معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری
ستاد توسعه فناوری‌های لیزر، فوتونیک و ساختارهای میکرونی

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

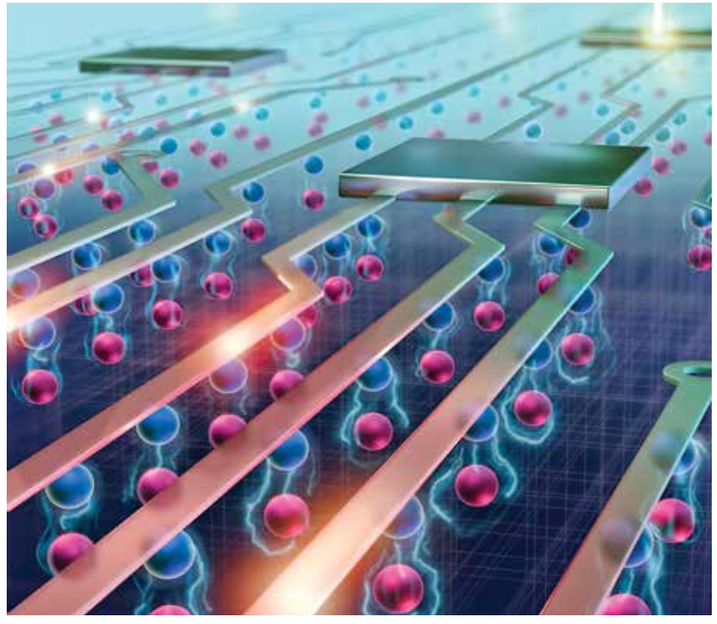
ویژه‌نامه دانش‌بنیان

لیزر و فوتونیک

ویژه‌نامه دانش‌بنیان
فناوری لیزر و فوتونیک
شماره یازدهم • شهریور 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، کاظم ایوبی، مریم زند، مریم فیض پور، زهرا رجب‌لو، سمیرا کشمیری**
مدیر هنری: **محمدرضا وکیلیان**
صفحه‌آرایی: **مجید خضری پور**
ویراستار: **محمدجعفر نظری**
روابط عمومی: **شیرین جلیلیان**
پشتیبانی: **کیومرث مهدی نیا گتابی**
با تشکر از: **حامد افشاری، داوود دانایی**
وبسایت: www.slpm.isti.ir
رایانامه سردبیری: m.ansaryfar@isti.ir
کانال تلگرام: www.telegram.org/slpm_isti
تلفن سردبیری: **۰۲۱ ۲۲۱۸۳۱۱۳**
دورنگار سردبیری: **۰۲۱ ۲۲۱۸۳۱۱۴**
نشانی: **تهران، زعفرانیه، خیابان شهید سرلشکر فلاحی، کوچه شیرکوه، پلاک ۱۱، ستاد توسعه فناوری‌های لیزر، فوتونیک و ساختارهای میکرونی**

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

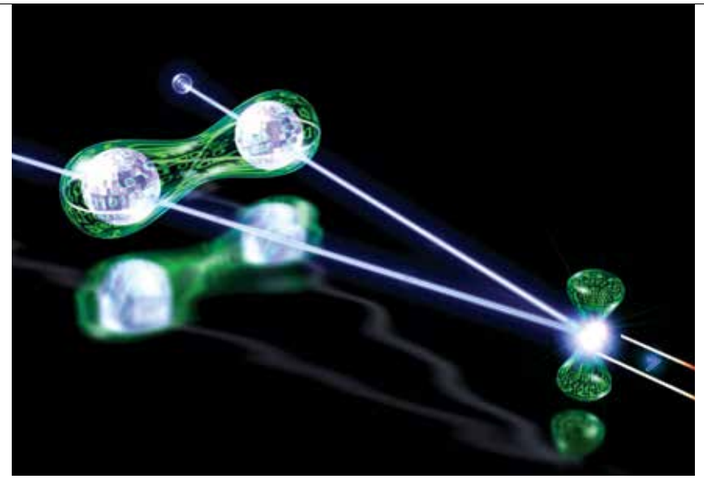


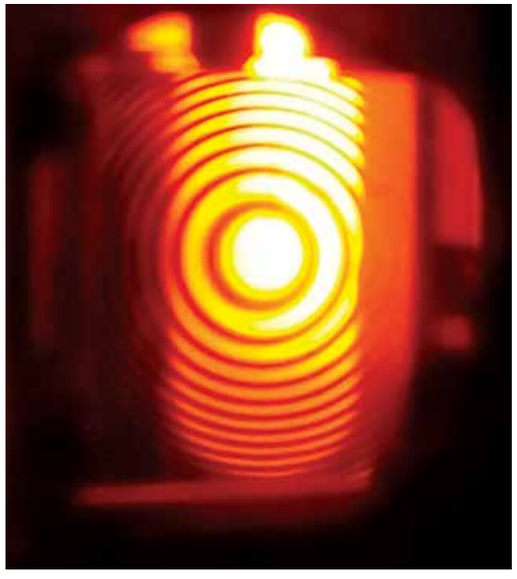
سخن اول EDITORIAL

سخن اول ۶

گفتگو INTERVIEW

مصائب کوچک بودن بازار محصولات فناورانه ۸
یک صد سال تلاش علمی ۱۲





چشم‌انداز VISION

از خیال تا واقعیت ۲۰
سقوط با آسانسور انیشتین در مرکز هایتک آلمان ۳۰
جادوی رنگ‌ها با نمایشگرهای بلورمایع ۳۶

