دانش‌بنیان

لیزر و فوتونیک

ویژه‌نامه علمی، تخصصی، پژوهشی فناوری لیزر و فوتونیک
شماره ۱۰ • مرداد ۱۳۹۷ • ۸۴ صفحه

در گفتگو با دکتر علیرضا بهرام پور

علوم پایه میان‌بری به جهان اول

برشی از تاریخ لیزر

سفر به دنیای خارق‌العاده نور

لزوم استفاده از عینک ایمنی پرتو لیزر

بودن یا نبودن

بسم الله الرحمن الرحیم

امام علی علیه السلام ـ وقتی از ایشان درباره نخستین آفریده خدا سؤال شد ـ فرمود:
نور را آفرید.

بحار الأنوار: ۵۷/۷۳/۴۹

امروز فضای سیاسی و اقتصادی در کشور به گونه‌ای رقم خورده است که اهمیت تمرکز بر تولید و کسب و کار دانش بنیان بیش از پیش احساس می‌شود. داد و ستد در فضای بین المللی در گرو تمایز توانمندی یک کشور در ارائه محصولات و خدمات یک حوزه نسبت به رقباست که منجر به نیاز جامعه جهانی به خدمات آن کشور و عدم امکان حذف آن کشور از بازار مورد نظر خواهد شد. این تمایز با سرمایه گذاری و توسعه زیر ساخت‌های آن حوزه و فراهم نمودن ملزومات توسعه کسب و کار محقق خواهد شد. با توجه به اینکه کشور ما، یک کشور در حال توسعه است، ورود به بسیاری از حوزه‌های فناوری که سابقه‌ای طولانی دارند بسیار زمان بر و نیازمند سرمایه گذاری بسیار کلان خواهد بود و چه بسا با صرف زمان و هزینه بالا نیز توسعه لازم در این

سخن سردبیر

حوزه‌ها اتفاق نیفتد. اما در حوزه‌های نوین مانند فناوری لیزر و فوتونیک، اختلاف فناوری ایجاد شده هنوز به سطحی که غیر قابل دسترس باشد نرسیده است. از این رو سرمایه گذاری بر روی این حوزه‌ها در کوتاه مدت می‌تواند به تولید تجاری و فروش نزدیک شود، و این می‌تواند راهکاری برای برون رفت از محدودیت‌های حال حاضر و ایجاد زیرساخت برای توسعه صادرات غیر نفتی در حوزه‌هایی باشد که دارای ارزش افزوده بالا باشد. تحقق این مهم نیازمند مشارکت همه جانبه دولت و بخش خصوصی برای تکمیل نمودن قطعات پازلی است که نقشه توسعه فناوری لیزر و فوتونیک کشور را نمایان ساخته و ابعاد این فناوری را همگام با فناوری روز دنیا توسعه دهد.

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

معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری
ستاد توسعه فناوری های لیزر و فوتونیک و صنایع الکترونی

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

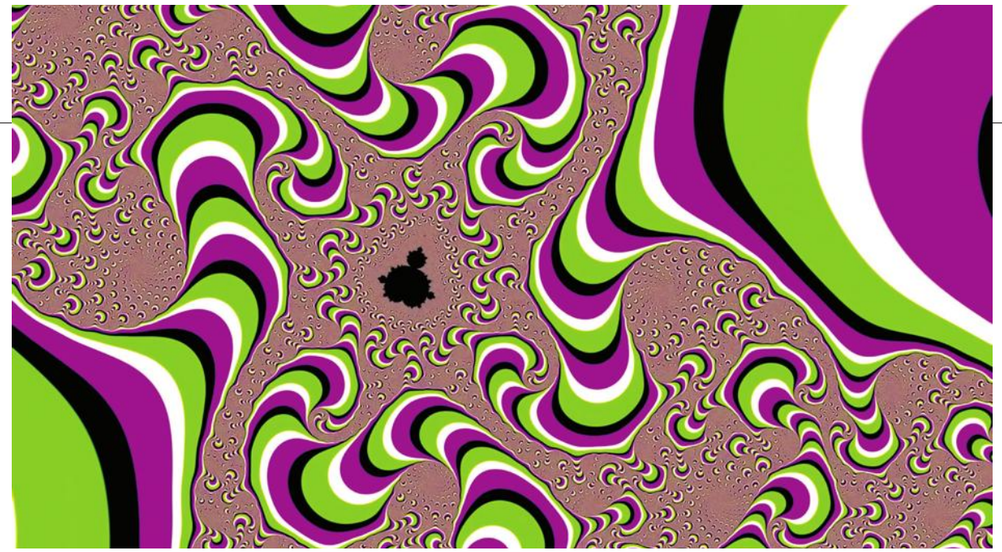
دانش‌بنیان

لیزر و فوتونیک

ویژه‌نامه دانش‌بنیان
فناوری لیزر و فوتونیک
شماره دهم • مرداد ۱۳۹۷

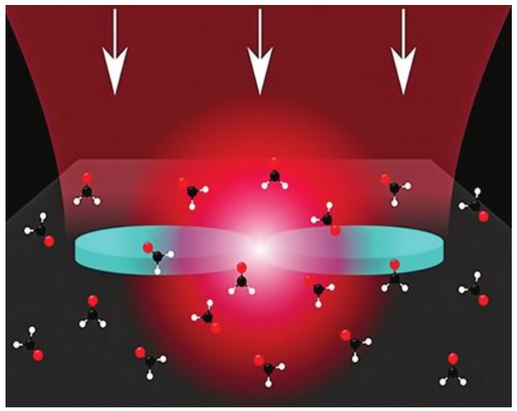
صاحب امتیاز: معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری
مدیر مسئول: سورنا ستاری
سردبیر: پرویز کرمی
جانشین سردبیر: مهدی انصاری فر
دبیر تحریریه: مرضیه کبیری
دبیر علمی: آرین گودرزی
تحریریه، فاطمه کبیری، زهرا متولیان، مهنوش غلامزاده، محمدرضا شریفی مهر، آزاده امیراحمدی، محمد جعفری، مریم فیض پور، زهرا رجب‌لو، سمیرا کشمیری
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: جواد ترکمنی، علیرضا بهرام پور، حامد افشاری، داوود دانایی
تارنما: www.slpm.isti.ir ,www.farhang.isti.ir, www.isti.ir
رایانامه سردبیر: parvizkarami@yahoo.com
رایانامه جانشین سردبیر: m.ansaryfar@isti.ir
تلفن سردبیری: ۰۲۱ ۸۳۵۳۲۱۰۲ ،۰۲۱ ۲۲۱۸۳۱۱۳
دورنگار سردبیری: ۰۲۱ ۸۸۶۱۲۴۰۳ ،۰۲۱ ۲۲۱۸۳۱۱۴
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
برتر در لیزرهای صنعتی کشور ۸
علوم پایه؛ میان‌بری برای رسیدن به جهان اول ۱۴



گزارش REPORT
رویدادهای جهانی لیزر و فوتونیک ۲۰
تصویربرداری از بافت بیولوژیک به‌روش پخش نوری ۲۲

چشم‌انداز VISION
بستری برای همکاری‌های علمی بین‌المللی ۲۸
پهنه‌ی وسیع طول موجی با قله توانی تراوات ۳۲
«اشاره‌گرهای لیزری» ۳۶

لیزرنیوز LASERNEWS
لیزری حساس به بو در حد حس بویایی سگ‌ها ۴۴
نور متمرکز در مقیاس نانومتری روشی جدید برای آشکارسازی مولکول‌ها ۴۶

پیشتازان PIONEERS
سفری در دنیای خارق العاده نور ۵۰

راهنما GUIDE
طیف‌سنجی و تصویربرداری لیزری ۵۸
بودن یا نبودن، مسأله این است! ۶۰

مدرسه فناوری ACADEMY
خطای دید، آیا باید به چشمانمان اعتماد کنیم؟ ۶۸
شعبده‌بازی با علم ۷۸

لزوم برنامه‌ریزی راهبردی در تحقق اهداف اقتصاد دانش‌بنیان

محمدجعفر نظری
مسئول دبیرخانه و دبیر کارگروه سیاست‌گذاری و نظارت راهبردی ستاد توسعه فناوری‌های لیزر، فوتونیک و ساختارهای میکرونی

برنامه‌ریزی راهبردی یکی از ابزارهای لازم برای پیشبرد اهداف اقتصاد دانش‌بنیان با اهرم فناوری‌های راهبردی در کشور است. این ابزار در تراز ملی با ترسیم اهداف سند چشم‌انداز بیست ساله و برنامه‌های پنج‌ساله‌ی توسعه اعمال می‌شود. سند نقشه جامع علمی کشور نیز سندی است که در همین چهارچوب، اهداف راهبردی علمی کشور را با نگاه به اهمیت حوزه‌های فناوری مختلف در دستیابی کشور به شکوفایی همه‌جانبه و استقلال و عزت کشور اولویت‌بندی کرده است. به عنوان بخشی از این زنجیره، اسناد توسعه‌ی فناوری تعیین کننده‌ی چشم‌انداز و مسیر آینده‌ی حوزه‌های فناوری در کشور هستند. این اسناد با محوریت ستادهای توسعه فناوری معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری با مشارکت، نظارت و تصویب نمایندگان وزارتخانه‌های ذی‌ربط و اشخاص کلیدی صاحب‌نظر و ذی‌نفع در حوزه‌های مختلف فناوری تدوین شده و با تصویب در نهادهای عالی فرادستگاهی برای جهت‌دهی راهبردی به این حوزه ملاک عمل قرار می‌گیرند.

در این راستا، سند راهبردی توسعه فناوری‌های لیزر، فوتونیک و ساختارهای میکرونی که شامل بیان ارزش‌های محوری، سیاست‌ها، چشم‌انداز، اهداف کلان، اهداف میانی و دوره‌های زمانی تحقق این اهداف است، با توشیح معاونت محترم علمی و فناوری ریاست جمهوری به نهادهای مرتبط و دارای مشارکت شامل سازمان انرژی اتمی، وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، وزارت جهاد کشاورزی، وزارت صنعت، معدن و تجارت، و وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات ابلاغ می‌گردد.

با توجه به ارزیابی‌های صورت گرفته در ستاد و مراکز مرتبط با فناوری لیزر، کشور ما در این زمینه با وجود جایگاه نسبتاً مناسب در منطقه در مراحل اولیه توسعه فناوری لیزر، فوتونیک و ساختارهای میکرونی و تجاری سازی آن است. بر این مبنا در سند راهبردی سه مرحله در چارچوب سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ برای حوزه لیزر، فوتونیک و ساختارهای میکرونی در نظر گرفته شد:

* دوره اول: توسعه زیرساختی و مقبولیت‌بخشی (۱۳۹۶-۱۳۹۸)
* دوره دوم: اوجگیری در بازار داخلی (۱۳۹۸-۱۴۰۰)
* دوره سوم: جهش و رقابت‌پذیری بین‌المللی (۱۴۰۰-۱۴۰۴)

با توجه به بازه‌ی زمانی سند (چشم‌انداز ۱۴۰۴)، لازم است تا ویژگی‌های مراحل مختلف بلوغ نظام توسعه فناوری لیزر، فوتونیک و ساختارهای میکرونی در کشور در نظر گرفته شود و با توجه به ویژگی‌های مراحل مختلف اهداف، راهبردها و برنامه‌های عملیاتی تدوین گردند. البته پایان هر دوره به معنای اتمام اهداف و مأموریت‌ها در آن بازه زمانی نبوده و ممکن است خروجی‌های یک دوره تا انتهای سایر دوره‌ها نیز ادامه داشته باشد. در هر یک از بازه‌های زمانی تمرکز راهبردها و برنامه‌ریزی‌ها بر روی ارکان کلیدی توسعه فناوری لیزر، فوتونیک و ساختارهای میکرونی از جمله مراکز پژوهشی، شرکت‌های دانش‌بنیان، توسعه‌دهندگان کسب‌وکار، تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان محصولات لیزر، فوتونیک و ساختارهای میکرونی خواهد بود.

بر اساس مشخصه‌های ساختاری و بررسی میزان بلوغ نظام توسعه فناوری لیزر، فوتونیک و ساختارهای میکرونی، این حوزه فناوری در کشور از مرحله‌ی پیش‌توسعه وارد مرحله‌ی توسعه شده است که از ویژگیهای آن میتوان به وجود رشته‌های دانشگاهی، فعالیت شرکتهای دانشبنیان، حضور متخصصان و شکلگیری برخی از شبکهها (مانند شبکه تحقیقات لیزر پزشکی) اشاره نمود. البته باید توجه داشت تمامی این موارد برای تقویت و ساماندهی نیاز به برنامه‌ریزی دارند. از این‌رو، تمرکز اصلی در دوره‌ی کنونی معطوف به سازمان‌دهی ظرفیت‌های موجود، ارتقای کارآفرینی و تجاری‌سازی فناوری، بین‌المللی‌سازی تحقیقات، و تعمیق سطح علمی و فناوری کشور است. برای کمک به تحقق این اهداف، ستاد توسعه فناوری‌های لیزر، فوتونیک و ساختارهای میکرونی به عنوان بازوی معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری و متولی تقسیم کار و نظارت راهبردی، دستیابی به اهداف ترسیم‌شده در سند ملی توسعه فناوری‌های لیزر، فوتونیک و ساختارهای میکرونی را پیگیری نموده و از همه‌ی بازیگران در سطوح مختلف در جنبه‌های مختلف مرتبط با این موضوع دعوت به مشارکت می‌نماید.

گفتگو
INTERVIEW

برتر در لیزرهای صنعتی کشور ۸

۸ برتر در لیزرهای صنعتی کشور
۱۴ علوم‌پایه؛ میان‌بری برای رسیدن به جهان اول

شرکت پرتو پردازش مواد تهران

برتر در لیزرهای صنعتی کشور

زهرا متولیان
z.motevalian@yahoo.com

شرکت پرتو پردازش مواد تهران با هدف پردازش مواد لیزر (laser material processing) در کشور تاسیس شده است. این شرکت در اردیبهشت سال ۱۳۹۴ تاسیس شد. شرکت پرتو پردازش مواد به بخش‌هایی از کاربردهای صنعتی لیزر که تا پیش از آن در کشور کمتر به آن‌ها پرداخته شده‌بود، وارد شده‌است.به‌طور کلی سه‌دسته کار اصلی در شرکت دانش‌بنیان فنی مهندسی لیزر پرتو دانش مواد تهران در حال اجرا می‌باشد. نخست کاربردهای صنعتی لیزر که وظیفه اصلی شرکت است، دوم ساخت لیزرهای صنعتی و ماشین‌های لیزری با توجه به سفارش مشتری و سوم طراحی و ساخت فضاهای اتاق تمیز است. گفتگویی داشتیم با آقای دکتر محمد جواد ترکمنی مدیر عامل شرکت پرتو پردازش مواد تهران در مورد فعالیت‌ها و جایگاه شرکت در صنعت لیزر کشور.

موسسین شرکت پرتو پردازش مواد تهران، آقای دکتر ترکمنی، آقای مهندس ثابتی‌فرد و آقای مهندس لفوتی هستند.
آقای مهندس ثابتی فرد سال‌ها تجربه امور بازرگانی، اداری و قراردادهای مختلف خرید و فروش را دارند. لذا مسئولیت کلیه قراردادها و امور اداری شرکت پرتو پردازش با ایشان است. از طرف دیگر مسئولیت طراحی و اجرای فضاهای اتاق تمیز به پشتوانه‌ی سال‌ها تجربه عملی بر عهده‌ی آقای مهندس ثابتی‌فرد است. آقای مهندس لفوتی تجربیات ارزشمندی در زمینه‌ی طراحی و ساخت لیزرهای حالت‌جامد و لیزرهای فیبری صنعتی و توان بالا دارند. لذا مسئولیت بخش لیزر شرکت با ایشان است. بیشترین مسئولیت آقای دکتر ترکمنی مربوط به خدمات جوشکاری لیزری، ترمیم قالب‌ها، پوشش‌دهی لیزری به صنایع مختلف و بخش‌های تحقیقاتی و دانشگاهی است.

در مورد شرکت پرتو پردازش مواد تهران توضیحاتی بفرمایید؟ این شرکت در چه زمینه‌ای و با چه هدفی تشکیل شد؟

ما از بدو تاسیس شرکت به حوزه‌هایی از کاربرد صنعتی لیزر وارد شدیم که کمتر کسی به آن وارد شده بود. یکی از کاربردهای صنعتی لیزر که در دنیا بسیار پرطرفدار و به لحاظ اقتصادی بسیار مقرون به‌صرفه است، برش لیزری است. برش لیزری در صنعت به‌علت سرعت بسیار بالا و کیفیت بالای کاری بی‌رقیب است. هیچ یک از تکنولوژی‌های رایج به‌لحاظ سرعت و مزیت اقتصادی نمی‌توانند با لیزر رقابت کنند. بعد از برش لیزری که شروع توسعه‌اش از سال‌ها قبل در کشور آغاز شده است، لیزر حکاکی یعنی برش و حکاکی لیزری نیز راه توسعه خود را پیدا کرد. اما کاربردهای دیگر لیزر مانند جوشکاری لیزری (laser welding) و پوشش‌دهی لیزری (laser cladding) همچنان توسعه نیافته باقی مانده‌اند که شرکت پرتو پردازش مواد سعی بر معرفی و خدمت‌رسانی در این زمینه را داشته‌است. از جوشکاری لیزری برای ترمیم و تعمیر قالب‌های صنعتی و پره‌های توربین‌ها استفاده می‌شود که تا پیش از این در کشور به صورت عملی به کار نمی‌رفت و این شرکت در جهت توسعه آن قدم برداشته و نتایج خوبی هم کسب کرده‌است. خوشبختانه شرکت ما به‌لحاظ ایجاد بسترهای دانش و تکنولوژی خوب حرکت کرده است. بخش دیگر از کارهای شرکت پرتو پردازش مواد تهران در زمینه ساخت لیزرهای صنعتی است، مرکز ملی علوم و فنون لیزر از سال‌های قبل ساخت این لیزرها را شروع کرده بود که از سال ۹۴ ساخت بعضی از لیزرهای صنعتی و پزشکی را به شرکت‌های زیرمجموعه خود سپرد. به شرکت ما نیز سپرده شد تا در زمینه لیزر Nd:YAG با پالس بلند، با کاربردهای جوشکاری و پوشش‌دهی لیزری فعالیت کند. یعنی ما لیزرهایی که مرکز ساخته‌بود را با طراحی‌های جدید به‌روزرسانی کردیم و لیزرهای Nd:YAG با پالس بلند، با متوسط توان ۵۰۰ وات و قله توان پالس ۷ کیلو وات را تولید کردیم. از این دست لیزرها تقریبا ۵ عدد ساخته شده است و به مشتریان عمدتا دانشگاهی و تحقیقاتی تحویل شده است. دانشگاه‌های مالک‌اشتر اصفهان، شهیدرجایی، علم‌وصنعت و دانشگاه بابل از ما لیزر خریدند. شرکت پرتو پردازش مواد قرار است بعضی محصولات لیزر فیبری مرکز ملی لیزر را نیز به بازار ارایه کند؛ از جمله لیزر ۱ کیلو وات مرکز ملی لیزر را صنعتی سازی نموده و عملیات نهایی را روی آن انجام داده و تحویل مشتریان داده‌است. به‌همین منوال در بازارهای لیزرهای پیشرفته‌تر مرکز ملی نیز قرار هست همکاری داشته باشیم. از کارهایی که در شرکت پرتو پردازش در حال انجام است، ساخت فضاهای اتاق تمیز (clean room) می‌باشد، ما برای طراحی فضاهای اتاق تمیز از متخصصان مرکز لیزر استفاده می‌کنیم و مراحل

لیزر Nd:YAG پالسی ۵۰۰ وات ساخت شرکت فنی مهندسی لیزر پرتوپردازش مواد تهران مخصوص فرآیندهای جوشکاری لیزری

جوشـــکاری لیزری ظریف خطی انجام شده در کارگاه پرتو پردازش مواد تهران

جوشکاری لیزری یک فرآیند صنعتی مبتنی بر دانش است. نگاه مورد نیاز در این فرآیند براساس کنترل برهم‌کنش لیزر و ماده است. در جوشکاری لیزری باید باریکه‌ی لیزر از ماده مذاب محل جوش فلز عبور کند و ناحیه‌ی زیرین را تحت تاثیر قرار دهد. به‌عبارتی باید به‌این نکته توجه داشـــت که اگرچه جذب از ســـطح اتفاق می‌افتـــد، اما استحکام جوشـــکاری به نفوذ جوش وابسته اســـت. اگر نفوذ باریکه لیزر کم باشد از اســـتحکام اتصال کاسته می‌شود. از طرف دیگر نباید ماده ذوب شده از محل خود حرکت کند و این نیازمند این اســـت که آهنگ تزریق انرژی لیزر و سرد شـــدن بدنه فلز به نحوی باشد که از تلاطم مذاب و پخش شدن آن جلوگیری کند. توجه به این نکات برای این که بتوانیم جوشکاری موفقی داشته باشیم مهم است.

اجرای آن را خودمان توسط مهندسین مختلف انجام می‌دهیم.

آیا لیزرهای صنعتی شرکت پرتو پردازش مواد وارد بازار شـــده‌اندو مراکز علمی و صنعتی از آن‌ها استفاده می‌کنند؟

بله، با وجـــود محدودیت‌هایی که درحال حاضر در عرضه اجناس خارجی به‌وجـــود آمده، فکر می‌کنم علاوه بر مراکز دانشگاهی و تحقیقاتی، مراکز صنعتی هم به سراغ ما خواهند آمد. علت این‌که بیشتر خرید مراکز از محصولات خارجی بوده، قیمت است که من فکر می‌کنم با شرایط فعلی ما شرایط بهتری حتی نسبت به رقبای چینی داشته باشیم.

در مورد ارتباط این شرکت با مرکز ملی لیزر بیشتر توضیح می‌دهید؟

درهر جایی که نیاز به یک پیشینه دانش و فناوری داشته باشیم از فناوری‌هایی که در مرکز توسعه پیدا کرده‌اســـت اســـتفاده می‌کنیم، اما از لحاظ ساختار حقوقی و مالی کاملا مستقل هستیم و این شرکت حقوق و بیمه پرسنلش را از درآمد خودش پرداخت می‌کند.

شـــرکت پرتو پردازش مـــواد از چه بخش‌هایی تشکیل شده‌است؟

شرکت به‌صورت پروژه‌محور فعالیت می‌کند و بسته به پروژه‌ای که در دست اجرا داریم، نیروهای خود را در بخش‌های گوناگون به‌کار می‌گیریم. به‌طور مثال در شرکت ما مهندس برق، متخصص فیزیک، تکنسین فنی و .. فعالیت می‌کنند، وقتی روی پروژه حساسی مانند جوشکاری لیزری یا تعمیر قالب تمرکز می‌کنیم، هر متخصص بخشـــی از دانش و کار صنعتی پروژه را پیش می‌برد. مثلا متخصص برق در بخش منبع تغذیه لیزر و سیســـتم کنترل حرکتی، متخصص فیزیک در بخش قطعات اپتکی و برهم کنـــش لیزر- مواد ، مهندس مکانیک در بخش طراحی بدنه و همچنین ساخت قید و قرار مناسب، و... تمرکز خواهند داشت. علاوه بر موسسین این شرکت. تعداد کارکنان تمام وقت ما در حال حاضر ۶ نفر هســـتند. البته از بیرون شرکت هم بسته به نوع پروژه به‌صورت پاره‌وقت نیرو جذب می‌کنیم.

محصولات شـــما چگونه به مشتریان معرفی می‌شـــوند؟ آیا در نمایشگاه‌های داخلی و خارجی برای معرفی محصولات شرکت حضور داشته‌اید؟

ما دو دوره در نمایشـــگاه‌های ســـاخت ایران که معاونت علمـــی فناوری در ســـال‌های ۹۵ و ۹۶ برگزار کرده‌است، حضور داشته و محصولاتمان را عرضه کرده‌ایم، اما تا کنون در نمایشـــگاه‌های خارجی حضور نداشته‌ایم.

در مقایسه با رقبای چینی خود که از آن‌ها نام بردید، سطح کیفی محصولات خود را چگونه ارزیابی می‌کنید؟

قطعا محصـــولات ما کیفیت بهتری نســـبت به محصولات چینـــی دارد. متاســـفانه نگاه عمده چینی‌ها عرضه ارزان محصولاتشـــان است و این موضوع باعث می‌شود، در خیلی موارد محصولات خود را به کیفیت خوبی ارایه ندهند. در شـــرکت پرتو پردازش مواد قطعه‌ای که درســـت می‌شود باید از لحاظ استحکام و دوام و تحمل فشار، دما و ... کاملا بررسی و بهینه سازی شود و همواره از ابتدای ارایه محصول خدمات پس از فـــروش ارایه داده می‌شود و با خریدار در ارتباط نزدیک هستیم تا راضی باشد. مراکزی که در اثر کار زیاد با لیزرهایی که از شرکت ما تهیه کرده‌اند دچار مشکل شده‌اند وقتی خبر می‌دهند ما فورا آن مشکل را برطرف می‌کنیم. اما شما اگر لیزری اروپایی یا چینی در اختیار داشته باشید این‌چنین خدماتی را نباید انتظار داشته باشـــید. بدیهی است که استهلاک ممکن است برای لیزرهای تمامی شرکت‌ها چه ایران یا اروپا و چین پیش‌بیاید، اما بحث سر این است که با چه هزینه‌ای و در چه مدتی رفع‌نقص می‌شود و ما همواره معتقدیم که نباید کیفیت را فدای ارزان‌تر کردن کنیم چـــرا که ما متعهد به رضایت خریداران هستیم.

آیا می‌توانید با محصولات کشورهای اروپایی یا آمریکا رقابت کنید؟

ما از لحاظ کیفی نمی‌توانیم ادعا کنیم که مانند ژاپن و یا آلمان توانایی ساخت لیزر داریم. به‌هرحال آن‌ها سال‌ها در زمینه لیزرهای صنعتی فعالیت تولیدی داشـــته‌اند و در ابعاد مختلف صنعتشان به‌صورت گسترده از فناوری لیزر استفاده و آن‌را بهینه‌سازی می‌کنند. ما تا حدودی اول راه هستیم و ســـعی داریم تا بهترین خدمات را به مشتریان خود ارایه دهیم و از نتایج آن‌ها برای بهینه‌سازی لیزرهای خود استفاده می‌کنیم.

آیا شـــرکت‌های دیگری که محصولات مشابه را تولید کنند در کشور وجود دارند؟

متاسفانه خیر. در کشور دز زمینه ساخت لیزر تنها ما فعال هستیم. البته شرکت‌هایی در زمینه اتاق تمیز، بیشـــتر از طرف وزارت بهداشت و صنعت داروسازی، در حال فعالیت هستند. لکن کلاس کاری آن‌ها متفاوت با ما است.

چگونه قطعات مورد نیاز محصولات خود را تامین می‌کنید، آیا در شـــرایط فعلی قطعات وارداتی هم دارید؟

بعضا قطعات اپتیکی که لازم داریم مانند لنزها، آینه‌هـــا و .. از مرکز ملی لیزر تهیـــه می‌کنیم. از طرفی امکان ســـاخت یک ســـری قطعات مانند کریســـتال‌های محیط فعال لیزر، قطعات برقی منبع تغذیه وقطعات مکانیکی ... در کشور وجود دارد. بعضی قطعات را هم ناچـــارا از خارج تهیه می‌کنیـــم مثل لامـــپ لیزرهای حالـــت جامد. به‌طور کلی اگر تحریم‌ها نگذارند تا هیچ قطعه‌ای وارد کشور شود، ما می‌توانیم ظرفیت های تولید داخلی کشور را بالا ببریم و نگرانی‌ای از این بابت وجود ندارد.

با شرکت‌های خارجی ارتباطات فنی یا مشاوره علمی و... دارید؟

ما ســـعی می‌کنیـــم از نمایشـــگاه‌های خارجی بازدید کنیم و محصولاتی که آن‌ها ارایه می‌دهند را از نزدیک رصد نماییم و برای ایده گرفتن و ارتقا محصولات خود از آن‌ها اســـتفاده کنیم. ولی در جهت همکاری تابه‌حال تعاملی نداشته‌ایم.

آیا به فکر صادرات محصولات نیستید؟

قطعا به فکر صادرات هم هستیم، اما واقعیت این است که مشکلات زیادی در جهت توسعه وجود دارد، ما باید اول نیاز داخلی را تامین کنیم و بعد به فکر صادرات باشیم. در این راستا باید شرکت از نظر مالی به توانایی اقتصادی خوبی نزدیک شود تا بتواند وارد فعالیت صادرات و بازار خارجی شود، متاسفانه تا به امروز چنین امری امکان‌پذیر نبوده‌است.

چه حمایت‌های مالی دریافت می‌کنید؟

ما به‌جز وامی که در راه‌اندازی شرکت از معاونت علمی فناوری ریاست جمهوری در قالب صندوق زیست‌فناوری دریافت کردیم هیچ حمایت مالی دیگری دریافت نکرده‌ایم. در نمایشگاه ساخت ایران نیز با حمایت از خریدار امکان خرید بهتر از محصولات شرکت‌های‌دانش‌بنیان فراهم می‌شود.

از مشکلات برایمان بگویید؟

ما امیدوار هستیم تا در زمینه‌های مالی به شرکت‌های‌دانش‌بنیان کمک بیشتری شود. یکی از مشکلات ما ترخیص کالا از گمرک است، این موضوع برای شرکت‌های دانش بنیان که از لحاظ مالی قدرتمند نیستند واقعا معضل است. ارزی که ما برای شرکت استفاده می کنیم ارز آزاد است و هیچ محلی برای تامین ارز از بازارهای حمایت‌شده برای شرکت‌های‌دانش‌بنیان وجود ندارد که واقعا برای تامین ارز دچار مشکل هستیم. یکی از مسایل این است که کمتر شناخته شده هستیم، بعضی شرکت‌ها که برای اخذ خدمات فنی مربوط به تعمیر و ساخت لیزر به ما مراجعه می کنند این موضوع را مطرح می کنند.

جوشکاری ظریف، استیل ۳۱۶ با مقطع ۰.۳ میلیمتر

از ایده‌های دانشجویان و یا اساتید برای ساخت دستگاه‌ها استفاده می‌کنید؟

ما با دانشجویان و اساتید ارتباط تنگاتنگی داریم. تکنولوزی پردازش مواد با لیزر در کشور درحال رشد است و بسیاری از افراد به‌دنبال تولید تجهیزات نوین هستند که قطعا در ساخت آن‌ها از لیزر استفاده می‌شود. صنعت کشور ما نسبت‌به کشورهای تراز اول عقب هست و لیزر نفوذی چندانی در صنایع کشور ندارد. به‌عنوان مثال اساتید رشته‌های مختلف مانند مواد، مکانیک و...می‌بینند در مراحل ساخت‌وتولید برخی کارخانه‌های تولیدی، مانند رادیاتورسازی، تجهیزات مخابراتی و... روش‌های قدیمی استفاده می‌شود، درحالی که در بسیاری از کشورهای دنیا روش‌های تولید، پیشرفته و مبتنی بر لیزر است، بنابراین با توجه به دغدغه‌ای که دارند، پروژه‌های صنعتی بر مبنای لیزر برای دانشجو تعریف می کند. شرکت پرتو پردازش مواد به این اساتید و دانشجویان خدمات خوبی از جمله خدمات مشاوره‌ای ارایه می‌دهد، شکر خدا شرکت در این امر موفق بوده است و به دانشجویان و اساتید بسیاری از دانشگاه‌های مختلف مانند تربیت‌مدرس، دانشگاه‌تهران، علم‌وصنعت، امیرکبیر، دانشگاه‌های آزاد، و دانشگاه‌های شهرستان‌ها مثل اصفهان، تبریز، اهواز، همدان، ملایر و ...کمک کرده‌است. در نهایت ایده‌های همین دانشجویان وارد صنعت کشور می‌شود.

