دانش‌بنیان

لیزر و فوتونیک

ویژه‌نامه علمی، تخصصی، پژوهشی فناوری لیزر و فوتونیک
سال اول • شماره ۹ • تیر ۱۳۹۷ • ۸۴ صفحه

گفتگو با استاد جوان دانشگاه صنعتی ارومیه

دیگران کاشتند و ما...

تجربه بازی‌های لیزری

هیجانی متفاوت

درباره رنگین کمان بیشتر بدانیم

نورپردازی به سبک طبیعت

بنام خداوند مهربان

امام هادی علیه السلام:
علم و دانش بهترین میراث، ادب زیباترین نیکی‌ها و فکر و اندیشه آئینه‌ای بی آلایش (برای کردار و رفتار) است.

مستدرک الوسائل، جلد ۱۱، صفحه ۱۸۴

ترویج فناوری لیزر و فوتونیک در کشور به عنوان یک فناوری نوین و پر کاربـــرد، نیازمند اختصاص هر چه بیشتر امکانات و منابع است تا این فناوری در صنعت فناوری نوآور کشور شناخته شود و از سوی صاحبان صنایع و مشاغل مطالبه گردد. این فناوری دارای اثرات اهرمی چشـــمگیر بر دیگر فناوری‌ها و صنایع است، اما تا زمانی که یک صنعتگر، با کاربردها و کارکردهای این فناوری در چارچوب کار خود آشنا نباشد، مسیر ورود فناوری لیزر و فوتونیک به کسب و کار وی هموار نخواهد شد. در صورتی که این مهم محقق شود، علاوه بر تسهیل بسیاری از فرآیندهای صنعتی به وسیله لیزر و فوتونیک، رونقی در اقتصاد دانش‌بنیان حوزه لیزر و فوتونیک از سر ریز فناوری‌های خاص و پیشرفته این حوزه ایجاد خواهد شد که نیروی محرکی برای توسعه هرچه بیشتر آن خواهد بود. از این روست که می‌بایست فرهنگسازی و ترویج را جدی گرفت و تلاش مضاعف در این زمینه داشته باشیم.

سخن سردبیر

پرویز کرمی
مشاور معاون علمی و فناوری ریاست جمهوری
رئیس مرکز ارتباطات و اطلاع‌رسانی

معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری
ستاد توسعه فرهنگ علم، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان
معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری

ویژه‌نامه دانش‌بنیان

لیزر و فوتونیک

ویژه‌نامه دانش‌بنیان
فناوری لیزر و فوتونیک
شماره نهم • تیر ۱۳۹۷

صاحب امتیاز: **معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری**
مدیر مسئول: **سورنا ستاری**
سردبیر: **پرویز کرمی**
جانشین سردبیر: **مهدی انصاری فر**
دبیر تحریریه: **مرضیه کبیری**
دبیر علمی: **آرین گودرزی**
تحریریه: **کاظم ایوبی، میترا رفاهی‌زاده، فاطمه‌کبیری، زهرا متولیان، مهنوش غلامزاده، محمدرضا شریفی‌مهر، آزاده امیراحمدی، راحله سعیدی، سمیرا کشمیری، مریم فیض‌پور**
مدیر هنری: **محمدرضا وکیلیان**
طراح گرافیک: **فاطمه کبیری**
صفحه‌آرایی: **مجید خضری‌پور**
ویراستار: **محمدجعفر نظری**
روابط عمومی: **شیرین جلیلیان**
پشتیبانی: **کیومرث مهدی نیا گتابی**
با تشکر از: **امیر شاهچراغیان، سپهر رازیی، مهدی رمضانی**
تارنما: www.isti.ir ,www.farhang.isti.ir, www.slpm.isti.ir
رایانامه سردبیر: parvizkarami@yahoo.com
رایانامه جانشین سردبیر: m.ansaryfar@isti.ir
تلفن سردبیری: **۰۲۱ ۸۳۵۳۲۱۰۲**
دورنگار سردبیری: **۰۲۱ ۸۸۶۱۲۴۰۳**
نشانی: **تهران، خیابان ملاصدرا، خیابان شیخ بهایی شمالی، کوچه لادن، پلاک ۲۰ معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری**

از تمامی خوانندگان محترم، فناوران و اعضای محترم پارک‌های علم و فناوری، شرکت‌های دانش‌بنیان، مراکز فناوری و شتاب‌دهنده‌ها دعوت به همکاری می‌گردد. لطفا نظرات، انتقادات و پیشنهادات خود را به آدرس ایمیل نشریه ارسال فرمائید.
ایمیل: mag.slpm@isti.ir

سخن اول EDITORIAL

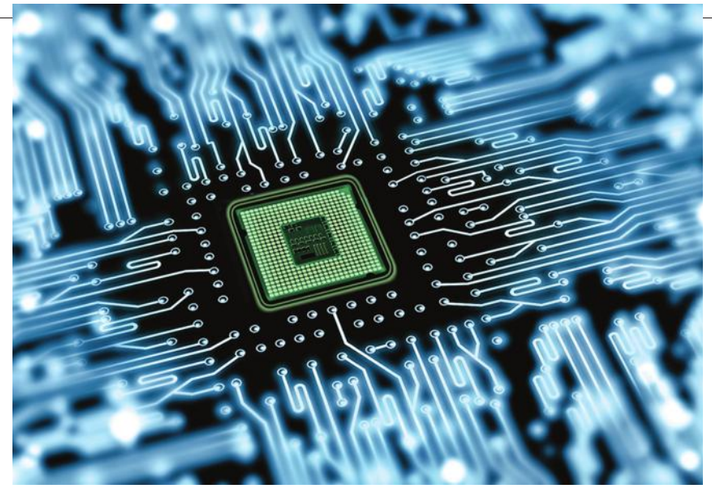
سخن اول ۶

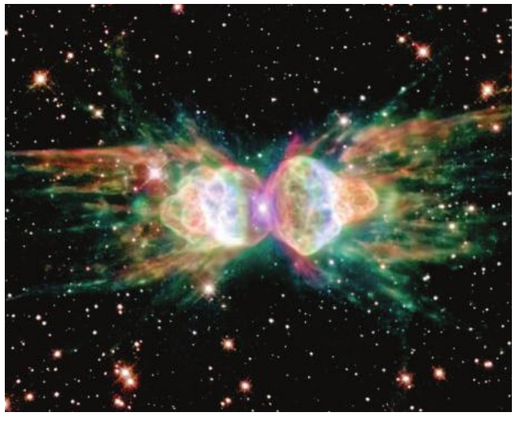
گفتگو INTERVIEW

ثبت روایت‌های آسمان شب ۸
دیگران کاشتند و ما... ۱۴

چشم‌انداز VISION

رنگین کمان ۲۰
نرم افزار طراحی نوری ۲۶





راهنما GUIDE

اصول نظری و فناوریِ آشکارسازی اهداف با استفاده از تصویربرداری لیزری ۵۶
حل مسائل پیچیده نوری هرگز آسان‌تر از این نبوده‌است ۵۸

پیشتازان PIONEERS

اریک مازور ۶۲
ابویوسف کندی ذهنی نورانی در دانش جهان اسلام ۶۶

مدرسه فناوری ACADEMY

بینایی انسان در مقایسه با بینایی حیوانات ۷۰
راز چشمان گربه ۷۸

از علم تا ثروت LASERTECH

توان فکری دانشمندان توان لیزر فمتو ثانیه را چهار برابر افزایش می‌دهد ۳۲
مشخصه یابی پرتوهای لیزر ۳۶
تجربه هیجانی متفاوت با بازی‌های لیزری ۴۲
جوان و نوآور ۴۸

لیزر نیوز LASERNEWS

لیزری از یک مورچه‌ی فضایی ۵۲

آرین گودرزی
مسئول واحد توسعه پژوهش و فناوری ستاد توسعه فناوری لیزر، فوتونیک و ساختارهای میکرونی

مشارکت نیروی انسانی، مسیر رشد و توسعه فناوری فوتونیک

فناوری لیزر و فوتونیک در کشـــور ما در حال حاضر هنوز به بلوغ نرسیده و راه درازی تا شکوفا شدن دارد. با اینکه امروز شرکت‌های توانمند متعددی در این حوزه فعالیت دارند، اما سطح کنونی این فناوری از جایگاهی که با توجه به سیاســت‌ها و ظرفیت‌های کشور لازم است کسب شود فاصله بسیار دارد. این شکوفایی در گرو مشارکت بیشـــتر فارق التحصیلان مرتبط با این حوزه اســـت. فناوری لیزر و فوتونیک بیش از آنکه از تحریم‌ها، محدودیت‌های فنی، چالش‌ها در تعاملات بین المللی و کمبود منابع مالی رنج ببرد، با خلا نیروی انسانی متعهد و متخصص در زمینه توسعه فناوری‌های زیرساختی این حوزه مواجه است. متاسفانه بسیاری از دانشـــجویان بیش از آنکه بـــه بکارگیری تخصص خود در توسعه و تجاری یک محصول تکیه کنند، به جذب در بازار کاری می‌اندیشند که اغلب نه راه تولید و توســـعه فناوری، بلکه راه واردات و وابستگی در در این فناوری در پیـــش دارد. امروز بیـــش از هر زمان دیگر نیازمند آنیم که افرادی پیشرو، گام در این مسیر گذاشته و بستری ایجاد کنند که در آن فناوری لیزر و فوتونیک در کشور با سطح کنونی آن در دنیا هم تراز شـــده و راه برای ورود به بازارهای جهانی هموار شود. این مهم از طریق ایجاد آستارت‌آپ‌ها و شرکت‌های نوپا محقق خواهد شد. حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان یکی از سیاســـت‌های معاونت علمی برای توســـعه و تجاری‌سازی محصولاتشان است. حتی برای ساخت نمونه اولیه تســـهیلات و حمایت‌هایی در نظر گرفته شده است. علاوه بر این، ســـتاد لیزر و فوتونیک آماده حمایت و پشتیبانی از دانشجویان و فارق‌التحصیلانی اســـت که تنها یک ایده دارند و بدنبال بستری برای پرورش آن هستند. بنابراین، یک متخصص حوزه لیزر و فوتونیک، در هر ســـطح و در هر مقطعی، می‌تواند با جذب حمایت‌های این ستاد، در مسیر تبدیل شدن به یک فناور قدم گذارد و در تمامی مراحل از پشتیبانی و حمایت‌های مادی و معنوی بهرمند شود. تنها یک ایده به همراه پشتکار نیاز است.

مصاحبه

INTERVIEW

۸ ثبت روایت‌های آسمان شب
۱۴ دیگران کاشتند و ما...

INTERVIEW

هنر و زیبایی با اپتیک

ثبت روایت‌های آسمان شب

زهرا متولیان
z.motevalian@yahoo.com

امیر شاهچراغیان ۱۴ سال پیش فعالیت خود را بر اساس علاقه در زمینه‌ی نجوم آغاز کرد. وی می گوید: همیشه دغدغه به تصویر کشیدن آن چیزی را داشتم که شب‌های رصدی در مقابل چشمانم می دیدم و همیشه مشتاق بودم عظمت آن چیزی را که میبینم به تصویر بکشم. مدت ۵ سال است که با همین هدف به سراغ عکاسی از آسمان شب رفتم و برای به تصویر کشیدن آن به چهار گوشه‌ی ایران سفر می کنم. در آینده‌ای نزدیک برای ثبت این تصاویر به نقاط دیگری از دنیا نیز سفر خواهم کرد.
در حقیقت فرصت گفت‌وگو با امیر شاهچراغیان این امکان را برای ما فراهم ساخت تا پای صحبت‌های هنرمندی بنشینیم که از توانمندی‌های دانش اپتیک در خلق زیباترین تصاویر گیتی استفاده می کند.

ویژه‌نامه دانش‌بنیان • فناوری لیزر و فوتونیک
شماره نهم • تیر ۱۳۹۷
لیزر و فوتونیک

عکس‌های امیر شاهچراغیان از آسمان شب ایران در مجلاتی مثل sky and Telescope آمریکا، Astronomy آمریکا، astronomy now انگلستان، all about space انگلستان، astro Surf فرانسه، Perseus رومانی به چاپ رسیده است. در ادامه نمونه‌هایی از عکس‌های گرفته شده توسط او را می‌بینید. این عکس‌ها از سایت www.nightskyglory.com گرفته شده است.

لطفاً تعریفی از عکاسی نجومی بفرمایید.

عکاسی نجومی در اصل عکاسی با استفاده از تلسکوپ است که در آن سوژه‌های اعماق آسمان به‌تصویر کشیده می‌شود و واژه‌ی عکاسی نجومی به عکاسی اعماق آسمان اطلاق می‌شود.

شاخه‌ی دیگر عکاسی از آسمان شب که تلفیق هنر و آسمان شب است را عکاسی نمای باز نجومی می‌نامیم. هنر نقش پررنگ‌تری در این نوع عکاسی ایفا می‌کند و در واقع تلفیق هنر و زیبایی‌های آسمان شب است. برای ثبت این سبک عکس‌ها، نیاز به سفر به مکان‌های طبیعی و تاریخی متنوع است تا بتوانیم آسمان شب را با زمینه‌ای تاریخی یا طبیعی ترکیب کنیم و واقعیتی نجومی را بر فراز یک اثر تاریخی یا طبیعی به تصویر بکشیم.

تفاوت عکاسی نجومی با سایر عکاسی‌ها چیست؟

اولین تفاوت این شاخه از عکاسی با دیگر شاخه‌های عکاسی آن است که هیچ ژانر دیگری در دنیای عکاسی در نور کم فعالیت نمی‌کنند و معمولاً تمامی ژانرهای عکاسی در شرایط نوری ایده‌آل و کافی عکاسی می‌کنند یا اینکه در بعضی از شاخه‌های عکاسی مقدار و جهت نور کاملاً قابل کنترل و در اختیار عکاس است؛ اما در عکاسی از آسمان شب نه تنها با شرایط نوری ایده‌آل سر و کار نداریم، بلکه نور بسیار کم است.

در این شاخه از عکاسی با غروب خورشید و رسیدن آسمان به تاریکی مناسب، فعالیت ما آغاز می‌شود و تا صبح و قبل از طلوع خورشید ادامه می‌یابد.

مشکل دیگری که در این شاخه از عکاسی وجود دارد، خطراتی است که در طول شب با آن‌ها دست و پنجه نرم می‌کنیم؛ از خطر حیوانات کوچک و بزرگ گرفته تا امنیت جانی در شب‌های عکاسی.

توضیحی در مورد انواع شاخه‌های عکاسی بفرمایید. چه تفاوت‌هایی بین آن‌هاست و آیا هر شاخه تخصص خاص یا امکانات خودش را می‌طلبد؟

عکاسی آسمان شب را می‌توان به چند دسته تقسیم کرد. اما خود عکاسی آسمان شب نیز، زیرمجموعه‌ی دسته‌ی بزرگتری به نام nightscape photography است.

در واقع nightscape photography یا همان عکاسی مناظر شب به هر عکسی که از منظره‌ای در شب گرفته شده باشد اطلاق می‌شود، چه عکس نجومی باشد و چه نباشد.

عکاسی nightscape به دو زیرمجموعه‌ی cityscape و starscape تقسیم شده که cityscape را عکاسی مناظر شهری در شب و starscape را عکاسی تلفیق مناظر زمینی با آسمان شب می‌نامیم.

عکاسی starscape که تلفیق منظره زمینی با آسمان شب است را به دو دسته‌ی عکاسی نقطه‌ای و رد ستاره‌ای تقسیم می‌کنیم.

عکاسی نقطه‌ای که در آن ستاره‌ها را به صورت نقطه‌ای ثبت کرده و عکاس سعی دارد منظره‌ای نجومی را به تصویر بکشد.

عکاسی رد ستاره‌ای نیز نوعی از عکاسی starscape است که هدف از آن، نشان دادن حرکت زمین و تاثیر آن بر آسمان شب است.

دسته‌ی دیگری از عکاسی که می‌توان نام اصلی عکاسی نجومی را به آن اطلاق کرد، عکاسی اعماق آسمان شب با استفاده از تلسکوپ‌هاست. هدف آن عکاسی اجرام اعماق آسمان نظیر سحابی‌ها، خوشه‌های ستاره‌ای و کهشکان‌هاست و به آن astrophotography گفته می‌شود.

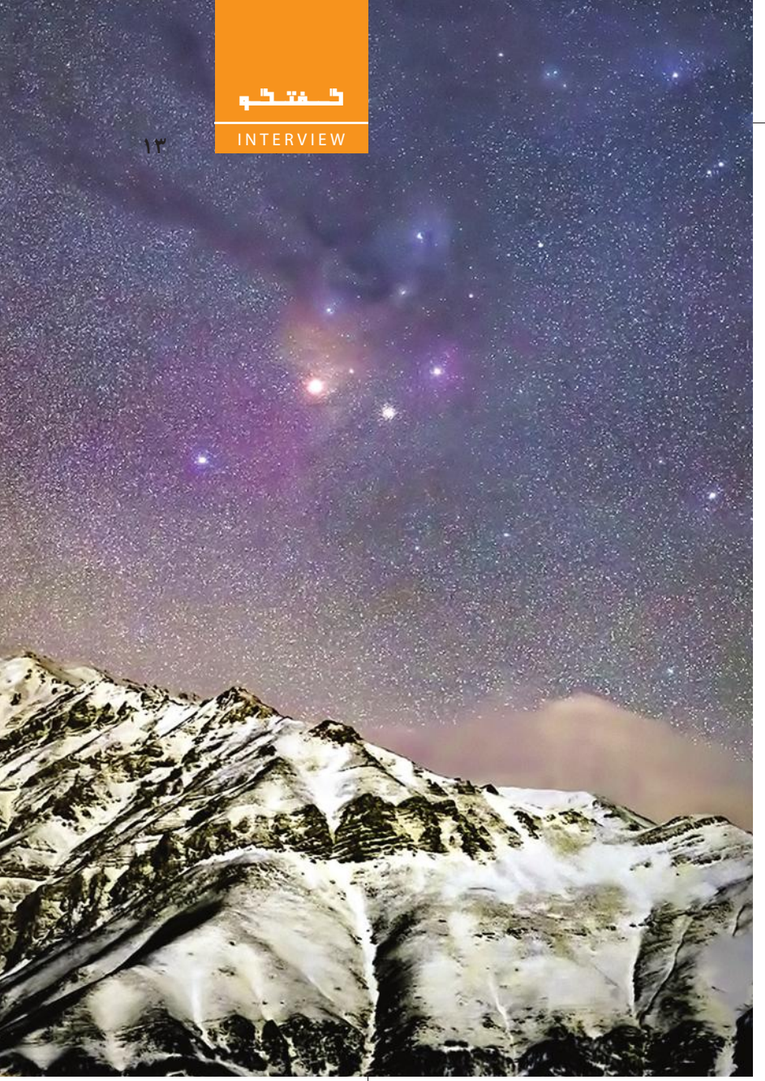
کاربرد این نوع عکاسی چیست؟ آیا به‌غیر از ثبت زیبایی‌های طبیعی آسمان، کاربرد علمی هم دارند؟

همان‌طور که گفتیم، عکاسی آسمان شب شاخه‌های مختلفی دارد. در شاخه‌ی نمای باز نجومی تنها هدف، ثبت زیبایی‌های آسمان شب است؛ اما در عکاسی تلسکوپی هم می‌توان هدف را بر مبنای دست‌یابی به اطلاعات گذاشت و هم می‌توان به ثبت سوژه‌های اعماق آسمانی پرداخت که صرفا جنبه‌ی زیبایی داشته باشد. برای مثال، عکاسی از ستاره‌های متغیر با استفاده از تلسکوپ و CCDها از جمله شاخه‌هایی است که در دسته عکاسی نجومی قرار می‌گیرد، ولی هدفش به‌دست آوردن اطلاعات نوری از ستاره‌های متغیر است و نه ثبت یک منظره زیبا و در عکس‌هایی که با این هدف گرفته می‌شوند به جز چند عدد ستاره هیچ منظره یا سوژه‌ی دیگری دیده نمی‌شود.

لطفاً توضیح کاملی در مورد نحوه تصویربرداری و تجهیزات به‌کارگرفته‌شده در عکاسی نجومی بفرمایید.

در عکاسی از آسمان شب از آنجایی که سوژه‌های ما بسیار کم‌نور هستند، نیاز به نوردهی‌های طولانی‌مدت برای ثبت سوژه‌های آسمان و زمین است. بنابراین، در این شاخه از عکاسی نوردهی‌ها درازمدت است.

تمامی دوربین‌هایی که در بازار یافت می‌شوند و از



محدوده سحابی رو-مار افسای در حال طلوع. این محدوده یکی از محدوده‌های ستاره زایی در نزدیکی منظومه شمسی است.

کاخ اختصاصی کوروش و رد ستاره‌های آسمان در زیر نور ماه

صورت فلکی جبار که با لنز هشتاد و پنج میلی متری ثبت شده است.

آن‌ها برای دیگر شاخه‌های عکاسی استفاده می گردد، اعم از دوربین‌های DSLR با سایز حسگرهای متفاوت، قابلیت استفاده در عکاسی آسمان شب را دارند؛ اما تفاوت آنها در میزان جزییاتی است که ثبت می کنند. برای مثال، دوربین‌های تمام‌قاب به دلیل بزرگ‌تر بودن ابعاد حسگر، توانایی ثبت بیشتر نور را دارند و به همین دلیل، برای عکاسی از آسمان شب مناسب‌ترند. لنزها نیز همان لنزهایی هستند که در بازار به‌وفور یافت می‌شوند؛ اما باید دقت داشت به دلیل کم‌نور بودن سوژه‌ها در این ژانر، نیاز به استفاده از لنزهایی با دیافراگم‌های باز است.

کمی در خصوص فرآیند انجام این نوع از عکاسی توضیحاتی بدهید. به طور مثال، چه زمانی از سال مناسب‌تر است، در کدام مکان‌ها از کشور، ...

برای ثبت یک عکس نمای باز نجومی ما به دنبال سوژه‌های زمینی مناسبی هستیم که بتوان آسمان شب را با آنها ترکیب کرد. در تمام طول سال، آسمان تاریک یافت می‌شود و بنابراین در هر موقعی از سال آسمان شب را به تصویر کشید. آسمان زمستان ویژگی‌ها و صورت‌های فلکی خاص خود و آسمان تابستان نیز به همین منوال صورت‌های فلکی خاص خود را دارد.

بخشی از سوژه‌هایی که ما برای ثبت به‌دنبال آن‌ها هستیم، سوژه‌هایی هستند که چند سال یک‌بار به وقوع می‌پیوندند و در آسمان ظاهر می‌شوند. برای مثال، دنباله‌دارها یا ماه‌گرفتگی‌ها و خورشیدگرفتگی‌ها و برخی دیگر چندین ماه یک‌بار به وقوع می‌پیوندند. برای این پدیده‌ها بارش‌های شهابی را نیز می‌توان مثال زد.

اما برخی دیگر مدت زمان‌های طولانی‌تری می‌طلبند تا بتوان از آن‌ها عکاسی کرد. برای مثال، گذر سیاره‌ی زهره از جلوی خورشید که تا صد سال دیگر اتفاق نخواهد افتاد. بنابراین، بخشی از این عکاسی زمان‌بندی مناسب و انتخاب مکان مناسب برای عکاسی است.

در مکان‌هایی که به دور از منابع آلودگی نوری شهرها

و روستاها هستند، می‌توان از آسمان شب عکاسی کرد. اگر هدف، ثبت هر چه بهتر و با جزییات بیشتر آسمان شب باشد، بهترین راه سفر به نقاط دورتر از شهرها است. اما اگر هدف نشان دادن تاثیر آلودگی نوری بر آسمان شب باشد، می‌توان در نزدیکی شهرها این اثرات را بیشتر به تصویر کشید.

در مورد اپتیک کار توضیح دهید، چقدر دانش اپتیک در این کار نقش دارد؟ اپتیک و فوتونیک چه پیشرفت‌هایی در این حرفه ایجاد کرده است؟

در عکاسی نمای باز نجومی، ما از اپتیک‌های اماده که همان لنزها هستند استفاده می کنیم. قطعاً پیشرفت اپتیک‌های لنز تاثیر بیشتری در جمع‌آوری نور حداکثری برای عکاس‌های آسمان شب دارد.

اما در عکاسی اعماق آسمان اپتیک‌ها تاثیر بیشتری دارند و قطعاً انتخاب یک اپتیک دقیق و به دور از خطا تاثیر زیادی در نتیجه‌ی نهایی خواهد گذاشت. برای به دست آوردن چنین اپتیک دقیق و کم‌خطایی، هزینه‌های زیادی باید پرداخت کنید.

عوامل محیطی چه تاثیراتی بر انتخاب ابزار عکاسی شما دارند؟

اگر منظور از عوامل محیطی آب‌وهوا باشد، تاثیر زیادی نخواهد داشت؛ چرا که ماهیت این نوع عکاسی بدین صورت است که در هوای صاف انجام می گیرد و در شرایط بارانی عکاسی نمی کنیم. بنابراین، وجود پارامترهای مختلف آب‌وهوایی تاثیر زیادی در انتخاب این تجهیزات ندارد.

اما یکی از پارامترهای هوایی که جزئی جدانشدنی این نوع عکاسی است، سرمای هواست. سرما اگرچه برای انسان مشکلاتی را به وجود می آورد، اما با انتخاب لباس‌های مناسب می توان بر سرما غلبه کرد؛ در غیر این صورت توان عکاسی از ما گرفته خواهد شد.

این نوع از عکاسی از چه زمانی در دنیا و ایران شکل گرفت و تا چه حد پیشرفت کرد؟

در شاخه عکاسی تلسکوپی اولین عکس‌ها در دنیا به دهه‌های دوم و سوم قرن ۱۹ برمی گردد که از خورشید عکاسی می‌شده است. در ایران نیز پیشکسوتانی نظیر آقایان اسدالله قمری‌نژاد و بابک امین تفرشی آغازگران شاخه‌ی نمای باز نجومی در ایران بودند. امروزه تعداد زیادی از عکاسان جوان و همچنین پیشکسوتان این شاخه از عکاسی در حال فعالیت در ایران و خارج از ایران هستند.

آیا مراکز یا مجموعه‌هایی در ایران در این باره فعالیت رسمی و جدی دارند؟ یعنی استفاده‌ی کاربردی از این عکس‌ها می کنند؟

عکس‌های نمای باز نجومی در نشریات و مؤسسات مختلف و برای آموزش نجوم استفاده می‌شوند. برای مثال، مجله‌ی نجوم سال‌ها از عکس‌های عکاسان آسمان شب ایران و با حفظ حقوق طرفین برای آموزش نجوم و همچنین چاپ در مجله استفاده می کند.

از نظر حرفه‌ای و کار وضعیت عکاسی نجومی چگونه است؟ در دنیا چطور؟

کسب درآمد از این شاخه‌ی عکاسی کار آسانی نیست و نمی‌توان به‌عنوان یک راه درآمد به آن نگاه کرد. انتخاب این شاخه‌ی عکاسی از روی علاقه‌ی شخصی است و کمتر کسی برای کسب درآمد به سراغ آن می‌رود. در دنیا نیز راه‌های کمی برای کسب درآمد از این شاخه‌ی عکاسی وجود دارد. برای مثال، برگزاری کارگاه‌های آموزش تئوری و عملی و همچنین فروش عکس راه‌های کسب درآمد از این نوع عکاسی است که به هیچ عنوان توانایی رقابت با درآمد حاصل از عکاسی پرتره یا صنعتی را ندارد و اصولاً قابل مقایسه نیستند.

سحابی کارینا، نگین آسمان شب زمستان در عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر از ۳۰ درجه امکان دیدن دارد. این عکس در سواحل جاسک در عرض جغرافیایی ۲۵ درجه ثبت شده‌است.

منظره ابرها و کوهستان‌های برفی ارتفاعات ماسال. نور موجود در افق، نور منطقه البروجی است. این نور حاصل بازتاب نور خورشید توسط غبار منظومه شمسی است.

گفتگو با استاد جوان دانشگاه صنعتی ارومیه

دیگران کاشتند و ما...

زهرا متولیان
z.motevalian@yahoo.com

در این شماره گفت‌وگویی داشتیم با دکتر سپهر رازی، استاد جوان دانشگاه صنعتی ارومیه؛ کسی که مراحل پیشرفت و ترقی در زمینه لیزر را در دانشگاه‌های نمونه همین کشور طی کرده است و اکنون نیز تمام همت خود را برای ساختن آینده دانش فوتونیک این مرز و جغرافیا صرف می‌کند. شنیدن دغدغه‌ها و دیدگاه‌های یک استاد جوان، بدون شک درنگی متفاوت برای علاقه‌مندان لیزر و فوتونیک خواهد بود، هم برای کسانی که سال‌هاست در این حوزه فعال‌اند و هم برای کسانی که در آغاز راهند...

از سوابق و فعالیت‌های خودتان در زمینه لیزر و فوتونیک برای خوانندگان ویژه‌نامه لیزر و فوتونیک بگویید.

با سلام، در ابتدا واجب می‌دانم که به عنوان یک عضو کوچک دانشگاهی از زحمات تمامی شما دوستان و دست‌اندرکاران مجموعه ویژه‌نامه دانش‌بنیان لیزر و فوتونیک در راستای معرفی، ترویج و توسعه این علوم تشکر و قدردانی کنم. در حال حاضر فعالیت‌های پژوهشی بنده بر روی چند شاخه از فوتونیک و لیزر متمرکز می‌باشد که عبارتند از طراحی قطعات فوتونیکی بر پایه بلورهای فوتونیکی، ادوات فوتونیکی شامل ساختارهای کوانتومی اعم از نقاط و چاه‌های کوانتومی، اپتیک کوانتومی (با تمرکز بر روی سوییچ‌های تمام نوری کوانتومی) و همچنین کاربردهای لیزر در اندازه‌گیری اپتیکی و تغییر مشخصه‌های مواد.

بیشتر در زمینه تجربی فعال بودید یا شبیه‌سازی و نظری؟ با توجه به تجربه‌ای که در مورد فعالیت‌هایتان دارید، چه حوزه‌هایی را برای کار در زمینه لیزر و فوتونیک مفید می‌دانید؟

در هر دو زمینه تجربی و مطالعات نظری فعالیت‌هایی داشته‌ام و تلاش می‌کنم که هر دو نوع فعالیت را به‌صورت همزمان پیش ببرم. به نظر بنده این دو شاخه مکمل همدیگر بوده و به‌ویژه اهمیت این موضوع در پروژه‌های کلان به مراتب بیشتر نمایان می‌گردد. انجام شبیه‌سازی قبل از عملیاتی کردن یک پروژه تجربی، بی‌تردید می‌تواند نقش مهمی را در کاهش هزینه‌ها داشته باشد. از طرف دیگر، ساخت هر المان شبیه‌سازی‌شده و مقایسه نتایج تجربی با پیش‌بینی‌های تئوری نیز تنها راه حل عملی برای به چالش کشیدن فرمول‌بندی‌های ریاضی و پیشرفت علم است.