لیزرنیوز LASERNEWS

اکسیتون‌ها واسط فوتون و الکترون ۴۴
خود خمشی نور ۴۸

از علم تا ثروت LASERTECH

رقیب لیزری آمریکا و اروپا ۵۴
ابعاد مینیاتوری در تحقیقات و صنعت ۵۸

پیشتازان PIONEERS

مسیری بی‌انتها ۶۴

مدرسه فناوری ACADEMY

حلقه‌هایی از جنس نور ۷۲
تداخل‌سنجی ۷۶

؟؟؟؟؟؟؟؟؟

؟؟؟؟؟

؟؟؟؟؟؟؟؟
؟؟؟؟؟

گفتگو
INTERVIEW

۱۲ یک صد سال تلاش علمی

۸ مصائب کوچک بودن بازار محصولات فناورانه

۱۲ یک صد سال تلاش علمی

گفتگو با آقای بهروز خیر اندیش موسس شرکت نور آفرین ایده

مصائب کوچک بودن بازار محصولات فناورانه

زهرا رجب لو
Z_rajablu01@yahoo.com

شرکت فنی و مهندسی نور آفرین ایده در سال ۱۳۸۵، با سابقه‌ی بیش از یک دهه تحقیقات در زمینه فوتونیک، اپتیک و لیزر آغاز به کار نمود. این شرکت با به کارگیری آخرین یافته‌های علمی و استفاده از تجهیزات به‌روز تلاش دارد تا به عنوان یک واحد مهندسی دانش محور، نقش مثبتی را در حوزه مهندسی فوتونیک، اپتیک و لیزر ایفا نماید. مخاطبین محصولات و خدمات شرکت نور آفرین ایده طیف وسیعی از صنایع نظامی، نفت، گاز، پتروشیمی، حمل و نقل و ... می باشند. تولید تجهیزات و ابزار دقیق پیشرفته‌ی نوری در کنار ارائه‌ی خدمات مهندسی و مشاوره‌ای در حوزه‌ی طراحی و ساخت تجهیزات به روز دنیا مزیت شرکت نور آفرین ایده می‌باشد.

حاشیه ۱- دستگاه فیبرپیچ، تست کشش کابل و تست فشار هیدرواستاتیک سنسورهای فیبر نوری

لطفا بعد از معرفی شرکت از انگیزه شروع فعالیت و افتخارات کسب شده بفرمایید.

برخلاف نگرش عمومی به فارغ التحصیلان گروه علوم پایه، که جذب آن‌ها در آموزش و پرورش و گروه‌های آموزشی در مقاطع مختلف یا در وزارت علوم و مقاطع دانشگاه می‌باشد، ورود به حوزه مهندسی برای به کارگیری دانش‌های کسب‌شده در بخش صنعت یکی از دغدغه‌های بنده بوده است. هدف من این بوده تا با کارآفرینی در این حوزه، بتوانم نوآوری‌های آموزش دیده شده در علم فیزیک را به ارزش‌آفرینی تبدیل کنم. لذا شرکت نورآفرین ایده پس از یک دوره همکاری مشترک با گروه فنی مهندسی نور آفرین شریف، از سال ۱۳۸۵ به‌صورت مجزا در حال فعالیت در حوزه مهندسی فوتونیک، ابزار دقیق نوری به‌ویژه حس گرهای فیبرنوری می باشد.

این شرکت کار خود را در مرکز رشد فناوری‌های صنعتی شریف آغاز کرد، سپس در پارک فناوری پردیس به ادامه فعالیت پرداخت و در حال حاضر در پارک علم و فناوری صنعتی شریف مستقر است.

از افتخارات شرکت می توان به تاییدیه کارگروه دانش بنیان فن آوری معاونت ریاست جمهوری، کسب رتبه سوم فن آفرینی جشنواره شیخ بهایی در سال ۱۳۹۰ و عضویت در بنیاد ملی نخبگان اشاره کرد.

از دستاوردها و محصولات شرکت برایمان بگویید

محصولات شرکت در سال‌های اولیه ساخت لیدار برای سازمان هواشناسی و نقشه‌برداری کشور بوده‌است، در این مرحله شرکت موفق به ساخت لیدار ارتفاع‌سنج کف ابر (سیلومتر) و لیدار اسکنر سه‌بعدی نقشه‌برداری منجر شد. (شکل ۱ و ۲)

سپس عمده فعالیت‌ها روی ساخت حس‌گرهای فیبر نوری برای آشکارسازی ارتعاش، امواج‌صوتی، تغییرات میدان‌مغناطیسی، لرزش و ... متمرکز شد که خروجی آن‌ها ساخت انواع مختلف سنسورهای فیبرنوری بود.(حاشیه ۱ و ۲)

در سال‌های اخیر هم به‌دلیل مشکلاتی که در زمینه تامین منابع مالی پروژه‌های دولت‌محور وجود دارد وارد حوزه‌ی تجهیزات پزشکی شدیم تا مشتریان عام‌تری داشته باشیم. در این زمینه نیز در یک سال اخیر محصولاتی را تولید کرده‌ایم و در حال‌حاضر به‌دنبال اخذ مجوز این محصولات از سازمان تجهیزات پزشکی وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی هستیم.

ساختار شرکت شما به چه صورت است؟

ساختار سازمانی شرکت منطبق بر استانداردهای ایزو بوده و از دو بخش ستادی و فنی تشکیل شده‌است.

در کارگروه ستادی؛ سه بخش بازاریابی و فروش، بخش اداری مالی و بخش تبادلات بین‌الملل،که مکاتبات خارجی جهت تامین نیازها و خرید تجهیزات لازم برای شرکت و سرویس به متقاضیان و مشتریان را برعهده دارد، قرار گرفته است.

کارگروه فنی عهده‌دار انجام و مدیریت پروژه‌ها است و از دو گروه فوتونیک-الکترونیک و گروه مکانیک-مواد تشکیل شده است. از آن‌جایی که عمده محصولات ما به‌صورت سامانه می‌باشد در این گروه‌ها از متخصصینی در حوزه های الکترونیک، فوتونیک، مخابرات، پردازش‌سیگنال، نرم‌افزار، مکانیک طراحی جامدات، مکانیک‌دریا، هوافضا و همچنین مواد استفاده می‌شود.

