنظیم قطر مردمک ورودی، میدان دید و طول‌موج کاری ۳۰۱

www.ketab.ir

۱۰-۱-۳- بهینه‌سازی طراحی ۳۰۶
۱۰-۲- طراحی لنز چشمی (Eyepiece) جهت سیستم‌های میکروسکوپی و تلسکوپی ۳۰۸
۱۰-۲-۱- افزایش میزان نوری که از جسم ساطع می‌شود (توان جمع‌آوری نور) ۳۰۹
۱۰-۲-۲- توان جمع‌آوری نور تلسکوپ ۳۰۹
۱۰-۲-۳- توان تفکیک تلسکوپ ۳۰۹
۱۰-۲-۴- بزرگ نمودن زاویه ظاهری دیده شدن جسم (توان بزرگ‌نمایی) ۳۱۰
۱۰-۲-۵- میدان دید ظاهری چشمی (درجه) ۳۱۱
۱۰-۲-۶- مردمک خروجی (Exit Pupil) ۳۱۱
۱۰-۲-۷- راحتی چشم (Eye Relief) ۳۱۲
۱۰-۲-۸- نسبت کشیدگی ۳۱۲
۱۰-۲-۹- وظایف عدسی چشمی ۳۱۳
۱۰-۲-۱۰- انواع چشمی‌ها ۳۱۳
۱۰-۲-۱۱- چشمی هرگنس (Huygenian) ۳۱۳
۱۰-۲-۱۲- چشمی رامزدن (Ramsden) ۳۱۴
۱۰-۲-۱۳- چشمی کلنر ۳۱۴
۱۰-۲-۱۴- پارامترهای طراحی چشمی ۳۱۵
۱۰-۲-۱۵- محاسبات طراحی ۳۱۶
۱۰-۲-۱۶- طراحی چشمی رامزدن و کلنر ۳۲۲
۱۰-۲-۱۷- بهینه‌سازی چشمی رامزدن ۳۲۵
۱۰-۳- طراحی Grism ۳۳۰
۱۰-۳-۱- تنظیمات قطر مردمک ورودی ۳۳۰
۱۰-۳-۲- تنظیم پنجره LDE ۳۳۲
۱۰-٤- طراحی Beam Splitter ۳۴۴
۱۰-۴-۱- پارامترهای ورودی طراحی ۳۴۷
۱۰-۴-۲- تنظیمات پنجره ویرایشگر عدسی ۳۴۷
۱۰-۴-۳- تنظیم دهانه سیستم ۳۴۹
فصل ۱۱ طراحی‌های پیشرفته ۳۶۵

www.ketab.ir

۱۱-۱- طراحی پریسکوپ ۳۶۵
۱۱-۱-۱- تنظیم قطر مردمک ورودی، میدان دید و طول‌موج کاری ۳۶۷
۱۱-۱-۲- طراحی منشور اول ۳۶۸
۱۱-۱-۳- طراحی منشور دوم ۳۷۴
۱۱-۲- طراحی Double Gauss Lens ۳۸۲
۱۱-۲-۱- تاریخچه توسعه The Double Gauss Lens ۳۸۲
۱۱-۲-۲- طراحی برای یک طول‌موج ۳۸۴
۱۱-۲-۳- طراحی برای چند طول‌موج ۳۹۷
۱۱-۲-۴- طراحی برای میدان ۱۰ درجه ۴۰۱
۱۱-۲-۵- میدان ۲۰ درجه ۴۰۶
۱۱-۳- طراحی لنز IR ۴۱۴
۱۱-۳-۱- تنظیمات اولیه ۴۱۷
فصل ۱۲ تلسکوپ‌ها ۴۳۱
۱۲-۱- مقدمه ۴۳۱
۱۲-۲- تلسکوپ‌های شکستی ۴۳۱
۱۲-۲-۱- تلسکوپ شکستی آکروماتیک ۴۳۲
۱۲-۲-۲- تلسکوپ شکستی آپوکروماتیک ۴۳۲
۱۲-۲-۳- تلسکوپ شکستی گالیله ۴۳۳
۱۲-۲-۴- تلسکوپ شکستی کپلری ۴۳۳
۱۲-۳- تلسکوپ‌های بازتابی ۴۳۴
۱۲-۳-۱- تلسکوپ نیوتنی ۴۳۵
۱۲-۳-۲- تلسکوپ کسگرین ۴۳۷
۱۲-۳-۳- تلسکوپ گریگوری ۴۳۷
۱۲-۳-۴- تلسکوپ ماکسوتوف ۴۳۸
۱۲-۳-۵- تلسکوپ اشمیت ۴۳۹
۱۲-٤- تلسکوپ‌های شکستی-بازتابی ۴۴۰
۱۲-۵- عدسی شیئی (Objective) ۴۴۳