خوشبختانه، علم لیزر و فوتونیک از گستردگی بسیار زیادی برخوردار بوده و برای برطرف کردن نیازهای صنایع مختلف بسیار توانمند است. لذا بنده تصور می‌کنم فضای کاری بسیار مناسبی هم برای کسانی که علاقه‌مند به فعالیت در موضوعات به اصطلاح لبه علمی هستند وجود دارد، و هم برای کسانی که توانایی‌هایی برای انجام فعالیت‌های تجربی و مهندسی دارند.

چقدر مطالعات و پژوهش‌ها به حل مشکلات کشور کمک کرده است و چقدر امروز به موارد این چنینی نیاز داریم؟

در حال حاضر مشکلاتی همچون بحث آلودگی محیط زیست، به‌ویژه آلودگی هوا در کلان‌شهرها و یا شهرهای همجوار با مناطق جغرافیایی خاص از جمله کویرها تبدیل به یک بحران جهانی شده است. ما نیز تلاش کردیم در این زمینه قدم کوچکی برداشته و توانایی روش‌های بیناب‌نمایی لیزری را در تشخیص میزان آلودگی و همچنین نوع ذرات آلاینده و معلق در هوا مورد مطالعه قرار دهیم. نتایج اولیه ما به‌خوبی نشان می‌دهند که اسپکتروسکوپی لیزری توانایی بالایی در این زمینه دارد.

در مورد بخش دوم سوال حضرتعالی باید عرض کنم که رفع هر بحرانی دو مرحله دارد. یک مرحله تشخیص زود هنگام آن و مرحله دوم درمان و رفع مشکل. بی‌تردید نمی‌توان نظر داد که کدامیک مهم‌تر است. چون در عمل هر دو از اهمیت یکسانی برخوردارند. فعالیت‌های مشابه با آنچه که در تیم ما انجام گردیده بیشتر مرحله تشخیص را در برمی‌گیرند و عمده توجه ما بر روی دقت بالای پاسخ‌دهی، انعطاف پذیری مناسب برای استفاده در اماکن و شرایط مختلف و یا زیست سازگاری بالای روش اجرایی آن می‌باشد.

به عنوان یک استاد جوان چه چالش‌هایی را پیش‌روی پیشرفت فناوری‌ای مانند لیزر و فوتونیک

می‌بینید؟ به نظر شما، چه مشکلاتی فعالیت اساتید و دانشجویان در زمینه‌های مختلف تحقیقاتی به خصوص لیزر و فوتونیک را محدود می‌کند؟

با توجه به پرهزینه بودن تجهیز آزمایشگاه‌های مرتبط با لیزر و فوتونیک، امکان تأمین مالی مربوطه با مشکلات جدی مواجه است. این موضوع محدودیت‌هایی را نه تنها از بعد پژوهشی بلکه از بعد آموزشی به همراه دارد. چالش دوم به نظر بنده نوع نگرشی است که متاسفانه در جامعه دانشگاهی ما ریشه دوانده است. این که هر فعالیتی می‌بایستی اهدافی همچون چاپ مقاله را در برداشته باشد، یک معضل جدی برای دانشگاه و به تبع آن برای صنعت مربوطه می‌باشد. لذا تصور می‌کنم یک عزم عمومی به‌همراه مدیریت صحیح برای حل این دو مشکل بسیار ضروری است.

با توجه به سوابق شما می‌توان حدس زد حتما امکان رفتن به خارج کشور را داشتید...

بله ...

چرا نرفتید؟!

این سوالی است که به دفعات از بنده چه از طریق همکاران و چه دانشجویان پرسیده شده است. تردیدی ندارم که فعالیت در دانشگاه‌ها یا صنایع خارج از کشور، چه از بعد اقتصادی و چه از نظر ارتباطات بین المللی می‌تواند بهتر باشد و منافع شخصی بسیاری را به ارمغان آورد. با این حال، من تمام شرایط و نکات قوت حال حاضر این مجموعه‌ها را برای کشور خودمان نیز آرزومندم و علاقه‌مندم که برای تحقق این آرزو تمام تلاشم را انجام دهم. از طرف دیگر، بر این باور هستم که اگر دیگران (اساتید پیشکسوت) کاشتند تا ما برداشت کنیم، امثال بنده هم شاید بتوانند برای آیندگان گامی هرچند کوچک برداشته و زیرساختی را آماده کنند.

آقای دکتر! شما تحقیقات و فعالیت های زیادی در زمینه لیزر و فوتونیک داشته‌اید . به‌عنوان یک استاد چقدر مشوق دانشجویان خود برای انجام این فعالیت‌ها هستید؟ وظیفه و رسالت استادان و یا فعالان هم‌نسل خودتان را برای ارتقاء دانش چه می‌دانید؟

اساتید به عنوان دردسترس‌ترین مراجع، بی‌تردید می‌توانند نقش بسیار چشمگیری را در دادن دیدگاه‌های صحیح به دانشجویان ایفا کنند. انتقال تجربیات شخصی دوران تحصیل و یا ارتباط‌هایی که با صنعت داشته‌اند می‌تواند نقش بسیار مهمی در انتخاب مسیر درست کاری و پژوهشی برای دانشجویان داشته باشد. بنده نیز در حد توان بخشی از فعالیت‌های خودم را در این راستا متمرکز کرده و ضمن استعدادیابی در تلاش هستم که با تعریف پروژه‌هایی مناسب، به افزایش اعتمادبه‌نفس و مهارت‌آموزی دانشجویان کمک نمایم.

تفاوت فعالیت یک محقق یا یک دانشجو و در زمینه لیزر و فوتونیک در داخل و خارج کشور چگونه است؟ اینجا هم می‌توان نتایج درخشان و دلخواه یک محقق دست یافت؟

بنا به تجربه و مشاهدات شخصی، بنده در این مسئله به‌هیچ وجه شکی ندارم که دانشجویان و پژوهشگران ایرانی به مراتب بسیار مستعدتر از افراد مشابه در دانشگاه‌های خارجی هستند. این‌را بنده از نزدیک شاهد بوده و هستم. کارهای پژوهشی بسیار با ارزشی، علی‌رغم محدودیت امکانات در ایران انجام گردیده است که گواهی بر این واقعیت هستند. با این حال، تفاوت جدی‌ای که بین پیش‌برد یک تحقیق در ایران و کشورهای پیشرفته وجود دارد، در این است که کمتر پژوهشی در خارج از کشور، صرفا به نیت چاپ مقاله در مجلات انجام می‌گردد. بنده منکر این نیستم که در صورتی که پژوهشی فقط بر روی فیزیک یک پدیده متمرکز باشد، چاپ نتایج در یک مجله معتبر تنها راه انتقال دانش و یا حتی به چالش کشیدن دست‌آوردهای آن پژوهش است؛ اما زمانی که فردی بخواهد یک کرسی را در یک دانشگاه خارجی اشغال کند، یکی از فاکتورهای بسیار مهم سنجش توانایی شخص در برقراری ارتباط با صنعت است. بنابراین، به نظر می‌رسد که ما نیز باید بسیاری از پژوهش‌های تجربی را با هدف بومی‌سازی یا دست‌یابی به یک فناوری و پیاده‌سازی در خطوط تولید صنعتی هدایت کنیم. بنابراین، امیدوارم وزارت علوم بازنگری بسیار جدی‌ای را در این راستا انجام داده و از پتانسیل داخلی به درستی برای استقلال فناوری استفاده کند.

کمی برگردیم به فعالیت‌هایی که خود شما داشته اید؛ از موضوعات علمی که در مقاطع مختلف تحصیلی خود داشتید بفرمایید. کدام بخش از فعالیت‌ها و تحقیقات برای شما جذاب‌تر بوده است؟

علاقه‌ی من به فعالیت پژوهشی در زمینه لیزر از دوره کارشناسی شکل گرفت و مطالعات محدودی را بر روی پدیده کند و سوز لیزری و لایه‌نشانی با استفاده از این تکنیک داشتم. با این که به انجام پروژه عملی در این ارتباط علاقه‌مند بودم ولی امکانات مربوطه موجود نبود و فقط توانستم یک کار محاسباتی ساده را انجام دهم. در دوره کارشناسی ارشد بر روی طراحی آشکارسازهای مادون قرمز نقطه کوانتومی تمرکز داشتم. این کار پژوهشی نیز با این‌که باز به‌صورت نظری و محاسباتی صرف انجام شد، ولی تجربه‌های متعددی را برای من به همراه داشت. در دوره دکتری خوشبختانه فرصت کافی برای انجام چند فعالیت پژوهشی به موازات موضوع اصلی

تز دکتری داشتم. مجموعه فعالیت‌های این دوره به اختصار شامل: ساخت سطوح فوق آب‌دوست به کمک پردازش لیزری سطح ایمپلنت‌های فلزی، مطالعه بر روی مکانیسم تغییر مورفولوژی سطوح پرتودیده، بررسی توانایی تکنیک‌های اسپکتروسکوپی لیزری در تشخیص آلاینده‌های هوا، ساخت قطعات تله‌انداز نور، ساخت سطوح با قابلیت تغییر قطبش نور تابیده به آن‌ها، انجام مطالعاتی بر روی تغییر مشخصه‌های متالورژیک سطوح فلزی با پرتودهی لیزری کنترل‌شده، سنتز نانومواد با لیزر و چند مورد محدود دیگر می‌باشند. در دوره‌ی پسادکتری نیز بیشتر بر روی خواص اپتیک غیرخطی نانوذرات مطالعاتی داشتم.

به عنوان به یاد ماندنی‌ترین خاطرات دوران تحصیلم باید به بازه‌ی زمانی‌ای اشاره کنم که در آن، توفیق آشنایی با دوستانی را در دانشگاه صنعتی امیرکبیر داشتم که سرشار از ایده‌های نو و کاربردی بودند. دوستانی وطن‌پرست و پرانرژی

که بی‌تردید، بودن در جمع آن‌ها نقشی بسیار جدی در گشایش ذهنی بنده و کسب نگرش واقع‌بینانه برای پل زدن بین دانشگاه و صنعت داشت.

به طور کلی چه فعالیت‌هایی در دانشگاه صنعتی ارومیه دارید؟ علاقه‌مندی دانشجویان در چه حد است؟

گروه آموزشی‌ای که بنده در حال حاضر در آن مشغول به خدمت هستم، گروه مهندسی اپتیک و لیزر از دانشکده برق دانشگاه صنعتی ارومیه است. دانشگاه صنعتی ارومیه یک دانشگاه نوپا با قدمتی در حدود ۱۲ سال می‌باشد. با این حال، خوشبختانه، تا به امروز این امکان فراهم گردیده است که بخشی از آزمایشگاه‌ها و زیرساخت‌های مرتبط با رشته اپتیک و لیزر راه اندازی گردیده و بخشی از نیازهای آموزشی برطرف شود. امکاناتی نیز برای انجام فعالیت‌های پژوهشی فراهم گردیده است و عزمی جدی نیز برای تجهیز آزمایشگاه‌های پژوهشی وجود دارد.

در کنار تمرکزی که بر روی تجهیز آزمایشگاه‌ها وجود دارد، انجمن علمی اپتیک و لیزر نیز در دانشگاه زیر نظر معاونت دانشجویی راه‌اندازی شده است. بنده به عنوان استاد راهنمای این انجمن از نزدیک پیگیر تعریف و عملیاتی کردن پروژه‌های دانشجویی در حد کارشناسی می‌باشم. تنوع پروژه‌ها از مخابرات لیزری گرفته تا طراحی و ساخت لیزرهای گازی ساده را در برمی‌گیرد. خوشبختانه استقبال بسیار زیادی از طرف دانشجویان برای مشارکت در این پروژه‌های عملی وجود دارد و حتی برخی از دانش‌آموختگان ما نیز همچنان در بعضی از این فعالیت‌ها حضور فعال دارند. بنده ایمان دارم که تداوم روند فعلی می‌تواند دانشجویان ما را هر چه بیشتر برای ورود به بازار کار آماده کند.

به عنوان سخن آخر اگر نکته‌ای مدنظرتان است بفرمایید.

متاسفانه بودجه اپتیک و لیزر در کشور ما به‌صورت عادلانه تقسیم نمی‌گردد و توجه عمده مسئولین فقط به دو شهر اصفهان و تهران بوده است. این در حالی است که در طول فعالیت دانشگاهی خود با دانشجویان و افراد علاقه‌مند و مستعد بسیاری برخورد داشته‌ام که ساکن این دو شهر نبوده‌اند. امیدوارم بازنگری‌ای از این نظر در مجموعه‌های ذی‌ربط صورت گیرد و زیرساخت‌هایی فراهم گردد که بتوان از دانش‌آموختگان رشته‌ی فوتونیک در سرتاسر کشور بهره‌مند شد.

چشم‌انداز
VISION

۲۰ رنگین کمان
۲۶ نرم‌افزار طراحی نوری
۳۲ توان فکری دانشمندان توان لیزر فمتوثانیه را چهار برابر افزایش می‌دهد
۳۶ مشخصه‌یابی پرتوهای لیزر

نور پردازی به‌سبک طبیعت

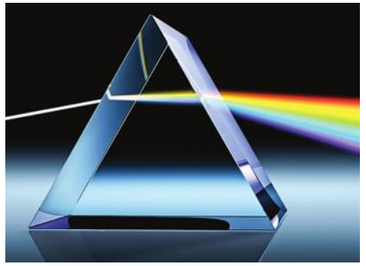
رنگین کمان

مریم فیض پور
feizpour.optics@gmail.com

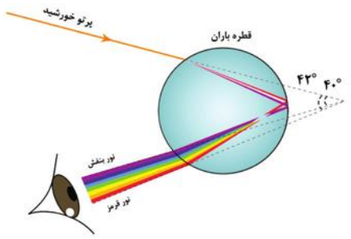
رنگین کمان یکی از زیباترین نمادهای پدیده اپتیکی شکست پرتو و پاشندگی نوری در طبیعت است که در شرایط خاصی ظاهر شده و کمانی از رنگ‌های زیبا را در پهنه‌ی آسمان به‌نمایش می گذارد.
این پدیده معمولاً در روزهای بارانی و بلافاصله پس از تابش پرتو خورشـــید به قطرات باران در آسمان دیده می‌شود و همان‌طور که از نام آن مشخص است، اغلب به‌صورت کمانی از یک دایره مشـــاهده می‌شود که از رنگ‌های تشـــکیل دهنده‌ی پرتو نور سفید به‌وجود آمده است.

چگونگی تشکیل رنگین کمان

می‌دانیم، نور سفید پس از عبور از قطعات اپتیکی دارای ویژگی پاشندگی نوری[1] مانند یک منشور، به‌دلیل وجود ضریب‌شکست متفاوت برای طول موج‌های مختلف، به طیف پیوسته‌ای از رنگ‌ها تجزیه می‌شود.



در هوای بارانی نیز هر قطـــره آب موجود در هوا تحت شرایط مناســـب، همانند یک منشور عمل کرده و نور خورشـــید را به رنگ‌های تشـــکیل دهنده آن تجزیه می کند. بااین تفاوت که شکست نور در منشور به‌صورت عبوری و در قطرات باران به‌صورت بازتاب داخلی کلی[2] اتفاق می‌افتد.
نور خورشید از طول‌موج‌های مختلفی تشکیل شده اســـت که نواحی مادون قرمز نزدیـــک (NIR)، مرئی (Visible) و فرابنفش نزدیک (Near-UV) را در طیف امواج الکترومغناطیسی پوشش می دهند. این طول‌موج‌ها پس از ورود به قطرات باران بازتاب داخلی کلی نموده و هنگام خروج از قطره به‌دلیل اختلاف در زاویه شکست پرتوهای با طول‌موج متفاوت تجزیه می‌شوند که فقط بخش مرئـــی آن به‌صورت رنگ‌های پیوســـته و زیبا به‌صورت رنگین کمان برای چشم ما قابل رویت است. همچنین بخشی از طیف‌های مادون قرمز و فرابنفش نور خورشید، درون قطرات آب جذب شده و در طیف رنگین کمان وجود نخواهد داشت.



با توجه به توضیح فوق، واضح اســـت که رنگین کمان شامل تمام طول‌موج‌های ناحیه طیف مرئی می‌باشد که از بی‌نهایت رنگ تشـــکیل شده است، ولی معمولاً به‌منظور سادگی بیان، یک رنگین کمان را شامل هفت رنگ: قرمز، نارنجی، زرد، سبز، آبی، نیلی و بنفش معرفی می کنند. در این حالت رنگ بنفش با کمترین طول‌موج، بیشترین انحراف را دارد و در پایین کمان قرار می گیرد و رنگ قرمز که بیشترین طول‌موج و کمترین انحراف را دارد، در بالای کمان دیده می‌شود. در شکل بالا، نمای کلی تجزیه رنگ‌های ناحیه طیف‌مرئی نور خورشید در اثر بازتاب داخلی کلی درون یک قطره باران با استفاده از اپتیک هندسی، نشان داده شده است.

دلیل ایجاد قوس در رنگین کمان

با توجه بـــه ضریب شکســـت قطـــرات آب برای طول‌موج‌های مختلف، زاویه بین راســـتای تابش پرتوهای خورشید و راســـتای پرتوهایی که شرط بازتاب داخلـــی کلی درون قطـــرات آب را برآورده

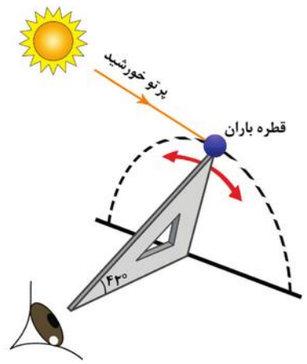
رنگین کمانـــی با کمـــان نزدیک به یک دایره کامل را بر فراز آبشارهای ویکتوریا در کشور زامبیا.

1 Optical Dispersion
2 Total Internal Reflection

دایره کامل رنگین کمان دو تایی
Full Circle Double) (Rainbow
این عکس در سال ۲۰۱۴ توسط کالین لئونهارت بر فراز آسمان استرالیا و از درون یک بالگرد ثبت شده است که در آن، رنگین کمان به‌صورت یک دایره کامل قابل مشاهده است و رنگ‌های رنگین کمان ثانویه (دایره بزرگ‌تر)، کم‌رنگ‌تر و برعکس، رنگ‌های رنگین کمان اصلی (دایره کوچک‌تر) هستند.

می‌کنند، بین ۴۰ تا ۴۲ درجه می‌باشد به‌این‌صورت که برای طول‌موج بنفش با بیشترین انحراف، ۴۰ درجه و برای طول‌موج قرمز با کمترین میزان انحراف، ۴۲ درجه و بقیه رنگ‌ها نیز با زاویه‌ای بین این دو مقدار به چشم ما رسیده و تشکیل رنگین کمان می‌دهند.

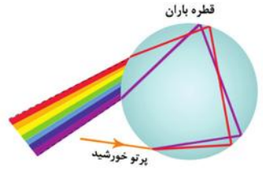
اگر گستره‌ی وسیعی از قطرات باران را در پهنه‌ی آسمان در نظر بگیریم، فقط قطره‌هایی که شرط بازتاب داخلی کلی درون آنها برقرار باشد می‌توانند طول‌موج‌های تجزیه شده ناشی از تابش پرتو خورشید را به‌منظور تشکیل رنگین کمان به‌سمت چشم ما گسیل نمایند که این قطرات از نظر هندسی روی سطح مخروطی به نیم زاویه رأس ۴۲ درجه قرار می‌گیرند و با توجه به دایره‌ای بودن سطح مقطع مخروط، رنگین کمان به‌صورت کمانی از این دایره دیده خواهد شد. البته زاویه تابش پرتو خورشید نسبت به سطح افق، باعث می‌شود که ما در کامل‌ترین حالت فقط یک نیم‌دایره از سطح مقطع این مخروط را مشاهده کنیم.



فقط درصورتی می‌توان رنگین کمان بزرگ‌تر از نیم دایره و یا دایره کامل رنگین کمان[3] را مشاهده نمود که ناظر، (با استفاده از یک هواپیما یا بالگرد) به مکانی بالاتر از سطح افق رفته و یا مثلاً بالای یک آبشار قرار گیرد به‌طوری که خورشید را در پشت سر خود داشته باشد و مرکز قوس رنگین کمان در مکانی بالاتر از سطح زمین قرار گیرد که در این حالت امکان مشاهده کمانی بزرگ‌تر از نیم‌دایره و یا حتی دایره کامل رنگین کمان برای ناظر فراهم خواهد شد.

رنگین کمان دوتایی[4]

در شرایط خاصی، ممکن است رنگین کمان دیگری بالای کمان اصلی تشکیل شود. همان‌طور که گفته شد، در این حالت کمان اصلی در زاویه ۴۰ تا ۴۲ درجه تشکیل می‌شود به‌طوری که رنگ قرمز در بالا و رنگ بنفش در پایین به‌وضوح دیده می‌شود.

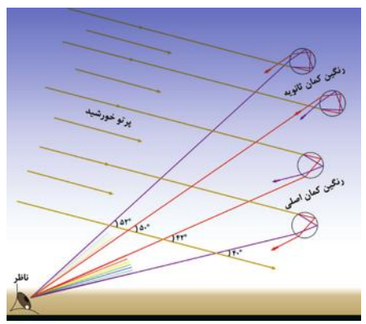


کمان دوم که با دو بار انعکاس نور خورشید درون قطرات آب به‌وجود می‌آید، همیشه کم‌رنگ‌تر بوده و به‌دلیل وجود دو بازتاب، با ترتیب رنگ‌های معکوس (بنفش در بالا و قرمز در پایین) در زاویه ۵۰ تا ۵۲ درجه قابل مشاهده است.

ترتیب رنگ‌های رنگین کمان

شاید تا کنون این سوال در ذهن شما نیز شکل گرفته باشد که چرا با وجود آنکه در هنگام خروج پرتوهای تجزیه شده نور خورشید از یک قطره باران، با توجه به زوایای شکست و بازتاب داخلی، طول‌موج قرمز در پایین و طول‌موج بنفش در بالای این طیف رنگی قرار می‌گیرند؛ ولی در رنگین کمانی که به چشم ما می‌رسد این ترتیب رنگ‌ها دقیقاً برعکس است؛ یعنی رنگ قرمز در بالا و رنگ بنفش در پایین رنگین کمان دیده می‌شوند.

پاسخ این پرسش را می‌توان این گونه بیان نمود: پرتوهای موازی خورشید پس از بازتاب کلی از سطح داخلی قطرات آب، به‌علت وجود زوایای شکست متفاوت برای طول موج‌های مختلف، در جهات مختلف از قطره بیرون آمده و واگرا می‌شوند. در این حالت، تنها آن دسته از پرتوهایی که قابلیت همگرا شدن در مکان ناظر و تشکیل تصویر روی شبکیه چشم بیننده را داشته باشند، قابل رویت خواهند بود. به‌این ترتیب پرتوهای قرمز خارج شده از پایین‌ترین قطرات و پرتوهای بنفش خارج شده از بالاترین قطرات، به‌دلیل داشتن زوایای نامناسب و واگرایی زیاد به چشم ناظر نخواهند رسید و فقط طیف بنفش از پایین‌ترین قطرات و طیف قرمز از بالاترین قطرات در یک نقطه همگرا شده و در چشم ناظر تصویر رنگین کمان اصلی را با همان ترتیب همیشگی رنگ‌ها تشکیل می‌دهند. این استدلال در مورد رنگین کمان ثانویه نیز کاملاً درست است با این تفاوت که ترتیب مشاهده رنگ‌ها در رنگین کمان دوم برعکس می‌باشد.



در این شکل، دو قطره پایین نمادی از بالاترین و پایین‌ترین قطرات باران برای ایجاد رنگین کمان اصلی و دو قطره بالا نیز نمادی از بالاترین و پایین‌ترین قطرات

مه‌کمان
Fogbow
همان‌طور که از نام این پدیده مشخص است، در صورت وجود «مه» نیز رنگین کمان تشکیل می‌شود ولی به‌دلیل این که در مقایسه با قطره‌های باران، قطرات آب که «مه» را تشکیل می‌دهند، بسیار کوچک‌تر هستند، رنگ‌های تشکیل‌دهنده‌ی مه‌کمان نیز کم‌رنگ‌تر از رنگین کمان ناشی از قطرات باران خواهند بود. در این حالت، اگر اندازه قطره‌های تشکیل‌دهنده «مه» خیلی کوچک باشد، این کمان به‌دلیل همپوشانی فضایی بین طول‌موج‌های مختلف، تقریباً به رنگ سفید دیده می‌شود.

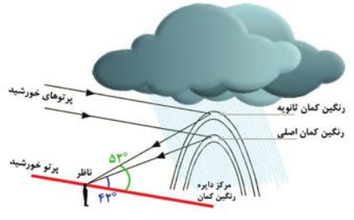
3 Full Circle Rainbow

4 Double Rainbow

باران تشکیل دهنده رنگین‌کمان ثانویه هستند.

شرایط مشاهده رنگین‌کمان

بهترین و شفاف‌ترین رنگین‌کمان زمانی تشکیل می‌شود که بارش باران شدید بوده و هنگام تابش خورشید، تعداد زیادی از قطرات بزرگ باران در آسمان وجود داشته باشند؛ در این‌صورت با فرض برآورده شدن شرایط فوق به‌عنوان «شرط تشکیل رنگین‌کمان» و به‌عنوان یک ملاک کلی می‌توان «شرط مشاهده رنگین‌کمان» را به‌این‌صورت بیان نمود که باید خورشید، چشم ناظر و مرکز قوس رنگین‌کمان هر سه روی یک خط مستقیم قرار گرفته باشند.



به‌همین دلیل رنگین‌کمان فقط در صبح زود و یا موقع عصر به‌خوبی قابل مشاهده است و هر چه خورشید در آسمان بالاتر باشد، ما کمان کوچک‌تری از دایره اصلی رنگین‌کمان را خواهیم دید. بنابراین، در بهترین حالت، اگر زاویه‌ی تابش پرتو خورشید نسبت به سطح افق تقریباً صفر درجه باشد (مثلاً هنگام طلوع خورشید)، قوس رنگین‌کمان برای ناظر روی سطح زمین به‌صورت یک نیم‌دایره دیده می‌شود، ولی اگر خورشید در آسمان خیلی بالا آمده باشد، به‌طوری که زاویه تابش پرتو خورشید نسبت به سطح افق بیشتر از ۴۰ درجه باشد، کمان قابل مشاهده برای ناظر روی سطح زمین بسیار کوچک شده و دیگر دیده نخواهد شد.

قطبش رنگین‌کمان

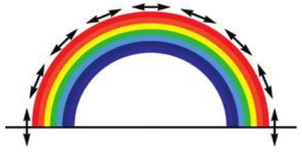
تعداد بسیار اندکی از متون علمی به‌مبحث تحلیل وضعیت قطبش رنگین‌کمان پرداخته اند، در حالی که این موضوع از نظر اپتیکی بسیار جالب توجه می‌باشد. درحقیقت قطبیده بودن رنگین‌کمان به‌دلیل بازتاب داخلی کلی پرتو درون قطره‌های آب در زاویه‌ای نزدیک به زاویه بروستر[5] می‌باشد بنابراین می‌توان انتظار داشت که قطبش رنگین‌کمان در راستای عمود بر صفحه تابش نور خورشید به قطرات آب باشد (در اینجا منظور

5 Brewster Angle

ماه‌کمان
Moonbow(Lunar Rainbow)

ماه‌کمان یا رنگین کمان قمری، رنگین کمانی است که از شکست نور بازتابیده شده از سطح ماه به‌وجود می‌آید. ماه‌کمان‌ها به‌دلیل کم بودن شدت نور بازتابیده شده از سطح ماه، نسبتاً کم‌نور هستند و چون تشخیص رنگ‌ها در تاریکی دشوارتر است، ماه‌کمان‌ها به‌سختی قابل رویت هستند؛ ولی با استفاده از تکنیک نوردهی مناسب برای عکاسی در شب می‌توان یک ماه‌کمان رنگی را به‌زیبایی ثبت نمود. تصویر زیر یک ماه‌کمان در آبشار ویکتوریا را نشان می‌دهد.

از صفحه تابش، صفحه‌ای است که شامل پرتو خورشید، قطره آب و ناظر می‌باشد). از آنجاکه صفحه تابش پرتو برای قطرات آب قرار گرفته در قسمت‌های مختلف قوس رنگین‌کمان متفاوت است، می‌توان بردار قطبش رنگین‌کمان در هر نقطه را مماس بر قوس رنگین‌کمان در همان نقطه در نظر گرفت. در شکل زیر، فلش‌های مشکی رنگ نشان دهنده‌ی راستای قطبش پرتو در هر نقطه از قوس رنگین‌کمان است که در حقیقت نشان دهنده وجود قطبش سمتی[6] در این پدیده زیبای اپتیکی می‌باشد.

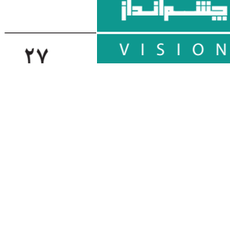


رنگین‌کمان وارونه[7]

پدیده نادر رنگین کمان وارونه که از آن باعنوان «لبخند آسمان» نیز یاد شده، زمانی تشکیل می‌شود که نور خورشید به‌جای عبور از میان قطرات باران، از درون بلورهای کوچک یخ درون ابرها عبور کند. این شرایط جوّی عجیب به‌ندرت در خارج از مناطق قطب‌های شمال و جنوب دیده می‌شود.