درباره موقعیت فعلی و فعالیت‌های در حال انجام شرکت بفرمایید

در حال‌حاضر شرکت در حال ساخت سنسورهای صوتی-نوری، سنسورهای شناسایی مواد شیمیای و شناسایی آلاینده‌های هیدروکربنی در خاک و آب می‌باشد. همچنین در حال ارتقاء و باز طراحی سیستم لیزر پزشکی جهت مرتفع کردن نیاز بازار و اخذ گواهی نامه ایزو ۹۰۰۱ و ایزو ۱۳۴۸۵ ویژه‌ی تجهیزات پزشکی می‌باشیم.

موانع و چالش های پیش روی شرکت را چه می دانید؟

محدودیت مشتریان یکی از مهم‌ترین مشکلات

بهروز خیراندیش دانش آموخته فیزیک کاربردی گرایش اتمی و مولکولی از دانشگاه صنعتی شریف، ورودی ۱۳۷۳ مدیر عامل شرکت نورآفرین ایده.

تعویق می‌اندازند. همچنین مشـــکلات سیاسی و اجتماعی نیـــز بر قدرت مالی ســـازمان‌های دولتی تاثیرگذارنـــد. برای روبرو شـــدن با ایـــن چالش، تلاش بســـیار زیادی در زمینه مدیریت حسابداری شرکت، مدیریت پروژه‌ها و همچنین ورود به برخی پروژه‌های زود بازده نمودیم و سعی کردیم با انتخاب مشتریان عام این مشـــکل را کمی مرتفع کنیم. از این‌رو وارد تولید لیزرهای پزشکی شدیم تا نقدینگی شرکت را به نحو مناسب‌تری تامین کنیم.

یکی دیگر از چالش‌هـــای پیش رو کـــه حتما باید چاره‌ای برای آن اندیشـــید وجود بازار محدود است. به‌گونه‌ای که صادرات چند میلیـــون دلاری رزومه مطلوبی برای رقابت با شرکت‌های خارجی نخواهد بود. دلیل این اتفاق این اســـت که ما در یک بازار ۷۰ میلیونی تلاش می‌کنیم در حالی که شـــرکت‌های مشابه خارجی در حال رقابت در یک بازار ۷ میلیاردی هستند، لذا اگر شرکت های داخلی بتوانند وارد بازار جهانی شوند مقیاس مالی شرکت می‌توانند ۱۰۰ برابر رشد کند و روند بهتری را در پیش بگیرند.

آیا راه‌حلی برای این مشـــکلات در نظر دارید؟

از آن‌جا که مـــا تجربه‌ی این‌چنینی نداشـــته‌ایم و به‌دلایل سیاسی و تحریم‌های نادرست با مشکلاتی مواجه بوده‌ایم که نتوانسته‌ایم وارد بازارهای جهانی شویم ساختارسازمانی شرکت‌های ما برای بازارهای فراملی و صادراتی طراحی نشـــده است. اما شرکت ما در حال ورود بـــه این حوزه می‌باشـــد و یکی از فعالیت‌های بخش تبادلات بین‌الملل که در ساختار شرکت ما قرار گرفته است ورود به بازار جهانی برای صادرات محصول می‌باشـــد. برای رســـیدن به این هدف شرکتی را در یکی از کشورهای جنوب شرق آسیا تاسیس کردیم تا بتوانیم از پتانسیل آن با برند واسط اســـتفاده کنیم و محصولاتمان را وارد بازار جهانی کنیم که در این مســـیر بعضا موفق و گاهی هم ناموفق بودیم.

شکل ۱- اسکنر سه بعدی نقشه برداری

پیش‌روی شرکت‌هایی مشابه شرکت ما است. این مشـــتریان که عمدتا ارگان‌های دولتی مثل صنایع ریلی، صنعت نفت‌وگاز و حتی صنایع دفاعی هستند، از نظر مالی تاثیر فراوانی در عملکرد و روند رو به رشد ما خواهند داشت.

کمبود نقدینگی در ســـاختار این گروه مشـــتریان باعث تزریـــق مشـــکلات عدیـــده در فعالیت‌های شرکت می‌شود. از ســـوی دیگر وصول مطالبات از ســـازمان‌های دولتی به‌راحتی صورت نمی‌گیرد و معمولا بوروکراســـی‌های اداری، این مســـائل را به

حضور در نمایشگاه‌های داخلی و خارجی شما به چه صورت است؟

اگر چه حضـــور در نمایشـــگاه‌های خارجـــی برای شرکت‌های داخلی به‌صورت یک رویاست اما به کمک ارایه‌ی تسهیلات قابل انجام است. بنابراین برای این که این تسهیلات برای کشور با ارزش افزوده همراه شود و به ایجاد بازار صادرات منتهی گردد، باید اقداماتی پیش از حضور به انجام رساند. البته به دلیل محدودیت‌های سیاسی ذکرشده ورود و ارایه‌ی محصولات به بازارها سخت و بعضا غیرممکن می‌باشـــد. لذا همان‌طور که اشاره شد با ایجاد یک برند واسط می‌توان صادرات را در برنامه‌های خود قرار داد. برای تعمیم این کار به شرکت های دیگر لازم است زیر ساخت مناسب صادراتمان را در اختیار شرکت‌های دیگر قرار دهیم. برای رسیدن به این هدف شـــرکت نورآفرین ایده اقدام به برگزاری تورهای فناوری در بخش تبادلات بین‌الملل کرده‌است. در گذشته ما تورهای فناوری مختلفی در حوزه اپتیک و لیزر، با حضور فناوران ایرانی برگـــزار کرده‌ایم تا به شرکت‌های ایرانی نشان دهیم حضور در نمایشگاه‌های بین‌المللی خیلی هم دور از دسترس نیست.