در دانشگاه‌ها سمینار و یا کارگاهی برگزار می‌کنید؟

به‌طور معمول خیر، اما به دعوت مراکز علمی و صنعتی سمینارهایی برگزار کرده‌ایم، مثلا در دانشگاه امیرکبیر، بهشتی و ...در مورد کاربردهای روزآمد لیزر در صنعت و یا آخرین دستاوردهای لیزری و ... سخنرانی کرده‌ایم.

به‌علت ارتباط نزدیکی که با اساتید داریم از سوی ایشان پیشنهادات زیادی جهت سخنرانی دریافت می کنیم که اگر زمان اجازه دهد حتما اجرا می کنیم.

فعالیت پژوهشی مجزا در شرکت انجام می‌شود در این راستا در زمینه‌های مختلف هم مقالات ارایه داده اید؟

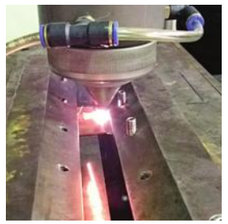
ذات شرکت‌های دانش بنیان پژوهش است و نمی‌توان فعالیت اقتصادی را از پژوهش در این شرکتها تفکیکشان کرد. اغلب فعالیت‌ها هم در زمینه‌های متنوع علمی و فنی و تازه انجام می‌شود، اما هدف مقاله نبوده‌است. در حقیقت در شرکت‌دانش‌بنیان این هدف «گزارش دادن» دنبال نمی‌شود و در اینجا کارهای تک - نه انبوه سازی - با هدف اقتصادی انجام می‌شود.

شرکت پرتو پردازش مواد چه برنامه‌های جدیدی برای آینده در نظر دارد؟

متاسفانه امسال تلاطمات اقتصادی بسیار زیاد است که ما فعلا برنامه‌هایمان را متوقف کرده ایم. سعی بر این داریم که در این شرایط به تعهدات خودمان به‌خوبی عمل کنیم تا اوضاع به یک ثبات برسد. ولی به‌طور کلی برنامه‌هایی برای حرکت به‌سمت توسعه لیزرهای فیبری، روزآمدسازی و توسعه دستگاههای جوشکاری ظریف لیزری (micro welding)و ماشین کاری ظریف (micro machining) داریم.

حرف آخر!

از آرزوهای من توسعه هرچه بیشتر لیزر در کشور و بیشتر شدن شرکت‌های‌دانش‌بنیان در زمینه لیزر است و امیدوار هستم که دولت حمایت‌های خود را در جهت تسهیل کار شرکت‌های‌دانش‌بنیان بیشتر کند.



جوشکاری لیزری ناهمجنس، ورق مس به فولاد به ضخامت ۱.۵ میلیمتر

لیزر جوشکاری میکرو، کوپل به فیبر

در گفتگو با دکتر علیرضا بهرام پور مطرح شد

علوم پایه؛ میان‌بری برای رسیدن به جهان اول

زهرا متولیان
z.motevalian@yahoo.com

علایق پژوهشی دکتر علیرضا بهرام‌پور در زمینه‌های لیزرهای تصادفی، پراکندگی و پراکندگی معکوس در رسانه های تصادفی، اپتیک کوانتومی، لیزر، تقویت کننده های فیبر نوری (تقویت کننده فیبر نوری Erbium و تقویت کننده Raman)، کریستال فوتونی و نانو اپتیک و میکروسکوپ نوری است.

آقای دکتر از سوابق تحصیلی و علمی خودتان بفرمایید.

من سال ۱۳۴۹ دیپلم ریاضی گرفتم و در دانشگاه صنعتی شریف در رشته برق قبول شدم. دوره‌ی فوق‌لیسانس خود را نیز در همین رشته گذراندم. مدرک دکترای خود را در رشته ریاضی از دانشگاه شهید باهنر کرمان اخذ کردم. اما همیشه علاقه‌ی خاصی به فیزیک داشتم. به‌طوری که اولین و آخرین جایی که استخدام شدم و در حال حاضر حضور دارم، دانشکده فیزیک دانشگاه شریف بوده‌است. از حدود ۴۰ سال معلمی و تدریس خود در رشته‌هایی چون برق، ریاضی و فیزیک، عمده آن فیزیک بوده‌است. در فیزیک هم در حوزه نور فعالیت بیشتری داشتم.

نحوه ورود شما به حوزه لیزر چگونه بوده‌است ؟

سال ۵۱ که سال دوم دانشگاه بودم، یکی از اساتید دانشگاه شریف از طریق یکی از دوستانم پیشنهاد کار در زمینه لیزر را دادند. در ادامه سال ۵۲ وارد سازمان انرژی اتمی شدم. در آن زمان دو بخش لیزری در سازمان شکل گرفته بود. یکی از بخش‌ها مرکز تحقیقات کاربرد مواد رادیواکتیو بود. این بخش توسط من و آقای سلطان‌مرادی راه‌اندازی شد. در این قسمت، ساخت لیزر و کاربرد آن در لرزه‌نگاری پیگیری می‌شد. لرزه‌نگاری کاربردهای بسیار وسیعی هم‌چون اکتشاف نفت و معدن‌کاری دارد. به‌همین‌دلیل پروژه‌ای تعریف شده بود که منجربه یک اختراع در حوزه لرزه‌نگاری با لیزر شد. این اختراع به نام من و آقای سخاوت در مرکز ثبت اختراعات فرانسه و آمریکا ثبت شده‌است.

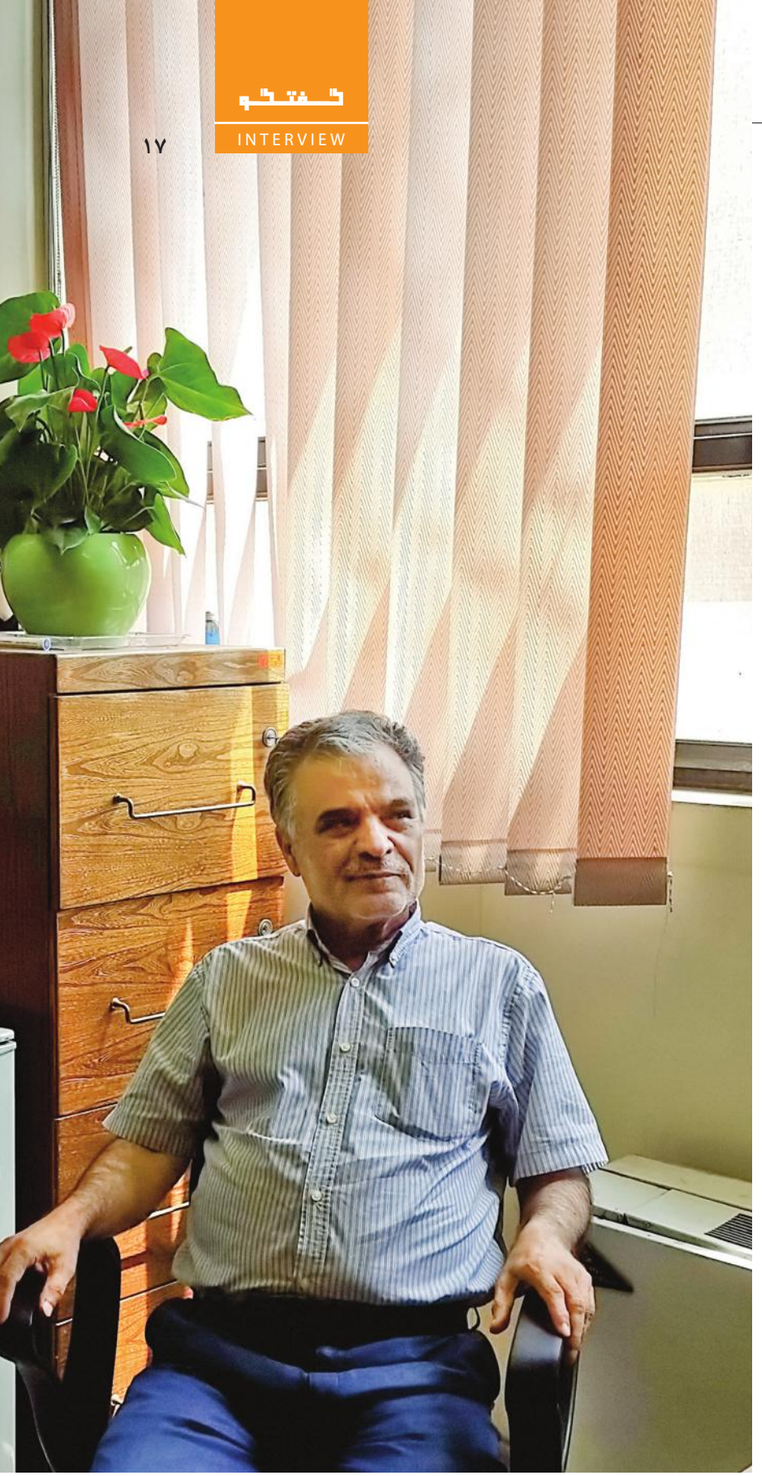
جدا از فعالیتی که منجر به ثبت اختراع شد، لیزرهایی مثل لیزر نیتروژن و لیزر گازکربنیک ساخته شد.

چرا دانشجویان هم‌دوره شما، موقعیت‌های بهتر و بیشتری برای فعالیت در زمینه کاری خود داشتند؟

در دوران دانشجویی ما، واحدی در دانشگاه وجود داشت، که به امور دانشجوها رسیدگی می‌کرد. اگر دانشجویی مشکل مالی داشت، به‌این قسمت مراجعه می‌کرد و دو راه حل به دانشجو پیشنهاد می‌شد. یکی وام بود که از موسسات مالی، وام بدون بهره می‌گرفتند. راه دیگر، پیشنهادهای کاری مختلف بود. این شغل‌های پیشنهادی از معلمی در مدارس مختلف تا فعالیت در سازمان‌هایی مثل انرژی‌اتمی را شامل می‌شد. این کار باعث می‌شد دانشجو برای گذران زندگی از خانواده کمک نگیرد و مستقل باشد. استقلال مالی باعث ایجاد هویت و شخصیت قوی در دانشجو می‌شود. من هم در آن زمان، در مدارس مختلف تهران تدریس دروس مختلفی را به‌عهده گرفتم. یکی دیگر از فواید این کار، این بود که اگر معلم خصوصی به خانواده‌ای از طرف دانشگاه معرفی می‌شد، خانواده‌ها اطمینان بیشتری داشتند و دانش‌آموزان نیز به‌صورت جدی‌تری پیگیری می‌کردند و مشکلات آن‌ها حل می‌شد. البته منظور این نیست که همه آن روش‌ها امروز هم جواب می‌دهند. هر مدیری باید فرزند زمان خود باشد و متناسب با مشکلات آن زمان راه حل پیدا کند.

شما مدتی در مرکز تحقیقات مخابرات مشغول به‌کار و پژوهش بودید. درباره آن توضیح می‌دهید؟

من بعد از اینکه فارغ‌التحصیل شدم در دانشکده فیزیک دانشگاه صنعتی شریف استخدام شدم و تا زمان انقلاب فرهنگی، مشغول تحقیق و تدریس بودم. هم‌زمان با شروع جنگ، به مرکز تحقیقات مخابرات ایران رفتم. موضوع جدیدی که در صنعت مخابرات کل دنیا مطرح شده‌بود، فیبر نوری بود. ما نیز در مرکز تحقیقات دو پروژه را در همین زمینه آغاز کردیم. اولین پروژه ساخت فیبر نوری به‌روش MCVD و دومی، انتقال خط تلفن و تصویر(۳۰کانال صوتی، ۲کانال تصویر و یک فیبر نوری) بین مرکز تحقیقات مخابرات ایران و مرکز تلفن قدس در خیابان امیرآباد بود.



علت اینکه بعد از چندین سال پذیرفتم مصاحبه‌ای داشته باشم، ارائه مطالبی در مورد آموزش و مطرح کردن مسائلی است که علم کشور را به چالش کشیده‌است.

حین فعالیت برای به‌سرانجام رساندن این پروژه‌ها، نیازمندی‌های جبهه‌های جنگ مطرح شد. فرانسوی‌ها موشک‌های اگزوسه به عراق داده‌بودند. این موشک‌ها هوا و دریا را برای ما ناامن کرده بودند. برای کور کردن این موشک‌ها، به‌سراغ ساخت الیاف چف رفتیم. این کار فاصله زیادی با تکنولوژی فیبر نوری نداشت و در همان مرکز تحقیقات مخابرات انجام شد و صنعت تولید الیاف چف در کشور شکل گرفت. به‌عبارت دیگر در کنار کارهای نظامی می‌توان فعالیت‌هایی انجام داد که به‌طور مستقیم برای مردم کاربرد داشته باشد و بالعکس. بعد از انقلاب فرهنگی، به دانشگاه شهید باهنر کرمان رفتم و مدرس دانشکده برق شدم و به‌صورت پروازی به مرکز تحقیقات می‌آمدم و روی پروژه کور کردن موشک‌های اگزوسه کار می‌کردم.

شما تاسیس دانشگاه را نیز در کارنامه خود دارید...

بله. من تا سال ۶۹ استاد دانشگاه شهید باهنر کرمان بودم. بعد از آن به‌درخواست وزیر علوم وقت، آقای دکتر معین به رفسنجان رفتم. به‌درخواست مردم شهر و کمک‌های مالی آن‌ها دانشگاه رفسنجان را تاسیس کردم. بعد از مدتی، از محل درآمد پروژه‌هایی که خودم انجام می‌دادم، آزمایشگاه لیزری راه‌اندازی کردیم. این آزمایشگاه جزء آزمایشگاه‌های خوب کشور محسوب می‌شود. تا سال ۷۹ نیز، ریاست دانشگاه را بر عهده داشتم.

پروژه‌هایتان را بر چه اساسی انتخاب می‌کنید؟ چند نمونه از آن را نام می‌برید؟

اولویت من در انتخاب پروژه، حل مسئله‌ای از مسائل کشور بوده‌است. اما به‌طور کلی علاوه بر فعالیت‌هایی که در سازمان انرژی‌اتمی و مرکز تحقیقات مخابرات داشتم، ساخت فیبرهای فوتونیک کریستالی مورد استفاده در سنسورهای مختلف موردنیاز بسیاری از دستگاه‌های اجرایی، ساخت لیدار برای تشخیص مواد شیمیایی از راه دور و تشخیص تریاک در مواد با لیزر اسپکتروسکوپی برخی از کارهای من بوده‌است. اما در حال حاضر تمرکز بر موضوعاتی مانند مخابرات کوانتومی و فوتونیک است.

جایگاه کشور ما از نظر شما در لیزر کجاست؟ آیا پیشرفت‌های لازم را داشتیم؟

ببینید، لیزر از حدود سال ۱۹۶۰ در دنیا شروع شده‌است. یعنی ۵۸ سال از عمر آن می‌گذرد. آمار و گزارش‌هایی که در دست است، نشان می‌دهدکه بعد از صنعت ترانزیستور، لیزر دومین صنعت و تکنولوژی‌ای است که در همه زمینه‌ها از جمله پزشکی و نظامی کاربرد دارد. اما تاریخچه لیزر در کشور ما به سال ۱۳۵۲ برمی‌گردد. ما حدودا ۱۴ سال از شروع لیزر در دنیا عقب بودیم. خب از این نظر خیلی خوب است که دیرتر شروع نکردیم. اما از این نظر که در این حوزه چقدر خودکفا شدیم و توانستیم نیازها و مشکلات کشور را حل کنیم، چه سهمی از بازار دنیا را داریم و از این رویداد چقدر دانشجویان ما احساس هویت کردند، قابل تحلیل است. این موضوع را هم دانشجویان باید بررسی کنند، هم ما که از ابتدای امر حضور داشتیم باید به پشت سرمان نگاهی بیندازیم. منظورم این نیست که کاری انجام نشده‌است. اما این کارها چقدر همگام با پیشرفت لیزر در دنیا بوده‌است و چقدر کاربردهای آن برای ما مفید واقع شده‌است موضوعی قابل تامل است. یکی از دستگاه‌های اجرایی از چین انتقال تکنولوژی لیزر هلیوم-نئون کرده بود. هم‌زمان با آن دکتر جوان در ایران حضور داشتند. وقتی از موضوع مطلع شدند با بغضی می‌گفتند چیزی که ما اختراع کردیم و برای ماست را چرا باید از چین انتقال تکنولوژی کنیم. از این دست کارها بسیار زیاد بوده و جای نگاهی عمیق به عملکرد دانشگاه و صنعت را می‌طلبد.

در حال حاضر، کمتر از افراد دانشگاهی برای پست‌های اجرایی و حساس علمی استفاده می‌شود. آیا این به‌ضرر کشور نیست؟

در همان‌زمان هم عده‌ای از دوستان با فعالیت اجرایی و مسئولیت داشتن افراد آکادمیک مخالف بودند. به‌طور مثال من می‌خواستم به دانشگاه شریف برگردم که پیشنهاد مدیر عاملی مخابرات کشور به من داده شد. خیلی از افراد مخالف بودند. مخابرات کشور هم اوضاع بسیار نابسامانی داشت. در کل کشور فقط ۸۰۰ هزار گوشی موبایل وجود داشت. اما با تصمیم‌گیری درست و عالمانه جمعی از افراد، برنامه‌ریزی در طی دو سال و نیم و همت بسیار عالی کارکنان مخابرات، زیر ساخت فیبر نوری کشور از ۵ هزار کیلومتر به ۲۸ هزار و ۵۰۰ کیلومتر ارتقا پیدا کرد و به‌کمک آن اکثر مشکلات مخابراتی حل شد. پس این عقیده که در مسئولیت‌های اجرایی از افراد دانشگاهی استفاده نشود می‌تواند باعث شود که کلاه بزرگی بر سر کشور برود.

آقای دکتر، علوم پایه چه نقشی در پیشرفت و حل مشکلات جامعه دارد؟

من دو نکته از صحبت‌های مقام معظم رهبری را در این زمینه برای شما نقل به‌مضمون می‌کنم. ایشان می‌فرمودند، رشته‌های مهندسی مثل پول توی جیبی است ولی رشته‌های علوم‌پایه سرمایه‌گذاری است. همین بخش کوچک ورود به دانشگاه را در نظر بگیریم، اینکه دانش‌آموز پشت کنکوری نداریم خیلی خوب است، اما چون جذب رشته‌های علوم‌پایه بسیار کم شده‌است و ما سرمایه توسعه کشور را از بین می‌بریم، اتفاق ناگواری است. صحبت دیگر ایشان این بود که اگر شما می‌خواهید دنبال جهان اولی‌ها بروید، هر یک قدمی که شما برمی‌دارید آن‌ها ده قدم برداشته‌اند، اما می‌توانید راه میان‌بر بروید و آن راه، علوم‌پایه است. اما متاسفانه، این رشته‌ها در بعضی دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی کمرنگ شده‌اند. این زنگ خطری جدی است. در حالی که کشور مشکلات و نیازهای بسیار زیادی دارد که فقط از طریق علوم‌پایه حل می‌شود. من معتقدم این شدنی است.

دلیل عدم جذب دانشجویان به این رشته‌ها در سال‌های اخیر چیست؟

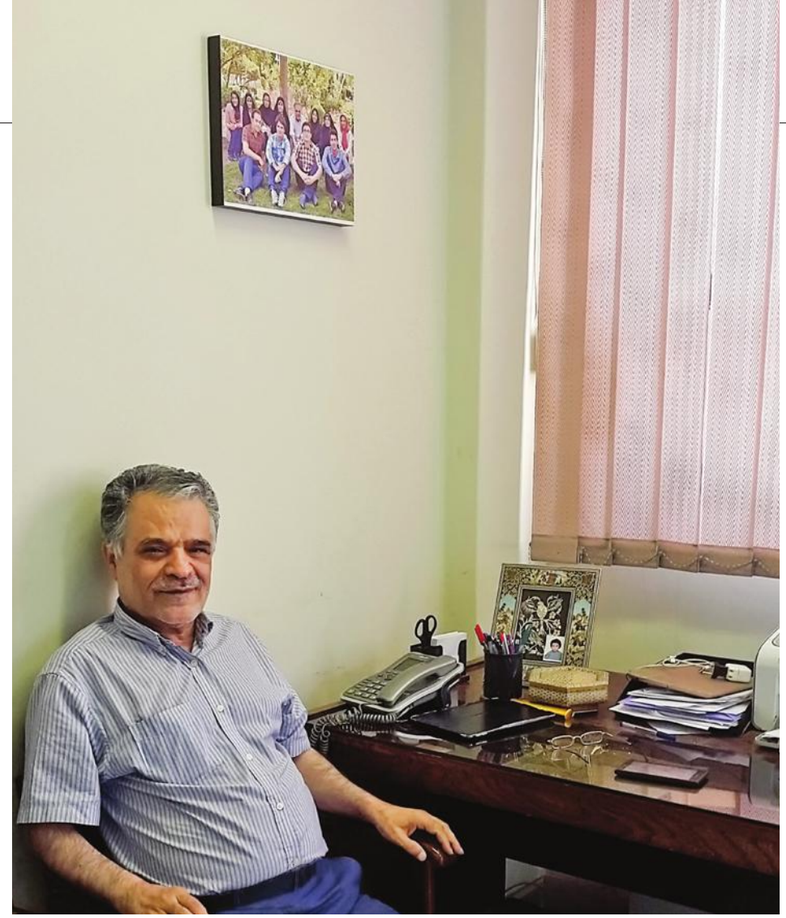
دلیل این موضوع خیلی ساده است. دانشجویانی در رشته‌هایی مثل پزشکی آینده شغلی و درآمد مشخصی دارند. نگران مشکلات معیشتی نیستند. اما در این دست علوم، آینده آن‌ها نامعلوم است. به همین‌دلیل جذب نمی‌شوند. افراد وضعیت زندگی یک استاد پایه پنج دانشگاه را با یک پزشکی که دو سال کار کرده‌است مقایسه می‌کنند. انتظار زیادی است که افراد با این مقایسه به‌سمت علوم‌پایه جذب بشوند. اما بالاخره رشته پزشکی هم ظرفیتی دارد و به‌زودی اشباع می‌شود، ولی نیروی انسانی کشور در این میان از بین‌رفته‌است .

این مسائل از سمت چه نهاد یا ارگانی باید حل شود ؟

اگر نگاهی گذرا به عوامل پیشرفت کشورهای صنعتی بیاندازیم می‌بینیم که در راس آن‌ها جدی گرفتن به‌کار گیری علمای کشورشان در توسعه کشور می‌باشد. راه حل مسایل را در

100

دکتر بهرام پور بیش از ۱۰۰ مقاله ISI داراست



به گفته دکتر بهـــرام پور موضوعی به نام نظریه بـــازی (GameTheory) در ریاضیات وجود دارد که بیشـــترین کاربرد آن در سیاست و اقتصاد است.

دانشـــگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی پیدا می کنند. باید این را باور کنیم که بزرگ‌ترین سرمایه هر کشوری دانشجویان، اساتید و علمای آن کشور هستند. این قشر عمدتا در دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی هستند، بنابراین باید اعتقاد پیدا کنیم که راه حل مســـایل صنعتی،اقتصادی،اجتماعی، فرهنگی، توســـعه‌ای را باید در دانشـــگاه‌ها جســـتجو کنیم. شاید کم‌تر کشـــوری به‌اندازه ما در این زمینه شعار داده باشد، لیکن وقت آن است که این اعتقاد و راه‌های اجرای آن بررسی گردد. یک نگاه کوتاه به مشکل اشتغال فارغ‌التحصیلان گویای بســـیاری از مسائل است. اشـــتغال افرادی که می‌توانند مولد ســـرمایه برای کشور باشند یکی از مسایل جدی شده‌است. ممکن است این تصور وجود داشـــته باشد که دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی ما توانایی لازم را برای حل مسایل و مشـــکلات ندارند. به هر حال، اگر مسایل کشور به‌اندازه کافی به دانشـــگاه‌ها ارجاع داده نشـــود و برای حل آنها پیگیری جدی نشـــود همیشه این ســـخن جای تکرار دارد و این ثروت عظیم کشور مغفول می‌ماند. این مســـأله قابل بررسی و تجزیه و تحلیل اســـت. با نگاهی به برنده شدن دو دوره از جایزه فیلدز توسط ریاضی دانان ایرانی متوجه یک پتانسیل عظیم در دانشـــگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی کشور می‌شویم. نباید از این دست موضوعات غافل شد. به امید روزی که این ثروت بالقوه به‌فعل در آید.

و سخن آخر ...

من سعی دارم پروژه‌ها و پژوهش‌هایی که با صنعت کشور در ارتباط هست را با دانشجویانم پیش ببرم. به‌عبارتی می‌خواهم الگوسازی کنم و نشان بدهم، راه حل‌هایی که بیان کردم همه امکان‌پذیر است و فقط همت اساتید را می‌طلبد.

گزارش
REPORT

تصویربرداری از بافت بیولوژیک به روش پخش نوری ۲۲

۲۰ رویدادهای جهانی لیزر و فوتونیک
۲۲ تصویربرداری از بافت بیولوژیک به روش پخش نوری

رویدادهای جهانی لیزر و فوتونیک

تابستان ۲۰۱۸

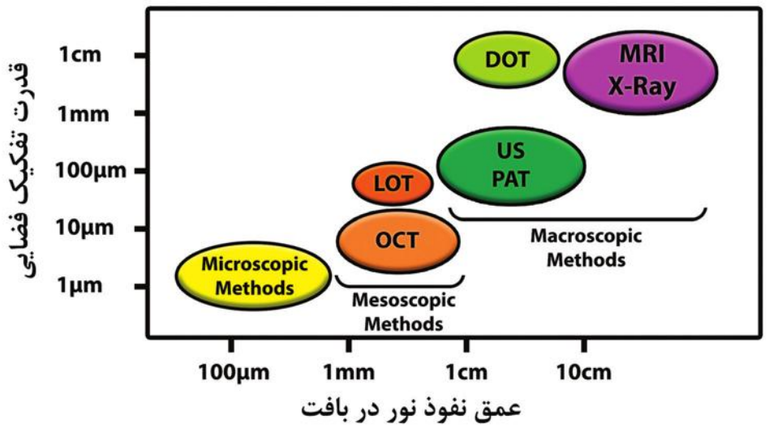
SPIE Optics + Photonics:
19 - 23 August
سن دیگو، کالیفرنیا، ایالات متحده
یکی از بزرگترین گردهمایی‌های بین المللی در زمینه علوم نور و فناوری در آمریکای شمالی است. این نمایشگاه و کنفرانس کلید توسعه تکنولوژی‌های نوآورانه است. سخنرانی در زمینه آخرین تحقیقات در مورد مهندسی نوری، برنامه‌های کاربردی، فناوری نانو و فوتونیک آلی برگزار می‌شود. راه‌های حفظ محیط زیست، درک و توسعه فناوری‌های فوتونیک جدید و بحث در رابطه با برنامه‌های در حال ظهور از دیگر مباحث این گردهمایی است

آزمایشگاه تصویربرداری نوری، پژوهشکده لیزر و پلاسما، دانشگاه شهید بهشتی

تصویربرداری از بافت بیولوژیک به‌روش پخش نوری

محمدعلی انصاری
m_ansari@sbu.ac.ir

در این نوشـــتار به‌صورت اجمالی، اصول روش تصویربرداری پخش نـــوری (Diffuse Optical Tomography:DOT) و کاربردهای آن در حوزه تصویربرداری پزشکی بررسی شده‌است. درواقع با ایـــن روش تصویربرداری می‌تـــوان تغییرات مکانی و زمانی جاذب‌های نور مانند آب، ملانین و یـــا ســـاختارهای شـــیمیایی درون رگ‌های خونـــی را اندازه‌گیری کرد و ســـپس به‌کمک الگوریتم‌های بازسازی تصویر، نقشه سه‌بعدی تغییرات جذب نور درون بافت را ترســـیم نمود. از آنجاکـــه معمولاً در محل تومـــور و یا نزدیک رگ‌های خونی، میزان جذب پرتو و اکســـیژن رسانی خون، متفاوت از محیط پیرامونی است می‌توان محل تومور (و یا رگزایی اطراف تومور) و ابعاد آن را در نقشه جذبی مشخص نمود. تاکنون از این روش بـــرای تصویربـــرداری تومورهای ســـرطانی در نمونه‌هـــای حیوانی و انســـانی و همچنین بررســـی تورم مفاصل و در سال‌های اخیر نیز برای تصویربرداری فعالیت‌های مغزی بهره‌برداری شده‌است. هزینه کم، سرعت بالای پردازش نتایج، پرتو غیریونیـــزان و قابل حمل بودن از مزایای این روش نســـبت به‌روش‌های دیگر تصویربرداری به‌شمار می‌رود.

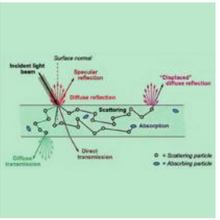


در گذشـــته برای تصویربرداری از سلول‌ها و یا برش‌های نازک نمونه‌هـــای بیولوژیک فقط از شـــدت نور استفاده می‌شـــده ولی شرکت‌های صاحب نام در سال‌های اخیر، از خواص موجی نور مانند قطبش و همدوســـی نیز در ســـاخت میکروسکوپ‌های مختلف اســـتفاده کرده‌اند. میکروســـکوپ‌های قطبشـــی و دســـتگاهای تصویربرداری مبتنی بر تداخل‌سنجی نور[1] که برای تصویربرداری شـــبکیه، پوست و مجاری قلبی استفاده می‌شوند از این خانواده هستند.