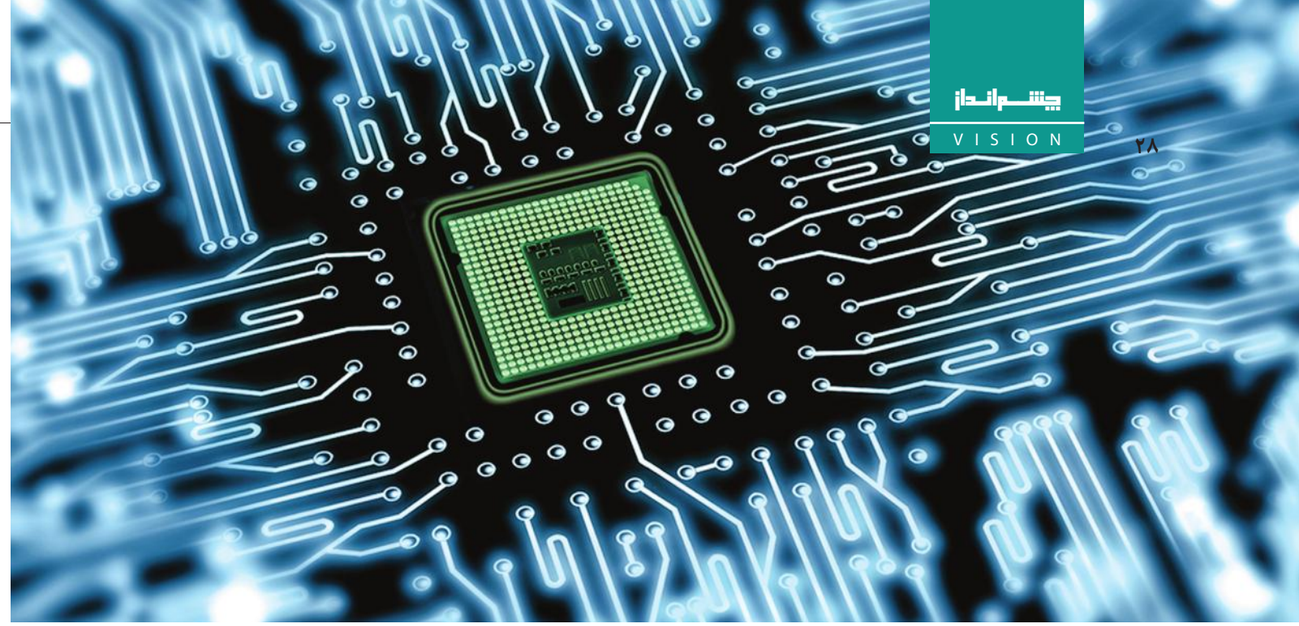
6 Azimuthal Polarization
7 Reverse Rainbow

این پدیده که تنها به‌مدت چند دقیقه قابل مشاهده است، زمانی شکل می‌گیرد که نور خورشید با زاویه‌ای کمتر از ۳۲ درجه نسبت به سطح افق از میان ابرهایی که لایه نازکی از بلورهای شش‌وجهی یخ درون آنها وجود دارد، عبور کند. به‌عبارت دیگر، زمانی که ابرها در ارتفاعات بالا به‌صورت محدب در مقابل نور خورشید قرار گیرند و بلورک‌های یخ به‌صورت تصادفی روی یک خط راست جهت‌گیری کنند، نور خورشید را طوری منعکس می‌کنند که رنگین‌کمان وارونه تشکیل شود. برخی از مهمترین جنبه‌های اپتیکی و شرایط شکل گیری و مشاهده پدیده زیبای رنگین‌کمان که مشاهده آن همواره برای بشر خوشایند بوده و شادمانی ناشی از نزول باران رحمت الهی را دو چندان می‌کند، در این نوشتار به‌اختصار مورد بررسی قرار گرفت و بدیهی است که جزئیات بیشتر در مورد این پدیده اپتیکی و محاسبات ریاضی کامل‌تر در هر یک از این موارد را می‌توان با مراجعه به منابع تخصصی مورد مطالعه قرار داد.



شبنم کمان
Dewbow

همان طور که از نام این پدیده مشخص «شبنم کمان» نیز همانند رنگین کمان، ناشی از پدیده شکست و بازتاب داخلی کلی پرتوهای نور خورشید درون قطره های آب می باشد با این تفاوت که در این حالت، قطره های آب به صورت شبنم روی یک جسم (مثلاً یک تار عنکبوت) قرار گرفته اند و با ایجاد پراکندگی نوری، طیف مرئی حاصل از تجزیه نور خورشید را تولید می کنند.



تحلیل‌های عددی قادر به کاستن
مصرف انرژی و بالا بردن بازدهی سوئیچ‌های فوتونیکی هستند

نرم‌افزار طراحی نوری

آزاده امیراحمدی
azadeamirahmadi@gmail.com

سیماس (یا نیم‌رسانای اکسید فلزی مکمل) یکی از رده‌های اصلی مدارهای مجتمع است.
این نوع حسگر که در دوربین‌های دیجیتال استفاده می‌شود، در واقع از فناوری نیم‌رساناها استفاده می‌کند. از ویژگی‌های سیماس مصرف انرژی بسیار کم است.

بهینه‌سازی طراحی سوئیچ‌های ترموپتیک فوتونیک سیلیکون با استفاده از تجزیه و تحلیل‌های عددی به‌منظور دستیابی به کمینه مصرف انرژی و بیشینه سرعت تعویض جریان

ایجاد شبکه‌های ارتباطی تمام‌نوری در دهه‌های اخیر به‌علت سرعت انتقال بالا همواره قابل تصور بودند؛ چرا که این سرعت بالا باعث رضایت کاربران از عملکرد شبکه و تقاضای روزافزون می‌شود. سوئیچ‌های فوتونیکی تقریباً به‌طور وسیع در همه شهرها و شبکه‌های ارتباطی از راه دور گسترش یافته‌اند؛ حال آن که آزمایشات در مراکز داده و با محاسبات کارآمد در حال پیشرفت هستند. موسسه‌ی تحقیقاتی فناوری هَئووی (در مارکام[1] کانادا) به‌طور بنیانی در حال بهینه‌سازی مؤلفه‌های نوری، با استفاده از فوتونیک سیلیکون (اِس آی پی اچ: سیف)[2] است؛ برای مثال کار بر روی سوئیچ‌های فوتونیکی که یکی از راه‌های حذف امواج اضافی و ارتقا دادن مؤلفه‌های نور است در این موسسه انجام می‌شود.

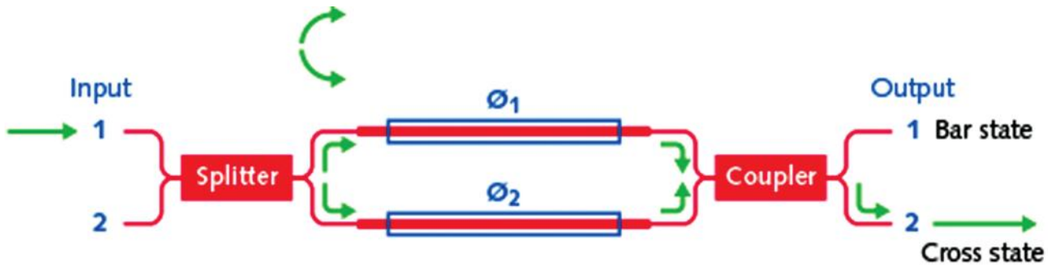
به‌منظور تعیین مسیر داده‌ها در نقاط مختلف شبکه نوری، سیگنال نوری به سیگنال الکتریکی مرسوم تبدیل می‌شود، در مرحله‌ی بعد تغییر جهت داده و سپس دوباره به یک سیگنال نوری تبدیل می‌گردد. در حالی که سوئیچ‌های فوتونیکی فرمت سیگنال را تغییر نمی‌دهند؛ بنابراین، این سوئیچ‌ها اغلب سریع‌تر، کوچک‌تر، و با بهره‌وری انرژی بالاتر هستند.

اما سوئیچ‌های فوتونیکی کنونی، بزرگ و گران هستند و دارای اجزای بسیاری هستند که به‌صورت دستی مونتاژ شده‌اند. برای حل این مساله، مؤسسه‌ی تحقیقاتی هَئووی مدارهایی تولید می‌کند که مبتنی بر فناوری یکپارچه‌ی «اِس آی پی اچ» است. مدارهای نوری در کارخانه‌های گداخت تراشه سیماس (نیم‌رسانای اکسید فلزی مکمل)[3] تولید می‌شود و دارای موج‌بر سیلیکون با عرض حدود نیم میکرومتر است. شفاف بودن سیلیکون در طول موج‌های این سیگنال، این کار را امکان پذیر می‌سازد.

مهندسان مؤسسه تحقیقاتی هَئووی در حال تولید نمونه اولیه برخی از پیچیده‌ترین مدارهای «اِس آی پی اچ» در جهان هستند و این کار را بر پایه طراحی یک محیط یکپارچه انجام می‌دهند. مدل‌های فیزیک عددی بسیار دقیق، به‌خوبی در چرخه‌های پیش الگو که به‌صورت منظم تکرار می‌شوند، تنظیم می‌شوند، و نرم‌افزار طرح‌بندی مدارهای فوتونیکی[4]، طرح‌ریزی این تراشه را، که برای نخستین بار در دست اقدام است، تایید می‌کند. عملکرد گرمایی سوئیچ حرارتی-نوری (ترموپتیک)[5] «اِس آی پی اچ» قسمت عمده این طراحی است.

1 Markham
2 silicon photonics (SiPh)

3 CMOS: Complementary Metal–Oxide–Semiconductor
4 photonic-circuit layout **software**
5 thermo-optic



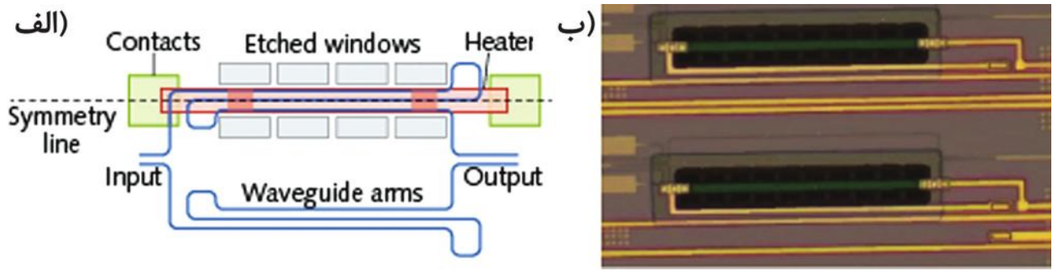
شکل ۱ - در یک تداخل‌سنج ماخ-زندر، نور ورودی از یکی از ورودی‌های موج‌بر به دو قسمت تقسیم شده و وارد بازوها می‌شود. در این قسمت امواج یک تغییر فاز را بسته به خواص اپتیکی هر بازو تجربه می‌کنند. در قسمت خروجی، این دو موج با هم دستخوش تداخل سازنده و ویرانگر می‌شوند که در سوئیچ اپتیکی به ترتیب با حالت‌های «کراس» و «بار» نشان داده شداست؛ مسیر سبزرنگ این حالت پیش‌فرض در سوئیچ را نشان می‌دهد.

سوئیچ‌های حرارتی-نوری بر اساس تغییر فاز

این سوئیچ حرارتی-نوری، یک تداخل سنج ماخ-زندر[6] فوتونیکی سیلیکون است که دارای دو حالت است: یک حالت کراس[7] و یک حالت بار[8]. به‌صورت پیش‌فرض، تداخل‌سنج ماخ-زندر را در حالت کراس در نظر می‌گیریم (شکل ۱ را مشاهده کنید). یک موج نوری که به ورودی می‌رسد (برای مثال ورودی ۱) دو قسمت شده و طول هر دو بازو را طی می‌کند. این موج نوری پس از عبور از بازوها در دو قسمت خروجی متصل به هم تداخل می‌کنند. به‌علت فاز نسبی این دو موج که دو بازو را طی کرده‌اند، تمام نور از خروجی دوم خارج می‌شود.

تغییر فازی که با حرارت ایجاد می‌شود، راهی برای تلنگر سوئیچ و تغییر حالت آن فراهم می‌کند. برای تغییر حالت سوئیچ ترموپتیک ماخ-زندر به حالت «بار»، یکی از بازوهای این سوئیچ را گرم می‌کنند. این کار ضریب شکست موج‌بر را تغییر می‌دهد و یک تغییر فاز ۱۸۰ درجه‌ای در نور منتشرشده از این بازو ایجاد می‌کند. تداخل موجب می‌شود که نور از خروجی ۱ خارج شود و اطلاعات را به سمت مقصد دیگری منتقل کند. با ترکیب تعداد زیادی از سلول‌های سوئیچ مذکور در یک تراشه، ماتریس

6 Mach-Zehnder (MZ)
7 cross
8 bar



شکل ۲ - تغییر دهنده فاز ترموپتیک ماخ - زندر با ایجاد یک برش عایق گرمایی در قسمت زیرین (قسمت الف) شامل یک گرمادهنده مقاومتی (که با رنگ صورتی نشان داده شده‌است) است که بالای یکی از بازوهای موج‌بر (که با رنگ آبی مشخص شده) قرار گرفته است، در اینجا گرمادهنده برای تغییر ضریب شکست استفاده شده‌است، که موجب تغییر فاز موج نوری در حال انتشار می‌شود؛ (قسمت ب) ساختار موج‌بر گرم شده را نشان می‌دهد. {تصویر از کامسول}

بزرگی از سوئیچ‌ها ایجاد می‌شود.

در طراحی سوئیچ ماخ -زندر که توسط مؤسسه‌ی تحقیقاتی هَئووی انجام شده (شکل ۲)، نور وارد سوئیچ می‌شود، به دو قسمت تقسیم شده و طول بازوهای به‌هم‌متصل، موج‌بر را (که در تصویر با رنگ آبی نمایش داده شده است) طی می‌کند. بالای یکی از بازوها یک گرمادهنده‌ی مقاومتی از نیترید تیتانیوم[9] قرار دارد که در تصویر توسط منطقه‌ی صورتی سایه‌دار نشان داده شده‌است. اعمال ولتاژ به اتصالات الکتریکی باعث می‌شود که گرمادهنده دمای قسمتی از موج‌بر را که زیر آن قرار دارد، بالا ببرد و یک تغییر فاز ۱۸۰ درجه‌ای ایجاد کند (که حالت سوئیچ را تغییر می‌دهد). این موج‌بر سه قسمتی طول مسیر اثر متقابل بین موج‌بر و گرمادهنده را افزایش می‌دهد و به‌این ترتیب بهره‌وری را سه برابر بالا می‌برد.

بازوی گرم شده موج‌بر در سوئیچ ترموپتیک مذکور یک ساختار معلق است که در آن حفره‌ای در قسمت تحتانی موج‌بر وجود دارد که با موادی با روکش فلزی پوشانده می‌شود و از تبادل گرما جلوگیری می‌کند. به این ترتیب برش عایق گرمایی زیرین تشکیل می‌گردد. شکل ۳ نمای مقطع این موج‌بر را در دو حالت با برش زیرین گرمایی و بدون برش تحتانی گرمایی نشان می‌دهد. این برش گرمایی (مانند عایق) از انتقال گرما به لایه‌ی زیرین جلوگیری می‌کند، و به گرمادهنده اجازه می‌دهد که دمای موج‌بر عایق‌شده را بالا ببرد و بازده گرمایی را ۲۳ برابر افزایش داده و بنابراین مصرف انرژی را ۹۶ درصد کاهش می‌دهد. می‌توان این سیستم را به‌عنوان «برش عایق گرمایی» در نظر گرفت.

تجزیه و تحلیل گرمایی و بهینه‌سازی طراحی

اهمیت مصرف انرژی، سرعت سوئیچ‌شدن و اندازه فیزیکی، به‌همراه قوانین طراحی ساخت برش عایق گرمایی، منجر به ایجاد یک مشکل بهینه‌سازی مهم برای عملکرد سوئیچ‌های ترموپتیک ماخ-زندر می‌شود. برای دستیابی به طراحی نهایی، آنالیز گرمایی در نرم‌افزار «کامسول مولتی‌فیزیکس»[10] این امکان را برای موسسه‌ی فناوری هَئووی فراهم می‌کند که قبل از تولید نمونه‌های اولیه فیزیکی یک ارزیابی کمی از طراحی‌های جدید به‌دست آورد.

برای مثال، تحلیل گرمایی برای تعیین کمی عملکرد طراحی‌های مختلف ترموپتیک، با برش عایق گرمایی در قسمت زیرین یا بدون این برش عایق گرمایی، مورد استفاده قرار می‌گیرد که (تا زمانی که برش تحتانی مراحل اضافی را به فرآیند تولید نیفزاید) نکته‌ی بسیار پراهمیتی است. هرچند که استفاده از یک برش عایق گرمایی می‌تواند مصرف انرژی را در دستگاه بهبود بخشد، اما کاهش سرعتی را در تعویض جریان ایجاد

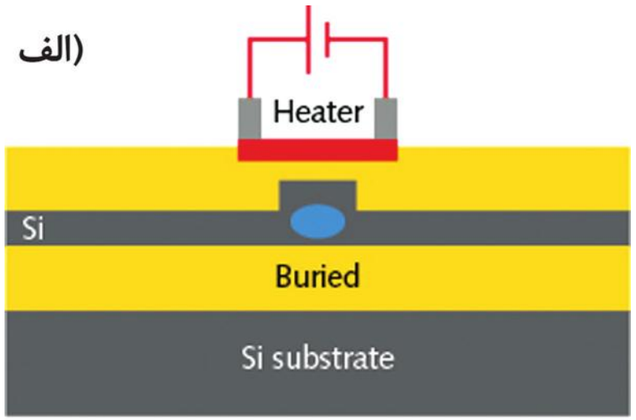
9 titanium nitride (TiN)

10 COMSOL Multi physics software

می‌کند. بنابراین، هندسه‌ی دستگاه با برش تحتانی فقط برای کاربردهای خاص مناسب است.

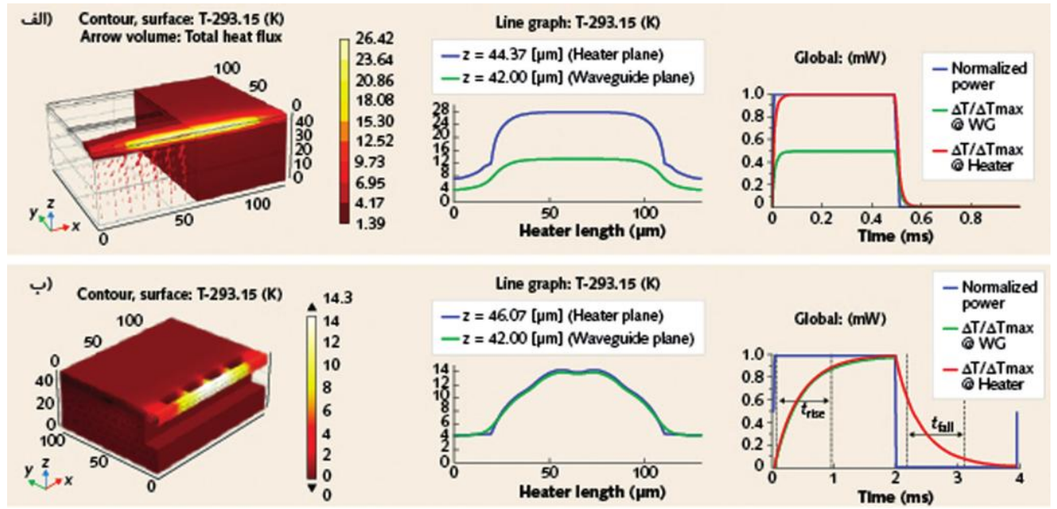
هندسه‌ی دستگاه (شکل ۲) برای هر دو حالت با برش عایق گرمایی و بدون برش عایق گرمایی، در نرم‌افزار کامسول اجرا شده است. به‌منظور کاهش زمان مورد نیاز در محاسبات برای آنالیز گرمایی حالت پایدار در هر طراحی (در قسمت بازوی بالا در شکل ۲) حالت نیمه‌تقارنی با نقطه‌چین سیاه‌رنگ در نظر گرفته شده و هندسه مدل حاصل در سمت چپ شکل ۴ نشان داده شده است. موج‌برهای سیلیکونی که صدها میکرومتر طول دارند، در شیشه‌ی سیلیکا در بالای یک بستر سیلیکونی دفن می‌شوند. خواص مواد اختصاص‌داده‌شده به هر دامنه در این مدل، از گزینه‌هایی که در حال حاضر در نرم‌افزار در دسترس هستند، انتخاب شده‌اند. از آنجایی که ساختارهای «اِس آی پی اِچ» دارای نسبت‌های ابعاد بزرگ ۱۰۰۰ به ۱ هستند، استفاده از الگوریتم‌های شبکه‌ای نرم‌افزار کامسول مولتی‌فیزیکس برای مدل‌های سریع و دقیق ضروری به‌نظر می‌رسید.

انتقال گرما در جامدات در سرتاسر هندسه‌ی این دستگاه مدل‌سازی شده است. این کار از طریق مجزا کردن شرایط مرزی بر روی لایه‌ی سطح روکش‌گذاری‌شده و مرزهای برش عایق گرمایی (در حالتی که تعبیه شده)، انجام گرفته است. گرمادهنده‌ی نیترید تیتانیوم در بازوی گرم‌شده‌ی موج‌بر به‌عنوان منبع گرما در این مدل سوئیچ توصیف می‌شود و نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که چه مقدار انرژی گرمایی مورد نیاز برای تولید یک تغییر فاز ۱۸۰ درجه‌ای برای این نوع طراحی، لازم است. برای ایجاد یک تغییر فاز ۱۸۰درجه‌ای، دمای موج‌بر باید ۱۳/۳ درجه کلوین تغییر کند، که مقدار این تغییر دما از طریق اندازه‌گیری‌های تست نوری تعیین شده‌است.



شکل ۳ : یک برش عرضی که بازوی گرم‌شده موج‌بر را در یک سوئیچ ترموپتیک ماخ-زندر (شکل الف) بدون برش عایق گرمایی زیرین، (شکل ب) با برش عایق گرمایی تحتانی نشان می‌دهد؛ این عایق گرمایی تحتانی، موج‌بر و گرمادهنده را ایزوله می‌کند و هدر رفت حرارت عبوری و انتقال آن به اطراف را کاهش می‌دهد.

آنالیز حالت پایدار سوئیچ ترموپتیک «اِس آی پی اِچ» یک کاهش ۲۳ برابری در مقدار انرژی مورد نیاز برای رسیدن به تغییر فاز ۱۸۰ درجه‌ای را، در حالتی که برش عایق گرمایی در طراحی تعبیه شده است، نشان می‌دهد. این توزیع دما در قسمت چپ شکل ۴ برای هر نوع هندسه دستگاه نشان داده شده است. نمودارهای ستون وسط اختلاف دمای بین گرمادهنده و موج‌بر را ترسیم کرده است، که نشان‌دهنده میزان از دست دادن



شکل ۴ - یک مدل نرم‌افزاری کامسول مولتی‌فیزیکس از یک سوئیچ ترموپتیک (الف) بدون برش عایق گرمایی و (ب) با برش عایق گرمایی که شامل نقشه‌هایی است که پراکندگی را در دمای حالت پایدار نشان می‌دهد (ستون چپ)، تفاوت دما بین گرمادهنده و موج‌بر (ستون وسط)، و آنالیز ناپایدار (گذرا)، نشان دهنده زمان مورد نیاز برای موج‌بر جهت رسیدن به دمای مورد نظر است (ستون راست). {تصویر از کامسول}

گرما به مواد اطراف در دستگاه‌های بدون برش تحتانی است.

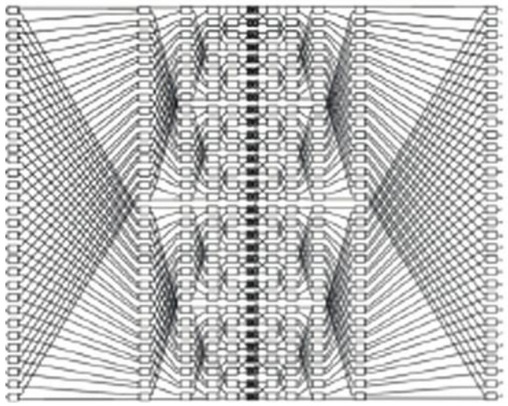
در دستگاه بدون برش تحتانی ۱۳ کلوین اختلاف دما وجود دارد؛ اما در طراحی‌های شامل برش تحتانی تنها ۰/۲ کلوین اختلاف وجود دارد که نشانه‌ی کمتر بودن هدررفت گرماست. تجزیه و تحلیل حالت گذرا، با استفاده از تقارن یک‌چهارمی به‌منظور کاهش زمان محاسبات، اطلاعاتی در مورد چگونگی تنظیم موج‌بر با دما و فاز مورد نظر را فراهم می‌کند که سرعت دستگاه را برای تغییر حالت‌های «کراس/بار» محدود می‌کند.

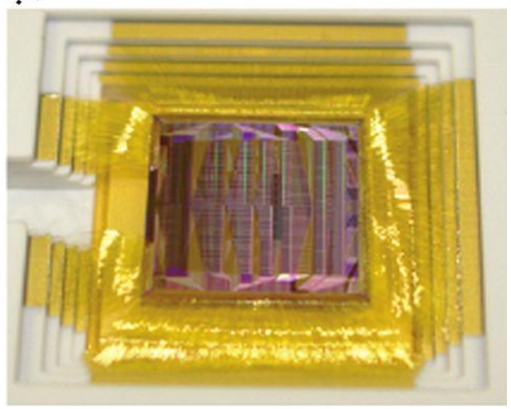
هرچند دستگاه‌های با برش زیرین بهره‌وری انرژی بالاتری دارند؛ اما آن‌ها همان‌طور که تعداد صعودها و نزول‌ها در ستون سمت راست شکل ۴ نشان داده شده‌است، نسبت به دستگاه‌های فاقد برش تحتانی به‌سرعت تنظیم (کوک) نمی‌شوند. همچنین مدل‌های حالت پایدار و گذار معتبر در ارزیابی مقدار ضخامت شیشه سیلیکا، اندازه کل یک سوئیچ ماخ-زندر، و تاثیر لایه‌ی روکش‌گذاری‌شده‌ی خنک‌کننده در بالای دستگاه اهمیت دارند. بنابراین، توانایی یک برنامه در به حداکثر رساندن بهره‌وری با کاهش انرژی مصرفی از اهداف اصلی پروژه مورد بحث است.

هزاران سوئیچ بر روی یک تراشه

اگرچه تمرکز بر روی شبیه‌سازی‌های انتقال گرما به‌منظور بهینه‌سازی یک سوئیچ ترموپتیک ماخ-زندر است. در عمل، آن‌ها به‌تنهایی قابل حصول نیستند؛ اما این سوئیچ‌ها در ماتریس‌های بزرگ استفاده می‌شوند (شکل ۵ را ببینید). ماتریس هَئووی که برای جلوگیری از تداخل نوری طراحی شده است، سیگنال‌های نوری خارج شده از سوئیچ را با حداقل نویز تضمین می‌کند.

ساختار سمت چپ یک ماتریس سوئیچ «اِس آی پی اِچ» ۳۲ در ۳۲ را نشان می‌دهد که حاوی ۴۴۸ سلول سوئیچ ۲در ۲ ترموپتیک ماخ-زندر است. یک مسیر نور از یک سلول در هر ردیف عبور می‌کند و این مسیر به‌وسیله‌ی اعمال ولتاژ مناسب برای حالت‌های کراس/





بار تعیین می‌شود. اعمال ولتاژ بر روی یک سوئیچ دمای موج‌بر آن را بالا می‌برد و تغییر فاز ۱۸۰ درجه‌ای لازم را ایجاد می‌کند که این تغییر فاز به سیگنال اجازه می‌دهد در طول یک مسیر انتخاب‌شده توزیع گردد.

تولید نمونه اولیه و فرایند تولید محصول در مقیاس وسیع، چالش‌های جدیدی را به وجود می‌آورد که طراحان را مجبور می‌کند زمان خود را بین امکانات تحقیق و توسعه[11] در هئووی و ساخت و تولید تقسیم کنند. عملکرد گرما، یک قسمت کوچک اما مهم برای پازل بسیار بزرگی است که چگونگی کار طراحی دستگاه را به عهده دارد. نظر به تولید محصول در حجم بالا، ساخت یک سوئیچ «اِس آی پی اِچ» با هزاران سلول ماخ-زندر بر روی یک سطح پوشانده شده مقدار انرژی‌ای کمتر از ۵۰ وات نیاز دارد که ممکن است در بسیاری از محیط‌های متفاوت مورد استفاده قرار گیرد. این امر پرسش‌هایی در مورد ثبات مکانیکی ایجاد می‌کند. در حال حاضر، تحلیل‌های ساختاری در مورد سوئیچ بسته‌بندی شده مورد تمرکز است و شبیه‌سازی عددی در نرم افزار کامسول مجدد برای بهینه‌سازی طراحی آن مفید و مثمرثمر خواهد بود.

11 R&D facilities : Research and development facilities

شکل ۵- یک ماتریس ۳۲ در ۳۲ دارای ۴۴۸ سلول ۲در ۲ ترموپتیک ماخ-زندر است (شکل الف)؛ نمونه‌ی اولیه‌ی ساخته‌شده شامل فوتودیودهای نمایشگر بر روی تراشه‌ی هر سلول است (شکل ب). نمونه‌ی اولیه در یک کارخانه‌ی گداخت (ریخته‌گری) سیماس ساخته شده است که متخصص در ساخت دستگاه‌های «اِس آی پی اِچ» و شامل روش برش عایق گرمایی است. این فوتودیودهای نمایشگر، که تعیین‌کننده‌ی جریان حالت‌های کراس/بار هستند، نقش مهمی را در پیشبرد این فناوری ایفا می‌کنند.

منابع:
۱- دی سلو[1] و همکاران؛ در سمینار اپتوالکترونیک و ارتباطات «سوئیچ فوتونیک سیلیکون» /سمینار بین المللی در مورد فوتونیک در سوئیچ‌ها، در نیگاتای ژاپن[2]، سال ۲۰۱۶.
۲- دی سلو و همکاران؛ در انجمن مهندسان برق و الکترونیک[3] با موضوعیت «فوتونیک سیلیکون ترموپتیک با قدرت پایین و انعطاف‌پذیری بالا جهت اصلاح و بهبود»، سندیگو، کالیفرنیا، سال ۲۰۱۶؛ شناسگر دیجیتالی[4]: ۱۰/۱۱۰۹،کد ۲۰۱۶/ ۷۴۸۲۹۹۴.
دریتان سلومهندس ارشد، اریک برنیر پیشرو در فوتونیک پیشرفته، و دومینیک گودویل مدیر مهندس ارشد، همگی در موسسه تحقیقاتی هَئووی در مارکام کانادا.
e-mail: dritan.celo@huawei.com; www. .huawei.com/ca

نویسندگان مطلب:
دریتان سلو[5] مهندس ارشد، در موسسه مرکزی تحقیقاتی هَئووی[6] در کانادا، اِریک برنیر[7]، دومینیک گودویل[8]

1 Dritan Celo
2 Niigata, Japan
3 IEEE: The Institute of Electrical and Electronics engineers
4 doi :Digital Object Identifier
5 DRITAN CELO
6 Huawei
7 ERIC BERNIER
8 DOMINIC GOODWILL

افزایش توان لیزر تیتانیوم سفایر به ۴ پتاوات در مرکز علوم لیزرهای نسبیتی در کشور کره

توان فکری دانشمندان توان لیزر فمتوثانیه را چهار برابر افزایش می‌دهد

میترا رفاهی‌زاده
mrefahizadeh@yahoo.com

یکی از گزارش‌های اخیر کمیسیون بین‌المللی لیزرهای فوق‌العاده پر شدت در سال ۲۰۱۷ درباره راه‌اندازی لیزر تیتانیوم سفایر با توان ۴ پتاوات در کشور کره است. برای ساخت این لیزر، یک لیزر تیتانیوم سفایر با توان خروجی کمتر، بهبود داده شده است. از آنجا که راهبردهای به کار گرفته شده توسط این گروه می‌تواند ایده‌های مناسبی از توسعه و کاربرد این لیزر را پیش روی محققین داخلی قرار دهد، در اینجا به بررسی اجمالی آن پرداخته شده است.