همان‌طور که گفته‌شد به‌دلیل محدود بودن مشتریان حضور در نمایشـــگاه‌های داخلی به گسترش بازار ما کمکی نخواهد کرد چـــرا که مشـــتریان از قبل، ما و تخصص‌مان را می‌شناسند؛ ولی از این باب که بتواند در جهت حضور جوانان در این حوزه فرهنگ‌سازی و برای آنان ایجاد انگیزه کارآفرینی داشته باشد در نمایشگاه های متعددی حضور به‌هم رسانده‌ایم.

از وقتی که در اختیـــار ما قرار دادید سپاسگزاریم.

شـــکل ۲- لیدار اندازه گیری ارتفاع کف ابر (سیلومتر)

حاشیه۲- حس‌گر فیبر نوری امواج صوتی

مصاحبه با اساتید برجسته و گزارشی از فعالیت‌های علمی پژوهشکده علوم کاربردی دانشکده فیزیک دانشگاه خوارزمی کرج

یک صد سال تلاش علمی

مریم زند
mzand1992@yahoo.com

دانشگاه خوارزمی اولین نهاد آموزش عالی در ایران است که در سال ۱۲۹۷ هجری شمسی در تهران تاسیس شده‌است. پژوهشکده علوم کاربردی این دانشگاه با محوریت لیزر، اپتیک و فوتونیک از سال ۱۳۹۳ توسط دکتر محمدحسین مجلس آرا، استاد تمام دانشکده فیزیک تاسیس شد و در حال حاضر با در اختیار داشتن ۱۹ نفر عضو هیئت علمی در تمامی گرایش‌های فیزیک، مشغول به کار و فعالیت علمی پژوهشی است. در این گزارش به این پژوهشکده سری زده‌ایم و برای اطلاع از چند و چون فعالیت‌های علمی این مرکز در زمینه لیزر و اپتیک با آقایان دکتر محمدحسین مجلس آرا (استاد تمام فیزیک و موسس پژوهشکده)، دکتر اسماعیل حیدری (استادیار گروه آموزشی فیزیک اتمی و مولکولی و مشاور بین‌الملل دانشکده فیزیک دانشگاه خوارزمی کرج) و دکتر سلمان مهاجر از اساتید برجسته این دانشگاه مصاحبه‌ای داشته‌ایم که در ادامه می‌خوانید.

مصاحبه با دکتر محمدحسین مجلس آرا:

آقای دکتر به‌عنوان اولین سوال، یک توضیح کلی درباره فعالیت‌های علمی پژوهشکده در زمینه لیزر و اپتیک برای ما و خوانندگان ماهنامه بفرمایید.

بخش‌هایی که در دانشکده فیزیک و پژوهشکده علوم کاربردی دانشگاه خوارزمی داریم، بیشتر در زمینه اپتیک، نانو اپتیک، لیزر و پلاسما مشغول به فعالیت هستند. البته مباحث لیزر و اپتیک از قدیم در دانشگاه خوارزمی (تربیت معلم سابق) مطرح بوده‌است. حتی از دوران قبل از پیروزی انقلاب اسلامی نیز اساتید این دانشگاه به کار اپتیک و لیزر مشغول بوده‌اند که رفته رفته از شکل آموزشی به‌شکل پژوهشی تغییر شکل یافت و پس از پیروزی انقلاب اسلامی جنبه پژوهشی آن شکل گرفت. پس از بازگشت من از سفر به کشور هندوستان که به‌منظور گذراندن دوره‌ی تحصیلات تکمیلی بود با توجه به اینکه در آن‌جا نیز کارهای تحقیقاتی در زمینه‌ی اپتیک انجام داده بودم، از سال ۱۳۸۰ موفق به راه‌اندازی آزمایشگاه‌های اپتیک و لیزر در دانشگاه خوارزمی شدیم. البته در ابتدا بیشتر آزمایشگاه‌های ما در تهران بود ولی به‌خاطر مرّمت ساختمانی که در تهران در آنجا مستقر بودیم، امکانات آزمایشگاهی ما از تهران حذف شد و در حال حاضر به کرج منتقل شده‌است. من فکر می‌کنم مجموع فعالیت‌های ما چه در حوزه‌ی نظری اپتیک و لیزر و چه در حوزه‌ی تجربی و پژوهشی آن خوب بوده‌است. خوشبختانه در سال‌های اخیر نیز همکاران ما توانسته‌اند خوب بدرخشند و مقالات خوبی را هم در زمینه‌ی اپتیک و لیزر و هم در زمینه پلاسما به‌چاپ برسانند. در حال حاضر تیم پژوهشی ما در کرج، تیمی جوان و متشکل از پنج نفر است. همچنین تیم نظری ما نیز در کنار این تیم پژوهشی مشغول به کار است که من فکر می‌کنم، خدا را شکر، کارهای خوبی را انجام داده‌اند و در مجموع، خروجی مناسبی داشته‌اند. به‌طور کلی دانشگاه خوارزمی دارای دو پژوهشکده در زمینه فعالیت‌های اپتیک و لیزر است: پژوهشکده علوم کاربردی به‌سرپرستی من واقع در کرج و پژوهشکده پلاسما به‌سرپرستی جناب آقای دکتر مهدیان واقع در تهران.