می‌توان روش‌هـــای نوری را بر اســـاس قدرت تفکیک فضایی و عمق نفوذ دســـته بندی کرد. منظور از قدرت تفکیک فضایی، توانایی افتراق دو نقطه مجـــاور هم در یک صفحـــه افقی (و یا عمودی) اســـت. یعنی هرچه قـــدرت تفکیک فضایـــی بیشـــتر شـــود توانایی ســـامانه برای جداسازی نقاط نزدیک به یکدیگر بیشتر خواهد بود. ازطرفی، میزان نفوذ نور در بافت به عوامل مختلفی مانند طول مـــوج، غلظت جاذب‌های موجـــود در محیط و ... بســـتگی دارد و معمولاً

1 Optical Coherence Tomography (OCT)

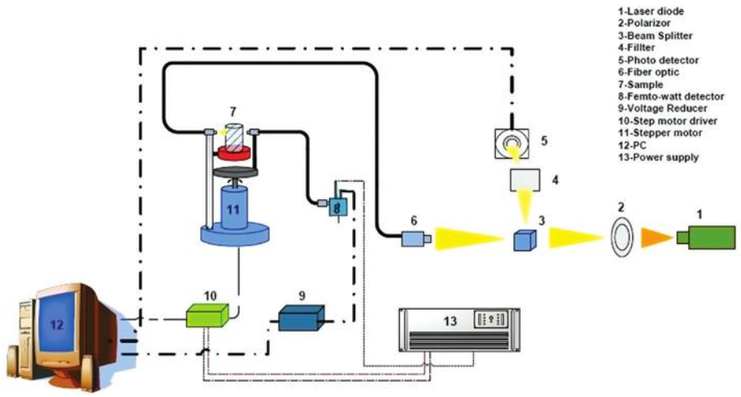
دکتر محمد علـــی انصاری در ســـال ۱۳۵۹ در شـــهر اهواز به‌دنیا آمد و در سال ۱۳۷۷ از دبیرستان شیخ انصاری در رشته ریاضی فیزیک فارغ التحصیل شد. به‌دلیل علاقه وافر به درک چیستی فرآیندهای طبیعت، برای ادامه تحصیل، رشته فیزیک دانشگاه امیرکبیر را انتخاب کرد. تحصیل در دانشـــکده فیزیک و بهره‌مندی از محضر اســـاتید باتجربه سبب شد تا به دانش نور و لیزر علاقه‌مند شده و به‌عنوان دوره تحصیلات تکمیلی، در اولین دوره کارشناسی ارشد فوتونیک در پژوهشکده لیزر و پلاسمای دانشگاه شهید بهشتی مشغول به تحصیل گردد. ایشان مقطع کارشناسی ارشد و دکترای تخصصی را در آزمایشـــگاه لیزرهای پالس کوتاه گذرانده و در سال ۱۳۸۸ فارغ‌التحصیل شـــدند. دکتر انصاری از سال ۱۳۸۹ تاکنون به‌عنوان عضو هیئت علمی در پژوهشـــکده لیزر و پلاسما در زمینه تصویربرداری نوری و با راه‌اندازی آزمایشـــگاهی با همین عنوان مشغول فعالیت هستند.



نمای کلی فرآیندهای مختلف در برهمکنش فوتون با بافت‌های زیستی. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، مخروط‌های پخش نور خروجی از بافت (عبوری یا بازتابی) که در روش تصویربرداری پخش نوری مورداستفاده قرار می‌گیرند، حاصل پراکندگی چندگانه پرتو درون بافت می‌باشند.

یک تناسب بین این دو کمیت وجود دارد یعنی هرچه قدرت تفکیک فضایی بیشتر شود عمق نفوذ نور کمتر شده و اطلاعات عمقی از دست خواهند رفت. در شکل زیر به‌صورت شماتیک به مقایسه این دو پارامتر در روش‌های مختلف تصویربرداری در بافت پرداخته شده‌است و روش پخش نوری (DOT) با روش‌های فوتوآکوستیک (PAT) تصویربرداری لایه‌ای (LOT) و دیگر روش‌های مرسوم مانند تصویربرداری به‌کمک اشعه ایکس و تصویربرداری تشدید مغناطیسی (MRI) مقایسه شده‌است.

همان‌طور که در شکل بالا دیده می شود این روش‌ها به سه دسته میکروسکوپی، میانه و ماکروسکوپی تقسیم می شوند. روش تصویربرداری پخش نوری[۲] (به‌عنوان یکی از روش‌های ماکروسکوپی) با قدرت تفکیک کمتر از یک سانتیمتر و حداکثر تا عمق سه سانتیمتر کارایی دارد. در این تصویر، روش‌های تصویربرداری بااستفاده از میکروسکوپ‌های هم کانون، قطبشی و غیره نیز با عنوان کلی میکروسکوپی در بیضی زرد رنگ نشان داده شده‌است. هر کدام از این روش‌ها دارای مزایا و معایبی هستند و



کاربردهای متفاوتی در حوزه پزشکی دارند.

امروزه از روش‌های تصویربرداری مبتنی بر اشعه ایکس، پرتوهای گاما گسیل‌شده از رادیوایزوتوپ‌ها و یا امواج رادیوفرکانسی برای تصویربرداری از نمونه‌های انسانی و یا حیوانی استفاده می شود. قدرت تفکیک مناسب و عمق نفوذ بالا سبب شده تا امروزه به‌صورت گسترده از این روش‌ها به‌عنوان روش استاندارد تصویربرداری استفاده گردد. اما هزینه بالا و نیز آسیب‌های ناشی از پرتوهای یونیزان سبب شده تا محققان به‌دنبال روش‌های مکمل دیگری مانند استفاده از نور به‌عنوان پرتو غیر یونیزان باشند. به‌علاوه قابلیت جابه‌جایی و هزینه کمتر در استفاده از روش‌هایی مانند روش پخش نوری سبب شده تا گروه‌های مختلفی به‌دنبال امکان‌سنجی استفاده از روش‌های نوری در پزشکی باشند.

روش تصویربرداری پخش نوری، به‌صورت عادی و یا فلورسانس به‌عنوان روش مکمل در حوزه‌های مختلف پزشکی مانند تصویربرداری از بافت پستان، مغز و همچنین تصویربرداری از مفاصل زانو و انگشتان استفاده شده‌است. شاید مهم‌ترین مزیت این روش ارزان بودن و سرعت بالای

2 Diffuse optical Tomography (DOT)

امروزه به‌منظور آشکارسازی دقیق‌تر و سریع‌تر و همچنین اطمینان از تکرارپذیر بودن نتایج در تحقیقات مربوط به‌روش تصویربرداری پخش نوری، از کلاه‌های مجهز به فیبرهای نوری فرستنده و گیرنده سیگنال‌های نوری در اندازه‌ها و شکل‌های مختلف استفاده می‌شود که یک نمونه از آن در این تصویر دیده می‌شود که در آن منابع نوری با رنگ قرمز و آشکارسازها با رنگ آبی نشان داده شده‌اند.

پردازش تصاویر است که سبب شده به‌عنوان «روشی برخط» حین عمل جراحی مورد توجه قرار گیرد، هر چند که تا رسیدن به این مهم، راهی طولانی در پیش است.

در ادامه به‌صورت مختصر به اصول فیزیکی و ادوات مورد استفاده در روش تصویربرداری پخش نوری خواهیم پرداخت و در آخر نیز برخی از نتایج عملی به‌دست آمده از این روش و چشم‌انداز استفاده از آن در حوزه پزشکی بررسی خواهد شد.

اصول روش تصویربرداری پخش نوری

در شکل بالا، چیدمان کلی روش پخش نوری نشان داده‌شده‌است که در آن، نور خروجی از نمونه استوانه‌ای آشکارسازی و سپس پردازش می شود. دراین روش، نور منبع معمولاً به‌صورت آرایه‌ای از فیبرهای نوری به نمونه تابانده می‌شود و در هنگام انتشار در نمونه دچار پراکندگی‌های مختلف می‌شود، سپس شدت پرتوهای خروجی از نمونه توسط آشکارسازهایی که دور نمونه قرار داده شده‌اند، به‌منظور پردازش نهایی جمع‌آوری می‌شوند.

در واقع فوتون‌های خروجی دارای اطلاعات مهمی از تغییرات ضریب جذب در نقاط مختلف نمونه می‌باشند که برای استخراج این اطلاعات، از معادله پخش نور در بافت استفاده می‌شود.

$$\frac{\partial\varphi(\vec{r},t)}{c\partial t}+a\varphi(\vec{r},t)-D\nabla^2\varphi(\vec{r},t)=S(\vec{r},t)$$

در این رابطه، $\varphi(\vec{r},t)$ فلوئنس نوردر مکان $\vec{r}$ و زمان t است. پارامترهای a و D نیز به‌ترتیب ضریب جذب و ضریب پخش نمونه بوده و تابع $S(\vec{r},t)$ توزیع نور دمش را نشان می‌دهد. برای حل این معادله از روش اجزای محدود و پاره‌های مرزی استفاده می‌شود. همان‌طور که گفته‌شد در این روش نقشه جذب نور در نمونه ارائه می‌شود که معمولاً برای انجام این کار از الگوریتم بازسازی تصاویر استفاده می گردد، اما به‌صورت کلی می‌توان گفت که در الگوریتم بازسازی تصویر، ابتدا یک عدد واحد به‌عنوان ضریب جذب به تمام نقاط نمونه نسبت داده‌می‌شود و سپس شدت نور خروجی روی آشکارسازها محاسبه می گردد. این شدت‌های محاسبه شده با مقادیر تجربی مقایسه می شود و هدف اصلی، کمینه‌کردن تفاوت میان داده‌های محاسباتی، φ_j^{cal} و تجربی، $\varphi_j^{measured}$ است که با پارامتر A به‌صورت زیر تعریف می‌شود.

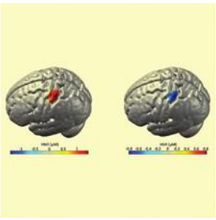
$$A^2=\sum_{j=1}^{m}\left(\varphi_j^{measured}-\varphi_j^{cal}\right)^2$$

با تغییر مقدار ضریب جذب در نقاط مختلف و تا حصول کمترین تفاوت، این روند تکرار خواهد شد و بررسی یکتایی جواب‌های به‌دست‌آمده، از مهم‌ترین دغدغه‌های پردازش داده‌ها در این روش می‌باشد.

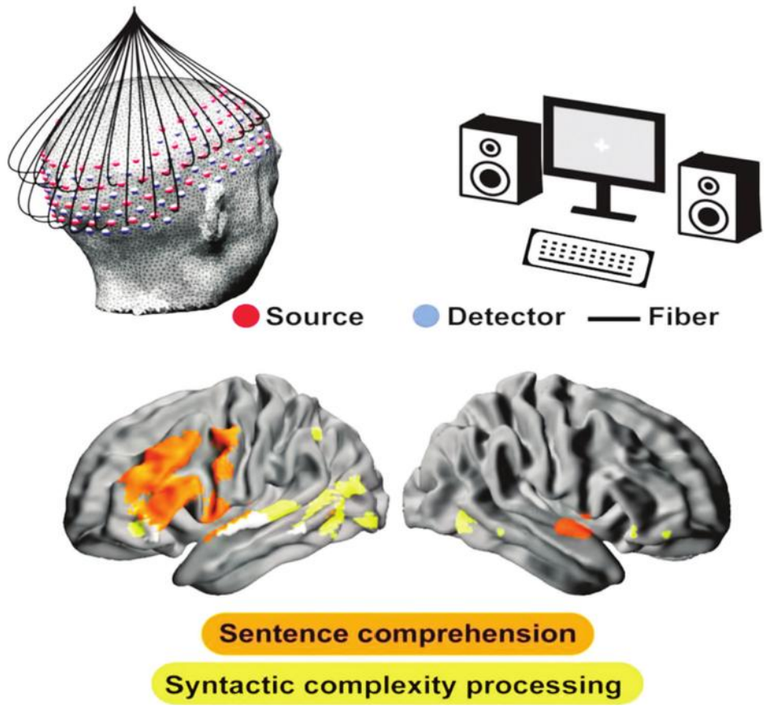
از روش تصویربرداری پخش نوری به‌منظور بررسی کارکردهای مغزی نیز استفاده‌شده که بیشتر آزمایش‌های انجام‌شده دراین زمینه، با هدف مطالعه برروی کارهای شناختی مغز بوده است. به‌عنوان مثال، نمای کلی چیدمان و نتیجه‌ی حاصل از انجام آزمایشات تصویربرداری پخش نوری که در سال ۲۰۱۵ در دانشگاه واشنگتن به‌منظور بررسی فعالیت‌های مغزی حین شنیدن صدای سخنرانی و بررسی میزان تغییرات اکسیژن رسانی در کورتکس مغز انجام شده، درشکل صفحه بعد نشان داده شده‌است.

وضعیت فعلی و آینده این روش

باتوجه به مزایای روش پخش نوری نسبت به‌روش‌های موجود، انتظار می‌رود که در حوزه تشخیص سرطان پستان و بررسی فعالیت‌های مغزی در آینده نزدیک شاهد مقالات بیشتری



تصویر بخش جسمی-حرکتی کورتکس مغز یک فرد بالغ که در آن تغییرات oxyhaemoglobin (HbO) و deoxyhaemoglobin (HbR) در طول انجام آزمایش بااستفاده از روش تصویربرداری پخش نوری به‌صورت سه‌بعدی نمایش داده شده‌است.



در این حوزه باشیم. یکی از مزایای اصلی این روش، قابلیت حمل آن می‌باشد درحالی که امکان جابه‌جایی برای سیستم‌های استفاده کننده از روش‌های دیگر وجود ندارد. به‌همین‌دلیل در آزمایش‌های میدانی که به بررسی بیمار در یک دوره زمانی طولانی مدت نیاز باشد می‌توان از روش تصویربرداری پخش نوری استفاده کرد. اخیراً نیز مطالعاتی روی فعالیت‌های مغزی فضانوردان در فضا و یا اندازه‌گیری تغییرات حجم اکسیژن رسانی به عضلات پا در مسابقات شنا انجام شده که نتایج حاصل از آن حائز اهمیت است.

همچنین استفاده از روش تصویربرداری پخش نوری برای نوزادان و کودکان و یا بیمارانی که از ایمپلنت‌های الکترونیکی مانند دستگاه تنظیم کننده ضربان قلب و یا سمعک استفاده می کنند، کاملاً بی خطر و بسیار ایده آل می‌باشد.

البته این روش دو ایراد عمده دارد ۱) قدرت تفکیک پایین و ۲) عمق نفوذ کم؛ که سبب می‌شود تومورهای عمیق از دید این روش پنهان بمانند. ولی با وجود این معایب، روش تصویربرداری پخش نوری همچنان به‌دلیل ارزان بودن و قابلیت حمل از موارد جذاب تحقیقاتی در حوزه تصویربرداری به‌شمار می‌رود.

همچنین با توجه به بررسی مقالات منتشر شده در این زمینه، مشخص می‌شود که در دو حوزه‌ی پردازش داده‌ها شامل الگوریتم‌های انتشار نور در بافت و نیز ساخت آشکارسازهای حساس و انعطاف پذیر، جای کار زیادی وجود دارد بنابراین تا رسیدن این روش به نقطه اوج خود و رقابت با روش‌های موجود، هنوز زمینه‌های تحقیقاتی فراوانی در پیش است.

چشم‌انداز
VISION

«اشاره‌گرهای لیزری» ۳۶

۲۸ بستری برای همکاری‌های علمی بین‌المللی
۳۲ پهنه‌ی وسیع طول موجی با قله توانی تراوات
۳۶ «اشاره‌گرهای لیزری»

پروژه‌ی XCELS

بستری برای همکاری‌های علمی بین‌المللی

فاطمه کبیری
ftm_kabir@yahoo.com

اعضای شورای مرکز علمی نیژنی نوگراد در مجمع عمومی سال ۲۰۰۹

پروژه XCELS یک زیرساخت پژوهشی عظیم در کشور پهناور روسیه است. مرکز اکزاوات[1] برای مطالعات نوری بی‌نهایت[2] با استفاده از تابش لیزر و با حداکثر قدرت اکزاوات طراحی شده‌است. XCELS، در نیژنی نوگراد[3] یکی از بزرگ‌ترین مراکز صنعتی، علمی، واقع شده که دارای موقعیت جغرافیایی کاملا مطلوب برای توسعه اقتصادی و اجتماعی است. این پروژه در سال‌های اخیر در زمینه ساخت لیزرهای پتاوات[4] با شدتی به اندازه‌ی $10^{22}\ W/cm^2$ و مدت زمان پالس فوق‌العاده کم (بیشتر از ۱۰۰ فمتوثانیه یعنی برابر 10^{-13} ثانیه)، پیشرفت قابل توجهی در روسیه و همچنین در جهان داشته است. هسته‌ی این زیرساخت برای دستیابی به یک منبع منحصر به فرد از نور با قدرتی حدود ۲۰۰ پتاوات طرح‌ریزی شده‌است که توان آن به یک اکزاوات و حتی بیشتر نیز می‌تواند افزایش یابد. فرآیندهای پایه چنین برهمکنش لیزر ماده‌ای متعلق به شاخه جدیدی از دانش است که وظیفه پژوهشی اصلی این زیرساخت را تشکیل می‌دهد. در این پروژه فرصت‌هایی برای مطالعه ساختار فضا-زمان در خلا و پدیده‌های ناشناخته در حدفاصل بین فیزیک انرژی بالا و فیزیک میدان‌های قوی ایجاد شده‌است. کاربردهای موردنظر حاصل از این مطالعات شامل توسعه شتاب‌دهنده‌های ذرات باردار متراکم با اندازه‌هایی صدها بار کوچک‌تر از آنچه که در دسترس است و ایجاد منابعی با پالس‌های فوق کوتاه از اشعه ایکس و گاما برای تشخیص مواد با وضوح زمانی و فضایی بی‌نظیر و توسعه‌ی منابع جدیدی از تابش و ذرات برای برنامه‌های کاربردی بالینی و ... است.

برنامه پژوهشی XCELS شامل این موارد است:

۱. ساخت منابعی از تابش همدوس و غیرهمدوس فوق کوتاه با ثبت روشنایی بالا در محدوده‌ی اشعه ایکس و گاما براساس تابش ذرات باردار فرانسبیتی[5] که در میدان لیزری فوق قوی[6] حرکت می‌کنند. استفاده از این منابع برای تشخیص فرآیندها و ساختارهایی با وضوح زمانی و فضایی پیکومتر است.

۲. توسعه شتاب‌دهنده الکترونی لیزری متراکم چندمنظوره با انرژی بالاتر از ۱۰۰ گیگاوات با استفاده از اصول شتابدهی لیزر-پلاسما برای توسعه‌ی مجموعه‌های پیشرفته شتاب‌دهنده با انرژی ذرات 1-10TeV.

۳. توسعه شتاب‌دهنده‌های یون لیزری فشرده با انرژی 1-10GeV و توسعه برنامه‌های کاربردی آن‌ها در رادیوگرافی و پزشکی.

۴. تولید و تحقیق حالت‌های ویژه‌ی ماده که تحت عمل میدان لیزر فوق‌العاده قوی فرانسبیتی ایجاد شده‌اند و مدل‌سازی پدیده‌های کیهان‌شناسی و اخترفیزیک آغازین در شرایط آزمایشگاهی.

۵. ایجاد منابعی از امواج الکترومغناطیسی در حدود آتو ثانیه (10^{-18} s) ثانیه و مدت زمان زیر آتو ثانیه[7] بر اساس تولید هارمونیک بالا از تابش لیزری و سوپرکانتیوم[8] در یک محدوده طیفی فوق‌العاده در طول برهمکنش غیرخطی پالس‌های لیزری فمتوثانیه قدرتمند با ماده، توسعه روش‌هایی برای استفاده در منابع مشابهی در مترولوژی اساسی و تشخیص پروسه‌های سریع در ماده.

۶. ایجاد یک منبع از تابش الکترومغناطیسی با حداکثر قدرت ۱ اکزاوات(10^{18} وات) بر اساس برهمکنش با پالس لیزرهای مولتی پتاوات با پلاسما در یک سازماندهی فرانسبیتی.

۷. مطالعه ساختار فضا-زمان خلا با بررسی اشعه‌ای با شدت بیش از $10^{25}\ W/cm^2$ و بررسی پدیده‌های الکترودینامیکی کوانتومی در حضور میدان‌های لیزری فوق‌العاده قوی که شامل تولید ماده و ضدماده در اثر تابش است.

۸. پژوهش در زمینه جدیدی از دانش هسته‌ای بر اساس استفاده از منابع ثانویه تابش گاما برای تحریک و تشخیص فرآیندهای داخلی.

توجه جهانی به پروژه XCELS

سازندگان این زیرساخت معتقدند ویژگی‌های منبع تابش XCELS بسیار کارآمدتر از لیزرهای مشابه در جهان و حتی پیشرفته‌ترین آن‌ها مانند زیرساخت اروپایی پروژه مگا ELI[9] است. بدین ترتیب XCELS می‌تواند توجه جهانی در پژوهش را به خود جلب کند و همکاری بین‌المللی گسترده‌ای را در زمینه علوم مدرن و کاربردی با سراسر جهان داشته باشد. مراکز مختلفی به مشارکت با XCELS علاقمند بوده‌اند از جمله می‌توان به وزارت آموزش و علوم فرانسه، مرکز

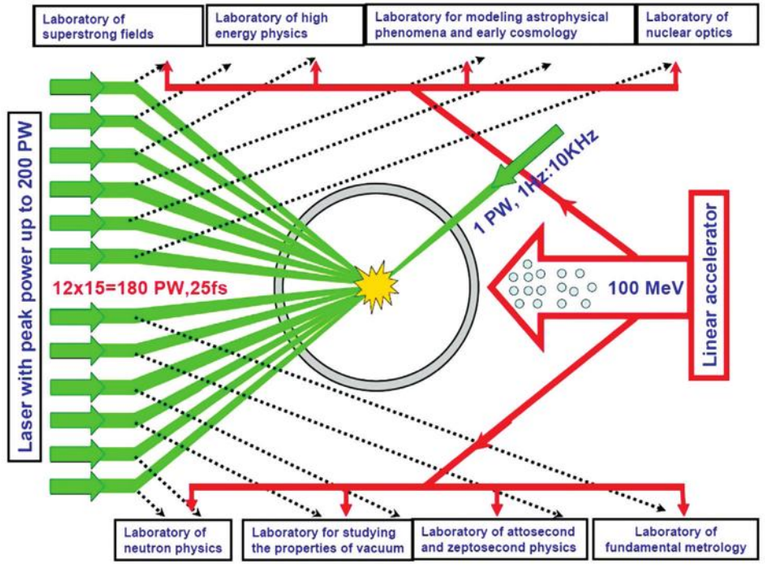
1 Exawatt/ Exawatt=10^{18}W
2 Exawatt Center for Extreme Light Studies (XCELS)
3 Nizhny Novgorod
4 Petawatt = 10^{15} W

5 ultrarelativistic
6 ultraintense
7 sub attosecond
8 supercontinuum

9 mega-project ELI (Extreme Light Infrastructure)

PEARL یک مجموعه لیزری با توان پتاواتی است که بر پایه تقویت پارامتری نور عمل می‌کند و یکی از پرتوان‌ترین لیزرهای جهان به‌شمار می‌رود.

ساختمان موسسه فیزیک کاربردی (IAP RAS) نیژنی نوگراد که میزبانی پروژه XCELS را برعهده دارد.



شکل ۱
طرح کلی کانال‌های لیزر subexawatt ، محفظه اصلی هدف، شتاب‌دهنده‌های خطی و آزمایشگاه‌های تحقیقاتی

یک مجموعه لیزری با نام "PEARL-10" در حال ساخت در IAP RAS که برای پمپ لیزر به‌منظور تقویت پارامتری استفاده می‌شود.

انرژی اتمی فرانسه، آژانس انرژی هسته‌ای ژاپن، آزمایشگاه هسته‌ای اروپا، آزمایشگاه ملی لاس‌آلاموس[10] در ایالات متحده آمریکا، آزمایشگاه رادرفورد اپلتون[11] در انگلستان، مرکز تحقیقاتی آنتی پروتون و نمایشگاه تحقیقات یون[12] در آلمان و ... اشاره کرد. پیش‌بینی شده‌است که سهم اصلی شرکای خارجی، تامین تجهیزات پژوهشی با تکنولوژی پیشرفته‌ی متعلق به مجموعه لیزر و آزمایشگاه‌های تحقیقاتی است که در مجموع حدود ۱۵ درصد از هزینه‌های پروژه است.

پایه زیرساخت XCELS

به‌طور قابل توجهی سطح قدرت تابشی ذاتی لیزر subexawattاز بسیاری از لیزرهای قدرتمند جهانی بیشتر است. این لیزر بر اساس تکنیک تقویت پارامتری پالس چیرپ شده (OPCPA)[13] با استفاده از پارامترهای‌نوری با قدرت پتاوات در موسسه فیزیک کاربردی RAS توسعه یافته‌است. این مجموعه شامل ۱۲ کانال مجزا است که هر کدام یک پالس با انرژی J ۴۰۰-۳۰۰، مدت زمان ۳۰-۲۰ fs، حداکثر شدت را با کانونی کردن شدت بیش از 10^{23} W/cm² تولید می‌کنند(شکل ۱). این کانال‌ها به‌وسیله‌ی طرح تقویت پارامتری در کریستال‌های KD*P با گشودگی آبشارهای نهایی به‌اندازه 30×30 cm² کار می‌کنند.

مدارس علمی پروژه

روسیه دارای مدارس مشهور جهانی در زمینه

10 Los Alamos National Laboratory
11 Rutherford Appleton Laboratory
12 Center for Antiproton and Ion Research FAIR

13 optical parametric chirped pulse amplification (OPCPA)

تحقیقات XCELS است. این مدارس در زمینه‌هایی همچون فیزیک لیزری، فعل و انفعالات تابش الکترومغناطیس قوی با ماده، اندازه‌گیری‌های نوری با حساسیت بالا و فیزیک نظری، در موسسات و دانشگاه‌های بزرگ روسیه فعالیت می‌کنند. فعالیت پژوهشی سه مدرسه علمی در موسسه عمومی فیزیک به کار دانشمندان برجسته و برندگان جایزه نوبل، پوروخورف[14] و باسف[15] بسیار نزدیک است. فعالیت مدرسه اول مربوط می‌شود به فیزیک فعل و انفعالات لیزر- ماده همدوس، روش‌های کنترل فضایی، ویژگی‌های زمانی و طیفی تابش لیزر که به سرپرستی عضو موسسه RAS، پاول پشینین[16] اداره می‌شود. مدرسه بعدی مربوط به فیزیک و تکنولوژی مواد کریستال و نانوکریستال برای فوتونیک که با نظارت آکادمی Vyacheslav Osiko است. و دیگری مواد و اجزای نوری موثر در محدوده‌های طیفی فروسرخ نزدیک و میانی به سرپرستی ایوان شربوکف[17]، عضو موسسه فیزیکی RAS. مدارس دیگری نیز مشغول به فعالیت هستند، مدارسی مانند مدرسه فیزیک نظری و رادیوفیزیک کوانتومی در موسسه P.N.Lebedev و مدرسه اپتیک خطی و کوانتومی فمتوثانیه در دانشگاه ایالتی مسکو که توسط دانشمندانی مانند رم خوکلف[18] و پروفسور سرگی اکمانف[19] تاسیس شده‌است.

همچنین سه مدرسه دیگر در زمینه‌های برهمکنش پرتو الکترومغناطیسی قوی با پلاسما، اپتیک فمتوثانیه، دینامیک غیرخطی سیستم‌های اپتیکی و اندازه‌گیری‌های اپتیکی با حساسیت بالا، میدان‌های نوری فوق شدید[20] و برهمکنش آن‌ها با ماده، گشودگی بزرگ و غیرخطی کریستال‌های اپتیکی، لیزر با میانگین و قدرت پیک بالا و تبدیل پارامتری تابش لیزر فعالیت می‌کنند که تاسیس خود را مدیون دانشمندان بنیان‌گذار موسسه‌ی فیزیک رادیویی نیژنی نوگراد[21]، الکساندر آندرنف[22]، ویتالی گینزبرگ[23] و آندری گاپونوف گرچف[24] برندگان جایزه نوبل هستند.

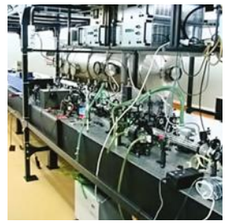
ساخت وبهره‌برداری از XCELS شامل تلاش‌های مشترک یک تیم بزرگ است. مراکز تحقیقاتی و توسعه لیزر روسیه، موسسه فیزیک کاربردی RAS، موسسه مشترک تحقیقات هسته‌ای (JINR)، دانشگاه دولتی مسکو (MSU) و بسیاری از مراکز دیگر در این پروژه همکاری داشته‌اند. علاوه بر پایگاه اصلی، XCELS شامل آزمایشگاه‌های ماهواره‌ای نیز می‌باشد که به تکمیل و توسعه پروژه‌های لیزر subexawatt و برنامه‌های کاربردی XCELS کمک می‌کند. متوسط تعداد کارکنان XCELS ۳۰۰ نفر است، که شامل ۱۰۰ پرسنل مهندسی و فنی و کارکنان اداری و ۱۰۰ دانشمند تمام وقت روسی و ۱۰۰ نفر از متخصصان روسی و خارجی می‌باشد.

بودجه پروژه XCELS

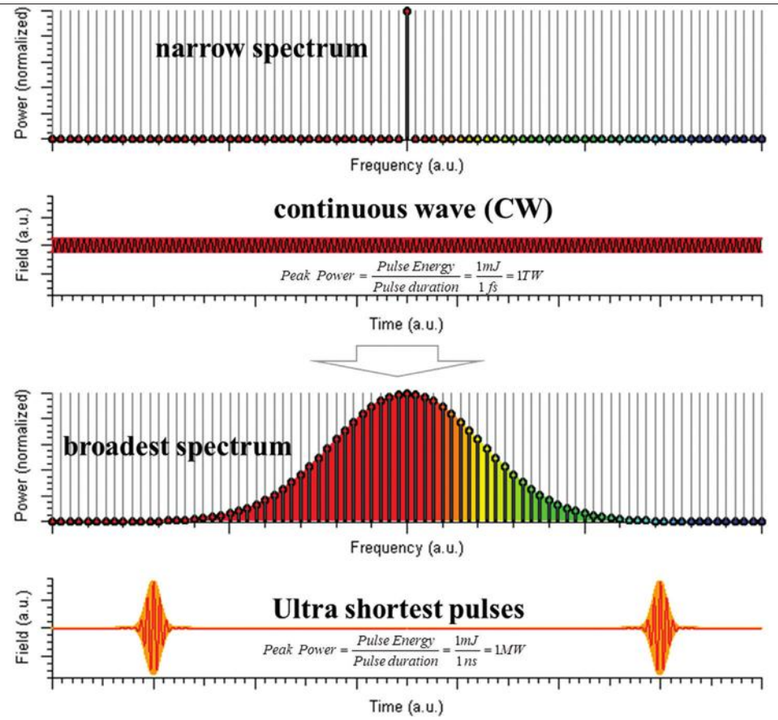
هزینه اولیه این مرکز در حدود ۴۰/۳ میلیارد روبل شامل ۳۲/۲ میلیارد روبل از بودجه دولت، ۶/۱ میلیارد روبل از شرکای خارجی و ۲ میلیارد روبل بودجه اضافی از منابع داخلی تخمین زده شده‌است. با شروع پروژه در سال ۲۰۱۴ امکان ساخت لیزر ۲۰۰ پتاواتی تا سال ۲۰۱۹ پیش‌بینی شده‌است و تحقیقات آزمایشی بعدی تا سال ۲۰۲۳ ادامه خواهد داشت. علاوه بر سرمایه‌گذاری‌های اساسی و بودجه‌های موجود، امکان تاسیس+ مدارس علمی مشهور دنیا و در دسترس بودن محققان و مهندسان معروف از ویژگی‌های ممتاز این طرح ملی کشور روسیه است.