کمیته بین‌المللی لیزرهای فوق‌العاده پر شدت (ICUIL)[1] اخیرا گزارشی ۵۶ صفحه‌ای درباره‌ی پروژه‌های جهانی لیزرهای فوق پرتوان ارایه کرده است. لیزرهای فوق‌العاده پرشدت[2] لیزرهایی هستند که شدت آنها از 10^{19} وات بر سانتیمتر مربع زیادتر باشد. هر روزه توان این دسته از لیزرها و سرمایه‌گذاری در این زمینه، با افزایش چشمگیری روبروست. این کمیته توان لیزری انباشته[3] در سال ۲۰۱۰ را با در نظر گرفتن همه لیزرهای واجد شرایط، برابر ۱۱ پتاوات برآورد کرده است. طبق پیش‌بینی این کمیته تا انتهای سال ۲۰۱۸ شاهد افزایش ۱۲۰ پتاواتی در توان لیزرهای ساخته‌شده خواهیم بود. اکنون پروژه‌های جهانی لیزرهای فوق‌العاده پرشدت، شامل بیش از ۴ بیلیون سرمایه تحقیقاتی است و بیش از ۱۵۰۰ کارمند دارد.

نگاهی گذرا به این پروژه‌ها با قابلیت توان چندین-پتاواتی، وفور این تکنولوژی و میزان دسترسی به آن را روشن‌تر می‌سازد. برخی از امکانات لیزر پتا-واتی حال حاضر دنیا را می‌توان به این صورت برشمرد:

- پیشگامی چینی‌ها در موسسه‌ی اپتیک و ریز مکانیک شانگهای (SIOM) با امکانات یک لیزر ۱۰ پتاواتی؛
- ایستگاه پرتو بی‌نهایت (SEL) با لیزر ۱۰۰ پتاواتی در مرکز پرتو همدوس شانگهای (SCLF)؛
- راه‌اندازی امکانات آزمایشگاه ملی لاورنس لیورمور (LLNL) در رادیوگرافی پیشرفته با انرژی چندین-کیلوژولی از لیزرهای با مقیاس پتاوات و بهره‌برداری از لیزر پتال (PETAL) در سال ۲۰۱۷ تا توان ۲ پتاوات؛
- راه‌اندازی و ارایه خدمات لیزرهای ۴ پتاواتی به کاربران در موسسه‌ی علوم و فناوری جوآنگ‌جو در کره‌جنوبی در سال ۲۰۱۷؛
- ادامه کار بر روی لیزر چند فازی اپال (OPAL) با قابلیت توان ۵ تا ۷۵ پتاوات در آزمایشگاه لیزر انرژیتیک دانشگاه روچستر امریکا؛
- و به‌زودی بهره‌برداری اولیه از پروژه نقشه راه ESFRI اروپا، ریرساختارهای نوری بی‌نهایت (ELI)، شامل خط باریکه ELI (جمهوری چک)، فیزیک هسته‌ای ELI (رومانی) و منبع پالس نوری آتوثانیه‌ای ELI (بلغارستان).

اهمیت این زمینه‌ی پژوهشی تا آنجاست که در حال حاضر، کمیته بین‌المللی لیزرهای فوق‌العاده پرشدت ICUIL و کمیته بین‌المللی شتابگرهای آینده[4] (ICFA) که یکی دیگر از بازوهای عمل‌کننده‌ی واحد بین‌المللی فیزیک محض و کاربردی (IUPAP)[5] است، به هم پیوسته‌اند تا فناوری لیزرهای توان بالای موثر برای راه‌اندازی شتاب‌دهنده‌های میدان دنباله‌ای (راه‌اندازهای لیزری برای شتابگرهای انرژی بالا) را در آینده گسترش دهند.

تا کنون لیزرهای فوق پرتوان با قله‌ی توان ۱ پتاوات یا بیشتر در برخی از موسسه‌ها در سراسر جهان ساخته شده‌اند که در بالا به برخی از آن‌ها اشاره شده است. یکی از مهم‌ترین پژوهش‌های قابل انجام با لیزرهایی با چنان توان بزرگی، بررسی راه‌اندازهای لیزری برای شتاب‌دهنده‌های ذرات است که توسط محققین مختلف دنیا پیگیری می‌شود.

از سوی دیگر از آنجا که با بهره‌گیری از یک لیزر پتاواتی می‌توان برای مثال از یک هدف هلیم گازی، یک باریکه‌ی الکترونی چند-گیگا الکترون‌ولتی به وجود آورد و از این چشمه گیگا الکترون‌ولتی از طریق پس‌پراکندگی کامپتون[6]، اشعه‌ی گاما مگاالکترون ولتی تولید کرد، بنابراین، توسعه‌ی لیزرهای فوق پرتوان دست‌یابی به نسل جدیدی از ذرات و چشمه‌های تابشی را امکان‌پذیر می‌سازد.

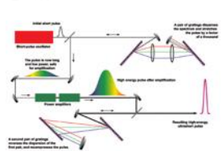
اخیرا یک لیزر تیتانیوم سفایر ۴ پتاواتی با کنتراست بالا و آهنگ تکرار ۰/۱ هرتز در مرکز علوم لیزرهای نسبیتی[7] (CoReLS) در موسسه‌ی علوم پایه در کشور کره[8] (IBS) برای بررسی برهم‌کنش میان لیزر فوق‌العاده پرشدت با ماده، مورد استفاده قرار گرفته شده است.

در مرکز علوم لیزرهای نسبیتی از سال ۲۰۱۲، دو لیزر پتاواتی با توان خروجی ۱ و ۱/۵ پتاوات در ۳۰ فمتوثانیه برای تحقیق روی شتاب‌دهنده‌های ذرات با راه‌انداز لیزری بهره‌برداری شده بودند. اکنون یکی

1 International Committee on Ultrahigh Intensity Lasers
2 Ultrahigh
3 Accomulated
4 International Committee for Future Accelerators
5 International Union of Pure and Applied Physics
6 Compton backscattering
7 Center for Relativistic Laser Science
8 Institute for Basic Science

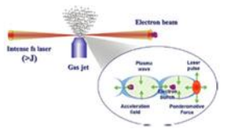
تقویت پالس چیرپ یا Chirped pulse amplification

چیرپ در لغت به معنای جیرجیر کردن و یا چهچهه زدن است. هر جیرجیر کردن و یا چهچهه زدن از آواهای زیر و بم تشکیل شده است. در علم فوتونیک چیرپ، روشی است که از آن برای تقویت پالس لیزری فوق کوتاه بهره گرفته می‌شود. در این روش ابتدا پالس لیزری فوق کوتاه از نظر زمانی /طیفی کشیده می‌شود؛ آنگاه پالس کشیده شده، از تقویت‌کننده می‌گذرد و در پایان پالس تقویت شده، از نظر زمانی /طیفی فشرده شده و به حالت قبلی بازمی‌گردد. این افزایش فرکانس با زمان و دوباره کاهش آن، چیرپ نامگذاری شده است. در حال حاضر به جز لیزر ۵۰۰ تراواتی مرکز ملی گداخت (NIF)، روش هنرمندانه چیرپ در همه لیزرهای پرتوان که توانی بیشتر از ۱۰۰ تراوات دارند، به کار گرفته شده است.



تولید موج با قطبش تقاطعی یا Cross-polarized wave generation

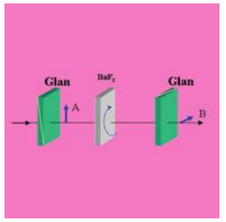
یک فرآیند غیرخطی اپتیکی است که تنها در محیطی رخ می‌دهد که ناهمسانگردی مرتبه سوم غیرخطی داشته باشد. در نتیجه این برهم‌کنش غیرخطی در خارج از کریستال، یک موج قطبیده خطی در همان فرکانس ایجاد می‌شود اما جهت قطبش آن عمود بر جهت قطبش موج ورودی است.



شتابدهی میدان دنباله‌ای لیزری یا Laser wake-field acceleration

بزرگترین میدان الکتریکی برای شتابدهی ذرات را می‌توان از طریق جدا کردن الکترون‌ها و یون‌ها در پلاسمای چگال ایجاد کرد. هنگامی که پالس‌های لیزری پرشدت در یک پلاسمای چگال منتشر می‌شوند، می‌توانند از طریق برانگیختگی میدان‌های دنباله‌ای، این جدایی بار را انجام دهند. در این حالت، میدان‌های الکتریکی تا یک میلیون برابر بزرگ‌تر از میدان الکتریکی در شتابدهنده‌های معمولی است.

شکل ۱: خط باریکه‌ی لیزرهای مرکز علوم لیزرهای نسبیتی در کشور کره؛ سمت چپ لیزر ۴ پتاواتی و سمت راست لیزر ۱ پتاواتی



طرح ساده شده اپتیکی برای تولید موج قطبیده متقاطع در شکل بالا نشان داده شده است. این طرح شامل یک صفحه کریستال غیرخطی BaF2 با ضخامت ۱ یا ۲ میلی‌متر است که در میان دو پلاریزور متقاطع (گلان) جای گرفته است. شدت موج قطبیده تقاطعی با شدت موج فرودی وابستگی مکعبی دارد. کریستال‌های مکعبی نسبت به ویژگی‌های خطی ناهمسانگرد رفتار می‌کنند و به عنوان یک محیط غیرخطی به کار می‌روند، اما در اینجا دوشکستی رخ نمی‌دهد و به همین دلیل سرعت فاز و سرعت گروه دو موج با قطبش متقاطع، همسان باقی می‌ماند که منجر به تطابق ایده‌آل سرعت فاز و سرعت گروه این دو موج منتشر شونده در طول کریستال می‌شود. این ویژگی باعث می‌شود، امواج قطبیده تقاطعی با بازدهی خوب و با کمترین انحراف از شکل پالس و طیف اولیه تولید شوند. به همین دلیل از این روش می‌توان برای افزایش کنتراست زمانی پالس‌های فمتوثانیه بهره گرفت. این روند در پروژه اروپایی زیرساخت نوری بی‌نهایت (ELI) به کار رفته است.

از این دو لیزر پتاواتی مطابق شکل ۱، به توان ۴ پتاوات ارتقا داده شده است.

به‌طور کلی برای بالا بردن توان لیزر پتاواتی و رساندن آن به چند پتاوات، باید انرژی پالس لیزر افزایش و ماندگاری[9] آن کاهش داده شود. برای کاهش ماندگاری پالس باید پهنای طیفی پالس‌های لیزری تقویت شده، پهن‌تر شده و همزمان طیف تا جای ممکن هم‌فاز شود.

برای این هدف، از موج قطبیده‌ی تقاطعی (XPW)[10] و تقویتگر پارامترهای اپتیکی پالس-چیرپ[11] (OPCPA) بهره گرفته می‌شود.

در عمل برای ارتقای توان، باید قسمت انتهایی در بخش جلویی (خروجی) لیزر پتاوات موجود به شکل قابل توجهی اصلاح شود. به‌این منظور، یک مرحله تولید موج قطبی شده تقاطعی شامل یک فیبر هسته-تهی[12]، یک بلور BaF2 و یک تحلیلگر لیزر-گلان[13] بعد از بخش انتهایی، جلوی تقویتگر لیزر نصب می‌شود. با این ترتیب موجی با قطبش خطی عمود بر قطبش ورودی به آن ایجاد می‌شود که از نظر طیفی پهن‌تر بوده و کنتراست زمانی آن افزایش یافته است.

در واقع هنگامی که یک پالس لیزری ۳۰ فمتوثانیه‌ای با انرژی ۳ میلی‌ژول به درون مرحله تولید موج قطبی‌شده‌ی تقاطعی فرستاده می‌شود، پالسی با پهنای طیفی ۱۰۷ نانومتر و انرژی ۰/۵ میلی‌ژول از آن خارج می‌شود که نسبت به ورودی، پهنای طیفی دو برابر دارد و کنتراست زمانی آن ۴ مرتبه بزرگی افزایش یافته است. از سوی دیگر از تقویتگر پارامترهای اپتیکی پالس-چیرپ (OPCPA) به عنوان یک پیش‌تقویتگر این لیزر پتاواتی استفاده می‌شود تا بدون مشکلات جانبی، طیف لیزری پهن با بهره‌ی بالا ایجاد شود. همچنین، برای افزایش بیشتر انرژی خروجی لیزر، یک تقویت‌کننده نهایی نیز به مجموعه اضافه می‌شود. برای دمش همین تقویت‌کننده نهایی از یک لیزر Q سوییچ Nd:Glass سبز با انرژی کل ۱۷۰ میلی‌ژول استفاده شده است. به هر روی، انرژی پالس پهن خروجی لیزر فمتوثانیه‌ای پس از دو بار عبور از این تقویت‌کننده نهایی به ۱۱۲ ژول S می‌رسد.

سپس، هنگامی که این پالس‌های لیزری از یک کمپرسور پالس می‌گذرند (که از چهار توری ساخته شده است)، پالس‌های لیزری فشرده با انرژی ۸۳ ژول و ماندگاری پالس ۱۹/۴ فمتوثانیه ایجاد می‌شوند. با این ترتیب یک لیزر ۴/۲ پتاواتی پالسی با آهنگ تکرار ۰/۱ هرتز و افت‌وخیز انرژی کمتر از ۱/۵%در اختیار قرار می‌گیرد.

یکی از لیزرهای پتاواتی در مرکز علوم لیزرهای نسبیتی با همین روند، به ۴ پتا وات بهبود داده شده است. در سال پیش رو قرار است دسته آزمایش‌های راه‌انداز با بهره‌گیری از این لیزر انجام شود.

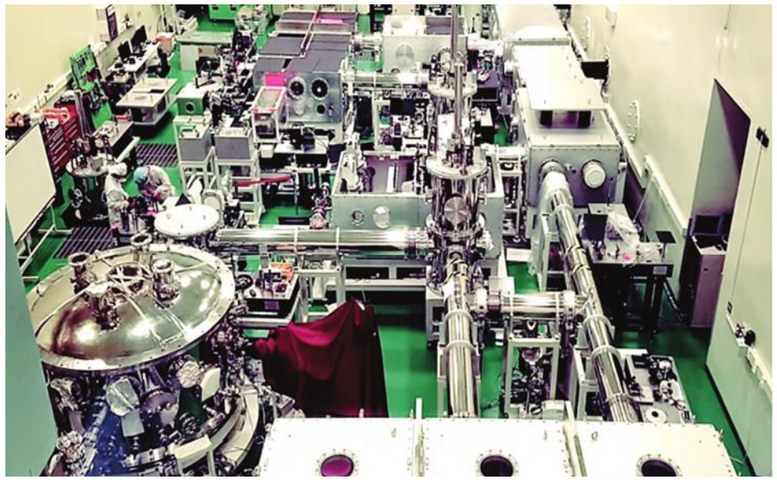
در این مرکز (شکل ۲)، سه اتاقک هدف[14] برای انجام آزمایش‌های فیزیکی در دسترس است. در آوریل ۲۰۱۷ همزمان با نخستین راه‌اندازی این لیزر ۴ پتاواتی، یک آزمایش شتاب الکترونی انجام شده که در آن از الگوی شتابدهی لیزری میدان‌های دنباله‌ای[15] بهره گرفته شده است. محققان این مرکز در کاوش‌های قبلی در زمینه شتاب‌دهی لیزری میدان‌های دنباله‌ای، موفق شده بودند فرآیند شتاب‌دهی را با دستکاری ساختار زمانی پالس لیزر پتاواتی کنترل کنند و باریکه‌های الکترونی چند گیگاالکترون‌ولتی پایدار تولید کنند. اکنون برنامه این محققان آنست که با انجام پس‌پراکندگی کامپتون از برهم‌کنش یک باریکه الکترونی گیگاالکترون‌ولتی و باریکه لیزری دیگر، یک پرتو گاما مگاالکترون‌ولتی تولید کنند.

لیزر ۴ پتاواتی ارتقایافته می‌تواند فرصت‌هایی برای تولید یک باریکه الکترونی ۱۰ گیگا الکترون‌ولتی و پرتو گاما ۱۰ مگا الکترون‌ولتی ایجاد کند. از این باریکه الکترونی پرانرژی و چشمه‌های پرتو گاما فوق‌سریع ایجاد شده با لیزرهای چندپتاواتی، می‌توان در زمینه‌های پژوهشی دیگر (همچون برهم‌کنش فوتون با فوتون و فوتون با ذره، آزمایشگاه‌های نجوم، فیزیک فوتوهسته‌ای و فیزیک پلاسما) بهره گرفت.

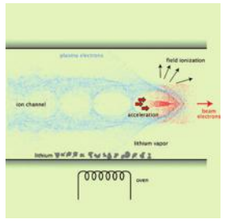
9 Duration
10 Cross-polarized wave generation
11 Optical parametric chirped-pulse amplification
12 Hollow core fiber
13 Glan-laser analyzer

14 Target chambers

15 Laser wake-field acceleration



شکل ۲: محیط آزمایشگاهی شامل سه اتاقک هدف و یک اتاقک آینه‌ای پلاسما در میان دو اتاقک کمپرسور



در عمل شتابدهی با میدان دنباله‌ای باعث می‌شود اندازه شتابدهنده‌ها از گستره کیلومتر به میلی‌متر کاهش یابد. در مرکز لیزر پتاوات تگزاس، در دانشگاه تگزاس آوستین الکترون‌ها تا ۲ گیگا الکترون‌ولت در مسیر ۲ سانتیمتری شتاب می‌گیرند. این رکورد در سال ۲۰۱۴ در آزمایشگاه ملی بریکلی شکسته شد و باریکه‌های الکترونی با انرژی ۴/۲۵ گیگا الکترون‌ولت در این مسیر تولید شدند. همچنین در سرن از سال ۲۰۱۶ یک آزمایش شتابدهنده میدان دنباله‌ای در پلاسما به نام پروژه‌ی AWAKE آغاز شده است.

مشخصه‌یابی پرتوهای لیزر

کاظم ایوبی
kazem_ayobi@yahoo.com

پس از طراحی و ساخت دستگاه لیزر، مشخصه‌یابی و اندازه‌گیری پارامترهای آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. برای به‌کارگیری لیزر در امور پزشکی و یا دیگر کاربردها، لازم است متخصصین از مقادیر واقعی پارامترهای لیزر مانند توان (در لیزرهای مد پیوسته و شبه پیوسته)، قطر پرتو، انرژی پالس لیزر(در لیزرهای پالسی)، پهنای زمانی پالس و آهنگ تکرار پالس، طول‌موج و دقت تنظیم‌پذیری (در لیزرهای کوک‌پذیر)، پروفایل توزیع شدت پرتو و فاکتور کیفیت پرتو اطلاعات دقیق داشته باشند. درصورت عدم‌اطلاع از مقادیر دقیق پارامترهای لیزر، ممکن است نتیجه و عملکرد مطلوبی از تاثیر آن به‌روی اهداف موردنظر حاصل نگردد.

۱- توان لیزر

به‌منظور اندازه‌گیری توان خروجی لیزر، از وسیله‌ای به‌نام توان‌سنج (Power Meter) استفاده می‌شود. نوع حرارتی این وسیله، هنگامی که در جلوی باریکه لیزر قرار می‌گیرد، ابتدا توان خروجی لیزر را تبدیل به حرارت و سپس آن را تبدیل به یک جریان الکتریکی می‌کند. این جریان در برابر مقاومت الکتریکی تبدیل به ولتاژ شده که به‌صورت یک عدد روی دستگاه نشان داده می‌شود. توان‌سنج‌های لیزری با توجه به نوع حسگر به‌کاررفته در آن‌ها فقط برای اندازه‌گیری توان لیزرهایی که به‌صورت مد پیوسته و یا شبه‌پالسی عمل می‌کنند قابل استفاده است. بنابراین، استفاده از آن‌ها در لیزرهای پالسی توصیه نمی‌شود. حسگرهای مورد استفاده در ساخت توان‌سنج‌ها با توجه به محدوده‌ی توانی و فرکانس تکرار قابل اندازه‌گیری متفاوت می‌باشند.

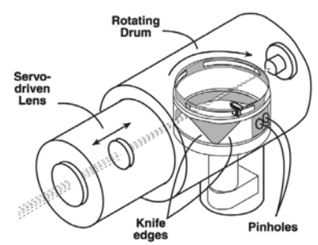
حسگرهای حرارتی (Thermal sensor) و حسگرهای فوتودیود (Photodiode sensor) از جمله حسگرهای مورد استفاده در ساخت پاورمترها هستند که در محدوده وسیع طیفی ۱۹۰ نانومتر تا ۲۰ میکرومتر و از توان‌های حدود چندصد فمتووات تا چند کیلووات طراحی و ساخته می‌شوند.

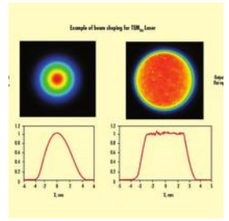
۲- قطر پرتو لیزر

برای اندازه‌گیری قطر پرتو لیزر روش‌های مختلفی وجود دارد که به برخی از آن‌ها اشاره می‌کنیم. به‌منظور اندازه‌گیری قطر تقریبی پرتو لیزرهای مرئی می‌توان با تاباندن آن‌ها روی یک سطح غیربازتابنده و با استفاده از عینک مخصوص لیزر قطر حدودی را با یک کولیس یا خط‌کش اندازه‌گیری نمود. برای لیزرهای نامرئی نزدیک به مرئی باید پرتو لیزر را روی یک ماده‌ی فلورسنت تاباند. در این صورت، نور نامرئی توسط این ماده به نور مرئی تبدیل می‌شود و می‌توان قطر را به‌روش ذکرشده در بالا اندازه‌گیری کرد.

لازم به ذکر است که در این روش ماده فلورسنت نباید خواص غیرخطی داشته باشد؛ زیرا در این صورت تغییرات مربوط به محدوده وجود اثرات غیرخطی روی دقت اندازه‌گیری تاثیر می‌گذارد.

با یک آزمایش ساده می‌توان قطر پرتو لیزر را اندازه‌گیری کرد. جهت انجام این کار ابتدا پرتو لیزر را مستقیما در جلوی یک توان‌سنج قرار می‌دهیم. میزان توان خروجی لیزر را یادداشت می‌کنیم. آن‌گاه یک روزنه کوچک در جلوی پرتو لیزر بین توان‌سنج و لیزر قرار می‌دهیم و دوباره توان لیزر را یادداشت می‌کنیم. اندازه روزنه را تا اندازه‌ای بزرگ می‌کنیم که توان نمایش داده شده بر روی توان‌سنج، برابر میزان ۸۶% ($1/e^2$) توان اولیه بدون روزنه شود. در این هنگام قطر روزنه را با دقت اندازه‌گیری می‌کنیم که مقدار آن در این حالت، برابر با قطر پرتو لیزر خواهد بود. برای افزایش دقت در اندازه‌گیری قطر پرتو لیزر، بهترین روش استفاده از تکنیک Knife Edge می‌باشد. در این روش، قسمتی از پرتو لیزر توسط یک تیغه مسدود شده و فقط بخشی از آن توسط یک حسگر توان اندازه‌گیری می‌شود. با اندازه‌گیری‌های متوالی می‌توان با دقت بالا لیزرهای با قطر کمتر از یک میکرومتر را اندازه‌گیری نمود.





مقایسه پروفایل دو بعدی پرتو لیزر در مد گاؤسی و Top hat Circular

البته استفاده از این روش معایبی نیز دارد. اگر پروفایل پرتو لیزر بیضوی باشد، اسکن پرتو باید در هر دو راستای بیشینه و کمینه‌ی پرتو لیزر انجام شود. بنابراین، سیستم اسکن باید قابلیت چرخش حول محور خود را داشته باشد. همچنین، از آنجاکه سیستم اسکن مکانیکی می‌باشد، اندازه‌گیری برای لیزرهای پالسی ناممکن می‌گردد؛ مخصوصاً اگر پروفایل لیزر در هر پالس تغییراتی داشته باشد.

روش دیگری که برای اندازه‌گیری قطر پرتو مورد استفاده قرار می‌گیرد، روشی موسوم به D4σ می‌باشد. مبنای عملکرد این روش، اندازه‌گیری توزیع شدتی است که در راستای محور y ،x به‌صورت جداگانه مورد ارزیابی قرار گرفته و بر طبق یک معیار استاندارد و روابط ریاضی، قطر پرتو محاسبه می‌شود.

۳- انرژی پالس لیزر

برای محاسبه انرژی پالس لیزر به‌جای توان‌سنج از وسیله دیگری به‌نام انرژی‌سنج [1] استفاده می‌کنیم. هنگامی که این وسیله جلوی پالس‌های لیزر قرار گیرد. در حقیقت، مانند یک کالری‌متر عمل می‌کند. در این روش، انرژی پالس لیزر در برخورد با انرژی‌سنج ابتدا تبدیل به حرارت و سپس به یک پالس الکتریکی تبدیل می‌شود که میزان این پالس الکتریکی متناسب با انرژی پالس لیزر می‌باشد. قبل از به‌کار گیری ژول‌متر لازم است ابتدا آن را کالیبره نمود تا به‌دقت بتوان انرژی هر پالس لیزر را اندازه‌گیری کرد. حسگرهای مورد استفاده در ساخت ژول‌مترهای موجود در بازار از دو نوع حسگرهای فوتودیود و پیروالکتریک [2] می‌باشد.

1 Joule Meter
2 Pyroelectric sensor

حسگرهای فوتودیودی برای اندازه‌گیری پالس‌های لیزر با انرژی بسیار کم از مرتبه چند ده پیکوژول می‌باشد. حسگرهای پیروالکتریک از یک کریستال پیروالکتریک ساخته شده که متناسب با گرمای جذب‌شده در آن بار الکتریکی تولید می‌نماید. پاسخ زمانی حسگرهای پیروالکتریک با توجه به قابلیت کریستال به‌کاررفته در آن‌ها از مرتبه میکروثانیه بوده و بنابراین برای اندازه‌گیری انرژی لیزرهای با نرخ تکرار پالس چند کیلوهرتز مناسب می‌باشد. این حسگرها برای اندازه‌گیری انرژی پالس‌های تکرار شونده و توان متوسط از مرتبه حدود چندده کیلوهرتز و عرض پالس حدود ۲۰ میلی‌ثانیه می‌باشد.

لازم به ذکر است که برای انتخاب بهتر توان‌سنج‌ها و انرژی‌سنج‌های موجود در بازار باید به تارنمای شرکت‌های سازنده‌ی آن‌ها مراجعه نموده و با انتخاب معیارهای دستگاه‌های موجود از نظر محدوده طیفی و حداقل و حداکثر توان یا انرژی و فرکانس تکرار قابل اندازه‌گیری دستگاه و همچنین قطر پرتو لیزری که قرار است مشخه‌های آن مورد ارزیابی قرار گیرد اقدام نماییم.

۴- پهنای زمانی پالس

امروزه، با گسترش کاربرد لیزرهای مختلف در حوزه‌های مختلف پزشکی، تحقیقاتی، صنعتی و نظامی، لیزرهایی با مقدار پهنای پالس‌های متفاوت با توجه به‌نوع کاربرد آن‌ها طراحی و ساخته می‌شود؛ به‌طوری که لیزرهایی با پهنای پالس چند میلی‌ثانیه تا پالس‌های فوق کوتاه از مرتبه فمتوثانیه و اتوثانیه ساخته شده است.

برای محاسبه‌ی پهنای زمانی یک پالس لیزر، نیازمند دو وسیله به‌نام آشکار ساز و اسیلوسکوپ هستیم. آشکارساز لیزر در حقیقت فوتون‌های دریافتی پالس‌های لیزر را تبدیل به یک سیگنال الکتریکی می‌کند که این نوع سیگنال‌ها توسط اسیلوسکوپ قابل نمایش هستند. با چنین وسیله‌ای حتی می‌توان آهنگ تکرار لیزر را به‌راحتی مشاهده کرد. البته لازم

به ذکر است که اندازه‌گیری پهنای زمانی بعضی از لیزرها به‌دلیل فوق کوتاه بودن آن‌ها در بیشتر آزمایشگاه‌ها و مراکز علمی به‌راحتی امکان‌پذیر نمی‌باشد و نیاز به ابزارهای اندازه‌گیری پیشرفته و معمولاً گران‌قیمت دارد.

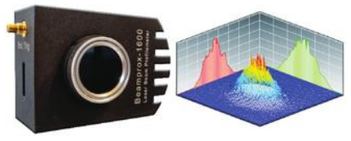
۵- طول‌موج لیزر

برای اندازه‌گیری طول‌موج بعضی از لیزرها که پرتو خروجی آن‌ها در محدوده‌ی طول‌موجی وسیع قابل تنظیم می‌باشد، از دستگاهی به‌نام طول‌موج‌سنج استفاده می‌نمایند. لیزرهای رنگینه‌ای [3] و لیزرهای نوسان‌کننده پارامتری نوری OPO [4] از این نوع لیزرها می‌باشند که پرتو خروجی آن‌ها روی یک طول‌موج خاص جهت کاربردهای مختلف قابل تنظیم است. دستگاه طول‌موج‌سنج لیزر برای اندازه‌گیری از چیدمان ترکیب چند اتالون [5] و حسگر CCD بهره می‌گیرد. این دستگاه‌ها دقت اندازه‌گیری تا مرتبه هزارم نانومتر داشته و برخی از انواع پیشرفته‌ی آن قابلیت اندازه‌گیری پهنای خط لیزری از مرتبه کیلوهرتز را نیز دارند.