از تاریخچه فعالیت پژوهشکده علوم کاربردی برایمان بفرمایید. از چه سالی پژوهشکده را تاسیس کردید؟

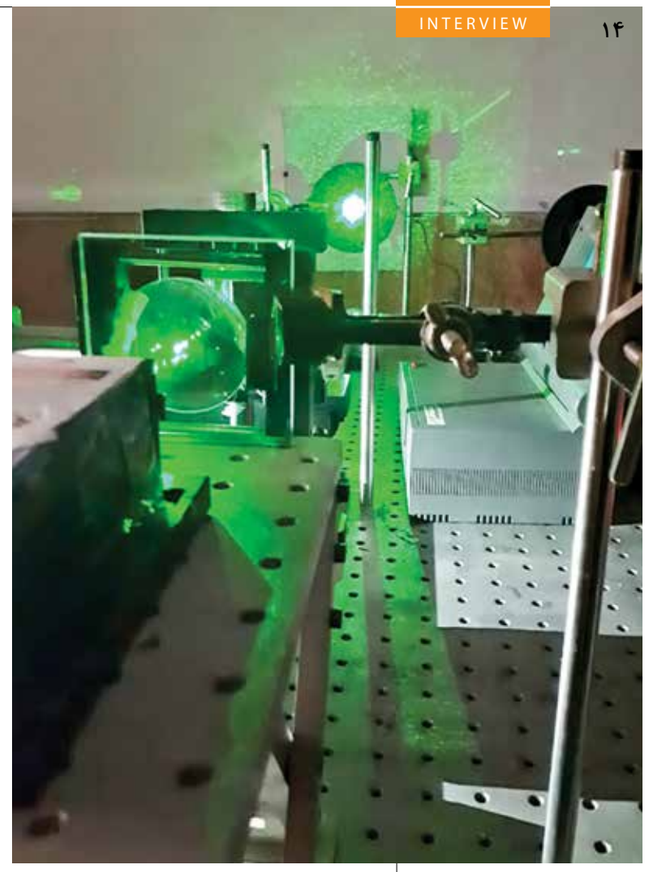
ما در سال ۱۳۹۳ مجوز تاسیس پژوهشکده علوم کاربردی را گرفتیم. البته در ابتدای امر قرار بر این بود که این پژوهشکده مشتمل بر تمامی رشته‌های علوم پایه دانشگاه خوارزمی (ریاضی، فیزیک، شیمی، زیست شناسی و زمین شناسی) باشد اما این‌طور نشد و هم اکنون پژوهشکده علوم کاربردی دانشگاه خوارزمی، با محوریت فیزیک و لیزر و اپتیک مشغول به‌فعالیت است. به‌هرحال ما به‌هر ترتیبی بوده پژوهشکده را حفظ کردیم چون نمی‌خواستیم این هم دستخوش مسائل حاشیه‌ای شود، اما در کل آنچه از پژوهشکده علوم کاربردی شاهد هستیم، ناشی از تلاش دانشکده فیزیک است و روی هم رفته می‌توانم بگویم در سال‌های اخیر، دانشکده فیزیک در دانشگاه خوارزمی به‌عنوان دانشکده‌ی برتر مطرح بوده و درصد زیادی از تولید مقالات دانشگاه را به‌خود اختصاص داده‌است. همکاران ما هم در بخش اپتیک و لیزر و هم در بخش پلاسما، خوب کار کرده‌اند.

از امکانات آزمایشگاهی پژوهشکده برایمان بفرمایید؟

خدا را شکر آزمایشگاه‌های ما در هر دو زمینه از امکانات خوبی برخوردارند. علاوه

مغناطش سنج یا VSM، وسیله‌ای است برای تعیین ویژگی مواد مغناطیسی؛ این دستگاه قادر است خصوصیات پارامغناطیس، دیامغناطیس و فرومغناطیسی ماده را تعیین کند همچنین
اندازه گیری حلقه پسماند مغناطیسی، اندازه گیری منحنی مغناطش اولیه و اندازه گیری حلقه‌های پسماند کوچک برخی از قابلیت‌های مغناطش سنج به‌شمار می‌رود.

علمی در دانشکده فیزیک، موفق به چاپ سالانه ۴۰ الی ۵۰ مقاله بین‌المللی شده‌ایم که من فکر می‌کنم با توجه به‌ســـختی شرایط، آماری بسیار خوب و قابل رقابت با دانشـــگاه‌های برتر تهران است، و این توجه بیشـــتر مسئولین وزارت علوم در تخصیص بودجه در قالب طرح‌های پژوهشی را می‌طلبد. هم اکنـــون ما بـــرای تامین هزینه پژوهشی محققین‌مان یا از گِرَنت خود و یا از جیب خرج می‌کنیم. برای روشن شدن موضوع بگذارید در این زمینه مثالی از ورزش بزنم؛ در مســـابقات پینگ پنگ قاعده‌ای وجود دارد به نام «برنده به جا» که به‌موجب آن درصورتی که بازیکن حتی یک دست هم به حریف خود ببازد، از ادامه دادن مسابقات حذف شده و تا پایان برنده به‌جای او با تمام حریفانش رو در رو می‌شـــود. الان برخورد مسئولین امر با ما و دانشگاه‌های برتر تهران مانند همین قاعـــده برنده به‌جا در پینگ‌پنگ اســـت. چون آن‌ها همیشـــه برنده‌اند، نوبت بازی کردن به ما نمی‌رسد. اما من می‌گویم میزان دسترسی به امکانات باید بر حسب شایستگی‌ها و توانایی‌ها باشـــد، این قاعده برنده به‌جا سیســـتم را خراب کرده‌است. در حالی که اگر فرصت بازی به همه برسد، آن وقت امکان رشد و پیشرفت بر حسب میزان شایستگی و توانایی به‌تناسب هر دانشگاه پیش می‌آید. مسئله دیگر این است که متاسفانه در حال حاضر روابط جای ضوابط را گرفته‌است. این مسئله نیز لازم به ذکر است که چالش ما تنها به بحث بودجه و تامین مالی محدود نمی‌شـــود، بلکه عدم حمایت معنوی و پشتیبانی هم چالش دیگری است که با آن ســـر و کار داریم. به‌عنوان نمونه می‌توانم به دو کنفرانـــس نانو که اخیرا در دانشـــگاه برگزار کردیم اشـــاره کنم که با وجود برگزاری دوره‌هـــای اخیر ایـــن دو کنفرانس در شهرهای تهران، تبریز، شیراز و کاشان، به‌اذعان همـــه بهتریـــن دوره آن در دانشـــگاه خوارزمی بوده‌است. بنابراین دانشگاه پتانسیل خیلی خوبی



بر آزمایشـــگاه‌های مربوط به لیـــزر و اپتیک، ما آزمایشـــگاه‌های نانوفیزیـــک و نانوفوتونیک را نیز تجهیـــز و راه‌اندازی کرده‌ایم کـــه از امکانات دستگاهی خوبی مانند اسپاترینگ (لایه نشانی)، ای.اف.ام، دی.اس.ام، پلاسما کوئلینگ و امکانات طیف‌سنجی مختلف برخوردارند.