14 A.M.Prokhorov
15 N.G. Basov
16 Pavel Pashinin
17 Ivan Shcherbakov
18 Rem Khokhlov
19 Sergey Akhmanov
20 Ultraintense light fields

21 Nizhny Novgorod
22 Alexander Andronov
23 Vitaly Ginzburg
24 Andrey GaponovGrekhov



قسمت جلو "PEARL-10" و کمپرسورنوری با ۱۱۰ سانتی‌متر قطر و ۵۰۰ سانتی‌متر طول



پهنه‌ی وسیع طول موجی با قله توانی تراوات

زهرا رجب لو
Z_rajablu01@yahoo.com

درک دینامیک‌های فوق العاده سریع پدیده‌های مختلف، نیازمند ابزار اندازه‌گیری با توان تفکیکی زمانی حداقل از مرتبه آن پدیده می‌باشد. پالس‌های فوق کوتاه مهم‌ترین ابزار اندازه‌گیری و مطالعه پدیده‌های فوق العاده سریع در فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی می‌باشند. از طرفی بسیاری از آزمایش‌ها نیازمند منبع تولید پالس‌هایی با طول موج پیوسته می‌باشد. اگرچه تولید هماهنگ‌های متوالی یک منبع، طول موج‌های دیگر را قابل دست‌یابی می کند اما گسستگی آن‌ها نیاز بسیاری از آزمایشات به‌منبعی با طول موج پیوسته کوک پذیر را مرتفع نمی‌سازد. تولید پالس‌های فوق کوتاه با قابلیت تنظیم طیفی پیوسته از مبنای تولید پارامتری نوری(OPG)[1] در یک محیط غیر خطی استفاده می کند. اگرچه بهره تولید پارامتری نوری برای پالس‌های کوتاه بالاست اما در موارد بسیاری نیازمند داشتن توان بالاتری از این پالس‌ها می‌باشیم. لذا تقویت پارامتری نوری (OPA)[2] اولین گزینه برای رسیدن به‌این هدف است.

پیشرفت‌های قابل توجه در لیزرهای فوق سریع و تحولات اخیر در تکنولوژی لیزر در طول سه دهه گذشته چالش‌های بسیاری ایجاد کرده و دستورالعمل‌های جدیدی در اپتیک فوق سریع و فیزیک میدان بالا[3] ترسیم کرده‌است. زمانی که پالس‌های نوری کم دوره[4] تقویت شده در یک نقطه متمرکز شوند شدت بالایی ایجاد می کنند که امروزه به بیش از 10^{22} W/cm^2 رسیده‌است. چنین شدتی حوزه‌های جدیدی از فیزیک مانند اپتیک غیر خطی نسبیتی[5]، تحریک میدان دنباله پلاسما[6]، شتاب ذرات سنگین[7]، احتراق سریع در همجوشی اینرسی واداشته لیزری[8] و موارد دیگر را گشوده‌است. از زمان اختراع اولین لیزر حالت جامد در اوایل ۱۹۶۰، تقویت کننده‌های پارامتری نوری نیز روند رو به رشدی را دنبال کرده‌اند. اولین بار اصول اساسی تقویت پارامتری نوری توسط کرول[9] و کینگستون[10] ارائه شد و چند سال بعد، اولین آزمایش تجربی تقویت پارامتری نوری به انجام رسید.

از جمله عوامل موثر در پیشبرد سریع حوزه OPA می‌توان به رشد کریستال‌های غیر خطی کارآمد شامل سری بورات برای ناحیه مرئی و مادون قرمز نزدیک، کریستال‌های نیمه‌رسانا برای مادون قرمز میانی و مواد به‌طور متناوب قطبیده شده[11] برای مادون قرمز دور اشاره کرد. هم‌چنین افزایش تقاضا از پالس‌های نوری فوق کوتاه در طول موج‌های جدیدی که توسط لیزرهای معمول پشتیبانی نمی‌شوند تحقیقات OPAها را در رده بسیار بالایی قرارداده‌است.

امروزه OPAها فرصت منحصربه‌فردی در تولید پالس‌های فوق کوتاه لیزری ایجاد کرده‌اند. این سیستم‌ها یا برای کوتاه کردن پالس و یا برای افزایش کوک‌پذیری طول موج با روش‌ها و مراحل مختلف بهینه‌سازی می‌شوند و قادرند انرژی پالسی در محدوده میکروژول تا میلی‌ژول ایجاد کنند.

اساس کار

تقویت کننده پارامتری نوری را با بیانی از اپتیک غیرخطی مطرح می کنیم.

هنگامی که یک ماده دی‌الکتریک در معرض میدان الکتریکی خارجی قرار گیرد دو قطبی‌های آن در برهم‌کنش با میدان شروع به نوسان کرده و امواج جدیدی، با شدت و فرکانسی که توسط نوسان دو قطبی تعیین می‌شود، تابش می کنند.

اگر شدت نور فرودی کم باشد رابطه قطبش با میدان الکتریکی به‌صورت خطی $P = \varepsilon_0 \chi^{(1)} E$ خواهد بود.

که $\chi^{(1)}$ پذیرفتاری مرتبه اول بوده و منشاء فرآیندهایی مثل شکست، پاشندگی، جذب و دوشکستی می‌باشد. در نتیجه در محدوده اپتیک خطی، دوقطبی در همان فرکانس موج فرودی نوسان خواهد کرد و فرکانس جدیدی ایجاد نمی‌شود. اما اگر شدت نور فرودی بزرگ باشد، پاسخ قطبش ماده به میدان الکتریکی غیر خطی خواهد بود که از طریق رابطه زیر بیان می‌شود.

$$P = \varepsilon_0[\chi^{(1)}\vec{E} + \chi^{(2)}\vec{E}.\vec{E} + \chi^{(3)}\vec{E}.\vec{E}.\vec{E} + ...]$$

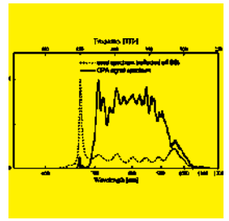
شکل دقیق پاسخ غیرخطی، وابسته به تقارن ساختاری ماده دی‌الکتریک می‌باشد. برای نمونه تولید هارمونیک دوم (SHG)[12] نتیجه بخشی از پاسخ اتمی است که به‌توان دوم میدان نوری اعمال شده بستگی دارد. در این فرآیند دوقطبی‌ها علاوه بر فرکانس فرودی، در محدوده‌ای از فرکانس‌ها که متفاوت با فرکانس فرودی است، نوسان خواهند کرد. این فرکانس‌ها با قانون بقای انرژی تعیین می‌شوند. در رابطه بالا، $\chi^{(2)}$ مسئول فرآیندهایی مثل تولید هارمونیک دوم، تولید فرکانس

1 Optical Parametric Generation

2 Optical Parametric Amplifications
3 High-field physics
4 Few cycle
5 Nonlinear relativistic optics
6 Plasma wake field excitation
7 Heavy particles acceleration
8 Fast ignition in laser-driven inertial fusion
9 Kroll
10 Kingston
11 Periodically poled materials

12 Second- Harmonic Generation

تقویت پالس‌های فوق کوتاه در بازه طول موجی کوک پذیر گسترده near-IR به کمک دو کریستال غیر خطی BBO که در سال ۲۰۰۸ انجام شد. در این آزمایش از باریکه پمپی که توسط لیزر Ti:sapphire تولید شده‌است، استفاده می‌شود. کسر کوچکی از باریکه پمپ (2μj) برای تولید نور سفید پیوسته (سید) به یک صفحه سفایر به‌ضخامت ۲ میلی متر ارسال می گردد. در مرحله پیش تقویت 50μj از باریکه پمپ به کریستال BBO به‌ضخامت 3mm فرستاده شده که باعث تقویت باریکه سید تا 6μj می‌شود. در مرحله تقویت توان نیز کریستال BBO مشابهی به کار رفته‌است که توان سید را به ۲۰۰ میکروژول می‌رساند.



تقویت بازه‌ی وسیع طول‌موجی باریکه سید به کمک فرایند OPA

جمع (SFG)[13]، تولید فرکانس تفاضل (DFG)[14] و اثر الکترواپتیکی پاکلز است.[3]$\chi^{(3)}$ نیز فرآیندهایی مانند تولید هارمونیک سوم[15]، دو پایداری اپتیکی[16]، مزدوج فازی[17] و اثر کر اپتیکی که منشاء فرآیندهای خود کانونی[18] و مدولاسیون خودفازی[19] می‌باشد را ناشی می‌شود.

همان‌طور که اشاره شد نوع فرآیندی که در یک کریستال غیرخطی روی می‌دهد وابسته به نوع کریستال و شدت موج فرودی می‌باشد. در کریستال‌هایی با تقارن مرکزی، مراتب زوج پذیرفتاری نظیر $\chi^{(2)}$ صفر می‌باشند؛ بنابراین برای فرایندهای غیرخطی مرتبه دوم، کریستال‌های بدون تقارن مرکزی موردنیاز است. هم‌چنین ایجاد فرایندهای خودکانونی، مدولاسیون خودفازی و مزدوج فازی توسط لیزرهای پرشدت فوق کوتاه، محتمل‌تر خواهد بود.

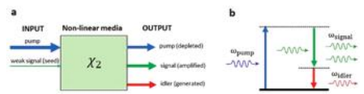
تقویت پارامتری براساس فرایند DFG منجر به تقویت میدان ورودی با بسامد کمتر می‌شود. این فرایند یک اثر غیرخطی مرتبه دوم χ^{2}است که در آن یک باریکه پمپ با فرکانس و شدت بالا (ω_p) باریکه ضعیفی با فرکانس پایین به‌نام سید[20] (ω_s) را تقویت می‌کند. در طی این برهم‌کنش، موج سوم دیگری با فرکانس پایین‌تر به‌نام ایدلر[21] (ω_i) تولید می‌شود؛ به‌طوری‌که قانون بقای انرژی $\omega_p = \omega_i+\omega_s$ برقرار شود. همانطور که از رابطه نیز مشاهده می‌شود متناظر با هر طول موج سیدی می‌توان طول موج ایدلری را به‌دست آورد تا فرایند تقویت پارامتری انجام شود.

به‌این معنی که یک فوتون پمپ برای تولید دو فوتون سید و ایدلر از بین رفته و در نتیجه باریکه سیگنال تقویت می‌شود.

فرایندهای گذار در این برهم‌کنش بر ترازهای مجازی رخ داده لذا طول عمری برای این تبدیل انرژی تعریف

13 Sum-Frequency Generation
14 Difference-Frequency Generation
15 Theird-Harmonic Generation
16 Optical bistability
17 Phase conjugate
18 Self-focusing
19 Self-phase modulation
20 Seed
21 Idler

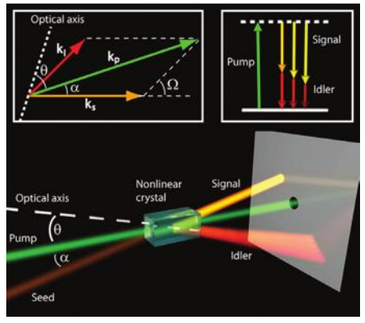
نمی‌شود و فرایند به‌صورت آنی رخ می‌دهد. شکل زیر نمایی از تقویت پارامتری و فرایند تولید فرکانس تفاضل را نشان می‌دهد.



انتقال انرژی در این فرایند بسیار وابسته به برقراری شرط بقای تکانه بین امواج برهم‌کنش‌کننده می‌باشد و بازده بهینه زمانی به‌دست می‌آید که امواج برهم‌کنش‌کننده با سرعت فازی یکسانی در کریستال غیرخطی انتشار یابد.

$$k_p = k_s - k_i \quad \text{or} \quad \Delta k = 0$$

که k_n، بردار موج باریکه‌های پمپ، سیگنال و ایدلر می‌باشد. شرط فوق با عنوان شرایط تطابق فازی شناخته می‌شود و اهمیت بالایی در مطالعه اثرات غیرخطی دارد. هرچند در شرایط عدم تطابق فازی ($\Delta k \neq 0$) هم فرایند پارامتری رخ می‌دهد ولی بازده آن ناچیز می‌باشد. شرط تطابق فازی می‌تواند در هندسه‌ای غیرهم‌خط با ایجاد زاویه‌ای بین باریکه‌های ورودی سید و پمپ نیز برقرار شود که فرایند NOPA[22] نام‌گذاری می‌شود و تقویت بازه‌های وسیع طول موجی از آن‌ها گزارش شده‌است. (شکل زیر)



توصیف کامل‌تر فرایند تقویت پارامتری نوری، مانند محاسبه بهره تقویت، طول پالس به‌دست آمده، پروفایل پالس‌های برهم‌کنش‌کننده و ... نیازمند بررسی انتشار پالس در محیط غیرخطی است که در آن معادلات ماکسول انتشار سه موج برهم‌کنش‌کننده بصورت کوپل شده به‌روش عددی و یا تحلیلی حل می شوند.

مزایا و معایب این فرایند را می‌توان به‌صورت خلاصه بیان کرد:

22 Non-collinear Optical Parametric Amplification

پهنای باند بهره

ویژگی قابل‌توجه تقویت پارامتری، امکان تقویت پالس‌هایی با پهنای باند بالا می‌باشد که برای تقویت پالس‌های بسیار کوتاه مناسب است. باتوجه به هندسه برهم‌کنش، نوع و ضخامت کریستال و هم‌چنین تطبیق فاز بردار موج پهنای باند ایجاد شده می‌تواند از ۱۰۰ THz هم تجاوز کند.

بهره یک‌بار عبور

با وجود کوچک بودن محیط بهره در OPAها، بهره یک‌بار عبور قابل دسترس در آن‌ها بسیار بالا است. این بهره می‌تواند به شش مرتبه از بزرگی برسد.

بارگیری گرمایی

بارگیری گرمایی در محیط بهره این سیستم‌ها تا بالاترین نرخ تکرار پالس بسیار ناچیز است؛ چراکه برخلاف محیط‌های بهره در لیزرهای حالت جامد معمول، انرژی ذخیره نمی‌شود و تبدیل انرژی از پمپ به ایدلر و باریکه سید یک اثر آنی است. این ویژگی جزء مهم‌ترین تفاوت تقویت پارامتری نسبت به دیگر تقویت‌کننده‌های لیزری است که از گرم شدن محیط تقویت‌کننده و آثار تخریبی آن جلوگیری می‌کند.

موج ایدلر

در بسیاری از کاربردها می‌توان از موج ایدلر تولید شده در فرایند تقویت پارامتری و کابردهای دیگر نیز استفاده کرد.

گسیل پس‌زمینه[23]

گسیل پس‌زمینه که گسیل فلورسانس پارامتری نوری تقویت‌شده[24] نیز نامیده می‌شود به‌علت شدت پمپ بالا در فرایند OPA تولید می‌شود که جزء معایب این روش به‌شمار می‌رود. این گسیل دارای مکانیسم تولید کاملاً متفاوتی از گسیل خودبه‌خودی تقویت‌شده (ASE)[25] در تقویت‌کننده لیزر حالت جامد است.

الزامات پرتو پمپ

به‌دلیل وابستگی مستقیم بهره پارامتری به باریکه پمپ این مولفه باید بسیار دقیق مورد بررسی قرار گیرد. همزمانی ورود باریکه‌ها در محیط تقویت‌کننده از جمله چالش‌های بسیار مهم این فرایند است.

نوسانات انرژی خروجی و کیفیت پروفایل فضایی سیگنال تقویت‌شده در این فرایند نیز مستقیما وابسته به نوسانات پمپ بوده و پایداری نزدیک به پایداری انرژی پالس پمپ دارد.

23 Background emission
24 Amplified optical parametric fluorescence
25 Amplified spontaneous emission

مراجع

1- N.M. Kroll, Parametric amplification in spatially extended media and application to the design of tuneable oscillators at optical frequencies, Proceedings of the IEEE, 51 (1963) 110-114.
2- R.H. Kingston, Parametric amplification and oscillation at optical frequencies, Proc. IRE, 50 (1962) 472.
3- C. Manzoni and G. Cerullo, Design criteria for ultrafast optical parametric amplifiers, 2016 J. Opt. 18 103501.
4- D. Brida, G. Cirmi, C. Manzoni, Sub-two cycle light pulses at 1.6 μm from an optical parametric amplifier. Opt. Lett. 33, 741–743 (2008).

Laser Pointers

اشاره‌گرهای لیزری

مریم فیض‌پور
feizpour.optics@gmail.com

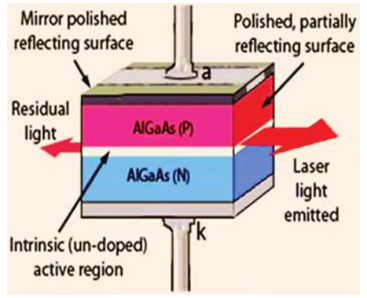
از آنجا که قدرت تشخیص چشم انسان در محدوده‌ی طول‌موج سبز بیشتر از سایر طول‌موج‌ها می‌باشد، ستاره شناسان برای اشاره کردن به ستارگان، صورت‌های فلکی، اجرام کم‌نور آسمانی و سیارات که نیاز به دنبال کردن امتداد مسیر پرتو تا فواصل بسیار دور است، از اشاره گرهای لیزری از نوع DPSS با پرتو سبز استفاده می کنند که تا مسافت‌های طولانی نیز برای انسان قابل مشاهده‌است.

یکی از متداول‌ترین لیزرهایی که امروزه در دسترس عموم مردم قرار دارد و مورد استفاده قرار می‌گیرد، قلم‌های لیزری یا اشاره‌گرهای لیزری (Laser Pointers) هستند که معمولاً در اندازه‌های کوچک و قابل حمل ساخته می‌شوند. پرتو خروجی از این اشاره‌گرها در رنگ‌های مختلفی دیده می‌شود که به طول‌موج لیزر مورد استفاده در آن‌ها بستگی دارد. بیشتر این اشاره‌گرهای لیزری در دو رنگ سبز و قرمز ساخته‌می‌شوند، که معمولاً رنگ قرمز برای مصارف سرگرمی و خانگی (In door) و رنگ سبز برای مصارف خاص و فضای باز (Out door) کاربرد دارد. همچنین برخی از این اشاره‌گرهای لیزری دارای سَری‌های متفاوتی هستند که به توزیع شدت پرتوهای خروجی، شکل‌های خاصی می‌دهند. البته با توجه به همگانی شدن استفاده از اشاره‌گرهای لیزری ارزان قیمت به‌خصوص در بین کودکان، لازم است علاوه‌بر شناخت روش صحیح استفاده و کاربردها، خطرات ناشی از استفاده نادرست از این لیزرها نیز مورد توجه ویژه قرار گیرد.

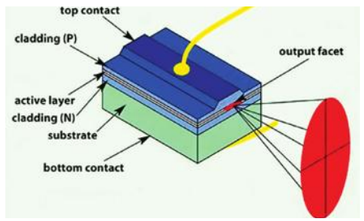
ساختار اشاره‌گرهای لیزری

لیزری که معمولاً به‌عنوان اشاره‌گر لیزری در دسترس عموم قرار دارد از خانواده‌ی لیزرهای دیودی (Diode Laser) با واگرایی پرتو زیاد می‌باشد که معمولاً به‌وسیله یک عدسی کوچک، این پرتوهای واگرا به‌صورت موازی درآمده و از اشاره‌گر لیزری خارج می‌شوند. یک اشاره‌گر لیزری از بخش‌های مختلفی تشکیل شده‌است که مهمترین آن‌ها عبارتند از: ۱- محیط فعال لیزر، ۲- مدار راه‌انداز الکترونیکی، ۳- عدسی‌های موازی‌کننده پرتو خروجی و ۴- بدنه اصلی اشاره‌گر لیزری. در ادامه این نوشتار، هر یک از این بخش‌ها به‌صورت مختصر توضیح داده شده‌اند.

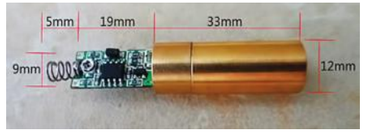
۱- محیط فعال لیزر (Active Medium) که معمولاً برای طول‌موج قرمز از لیزرهای دیودی (نیم‌رسانا) با دمش الکتریکی استفاده می‌شود و برای طول‌موج سبز نیز، هارمونیک دوم لیزرهای حالت جامد با دمش دیودی (Diode Pumped Solid State) که به‌اختصار DPSS نامیده‌می‌شود، مورد استفاده قرار می‌گیرد.



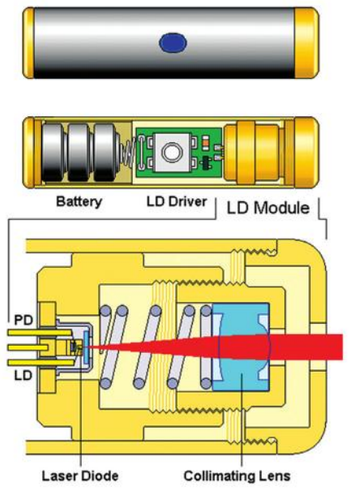
در لیزرهای دیودی که به‌عنوان مثال، از پیوند (p-i-n) دو قطعه‌ی نیم‌رسانا با ترکیب آلومینیوم- گالیم- آرسنایِد (AlGaAs) ساخته‌می‌شوند، ساختار دیود روی یک زیر لایه‌ی مناسب که علاوه‌بر داشتن استحکام کافی، امکان تبادل حرارت با محیط را نیز فراهم می‌نماید، قرار داده شده و اتصال الکترودها به منبع تغذیه‌الکترونیکی لیزر دیودی نیز از همین طریق امکان پذیر می‌شود.



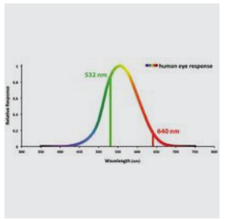
۲- مدار راه‌انداز الکترونیکی (Electronic Driver) مدار الکترونیکی استفاده‌شده در این بخش، به‌کمک باطری‌هایی که وظیفه تأمین انرژی الکتریکی و ولتاژ کاری مناسب را برعهده دارند، کنترل‌های مورد نیاز جهت عملکرد صحیح اشاره‌گر لیزری را فراهم می‌کنند و یک میکروسوئیچ نیز به‌عنوان دکمه روشن و خاموش روی این مدار الکترونیکی قرار گرفته‌است. در شکل زیر مدار راه‌انداز الکترونیکی یک اشاره‌گر لیزری از نوع DPSS در سمت چپ و بخش اصلی تولید لیزر (Laser Head) در سمت راست (استوانه‌ی طلایی رنگ)، همچنین اندازه‌ی واقعی بخش‌های مختلف آن نشان داده شده‌است (در این شکل باطری‌ها نشان داده‌نشده‌اند).



۳- عدسی موازی کننده (Collimator Lens) به‌دلیل ابعاد بسیار کوچک سطح‌مقطع ناحیه‌ی فعال، پرتو خروجی از اشاره‌گرهای لیزری دارای واگرایی زیاد و دارای مقادیر متفاوت در دو راستای افقی و عمودی (آستیگماتیسم) می‌باشند که باید با استفاده از یک ترکیب منشوری و یا استفاده از عدسی‌های کروی و استوانه‌ای دارای فاصله‌ی کانونی مناسب، این واگرایی و عدم تقارن را جبران نمود. در این حالت، به‌منظور موازی‌سازی پرتوها، خروجی لیزر (به‌عنوان تقریبی از یک چشمه‌ی نور نقطه‌ای) در کانون عدسی قرار داده می‌شود.



در شکل فوق، بخش‌های مختلف یک اشاره‌گر لیزری از نوع لیزر دیودی باطول‌موج قرمز شامل بدنه‌ی استوانه‌ای (شکل بالا)، باطری‌ها و مدار راه‌انداز الکترونیکی (شکل وسط) مشاهده می‌شود که بخش تولید لیزر شامل دیود تولید کننده‌ی پرتو لیزر و لنز موازی‌ساز پرتوها با جزئیات بیشتر نشان داده‌شده‌اند (شکل پایین). همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود، یک فنر بین لنز موازی‌ساز و دیود لیزری قرار داده‌شده تا بدون آنکه تنظیم المان‌های اپتیکی سیستم از حالت صحیح خارج شود، با جابه‌جا نمودن لنز موازی‌ساز، امکان تغییر قطر پرتو لیزر در فاصله‌ی دلخواه فراهم شود.

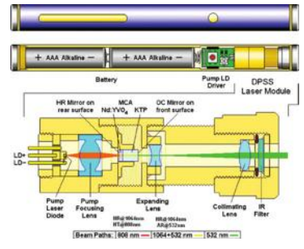


در این شکل، نمودار پاسخ طول‌موجی چشم انسان برای یک منبع نور سفید با شدت یکسان برای همه طول‌موج‌ها نشان داده شده‌است و طول‌موج‌های ۶۴۰ نانومتر برای اشاره گر لیزری قرمز و طول‌موج ۵۳۲ نانومتر برای یک اشاره‌گر لیزری سبز (GPL) نیز روی آن مشخص شده‌اند. این مقایسه نشان‌می‌دهد که میزان شدت دریافتی توسط چشم ما برای نور سبز، بیش از چهار برابر شدت پرتو نور قرمز است بنابراین به‌عنوان مثال، شدت دریافت شده در چشم ما برای یک اشاره گر قرمز ۲۰ mW معادل یک اشاره گر سبز با توان ۵ mW خواهد بود. با این توضیح، در کاربردهای روزمره بهتر است از اشاره گرهای لیزری قرمز استفاده شود و به‌کارگیری اشاره گرهای لیزری با پرتو خروجی سبز (GLP)، به‌جز در موارد خاص، توصیه نمی‌شود.

یکی از کاربردهای نظامی اشاره‌گرهای لیزری، استفاده از آن‌ها در اسلحه‌های مورد استفاده در نبردهای واکنش سریع و غافل‌گیرانه می‌باشد. در این حالت، باریکه‌ی پرتو لیزر با مسیر حرکت گلوله هم راستا بوده و قبل از شلیک گلوله با فراهم نمودن امکان مشاهده لکه‌ی پرتو لیزر روی هدف، دقت تیراندازی سربازان را افزایش می‌دهد.

۴- بدنه‌ی اصلی اشاره‌گر لیزری که به‌خاطر سهولت استفاده معمولاً به‌صورت استوانه‌ای شبیه یک قلم ساخته می‌شود و به‌عنوان محافظ، دربرگیرنده تمام بخش‌های لازم برای تولید پرتو در اشاره‌گرهای لیزری می‌باشد.

تا این جا، قسمت‌های اصلی یک اشاره‌گر لیزری به‌اختصار مورد بررسی قرار گرفت، ولی برای آگاهی از جزئیات بیشتر مربوط به هر یک از این بخش‌ها می‌توان به منابع تخصصی‌تر مراجعه نمود. در ادامه به‌منظور تکمیل مباحث مطرح شده در این بخش، نمای کلی از ساختار داخلی یک اشاره‌گر لیزری از نوع DPSS با پرتو خروجی سبز ۵۳۲ نانومتر (Green Laser Pointer) که به‌اختصار (GLP) نامیده می‌شود، نشان داده شده است که در آن، محیط فعال لیزر از نوع Nd:YVO4 به‌وسیله‌ی یک لیزر دیودی باطول‌موج ۸۰۸ نانومتر پمپ شده و طول‌موج خروجی ۱۰۶۴ نانومتر که در ناحیه‌ی مادون قرمز طیف امواج الکترومغناطیسی قرار دارد، با استفاده از یک بلور غیرخطی KTP به هارمونیک دوم آن یعنی ۵۳۲ نانومتر سبز رنگ تبدیل می‌شود.



پس از موازی‌سازی پرتوهای تولید شده و به‌منظور اطمینان از عدم خروج پرتوهای ۱۰۶۴ نانومتر به‌همراه پرتوهای سبز رنگ، یک فیلتر مادون قرمز نیز در دهانه‌ی خروجی اشاره‌گر لیزری قرار داده شده‌است.

برخی از کاربردهای اشاره‌گر لیزری

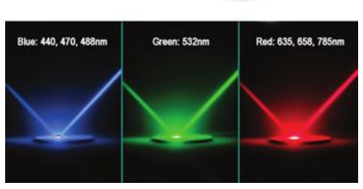
واضح است که با توجه به نام این وسیله، بدیهی‌ترین کاربرد اشاره‌گر لیزری به‌عنوان یک وسیله‌ی کمک آموزشی برای نشان دادن اشیاء، مکان‌ها، اشاره کردن به مطالب موردنظر مثلاً در هنگام ارائه‌ی کنفرانس‌های علمی، دوره‌های آموزشی، تورهای گردشگری و یا معرفی آثار باستانی می‌باشد.

یکی از مهمترین کاربردهای اشاره‌گرهای لیزری در انجام عملیات‌های امداد و نجات، مسیریابی و گشت‌های هوایی بالگردها می‌باشد که به امدادگران کمک می‌کند تا با سرعت بیشتری مسیر مناسب و محل دقیق امداد جویان را با دیگر افراد گروه به اشتراک بگذارند. در همین راستا اشاره‌گرهای لیزری در فعالیت‌های طبیعت‌گردی، کوهنوردی و راه‌سازی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند.

همچنین با داشتن آگاهی و رعایت اصول ایمنی در هنگام استفاده از اشاره‌گرهای لیزری، می‌توان از این وسیله در نورپردازی لیزری و ایجاد تصاویر زیبا نیز استفاده نمود.

در برخی از اشاره‌گرهای لیزری، علاوه‌بر خروجی پرتو لیزر، خروجی دیگری نیز برای نور سفید (به‌عنوان چراغ قوه) و یا نور UV (برای بررسی اسکناس‌های جعلی) تعبیه شده که استفاده از این وسیله برای مصارف عمومی‌تر را نیز امکان پذیر می‌نماید. در این حالت میکروسوئیچ جداگانه‌ای نیز برای منبع نور دوم که معمولاً از نوع LED می‌باشد، روی بدنه‌ی اشاره‌گر لیزری قرار داده می‌شود.

روزمره، طولانی مدت (مانند ارائه‌ی سخنرانی‌ها) و مخصوصاً در فضاهای کوچک، هرگز از اشاره‌گرهای پرتو سبز استفاده نشود. با این‌وجود، گاهی در خیابان‌ها و معابر از لیزرهای سبز با برد زیاد (گاهی بیش از ۱۰ کیلومتر!) به‌عنوان یک ابزار تبلیغاتی استفاده می‌شود که نگاه کردن مستقیم به منبع این پرتوها و یا بازتاب آنها از سطوح صیقلی، آسیب‌های زیادی را برای چشم به‌همراه خواهد داشت.