www.ketab.ir

۱۲-٦- طراحی تلسکوپ کاسگرین ۴۴۳
۱۲-۶-۱- محاسبات اولیه ۴۴۳
۱۲-۶-۲- تنظیم قطر مردمک ورودی، میدان دید و طول‌موج کاری ۴۴۵
۱۲-۶-۳- استفاده از سطوح مخروطی ۴۵۶
فصل ۱۳ طراحی تداخل‌سنج ماخ-زندر ۴۵۹
۱۳-۱- مقدمه ۴۵۹
۱۳-۲- بیان ریاضی تداخل ۴۵۹
۱۳-۳- انواع تداخل‌سنج‌ها ۴۶۳
۱۳-۳-۱- تداخل‌سنج‌های شکافنده جبهه‌موج ۴۶۳
۱۳-۳-۲- تداخل‌سنج‌های شکافنده دامنه موج ۴۶۳
۱۳-٤- شرایط تداخل پذیرها ۴۶۴
۱۳-۵- تداخل‌سنج ماخ-زندر ۴۶۵
۱۳-۵-۱- کاربرد تداخل‌سنج ماخ-زندر ۴۶۶
۱۳-٦- طراحی یک تداخل‌سنج ماخ-زندر ۴۶۷
۱۳-۶-۱- تنظیمات اولیه ۴۶۸
۱۳-۶-۲- رسم Config اول ۴۷۱
۱۳-۶-۳- رسم Config دوم ۴۷۸
۱۳-۶-۴- نمایش طرح تداخلی ۴۹۰
۱۳-۶-۵- جمع‌بندی ۴۹۷
فصل ۱۴ تلرانس‌گیری ۴۹۹
۱٤-۱- مقدمه ۴۹۹
۱٤-۲- انواع تلرانس‌گیری ۴۹۹
۱۴-۲-۱- تلرانس‌های شعاع انحنا ۴۹۹
۱۴-۲-۲- بی‌نظمی سطح ۵۰۰
۱۴-۲-۲-۱- تلرانس مناسب برای بی‌نظمی سطح ۵۰۱
۱۴-۲-۳- تلرانس ضخامت مرکزی ۵۰۱
۱۴-۲-۴- تلرانس گوه‌شدگی ۵۰۱

www.ketab.ir

۱۴-۲-۵- تلرانس‌های ماده لنز ۵۰۱
۱۴-۲-۶- جبران‌کننده‌ها ۵۰۲
۱۴-۲-۷- تحلیل حساسیت ۵۰۲
۱۴-۲-۸- تحلیل مونت‌کارلو ۵۰۲
۱۴-۳- خلاصه‌ای از عملگرهای مربوط به تلرانس‌گیری ۵۰۳
۱۴-۴- انواع تلرانس‌ها ۵۰۴
۱۴-۴-۱- نحوه دسترسی به ویرایشگر داده‌های تلرانس ۵۰۵
۱۴-۵- نحوه تلرانس گیری ۵۰۷
۱۴-۶- نحوه تلرانس‌گیری برای عناصر Tilt و Decenter های یک سیستم Double Pass ۵۰۹
۱۴-۷- طراحی Double Pass ۵۱۰
۱۴-۷-۱- Pickups Curvature ۵۱۵
۱۴-۷-۲- Solve Thickness Position ۵۱۶
۱۴-۷-۳- تنظیمات دلخواه برای تلرانس گیری ۵۱۷
۱۴-۷-۴- تنظیمات مسیر برگشتی ۵۱۹
۱۴-۷-۵- استفاده از عملگر *TUI ۵۲۴
۱۴-۷-۶- جمع‌بندی ۵۲۸
فصل ۱۵ طراحی سیستم‌های غیرترتیبی ۵۲۹
۱۵-۱- مد ترتیبی ۵۲۹
۱۵-۲- مد غیرترتیبی ۵۲۹
۱۵-۳- طراحی و مدل‌سازی یک سیستم ترکیبی ۵۳۰
۱۵-۳-۱- مشخصات طراحی ۵۳۲
۱۵-۳-۲- تنظیم قطر مردمک ورودی، میدان دید و طول‌موج کاری ۵۳۳
۱۵-۳-۳- تنظیم پنجره LDE ۵۳۴
۱۵-۳-۴- توضیحات تکمیلی در مورد پارامترهای سطح NSC- پورت خروجی ۵۳۸
۱۵-۴- طراحی و شبیه‌سازی یک سیستم غیر ترتیبی ۵۳۹
۱۵-۴-۱- تنظیمات ویژگی‌های سیستم پایه ۵۴۰
۱۵-۴-۲- ایجاد بازتابنده ۵۴۲

www.ketab.ir

۱۵-۴-۳- ایجاد منبع ۵۴۵
۱۵-۴-۴- دوران منبع (سورس) ۵۴۹
۱۵-۴-۵- قرارگیری آشکارساز ۵۵۰
۱۵-۴-۶- آنالیز ردیابی پرتوها به آشکارساز ۵۵۳
۱۵-۴-۷- اضافه‌کردن یک لنز تخت-کوژ ۵۵۸
۱۵-۴-۸- تحلیل ردیابی پرتوها و در نظر گرفتن تلفات قطبش ۵۶۳
۱۵-۴-۹- اضافه کردن یک لوله نوری مستطیلی ۵۶۵
۱۵-۴-۱۰- ردیابی پرتو سیستم کامل ۵۷۰
فصل ۱۶ انتقال فایل‌های CAD به زیمکس و بالعکس ۵۷۳
۱۶-۱- انتقال فایل‌های زیمکس به سالیدورک ۵۷۳
۱۶-۲- انتقال فایل‌های سالیدورک به زیمکس ۵۷۵
فصل ۱۷ مراجع ۵۷۹
واژه‌نامه انگلیسی به فارسی ۵۸۱

www.ketab.ir