چالش‌های پیش روی شما و محققین در پژوهشکده علوم کاربردی دانشگاه خوارزمی شامل چه مسائلی است؟

به‌نکته مهمی اشاره کردید. یکی از چالش‌های ما دور بودن از مرکز (تهران) و عدم اختصاص یافتن امکانات خوب پژوهشـــی اســـت. در حال حاضر ما با در اختیار داشـــتن تنها ۱۹ نفر عضو هیئت

آزمایشـــگاه تحقیقاتی نانوفوتونیک، پژوهشـــکده علوم کاربردی دانشگاه خوارزمی کرج
آزمایش بررســـی پایداری ماده مورد استفاده در زیست حس‌گرهای اکسیژن؛ برای این منظـــور نور لیـــزر را به ماده تابانده و در بازه‌های زمانی مشخص (به ازای هر ۱ ساعت، ۵ دقیقه) طیف‌سنجی انجام می‌شود.

دارد و در صورت حمایت مسئولین (چه به‌صورت مادی و چه به‌صورت معنوی) می‌تواند در خشش علمی بیشتری هم داشته باشد.

با انجمن‌های علمـــی مانند انجمن فیزیک ایران چقدر در ارتباط هستید؟

ارتباط مســـتمر و خوبی بـــا انجمن‌های علمی مختلف داریم. اکثریت اســـاتید و دانشجویان ما از اعضای انجمن فیزیک ایران هســـتند. علاوه بر این خود من هم رئیس انجمن نانو فناوری ایران و عضو هیئت مدیره انجمن فوتونیک هستم.

نشـــریه‌های علمـــی مرتبـــط با پژوهشکده‌ی علوم کاربردی را برای ما و خوانندگان ماهنامه معرفی بفرمایید.

در حال حاضر ما دو نشـــریه داریم : یکی نشریه نانو مقیاس که متعلق به انجمن نانوفناوری ایران است و دیگری نشریه دنیای نانو که سردبیر هر دو نشریه خودم هستم. با نشریه IJNN به سردبیری دکتر مجتبی شریعتی نیاســـر نیز همکاری‌های خوبی داریم.

از نظر شـــما، تحریم‌های بین‌المللی کشـــورمان چقدر روی پیشرفت تولید علم در حوزه لیـــزر و اپتیک تاثیرگذار بوده‌است؟ راه حل غلبه بر تحریم‌ها در چیست؟

اگر بگوییم تحریم‌ها بی‌تاثیر بوده‌است که واقعیت را نگفته‌ایم امـــا به‌نظر من اگر ما قانع باشـــیم و از ادامه کار دلسرد نشـــویم، می‌توانیم بر تمامی مشکلات غلبه کنیم.

از کتاب‌هایـــی که در حـــوزه نانو و بایوفوتونیک ترجمه یا تالیف کرده‌اید برایمان بگویید.

در حال حاضر من دو کتاب در این حوزه ترجمه کرده‌ام که در نوبت چاپ است و انشاالله تا پایان سال روانه بازار نشر می‌شود: یکی کتاب نانواپتیک و دیگری کتاب‌های نانوفوتونیک و نانوتکنولوژی اســـت که به‌همت انجمن نانوفناوری ایران چاپ خواهد شـــد. همچنیـــن ترجمه‌ی یـــک کتاب فوتونیک نیز در مرکز نشر دانشـــگاهی در حال ویرایش است.

آیا این کتاب‌ها بیشتر جنبه‌ی تحقیق و پژوهش دارد؟

بله، این کتاب‌ها برای پژوهشگران حوزه‌ی لیزر، اپتیک وفوتونیک می‌توانند مفید واقع شوند. البته کتاب فوتونیک که مرکز نشـــر دانشگاهی ناشر آن اســـت، به‌عنوان متن مرجع دانشگاهی مورد استفاده قرار خواهد گرفت. از این کتاب چندین ترجمه دیگر نیز در بازار نشـــر موجود اســـت اما به‌دلیل وجود اشـــکالات علمی و فنی جدی در این ترجمه‌ها تصمیم به ترجمه این کتاب گرفتم.

این‌طور که شنیده‌ام، بسیاری از اولین ترجمه‌های فارســـی کتاب‌های مرجع دانشـــگاهی فیزیک متعلق به اساتید دانشگاه خوارزمی اســـت. چند نمونه از این ترجمه‌هـــا را برایمان نام ببرید تا بیشتر با سابقه علمی اساتید دانشگاه خوارزمی آشنا شویم.