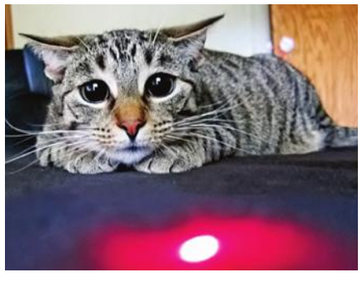


با این توضیح، یک اشاره‌گر لیزری هرگز نباید به‌عنوان یک وسیله‌ی امن و به‌صورت اسباب بازی مورد استفاده قرار گرفته و یا بدون نظارت و آموزش کافی در دسترس کودکان باشد زیرا تابش مستقیم پرتو لیزر (حتی لیزرهای با توان پایین مانند اشاره‌گرهای لیزری) در طولانی مدت اثرات جبران‌ناپذیری روی چشم خردسالان می‌گذارد. بنابراین استفاده از اشاره‌گرهای لیزری به‌عنوان اسباب‌بازی و یا تفریح و سرگرمی کودکان، می‌تواند باعث بروز آسیب جدی به چشم‌های آن‌ها شود.

ایمنی استفاده از اشاره‌گرهای لیزری

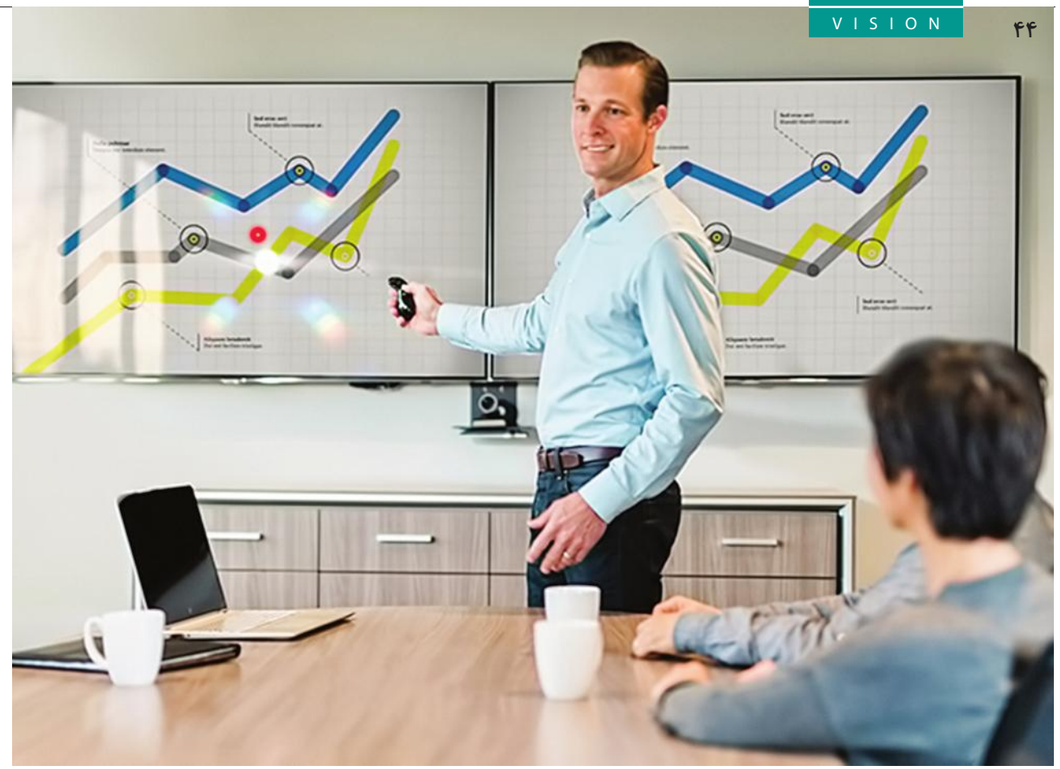
چند سالی است که اشاره‌گرهای لیزری به‌عنوان اشاره‌گرهای لیزری که به‌این منظور ساخته می‌شوند، معمولاً دارای سَری‌های قابل تعویض هستند که هریک از آن‌ها الگوهای نوری متفاوتی ایجاد می‌کنند.

البته ناگفته نماند که جذابیت پرتو لیزر فقط به ما انسان‌ها محدود نمی شود و اغلب حیوانات نیز در هنگام مشاهده‌ی نور لیزر، واکنش‌های جالبی از خود نشان می‌دهند. به‌همین دلیل برخی از مردم برای سرگرم‌کردن حیوانات خانگی مانند گربه‌ها و طوطی‌ها از اشاره‌گرهای لیزری استفاده می‌کنند.



استفاده‌های نادرست از اشاره‌گر لیزری

بیشترین پاسخ طول‌موجی چشم انسان مربوط به ناحیه رنگ سبز می‌باشد؛ به‌همین‌دلیل و در شرایط یکسان، اشاره‌گرهای لیزری با پرتو سبز خیلی خطرناک‌تر از نوع قرمز آن‌ها هستند بنابراین باید دقت شود که برای استفاده‌های



ابزار تبلیغ در فروشگاه‌ها و سطح شهر و حتی به‌صورت نشان‌گر در اسباب بازی کودکان مورد استفاده قرار می‌گیرند. این در حالی است که لیزر هرگز نباید به‌عنوان یک وسیله‌ی کاملاً امن و بدون رعایت ملاحظات مربوط به آن مورد استفاده قرار گیرد. در حقیقت استفاده‌کنندگان از اشاره‌گرهای لیزری باید توجه داشته باشند که از نظر ایمنی، انواع لیزرها بر حسب پارامترهای مختلفی مانند توان خروجی و طول‌موج پرتو طبقه‌بندی می‌شوند و بر این اساس، پرتو خروجی اغلب اشاره‌گرهای لیزری در دسته‌بندی کلاس ۳ قرار می‌گیرند و هرگز نباید به‌صورت مستقیم به‌سمت چشم تابیده شوند.

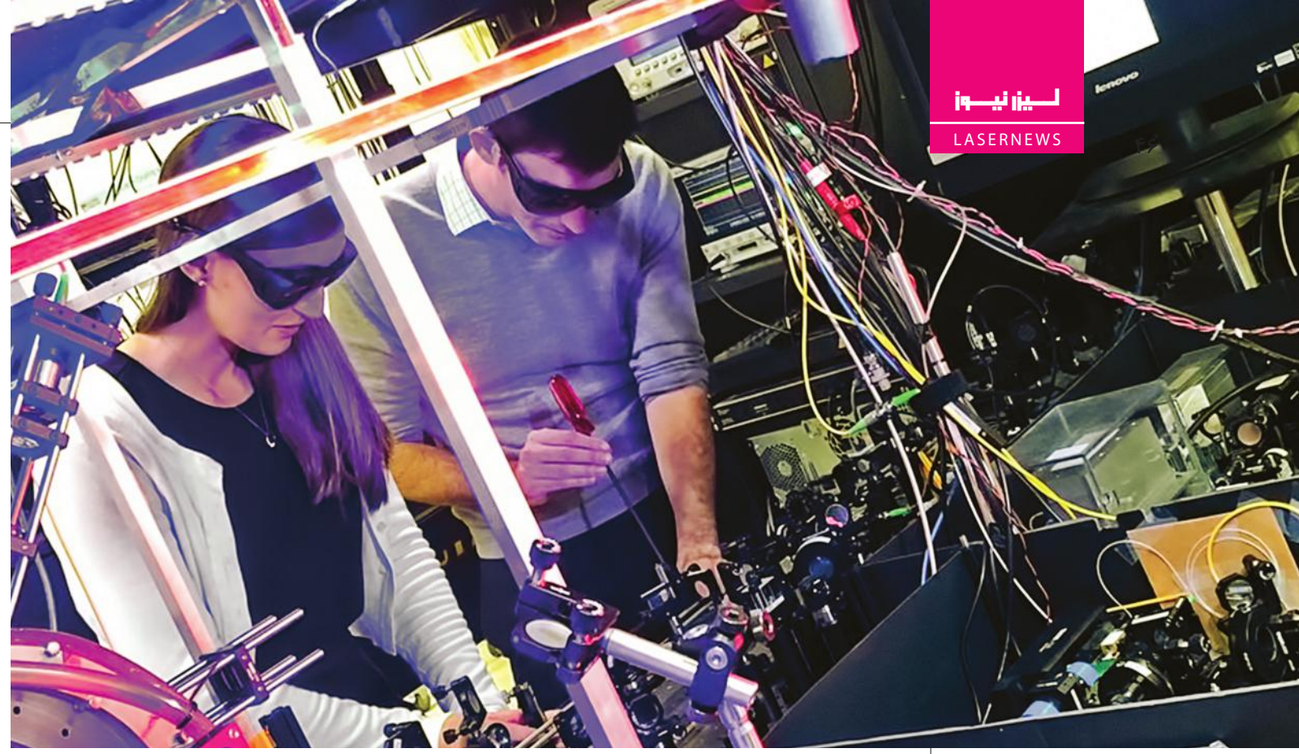
به‌عبارت دیگر، اگر پرتو لیزر از مردمک چشم عبور کند، قرنیه آن را بر روی شبکیه کانونی می‌کند و حتی در صورتی که توان لیزر کمتر از چند میلی‌وات باشد نیز شدت پرتو روی شبکیه می‌تواند به‌میزان زیادی افزایش‌یابد و آسیب‌های جدی و بازگشت ناپذیری برای چشم به‌همراه داشته باشد. بنابراین همواره باید اشاره‌گرهای لیزری را از دسترس کودکان و کسانی که به‌روش صحیح استفاده از این وسیله آگاهی ندارند، دور نگه‌داریم تا از آسیب‌های چشمی غیر قابل جبران ناشی از پرتو اشاره‌گرهای لیزری در امان باشند.

طبقه‌بندی IEC	ملاحظات قابل توجه در هنگام استفاده از لیزر	حداکثر توان پرتو لیزر
3R	با توجه به توان و قطر باریکه‌ی لیزر، می‌تواند لحظه‌ای که با چشم غیر مسلح و به‌صورت مستقیم به آن نگاه شود، خطرناک باشد.	5 mW
3B	پرتوگیری مستقیم چشم حتی کوتاه‌مدت خطرناک است و با توجه به قطر باریکه‌ی لیزر، برای پوست نیز خطرناک خواهد بود.	500 mW

لیزرنیوز
LASERNEWS

لیزری حساس به بو در حد حس بویایی سگ‌ها ۴۴

۴۴ لیزری حساس به بو در حد حس بویایی سگ‌ها
۴۶ نور متمرکز در مقیاس نانومتری روشی جدید برای آشکارسازی مولکول‌ها



لیزری حساس به بو در حد حس بویایی سگ‌ها

آزاده امیراحمدی
azadeamirahmadi@gmail.com

محققان لیزری ساخته‌اند که می‌تواند گازهای مختلفی را که درون نمونه‌های آزمایشگاهی قرار دارند، ببوید. این دستگاه جدید صرفا برای نظارت بر محیط زیست و تعیین آلودگی‌های صنعتی به کار نمی‌رود، بلکه می‌توان در نهایت از آن برای تشخیص بیماری از طریق بو کردن نفس بیمار، استفاده کرد.

سارا کِی اسالتن

پژوهشگران دانشگاه آدلاید لیزری را ابداع کردند که قادر است گازهای مختلف موجود در نمونه‌های آزمایشگاهی را از طریق بوییدن تشخیص دهد.

این ویژگی خاص که در این دستگاه جدید تعبیه شده‌است تنها برای نظارت بر محیط زیست و اندازه‌گیری ناخالصی‌های صنعتی به‌کار نمی‌رود، این دستگاه این امکان را به کاربر می‌دهد که با استفاده از لیزر، با بوییدن تنفس بیمار، نوع بیماری را تشخیص دهد.

این پژوهشگران توانایی ویژه‌ی لیزر مذکور را در تفاوت قایل شدن بین ترکیبات گازی متفاوت، به‌حساسیت بویایی یک سگ شکاری تشبیه می‌کنند. البته در کنار احساس بویایی، دستگاه مورد بحث از الگوهای جذب نور نیز برای سنجش مواد موجود در ترکیبات آزمایشگاهی بهره‌می‌برد.

محققان موسسه‌ی دانشگاهی فوتونیک و سنجش پیشرفته (آی پی اِی اس[1]) در مجله ی «فیزیکال ریوی یو اپلاید[2]» گزارش می‌دهند که این لیزر می‌تواند مقدار دی‌اکسید کربن موجود در یک گاز مرکب آزمایشگاهی را در کمتر از یک ثانیه و با دقت و وضوح بالا اندازه‌گیری کند.

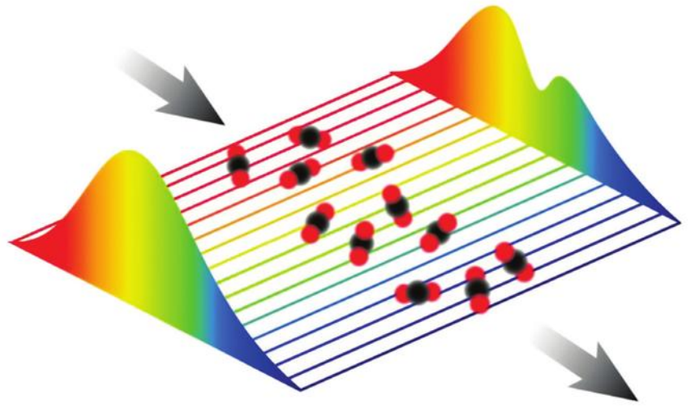
نویسنده‌ی اصلی این مقاله، سارا کِی اسکولتن[3]، دانشجوی دکتری در دانشگاه علوم فیزیکی، می‌گوید: «توانایی اندازه‌گیری با سرعت و دقت بالا مزیتی ویژه و سودمند است؛ این پدیده با پیشرفت و توسعه‌ی بیشتر، راهی را در جهت مشاهدات و تحلیل‌های کم هزینه و با صرف زمان کم‌تر ایجاد خواهد کرد که می‌تواند در زمینه تشخیص، یا در جراحی‌های پزشکی بدون نیاز به جراحان متخصص صورت پذیرد.»

دستگاه مورد بحث که نامزد جایزه‌ی نوبل تکنولوژی است، توسط دانشمندان ایالات متحده و آلمان ساخته و «شانه فرکانس نوری[4]» نامیده شده‌است. این «شانه لیزری[5]» میلیون‌ها رنگ یا فرکانس نوری متفاوت را بلافاصله تولید می‌کند.

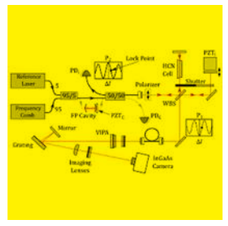
پژوهشگران این نور ویژه را از نمونه‌های گازی آزمایشگاهی عبور می‌دهند، نمونه‌هایی که در آن هر مولکول گازی، دسته‌ای از رنگ‌های مشخص را جذب می‌کند. الگوی جذب نور مذکور یک اثر انگشت منحصربه‌فرد برای ترکیبات گازی هر یک از نمونه‌های مورد نظر است.

دکتر کریس پِرللا[6]، دانشیار دانشگاه، این‌گونه بیان می‌کند: «اولین کاربرد این پروژه می‌تواند نظارت بر اتمسفر باشد، اگرچه این روش به‌صورت وسیع نیز قابل اجراست و راهی برای اندازه‌گیری‌های تقریبی غلظت جهان فراهم می‌آورد.»

تیم پژوهشگران این پروژه در حال حاضر قصد دارد از این شانه لیزری برای تجزیه‌ی ترکیبات شیمیایی بازدم استفاده کند؛ آن‌ها امیدوارند که با بررسی و تجزیه‌ی ترکیب گازی بسیار پیچیده‌ی بازدم بتوانند علائم شیمیایی مشخصی را در جهت تشخیص بیماری‌های پنهان بیابند. هدف نهایی استفاده از شانه‌ی لیزری به‌عنوان یک وسیله‌ی غربالگری برای کشف بیماری‌های جدی است، حتی قبل از آن که شخص بیمار از بیماری خود آگاه شده باشد.



تصویر بالا یک شانه لیزری را توصیف می‌کند که در حال اندازه گیری الگوهای جذب نور توسط مولکول‌های دی اکسید کربن است. (تصویر از سارا اسکالتن)



قدرت سیگنال خروجی را در این تصویر شماتیک از آزمایش مشاهده می کنید
خروجی تداخل‌سنج برحسب تابع تنظیم طول قابل مشاهده‌است. (قسمت‌های خروجی با پارامترهای P_1&P_2).

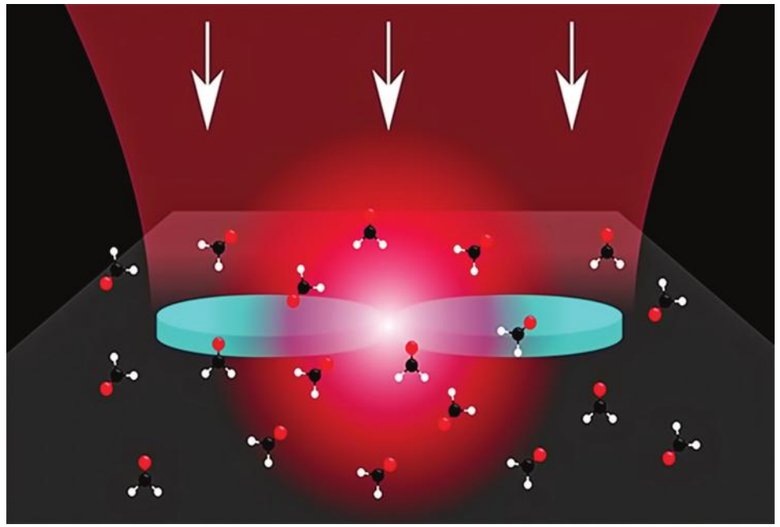
مرجع نشریه:

سارا کِی اسکالتن، کریستوفر پِرللا، جیمز دی آنستی[7]، ریچارد تی. وایت[8]، واداه الاشوال[9]، نیکولاس بوربیو هِبرت[10]، جروم جِنیست[11]، آندره اِن لوییتن[12]. در اندازه گیری میزان تراکم دی اکسید کربن در زمان واقعی با استفاده‌از یک شانه فرکانسی نوری با دقت و وضوح بالا؛ فیزیکال ریوییو اُپلاید، ۹(۵)، ۲۰۱۸

DOI: 10.1103/PhysRevApplied.9.054043
www.sciencedaily.com/releases/2018/06/180607100954.htm

1 IPAS : Institute for Photonics and Advanced Sensing
2 journal Physical Review Applied
3 Sarah K. Scholten
4 optical frequency comb
5 laser comb
6 Dr. Chris Perrella
7 James D. Anstie
8 Richard T. White
9 Waddah Al-Ashwal
10 Nicolas Bourbeau Hébert
11 Jérôme Genest
12 Andre N. Luiten

نانو دیسک‌ها مانند میکرورزوناتور عمل می‌کنند، نور فروسرخ را به دام انداخته و پلاریتون تولید می‌کنند. وقتی نور فروسرخ تابیده می‌شود این دیسک‌ها نور را در فضایی هزاران مرتبه کوچک‌تر از مقادیری که با اپتیک استاندارد قابل دسترسی است، متمرکز می‌کنند.



نور متمرکز در مقیاس نانومتری روشی جدید برای آشکارسازی مولکول‌ها

محمد جعفری
Jafari_mohammad@hotmail.com

نانوفوتونیک در مواد دوبعدی به‌دلیل وجود برهمکنش واندروالس که ویژگی‌های فیزیکی جدیدی در این مواد ایجاد می‌کند، مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است. برهمکنش شدید نور و ماده در این مواد منجر به کاربردهای آن‌ها در آشکارسازی، مدوله کردن نور و ساخت آنتن‌های کوک‌پذیر شده است.

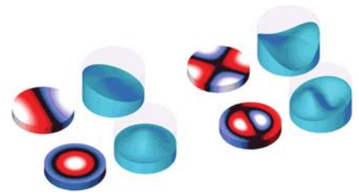
محققان در مدرسه مهندسی و علوم کاربردی جان پالسون در هاروارد[1] به‌تازگی روشی جدید را در زمینه برهمکنش شدید نور و ماده ابداع کرده‌اند. در این روش با متمرکز کردن نور فروسرخ در فضاهای بسیار کوچک و متراکم در مقیاس نانو می‌توان آنتن‌هایی قوی را تولید کرد که قابلیت آشکارسازی مولکول‌های بیولوژیکی را دارد. این محققان با مهار قدرت پلاریتون- پلاسمون‌های سطحی، نتیجه‌گیری کردند که با محدود کردن نور در فضای بسیار کم می‌توان مقدار ماده بسیار اندک در نزدیکی پلاریتون‌ها را آشکارسازی کرد. در سال‌های اخیر ایده‌های زیادی برای افزایش برهم‌کنش نور و ماده شکل گرفته‌است. یکی از آن‌ها متمرکز کردن نور با انتشار و محصور کردن پلاریتون- پلاسمون سطحی است که مجموع

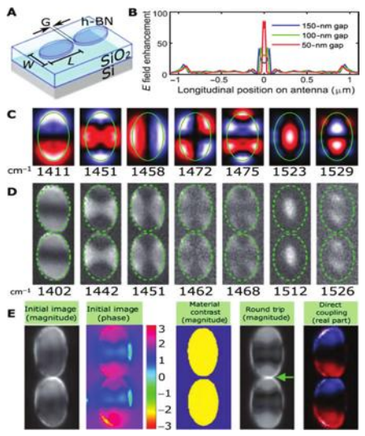
1 Harvard John A. Paulson School of Engineering and Applied Sciences (SEAS)

دیسک‌های نانو به‌عنوان میکرورزوناتور، فوتون‌های فروسرخ را به‌دام انداخته و پلاریتون تولید می‌کنند وقتی نور فروسرخ تابیده می‌شود این دیسک‌ها نور را در فضایی هزاران مرتبه کوچک‌تر از حد مواد استاندارد معمولی متمرکز می‌کنند.

نوسانات الکترونی در رسانا یا نی‌مرسانا تزویج شده به نور هستند. پلاریتون- پلاسمون‌های سطحی برانگیختگی‌های الکترومغناطیسی هستند که به الکترون‌های آزاد جمع شونده و نوسان کننده سطحی در فلزات تزویج می‌شوند تا بتوانند به‌صورت طولی در سطح تقاطع فلز- دی‌الکتریک انتشار یابند. البته پرتو الکترومغناطیسی تابیده شده باید دارای شرایطی باشد: از جمله طوری تابانده شود که بازتاب داخلی کامل ایجاد شود و دارای قطبش طولی (P-Polarized) باشد. علت حایز اهمیت بودن پلاسمون- پلاریتون‌های سطحی توانایی آن‌ها در متمرکز کردن میدان الکترومغناطیسی است که حد پراکندگی آن‌ها در طول موج‌های اپتیکی را (به حدود) نانومتری کاهش می‌دهد و گسترش میدان‌های موضعی را تا چندین مرتبه بهبود می‌دهد. شکل و اندازه پلاریتون‌ها قابلیت تنظیم‌پذیری دارد که آن را به‌وسیله انعطاف پذیری برای آشکارسازی فروسرخ و بیوسنسورها تبدیل می‌کند. محققان هاروارد این تحقیق را در Science Advances منتشر کردند[2]. نویسنده این مقاله آقای فدریکو کاپاسو[3] می‌گوید که این پژوهش افق جدیدی را در نانوفوتونیک فراهم می‌کند. با تزویج نور به ارتعاشات اتمی، نور در مقیاس‌هایی کوچکتر از طول موج خود متمرکز می‌شود که ابزاری جدید برای آشکارسازی و دستکاری مولکول‌ها است. پلاریتون‌ها ذرات کوانتومی هیبریدی هستند که از فوتون‌های تزویج شده به اتم‌های مرتعش در کریستال‌های دوبعدی تشکیل می‌شوند. او می‌گوید هدف ما این بوده‌است که از طریق برهم‌کنش بسیار قوی نور و ماده و مهندسی کردن پلاریتون‌ها بتوانیم آن‌ها را در مقیاس‌های بسیار کوچک تولید کنیم. این محققان دیسک‌های بسیار کوچک به ضخامت ۵۰ نانومتر و شعاع ۲۰۰ نانومتر را از کریستال‌های نیترید بور تولید کردند. این مواد شبیه میکرورزوناتور عمل می‌کنند که فوتون‌های مادون قرمز را به‌دام

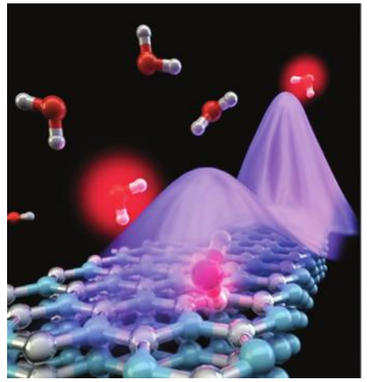
2 Ultra-confined mid-infrared resonant phonon polaritons in van der Waals nanostructures
3 Federico Capasso





انداخته و پلاریتون تولید می‌کنند. این دیسک‌ها می‌توانند نور را در حجم‌هایی هزاران مرتبه کوچک‌تر از مقادیری که با اپتیک استاندارد قابل دسترسی است، متمرکز کنند. اخیرا پلاریتون- فونون در نیترید بور شش گوشه‌ای به عنوان موجبر بسیار محدودکننده در طول‌موج‌های فروسرخ معرفی شده‌است. نیترید بور شش گوشه‌ای، ماده مناسبی برای دستکاری نور فروسرخ به‌دلیل ساختار قطبی شبکه آن است که سبب تهییج کم‌اتلاف پلاریتون- فونون با پاشندگی زیاد می‌شود. این نانوساختارها می‌توانند باعث تشدیدهای متراکم و تقویت موضعی میدان بشوند همچنین با این ساختارها می‌توان آنتن‌های نانو دوقطبی طراحی کرد و به‌طور مستقیم تصویر میدان را در حالت مدهای روشن و یا تاریک را که به تشدید در می‌آیند را مشاهده

(A) ابعاد نانو آنتن ساخته شده از نیترید بور نشان داده شده‌است. (W = 440 nm, L = 850 nm, G ≅ 50 nm, t = 50 nm).
(B) محاسبات عددی افزایش میدان طولی برای موج تخت تابشی (که نسبت میدان الکتریکی طولی در امتداد آنتن و نرمال شده نسب به موج تابشی به تغییرات گاف آنتن است.) برای گاف‌های کوچک میدان افزایش پیدا می‌کند.
(C) شبیه‌سازی عددی برای هفت مد تشدیدی نخست برای یک آنتن ساده بیضوی.
(D) تصویر مدهای اولیه که تطبیق خوبی با محاسبات تئوری دارد.
(E) اندازه گیری ($1400\,cm^{-1}$) جدایی نور ورودی که موازی با آنتن قرار دارد. مد اصلی در هر دو حالت مولفه رفت و برگشت و مستقیم به‌راحتی قابل دیدن است. پیکان سبز رنگ نشان دهنده پراکنده شدن مدوله شده در گاف است میدان در داخل گاف نمی‌تواند در حالت تزویج مستقیم دیده شود به‌دلیل اینکه مولفه z ندارد.

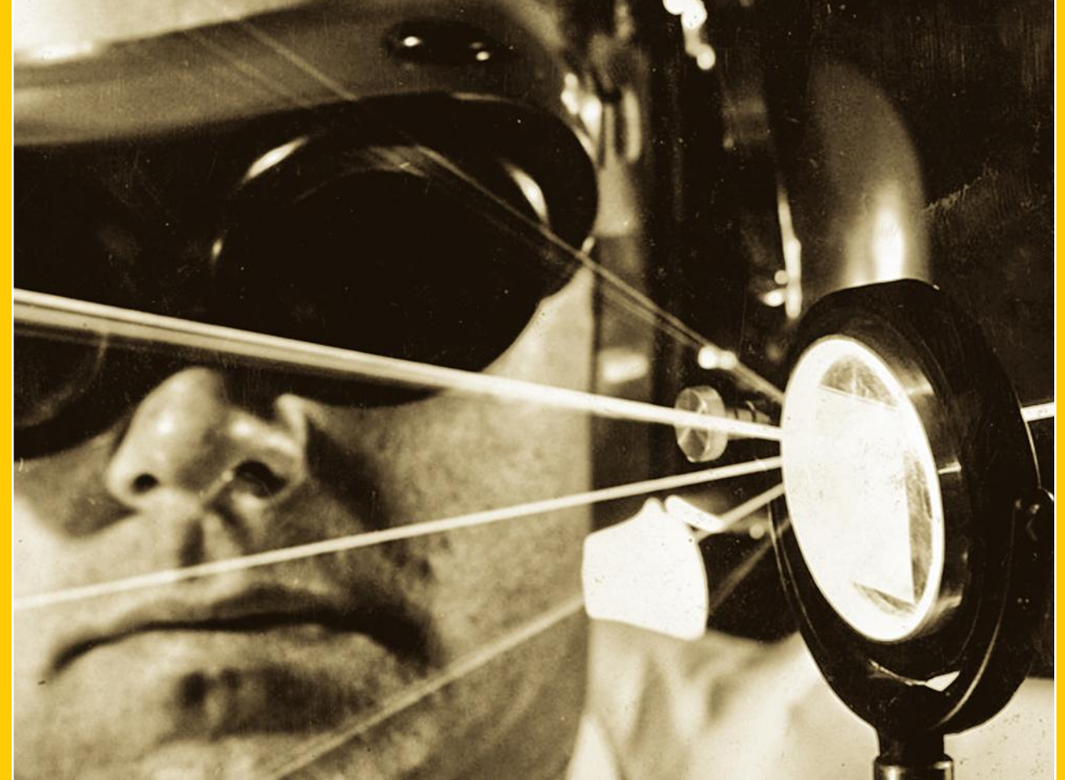


تصویر برهمکنش بین ارتعاشات مولکولی و پلاریتون‌های فونون در نانورزوناتور نیترید بور

کرد. این مدها مقیاس کوچک‌تری از طول موج دارند و می‌توانند با ساختارهای خیلی کوچک تطبیق پذیر باشند. می‌توان نتیجه‌گیری کرد که فونون_پلاریتون در نیترید بور برای امواج فرو سرخ نقش پلاسمون‌ها در فلزهای نادر برای امواج مرئی را دارد که منجر به ساخت دستگاه‌های جدید و کارآمدی در نانو فوتونیک خواهد شد.

این محققان آرایه‌های روبانی شکل از نیترید بور شش گوشه‌ای را تولید کردند. با اسپکتروسکوپی فروسرخ عبوری آنان موفق به آشکارسازی تشدیدهای ظریف فونون شدند. سپس لایه نازکی از مولکول ارگانیک را بر روی این روبان‌ها قرار دادند که منجر به اصلاح تشدید شدید پلاریتون فونون شد که می‌تواند مقدار کمی از مولکول‌ها ($N<10^{15}mol$) را آشکارسازی کند. این غلظت قبلا وقتی در زیرلایه‌های عادی قرار می‌گرفتند قابل شناسایی نبودند. به‌طور جالبی وقتی لایه‌های ضخیم‌تری روی روبان‌ها قرار گرفتند جدایی رزونانس پلاریتون فونون را مشاهده کردند که این پدیده تزویج قوی نام دارد. در این رژیم برهم‌کنش نور و ماده بسیار قوی است و این پدیده جالب مانند اصلاح واکنش‌های شیمیایی چگالش پلاریتون و انتقال انرژی در فاصله دور و بسیار سریع می‌تواند اتفاق بیافتد.