3 Dye laser
4 Optical Parametric Oscillator
5 Etalon

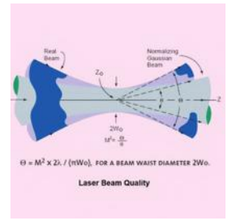
۶- پروفایل لیزر

خروجی اغلب دستگاه‌های لیزر، یک پرتو با سطح‌مقطع دایره‌ای می‌باشد که در انواع مختلف لیزر ممکن است این قطر متفاوت باشد. این پرتو خروجی با قطر مشخص، در سطح‌مقطع پرتو دارای توزیع شدت خاصی می‌باشد. توزیع شدت سطح‌مقطع بیشتر لیزرها به‌صورت گاؤسی در مد (TEM00) می‌باشد. لازم به ذکر است که لزوماً در کاربردهای گوناگون لیزر، این نوع مد عرضی مورد نیاز نبوده و برای بالا بردن عملکرد مناسب باید تغییراتی در توزیع شدت داشته باشیم. المان‌های مختلفی برای تغییر توزیع شدت پرتو وجود دارد که با عبور پرتو گاؤسی از آن می‌توان به توزیع شدت‌های متنوعی از قبیل بالا تخت دایره‌ای، بالا تخت مربعی، خطی، دونات و غیره دست یافت. برای تشخیص این توزیع شدت‌ها باید از پروفایل متر استفاده نمود.

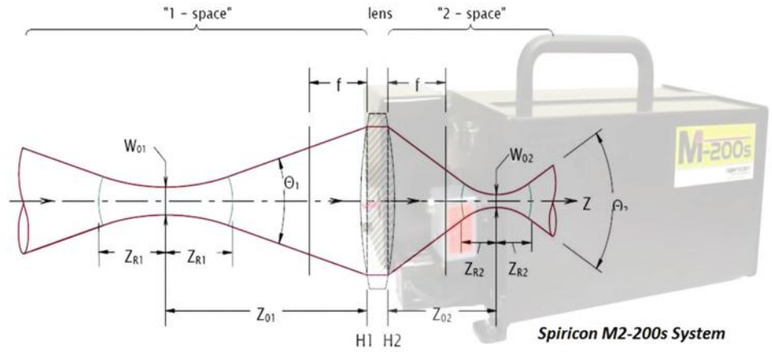


دستگاه پروفایل متر از یک حسگر تصویر از نوع CCD یا CMOS که قابلیت پوشش تمام سطح مقطع عرضی پرتو لیزر را دارا باشد تشکیل شده است. همچنین، یک نرم‌افزار رابط کاربری نیز به‌منظور برقراری ارتباط با حسگر پروفایل‌متر که قابلیت انواع مختلف نمایش پروفایل عرضی لیزر مانند نمایش یک، دو و سه بعدی را دارد به‌همراه دستگاه پروفایل‌متر ارایه می‌شود. این نرم‌افزار می‌تواند پروفایل لیزر را در هر کدام از راستاهای محور X و Y بر حسب شدت در آن محور، و یا در صفحه X,Y بر حسب شدت در سطح‌مقطع لیزر نمایش دهد. البته قابلیت‌های نرم‌افزار به‌این موارد محدود نبوده و می‌تواند در تشخیص بسیاری از پارامترهای پروفایل لیزر مانند میزان بیضوی بودن، قطر پرتو، میزان جابجایی

فوتودیود ابزاری است که معمولاً به‌منظور اندازه گیری پهنای زمانی و نرخ تکرار لیزرهای پالسی مورد استفاده قرار می‌گیرد.



مقایسه مقدار واگرایی پرتو لیزر و پرتو ایده‌آل در مد اصلی لیزر TEM00 که مبنای محاسبه کیفیت پرتو لیزر می‌باشد.

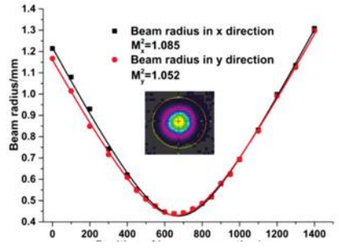


Beam Propagation with Lens Transform

پرتو نسبت به زمان و ... اطلاعات مفیدی در اختیار کاربران قراردهد.

۷- پارامتر کیفیت پرتو M^2

کیفیت پرتو و قابلیت تمرکز آن از پارامترهای بسیار مهم لیزر می‌باشد که با نماد M^2 نمایش داده می‌شود. این پارامتر میزان انطباق مقدار اندازه‌گیری‌شده واگرایی پرتو لیزر مورد نظر را با واگرایی محاسبه‌شده برای یک پرتو لیزر تک مد عرضی TEM00 استاندارد (با توجه به حد پراش) مقایسه می‌نماید و عددی بزرگتر از یک می‌باشد. مقدار ایده‌آل M^2 برابر ۱ بوده و هرچه این مقدار بزرگ‌تر باشد نشان دهنده پایین بودن کیفیت پرتو است.



لیزرهای فیبری با داشتن کیفیت پرتو نزدیک به یک، از بهترین‌ها و لیزرهای دیودی با اعداد کیفیت پرتو حدود ۳۰ الی ۴۰ از بی‌کیفیت‌ترین پرتوهای لیزر می‌باشند. ابزار سنجش کیفیت پرتو از یک پروفایل‌متر و یک لنز متمرکزکننده‌ی پرتو استفاده می‌کند. با استفاده از یک لنز با نقطه کانونی مشخص پرتو لیزر را متمرکز نموده و با اسکن طولی پروفایل‌متر در راستای پرتو لیزر قبل و بعد از نقطه تمرکز می‌توان مقدار واگرایی پرتو و حداقل قطر کمر پرتو[6] را به‌دست آورد.

با توجه به اینکه استفاده از لیزر در کاربردهای مختلف نیازمند توجه جدی به برخی از پارامترهای آن می‌باشد، ممکن است اهمیت همه پارامترها در اندازه‌گیری یکسان نباشد. بنابراین، باید در انتخاب لیزر مورد نظر برای هر کاربرد دقت زیادی داشته باشیم که هم از لحاظ انتخاب صحیح لیزر و هم اهمیت اندازه‌گیری پارامترهای آن آگاهانه تصمیم‌گیری نماییم. لازم به ذکر است که برخی از پارامترهای دیگر لیزر که کاربردهای اختصاصی داشته و به توضیحات بیشتری نیاز دارد، در این متن آورده نشده است و در شماره‌های آینده به‌طور خاص به آن‌ها خواهیم پرداخت. از این پارامترها می‌توان به اندازه‌گیری جبهه موج پرتو لیزر و قطبش اشاره نمود. در پایان، شایان ذکر است که در استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری، باید از کالیبره بودن آن‌ها اطمینان حاصل نمود و به‌منظور تداوم دقت اندازه‌گیری‌های انجام شده، باید به کالیبراسیون دوره‌ای براساس زمان‌بندی ارائه‌شده توسط سازنده دستگاه توجه نمود.

6 Beam Waist

از علم تا ثروت
LASERTECH

تجربه هیجانی متفاوت با بازی‌های لیزری ۳۸

۴۲ تجربه هیجانی متفاوت با بازی‌های لیزری
۴۸ جوان و نوآور

تجربه هیجانی متفاوت با بازی‌های لیزری

زهرا متولیان
z.motevalian@yahoo.com

شرکت پروشات با انگیزه تولید محصولات شادی و نشـــاط آور با لیزر برای مردم، آغاز به کار کرد. همان‌طور که اسم این شرکت بر این مبنا انتخاب شده است؛ پروشات به معنی شاد زیستن است. طراحی و عرضه این بازی‌ها به گونه‌ای بوده است که علاوه بر مهیج بودن، برای تمام رده‌های سنی و دهک‌های اقتصادی قابل استفاده باشد. این نوع بازی‌ها می‌توانند به صورت خانوادگی انجام شوند و باعث گرم تر شدن کانون خانواده و تخلیه مثبت انرژی و هیجان جوانان شوند.

نحوه شروع فعالیت

این شرکت در سال ۸۶ با ایده تولید لیزر تگ تاسیس شـد. ایده این فعالیت از طرف آقای آرش حسینی، مدیرعامل شـرکت بود. اولین تیم طراحی و تولید در سـال ۸۶ در تهران با حضور مهندسین الکترونیک، کامپیوتر و مکانیک تشـکیل شـد. اما نتیجه‌ی کار، محصولی قابل ارائه به بازار نبود. با همکاری یک نفر از اعضای تیم اولیه، تیم جدیدی تشکیل شد و حدود یک سال مقدمات لازم برای ارایه یک کار مناسب‌تر انجام داده شد؛ ولی این بار نیز پروژه شکست خورد. پس از تشکیل تیمی در گیلان و به نتیجه نرسیدن کار ، تیر ماه ۹۰، برای سومین بار در ساری تیم دیگری تشکیل داده شد. در شهریور ماه همان سال دستگاه اولیه این بازی لیزری ساخته شد. دستگاه کامل شده در اسفند ۹۰ به بازار عرضه شد. آقای حسینی برای تشکیل این شرکت نیاز به سهام‌دار داشت و با همراهی خانوادگی، سرمایه‌گذاری مناسب روی کار انجام شد. محل استقرار پروشات در پارک علم و فناوری استان مازندران است.

ساختار شرکت

یکی از اصلی ترین بخش‌هـای این مجموعه، بخش تولید اسـت. کلیه محصولات توسـط خود شرکت تولید می‌شـود. بخش توسـعه و تحقیق (R&D) نیز در این شـرکت وجود دارد. در این قسمت از تحقیق، در مـورد محصـولات جدید تا توسـعه محصولات فعلی و بالا بردن سطح رضایت مشـتری و کارکنان انجـام می‌گیـرد. همچنیـن روش‌هـای فروش دربـازار و کـم و کیف حضـور در بـازار بین‌المللی در ایـن بخش مـورد مطالعه قـرار گرفته اسـت. در قسمت دیگری از شـرکت پروشات، مجموعه‌ای از طراحان مشـغول فعالیت هسـتند. این طراحان وظیفه طراحی محصـول را بر عهده دارنـد. در این شـرکت همـه محصـولات بومـی اسـت و برای سـاخت هیچ‌یک از آن‌هـا از مهندسـی معکوس اسـتفاده نشده‌اسـت. بخش‌های دیگـری مانند فروش و مالی نیز جزء سـاختار این شـرکت است. بخش دیگری با عنـوان خدمات پـس از فروش در این شرکت فعالیت می‌کند. به گفته‌ی مدیر عامل پروشات، ضمانت‌نامه این محصولات بی قید و شرط است. به این معنی که شکستگی‌ها و باتری نیز جزء ضمانت‌نامه هستند.

محصولات

محصولات شرکت پروشـات به چهار نوع تقسیم می‌شـوند. لیزر تگ، لیزر مِیز، لیـزر جامپ و لیزر تارگت. این محصولات حاصل پژوهش و تحقیقات این شرکت است.

برتری و ویژگی محصولات نسبت به مشابه آن‌ها

به گفته حسـینی، لیـزر مِیـز این شـرکت یکی از بهترین‌هـا در دنیـا محسـوب می‌شـود. اما ویژگی محصـولات و خروجی های این شـرکت نسـبت به رقبای خود، خدمات پس از فروش است. به دلیل کیفیت بالای محصولات ضمانت نامه بی قید و شرط به مشتریان ارایه می‌شود. این کیفیت بالا به دلیل استفاده از به‌روزترین فناوری‌ها در سطح کشورهای اروپایی و آمریکایی است؛ به صورتی که موسسه‌ی Laser Tag Museum ، محصولات این شـرکت را در موزه‌ی خود قرار داده است.

مخاطبان پروشات

مجتمع‌های تجاری، شـهربازی هـا، مجتمع‌های ورزشـی و هتل‌ها از عمده خریداران این محصولات ورزشـی و تفریحـی در حـوزه لیـزر هسـتند. با وجود شرکت‌های واردکننده محصول مشابه، حتی به‌صورت قاچاق و رقبایی که به نحوی بدون مجوز، از ایده پروشات استفاده نموده‌اند، ۷۰ درصد بازار بازی‌های لیزری متعلق به محصولات پروشات است.

فعالیت پژوهشی

به گفته مدیرعامل شرکت در بخش پژوهش، با توجه به نیازهای شرکت مطالعه و تحقیق می کنیم. افزون بر این، پژوهشی در مورد نوع و چگونگی تخلیه انرژی با بازی لیزر تگ انجام گرفته که نتیجه‌ی آن، مثبت بودن هیجان ناشی از این بازی را نشان می‌دهد.

.

فعالیت آموزشی

فعالیت آموزشی این شرکت مختص کارکنان است. هر یک از کارکنان که نیاز به دوره‌های آموزشـی مختلف در حوزه الکترونیک، زبان خارجی و ... داشته باشد، این با حمایت مالی و زمانی امکانات گذراندن آن دوره را فراهـم می‌کند. از طرفی، این شـرکت آمادگی آموزش دادن و حمایت‌ها برای کارآموزان با پتانسیل بالا را نیز دارد.

حضور در نمایشگاه‌ها

پروشات از اولین دوره‌ی برگزاری نمایشگاه تجهیزات شهربازی، پارک‌ها و اوقات فراغت، در آن حضور داشته است. نمایشگاه دستاوردهای شهرداری‌ها، نمایشگاه تجهیزات پلیس و نمایشگاه شکار، طبیعت و گردشگری از دیگر رویدادهایی است که پروشات در آن مشارکت داشته است. همچنین، این شرکت در نمایشگاه خارجی دیل امارات در حوزه شهربازی‌ها نیز حضور داشته و با حضور در نمایشگاه‌های خارجی، اطلاعات تخصصی را با شرکت‌های رقیب مبادله کرده است.

حمایت‌ها

برای تاسیس و ادامه کار شـرکت پروشات، پارک علم و فناوری اسـتان مازندران به‌تنهایی حمایت همه‌جانبه‌ای داشته اسـت. این حمایت‌ها شامل معرفی شـرکت به نهادهای مختلف خصوصی و دولتی، ارائـه یا معرفـی برای اخذ تسـهیلات، مشـاوره‌های مختلف حقوقی و در سطح بازار و در اختیار قرار دادن فضا برای استقرار می‌شود.

انتقاد مدیرعامل پروشات از نحوه حمایت‌ها از دانش‌بنیان‌ها

مسئولانی همچون مدیر کل ورزش و جوانان استان، شهرداری و اداره کار از شـرکت و محصولات بازید

لیزر تارگت

در ایـن بـازی اهـداف متحرک- سنسـورها به‌صورت رندم روشـن می‌شوند و باید به آن‌ها شلیک شود. در مجموع ۱۲۰ تیر لیزری موجود است و برای رفتن به مرحله بعدی باید حداقل ۱۳ شلیک موفقیت آمیز داشت. همچنین بـا صعود بـه مراحل بالاتر سرعت تغییر سنسورها افزایش پیدا می‌کند و بازی مشکل‌تر می‌شود.

لیزر جامپ

نوعی طناب بازی لیزری اسـت. این بازی دو نفره نیز انجام می‌شود. لیزر به هر فردی که رسید باید از روی آن بپرد و در صورت برخورد با لیزر در نمایشگر مربوط به خودش یک امتیاز منفی می‌گیرد.

فضاسازی باشگاه:

۱ دوربین مداربسته
۲ موانع و سنگرها
۳ باند صوتی
۴ مه‌ساز
۵ آویز اسلحه و جلیقه
۶ درب ورودی تیم سبز
۷ درب ورودی تیم قرمز
۸ کمد لوازم شخصی
۹ درب ورودی اصلی
۱۰ میز اپراتور باشگاه
۱۱ ال سی دی جهت نمایش بازی در سالن انتظار
۱۲ مبلمان سالن انتظار
۱۳ بوفه
• دستگاه نورپردازی با لیزر
• لامپ‌های مخصوص (black light)
• فلشر

ست لیزر تگ:

• اسلحه و جلیقه
• دستگاه شارژر
• رایانه همراه با نرم‌افزار مدیریت سیستم
• چاپگر
• مودم (دستگاه انتقال اطلاعات بی‌سیم)

می‌کننـــد و وعده‌های مختلفی نیـــز در جهت ارتقا وضعیت مالی و حمایت‌هـــای مختلف می‌دهند؛ اما هیچ‌کدام عملی نمی‌شـــود. در صنـــدوق نوآوری و شکوفایی، فرآیندی که باید طی شود بسیار فرسایشی اســـت. در نهایت نیز با وجود نقدینگی بسیار بالا در این صندوق، به تعداد بســـیار محدودی از شرکت‌ها تسهیلات تعلق می‌گیرد. ما تنها حمایتی که در حوزه دانش‌بنیان اخذ کرده‌ایم، معافیت مالیاتی بوده‌است.

مشکلات و چالش‌ها

حسینی، مدیرعامل شرکت با طرح این موضوع که بیان این مشـــکلات و موانع باعث حل آن نمی‌شود و ارگانی اقدام به حـــل آن نمی‌نماید می‌گوید: ما یاد گرفته‌ایم تحت هر شرایطی روی پای خود بایستیم و با وجود عـــدم حمایت، قوی‌تر بـــه کار خود ادامه دهیم. اما به‌صورت موردی با مشکلاتی مانند عدم توجه به مالکیـــت فکـــری (IP) و قوانین مربوط به آن، معافیت گمرکی و معافیت تأمین اجتماعی در بحث بیمه رو به رو هســـتیم. سازمان تامین اجتماعـــی اســـتان به هیـــچ وجه زیر بـــار این موضوع نمی‌رود و برای آن تعریف نشـــده است. در خصوص گمرک، علاوه بر معافیت، مشـــکل دیگری نیـــز وجود دارد. شـــرکت مـــا طراحی محصولات را طـــوری در نظر گرفته اســـت که بتواند مواد اولیه و قطعات الکترونیکی را به‌آسانی از بازار ایران تامین کند. اما به دلیل مشـــکلات اقتصادی، فروشگاه‌های تامین کننده اکثرا اعلام می‌کنند که فروش ندارند. کمرگ کشـــور باید برای شـــرکت‌های دانش‌بنیان در این شـــرایط خط ویژه‌ای در نظـــر بگیرد کـــه بتوانند مواد و قطعات اولیه مورد نیـــاز خـــود را تأمین کنند. مشکل بزرگ دیگری که وجود دارد، واردات خود لیزر است. در کل بازار ایران فقط یک تامین‌کننده وجود دارد و حتی نهادهای مربوطه مثل سازمان اســـتاندارد و یا ســـازمان انرژی اتمی حاضر به بررسی لیزرهای ما نشدند.

صادرات

شـــرکت پروشـــات قبلا در حوزه بین‌الملل و در خصوص صادرات، به عنـــوان صادرکننده نمونه اســـتان شـــناخته شده‌اســـت. در این خصوص از اســـتانداری وقت و اتـــاق بازرگانـــی مازندران نیز لوح تقدیـــر دریافت کرده اســـت؛ اما به دلیل محدودیت‌های موجود اقتصـــادی و بین المللی، بحث صادرات به این نحو منتفی شـــد. اما شرکت دفتری در پارک علم و فناوری تفلیس گرجستان تاسیس کرد. مبحث صادرات به این صورت دنبال می‌شود که محصول در ایران تولید و به گرجستان صادر می‌شـــود. این محصولات در آن‌جا سرهم می‌شود و با برند گرجستان به کشورهای مختلف صادر می‌شود.

برنامه‌های آینده

این شـــرکت قصد دارد، ســـبد محصولات خود را گســـترده‌تر کند. محصولات فعلی خود را از لحاظ کیفیت و تکنولوژی به بالاترین سطح جهانی برساند. ایده جدیدی نیز دارد که از طریق دفتر گرجستان پیگیری می‌شود.

سخن آخر

اقای حسینی می‌گوید : تا به امروز شرکت با وجود مشکلات بســـیار زیاد جلو رفته است، حقیقت این اســـت که حضور یا عدم حضور نهادهای مختلف حمایتی و دولتی تاثیری بر کار ما نداشـــته است؛ بنابراین، انتظار خاصی از مجموعه‌های این‌چنینی نداریـــم و خودمـــان ســـعی داریـــم فعالیت‌های تخصصی‌تری در حوزه لیزر داشته باشیم. در پایان تشـــکر می‌کنم از اینکه این فرصـــت در اختیار ما قرارداده شد.

لیزر میز

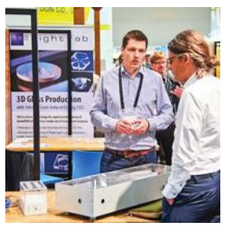
لیزر و فوتونیک
ویژه‌نامه دانش‌بنیان • فناوری لیزر و فوتونیک
شماره نهم • تیر ۱۳۹۷

رویدادی با هدف هموار کردن مسیر کسب‌وکار فعالان فوتونیک و دنیای دیجیتال

LASER World of PHOTONICS

جوان و نوآور

فاطمه کبیری
ftm_kabir@yahoo.com

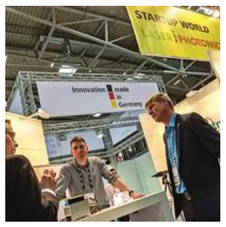


اغراق نیست اگر بگوییم هیچ چیز دیگری مانند فوتونیک بر صحنه نوآوری جهانی تاثیر ندارد و موفقیت آن بر پایه سه اصل است: برتری علمی، نوآوری و روحیه پیشگام بودن.

در طول ۳۰ سالی که از تأسیس نمایشگاه LASER World of PHOTONICS می‌گذرد، هر دو سال یکبار، این سه عامل به بهترین شکل توسط شرکت‌های فعال در حوزه تجارت جهانی فوتونیک به نمایش گذاشته شده و برگزاری دوره‌های مختلف این رویداد، نشان‌دهنده‌ی مداومت طولانی، مستمر و مثمر ثمر این استارت‌آپ از زمان شروع آن است. در دوره‌ی پیشین این نمایشگاه از ۲۶ تا ۲۹ ژوئن ۲۰۱۷ (بیش از یک سال پیش) در مونیخ، رقابت‌های استارت‌آپ و جایزه فوتونیک (Startup World and Photonics Award) با همکاری Anwendungszentrum GmbH Oberpfaffenhofen (AZO) برگزار گردید.

فینال جایزه فوتونیک (Photonics Award)برای دومین بار از سال ۲۰۱۵ تحت نظر Startup World برگزار خواهد شد. تیم‌های شرکت کننده در این رقابت شرکت‌های نوپای آلمانی و سایر کشورها بودند که آخرین محصولات و نمونه های آماده به عرضه در بازار خود را به هیئت داوران و متخصصان ارایه دادند. در رقابت پایانی اولین دوره نمایشگاه LASER World of PHOTONICS در سال ۲۰۱۵، Ninolive و شرکت تازه‌کار Femtoprint SA (که در زمینه‌ی چاپ میکرو 3D و میکروسکوپ سه‌بعدی تخصص دارند) حضور داشتند. بعد از برگزاری هر دو دوره‌ی این رقابت‌ها، از ماه می تلاش‌ها برای شناسایی استارت آپ‌های موفق آغاز می‌شود. ایده‌های نو به هیئت داوران ارایه داده می‌شود و شرکت‌کنندگان خود را برای رقابت دور بعد آماده می‌کنند. این یعنی در این روزهای گرم، جنب و جوش زیادی در میان علاقه‌مندان به شرکت در دور بعدی این رقابت در جریان است.

جهان امروز رو به پیشرفت‌های روزافزون دیجیتالی است. در کشورهای پیشرفته‌ی جهان و به‌ویژه آلمان به‌عنوان برگزارکننده برزگترین رویداد فوتونیکی جهان، فوتونیک چهار صفر، به‌عنوان رویکرد دیجیتالی به این صنعت، و اینترنت اشیا در عرصه فوتونیک بسیار مورد توجه است و چگونگی نقش این صنعت در آینده یکی از مسایل مهم و مطرح در بخش‌های مختلف است. حقیقت این است که فوتونیک هم توانمندکننده‌ی انقلاب صنعتی دیجیتالی خواهد بود و هم یکی از عمده‌ترین کاربران آن به‌شمار می‌رود بنابراین نیاز به افراد فعال در این زمینه در برنامه‌های صنعتی ۴,۰ افزایش خواهد یافت. در LASER World ofPHOTONICS فرصتی بیست‌وچهارساعته برای شناسایی استعدادهای درخشان و افراد آگاه و هوشمند در زمینه‌ی فعالیت‌های دیجیتالی که قابلیت ایجاد حرکت روبه‌جلو در این عرصه را دارند در نظر گرفته شده است. این برنامه که با نام Make-Light_MAKEATHON فعالیت می کند، با همکاری وزارت آموزش و تحقیقات فدرال آلمان، عرصه‌ای در اختیار دانشجویان و مهندسان جوان



برای رقابت و ساخت نمونه‌های اولیه از میان ایده‌هایشان قرار می‌دهد و امکانی بـــرای به‌کارگیری ابتکار عمل در زمینه‌ی تولید ابزار نورساخت برای جوانان فراهم می‌سازد. برخی از شـــرکت‌ها و فعالان تجاری مانند ITQ و Conrad Electronics هـــم از همـــکاران ایـــن برنامه هســـتند. ایـــن بخـــش از نمایشـــگاه LASER World of PHOTONICS از بخش‌هـــای جالب توجـــه و پرجنب‌وجـــوش برای شـــرکت‌کنندگان و برگزارکنندگان به‌شمار می‌رود.

نمایشگاه جهانی لیزر و فوتونیک نمایشگاهی در زمینه تجارت پیشرو در صنعت لیزر و فوتونیک نیز می‌باشد. یکی از بزرگترین کنگره‌های جهانی فوتونیک در اروپا به موازات نمایشگاه تجاری برگزار می‌گردد. این برنامه شامل ۵ کنفرانس علمی سازمان‌های برتر جهانی است. این رویداد ترکیبی از نمایشـــگاه‌ها و کنفرانس‌های پژوهشی و علمی است و همراهی این بخش‌ها سبب توسعه‌ی فناوری‌های نوری می‌شود. از سال ۱۹۷۳، این نمایشگاه هر دو سال یک‌بار توسط Messe München برگزار شده است. نمایشـــگاه جهانی لیزر و فوتونیک چین و نمایشـــگاه جهانی لیـــزر و فوتونیک هند، از گردهمایی‌های مشـــابهی هســـتند که در زمینه‌ی توسعه‌ی فناوری‌های لیزری و نوری فعالیت می‌کنند. این نمایشگاه‌ها با مجموع بیش از ۲۲۹۵ ارایه‌دهنده و ۹۲۰۰۰ بازدیدکننـــده در مونیـــخ، هنـــد و چین برگزار می‌شوند.

Messe München یکی از شـــرکت‌های پیشـــرو در زمینه برگزاری نمایشگاه‌های تجاری جهانی است. این شرکت ۴۰ نمایشگاه تجاری را در مونیخ و خارج از کشـــور مانند چین، هند، ترکیه، آفریقای جنوبی و ... ســـازماندهی می‌کند. Messe München دارای کسب‌وکار جهانی با شرکت‌های وابسته در اروپا، آسیا و آفریقا و بیش از ۶۰ نماینده‌ی خارجی است که در خدمت بیش از ۱۰۰ کشور اســـت. بنابراین می‌توان گفت نمایشـــگاه جهانی لیـــزر و فوتونیک با تلاش فراوانی که در کشف اســـتعدادهای جوان و توسعه کسب و کارهای فوتونیکی با توجه به آینده و تحولات پیش‌روی این صنعت دارد، یک شبکه گسترده جهانی در حوزه لیزر و فوتونیک به‌شمار می‌رود.

لیزنیوز
LASERNEWS

لیزری از یک مورچه‌ی فضایی ۵۲

۵۲ لیزری از یک مورچه‌ی فضایی

لیزری از یک مورچه‌ی فضایی

آزاده امیراحمدی
azadeamirahmadi@gmail.com

یک تیم بین‌المللی از اخترشناسان، یک اشعه‌ی لیزر غیرعادی را کشف کردند که به‌طور هم‌زمان از یک سیستم ستاره‌ای دوتایی در حال انتشار بود. این ستاره‌ها در قلب سحابی شگفت‌انگیز «مورچه» پنهانند.

این پدیده‌ی بسیار نادر که مربوط به مرگ ستارگان است، توسط رصدخانه فضایی هرشل [1] آژانس فضایی اروپا [2] آشکارسازی شده است.

ستاره‌هایی با وزن کم یا متوسط مانند خورشید در پایان عمر خود، به ستاره‌هایی متراکم، معروف به کوتوله‌های سفید [3] تبدیل می‌شوند. در این فرایند، لایه‌های بیرونی گاز و گرد و غبار خود را در فضا پراکنده می‌کنند و یک توده‌ی لوله‌ای شکل از الگوهای پیچیده‌ی شناخته‌شده به نام سحابی سیاره‌ای [4] ایجاد می‌شود. انتظار می‌رود که خورشید ما هم روزی به یک سحابی سیاره‌ای تبدیل شود.

سحابی [5] یک ابر درون‌ستاره‌ای متشکل از گرد و غبار، هیدروژن، هلیوم و دیگر گازهای یونیزه شده است. سحابی مورچه [6] این عنوان را به سبب شکل ظاهری خود کسب کرده است؛ چرا که دارای دو بخش است که شبیه سر و بدن مورچه به نظر می‌رسند.

مشاهدات اخیر هرشل نشان می‌دهد که مرگ شگفت‌آور ستاره‌ی مرکزی در قلب سحابی مورچه بسیار شگفت‌انگیز و درخور تماشاست؛ حتی بیشتر از آنچه که در تصاویر به صورت رنگی نشان داده می‌شود؛ تصاویری که توسط تلسکوپ فضایی هابل ناسا/آژانس فضایی اروپا گرفته می‌شوند.

داده‌های جدید مذکور نشان می‌دهد که سحابی مورچه پرتوهای شدید لیزر را از مرکز خود به بیرون منتشر می‌کند. لیزرها در زندگی روزمره، از جلوه‌های بصری ویژه در کنسرت‌های موسیقی تا مراقبت‌های بهداشتی و ارتباطات، شناخته شده‌اند. اما در فضا، پرتوهای لیزری ساطع‌شده در طول موج‌های بسیار متفاوت و تنها تحت شرایط خاص یافت می‌شوند. فقط تعداد معدودی از این لیزرهای فضایی مادون قرمز شناخته شده‌اند.

ستاره شناس «دونالد مِنزل» [7] بر حسب تصادف، در دهه‌ی ۱۹۲۰ برای اولین بار این سحابی سیاره‌ای خاص را مشاهده و رده‌بندی کرد (که بعد از او این سحابی با نام مِنزل ۳ [8] هم معروف شد) یکی از اولین کسانی بود که پیشنهاد داد که در شرایط معین «تقویت نور از طریق نشر اشعه برانگیخته [9]» طبیعی می‌تواند در سحابی‌ها در فضا ایجاد شود. این خیلی قبل‌تر از کشف لیزر در آزمایشگاه بود.