بله، دقیقـــا همین‌طـــور اســـت. کار ترجمه‌ی کتاب‌های مرجع فیزیک در دانشـــگاه خوارزمی ســـابقه زیادی دارد و این افتخار دانشـــگاه است که اکثر کتاب‌های مرجع دوره لیسانس که همه ساله در دانشـــگاه‌های سراسر کشـــور تدریس می‌شود، توسط اســـاتید دانشگاه خوارزمی برای اولین بـــار به زبان فارســـی ترجمه شده‌اســـت. به‌عنوان نمونه می‌توانم به این چند کتاب اشاره کنم : کتـــاب ریاضی فیزیک آرفکـــن، مکانیک کوانتومی گاســـیروویچ و اپتیک پتروتی توسط

دستگاه اسپاترینگ RF Magnetron از امکانات لایه نشانی و ساخت ادوات الکترواپتیک آزمایشگاه نانوفوتونیک در پژوهشکده است که دارای پمپ توربو مولکولار با توان خلا ۵-۱۰ بار است. از دیگر خصوصیات این دستگاه قابلیت لایه نشـــانی هدف‌های فلزی مانند طلا، نقره، پلاتین، مس و آلومینوم است. به‌کمک این دستگاه لایه‌هایی به ضخامت یک نانو متر قابل لایه‌نشانی اســـت که دقت بالایی جهت ادوات الکترواپتیکی به‌شمار می‌رود.
از دیگـــر امکانـــات آزمایشـــگاه نانوفوتونیک لایه‌نشانی بخار شیمیایی (CVD) به کمک پلاســـما اســـت که در ســـاخت نیمه‌هادی‌ها و تولید نانو لوله‌های کربنی جهت ساخت ادوات الکترواپتیکی کاربرد دارد.

دستگاه لایه‌نشانی چرخشی با سرعت ۹۰۰۰ دور بر دقیقه

دستگاه لایه نشانی به روش غوطه‌وری از تجهیزات آزمایشگاه نانو فیزیک پژوهشکده علوم کاربردی در این دستگاه عمق غوطه وری و زمان آن قابل تنظیم است و سرعت بالا و پایین رونده به‌صورت مجزا تنظیم می گردد.

از دیگر تجهیزات آزمایشگاه نانو فیزیک می توان به کوره الکتریکی با دمای ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد، سانتریفیوژ ۱۶ شاخه با دور ۴۰۰۰ برای تفکیک ذرات معلق از مایعات و حتی دو مایع از یکدیگر، حمام التراسونیک برای همسان سازی سوسپانسیون‌ها و از بین بردن لک وسایل آزمایشگاهی و سایر دستگاه‌ها مانند PH متر، هود شیمیایی، دیونالیزر و همزن مغناطیسی اشاره کرد.

دکتر محی‌الدین شیخ الاسلامی، کتاب‌های فیزیک هالیدی که سال‌هاست به‌عنوان کتاب مرجع آموزش فیزیک پایه در دوره لیسانس در حال تدریس است توسط مرحوم دکتر نعمت‌الله گلستانیان و دکتر محمود بهار که همگی از اساتید پیشکسوت دانشگاه خوارزمی هستند، به‌فارسی ترجمه شده‌است. همچنین کتاب‌های فیزیک جدید، مکانیک آماری و نانوفیزیک را نیز اولین بار اساتید دانشگاه خوارزمی ترجمه کرده‌اند.

از وقتی که برای مصاحبه به ما اختصاص دادید متشکرم.

در ادامه سراغ دکتر اسماعیل حیدری، استادیار گروه آموزشی فیزیک اتمی و مشاور بین‌الملل دانشکده فیزیک دانشگاه خوارزمی رفتیم. ایشان از محققین حوزه نانو و بایوفوتونیک دانشگاه هستند.

از زمینه‌های پژوهشی و فعالیت‌های علمی پژوهشکده علوم کاربردی و همچنین پژوهش‌های خودتان در حوزه نانو و بایو فوتونیک برایمان بفرمایید؟

هم‌اکنون ما در بخش لیزر دانشکده فیزیک روی بحث بایو و نانوفیزیک کار می‌کنیم و سعی‌مان بر این است تا از لیزر، ابزارهای اپتیکی و نانوذراتی که ویژگی‌های اپتیکی دارند بتوانیم برای تشخیص انواع بیماری‌ها استفاده کنیم. این کار از سال ۱۳۹۳ با تاسیس پژوهشکده علوم کاربردی توسط دکتر مجلس‌آرا آغاز شده‌است. البته من شخصا در دوران تحصیل خود در آلمان، روی بحث حس گرهای زیستی و در گلاسکوی انگلستان روی ساخت نوعی حس گر زیستی در مهندسی پزشکی کار کرده‌ام و الان بیشتر تمرکزم روی زیست حس گرهای اکسیژن است.

این زیست حس گرهای اکسیژن چه کاربردهایی در صنایع و علوم مختلف دارند؟

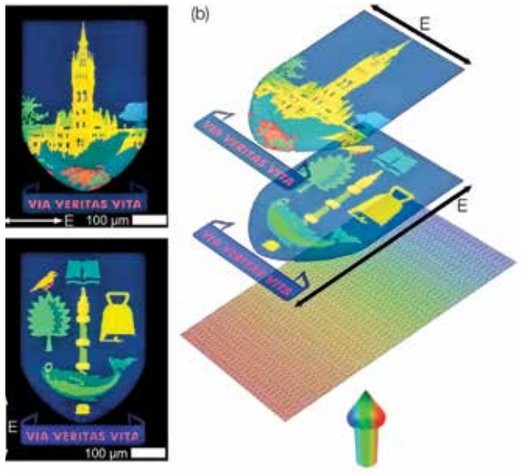
کاربردهای این زیست حس گرها بسیار متنوع و متفاوت است، از پزشکی گرفته تا صنایع غذایی و مباحث محیط‌زیستی مرتبط با آب.

در پزشکی، سنجش میزان اکسیژن بسیار مهم است که این زیست‌حس گرها می‌توانند این کار را انجام دهند. یک جای مهم که زیست‌حس گرهای اکسیژن می‌توانند به کمک پزشکان بیایند، بحث تشخیص سرطان‌هاست. چرا که مشخصه سلول‌های سرطانی، مصرف اکسیژن بالای آن‌هاست، بنابراین اگر در ساخت این زیست‌حس گرها از مواد حساس به اکسیژن استفاده کنیم، می‌توانیم حیطه آن‌ها را تشخیص دهیم.