در تمرکز بالای امواج مادون قرمز این محققان رفتار عجیبی از پلاریتون‌ها را مشاهده کردند. آن‌ها مانند آبی که درون لیوان قرار دارد نوسانات خود را تغییر می‌دهند که این تغییرات وابسته به فرکانس نور فرودی است. لیوان آبی را تصور کنید اگر به آن ضربه‌ای وارد کنیم آب درون آن به یک جهت نوسان می‌کند، حال اگر فنجان را بچرخانیم آب درون آن به‌جهت مخالف نوسان می‌کند. پلاریتون‌ها نیز به‌طور مشابهی نوسان می‌کنند و نانو دیسک‌ها برای نور نقش لیوان برای آب را دارند. برخلاف مواد اپتیکی مرسوم این کریستال‌های نیترید بور در اندازه خود محدودیتی از طول موج لیزر را ندارند که به‌معنی آن است که مهم نیست لیوان ما چقدر کوچک باشد. همچنین تلفات اپتیکی آن‌ها بسیار اندک است که به‌معنی آن است که نوری که درون آن نوسان می‌کند، می‌تواند مدت زیادی قبل از میرایی نوسان را انجام دهد و باعث تقویت شدید نور داخل رزوناتور می‌شود. همچنین محققان نور را توسط قرار دادن دو دیسک و تنظیم نوسانات آن کنار هم به‌شدت متمرکز کردند که این نور در ۵۰ نانومتر فاصله بین دو دیسک به‌دام انداخته شد و باعث شکل‌گیری یک آنتن مادون قرمز شد. وقتی که نور در جای کوچکی متمرکز می‌شود شدت آن افزایش می‌یابد که باعث شکل‌گیری میدان‌های بسیار قوی می‌شود و می‌تواند به ذره اطراف خود نیروی قابل ملاحظه‌ای را وارد کند. این نیروی القایی توسط نور می‌تواند به‌عنوان ابزاری برای مکانیزم آشکارسازی باشد.. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهند که تشدیدگرهای پلاریتون فونون پلت‌فرم‌های جدیدی در آشکارسازی فروسرخ برای مقدارهای بسیار کم از مواد و بررسی تزویج قوی در مقیاس نانو خواهند شد که در آینده مسیری برای تحقیقات بنیادی از پدیده‌های کوانتومی و یا کاربردهایی مانند اصلاح قدرت پیوندهای شیمیایی و پیدا کردن کاتالیست در مقیاس‌های نانو ایجاد خواهد کرد. چالش بعدی برای تیم‌ها ورود این است که این نور متمرکز شده در مقیاس نانو را بهینه‌سازی کند تا به شدت‌هایی کافی برای برهم‌کنش تک مولکول با مقدار قابل اندازه‌گیری دست پیدا کنند.



پیشکسوتان
PIONEERS

سفری در دنیای خارق‌العاده‌ور

۵۰

۵۰ سفری در دنیای خارق‌العاده‌نور

تاریخچه‌ای از لیزر

سفری به دنیای خارق العاده نور

فاطمه کبیری
ftm_kabir@yahoo.com

در اینجا قصد داریم یک مرور زمانی از قابل توجه ترین پیشرفت های علمی مربوط به تقویت نور به روش گسیل القایی تابش (لیزر) ارایه کنیم. مطالب این مرور زمانی به صورت فهرست وار افراد و وقایعی که به تحول لیزر تا به امروز منجر شده‌اند را در بر می گیرد. حقیقتا کشف لیزر بدون درک این موضوع که نور شکلی از تابش الکترومغناطیسی است، امکان پذیر نبود.

مکس پلانک در سال ۱۹۱۸ جایزه نوبل فیزیک را برای کشف اولیه انرژی کوانتومی دریافت کرد. پلانک برروی ترمودینامیک کار می کرد، تلاش او برای درک اینکه چرا تابش جسم سیاه تمام طول موج‌های نور را جذب می کند و هنگامی که گرم می‌شود تمام فرکانس‌های نور را به‌طور مساوی متشعشع نمی کند، به کشف انرژی کوانتومی انجامید.

پلانک در مهم‌ترین بخش کارهایش که در سال ۱۹۰۰ منتشر شد، رابطه‌ای بین انرژی و فرکانس تابش کشف کرد. او بیان می کرد که انرژی تنها می‌تواند در بسته‌های گسسته به نام کوانتا منتشر یا جذب شود. این نظریه، نقطه عطفی در فیزیک بود و به فیزیکدانانی همچون انیشتین الهام بخشید. در سال ۱۹۰۵، انیشتین مقاله خود را در رابطه با اثر فوتوالکتریک منتشر کرد، که طبق آن نور نیز انرژی خود را به‌صورت بسته‌هایی منتشر می کند، به‌این ترتیب ذرات کوانتومی گسسته نور به نام فوتون‌ها شناخته شدند.

در سال ۱۹۱۷ انیشتین فرآیندی را مطرح کرد که امکان ساخت لیزر را فراهم می‌ساخت. این فرآیند گسیل القایی نام داشت. او بر این باور بود که علاوه بر جذب و گسیل نور به صورت خودبه‌خود، الکترون‌ها را می‌توان تحریک کرد تا نور با طول موجی خاص منتشر شود. اما بیش از ۵۰ سال پیش، دانشمندان توانستند این انتشارات را تقویت کنند. اثبات انیشتین کاملا درست بود و مسیری را فراهم کرد تا امروزه لیزر به یک ابزار قدرتمند و در دسترس تبدیل گردد.

۲۶ آوریل ۱۹۵۱: چارلز هارد تاونز[1] از دانشگاه کلمبیا در نیویورک، در حالی که روی نیمکتی در پارک واشنگتن نشسته بود ایده‌ی میزر (تقویت امواج ماکروویو توسط گسیل القایی تابش) در ذهنش شکل گرفت.

در ۱۹۵۴: تاونز با همکاری هربرت زیگر[2] و دانشجوی کارشناسی ارشد جیمز گوردون[3] اولین میزر را در دانشگاه کلمبیا به‌نمایش گذاشتند.

میزر آمونیاک، اولین دستگاهی بود که براساس پیش‌بینی‌های انیشتین ساخته شد و به‌این ترتیب نخستین تقویت کننده و تولید کننده امواج الکترومغناطیس توسط گسیل القایی ایجاد شد. میزر در طول موجی کمی بیشتر از یک سانتی‌متر تابش می‌دهد و تقریبا ۱۰ نانووات توان تولید می کند.

۱۹۵۵: در موسسه فیزیک پی.ان لبدو[4] در مسکو، نیکلای باسف[5] و الکساندر پروخوروف[6] در حال تلاش برای طراحی و ساخت نوسانگرها بودند. آن‌ها یک روش برای تولید انرژی از جذب منفی پیشنهاد کردند که روش پمپاژ نامیده می‌شد.

۱۹۵۶: نیکلاس بلومبرگن[7] از دانشگاه هاروارد، میزر حالت جامد ماکروویو را توسعه داد.

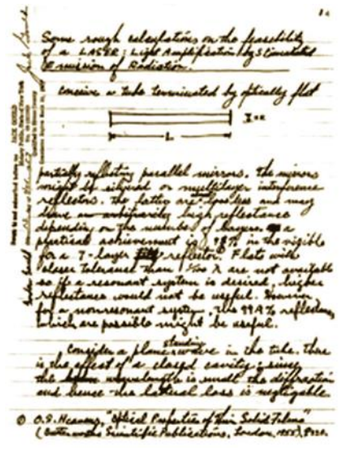
۱۴ سپتامبر ۱۹۵۷: تاونز طرح اولیه‌ی میزر اپتیکی را در یادداشت‌های آزمایشگاهی خود طراحی کرد.

از این پس شمارش معکوس برای ظهور لیزر آغاز شد. تصویر ۱ نخستین صفحه از نوشته معروف گوردون گلد[8] است. او کسی است که در دست‌نوشته خود

1 Charles Hard Townes
2 Herbert J. Zeiger
3 James P. Gordon
4 P.N. Lebedev
5 Nikolai G. Basov
6 Alexander M. Prokhorov
7 Nicolaas Bloembergen
8 Gordon Gould

مکس پلانک

فیزیکدانان جان امت (John L. Emmett) (سمت چپ) و جان ناکلز (John H. Nuckolls) از پیشگامان علوم رایانه در آزمایشگاه لارنس لاومور (Lawrence Livermore) در زمینه علوم و فنون لیزر و فیوژن به‌حساب می‌آمدند. در ضمن امت به‌عنوان مخترع معماری لیزری چند منظوره که امروزه استفاده می‌شود نیز شناخته می‌شود. (آزمایشگاه ملی Lawrence Livermore)



تصویر ۱ - این نوشته نبرد سی ساله دادگاه برای حق ثبت اختراع لیزر بود. مهر و موم دفتر اسناد رسمی در گوشه بالا سمت چپ صفحه، تاریخ ۱۳ نوامبر ۱۹۵۷ قابل توجه است.

مخفف لیزر را تعریف کرد و عناصر ضروری برای ساختن آن را توصیف کرد.

۱۳ نوامبر ۱۹۵۷: دانشجوی فارغ التحصیل دانشگاه کلمبیا، گوردن گلد ایده‌های خود را برای ساخت لیزر در یادداشت‌های خود ثبت کرد. این اولین بار بود که از مخفف لیزر استفاده شده است . چند سال بعد گلد از دانشگاه خارج می‌شود تا به شرکت تحقیقاتی خصوصی TRG (Technical Research Group) بپیوندد.

۱۹۵۸: تاونز، مشاور آزمایشگاه بل و همکارش آرتور شالو[9]، محقق آزمایشگاه بل، مقاله ای مشترک در Physical Review Letters منتشر کردند که در آن نشان دادند که میزرها می‌توانند در مناطق نوری و مادون قرمز کار کنند و پیشنهاد می کنند که چگونه می‌توان از آن‌ها استفاده کرد. از طرفی در موسسه Lebedev، باسف و پروخوروف در حال بررسی امکان استفاده میزر در مناطق نوری بودند.

آوریل ۱۹۵۹: گلد و TRG برای ثبت اختراعات مرتبط با لیزر از ایده‌های گاولد درخواست دادند.

۲۲ مارچ ۱۹۶۰: مجوز شماره ۲،۹۲۹،۹۲۲ ایالات متحده (تصویر ۲) برای میزر اپتیکی که اکنون به نام لیزر شناخته شده است به تاونز و شالو اعطا می‌شود. درخواست گلد و TRG رد می‌شود و این تبدیل به یک اختلاف حقوقی سی ساله بر سر اختراع لیزر می گردد.

۱۶می ۱۹۶۰: تئودور میمن[10]، فیزیکدان آزمایشگاه‌های تحقیقاتی هاگز[11] در مالیبو، کالیفرنیا، اولین لیزر را با استفاده از یک استوانه از یاقوت مصنوعی راه‌اندازی می کند، یاقوتی که قطر آن ۱ سانتیمتر و طول آن ۲ سانتیمتر و پوشش انتهایی آن از جنس نقره است. این پوشش نقره‌ای انتهای استوانه را بازتابنده می کند

9 Arthur L. Schawlow
10 Theodore H. Maiman
11 Hughes

تا به‌صورت یک رزوناتور فابری-پرو[12] عمل کند.

۷ جولای ۱۹۶۰: هاگز یک کنفرانس مطبوعاتی برای اعلام موفقیت میمن برگزار کرد.

۷ ژوین ۱۹۶۰: پیتر سوروکین[13] و میرک استونسون[14] از مرکز تحقیقاتی آی بی ام توماس واتسون، لیزر اورانیوم یعنی یک دستگاه چهار مرحله ای حالت جامد را نمایش دادند.

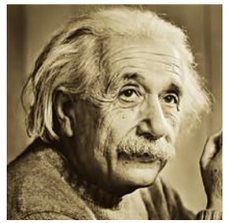
دسامبر ۱۹۶۰: علی جوان، ویلیام بنت[15] و دانالد هریوت[16] از آزمایشگاه بل، لیزر هلیوم نیون را توسعه دادند. اولین پرتو پیوسته نور در ۱،۱۵ میکرون از لیزر هلیم نیون آن‌ها ساطع شد.

۱۹۶۱: لیزرها از طریق شرکت‌هایی مانند Trion Instruments Inc.. Perkin-Elmer و Spectra-Physics به بازار تجاری وارد می‌شوند.

مارس ۱۹۶۱: روبرت هلورث[17] از آزمایشگاه تحقیقاتی هیوز، در دومین گردهمایی بین المللی

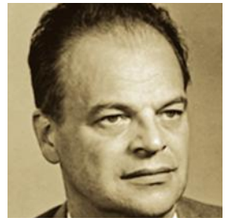
12 Fabry-Perot
13 Peter P. Sorokin
14 Mirek J. Stevenson
15 William Bennett Jr
16 Donald Herriott
17 Robert W. Hellwarth

تصویر ۲، ثبت اختراع شماره‌ی ۲،۹۲۹،۹۲۲



آینشتین

چارلز هارد تاونز



نیکلای باسف

یک حفره نوری بسیار ظریف متشکل از دو تله‌ی آینه‌ای و تراکم فوتون‌ها منتشر شده توسط یونی در یک مد خاص. یون به‌وسیله‌ی یک لیزر خارجی به‌طور چرخه‌ای برانگیخته می‌شود ودر هر مرحله یک به فوتون به مد حفره اضافه می‌شود که باعث تقویت نور می‌گردد.

گوردن گلد

پروخوروف

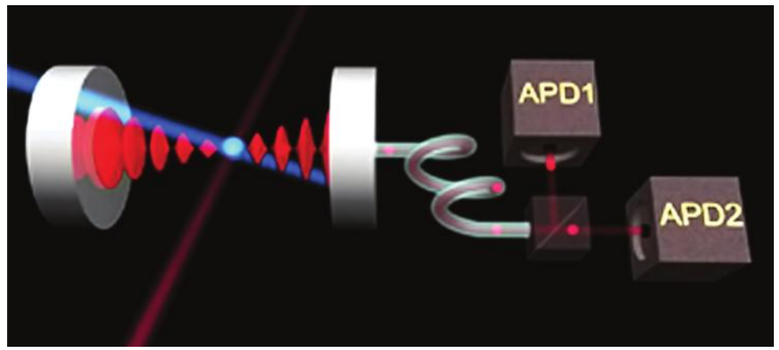
کوانتوم الکترونیک نشان داد که بهبود لیزر یاقوت با افزایش پالس قابل پیش‌بینی و کنترل است. او پیش‌بینی می کند که یک بازتاب از لیزرها و آینه‌ها به‌طور ناگهانی از یک مقدار بسیار کم به مقداری دیگر متغیر است.

اکتبر ۱۹۶۰: شرکت اپتیکی آمریکایی Co.'s Elias، اولین شرکت لیزر شیشه نیودیم (شیشه : Nd) را معرفی کرد.

دسامبر ۱۹۶۱: اولین درمان پزشکی با استفاده از لیزر توسط دکتر چالز کمپبل[18] از موسسه چشم‌پزشکی در مرکز پزشکی کلمبیا (Columbia-Presbyterian Medical Center) و چارلز کاوستر[19] از یک شرکت اپتیکی در بیمارستان کلمبیا (Columbia-Presbyterian Hospital) در منهتن انجام شد. این درمان با کمک یک لیزر یاقوت آمریکایی برای از بین بردن یک تومور شبکیه استفاده شد.

۱۹۶۲: فرد مک کلانگ[20] نظریه لیزری خود را اثبات می کند. این تئوری بیان می کند که تولید قله توان با استفاده از شاتر سلول کر[21] سوییچ شده الکتریکی، ۱۰۰ برابر بیشتر از لیزرهای

18 Charles J. Campbell
19 Charles J. Koester
20 Fred J. McClung
21 Kerr Cell



معمولی یاقوت است. این تکنیک به‌منظور تشکیل یک پالس عظیم، Q سویچ کردن[22] نامیده می‌شود. از مهم‌ترین برنامه‌های کاربردی اولیه این روش می‌توان به‌استفاده از آن در جوشکاری فنر ساعت اشاره کرد.

۱۹۶۲: گروه‌هایی از GE،IBM و آزمایشگاه لینکولن در MIT، همزمان یک لیزر گالیوم‌آرسنید تولید کردند که این لیزر یک دستگاه نیمه‌هادی بود و انرژی الکتریکی را مستقیما به نور مادون قرمز تبدیل می کرد، اما برای عملیات تولید پالس باید خنک می‌شد.

ژوئن ۱۹۶۲: آزمایشگاه‌های bell اولین لیزر بلور آلومینیم ایتریم (YAG) را ارایه دادند.

اکتبر ۱۹۶۲: نیکل هالونیاک[23] محقق مشاور در یک آزمایشگاه عمومی الکتریک در سیارکوز- نیویورک، کار خود را بر روی لیزر دیود «قرمز مرئی» GaAsP (گالیوم‌آرسنید فسفید) منتشر کرد. منبعی متراکم و کارآمد از نور همدوس مرئی که امروزه پایه‌ای برای LEDهای قرمز در محصولاتی مانند سی‌دی‌ها، پخش کننده‌های دی‌وی‌دی و تلفن‌های همراه است.

اوایل سال ۱۹۶۳: مجله بارون فروش سالیانه

22 Q-switching
23 Nick Holonyak Jr

تکنیک‌های نوری غیرخطی ویژه (Extreme Noneliner Optical Techniques)، موفق به تبدیل نور لیزر مریی به اشعه ایکس شده‌اند. که یک منبع سطح بالا از اشعه ایکس همدوس نرم را می‌سازد.

پیتر سوروکین

تئودور میمن

را برای بازار تجاری لیزر، ۱ میلیون دلار تخمین زد.

۱۹۶۳: لوگان هارگروو[24]، ریچارد فورک[25] و پلاک[26] اولین لیزر با قفل‌شدگی مد را ارایه کردند؛ یک لیزر هلیوم نیون با مدولاتور آکوستو اپتیک. حالت قفل شدگی برای مخابرات لیزری و همچنین لیزرهای فمتوثانیه بسیار اهمیت دارد.

۱۹۶۳: هربرت کرومر[27] از دانشگاه سنتا باربارا کالیفرنیا، و تیم رادلف کازارینف[28] و ژورس آلفرف[29] از موسسه فنی فیزیک A.F. Ioffe در سن پترزبورگ روسیه ؛ هر کدام به‌صورت مستقل ایده‌های خود را برای ساخت لیزر نیمه‌هادی از دستگاه‌های چندساختاری[30] پیشنهاد دادند. در نهایت کرومر و آلفرف موفق به دریافت جایزه نوبل فیزیک در سال ۲۰۰۰ شدند.

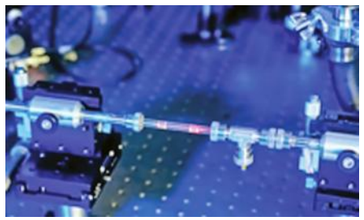
مارس ۱۹۶۴: پس از دوسال کار بر روی لیزرهای هلیوم-نئون و زنون، ویلیام بریجز[31] از آزمایشگاه تحقیقاتی هیوز موفق به کشف پالسی از لیزر یونی آرگون شد. اگر چه این لیزر بسیار ناکارآمد و بزرگ بود اما می‌توانست خروجی را در چندین طول موج قابل مشاهده و UV تولید کند.

۱۹۶۴: تاونز، باسوف و پروخوروف جایزه نوبل فیزیک را برای کارهای اساسی خود در الکترونیک کوانتومی که منجر به ساخت نوسانگرها و تقویت کننده‌ها بر اساس اصول لیزر(میزر) شد، دریافت کردند.

۱۹۶۴: لیزر دی‌اکسیدکربن توسط کومار پاتل[32] در آزمایشگاه بل اختراع شد. لیزری قدرتمند که در زمان خود به‌طور مداوم مورد استفاده قرار می گرفت و در حال حاضر نیز به عنوان یک ابزار برش در جراحی و صنعت استفاده می‌شود.

۱۹۶۴: لیزر Nd:YAG (neodymium-doped YAG)

24 Logan E. Hargrove
25 Richard L. Fork
26 M.A. Pollack
27 Herbert Kroemer
28 Rudolf Kazarinov
29 Zhores Alferov
30 heterostructure
31 William B. Bridges
32 Kumar Patel



توسط ژوزف ژیسیک[33] و ریچارد اسمیت[34] در آزمایشگاه بل اختراع شد. بعدها این لیزر برای کاربردهای زیبایی مورد استفاده قرار می گیرد؛ مانند تصحیح بینایی با لیزر (lasik) و چسبندگی پوست.

۱۹۶۵: برای اولین بار در آزمایشگاه بل دو لیزر با فاز قفل شده[35] ایجاد می‌شوند. این اختراع گامی بزرگ در جهت ارتباطات نوری بود.

۱۹۶۵: جریوم کاسپر[36] و جورج پیمنتل[37] اولین لیزر شیمیایی، یک دستگاه هیدروکلرید ۳,۷ میکرومتری را در دانشگاه کالیفرنیا برکلی به نمایش گذاشتند.

۱۹۶۶: چارکز کایو[38] با همکاری جورج هاکهام[39] در آزمایشگاه‌های استاندارد مخابرات کشفی می کنند که منجر به پیشرفت در فیبر نوری می‌شود. او محاسبه کرد که چگونه می‌توان نور را از طریق فیبرهای نوری شیشه‌ای در مسافت‌های طولانی انتقال داد. تصمیم گرفت تا با فیبر خالص شیشه‌ای، سیگنال‌های نور را در مسافت ۱۰۰ کیلومتر انتقال دهد، در حالی که در ۱۹۶۰ نور تنها در طول ۲۰ متر فیبر انتقال یافته بود. کایو موفق به دریافت جایزه نوبل فیزیک در سال ۲۰۰۹ گردید.

۱۹۶۶: فیزیکدان فرانسوی، آلفرد کاستلر[40] جایزه نوبل فیزیک را برای به‌کارگیری روش خود در برانگیختن اتم‌ها به حالت‌های انرژی بالاتر دریافت

33 Joseph E. Geusic
34 Richard G. Smith
35 phase-locked
36 Jerome V.V. Kasper
37 George C. Pimentel
38 Charles K. Kao
39 George Hockham
40 Alfred Kastler

علی جوان

نیکل هالونیاک

لول روزن (سمت چپ) و دکتر نورمن نیبل

کرد. این تکنیک با نام «پمپاژ نوری» گامی مهم در جهت ساخت میزر و لیزر بود. او در بین سال‌های ۱۹۴۹ تا ۱۹۵۱ بر روی این روش کار کرده‌بود.

مارس ۱۹۶۷: برنارد سافر[41] و بیل مک‌فارلند[42] لیزر رنگینه قابل‌تنظیم را اختراع کردند. (در کرداد کورپ در سانتامونیکا-کالیفرنیا)

فوریه ۱۹۶۸: میمن و دیگر پیشگامان لیزر انجمن صنعتی لیزر را در کالیفرنیا تاسیس کردند. که در سال ۱۹۷۲ به‌عنوان موسسه لیزر آمریکا معرفی گردید.

۱۹۷۰: گلد حق اختراع خود را از طریق دریافت یک دلار به‌علاوه ۱۰ درصد از سود آینده فروش TRG به‌دست می‌آورد.

۱۹۷۰: دانیلیچف[43]،باسف و پاپف[44] لیزر اکسایمر را در موسسه فیزیک پی. ان لبدو ساختند.

بهار ۱۹۷۰: گروه آلفرف[45] در موسسه فنی فیزیک ایوف (Ioffe) و مورت پنیش[46] و ایزو هایاشی[47] در آزمایشگاه بل، اولین لیزرهای نیمه‌هادی دماسنجی پیوسته تولید می‌کنند. این لیزرها راه را برای تجاری کردن ارتباطات فیبرنوری باز می‌کنند.

۱۹۷۰: در Corning GlassWorks (در حال حاضر با نام Corning Inc.)، دکتر روبرت مورر[48] و پیتر شولتز[49] و دونالد کک[50] نخستین فیبرنوری را با اتلافی به‌میزان ۲۰ دسی‌بل بر کیلومتر گزارش دادند. این گزارش نشان از قابلیت فیبر نوری در ارتباطات مخابرات داشت.

در آزمایشگاه اپتیک فضایی مرکز منابع الکترونیک ERC[51] لول روزن[52] و دکتر نورمن نیبل[53] سطوح انرژی اتم‌ها را در حالت‌های برانگیخته به‌عنوان یک گام برای بهبود بهره‌ی لیزر در فضا مورد بررسی قرار دادند. ERC در سپتامبر ۱۹۶۴ افتتاح شد و اداره‌ی قراردادها، کمک‌های مالی و تجارت‌های دیگر ناسا را در نیوانگلند از اداره سابق عملیات شمال شرقی (که در سال ۱۹۶۲ ایجاد شده بود) می‌گرفت، ERC در نهایت در سال ۱۹۷۰ بسته شد. تحقیق در ERC در ۱۰ آزمایشگاه مختلف انجام می‌شد: هدایت فضایی، سیستم‌ها، کامپیوتر، تحقیقات ابزاری، اپتیک فضایی، تهویه مطبوع و توزیع قدرت، تابش مایکروویو، اجزای الکترونیک، شرایط و استانداردها و سیستم‌های کنترل و اطلاعات. محققان زمینه‌هایی مانند ارتباطات مایکروویو و لیزر را نیز بررسی می‌کردند. همچنین مینیاتورسازی و مقاوت تابش از سیستم‌های الکترونیکی؛سیستم‌های کنترل و هدایت؛ تبدیل انرژی فتوولتائیک؛ دستگاه‌های نمایش اطلاعات، ابزارها و کامپیوترها و پردازش داده‌ها نیز از این تحقیقات بود. اگر چه مرکز ERC ناسا بسته شده است اما این مرکز تا زمان بسته شدن همواره در حال رشد بود.

۱۹۷۰: آتور اشکین[54] از آزمایشگاه بل، دام‌اندازی نوری را کشف کرد. فرآیندی که در آن اتم‌ها توسط نور لیزر به دام می‌افتند. این کار اشکین را در زمینه دام‌اندازی و انبرک‌نوری به یکی از پیشگامان عرصه‌ی لیزر تبدیل کرده‌است. در حقیقت کار او پیشرفت مهمی در زیست‌شناسی و فیزیک محسوب می‌شود.

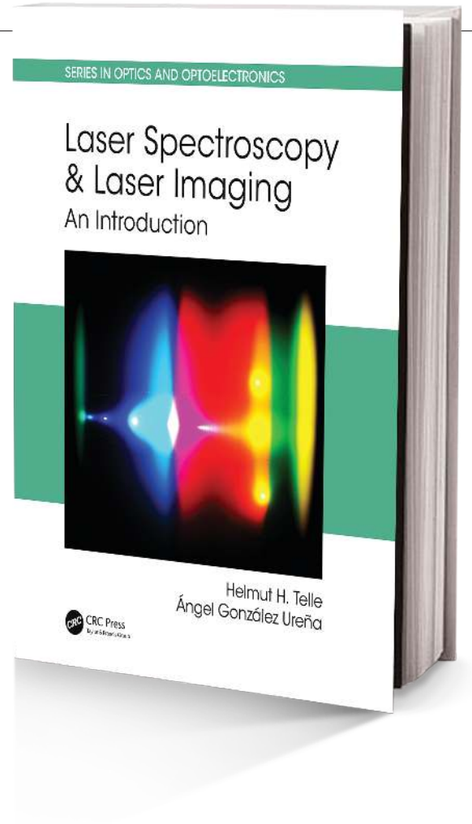
با گذشت تنها یک دهه از اختراع لیزر مشخص شد که لیزر نقطه عطفی در تحولات دانش و فناوری دنیا است. این تازه آغاز راه بود و تحولات ناشی از ظهور لیزر به‌صورت روزافزون به توانایی تحقیقاتی دانشمندان و توسعه کسب‌وکار فعالان صنعتی می‌افزود. در شماره بعد به ادامه این تحولات می‌پردازیم.

41 Bernard Soffer
42 Bill McFarland
43 , V.A. Danilychev
44 Yu. M. Popov
45 Alferov
46 Mort Panish
47 Izuo Hayashi
48 Robert D. Maurer
49 Peter C. Schultz
50 Donald B. Keck
51 Electronics Resource Centers
52 Lowell Rosen
53 Norman Knable
54 Arthur Ashkin

راهنما
GUIDE

۵۸ طیف‌سنجی و تصویربرداری لیزری
۶۰ بودن یا نبودن، مسأله این است!

بودن یا نبودن
مسأله این است!
۶۰



Laser Spectroscopy & Laser Imaging

طیف‌سنجی و تصویربرداری لیزری

محمّدرضا شریفی‌مهر
m_sharifimehr@sbu.ac.ir

نویسنده: Helmut H. Telle
ناشر: CRC Press
سال انتشار: ۲۰۱۸
تعداد صفحات: ۷۲۲

«این کتاب در برگیرنده تمام روش‌های معمول و همچنین تکنیک‌های جدید مورداستفاده در طیف‌سنجی لیزری می‌باشد که در هر فصل با ارائه مقدمه، خلاصه مطالب و بیان دیدگاه‌های مختلف در زمینه موضوعات مورد بحث، ساختار خوبی را به‌منظور ارائه مطالب انتخاب نموده‌است.

این کتاب برای متخصصین و پژوهشگران حوزه طیف‌سنجی لیزری بسیار با ارزش بوده و من با شناختی که از نویسندگان کتاب به‌عنوان دانشمندان پیشرو در این زمینه دارم، مطالعه آن را کاملاً توصیه می کنم ...»

Wolfgang Demtröder, Kaiserslautern
University of Technology

ازآنجاکه پروفسور «Demtröder» به‌عنوان یکی از برجسته‌ترین پژوهشگران حوزه طیف‌سنجی لیزری، چهره‌ای کاملاً شناخته شده‌است و کتاب ایشان با عنوان "طیف‌سنجی لیزری" سال‌هاست که در مراکز دانشگاهی ایران به‌عنوان منبع درسی مورداستفاده قرار می گیرد، بنابراین با توصیفی که ایشان در مورد کتاب «طیف‌سنجی و تصویربرداری لیزری» داشته‌اند، می‌توان به ارزش آن پی برد.

درحقیقت، نویسندگان این کتاب تمام روش‌هایی که امروزه در طیف‌سنجی لیزری مورد استفاده قرار می گیرند را به‌دقت و بازیابی تمام به‌تصویر کشیده‌اند، به‌طوری‌که خوانندگان کتاب، علاوه بر فهم دقیق مفاهیم پایه، با روش‌های تجربی و کاملاً کاربردی در زمینه طیف‌سنجی و تصویربرداری لیزری و همچنین رویکردهای نوین در این زمینه‌ها آشنا خواهند شد.

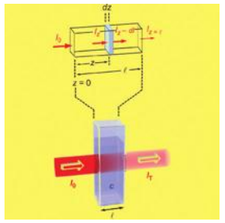
فصل‌های این کتاب بااستفاده از یک ساختار منسجم و هدفمند ارائه شده‌اند، به‌طوری که در ابتدای هر فصل، خلاصه‌ای کوتاه از مفاهیم کلیدی و اصول اولیه و سپس کاربردها، مزایا و ملاحظات مربوط به هر روش بیان شده‌است و در ادامه نیز پس از بحث در زمینه مطلب ارائه شده و بیان جزئیات قابل توجه، پیشرفت‌های اخیر و پروژه‌های جاری در زمینه روش مورد بحث به‌صورت خلاصه مرور شده‌است.