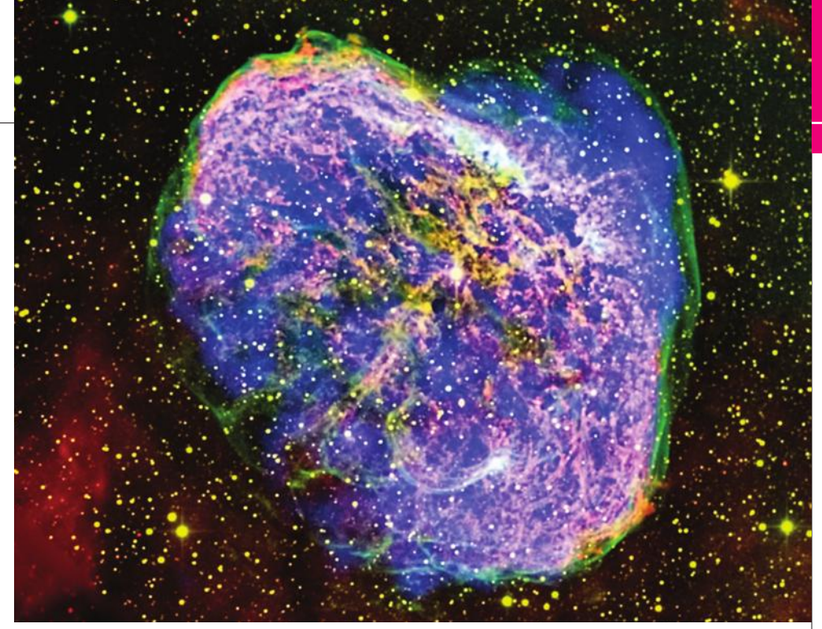
پروفسور آلبرت زیگلسترا [10]، استاد فیزیک نجومی در جودرل [11] می‌گوید: «این لیزر راه منحصربه‌فردی را در اختیار ما قرار می‌دهد تا حلقه‌ی اطراف ستاره در حال مرگ در اعماق این سحابی سیاره‌ای را بررسی کنیم.»

دکتر ایزابل آلمن [12] مؤلف این تحقیق نتایج جدید را چنین توضیح می‌دهد: «ما یک نوع بسیار نادر از تابش را آشکارسازی کردیم که «انتشار لیزر نوترکیب هیدروژن» [13] نام دارد. این نوع تابش تنها در محدوده‌ی کوچکی از شرایط فیزیکی می‌تواند تولید شود.

1 Herschel space observatory
2 European Space Agency (**ESA**)
3 dwarf stars
4 planetary nebula
5 nebula
6 Ant Nebula
7 Donald Menzel
8 Menzel 3
9 Light Amplification by Stimulated Emission of adiation: LASER
10 Albert Zijlstra
11 Jodrell Bank
12 Dr Isabel Aleman
13 hydrogen recombination laser emission

پروفسور آلبرت زیگلسترا، استاد فیزیک نجومی در جودرل

دونالد هووارد منزل یکی از اولین ستاره‌شناسان نَظری و فیزیکدانان نجومی ایالات متحده بود. او خواص فیزیکی کره و موسفر خورشیدی، شیمی ستاره‌ها، جو مریخ و ماهیت سحابی‌های گازی را کشف کرد. یکی از سحابی‌های سیاره‌ای (سحابی مورچه) به افتخار وی «منزل ۳» نامگذاری شده است. نام او را بَر روی دهانه‌ی کوچک یکی از اقمار هم نهاده‌اند.



سحابی هلال احمر

قبلاً چنین تابشـــی صرفاً در تعداد کمی از اشـــیا قابل شناسایی بود و این یک خوش‌شانسی است که ما توانستیم چنین تابشـــی را که مِنزل پیش بینی کرده بود، از یکی از ســـحابی‌های سیاره‌ای آشکارسازی کنیم.»

این نوع لیزر تابش‌شده به تراکم بسیار زیادی از گاز در نزدیکی ستاره احتیاج دارد. مقایسه مشاهدات با مدل‌ها نشان می‌دهد که چگالی گازی که باعث انتشاراین لیزر می شود حدود ۱۰ هزار بار چگال تر از گازی است که در سحابی‌های معمول سیاره‌ای و دردو قسمت سحابی مورچه مشاهده می شود.

به طور معمول، منطقه نزدیک به ســـتاره‌ی مرده (نزدیک در این جا تقریباً به اندازه‌ی فاصله‌ی زحل تا خورشید است) کاملاً خالی است؛ زیرا مواد آن خارج شده است. هر گاز پایداری خیلی سریع بر روی آن باز می گردد.

دستیار نویسنده، پروفسور آلبرت زیگلسترا، استاد فیزیک نجومـــی در دانشـــکده‌ی فیزیک و نجوم جوردل اضافه می کند که: «تنها راه نگه داشـــتن چنین گاز متراکمی در نزدیکی ستاره مورد بحث این است که این گازها در اطراف ستاره به شکل یک حلقه‌ای دوار باشند. ما در واقع در سحابی مذکور یک حلقه چگال را در قســـمت مرکزی مشاهده می کنیم که تقریباً به نظـــر می‌آید که این حلقه به سمت آن قسمت مرکزی کشیده می‌شود. این جهت‌گیری باعث تقویت سیگنال لیزر می‌شود.

حلقه مزبور نشـــان می‌دهد که یـــک همراهی و همکاری دوتایی وجود دارد، (یعنی ستاره‌ی دیگری در ایجاد این حلقه و لیزر تابشـــی نقش دارد)؛ زیرا پرتاب گاز به حلقه تقریبا ممکن نیست، مگر آن که ستاره‌ای دیگر آن را به جهت درست منحرف کند. لیزر تابش‌شـــده به ما امکان می‌دهد که از یک راه منحصربه‌فرد، حلقه‌ی اطراف ستاره در حال مرگ را که در عمق ســـحابی مذکور است، مورد بررسی قرار دهیم.»

ستاره‌شناســـان هنوز موفق نشـــده‌اند ستاره‌ی دومی را که در قلب سحابی مورچه پنهان شده، مشاهده کنند.

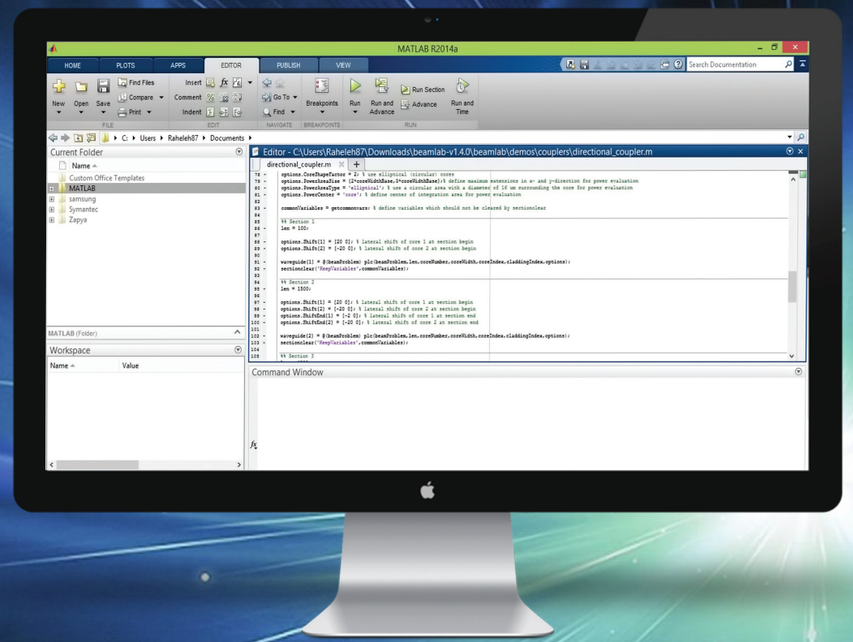
گوران پیلبرت[14]، دانشمند پروژه‌ی هرشل در آژانس فضایی اروپـــا می گوید:»می‌توان نتیجه گرفت که هرشل توانسته اســـت دو کشف مِنزل را که تقریبا یک قرن با هم فاصله داشتند به هم پیوند دهد.»

انتشـــار این مقاله با نخســـتین روز بین‌المللی نور یونسکو و جشن سالگرد نخستین موفقیت عملی لیزر در سال ۱۹۶۰ توســـط فیزیکدان و مهندس تئودور ماینمن[15] هم‌زمان شد.

http://www.manchester.ac.uk/discover/news/a-/laser-from-a-space-ant

14 Göran Pilbratt
15 **Theodore Maiman.**

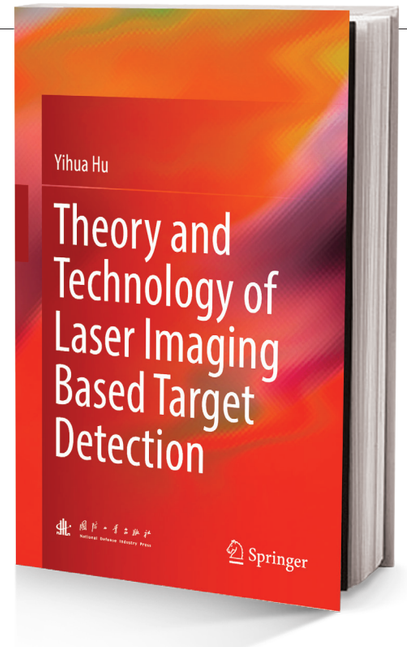
سحابی:
به ابر عظیمـــی از غبار، گاز و پلاســـما در فضاهای میان‌ســـتاره‌ای، سحابی یا میغواره گفته می‌شود. سحابی‌ها محل تولد ستاره‌ها هستند.
سحابی مورچه نام یک سحابی سیاره‌ای دو قطبی است که در صورت فلکی گونیا قرار دارد. طول کلی این ســـحابی ۱/۶ ســـال نوری و فاصله‌ی آن بین ۳۰۰۰ تا ۶۰۰۰ ســـال نوری اســـت. سرعت فرار مـــواد از آن ۳/۵ میلیون کیلومتر در ساعت یا ۱۰۰۰ کیلومتر در ثانیه و بیشتر از تمام سحابی‌های شناخته‌شده‌ی دیگر است.
یکی از نظریه‌ها در توجیه شکل ویژه‌ی آن این است که ستاره‌ی اصلی مرکزی این سحابی دارای یک همدم در فاصله‌ی خیلی کم مثلاً خورشید تازمین می‌باشد و اثرات گرانشی آن موجب به وجود آمدن این شکل ویژه شده اســـت. بر اساس نظریه‌ی دیگر، میدان قوی مغناطیسی ستاره مرکزی در حال مرگ موجب به وجود آمدن این شکل ویژه شده است.



راهنما
GUIDE

حل مسائل پیچیده نوری هرگز آسان‌تر از این نبوده‌است ۵۸

۵۶ اصول نظری و فناوریِ آشکارسازی اهداف با استفاده از تصویربرداری لیزری
۵۸ حل مسائل پیچیده نوری هرگز آسان‌تر از این نبوده‌است



Theory and Technology of Laser Imaging Based Target Detection

اصول نظری و فناوریِ آشکارسازی اهداف با استفاده از تصویربرداری لیزری

محمّدرضا شریفی مهر
m_sharifimehr@sbu.ac.ir

نویسنده: Yihua Hu
ناشر: Springer Singapore
سال انتشار: ۲۰۱۸
تعداد صفحات: ۳۳۳

افزایش توجه جامعه‌ی جهانی به قابلیت‌های منحصر به‌فرد سامانه‌های تصویربرداری لیزری در تشخیص اهداف، باعث گردید تا کشور آمریکا در دهه‌ی ۱۹۹۰ پژوهش در این زمینه را آغاز کند و کشورهای اروپایی نیز در ابتدای قرن بیستم سرمایه‌گذاری در این حوزه را برای آشکارسازی اهداف آبی/هوایی آغاز نمودند.

در کتاب «اصول نظری و فناوری آشکارسازی اهداف با استفاده از تصویربرداری لیزری»، اصول اولیه و کاربردهای فناوری تصویربرداری لیزری به‌همراه مباحث جامعی در مورد مبانی پردازش تصاویر لیزری و روش‌های شناسایی اهداف، به‌صورت مرحله‌به‌مرحله مورد بررسی قرار گرفته و پس از تحلیل جدیدترین نتایج حاصل از به‌کارگیری تصویربرداری لیزری در آشکارسازی اهداف، مزایای استفاده از این فناوری در مقایسه با روش‌های دیگر بیان شده است.

همچنین این کتاب برای پژوهشگران علاقمند و یا فعال در حوزه‌های «آشکارسازی اهداف بر اساس تصویربرداری لیزری» و «سنجش از دور بر اساس پردازش تصاویر»، دربرگیرنده‌ی فهرست جامعی از منابع بسیار ارزشمند و کاربردی است.

در پیش‌گفتار این کتاب به نقش کلیدی استفاده از لیزر در پیشرفت صنایع و فناوری‌های کنونی و همچنین ارتقاء سطح زندگی انسان، اشاره‌ی کوتاهی شده و پس از آن به بیان قابلیت‌های منحصربه‌فرد استفاده از لیزر در حوزه «دورسنجی مبتنی بر تصویربرداری» به‌عنوان دقیق‌ترین ابزار موجود در این زمینه پرداخته شده است که توانایی آشکارسازی اهداف به‌صورت «سه‌بعدی» و «زمان زنده» با «دقت بالا» را دارا می‌باشد.

همچنین در این بخش اشاره شده است که با استفاده از پردازش همزمان تمام مشخصه‌های پرتو لیزر شامل: شدت، جبهه‌موج، تأخیرزمانی، فاز، قطبش و ... که در بازتاب از هدف، دچار تغییر شده‌اند، تصویر سه‌بعدی با قدرت تفکیک بالا و اطلاعات دقیق از اهداف مورد نظر و محیط پیرامون آنها شامل مسافت، موقعیت، ساختار، ابعاد، سرعت، جهت حرکت و در برخی موارد حتی جنس ماده‌ی تشکیل‌دهنده نیز به‌دست خواهد آمد.

نویسنده‌ی این کتاب از سال ۱۹۹۰ در زمینه‌ی آشکارسازی اهداف با استفاده از تصویربرداری لیزری مشغول به تحقیق و پژوهش بوده و علاوه بر انتشار مقالات علمی متعدد، تا کنون در انجام چندین پروژه‌ی ملی در این زمینه نیز مشارکت داشته است که برخی از آن‌ها در انستیتوی فیزیک کاربردی شانگهای و آکادمی علوم چین انجام شده‌اند. کتاب حاضر که صنایع دفاع ملی چین آن را منتشر کرده است، نتایج حاصل از این تحقیقات و تجربیات را در قالب مرجعی سودمند و کاربردی در زمینه‌ی آشکارسازی اهداف با استفاده از تصویربرداری لیزری ارائه نموده است.

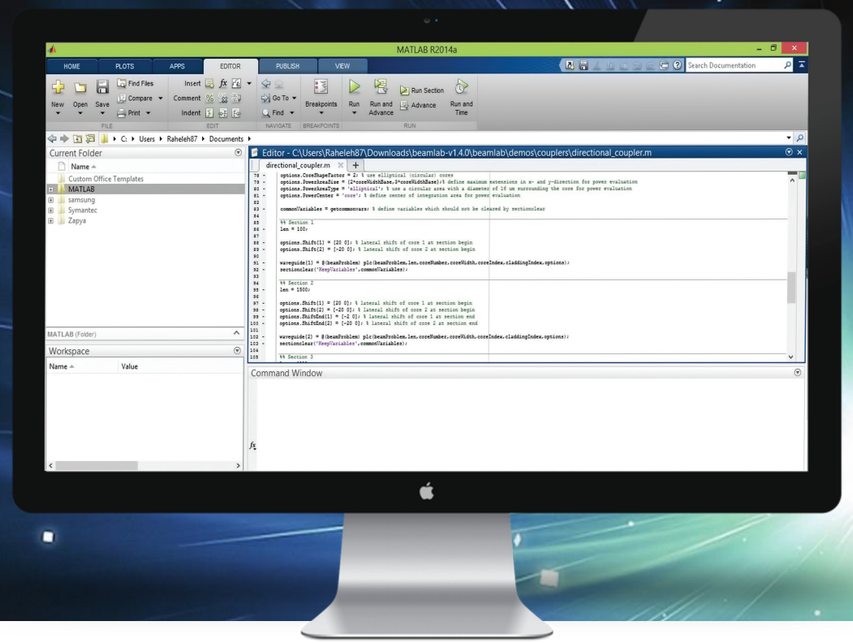
این کتاب در چهار بخش و ۱۰ فصل تنظیم شده است که در سه فصل نخست آن، به بررسی جامع در مورد مفاهیم و سازکار عملکرد روش آشکارسازی اهداف بر مبنای سامانه‌های تصویربرداری لیزری شامل انواع مدولاسیون پرتو لیزر، اجزاء و مشخصات سامانه‌ی آشکارسازی پرداخته شده است. در فصل‌های چهارم و پنجم نیز جزئیات مربوط به اصول و روش‌های ثبت، گردآوری و پردازش داده‌ها به‌منظور تولید تصویر لیزری نهایی توضیح داده شده است.

فصل‌های ششم تا نهم نیز به بررسی روش‌های استخراج اطلاعات، طبقه‌بندی و شناسایی مشخصات هدف موردنظر اختصاص داده‌شده و فصل دهم نیز منابع ایجاد نویز و خطاهای احتمالی موجود در پردازش تصاویر لیزری را مورد بحث و بررسی قرارداده‌است.

بیش از ۱۱۵ تصویر سیاه و سفید و ۶۸ تصویر رنگی به همراه اصول نظری و فرمول بندی ارائه‌شده در این کتاب، روش استفاده از تکنیک‌های معرفی‌شده و استخراج اطلاعات از داده‌های خام ثبت‌شده توسط سیستم‌های عملیاتی واقعی را به‌صورت کاربردی و قابل فهم ارائه نموده است.

پهپادها به‌دلیل قابلیت مانور فوق‌العاده و دسترسی به مکان‌های پر خطر و یا دور از دسترس، یکی از مناسب‌ترین گزینه‌های موجود برای استفاده از سیستم‌های آشکارسازی با استفاده از تصویربرداری لیزری هستند که به‌تازگی با مجهز شدن به سیستم‌های لیزری چند طول موجی، در تشخیص مواد منفجره از راه دور نیز به‌کار گرفته شده‌اند.

MathWorks®



حل مسائل پیچیده نوری هرگز به این آسانی نبوده است

راحله سعیدی
rsaeidi87@gmail.com

متلب (MATLAB) یک نرم‌افزار قدرتمند برای دانشجویان و پژوهشگران رشته‌های مختلف است و امروزه صدها هزار کاربر دانشگاهی و صنعتی در زمینه‌های بسیار متنوع مهندسی نظیر ریاضیات پیشرفته، مخابرات، مهندسی سیستم و اداوت اپتیکی و ... با متلب به عنوان یکی از اولین محیط‌های محاسباتی و تکنیکی که قادر به حل مسائل آنهاست، آشنا هستند. ریاضیات زبان مشترک بسیاری از علوم مهندسی است. ماتریس‌ها، معادلات دیفرانسیل، رشته‌های عددی اطلاعات، ترسیمات و گراف‌ها از لوازم اصلی به‌کاررفته در متلب هستند. مطابق با بسیاری از نرم‌افزارهای دیگر، نرم‌افزار متلب هم از چندین تب شامل Home، Plots و Apps تشکیل شده که هرکدام دارای تب‌های متعددی است. در محیط متلب چندین پنجره وجود دارد؛ از جمله پنجره‌ی WorkSpace که در آن می‌توانیم تمام متغیرهایی را که در متلب تعریف کردیم فهرست‌وار مشاهده کنیم و حتی در آنها تغییراتی ایجاد کرده و یا آنها را به صورت به‌صورت نمودار مشاهده نماییم. محتویات تمام این پنجره‌ها را می‌توان از طریق منوی Edit پاک کرد. تمام دستورات و توابع متلب در پنجره فرامین Command Window (که محیط اصلی متلب است) درج می‌شود. بیم‌لب (BeamLab) نرم‌افزار محاسبات مربوط به ادوات نوری که پس از نصب با نرم‌افزار متلب لینک شده و تمامی محاسبات مربوط به این ادوات نوری از طریق کدنویسی در محیط متلب قابل محاسبه و اجراست. در ادامه به معرفی این نرم‌افزار می‌پردازیم.

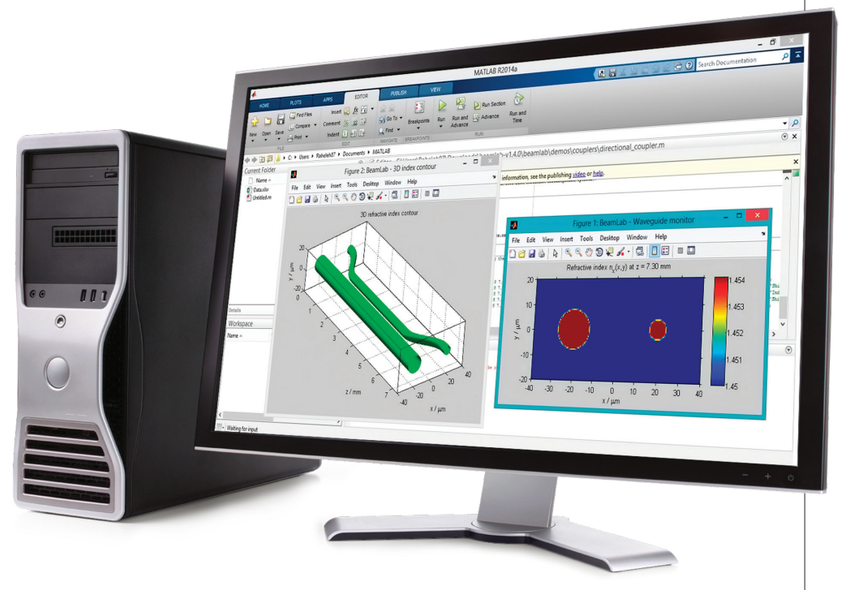
بیم‌لب مجموعه‌ای از ابزارهای شبیه‌سازی انتشار نور برای ادوات‌نوری و موج‌برها در محیط بسیار آشنای متلب است. با وجود این نرم‌افزار، نیاز به یادگیری یک زبان اختصاصی یا ابزارهای CAD برطرف شده است. این نرم‌افزار یکی از قدرتمندترین نرم‌افزارهای محاسبات عددی و رسم پیشرفته‌ی نمودار بوده که با امکان کدنویسی پیشرفته و نسبتاً راحت می‌توان انواع محاسبات از جمله محاسبات مربوط به ادوات‌نوری پیچیده را نیز با آن انجام داد. این نرم‌افزار قابلیت و انعطاف‌پذیری بیشتری در مقایسه با دیگر نرم‌افزارهای شبیه‌سازی فوتونیکی در پردازش و ویرایش داده‌های خروجی و نمودارها دارد.

در اینجا پس از کدنویسی و وارد کردن پارامترهای ورودی، دکمه Run را زده و داده‌های خروجی را مشاهده می‌کنیم. مدت زمان شبیه‌سازی و حل مساله به پیچیدگی ساختار و ظرفیت پردازش رایانه بستگی دارد.

بیم‌لب شامل دو جعبه ابزار برای شبیه‌سازی است. جعبه ابزار انتشار نوری (Beam Propagation Method) و جعبه ابزار حل کننده مد (Mode Solver) که برای شبیه‌سازی انتشار نور در موج‌برها به‌همان دقت فضای آزاد و همچنین محاسبه مدهای ویژه موج‌برهایی با سطح مقطع دلخواه به کار می‌رود که در زیر به تفصیل به بررسی این دو جعبه ابزار می‌پردازیم.

جعبه ابزار انتشار نور که روش انتشار نور (BPM) را به کار می‌گیرد، روشی محبوب و کارآمد برای ارزیابی میدان‌های نوری در موج‌بر و ادوات فوتونیکی به همان دقتِ فضای آزاد است. این روش شبیه‌سازی از این مزیت برخوردار است که نور در چنین ادواتی عمدتاً در جهت خاصی مثلا محور یک فیبر پخش می‌شود و بنابراین می‌تواند به طور موثر انتشار نور در ساختارهای غیر یکنواخت را شبیه‌سازی کند.

جعبه ابزار Mode Solver یک ابزار همه‌کاره برای طراحی و آنالیز موج‌برهای نوری و مدارهای مجتمع نوری است. این جعبه ابزار در محاسبات ساده‌تر، مد ویژه (Eigen mode) و ضریب شکست موثر neff موج‌بر را محاسبه می‌کند. اما افزون بر این، به شما اجازه‌ی محاسبه‌ی پارامترهای پیچیده‌تر از جمله bend loss، ناحیه موثر مد، پارامتر پراکندگی و ... را نیز می‌دهد. این جعبه ابزار بر اساس روش تفاضل محدود به محاسبه پارامترهای فوق می‌پردازد.



ویژگی‌های کلیدی نرم‌افزار

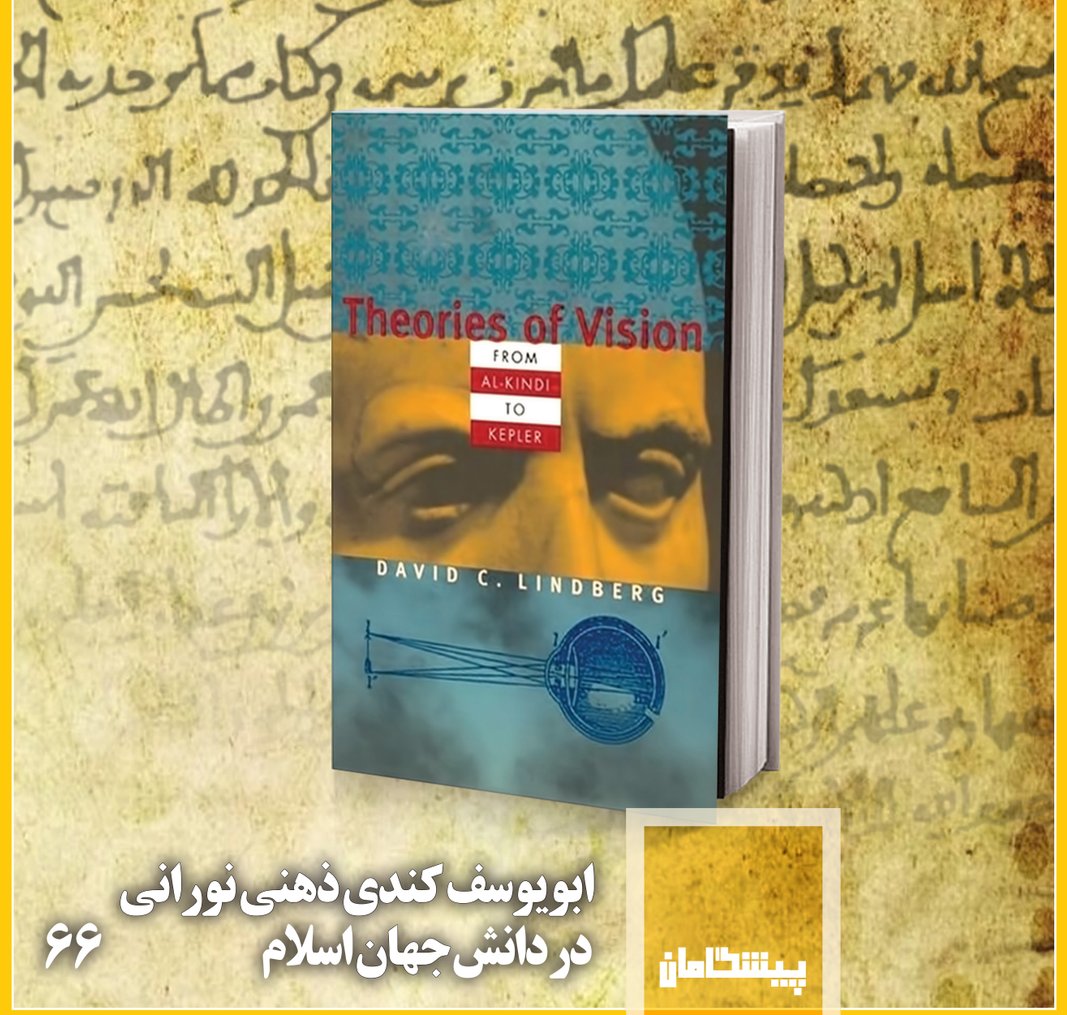
- استفاده از زبان برنامه‌نویسی و محیط آشنای متلب که دیگر نیای به یادگیری یک زبان جدید نیست.
- استفاده از روش انتشـــار نوری BPM و Mode Solver در موج‌برها.
- تجزیه و تحلیل دوبعدی و سه‌بعدی.
- امکان محاســـبات مربوط به انتشار غیرخطی نور.
- تجزیه و تحلیل موج‌های ناهمسانگرد و خم.
- انعطاف‌پذیری بالا در طراحی میدان ورودی با استفاده از توابعی که در کتابخانه نرم‌افزار موجود است.
- مستقل بودن از سیستم‌عامل.
- رســـم نمودار و ویژگی‌های گسترده‌ای که در نمایش داده‌های خروجی وجود دارد.

کاربردها

این نرم‌افزار بـــرای محاســـبه پارامترهای مورد مطالعـــه در ادوات اپتیکی فراونـــی کاربرد دارد از جمله:

- کوپلر مستقیم و کوپلر تداخلی چند مدی
- لنزها
- مدرج‌ها
- دیافراگم‌ها
- مقسم‌ها
- مالتی‌پلکسرها
- مدولاتورها
- فیبرهای‌نوری

از ویژگی‌هـــای دیگـــر این نرم‌افزار حل مســـائل گوناگون در بسیاری از حوزه‌ها و قرار دادن فایل‌های متنوع شبیه‌سازی در آن اســـت که این موضوع به کاربر در روند یادگیری حل مســـاله و طراحی بهینه‌ی ساختار کمک شایانی می‌کند. یکی دیگر از ویژگی‌های این نرم‌افزار، ویرایش قدرتمند داده‌های خروجی از طریق نوشتن چند خط کد ساده، رسم نمودار و حتی مشـــاهده‌ی نحوه‌ی انتشار نور در ادوات نوری به‌صورت ویدیویی است.



پیشکسوتان
PIONEERS

ابویوسف کندی ذهنی نورانی در دانش جهان اسلام ۶۶

۶۲ اریک مازور
۶۶ ابویوسف کندی ذهنی نورانی در دانش جهان اسلام

اریک مازور

مهرنوش غلامزاده
Mahnoosh.Gholamzade@Gmail.Com

اریک مازور[1] در ۱۴ نوامبر ۱۹۵۴ در آمستردام هلند متولد شد. او یک فیزیکدان و استاد دانشگاه هاروارد و یک کارآفرین در زمینه استارت‌آپ‌های فناوری و آموزشی است. تحقیقات مازور در زمینه‌ی اپتیک فوق‌سریع و فیزیک ماده‌چگال است. او در سال ۱۹۷۷ مدرک کارشناسی ارشد و در سال ۱۹۸۱ دکترای خود را در رشته فیزیک و نجوم از دانشگاه لیدن[2] هلند دریافت کرد. سپس اروپا را به‌خواست پدرش، پیتر مازور، برای مطالعات پسادکتری در دانشگاه‌هاروارد، ترک کرد.

دو سال بعد از اتمام دوره‌ی پسادکتری، در سال ۱۹۸۷ مازور جایگاه استادیار دانشگاه‌هاروارد را کسب کرد و در سال ۱۹۹۰، استاد آنجا شد. در حال حاضر مازور استاد فیزیک محض و کاربردی در دانشکده مهندسی و علوم کاربردی هاروارد و از پیشگامان لیزر و یک مخترع کارآفرین است. او رهبر یک گروه تحقیقاتی است که بر روی نانوفوتونیک و تعامل پالس‌های لیزر فوق کوتاه با مواد کار می‌کند. این گروه تلاش می‌کند تا لیزر را به بسیاری از زمینه‌ها، از جمله فیزیک، شیمی، علم مواد و اپتیک مرتبط کند. مازور از لیزرهای فمتوثانیه[3] برای تجزیه و تحلیل الکترون و دینامیک اتمی در مواد مختلف استفاده می‌کند. تحقیقات وی کاربردهای زیادی در ذخیره‌سازی داده‌ها، ارتباطات نوری و جراحی لیزری داشته است. او طی آزمایشاتی متوجه شد که هنگامی که یک پالس قدرتمند لیزر فمتوثانیه به شیشه بتابد، شیشه می‌تواند تغییر کند. هنگامی که او نور لیزر را با استفاده از لنز میکروسکوپ متمرکز کرد، در واقع یک انفجار میکروسکوپی درون شیشه ایجاد شد و یک حفره توپی‌شکل کوچک به‌وجود آورد. او از این میکروانفجار به‌عنوان یک پانچ مینیاتوری استفاده کرد تا الگوهای موجود در شیشه را برای کاربردهایی مانند ذخیره‌سازی داده با تراکم بالا آماده کند. میکروانفجار همچنین می‌تواند به‌عنوان یک چاقوی جراحی لیزری با دقت بالا استفاده شود که پزشکان را قادر به‌انجام عمل جراحی بر روی یک سلول زنده بدون از بین بردن آن سلّول می‌کند. افزون بر شکل‌دهی الگوها در داخل شیشه‌ها و شکستن سلول‌ها، مازور همچنین توانسته است ساختارها را در سه بعد رشد دهد و از پالس‌های لیزر فمتوثانیه برای تولید پلیمرها و لایه‌نشانی فلزات روی بستر شیشه‌ای استفاده کند تا ساخت مواد نوری را بهبود دهد.

مازور در اوایل کارش در دانشگاه هاروارد بر استفاده از لیزرهای پالس کوتاه برای انجام طیف‌سنجی از مولکول‌های بسیار مرتعش برانگیخته متمرکز بود. با استفاده از روش طیف‌سنجی فوق‌سریع که توسط مازور ارائه شد، الکترونیک و واکنش ساختاری نیمه‌هادی‌ها به‌تحریک شدید نوری با جزئیات بی‌سابقه‌ای مشاهده شد. این مطالعات به او اجازه داد که در مورد حرکت الکترون‌ها و اتم‌ها در یک نیمه‌هادی در زمانی که دو سیستم از تعادل دور هستند، پاسخ سوالات اساسی را به‌دست آورد. آزمایشات او فرصتی غیرمعمول برای مشاهده انتقال فاز ساختاری به‌وجود آورد. مازور یک تکنیک برای اندازه‌گیری عملکرد دی‌الکتریک کامل از نیمه‌هادی‌های برانگیخته در سطوح بالا، ایجاد کرد. از آن زمان، مازور از این تکنیک و تکنیک‌های مختلف اپتیک غیرخطی برای مطالعه‌ی انتقال فاز ساختاری ناشی از لیزر استفاده کرده است.

به‌موازات کار بر روی نیمه‌هادی‌ها، مازور شروع به مطالعه‌ی تعامل پالس‌های شدید فمتوثانیه‌ای با مواد شفاف کرد. با تاباندن یک پالس لیزر بر روی مواد شفاف، جذب نوری غیرخطی در داخل ماده رخ می‌دهد که منجر به درجه‌ی حرارت بسیار بالا و تغییر در ساختار ماده می‌شود. در یکی از پروژه‌ها، پالس‌های لیزر فموتوثانیه، بر روی حجمی از مواد شفاف متمرکز شد و یک پلاسما کوچک با اندازه میکرومتری روی حجم ایجاد شد. این میکروانفجارها ساختار مواد را در مقیاس نانو

1 Eric Mazur
2 Leiden
3 femtosecond

The Principles and Practice of Physics

اصول و تمرین فیزیک، یک کتاب جدید فیزیک مبتنی بر محاسبات مقدماتی است که از یک ساختار منحصر به فرد استفاده می‌کند تا دانش آموزان بتوانند فهم واقعی و مفهومی از فیزیک، در کنار مهارت‌های کمی مورد نیاز در آن را به دست آورند. این کتاب، فیزیک مقدماتی را در حول مفاهیم اصلی سازماندهی می‌کند و یک چشم انداز کلی در مورد فیزیک مقدماتی ارائه می‌دهد.

تغییر می‌داد و ویژگی‌های جدیدی در آن‌ها ایجاد می‌کرد که در ذخیره سازی داده‌ها، ارتباطات نوری و پزشکی کاربرد داشت. این گروه در حال حاضر در حال بررسی امکانات خاص میکروساختار با دقت بالا از مواد جامد شفاف، برای جراحی لیزری غیرمخرب هستند.

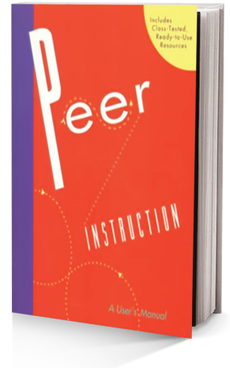
در سال ۱۹۹۸ یک کشف حیرت‌انگیز در آزمایشگاه مازور رخ داد، که منجر به ایجاد یک ماده‌ی جدید به‌نام «سیلیکون سیاه» شد و دلیل این نام‌گذاری انعکاس بسیار کم آن بود. آن‌ها کشف کردند که تابش لیزر فمتوثانیه بر روی سطوح براق سیلیکون در حضور یک گاز هالوژن، سطح تخت و آینه‌ای سیلیکونی را به جنگلی از مخروط‌های میکروسکوپی تبدیل می کند که این سطح به‌شدت جاذب نور است. برای این کار آنها یک ویفر سیلیکونی را در یک محفظه قرار دادند و آن را با گاز سولفور هگزافلورید پر کردند و یک لیزر فوق کوتاه را روی آن متمرکز کردند. نمونه سیاه شد و روی سطح آن مخروط‌های میکروسکوپی زیادی به‌وجود آمد. این ماده تقریباً کل محدوده مرئی طیف و حتی بخشی از محدوده‌ی مادون قرمز را جذب می کرد. سیلیکون سیاه پایه‌ی اصلی میکروالکترونیک و همچنین ماده به‌کار برده شده برای بسیاری از دستگاه‌های اپتوالکترونیک مانند سلول‌های خورشیدی و آشکارسازهای نوری[4] است و در صنایع پزشکی، دفاعی، سنجش از راه دور و مخابرات و ... کابرد دارد. او شرکت SiOnyx را برای تجاری‌سازی این فناوری تأسیس کرد و در حال حاضر به‌عنوان رئیس و مشاوره علمی آن مشغول به‌کار است.

پژوهش‌های مازور همچنان بر روی تعاملات پالس لیزر فوق کوتاه و دستگاه‌های نوری غیرخطی جدید متمرکز است. با همکاری گروهی از دانشگاه ژیجیانگ[5] چین، گروه مازور تکنیکی برای کشیدن فیبرهای نوری سیلیکا با قطر زیر طول موج را توسعه داد. این سیم‌ها اجازه خم شدن بسیار زیاد نور را می‌دهند.

در سال ۱۹۹۱، مازور شروع به طراحی یک استراتژی ساختاری برای آموزش به نام آموزش همسان کرد. در سال ۱۹۹۷، او یک کتاب به نام «آموزش همسان: یک کتابچه راهنمای کاربردی» منتشر کرد که جزئیات این استراتژی را توضیح می‌داد. آموزش همسان (PI) مفیدتر از بحث یا سخنرانی در کلاس درس است. در واقع، طبق این نظریه، او معتقد است که چیدمان نشستن دانش‌آموزان در کلاس نقش مهمی در نتیجه ایفا می کند. به‌عنوان مثال، زمانی که دانش‌آموزان ضعیف در صندلی‌های جلو قرار می گیرند، شانس آن‌ها برای کارایی بهتر افزایش می‌یابد. با این حال، کارایی دانش‌آموزان قوی که در عقب کلاس نشسته‌اند تحت تاثیر قرار نمی گیرد. افزون‌بر این، هنگامی که دانش‌آموزان قوی در چهار گوشه‌ی کلاس می‌نشینند، عملکرد کل کلاس به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌یابد.

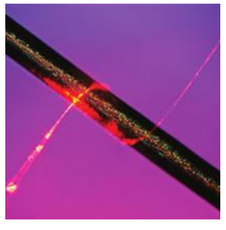
مازور جایزه‌های زیادی را برای فعالیت‌هایش در زمینه فیزیک و آموزش و پرورش دریافت کرده است. وی در سال ۱۹۸۸ جایزه محقق جوان ریاست جمهوری[6] را از رونالد ریگان دریافت کرد. در سال ۱۹۸۹ عضو برگزیده انجمن فیزیک آمریکا شد. در ۱۹۹۹ جایزه‌ی پژوهشگر برتر آموزشی از انجمن علمی ریاست جمهوری[7] به وی اهدا شد. در سال ۲۰۰۶ به‌عنوان یکی از ۷۵ فیزیکدانان برجسته‌ی آمریکایی توسط انجمن آمریکایی معلمان فیزیک انتخاب شد. در سال ۲۰۰۸ برنده‌ی مدال استر هافمن بلر[8] از انجمن اپتیک آمریکا و در همان سال به‌عنوان عضو آکادمی هنر و علوم سلطنتی هلند برگزیده شد. وی در سال ۲۰۱۴، جایزه Minerva را برای پیشرفت در آموزش عالی دریافت کرد.

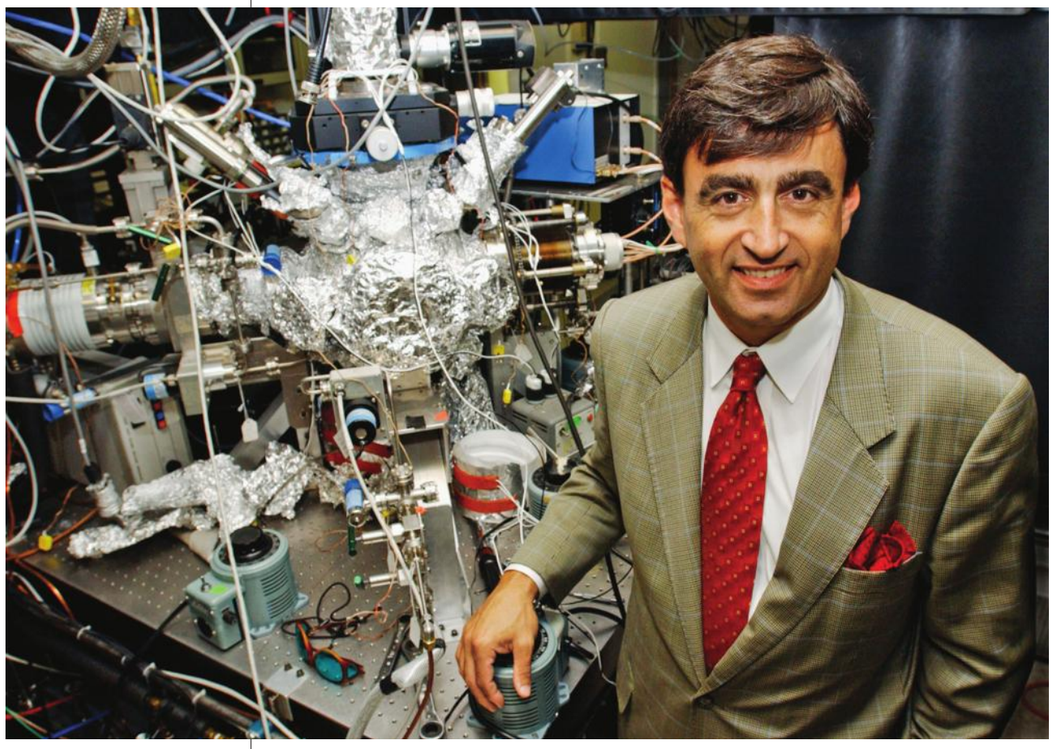
4 photodetectors
5 Zhejiang University
6 Presidential Young Investigator Award
7 Scientific Society Presidents
8 Esther Hoffman Beller



The Principles and Practice of Physics

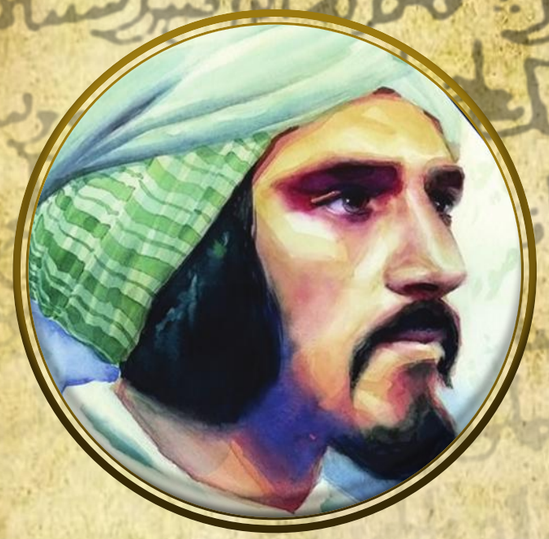
اصول و تمرین فیزیک، یک کتاب جدید فیزیک مبتنی بر محاسبات مقدماتی است که از یک ساختار منحصر به فرد استفاده می کند تا دانش آموزان بتوانند فهم واقعی و مفهومی از فیزیک، در کنار مهارت‌های کمی مورد نیاز در آن را به دست آورند. این کتاب، فیزیک مقدماتی را در حول مفاهیم اصلی سازماندهی می کند و یک چشم انداز کلی در مورد فیزیک مقدماتی ارائه می‌دهد.





پروفسور مازور همچنین استاد دانشکده تحصیلات تکمیلی آموزش هاروارد و رئیس پیشین انجمن اپتیک آمریکاست. وی مشاور ارشد Turning Technologies است که یک سیستم پاسخگوی تعاملی در آموزش و پرورش است. مازور نویسنده‌ی کتاب آموزش همسان: یک کتابچه‌ی راهنمای کاربردی (۱۹۹۷) است؛ کتابی که توضیح می‌دهد چگونه در کلاس‌هایی که نیاز به سخنرانی‌های طولانی دارد، تدریس کنید. وی همچنین نویسنده کتاب «اصول و تمرینات فیزیک» (۲۰۱۵) است؛ کتابی که روشی جدید را برای تدریس فیزیک مبتنی بر محاسبات مقدماتی ارائه می‌دهد.

مازور می گوید اگر کسی از حرفه من بپرسد «نمی گویم که من یک فیزیکدان هستم که مواد را با استفاده از نور بررسی می کند. در عوض، می گویم که من با لیزر کار می کنم؛ زیرا یک حیرت خاص نسبت لیزر وجود دارد که توجه مردم را به خود جلب می کند. هر فرد یک دانشمند متولد می‌شود و نوعی کنجکاوی ذاتی در همه‌ی افراد وجود دارد. همه‌ی ما می‌خواهیم بدانیم که جهان چگونه کار می کند. به‌عنوان دانشمند، ما باید کارهایی انجام بدهیم تا این حس کنجکاوی را زنده نگه داریم.»



ابویوسف کندی
ذهنی نورانی در دانش جهان اسلام

گروه ویرایش

تاریخ نورشناسی جهان پر است از دانشمندانی که در خلال فعالیت‌های علمی خود به مبحث بینایی و نور توجه نشـان داده‌اند، برخی از این دانشمندان چهره‌های شناخته‌شـده‌ای در علم نورشناسـی به‌حسـاب می‌آیند و برخـی به‌عنوان دانشـمند علوم‌نور یا مناظر شناخته‌نشده‌اند و تنها در لابه‌لای تحقیقات خود در سایر زمینه‌ها مانند نجوم به این علم پرداخته‌انـد. می‌توان گفت به‌سـبب دیدگاه خاص اسلام و مفاهیم دینی توجه به نورشناسی از نخستین روزهای رویکرد مسـلمانان به علم‌افزایی قوت گرفت. یکی از دانشمندان مسلمان این حوزه ابویوسف یعقوب‌بن‌اسحاق کندی، معروف به اسحاق کندی است که در سال ۱۸۵ هجری قمری، قرن نهم میلادی، در شهر بصره چشـم به جهان گشود. این دانشمند بزرگ در فلسفه، ریاضیات و نجوم پرآوازه بود. کندی کـه معروف به «فیلسـوف عرب» بود، درحقیقت به فلسفه با دیدی کاملا علمی نگاه‌می کرد و طبیعی بود نورشناسـی، به‌عنوان مبحثی در مرز فلسفه و علوم طبیعی، اندیشـه او را به اعماق خود جلب نماید؛ درسـت مانند ریاضیات که به سـبب

ارتباط نزدیکی که با مفاهیم فلسفی دارد، به‌شدت مورد توجه کندی قرار گرفته و او را در این حوزه‌ها نیز سرآمد ساخته بود.

زمان حیات او با دوران حکومت عباسیان قرین بود. بیشتر عمر کندی در حالی سـپری شد که نهضت عظیم فکری و جنبش ترجمه و نقل افکار یونانیان و اندیشه‌های خارجی در اوج شـکوفایی بود. او نیز از این جریـان بهره‌برد و درآن دوران توانسـت به آثار حکمای یونان دسترسـی پیدا کند و به ترجمه آثار ارسطو و تفسیر و بیان آن‌ها بپردازد. وی علاوه بر فلسـفه و اخلاق، در زمینه‌ی علم نورشناسی نیز صاحب‌نظر بوده است. کندی که در اوایل اسلام و در قرن هشتم میلادی می‌زیست، بسیاری از یافته‌های علمی خود را با انواع آزمایش‌ها بررسـی و تقویت می‌کرد. کاری که قرن‌ها بعد و در دوره رنسـانس در اروپا متداول شد. از نظر روش‌شناسی علمی، در دوره‌ای که کمتر به تجربیات اهمیت داده می‌شد، این خصلت کندی یکی از برجستگی‌های علمی او محسوب می‌گردید. یکی دیگر از خصوصیات علمی کندی تنوع موضوعات علمی اسـت که او در عصر خود موفق به فهـم آن گردیده اسـت. او علاوه بر فلسفه و ریاضیات، در پزشکی، داروسازی، شیمی، فیزیک، نجوم و شـناخت کاینات، موسـیقی و ... سرآمد عصر خود بود.

در روزگاری که عمده معلومات نور شناسـی بشر بر اساس رساله‌های مناظر دانشمندان یونانی بود، کندی به تحلیل و بررسی نظریات ارسطو و اقلیدس پرداخت. نظریه‌هایـی که در مفهوم و فلسـفه‌ی شـکل‌گیری دارای تفاوت مبنایی بودند. ارسطو و فلاسفه مشا معتقد بودند مشاهده یک جسم توسط چشم نتیجه‌ای از پدیده «انطباع» است، بدین معنی که در جایی که نور باشد و میان چشم و شیء مرئی نیز محیط شفافی مانند هوا یا آب قرار داشته باشد، این محیط شفاف از «صورت» جسم متأثر می‌شود و این تأثر به چشـم منتقل می‌گردد. از سوی دیگر اقلیدس نظریـه متفاوتی را پیشـنهاد می‌کرد؛ به اعتقاد او اشعه‌هایی از چشم به خط مستقیم به یک شیء برخورد می‌کند و در بازگشت باعث می‌شوند آن جسم دیده شود. به این ترتیب، او بر این باور بود که اشعه‌ی نور که منجر به بینایی می‌شود در خط مستقیم سـیر می‌کند. می‌توان گفت نظر کندی به نظریه دوم، یعنی نظریه اقلیـدس، نزدیک بود؛ هرچند او نیز بعضی از مباحث طرح شـده توسط اقلیدس را در علم مناظر رد می‌کرد. کندی برتری نظریه اپتیک هندسـی اقلیدس را نسبت به نظریه ارسطو، برطبق مشاهداتش، در پاسخ به این سوال یافت که چرا یک دایره از دید جانبی یک خط به نظر می‌آید؟ اگر بنا بر این است که طبق نظریه ارسطو، صورت جسـم در هوا در حضور نور به چشم منتقل شود، باید شـکل کامل یک دایره به چشم منتقل و به شکل یک دایره دیده شـود. اما اپتیک اقلیدسی مدلی هندسی ارایه می‌داد که قادر به تبیین این امر و همچنین معلوماتی درباره‌ی طول سایه‌ها و بازتاب در آینه بود. علت منطقی‌تر بودن نظریه اقلیدس این بود که او باور داشت اشعه‌ی بینایی تنها می‌تواند در خط مستقیم سیر کند؛ هرچند امروزه نظریه انتشار پرتو بینایی مبنای علمی ندارد، اما سیر نور در خط مستقیم در اپتیک جدید نیز پذیرفته شده است.

آثار اپتیکی کندی رسـاله‌هایی اسـت در اپتیک هندسی؛ و درواقع جزء نخسـتین آثاری است که در عالم اسلام با استفاده از نظریه اپتیک اقلیدسی و بطلمیوسی نوشته شده است. کندی در این علم، تنها به نقل نظریات دانشمندان یونانی بسنده نکرده اسـت؛ بلکه در آثار خود به نقـد و اصلاح نظریات اقلیدس در کتاب المناظر پرداخته اسـت. کارهای او حاوی نظریات بدیعی در این زمینه اسـت. یکی از نوآوری‌های کنـدی در علم اپتیک هندسـی، نظریـه‌اش درباره نحوه‌ی صـدور پرتوهای بصری از چشـم اسـت که محققان جدید آن را «تحلیل نقطه‌ای رؤیت[1]» نامیده‌اند. او بـه نقد، رد و اصلاح نظر اقلیدس در مورد مخـروط بصری پرداخت؛ از

1 the point-wise analysis of vision

صفحه اول رسـاله کنـدی درباره رمزگشایی پیام‌های رمزی که اخیرا در آرشـیو گنجینه‌هـای عثمانی در استانبول کشف شـد. این متن اولین توضیح ثبت‌شده در زمینه رمزنگاری بر اساس روش تحلیل فرکانس است که تا به امروز شناخته شده‌است.

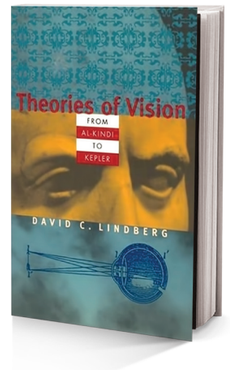
مدرسه فناوری
ACADEMY

راز چشمان گربه

۷۸

۷۰ بینایی انسان در مقایسه با بینایی حیوانات

۷۸ راز چشمان گربه



کتاب معروف C. Lindberg David در زمینه اپتیک کیندی با عنوان نظریه های بینایی از کندی تا کپلر (دانشگاه شیکاگو، چاپ ۱۹۷۶)

دید او مخروط بصری از پرتوهای گسسته تشکیل نشده و این مخروط حجم پیوسته‌ای از پرتوهای تابش شده‌است. پرتوهای تابشی سه‌بعدی هستند و مخروطی از اشعه‌های بینایی پیوسته را تشکیل می‌دهند. این موضوع باعث هموار شدن مسیر علمی ابن هیثم در بررسی پرتوهای نور و تمایز آن با خط مستقیم سیر آن‌ها بود. بسیاری از مورخان علم درباره اهمیت تاریخی نظریه‌های کندی، به‌ویژه به‌لحاظ تأثیر آن در اپتیک اروپایی قرون وسطی بحث کرده‌اند. از اروپاییانی که در این دوران از آثار کندی تاثیر زیادی پذیرفت. راجر بیکن[2] اندیشمند انگلیسی قرن سیزدهم میلادی است.

بعد از اپتیک هندسی، از دیگر کارهای کندی که او را به پیشگامی برتر در حوزه‌ی مفاهیم طبیعی نورشناسی بدل می‌سازد، بررسی علت رنگ‌های قابل رویت در آسمان است؛ آنچه این روزها آن را با پرسش «چرا آسمان آبی است؟» می‌شناسیم. حقیقت این است که حتی تا مدت‌ها بعد او و زمان ابن هیثم کسی به این موضوع توجه درخوری نشان نداده بود. ابن هیثم که مشاهدات خود را براساس بازتاب بیان می‌کرد، علت رنگ آبی آسمان را در اثر وجود ذرات گرد و غبار می‌دانست. برخی محققان این دیدگاه او را متاثر از نظریات کندی می‌دانند. هرچند در مقاله کندی به ذرات غبار اشاره نمی‌شود و کاملا مسئله را با دیدگاه عبور نور از محیط‌های مختلف و ترکیب رنگ‌های آن مطرح می‌کند. کندی علت مشاهده رنگ آسمان را مانند مشاهده چیزی از ورای محیط شفاف رنگی و ناشی از عبور نور از این محیط در نظر می‌گیرد، با این اوصاف در مجموع به‌نظر می‌رسد او در مسیر صحیح اما نه کاملی از درک این مسئله قرار داشت. این موضوع در دوره‌ای که او می‌زیست، بدون داشتن راهنما در این زمینه، نشان از درک عمیق او نسبت به پیرامون خود دارد. دست نوشته‌های اپتیکی کندی حدود ۲۴ مبحث را در برمی‌گیرد و شامل موضوعاتی مانند چگونگی سیر پرتوهای نور در یک خط مستقیم، فرایند دید بدون آینه، روند مشاهده با آینه‌ها، تاثیر فاصله و زاویه دید و همچنین خطاهای دید می‌باشد.

به‌عنوان نکته‌ی آخر این گفتار، می‌توان به این موضوع اشاره کرد که از کندی دو اثر مهم در اپتیک باقی مانده است. اولی کتابی است که متن عربی آن از میان رفته و تنها ترجمه‌ی لاتین آن به جا مانده است. حتی نام آن هم در فهرست ۲۴۲ عنوانی که ابن ندیم از مؤلفات کندی ارایه نموده، نیامده است؛ اما از قراین معلوم است که نامی چون «فی علل اختلاف المناظر» داشته، زیرا ترجمه لاتینی آن چنین نامی دارد. این کتاب، که ترجمه لاتین آن به فی المناظر (De Aspectibus) معروف است، در قرون وسطی و به ویژه پیش از آشنایی اروپاییان با المناظر ابن هیثم، بر تحول علم اپتیک تأثیر عظیمی داشته است. کتاب دیگر کندی در زمینه نورشناسی رساله‌ای به نام «فی تقویم الخطأ و المشکلات التی لأقلیدس فی المناظر» است. البته نام این کتاب نیز در سیاهه‌ی آثار کندی نیامده است و تا این اواخر کسی از وجود آن خبر نداشت؛ تا این‌که رشدی راشد نسخه‌ای از آن را در کتابخانه‌ی مرحوم آیت‌الله العظمی مرعشی نجفی در قم کشف، ویرایش، ترجمه و منتشر کرد. کندی در سال ۲۵۲ هجری قمری از دنیا رفت و اکنون در عین گمنامی در جهان اسلام، ترجمه آثارش به لاتین، از جمله آثار ارزشمند در سیر تحولی علم اپتیک به‌شمار می‌رود.

منابع:

کندی، ابن سینا و مبانی علم مناظر، راسخون، حسین معصومی همدانی، مرداد ۹۶

http://www.muslimheritage.com/article/al-kindi#ftnref32

سایت بنیاد علوم، تکنولوژی و تمدن (FSTC) انگلستان

2 Roger Bacon

بینایی انسان در مقایسه با بینایی حیوانات

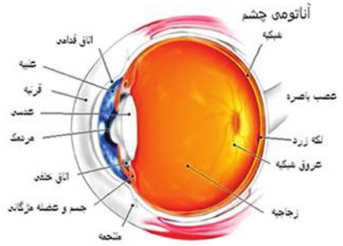
مهنوش غلامزاده
Mahnoosh.Gholamzade@Gmail.Com

ویژه‌نامه دانش‌بنیان • فناوری لیزر و فوتونیک
شماره نهم • تیر ۱۳۹۷
لیزر و فوتونیک

بینایی انسان بیش از میلیون‌ها سال تکامل یافته است. ساختار چشم ما یکی از پیچیده‌ترین ساختارها در همه طبیعت است. چشم ما می‌تواند تفاوت بین هشت میلیون رنگ مختلف را تشخیص دهد. ما در شب بدون ماه نیز می‌توانیم شکل کلی اشیا را تشخیص دهیم. ما رنگ‌ها را به این دلیل می بینیم که در چشم ما سه نوع سلول حساس به نور وجود دارد که نور را در طول روز دریافت می‌کنند. (یک نوع چهارم هم وجود دارد که در شب که نور بسیار کمی برای دیدن وجود دارد کار می‌کند). این سلول‌ها، سلول‌های مخروطی نامیده می‌شوند؛ زیرا برخی از دانشمندان که اولین‌بار آن‌ها را دیدند، فکر کردند که شکل‌شان بسیار شبیه شکل مخروط بستنی است. این سه نوع مخروط هر کدام به یک نوع مختلف از نور واکنش نشان می‌دهند، می‌توانند حساس به نور قرمز، سبز و آبی باشند و هر کدام توانایی تشخیص تقریباً ۱۰۰ سایه مختلف از یک رنگ را دارند. رنگ‌های مختلف دارای مقادیر مختلف قرمز، سبز و آبی هستند. این سلول‌ها به ما کمک می‌کنند که از هر رنگ مقداری را ببینیم و این موضوع به ما یک چشم انداز کاملاً رنگی می‌دهد.

با وجود تفاوت در چشم موجودات، عملکرد آنها بسیار مشابه است. بخش‌های اصلی چشم قرنیه، مردمک، عنبیه، عدسی و شبکیه است. هنگامی که حیوانات به اطراف نگاه می‌کنند، نور بازتاب‌شده از اجسام مختلف از طریق یک لایه‌ی شفاف (موسوم به قرنیه) وارد چشم آن‌ها می‌شود. این نور سپس از میان مردمک که در مرکز چشم قرار دارد، عبور کرده و به این اندام وارد می‌شود.