به‌طورکلی مطالب ارائه شده در این کتاب را می‌توان به سه بخش اصلی تقسیم نمود: در بخش نخست که فصل‌های ۱ تا ۵ را شامل می‌شود، فرآیندهای اصلی مربوط به برهم‌کنش فوتون با ماده تشریح شده و در ادامه، آشکارسازها و انواع لیزرهای مورداستفاده در برانگیختگی مواد معرفی شده‌اند. در بخش دوم که سهم زیادی از مطالب کتاب را به‌خود اختصاص داده و فصل‌های ۶ تا ۱۶ را در برمی‌گیرد، روش‌های مختلف طیف‌سنجی مانند: طیف‌سنجی‌های جذبی، فلورسانس، رامان و LIBS به‌طور کامل و به‌همراه جزئیات مربوط به المان‌های مورداستفاده در چیدمان تجربی هر روش، نتایج حاصل و کاربرد هر یک از آنها آورده شده‌است.

در بخش انتهایی کتاب شامل فصل‌های ۱۷ تا ۲۱ نیز روش‌های تصویربرداری مبتنی بر طیف‌سنجی لیزری به‌همراه مثال‌ها و تصاویر گویا در مورد هر روش و بیان چالش‌ها و پیشرفت‌های اخیر در این زمینه، معرفی شده‌است.

همچنین در انتهای این کتاب برای متخصصین و پژوهشگران علاقمند به مطالعه بیشتر، در هر یک از موضوعات بیان شده، فهرست جامعی از منابع تکمیلی بسیار ارزشمند و کاربردی به‌صورت جداگانه برای هر فصل آورده شده‌است.

تمرکز مطالب این کتاب بر مبنای ارائه کاربردهای واقعی بوده و با دارا بودن بیش از ۴۷۰ تصویر، علاوه بر بیان مفاهیم پایه و جزئیات چیدمان‌های تجربی، نتایج و نمودارهای حاصل از انجام آزمایش‌ها را نیز مورد بحث و بررسی قرار داده‌است. در حاشیه‌ی اغلب صفحات این کتاب، مفاهیم و نکات کاربردی مرتبط با متن به‌همراه نمودارها و تصاویر گویا آورده شده که به فهم عمیق‌تر و ایجاد درک بهتر از مطالب عنوان شده کمک می کند. تنوع مثال‌های استفاده شده در این کتاب نیز جالب توجه است، به‌طوری‌که زمینه‌هایی مانند: فیزیک، شیمی، علوم محیطی، زیست شناسی و پزشکی را شامل می‌شود و به‌این ترتیب می‌تواند به‌عنوان مرجع اصلی و کاربردی برای متخصصین علوم مختلف که علاقمند به آشنایی با روش‌های طیف‌سنجی و تصویربرداری لیزری هستند، مورداستفاده قرارگیرد.



نمای کلی از تضعیف باریکه لیزر هنگام عبور از درون محیط حاوی محلول جاذب پرتو و اصول هندسی مورداستفاده در به‌دست آوردن رابطه ریاضی قانون «بیر-لامبرت» که معمولاً در طیف‌سنجی جذبی مورداستفاده قرار می گیرد.

«عینک ایمنی پرتو لیزر»

چشم بر پرتو لیزر بگشا

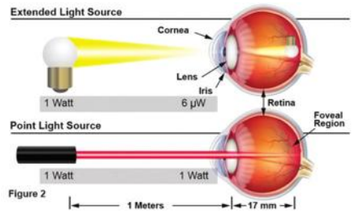
مریم فیض پور
feizpour.optics@gmail.com

ویژه‌نامه دانش‌بنیان • فناوری لیزر و فوتونیک
شماره دهم • مرداد ۱۳۹۷
لیزر و فوتونیک

باریکه لیـــزر، نوعی تابش الکترومغناطیســـی متشکل از پرتوهای موازی، همدوس و تک‌رنگ با واگرایی بسیار کم و شـــدت بالا می‌باشد که از دیدگاه ایمنی به‌صورت چشـــمه‌ای نقطه‌ای با درخشـــندگی زیاد در نظر گرفته می‌شـــود و به‌دلیل اینکه می‌تواند انرژی زیادی را در ناحیه بســـیار کوچکی از فضا متمرکز کند، نســـبت به منابـــع تولید نور معمولـــی دارای ملاحظات بیشتری می‌باشد. بنابراین با توجه به ویژگی‌های پرتو مانند طول‌موج، توان خروجی و ...، پرتو لیزر می‌تواند به بخش‌های مختلف بدن آسیب‌های جـــدّی وارد کنـــد کـــه دراین میـــان احتمال آسیب‌های چشمی بســـیار زیاد بوده و معمولاً جبران‌ناپذیر می‌باشـــند. به‌همین دلیل جهت آشنایی بیشتر و کاهش خطرات احتمالی ناشی از به‌کارگیری پرتو لیزر، در این بخش به‌بررسی ویژگی‌های مهم، نحوه انتخاب مناسب و روش نگهداری از عینک ایمنی پرتـــو لیزر، پرداخته شده‌است.

لزوم استفاده از عینک ایمنی پرتو لیزر

همان‌طور که می‌دانیم، قرار گرفتن در معرض تابش نـــور لیزر با شـــدت بیش از حـــد مجاز، به‌قسمت‌های مختلف چشم، مانند قرنیه، شبکیه و عدســـی صدمه می‌زند که این آســـیب‌های احتمالی، به طول‌موج، مـــدت زمان پرتوگیری و شـــدت نور لیزر بستگی داشـــته و با توجه به محدوده‌های مختلـــف طول‌موجی، بخش‌های مختلفی از چشم را دچار آسیب می‌کند. به‌عنوان مثال، تابش لیزر در ناحیه طیف فرابنفش (UV-B &C) و مادون قرمـــز (IR-B &C) در قرنیه جذب می‌شود و ضایعاتی را در آن ایجاد می‌کنند.



درحقیقت پرتـــو لیزر، به‌دلیل مـــوازی بودن و واگرایی کـــم، قابلیـــت آن را دارد که به‌صورت نقطه‌ای در شبکیه کانونی شده و موجب تخریب شـــبکیه و در نهایت کوری موقت و یا حتی دائم شـــود. بنابراین حتـــی لیزرهای کـــم توان هم درصورتی که به آن‌ها به‌صورت مســـتقیم نگاه کنیم و یا مدت زمان طولانی بر چشـــم تابیده شوند، می‌توانند آســـیب‌های جبران‌ناپذیری در پی‌داشـــته باشـــند که این مورد در رابطه با پرتو لیزرهای غیر مرئـــی (مانند مادون قرمز و یا فرابنفش) که به‌صورت معمول توسط چشم دیده نمی‌شود، بسیار جدّی است.
به‌منظـــور رفع تمـــام نگرانی‌هـــای مربوط به آسیب‌های چشمی ناشی از پرتو لیزر، به‌سادگی می‌توان از عینک‌های ایمنـــی که زیرمجموعه فیلترهای طیفی هســـتند، اســـتفاده نمود. در حقیقت این نوع عینک‌ها بهترین ابزار محافظت از چشـــم در برابر تابش پرتو لیزر می‌باشند که اســـتفاده از آن‌ها برای کاربران و تمام افرادی که برای آن‌ها احتمال (هرچند اندک) آســـیب دیدگی ناشـــی از تابش پرتو لیزر وجود داشته باشد، الزامی است.

کدام نوع عینک برای من مناسب است؟

پیش از پرداختن به پاســـخ این ســـوال، لازم اســـت که ویژگی‌های مهم عینک‌های لیزری را بشناسیم زیرا داشـــتن اطلاعات کافی هم در زمینه مشخصات لیزر مورد اســـتفاده و هم در مورد مشـــخصات عینک‌های ایمنی پرتو لیزر، برای انتخاب دقیق یک عینک ایمنی مناسب، الزامی است. در ادامه از بین تمام ویژگی‌های یک عینک ایمنی پرتو لیزر، چهار پارامتر مهم که در انتخاب صحیح عینک نقش اصلی دارند را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

چگالی نوری و محدوده طول‌موجی

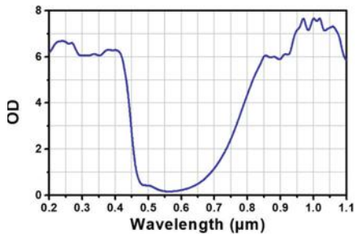
چگالی نـــوری یا چگالـــی اپتیکـــی (Optical Density) که به‌اختصار «OD» نامیده می‌شود، یکی از مهم‌ترین پارامترهـــا در انتخاب عینک مناســـب می‌باشـــد که رابطـــه لگاریتمی آن به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$OD = \log_{10}\left(\frac{1}{T}\right), \text{ or } \; T = 10^{-OD}$$

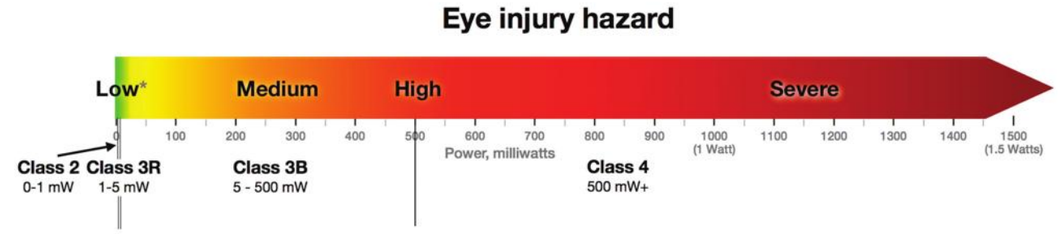
طبق این رابطه، پارامتر OD یک عینک ایمنی لیزر، میزان تضعیف باریکه لیزر فرودی به عینک را مشـــخص می‌کند. به‌عنوان مثـــال اگر روی عینک OD+3 حک شده باشد، به‌این‌معناست که این عینک، شدت لیزر را تا ۱۰۰۰ برابر کاهش می‌دهد و در حقیقت یک دهـــم درصد پرتو را عبور می‌دهد.

OD	میزان تضعیف	درصد میزان عبور پرتو
0	1	100%
+1	1/10	10%
+2	1/100	1%
+3	1/1000	0.1%
+4	1/10,000	0.01%
+5	1/100,000	0.001%
+6	1/1,000,000	0.0001%
+7	1/10,000,000	0.00001%
+8	1/100,000,000	0.000001%
+9	1/1,000,000,000	0.0000001%

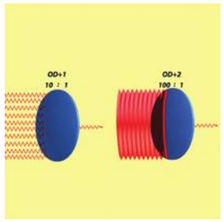
در شـــکل زیر میزان تضعیف پرتـــو برای یک عینک ایمنی پرتو لیزر بر حسب طول‌موج نشان داده شده‌اســـت. باتوجه به ایـــن نمودار طیفی واضح اســـت که بهترین محدوده محافظت این عینک برای لیزرهایی در ناحیه‌های فرابنفش، مادون قرمز و مادون قرمز نزدیک (با طول‌موج کمتـــر از ۴۰۰ و بیشـــتر از ۸۵۰ نانومتر) قرار دارد، ولی برای لیزرهایی با پرتو مرئی مناســـب نیســـت. به‌عنوان مثال می‌تـــوان این عینک را در هنگام کار با یک لیـــزر Nd-YAG با طول‌موج ۱۰۶۴nm مورد استفاده قرار داد زیرا OD عینک در این طول‌موج حدود +۷ می‌باشد، درحالی که برای هارمونیک دوم همین لیـــزر، با طول‌موج ۵۳۲nm کـــه در ناحیه مرئی طیـــف قرار دارد، دارای OD نزدیک به صفر بوده و به‌عنوان عینک ایمنی پرتو لیزر قابل استفاده نیست.



البته به‌جز پارامتر OD برای بیان میزان تضعیف پرتو عینک‌های ایمنی لیـــزر، نمادگذاری‌های



مشـــخصات مربوط به میزان تضعیف عینک‌های استاندارد ایمنی پرتو لیزر، معمولاً روی فریم عینک و یا روی شیشه آن حک شده‌است.



نمایش طرح‌واره‌ای از مقایسه OD+1 و OD+2 به‌عنوان شیشه عینک ایمنی پرتو لیزر.

دیگری نیز مورد اســتفاده قــرار می‌گیرند که خواننده علاقمند می‌تواند برای مطالعه بیشتر در این زمینــه، بــه کاتالوگ و یا وب‌ســایت شــرکت‌های ســازنده عینک‌های ایمنی لیزر مراجعه کند.

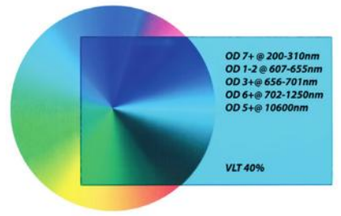
دید مناسب در هنگام کار با عینک

نکته مهم در هنگام استفاده از عینک‌های ایمنی پرتو لیزر آن اســت که پس از حذف طول‌موج لیزر مورد استفاده با OD مورد نظر، باید همچنان میدان دید کاربر کافی باشــد و اشیاء و وسایل محیط کاری به‌وضوح دیده شــوند. این ویژگی با پارامتر VLT (Visible Light Transmission) که بیانگر درصد عبور نور مرئی می‌باشد، ارائه شده و معمولاً عددی بین ۵% تا ۹۰% می‌باشد.

به‌عنوان مثال اگــر VLT برای یک عینک ایمنی برابر ۶۵% باشد به‌معنی آن است که ۶۵ درصد از توان پرتوهای ناحیه طیف مرئی از فیلتر عینک عبور نموده و به چشــم کاربر می‌رســد که این مقدار عبور، دید مناسبی را از محیط اطراف برای کاربر فراهم می‌نماید. به‌این ترتیب، عینک‌های ایمنی با VLT کمتر از ۱۰% به‌سختی در محیط آزمایشگاه قابل استفاده خواهند بود.

نوع فیلتر عینک

انواع مختلفی از عینک‌هــای ایمنی پرتو لیزر، برای کار با دســتگاه‌های مختلف بــا توان پرتو خروجی متفاوت تولید شده‌اند که براین‌اساس، برای تــوان اپتیکــی متوســط، عینک‌هایی با فیلتر پلاســتیکی (پلیمری) معمولاً از جنس پلی‌کربنات رنگی به‌صورت فیلتــر جذبی و یا به‌صورت زیر لایه پلی‌کربنــات دارای یک لایه بازتابی ساخته شده‌اند. برای توان‌های اپتیکی بالاتر، اغلب از فیلترهای شیشــه‌ای اســتفاده می‌شود. هر چند که شیشه دارای آستانه تخریب حرارتی بالایی بوده و همچنیــن با مقدار VLT بالاتر نسبت به فیلترهای پلی‌کربنات، در برابر خراشیدگی نیز مقاومت بهتری دارد ولی در برابر ضربه‌های مکانیکی بسیار شکننده بوده و وزن آن نیز نسبت به فیلترهای پلیمری بیشتر است.



از آنجا کــه فیلترهــای پلی‌کربنــات در برابر شــکنندگی مقاومت بیشــتری داشته و علاوه بــر دارا بــودن وزن کمتــر، معمــولاً ارزان‌تر از نوع شیشــه‌ای می‌باشــند، امروزه استفاده از عینک‌های ایمنــی پرتو لیزر بــا فیلترهای پلی‌کربنات رو به افزایش است. البته ویژگی‌های دیگری مانند ضد خش بــودن فیلتر عینک نیز به افزایش عمر مفید آن کمــک می‌کند، ولی به‌عنوان پارامتر تأثیر گــذار در انتخاب عینک مناسب مطرح نمی‌باشد.

نوع فریم عینک

انتخاب قاب یا فریم مناسب برای راحتی کاربر دارای اهمیت فراوانی است. مخصوصاً در مواردی که عینک ایمنی به‌صورت طولانی مدت مورد استفاده قرار می‌گیرد، انتخاب فریم‌های سنگین

امــروزه بــا اســتفاده از فیلترهای ســبک وزن پلی کربنــات، برخی از عینک‌های ایمنــی پرتو لیــزر طوری طراحی شده‌اند که کاربران به‌راحتی می‌توانند آن‌ها را روی عینک طبی خود مورد استفاده قرار دهند.

و یا نامناسب برای ابعاد صورت کاربر، می‌تواند با ایجاد خستگی بیش از حد و اعمال فشار زیاد روی بینی، باعث عدم استفاده از عینک در هنگام کار با پرتو لیزر شده و احتمال بروز آسیب‌های چشمی را به‌شــدت افزایش دهد. در حقیقت فریم مناســب باید به‌گونه‌ای باشد که علاوه بر داشــتن مقاومت مکانیکی کافی، به‌خوبی روی صورت فرد قرار گیرد و میدان دید شخص هنگام استفاده از عینک ایمنی، کافی باشد.

توجه به کاربرد مورد نظر، مدت زمان اســتفاده و شــرایط کاری پرتو لیزر نیز در انتخاب فریم

در برخی فریم‌ها نیــز در صورت نیاز می‌توان شیشه عینک طبی را به‌وسیله یک قــاب داخلی جداگانــه، درون عینک ایمنی پرتو لیزر قرار داد.

مناســب اهمیت ویژه‌ای دارد. در تصویر فوق، ســه نوع فریم متفــاوت با یک فیلتر یکســان عرضه شــده‌اند کــه به‌ترتیب از بــالا به پایین برای ۱) کاربردهای معمولــی، ۲) افراد دارای عینــک طبــی و ۳) بــا محافظ جانبــی برای استفاده در محیط‌های دارای پراکندگی پرتو، مناسب می‌باشند.

البته علاوه بر چهار ویژگی بیان شــده، انتخاب عینک مناسب به‌پارامترهای دیگری نیز بستگی دارد که از آن جمله می‌توان به‌شرایط محیط کار با لیزر، نوع لیزر مورد استفاده و همچنین میزان تخصص کاربران اشاره نمود.

بنابراین برای انتخاب بهترین عینک ایمنی ابتدا باید به مشخصات دســتگاه لیزر مورد استفاده مانند طول‌موج، حداکثر توان خروجی دستگاه، واگرایی و قطر پرتو لیزر مورد استفاده، مراجعه نمود و سپس با در نظر گرفتن پارامترهایی که مورد بررسی قرار گرفت و همچنین حداکثر تابش

برای قرار دادن موقت عینک روی سطوح صاف (مانند میز اپتیکی) روش صحیح آن است که مطابق شکل فوق، فریم عینک را به‌صورت معکوس روی سطوح قرار دهیم تا احتمال تماس فیلترهای عینک با سطح به‌حداقل ممکن برسد.

مجاز و حداکثر شدت پرتو لیزر، مناسب‌ترین عینک ایمنی را با توجه به کاربرد و شرایط کاری مورد نظر انتخاب نمود. البته بدیهی است که اغلب کاربران دستگاه‌های لیزری، تخصص کافی برای انتخاب عینک ایمنی مناسب را نداشته و برای انتخاب صحیح باید به متخصصین این زمینه، وب‌سایت و یا کاتالوگ شرکت‌های معتبر سازنده عینک‌های ایمنی پرتو لیزر مراجعه نمایند.

همچنین توجه به‌این نکته الزامی است که عینک‌های ایمنی در زیرمجموعه المان‌های اپتیکی دقیق دسته بندی می‌شوند و به‌همین دلیل قیمت نمونه‌های استاندارد این نوع عینک‌ها، ممکن است کمی بالا باشد، ولی از آنجا که رعایت اصول ایمنی چشم در هنگام کار کردن با پرتوهای لیزر بسیار مهم است، استفاده از انواع غیراستاندارد و ارزان قیمت عینک‌هایی که به‌اشتباه به‌عنوان عینک ایمنی پرتو لیزر فروخته می‌شوند، هرگز توصیه نمی‌شود؛ زیرا آسیب‌های چشمی ناشی از به‌کارگیری این گونه عینک‌های غیر استاندارد و بدون برگه مشخصات و تأییدیه شرکت‌های معتبر، معمولاً جبران‌ناپذیر خواهد بود.

توصیه بسیار مهم

تا زمانی که از مناسب و استاندارد بودن عینک ایمنی پرتو لیزر موجود برای منبع لیزر مورد استفاده اطمینان حاصل نکرده‌اید، هرگز از آن استفاده نکنید زیرا هنگام کار با هر پرتو لیزر با ویژگی‌های خاص، عینک ایمنی پرتو لیزر مخصوص به همان پرتو لیزر باید مورد استفاده قرار گیرد؛ در غیراین‌صورت احتمال بروز آسیب‌های جدی و بازگشت‌ناپذیر، به‌شدت افزایش خواهد یافت.

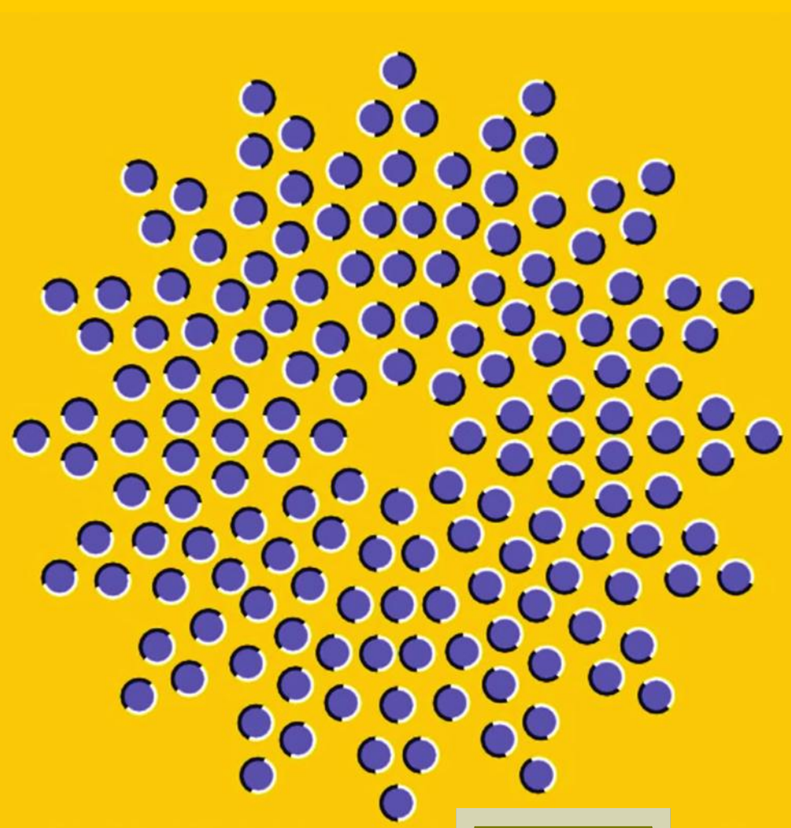
نگهداری از عینک ایمنی پرتو لیزر

■ برای تمیز کردن گرد و غبار و آلودگی از روی سطح عینک ایمنی، فقط از محلول‌های تمیز کننده توصیه شده توسط سازنده به‌همراه پارچه نخی بدون پرز استفاده کنید.

■ اغلب عینک‌های ایمنی، به‌همراه بند آویز گردن عرضه می‌شوند که استفاده از آن مخصوصاً برای عینک‌های شیشه‌ای با وزن بالا الزامی است.

■ ایجاد خراش‌های ریز روی فیلترهای عینک باعث کاهش کارایی آن شده و در برخی از موارد، مقدار OD آن را کاهش می‌دهد. بنابراین به‌منظور جلوگیری از این مورد، هنگامی که از عینک ایمنی پرتو لیزر استفاده نمی‌شود، آن را در کیف محافظ مخصوص قرار دهید.

■ پیش از هر بار استفاده از عینک ایمنی پرتو لیزر، فیلترهای آن را بررسی نموده و در صورت مشاهده هرگونه شکستگی، خراش عمیق، اثر سوختگی و یا رنگ پریدگی، به‌هیچ وجه آن را مورد استفاده قرار ندهید.



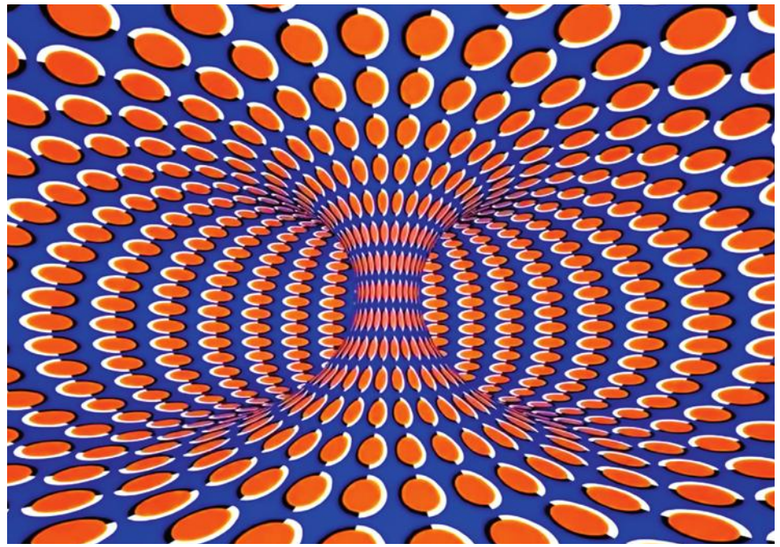
مدرسه فناوری
ACADEMY

خطای دید، آیا باید به چشمانمان اعتماد کنیم؟ ۶۸

۶۸ خطای دید، آیا باید به چشمانمان اعتماد کنیم؟
۷۸ شعبده‌بازی با علم

خطای دید
آیا باید به چشمانمان اعتماد کنیم؟

مهنوش غلامزاده
Mahnoosh.Gholamzade@Gmail.Com



پنج حس مهم در انسان به عنوان حواس اصلی وجود دارد: بویایی، چشایی، بینایی، لامسه و شنوایی. در این بین بینایی پیچیده‌ترین حس انسان است. حتماً تا کنون جمله مثل چشمهایم به چیزی اعتماد دارم را شنیده‌اید. بد نیست بدانید در بسیاری از مواقع اطلاعاتی که به‌وسیله چشم جمع‌آوری شده و توسط مغز پردازش می گردد منجر به درک تصویری می‌شود که با واقعیت آن تصویر تطابق ندارد. ما دیدن را امری ساده تلقی می کنیم، حال آن که برای ایجاد تصویر صحیح از جهان پیرامون، هماهنگی پیچیده و شگرفی باید بین سیستم بینایی و مغزمان وجود داشته باشد. سیستم بینایی ما طوری تنظیم شده است که بتوانیم در محیطی سه‌بعدی، نور، سایه، رنگ، بافت و شکل اشیا را در فواصل دور و نزدیک تشخیص بدهیم. همه ما با تصاویری مواجه شده‌ایم که وقتی به قسمتی از آن نگاه می کنیم گویی بخش‌های دیگری از آن در حال حرکت هستند و یا دو شکل یکسان را متفاوت می‌بینیم؛ چرا چنین اتفاقی رخ می‌دهد؟ مغز ما با دریافت انبوهی از تصاویر در اطرافمان، تلاش دارد مفهوم واقعیت را برای ما نمایان کند و این تجزیه و تحلیل در کسری از ثانیه انجام می گیرد. در این میان گاهی مغز نمی‌تواند آن‌چه را که دریافت می کند به درستی تشخیص دهد و واقعیت را به‌خوبی نشان نمی‌دهد. این اتفاق را توهم دیداری یا خطای دید می‌نامیم. خطای دید به احساس دیدن تصاویری گفته می‌شود که فریبنده یا گمراه‌کننده هستند. قدمت خطای دید به ۳۵۰ سال پیش از میلاد مسیح در یونان باستان برمی گردد. در برخی متون، ارسطو به‌گونه‌ای از خطای دید به نام خطای دید آبشار اشاره می کند. به‌این‌صورت که اگر شما به‌مدت یک دقیقه به آبشار نگاه کنید و سپس به سنگ‌های پایین آبشار خیره شوید، این‌طور به‌نظر می‌رسد که سنگ‌ها در خلاف جهت آب در حال حرکت هستند. دنبال کردن حرکت آب روی نورون‌های مشخصی که وظیفه تطبیق حرکت را به عهده دارند تاثیر می گذارد و وقتی که به سنگ‌ها نگاه می کنید آن نورون‌ها همچنان در حال تلاش برای اصلاح حرکت قبلی هستند و این روند عامل ایجاد توهم در حرکت سنگ‌ها در خلاف جهت آب است.

خطای دید، تفسیری اشتباه از محرک‌های حسی واقعی است یعنی تفسیری که با واقعیت عینی تعریف شده، مطابقت ندارد. مغز ما برای پردازش سریع و تحلیل آنچه که می‌بینیم میان‌برهایی مشابه موارد دیده شده قبلی را تعریف می کند.

طبیعت خطای دید

خطاهای دید تجربیات ادراکی خاصی هستند که در آن‌ها اطلاعات ناشی از محرک‌های واقعی، منجربه تصور غلط از موضوع یا رویدادی می‌شود. برخی از این تصورات غلط مربوط به خارج از بدن انسان است (مانند امواج نور که سبب خمیده دیده شدن یک مداد در لیوان آب می‌شود و یا شرایط نامناسب مانند روشنایی کم)، یا این که ناشی از ویژگی‌های عملکردی و ساختاری دستگاه حسی انسان است (به‌عنوان مثال، اعوجاج در شکل قرنیه چشم). این نوع خطاهای دید بصری در هر فردی ممکن است دیده شود. گروه دیگری از خطاهای دید که به بدن و ساختار سیستم عصبی انسان مربوط است ناشی از سوءبرداشت حاصل از نشانه‌های ظاهری ناکافی حسی است. به‌نظر می‌رسد در چنین حالتی، احساسات به‌صورت واقعیت‌های متناقض، خود را نشان می‌دهند و خطایی در پردازش اطلاعات حسی در سیستم عصبی مرکزی (مغز و نخاع) رخ می‌دهد. برای مثال، رانندگانی که چراغ‌های خود را در پنجره یک فروشگاه مشاهده می کنند، ممکن است فکر کنند که خودروی دیگر به سمت‌شان می‌آید حتی اگر بدانند که جاده‌ای در آنجا وجود ندارد.

خطای دید انواع بسیار دارد که هرکدام دلایل خاص خود را دارند. گاهی خطا در دیدن اندازه اشیا رخ می‌دهد، گاهی اشکال ثابت را متحرک می‌بینیم، در برخی موارد اشیا را به رنگی غیر از رنگ واقعی‌شان می‌بینیم و ....

در اینجا نمونه‌هایی از توهمات دیداری مشهور را بررسی می کنیم. این‌ها برخی از عجیب‌ترین خطاهای دید نوری شناخته شده هستند که حتما مغز شما را به زحمت می‌اندازند. هنگامی که ما در مورد خطاهای دید صحبت می کنیم، معمولاً به مجموعه‌ای از خطاهای دید شناختی می‌اندیشیم. این‌ها خطاهای دیدی هستند که به فرضیات ناخودآگاه ما درباره جهان مربوطند و موجب می‌شوند که بین مشاهدات ما و آنچه در مغز پردازش می‌شود، شکاف ایجاد شود و مغز ما تصاویر مشاهده شده ما را اشتباه تفسیر کند.