شکل‌ها و اندازه‌های مختلف مردمک چشم، میزان نور دریافتی را تعیین می‌کند. عضلات شعاعی درون عنبیه (که بخش رنگی چشم است) مردمک را در زمان تاریکی گشاد می‌کنند تا نور بیشتری وارد چشم شود و دیدن در شرایط کم‌نور ممکن باشد. انقباض مردمک به محدودکردن میزان نور ورودی در شرایط پرنور کمک می‌کند. عدسی در پشت مردمک، نور را به بخش پشت چشم (موسوم به شبکیه) متمرکز می‌کند. شبکیه از هزاران نورون حساس به نور ساخته شده است که علائم نور را به علائم الکتریکی تبدیل می‌کنند. این علائم الکتریکی سپس توسط عصب نوری به مغز فرستاده شده و آنچه دیده شده در بخش قشر بینایی مغز پردازش می‌شود.



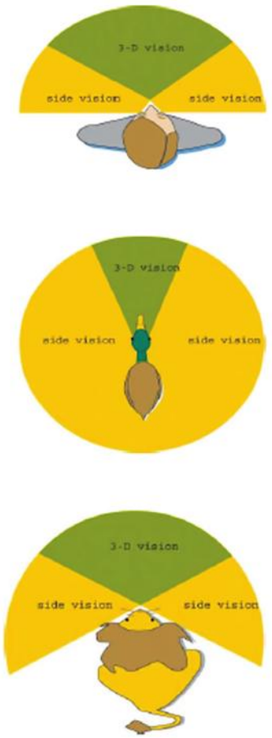
تفاوت چشم موجودات ناشی از موارد زیر است:

- تفاوت در محل قرار گیری در جمجمه (که سبب تفاوت در میدان دید نیز می‌شود.)
- تفاوت در ساختار (اندازه نسبت به جمجمه، داشتن پلک، توانایی حرکت در جهات مختلف و ...)
- توانایی تشخیص رنگ‌ها
- توانایی دید در شب.

تفاوت در محل استقرار چشم‌ها در جمجمه:

محل قرارگیری چشم در حیوانات مختلف متفاوت است. موقعیت چشم‌ها مشخص می‌کند که موجودات چگونه اطراف خود را ببینند. اینکه یک حیوان چقدر می‌تواند بدون آن که سر خود را تکان دهد، اطرافش را ببیند، به عنوان میدان دید آن حیوان معرفی می‌شود. بسته به جایی که موقعیت چشم است، یک حیوان می‌تواند یک میدان دید بزرگ یا کوچک داشته باشد. میدان دید وسیع به حیوانات شکار شونده کمک می‌کند که مراقب شکارچیان باشند. برخی از حیوانات حتی می‌توانند بالای سر و یا پشت سر خود را هم ببینند. انسان از این توانایی برخوردار نیست؛ اما مزایایی هم در چشم انسان وجود دارد و آن این است که چشمان ما در صورتمان قرار دارند. داشتن چشمان درجلوی سر به ما کمک می‌کند تا دید سه‌بعدی داشته باشیم. از آنجا که چشم‌های ما حدود ۵ سانتی‌متر از هم فاصله دارند، هر چشم کمی متفاوت از چشم دیگر می‌بیند. مغز ما این دو صحنه را با هم ترکیب می‌کند و به ما چشم‌انداز سه‌بعدی یا دوچشمی می‌دهد.

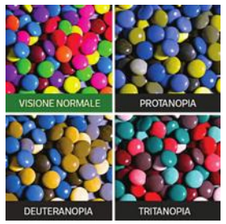
بینایی دوچشمی به ما کمک می‌کند تا عمق را ببینیم به همین دلیل می‌توانیم از پله پایین برویم یا یک توپ را که به سمتمان پرتاب شده است، بگیریم. چشمان ما توانایی چرخش در یک میدان دید حدوداً ۱۸۰ درجه‌ای را دارد.



تفاوت در ساختار چشم‌ها

اکثر حیواناتی که با آنها آشنا هستیم دارای دو چشم هستند. اما بعضی از حیوانات تعداد بیشتری چشم دارند. بعضی از آنها دارای چندین نوع چشم هستند و بعضی هم دارای تعداد زیادی چشم یکسان هستند. به عنوان مثال، عنکبوت‌ها می‌توانند ۸ چشم داشته باشند و ستاره دریایی می‌تواند یک چشم بر روی هر بازو داشته باشد.

بر خلاف چشم انسان که فقط یک عدسی دارد که در وسط چشم قرار گرفته و او را قادر به دیدن می‌سازد، چشم حشرات از تعداد بسیار زیادی چشم منفرد مشابه تشکیل شده است. به این چشم‌ها چشم مرکب گفته می‌شود. چشم حشرات هزاران عدسی کوچک دارد که هر عدسی قسمت کوچکی از تصویر کلی را می‌گیرد و الگو و شکلی شبیه موزاییک درست می‌کند، یک چشم مرکب می‌تواند از ده تا سی هزار قسمت تشکیل شده باشد که بسته به نوع حشره متفاوت است.



انواع کوررنگی

۱.سرخ کوری (protanopia) اختلالی که در آن فرد توانایی تشخیص رنگ قرمز از سبز را ندارد. در این صورت فرد رنگ قرمز را مایل به سبز می‌بیند.
۲.سبز کوری (deuteranopia) اختلالی که در آن فرد توانایی تشخیص رنگ سبز از قرمز را ندارد. شایع ترین نوع کوررنگی است.
۳.آبی کوری (tritanopia) اختلال نادری است که در آن شخص مبتلا، به نور آبی حساس نیست و آبی و سبز را با هم اشتباه می‌کند.

کوررنگی یک بیماری ژنتیکی است که در آن فرد قادر به تشخیص یکی یا برخی از رنگ‌ها نیست.
کوررنگی انواع مختلفی دارد که شایع ترین آن‌ها عدم توانایی در تشخیص رنگ سبز و قرمز از یکدیگر است. بر خلاف تصور عامه، عدم توانایی تشخیص هیچ یک از رنگ‌ها یا دید سیاه و سفید یکی از گونه‌های بسیار نادر کوررنگی است.
توانایی تمیزدادن سه رنگ اولیه، یعنی قرمز، آبی و سبز، از یکدیگر است که باعث دید به‌نجار رنگ‌ها می‌شود.

توانایی دید در شب:

اغلب حیواناتی که بینایی خوبی در تاریکی دارند، چشم‌های بزرگ با مردمک بزرگ دارند. چشمان بزرگ‌تر، می‌توانند نور بیشتری را جمع‌آوری کنند. ساختار خاص چشم‌ها به دید در شب موجودات کمک می‌کند. شبکیه‌ی برخی موجودات دارای سلول‌های مخروطی و استوانه‌ای بیشتری است. افزون بر این، برخی از آن‌ها مانند گربه‌ها و راکون‌ها دارای بازتابنده‌هایی در پشت چشم خود هستند که مقدار نور را دو برابر می‌کند. سلول‌های استوانه‌ای برای جمع‌آوری نور مناسب‌اند؛ اما نمی‌توانند رنگ و جزئیات تصویر را تشخیص دهند. حیواناتی که به‌خوبی در تاریکی می‌بینند، لزوماً بینایی خوبی در روز ندارند. چشم‌ها و مردمک بزرگ می‌توانند نور خورشید را بیش از حد وارد چشم آنها کنند.

توانایی تشخیص رنگ‌ها:

برای دیدن رنگ، انسان‌ها و حیوانات باید حداقل دو نوع متفاوت از سلول‌های حساس به رنگ (که همان سلول‌های مخروطی است) داشته باشند. اگر مغز بتواند پیام‌های دریافتی از این سلول‌ها را درک کند، رنگ را می‌بینیم. مخروط‌ها به ما کمک می‌کنند رنگ و جزئیاتی مانند برگ درخت یا نوشته‌ها را در طول روز ببینیم. این سلول‌ها در تاریکی کار نمی‌کنند؛ به همین دلیل، ما انسان‌ها در شب نمی‌توانیم رنگ‌ها را تشخیص دهیم.

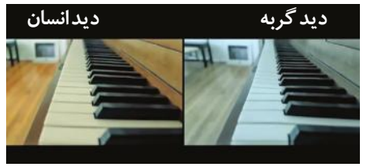
بعضی افراد نمی‌توانند برخی یا همه‌ی رنگ‌ها را ببینند، این شرایط کوررنگی نامیده می‌شود. کوررنگی زمانی اتفاق می‌افتد که برخی از مخروط‌ها در شبکیه درست کار نکنند. در حالی که بعضی از حیوانات نمی‌توانند همان رنگی را که ما می‌بینیم ببینند، برخی می‌توانند خیلی بیشتر و بهتر از ما رنگ‌ها را ببینند. مثلاً پروانه‌ها چهار نوع سلول مخروطی و کبوترها پنج نوع دارند.

اکنون این پرسش مطرح می‌شود که بینایی حیوانات نسبت به انسان چگونه است؟ مقایسه‌ی توانایی‌های دیداری انسان و حیوانات برای کشف شباهت‌ها و تفاوت‌های آنها لذت‌بخش خواهد بود.

بینایی گربه در مقایسه با بینایی انسان

بزرگترین تفاوت بین بینایی انسان و گربه مربوط به شبکیه است. گربه‌ها دارای تعداد زیادی گیرنده‌ی استوانه‌ای و تعداد کمی گیرنده‌ی مخروطی هستند. انسان‌ها برعکس هستند؛ به همین دلیل ما نمی‌توانیم در شب به‌خوبی ببینیم؛ اما می‌توانیم رنگ‌ها را بهتر از گربه‌ها تشخیص دهیم. در مقابل، گربه‌ها توانایی فوق العاده‌ای در دیدن در تاریکی دارند و می‌توانند با استفاده از تقریبا یک ششم مقدار نور مورد نیاز برای بینایی انسان، ببینند.

این تصور غلط، رایج است که گربه‌ها نمی‌توانند رنگ را تشخیص دهند و تنها سایه‌ای خاکستری را می‌بینند. خیر! گربه‌ها می‌توانند رنگ‌ها را ببینند؛ اما نه مانند انسان. گربه‌ها هم مانند انسان دارای سه نوع سلول مخروطی هستند. ولی دید گربه شبیه انسانی است که کوررنگی دارد. آنها می‌توانند سایه‌های آبی و سبز را ببینند؛ اما رنگ‌های قرمز و صورتی می تواند برای آنها گیج کننده باشند.

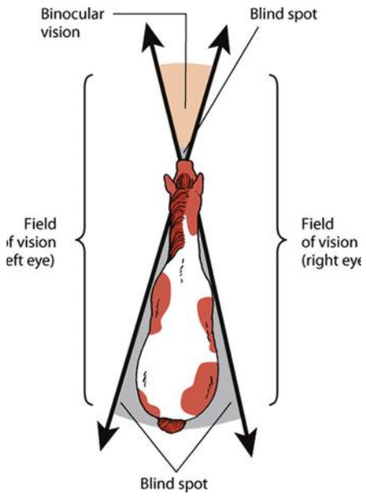


بینایی سگ در مقایسه با بینایی انسان

سگ‌ها عمدتا نسبت به رنگ قرمز و سبز کور هستند. و بر خلاف گربه‌ها، سگ‌ها فقط دارای دو نوع سلول مخروطی در شبکیه‌ی خود هستند و به آنها دید دو رنگه می گویند. دلیل دیگر تفاوت دید سگ‌ها نسبت به انسان، حساسیت کمتر به درخشندگی[1] و تغییرات در سایه‌ی خاکستری است. سگ‌ها در مقایسه با انسان بسیار نزدیک‌بین هستند.

بینایی اسب در مقایسه با بینایی انسان:

اسب‌ها مثل سگ‌ها نسبت به قرمز و سبز کورند. آن‌ها مانند بسیاری از پرندگان، دارای میدان دید ۳۵۰ درجه تک‌رنگ هستند. این به خاطر موقعیت چشمان اسب در سرش است که به این حیوان اجازه می‌دهد تا تقریباً تمام اطراف خود را ببینند.



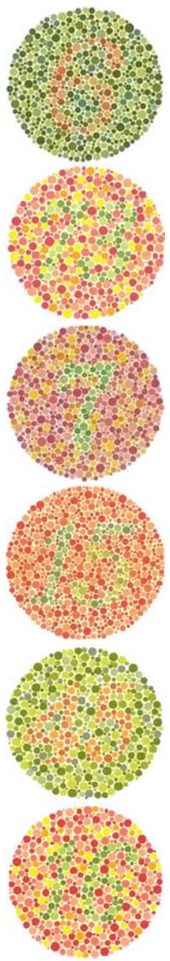
اسب‌ها دارای سلول‌های استوانه‌ای بیشتری نسبت به انسان هستند، که به آنها برتری دید در شب را می‌دهد.

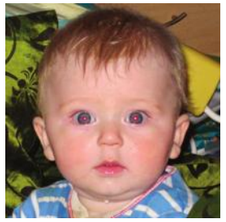
بینایی عقاب در مقایسه با بینایی انسان:

عقاب‌ها و دیگر پرندگان شکاری زمانی که بحث بینایی پیش می‌آید پادشاهان امپراطوری

1 brightness

آزمون‌هایی برای تشخیص کور رنگی در افراد وجود دارد
در تصاویر پایین یک فرد با دید نرمال باید به ترتیب از بالا به پایین اعداد ۶، ۷۳، ۷، ۱۵، ۴۵ و ۱۶ را ببیند





چشم انسان این لایه بازتابنده tapetum lucidum را ندارد این تا حدودی توضیح می دهد که چرا در بعضی از عکس ها چشم افراد قرمز دیده می شود. این قرمزی ناشی از نور فلش است که از مردمک عبور و سبب روشن شدن شبکیه پر از خون در پشت چشم ما می شود. در این حالت مردمک فرصت بسته شدن پیدا نمی کند. ئر بعضی از دوربین های جدید برای کاهش این اثر، فلاش دوبار چشمک می زند و مردمک چشم بعد از بار اول بسته می شود و بار دوم برای گرفتن عکس، نور کمتری وارد چشم می شود.

حیوانات هستند. شبکیه عقاب با سلول‌های مخروطی پر شده و این پرنده دارای میدان دید عمیق‌تری است. چشم این حیوان مانند یک لنز تله بر روی یک دوربین عمل می‌کند؛ لنزهایی که به‌سرعت تغییر شکل می‌دهند. قرنیه‌ی عقاب همچنین توانایی تغییر شکل را برای تمرکز بیشتر بر روی اشیاء نزدیک و دور دارد. به‌نظر می‌رسد که انسان‌ها در یک جهان روشن و رنگارنگ زندگی می‌کنند. اما اگر رنگ‌ها را همان‌گونه که عقاب می‌بیند می‌دیدیم، جهان را با درخشندگی بیشتر و با رنگ‌های بسیار روشن‌تری درمی‌یافتیم.

عقاب‌ها می‌توانند رنگ‌ها را با وضوح بیشتری ببینند، حتی می‌توانند نور ماوراء بنفش را ببینند. بینایی آن‌ها ۴ تا ۸ برابر قدرتمندتر از ماست. عقاب‌ها دارای یک پلک شفاف در چشم خود هستند که هر چند ثانیه یک بار باز و بسته می‌شود و چشمشان را از هر گونه خاک و گرد و غبار پاک می‌کند.

بینایی کوسه در مقایسه با بینایی انسان:

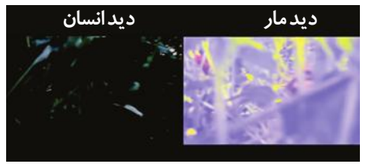
چشم‌های کوسه در تمام اشکال و اندازه‌ها وجود دارد. چشم کوسه و انسان در بسیاری از ویژگی‌ها مشترک است. ساختار ظاهری چشم آن‌ها به‌طور قابل‌توجهی به ساختار ظاهری چشم ما شبیه است؛ به طوری که گاهی قرنیه‌های آن‌ها در جراحی جایگزینی قرنیه انسان می‌شود. با این حال آنها دنیا را سیاه و سفید می‌بینند! کوسه‌ها می‌توانند ارتعاشات الکتریکی را از طریق چشم خود تشخیص دهند. آن‌ها همچنین دارای یک پلک شفاف هستند که به آنها کمک می‌کند تا از چشم خود محافظت کنند. برای دیدن بهتر در آب‌های تاریک، کوسه‌ها یک لایه کریستال‌های آینه‌ای در پشت شبکیه خود دارند. این کریستال‌ها، دیدی ۱۰ برابر دید انسان‌ها در آب شفاف، به کوسه‌ها اعطا می‌کند.

بینایی ماهی‌ها در مقایسه با بینایی انسان:

ماهی‌های آکواریوم تقریبا تمام طیف رنگ‌های UV را می‌بینند. اما در طیف نور مرئی، فقط رنگ قرمز، سبز و آبی را می‌بینند.

بینایی مارها در مقایسه با بینایی انسان:

مارها نمی‌توانند تمام رنگ‌ها را ببینند. آنها در واقع گرما را تشخیص می‌دهند و طیف مادون‌قرمز را می‌بینند. و این بهترین راه برای دید در شب است.



بینایی حشرات در مقایسه با بینایی انسان:

حشرات چشم‌های بیشتری نسبت به انسان دارند. پروانه‌ها دارای چهار چشم هستند، و بعضی از حشرات پنج چشم دارند. با این همه چشم، فکر می‌کنید آن‌ها در دیدن چیزها نسبت به انسان بسیار برتر هستند؟

چشم مرکب حشرات مانند داشتن چشم‌های کوچکی است که به جهت‌های مختلف نگاه می‌کنند، اما هر چشم کوچک به خوبی نمی‌بیند. چشم انسان می‌تواند در هر لحظه فقط در یک جهت بچرخد و فقط یک جهت را ببیند. اما کیفیت دید آن بسیار بالاتر از یک چشم مرکب است. چشم انسان حدود ۱۰۰ برابر بهتر از بهترین چشم مرکب است. بیشتر حشرات تنها می‌توانند نور و تاریکی را ببینند. ولی بعضی از حشرات مثل زنبورها رنگ‌های بیشتری نسبت به انسان می‌بینند.

مگس‌ها می‌توانند نور UV و رنگ‌ها را ببینند و حرکت را با سرعت ۱۲۰ فریم در ثانیه تشخیص دهند. به همین دلیل است که به‌راحتی می‌توانند بسیار سریع‌تر از انسان حرکت کنند.

در قلمرو حیوانات، قدرت بینایی به محیط و تکامل آن‌ها بستگی دارد. دیدیم که بینایی برخی حیوانات به محیط زندگی آن‌ها یعنی هوا و یا دریا بسیار وابسته است و بعضی از آنها نیز ضعف بینایی خود را با حس‌های دیگر جبران کرده‌اند.

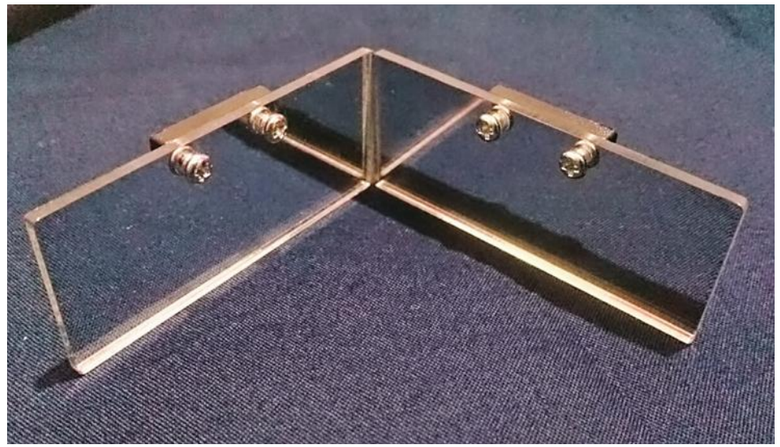
مدرسه فناوری
ACADEMY

راز چشمان گربه

سمیرا کشمیری
samira.keshmiri@gmail.com

آیا تا به حال به این موضوع فکر کرده‌اید که چرا چشمان گربه در شب درخشان به نظر می‌رسد؟ در این مقاله با بهره گیری از یک آزمایش ساده به این سوال پاسخ خواهیم داد.

ویژه‌نامه دانش‌بنیان • فناوری لیزر و فوتونیک
شماره نهم • تیر ۱۳۹۷
لیزر و فوتونیک



شکل ۱

با منسوخ‌شدن روش‌های کلاسیک اندازه‌گیری مسافت و جایگزینی فاصله‌یاب‌های الکترونیکی، بازتابگرها (reflector) جایگاه ویژه‌ای در تکنولوژی پیدا کردند. بازتابگر وسیله‌ای است که شبیه چشم گربه عمل می‌کند.

در یک فاصله‌یاب امواج الکترومغناطیس به‌سوی یک بازتابگر انتشار می‌یابد و بازتابگر بلافاصله بازتاب امواجی را که از محیط اطراف جمع شده‌است، به طرف دستگاه اندازه‌گیری ارسال می‌کند. طول‌یاب مبتنی بر زمان رفت و برگشت نور می‌تواند فاصله مورد نظر را محاسبه کند. همچنین قرار داشتن لایه‌های بازتاب‌کننده روی اشیای مختلف این امکان را برای رادارها فراهم می‌کند تا با دریافت امواج بازتابش هدف مورد نظر را شناسایی کنند.

پرده درخشان

چشم بعضی از حیوانات، نظیر گربه‌سانان که نیازمند دید قوی در شب هستند، مجهز به لایه‌ای پرده مانند به نام (تاپتیوم لوسیدیم) است. اگرچه این لایه در چشم تعداد زیادی از گوشت‌خواران مشاهده شد، اما چشم انسان فاقد چنین لایه ای است.

این پرده باعث می‌شود نور مریی پس از عبور از شبکیه دوباره به درون محیط شبکیه بازتابیده شود؛ درواقع این پرده چشمان این موجودات را به یک آینه منعکس کننده تبدیل می کند.

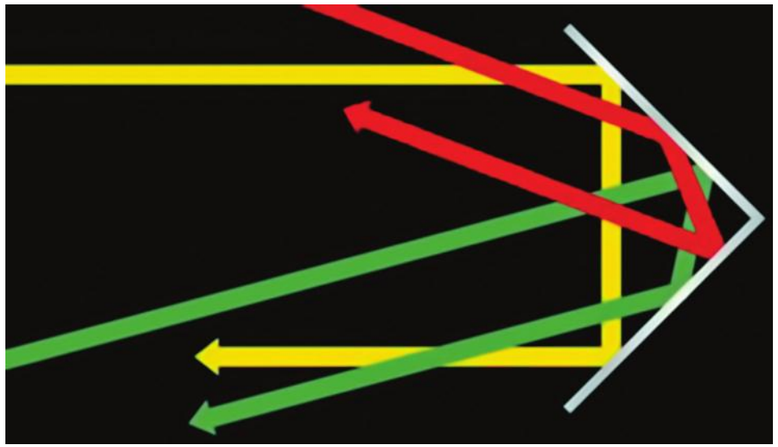
دراین‌حالت نوربسیار ضعیفی کافی است که گربه بتواند بر روی دیوار راه برود و یا حتی بدود. برای درک بهتر این قضیه فرض کنید فوتون‌های نوری که از لابه‌لای سلول‌های شبکیه رد می شوند و جذب سلول‌های گیرنده نوری نمی‌شوند، به این لایه برخورد کنند. این لایه مثل یک آینه عمل می کند و فوتون‌های نوری را منعکس می کند. فوتون‌های منعکس‌شده جذب سلول‌های گیرنده می‌شوند . پس تا اینجا نتیجه گرفتیم که سلول‌های گیرنده شبکیه گربه نه تنها فوتون‌هایی را که مستقیماً برخورد می کنند جذب‌می کند بلکه فوتون‌های منعکس شده را نیز جذب می کند، پس کارآیی این چشم در نورهای بسیار ضعیف خیلی بالاست. از طرفی چشمان گربه کارآیی دیگری هم دارد. اینکه در نور ضعیف مردمک آنقدر باز می‌شود که قطر مردمک با قطر عنبیه برابر می‌شود. در این‌موقع است که ما می‌توانیم درخشندگی شبکیه گربه را ببینیم.

شبیه سازی چشمان گربه

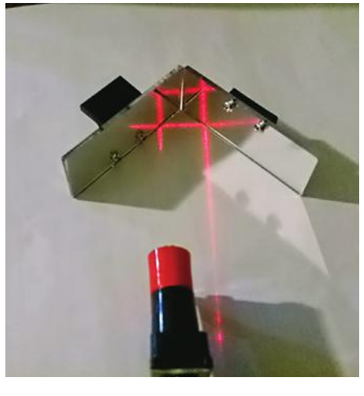
آنچه برای این آزمایش نیاز دارید:

- سه آیینه تخت
- یک عدد لیزر جیبی (نشانگر یا پوینتر لیزری)
- پودر تالک

برای شروع آزمایش نحوه عملکرد چشمان گربه، دو آیینه تخت را با زاویه ۹۰ درجه نسبت به هم قرار می دهیم. سپس، نور لیزر را به یکی از آن‌ها می‌تابانیم (شکل ۱). برای مشاهده‌ی مسیر حرکت نور لیزر، آزمایش را در محیط تاریک انجام دهید و کمی پودر تالک را در فضای اطراف اشعه



شکل ۲



کاورهای شبرنگ کارگران شهرداری که در شب درخشان دیده می شود.

نور پراکنده کنید تا مسیر حرکت نور به خوبی قابل رویت باشد.

شما می‌توانید به جای پودر تالک از کمی پودر گچ استفاده کنید. حتی ایجاد کمی دود غلیظ اسپند در اطراف اشعه لیزر نیز می‌تواند در جهت‌یابی و مشاهده بهتر مسیر حرکت نور مفید باشد .اکنون می‌توانید ببینید که بازتاب نهایی نور از آیینه دوم چگونه است. به شکل ۲ نگاه کنید.

بازتاب نور در دو آیینه عمود برهم

همانند آنچه در شکل ۳ می‌بینید، وقتی نور به دو آیینه عمود برهم برخورد می کند، بازتاب نهایی نور، موازی پرتوی تابش بوده و به سمت منبع نور تابشی برمی‌گردد.

تکمیل فرایند آزمایش

حال باید حالت پیشرفته‌تری را در نظر بگیریم. این بار مطابق شکل سه آینه را به‌هم عمود کرده (مطابق شکل ۴) و به آنها پرتوی نور را می‌تابانیم. آینه‌های عمود بر هم توانایی برگرداندن نور به سمت منبع ارسال نور را دارند.

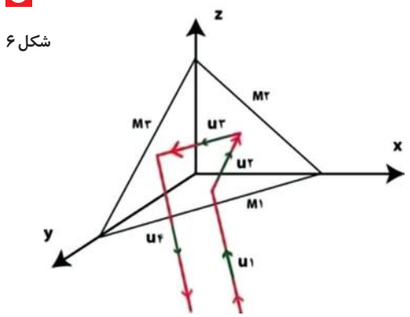
شکل ۳ - دو آیینه عمود برهم

شکل ۴ - سه آیینه عمود برهم

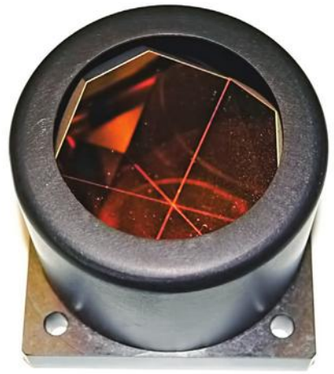
آزمایشگاه فناوری مخابرات کوانتومی با هدف انتقال امن اطلاعات روز چهارشنبه ۳ مردادماه جاری با حضور دکتر منصور غلامی وزیر علوم تحقیقات و فناوری، دکتر سورنا ستاری معاون علمی و فناوری رییس جمهور، دکتر علی اکبر صالحی معاون رییس جمهور و رییس سازمان انرژی اتمی ایران و جمعی از مدیران و متخصصان حوزه های هسته ای و کوانتومی در مرکز ملی علوم و فنون لیزر ایران در رونمایی شد.

پایگاه اطلاع رسانی فناوری کوانتومی: www.icqts.ir

شکل ۵ - مسیر پرتوها وقتی سه آیینه عمود برهم داریم. پرتو تابش و بازتاب موازی هستند.



شکل ۶



توجه داشته باشید که این اتفاق برای پرتوهای بازتاب هر سه آینه می‌افتد. (شکل ۵)

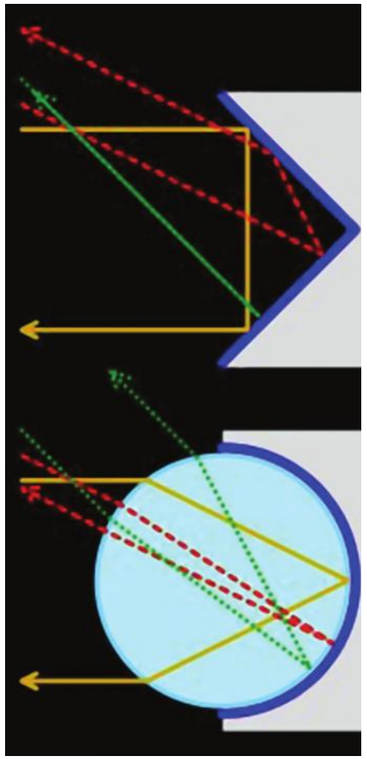
بیشتر بدانید

در چشم برخی از حیوانات مانند گربه ساختار سلولی وجود دارد که از هزاران واحد از آینه های عمود برهم سه‌بعدی تشکیل شده است. چشمان گربه نور یک منبع را به سوی همان منبع بازتاب می کند؛ پس اگر ناظری در مسیر برگشت نور باشد چشمان گربه را درخشان می‌بیند. به‌عبارتی چشم گربه دارای بازتابگر (Retroreflector) است.

بازتابگر وسیله‌ای است که وقتی نوری از جهات مختلف به آن بتابد، به سمت منبع نور منعکس می‌شود. (شکل ۶) این در واقع مشابه همان اتفاقی است که در چشمان گربه رخ می‌دهد. (شکل ۷)

از این نوع انعکاس در برچسب‌های موسوم به شب نما بسیار استفاده می‌شود. از سایر کاربردهای بازتابگرها یا رفلکتورها می‌توان به استفاده آنها در عکاسی، نقشه برداری و رصد ماهواره‌ها اشاره کرد. اخیرا، بازتابگرها کاربردهایی در ساخت وسایلی که باعث نامرئی شدن می‌شود، پیدا کرده‌اند!

شکل ۷ - انواع بازتابگرها



اگر علاقمند هستید در مورد استتارهای نوری و لباس‌های نامریی اطلاعات بیشتری به دست آورید در نسخه های بعدی نشریه این موضوع را دنبال کنید

دریافت نسخه الکترونیک

سفری در دنیای خارق‌العاده نور

در شماره آینده بخوانید...