گاهی چشم ما رنگی را که به‌صورت پیش فرض از اشیا در مغز وجود دارد، می‌بیند؛ درحالی که ممکن است آن شی اصلاً به آن رنگ مفروض در ذهن ما نباشد. به مثال زیر توجه کنید.

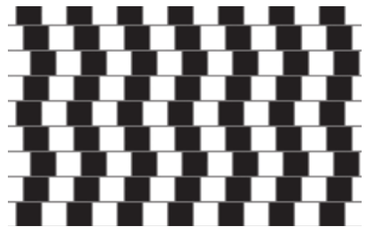
توت فرنگی غیر قرمز

در این تصویر از توت فرنگی، هیچ رنگ قرمزی وجود ندارد .اما قرمز به نظر می‌رسد! این مغز شما

پروفسور ریچارد گریگوری در کنار کافه واقعی در بریستول- ۲۰ فوریه ۲۰۱۰

است که رنگ‌ها را اصلاح می‌کند. مغز شما می‌داند که توت فرنگـــی قرمز اســـت، بنابراین جزئیات خاصی را برای شما در تصویر وارد می‌کند.
این پدیده به عنـــوان «پایداری رنـــگ» نامیده می‌شـــود و یک ویژگـــی ادراک رنگ اســـت که اطمینان می‌دهد رنگ درک شده از اشیاء تحت شرایط روشنایی‌های متفاوت، ثابت باقی می‌ماند.
اگر شما نیاز به اثبات این پدیده دارید یک سوراخ کوچک در یک تکه کاغذ ایجاد کنید و سوراخ را روی یکی از قسمت‌های «قرمز» تصویر قرار دهید. حال دیگر خیلی قرمز نیست، درست است؟
در برخی مواقع ما اشکال را به شکلی غیر از شکل واقعی آنها می‌بینیم.

خطای دید دیوار کافه



دیوار یک کافه در بریستول بریتانیا، با کاشی‌های تیره و روشن متناوب و خطوط نازک خاکستری میان ردیف‌های آن، پر شده‌بود. ردیف‌های کاشی کج به نظر می‌رســـیدند اما در واقع کاملاً موازی بودند. پس چه چیـــزی باعث ایـــن خطای دید می‌شـــد؟ اگر با یک نرم افزار گرافیکی ساده مثل paint، خطوط خاکستری را سیاه کنید، خواهید دید که دیگر این خطای دید عمل نمی‌کند. بسته به این که آیا این خط‌ها بین کاشی‌های تیره یا بین دو کاشی روشن و یا بین کاشی‌های تیره و روشن هستند، کنتراست متفاوتی ایجاد می‌کنند. مغز ما هنگام تفسیر این تصاویر تمایل بیشتری به پخش مناطق تیره نســـبت به مناطق روشن دارد. این پدیده Irradiation نام دارد و دلیل اصلی منحنی تصور کردن این خطوط نیز همین امر است.
چشم ما گاهی در دیدن زوایا و یا انحنای خطوط دچار خطا می‌شود.

خطای دید کوری منحنی

اکثر مردم، به بخش خاکستری پس زمینه تصویر بالا نگاه می‌کنند و مجموعه ای از خطوط موازی را مشاهده می‌کنند، که متناوباً زیگزاگ و موجی می‌شوند. درحالی که همه آنها موجی هستند.
این پدیـــده کوری منحنی نامیده می‌شـــود و به مجموعه‌ای از شـــرایط خاص نیـــاز دارد. اگر به گوشه‌ها با پس زمینه سفید و یا پس زمینه سیاه نگاه کنید، خواهیـــد دید که تمام خطوط موجی به نظر می‌رســـند. حال اگر دقیق تـــر به خطوط زیگزاگ در قسمت خاکستری نگاه کنید، خواهید دید که بخش‌های تاریک و روشن دقیقاً بین قله‌ها و دره‌ها قرار دارند، درحالی که در خطوط موجی بخش‌های تاریک و روشن روی قله‌ها و دره‌ها قرار گرفته است .
این خطای دید اخیراً توسط Kohske Takahashi، روانشـــناس تجربی از دانشـــگاه Chukyo ژاپن، کشف شده است و نشان می‌دهد که ما نمی‌توانیم به چشمانمان اعتماد کنیم حتی اگر مستقیم به چیزی نگاه کنیم.

جاده آجری

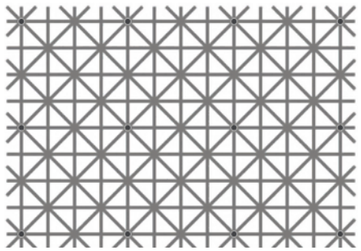
باور می‌کنید که این دو عکس یکسان است و در زوایای مختلف گرفته نشده‌اند.
در این خطای دید، ما این دو عکـــس را به‌عنوان یک صحنه کامل در نظر می‌گیریم. اگر مـــا در مقابل آن بایستیم و به‌طور مســـتقیم به آن نگاه کنیم، به نظر می‌رسد که خیابان سمت راستی بیشتر به سمت راست متمایل است. اما اگر تصاویر را از هم جدا کنیم و زیر هم قرار دهیم دقیقاً هر دو را یکسان می‌بینیم. دلیل این خطای دید این است که ما دارای ادراک عمقی غریزی هستیم یعنی مغز ما به طور خودکار زاویه را به‌شکلی اصلاح می‌کند که گویی ما به یـــک صحنه در دنیای سه‌بعدی نگاه می‌کنیم.
مغز ما برای تفسیر صحنه‌هایی که می‌بینیم به نشانه‌ها و علائم کمکی نیاز دارد و بدون داشتن این نشانه‌ها دچار خطا می‌شود. برخی از خطاهای دید ناشی از عدم وجود همین علائم است.

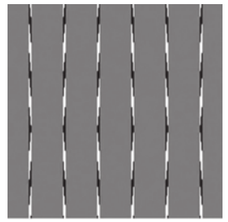
بانوی چرخان

تصاویر متحرک را می توانید در سایت (http://brainden.com/multistable-objects.htm) مشاهده کنید.

این خطای دید اغلب به عنوان یک تســـت برای تعیین اینکه کدام بخش از مغز شما فعال‌تر است اســـتفاده می‌شـــد. البته این بانو نمی‌تواند آن را تعیین کند. اما این خطای دید هنوز هم سرگرم کننده است.
آیا چرخـــش او در جهت عقربه‌های ســـاعت یا برخلاف آن است؟ یا شاید درحالی که شما سعی می‌کنید که این موضوع را کشف کنید، ناگهان جهت حرکتش عوض می‌شـــود و به‌نظر می‌رسد شروع به چرخش در جهت دیگر کرده است؟
این توهم دیداری توســـط طراح وب Nobuyuki Kayahara در ســـال ۲۰۰۳، طراحی شده است. ازآنجاکه هیچ نشـــانه‌ای برای نشان دادن عمق وجود ندارد، مغز دچار خطا می‌شـــود. اکثر مردم چرخش او را در جهت عقربه‌های ساعت می‌بینند. به این پدیده ادراک چندگانه گفته می‌شود - یا در این مورد دوگانه. هنگامی که یک تصویر برای یک تفسیر بیش‌ازحد مبهم اســـت، مغز آن را با تفسیرهای چندگانه درک می‌کند - هرچند این ادراک هرگز به طور همزمان نیست. بنابراین شما می‌توانید این تصویر را در حال چرخش در جهت عقربه‌های ساعت و یا در خلاف جهت آنها ببینید، اما هرگز در یک زمان چرخش را در هر دو جهت نمی‌بینید.
گاهی ما نمی‌توانیم کل یک تصویر را به‌یکباره ببینیم.

نقطه‌های سیاه فرار





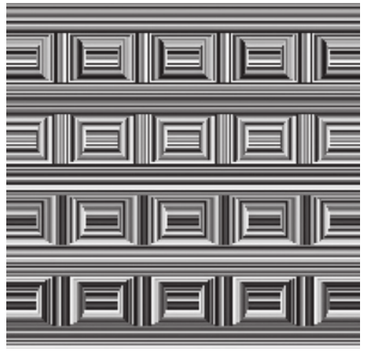
این خطوط عمودی موازیند

۱۲ نقطه سیاه در تقاطعات این تصویر وجود دارد. اما مغز شما اجازه نخواهد داد که همه آنها را به‌یک‌باره ببینید.
می‌توانید امتحان کنید. این پدیده به‌این دلیل رخ می‌دهد که مغز شما با استفاده از چیزی به‌نام مهار جانبی، کار خود را انجام می‌دهد. زمانی که نورون‌های بخشی مغز شما تحریک می‌شوند، فعالیت نورون‌های اطراف را کم می‌کنند. این امر سبب می‌شود که نورون‌های تحریک شده با شدت بیشتری نسبت به حالتی که همه نورون‌ها فعال هستند، پاسخ‌دهی داشته باشند و این مسئله باعث افزایش وضوح و کنتراست در پاسخ بصری می‌شود.

خطای دید استوانه مبهم

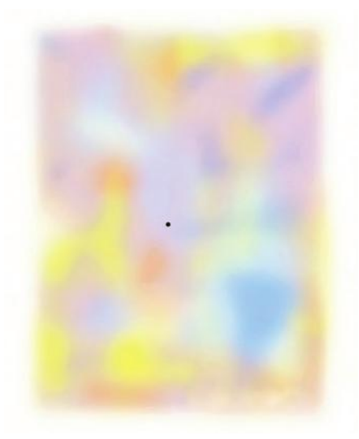
این لوله‌ها به‌وضوح مربعی شکل هستند، اما هنگامی که در آینه دیده می‌شوند، به دایره تبدیل می‌شوند و برعکس. چه اتفاقی می‌افتد؟ به توهم استوانه مبهم خوش آمدید.
این حقه در شکل لوله‌ها نهفته است – آنها نه کاملاً دایره‌ای و نه کاملا مربع هستند، و شکل‌شان چیزی بین این دو است، و دارای حالت محدب و مقعر در بالای لوله‌ها هستند.
این حقه توسط مهندس Kokichi Sugihara از دانشگاه Meiji ژاپن ساخته شد. نگاه‌کردن به این اشکال و تصاویر آنها در آینه، تفسیرهای کاملاً متفاوتی از اشکال سه‌بعدی را ایجاد می‌کند و ما نمی‌توانیم تفسیرهای‌مان را تصحیح کنیم، چون منطقاً می‌دانیم که این تصاویر از آن اشیاء آمده‌اند و باید کاملاً منطبق و یکسان با شکل ایجادکننده‌شان باشند. در این مورد، بیننده متوجه شکل واقعی این اجسام نمی‌شود و بنابراین خطای دید به‌وجود می‌آید.
مغز ما گاهی اشکال خاصی را به‌دلیل تکرار بیشتر در محیط پیرامون ما، ترجیح می‌دهد.

خطای دید جعبه ای



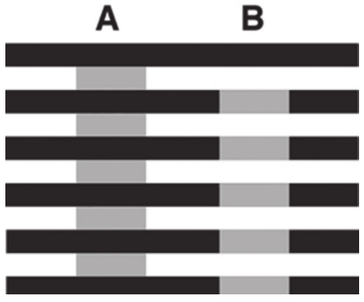
این تصویر در واقع شامل ۱۶ دایره است، اما بیشتر مردم نمی‌توانند در ابتدا آنها را ببینند. حال با دقت بیشتر به شکل نگاه کنید هنوز نمی‌تواند آنها را ببینید؟ سعی کنید بین مستطیل‌ها را نگاه کنید. جالب است بدانید هنگامی که دایره‌ها را دیدید، دیگر هرگز نمی‌توانید آنها را نبینید.
این خطای دید توسط Andy Norcia ، در موسسه تحقیقات چشم Smith-Kettlewell در سال ۲۰۰۶ ، ارائه شده است.
اکثر مردم در ابتدا مستطیل‌ها را می‌بینند. اما پاسخ این که چرا مستطیل‌ها غالب می‌شوند را هیچ‌کس به‌طور قطع نمی‌داند. روانشناسان معتقدند که این پدیده ممکن است به‌این دلیل روی دهد که اغلب در محیط زندگی روزانه ما مستطیل از دایره رایج‌تر است و بنابراین مغز در ابتدا تعدادی مستطیل را تشخیص می‌دهد .
دربرخی خطاهای دید، به‌ناگاه قسمت‌هایی از تصویر توسط مغز حذف می‌شود.

اثر Troxler



آیا می‌توانید در این تصویر چیزی را تشخیص بدهید؟ حتماً پاسختان منفی است. اگر به نقطه سیاه وسط این تصویر خیره شوید، احتمالاً پس از چند ثانیه متوجه خواهید شد که رنگها یک به یک ناپدید می‌شوند.
این پدیده اثر تروکسلر نامیده می‌شود و توسط فیزیکدانی به نام Ignaz Paul Vital Troxler، در سال ۱۸۰۴ طراحی شده است. وی کشف کرد که اگر چشم را روی یک نقطه ثابت متمرکز کنید، تصاویر اطراف آن به‌تدریج از نظر ناپدید می‌شوند. مغز ما برای ایجاد توازن هرچیزی را که ناخودآگاهمان غیر ضروری تشخیص دهد، حذف می‌کند. دلیل اصلی این پدیده هم همین است. اگر شما روی یک نقطه کوچک تمرکز کنید و بقیه صحنه حرکتی نداشته باشند، چشمانتان به آن‌ها بی‌توجه شده و مغز شما فکر می‌کند که آن جزئیات ضروری نیستند و آنها را در پس زمینه محو می‌کند.
یک استاد هواشناسی آلمانی به نام Wilhelm von Bezold نوعی دیگری ازخطای دید را کشف کرد که در آن، یک رنگ با توجه به رنگ‌های دیگری که در مجاورت آن قرار دارد ممکن است متفاوت به‌نظر برسد. در اینجا دو مورد از این نوع خطای دید را بررسی می‌کنیم

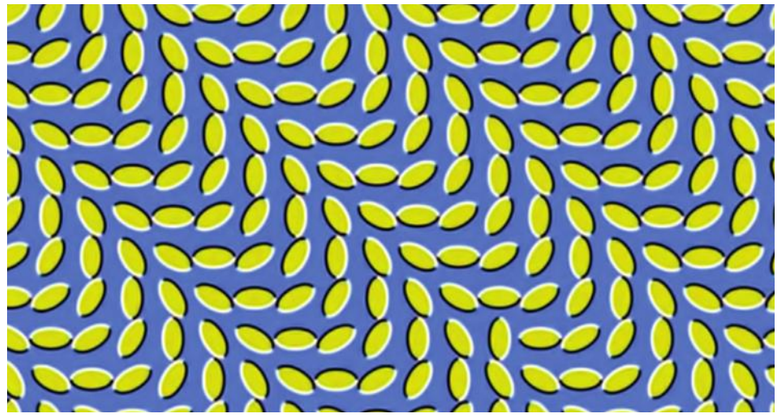
توهم وایت



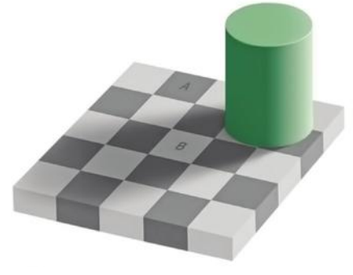
یک حقه دیداری با نام توهم وایت [1] توسط روانشناس استرالیایی دکتر مایکل وایت [2] شکل گرفت. در این توهم سه رنگ وجود دارد: سیاه، سفید و خاکستری اما بیشتر مردم ۴ رنگ را می‌بینند. نحوه قرارگیری رنگ خاکستری در راه

1 White's illusion
2 Michael white

QR کد زیر را اسکن کنید تا ویدیوی کامل آن را مشاهده کنید.



راه‌های سیاه و سفید چنان القا می‌کند که انگار دو نوع سایه خاکستری وجود دارد.
این که چـــه پدیـــده‌ای موجب بـــروز این توهم می‌شود هنوز ناشناخته است. در واقع، برداشت ما از مربع‌های خاکستری با رنگ خطوطی که در اطراف آن‌ها قرار دارد، شـــکل می‌گیرد. لذا وقتی این رنگ با خطوط ســـیاه محاصره شـــده باشد، تیره‌تر و وقتی با خطوط ســـفید محاصره شـــده باشد، روشن‌تر به‌نظر می‌رســـد. وقتی رنگ‌های دیگری نیز به این مجموعه اضافه شـــوند، باز هم می‌توان این تأثیر را مشاهده کرد.
چنیـــن چیـــزی را در توهم ســـایه‌ی چکر[3] که توســـط Edward H. Adelson در ســـال ۱۹۹۵ طراحی شده است نیز می‌توان دید.

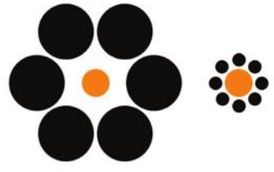


3 Checkershadow Illusion

چه باور کنید چه نه، رنگ مربع A با مربع B یکسان اســـت اما با این حال مغز ما، رنگ را برای ایجاد تعادل بین سایه‌ها تنظیم می‌کند.
مغز ما علاوه بر رنگ، اندازه اشیا را هم در مقایسه با اشیا اطراف آن می‌سنجد.

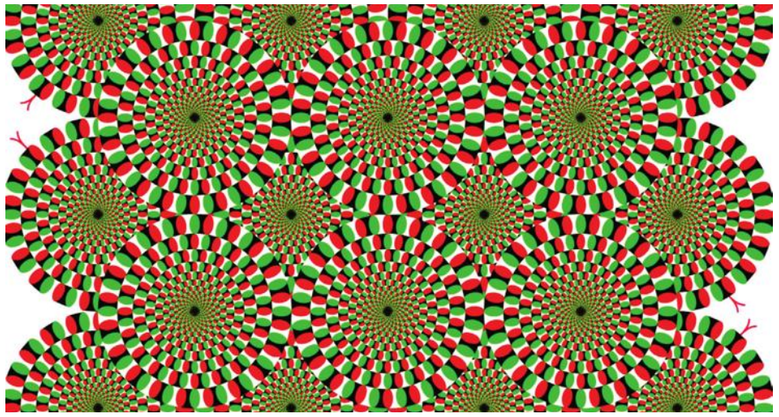
خطای دید ابینگهاوس[4]

به دایره‌های مرکزی در دو تصویر زیر نگاه کنید. کدام یک بزرگ‌تر است؟

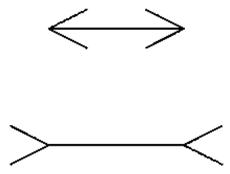


این دو دایره هم‌اندازه هســـتند اما بیشتر مردم دایره نارنجی سمت راســـت را بزرگ‌تر از دایره نارنجی ســـمت چپ می‌بینند. ایـــن بدین‌دلیل است که ناخودآگاه ما برای تشخیص اندازه اشیا به مقایسه‌آن با اشیا اطرافشان می‌پردازد، روندی که به نام توهم ابینگهاوس شـــناخته می‌شـــود. بنابراین ما دایره‌ای را که توسط دایره‌های بزرگ احاطه شـــده باشـــد کوچک‌تر و دایره‌ای را که

4 Ebbinghaus Illusion

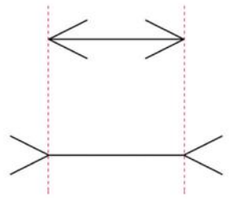


توســـط دایره‌های کوچک‌تر احاطه شده باشد، بزرگ می‌بینیم.
شـــکل زیر نیز مثال دیگری از این موضوع است. فکر می‌کنید طول کدام خط بلندتر است؟



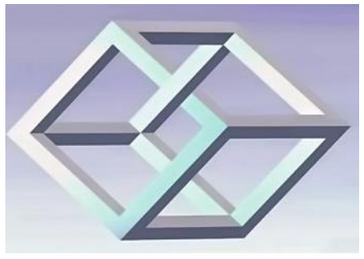
خطای دید مولر لایر[5]

مبدع این خطای دید مولرلایر یک جامعه شناس آلمانی است وی این خطای دید را در سال ۱۸۸۹ ابداع کرد که البته به آن خطـــای درازا هم گفته می‌شود. اگر چه خط پایینی بلندتر به‌نظر می آید اما هر دو خط افقی دارای طول یکسان هستند. باور ندارید ؟ به تصویر پایین نگاه کنید.

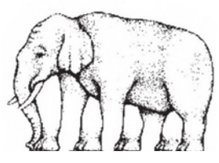


5 Franz Carl Müller-Lyer

یکی دیگـــری از انواع خطای دیـــد به‌نام حرکت غیرواقعی[6] معروف است و به‌حالتی گفته می‌شود که درحالی که یک تصویر کاملاً ثابت است ما آن را متحرک و با یک ســـرعت خاص مثل یک فیلم می‌بینیم. دلیل این امر هم کنتراســـت رنگ‌ها و محل قرارگیری اشیا است.
نوعی از خطـــای دید هم به‌خاطر دســـتکاری عمـــدی در تصاویـــر اســـت، به‌طـــوری کـــه با فرضیات طبیعی ما از دنیا و منطق ما ســـازگاری نداشته باشد.



اکنون می‌دانیم که راه‌های زیادی وجود دارد که در برابر اطلاعات درست، چشمانمان به ما دروغ بگویند و فکر می‌کنم که این بـــرای همه ما یک درس بزرگ در زندگی است.



6 Motion illusion

شعبده‌بازی با علم

سمیرا کشمیری
samira.keshmiri@gmail.com

شکل ۱ - ناپدیدشدن سکه زیر لیوان

شعبده‌بازی احتمالا یکی از جذاب‌ترین نمایش‌هایی است که می‌تواند ذهن را ساعت‌ها مشغول کند. مطابق برخی از تقسیم‌بندی‌ها، شعبده، شاخه‌ای از علم است. دانشمندانی مثل گالیله و کوپرنیک هم در دوره خود با ادعای بیان چرخش زمین به دور خورشید و گرد بودن زمین جادوگر و شعبده‌باز قلمداد می‌شدند. پس نکته قابل توجه این‌است که پشت بسیاری از شعبده‌ها قوانین ساده علمی وجود دارد. یکی از گونه‌های شعبده نتیجه‌ی تاکید بر خطای دید بیننده است. ما در این مقاله به بررسی چند آزمایش جالب که بر مبنای قوانین نور و انحراف زاویه دید ناشی از شکست نور اتفاق می‌افتد، می‌پردازیم.

۱- ناپدید شدن سکه

اگر بخواهید یک سکه را در مقابل چشم‌های دیگران ناپدید کنید نیاز به وسایل زیر دارید؛

سکه،

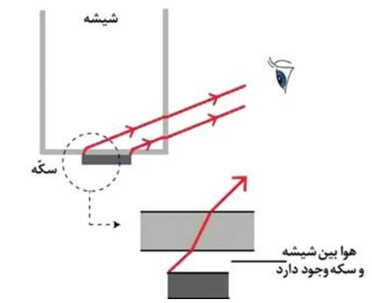
لیوان شیشه‌ای،

آب.

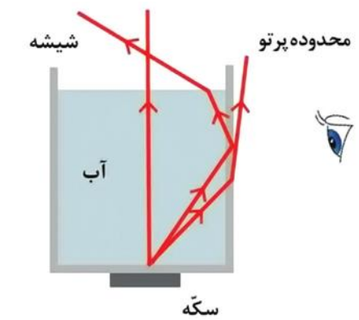
سکه‌ای را زیر لیوان شیشه‌ای قرار دهید. از کناره لیوان سکه را ببینید، به نحوی که امتداد خط دید شما حتما از شیشه اطراف لیوان عبور کند. آب را به درون لیوان بریزید، چه اتفاقی می‌افتد؟

بله حتما متعجب شده‌اید، سکه ناپدید شده است! (شکل ۱)

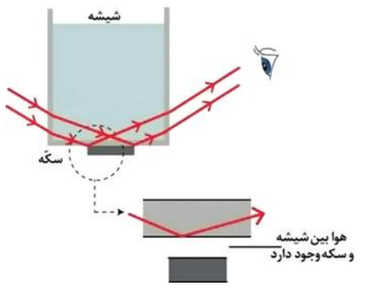
اکنون که دلیل علمی این آزمایش را یادگرفتید، حتما به جادوی علم اعتقاد پیدا کردید. بنابراین شما می‌توانید با کمک گرفتن از قوانین فیزیک و اپتیک این آزمایش جذاب را انجام دهید و دیگران را متعجب کنید.



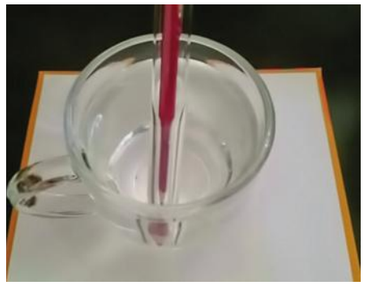
شکل ۲- هنگامی که داخل لیوان آب نیست، نور سکه از شیشه عبور می‌کند و به چشمان ما می‌رسد و ما آن را می‌بینیم.



شکل ۳- وقتی داخل لیوان آب می‌ریزیم نور تابشی از سکه از دیواره داخلی لیوان بازتاب کلی می‌کند و دیگر به چشم ما نمی‌رسد بنابراین ما آن را نمی‌بینیم



شکل ۴- همچنین نور محیط اطراف هم که وارد لیوان می‌شود و به کف لیوان می‌رسد، از مرز بین آب و شیشه بازتاب کلی می‌کند و به چشم ما می‌رسد، برای همین ما کف لیوان شیشه‌ای را تا حدودی مثل آینه می‌بینیم.



۲- نیمه گم شده مداد

وسایل لازم برای دومین شعبده‌بازی علمی با نور

لوله آزمایش،

لیوان پر آب،

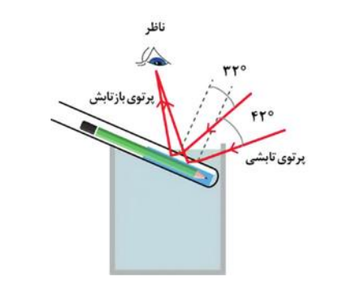
مداد.

مدادی را داخل لوله آزمایش قرار دهید. از جداره شیشه‌ای لوله می‌توان مداد را به راحتی دید. لوله آزمایش را به صورت مایل وارد ظرف آب کنید. مداد داخل لوله چگونه به نظر می‌رسد؟

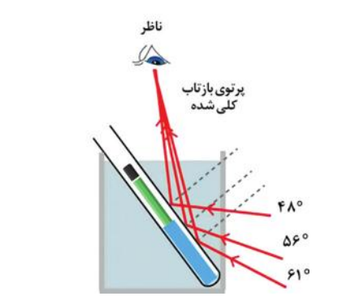
وقتی لوله آزمایش به صورت مایل داخل آب می‌شود، نور محیط از شیشه لوله آزمایش وارد آن می‌شود و به مداد می‌رسد. نور بازتابی از مداد نیز دوباره از شیشه عبور کرده و به چشم ما می‌رسد و ما مداد را می‌بینیم. (شکل ۵)

حالا زاویه انحراف لوله را نسبت به راستای افق بیشتر کنید. همان‌طور که در شکل ۶ هم می‌بینید قسمتی از مداد که در لوله آزمایش درون آب است دیگر دیده نمی‌شود.

وقتی لوله تحت زوایای نزدیک به عمود قرار داده می‌شود، پرتو نور عبوری از آب و شیشه که می‌خواهد وارد هوای لوله آزمایش شود بازتاب کلی می‌شود. زیرا زاویه تابش آن بیشتر از زاویه حد است. به همین دلیل نور به قسمتی از مداد که در لوله آزمایش غوطه‌ور است نمی‌رسد و بنابراین این قسمت از مداد دیده نمی‌شود. (شکل ۸)



شکل ۵- لوله آزمایش حاوی مداد را به‌صورت مایل درون لیوان آب فرو ببرید.



شکل ۶ - با افزایش انحراف لوله آزمایش نسبت به راستای افق مداد ناپدید می‌شود.

شکل ۷ - مشاهده مداد درون لوله آزمایش که با زاویه مایل درون آب شده است.

شکل ۸ - ناپدید شدن مداد درون لوله آزمایش وقتی زاویه انحراف بیشتر از زاویه حد می‌شود.

شکل ۸- آماده‌سازی آزمایش ناپدید کردن اسکناس

۳- اسکناس مخفی

برای سومین آزمایش جالب این شماره به وسایل زیر نیاز دارید:
یک عدد کیسه زیپ کیپ،
یک اسکناس،
چسب نواری،
ماژیک مارکر یا ضد آب،
یک ظرف پر آب.

اسکناس را درون زیپ کیپ قرار دهید و در آن را ببندید. برای اطمینان بیشتر با چسب نواری هم آن را بچسبانید. اسکناس درون زیپ کیپ را در ظرف آب فرو ببرید و از بالا به آن نگاه کنید.

اتفاق جالبی روی می‌دهد و بخشی از اسکناس که درون آب است ناپدید می‌شود. (شکل ۹) این بار روی زیپ کیپ با ماژیک مارکر طرح ساده‌ای بکشید و دوباره اسکناس را درون آب فرو ببرید. نتیجه بسیار حیرت‌آور است. با وجود ناپدید شدن اسکناس تصویر نقاشی روی زیپ کیپ کاملا قابل مشاهده است. می‌توانید این پدیده را در شکل ۱۰ به خوبی مشاهده کنید.

آیا می‌توانید با توجه به دلایل ذکر شده در دو آزمایش قبلی دلیل علمی این آزمایش را بیان کنید؟

شکل ۹- ناپدید شدن بخشی از اسکناس که درون آب قرار گرفته است.

شکل ۱۰- ناپدید نشدن تصویر نقاشی شده روی زیپ کیپ در حالی که اسکناس مشاهده نمی‌شود.

اقتصاد مقاومتی، تولید، اشتغال
ریاست جمهوری
معاونت علمی و فناوری
جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
جمهوری اسلامی ایران
وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
دی ماه ۱۳۹۷
نمایشگاه بین‌المللی تهران
۶
ششمین نمایشگاه
تجهیزات و مواد آزمایشگاهی
ساخت ایران
مهندسی پزشکی و زیست مواد
نفت، گاز و پتروشیمی
تجهیزات آموزشی با فناوری مناسب
عمران و ساختمان
ارائه کنندگان خدمات آزمایشگاهی و کالیبراسیون
مکانیک، شیمی و متالوژی
برق، الکترونیک و نرم افزار
علوم پایه
تجهیزات عمومی و آزمایشگاهی
کشاورزی و محیط زیست
تجهیزات حوزه تست و از مون صنعتی
مواد آزمایشگاهی
تجهیزات و ماشین آلات در حوزه فناوری های راهبردی
MADE IN IRAN
ساخت ایران
ستاد توسعه فرهنگ علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان
معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری
شماره تماس دبیرخانه
۶۳۱۰۳۴۱۴-۶۳۱۰۳۴۱۵
iranlabexpo.ir
www.isti.ir
مرکز روابط عمومی و اطلاع رسانی

دریافت نسخه الکترونیک

در مسیر بی‌انتها

در شماره آینده بخوانید...