اما به‌جز این موضوع، زیست‌حس گرها کاربردهای دیگری نیز دارند؛ در صنایع غذایی و بسته‌بندی می‌توانند به‌منظور سنجش کیفیت غذا مورد استفاده قرار گیرند. همچنین در مباحث مربوط به تصفیه آب و آلودگی آب نیز می‌توانند کاربرد داشته باشند، چون اکسیژن پارامتر مهمی در این قبیل موضوعات است. این زیست حسگرها حتی می‌توانند به کمک بیماران دیابتی نیز بیایند و به‌طور غیرمستقیم به سنجش قند خون کمک کنند، بنابراین گستره‌ی کاربرد این زیست‌حس گرها بسیار متنوع است، اما فعلا ما در پژوهشکده علوم کاربردی دانشگاه خوارزمی، بیشتر روی کاربردهای زیستی آن‌ها کار می‌کنیم.

از دیگر زمینه‌های پژوهشی خودتان هم برایمان بفرمایید.

بله، در کنار این موارد من روی کاربرد امنیتی مواد اپتیکی نیز کار می‌کنم که می‌توانیم با استفاده از مواد خاص اپتیکی، لِیبِل (برچسب)های امنیتی خاصی بسازیم که مثلا برای اصالت بسته‌بندی کالاها و یا حتی در اسکناس‌ها استفاده شود، چیزی شبیه به QR کدهای امروزی. این فناوری، ترکیبی از فوتولیتوگرافی و نانوذراتی است که ویژگی‌های خاصی دارند.

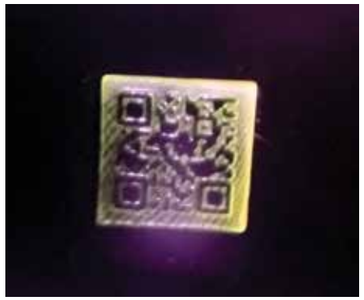


در بخش زیستی فعالیت‌های پژوهشکده، چقدر با دیگر دانشگاه‌های داخلی و خارجی در ارتباط هستید؟

در حال حاضر، من با دانشکده مهندسی پزشکی دانشگاه صنعتی امیرکبیر کار می‌کنم و در ارتباطم. با توجه به اینکه من مشاور امور بین‌الملل دانشکده نیز هستم، با دانشگاه‌های اسکاتلند هم ارتباط برقرار کرده‌ایم و کار می‌کنیم. من فکر می‌کنم با توجه به شرایط اقتصادی کنونی کشور، به‌نسبت فعالیت‌های داخلی، ما از بخش فعالیت‌های علمی بین‌المللی بیشتر می‌توانیم سود ببریم.

از میان فعالیت‌های حرفه‌ای که در دوران تحصیل خود در خارج از کشور انجام داده‌اید، کدام‌یک را در حال‌حاضر در ایران نیز قابل گسترش می‌دانید؟

ما در حال حاضر با همکاران در حال کار در بخش «نانوپلاسمونیک» هستیم و دانشجویی داریم که در همین بحث روی موضوع فوتوترمال تراپی (در سرطان) مشغول کار است. همچنین در



زمینه‌های فوتولیتوگرافی و نانوایمپرینت نیز در حال کار هستیم.

به‌نظر شما به‌عنوان محقق حوزه‌ی لیزر، اپتیک و نانو تکنولوژی، کشورمان ایران جزء کشورهای تولیدکننده علم در این حوزه به‌حساب می‌آید یا خیر؟ روند رشد و پیشرفت کشور در این حوزه‌ها را چگونه ارزیابی می‌کنید؟

فکر می‌کنم این سوال خیلی سختی است. به‌نظر من، ایران جزء کشورهای تولیدکننده علم در این

در این تحقیق، نانوحفره‌هایی در سطح یک صفحه فلزی از جنس آلومینیوم و به ضخامت ۱۰۰ نانومتر ایجاد شده‌است. این نانوحفره‌ها مجموع یک سری نانوپلاسمون‌های سطحی و نانوپلاسمون‌های رونده‌اند.

از آنجا که نانوذرات فلزی مثبت و منفی می‌توانند نور را پراکنده کنند؛ یعنی اگر نور خاصی به آن‌ها بتابانیم، در صورتی که طول‌موج آن نور در طیف جذبی‌شان باشد نور را پراکنده می‌کنند، اصولا رنگ این نور پراکنده شده به ابعاد و نوع نانوذرات بستگی دارد. اما در این مورد خاص که ما روی آن کار کردیم، به فاصله بین نانوذرات نیز وابسته است.

بنابراین از این خاصیت نانوذرات فلزی می‌توانیم به عنوان فیلتر رنگی روی نور سفید به منظور ایجاد نور با رنگ دلخواه استفاده کنیم. همچنین با کنترل پیکسل نور حاصل می‌توانیم تصویری تمام رنگی ایجاد کنیم.

در این تحقیق، روی یک لایه آلومینیوم ۱۰۰ نانومتری، نانوساختار منفی ایجاد و این دو تصویر روی آن چاپ شد که بسته به نوع قطبش می‌توان تصویر بالا یا پایین را مشاهده کرد. با استفاده از این تغییر قطبش، ما موفق به ساخت QR کدی شدیم که هر پیکسل آن ۲۳۰ نانومتر و کوچک‌ترین QR کد ساخته شده در جهان است.

QR+ کدهای تولید شده به وسیله هریک از این قطبش‌ها کاملا منحصربه‌فرد و با دیگری متفاوت است. بنابراین کپی کردن این QR کدها بسیار سخت و تقریبا غیرممکن است. این کار هنوز در مرحله تحقیقاتی است اما به دلیل کاربردهای زیادی که می‌تواند در سنجش اصالت اسکناس پول، داروی اصلی از تقلبی و انواع کالاها داشته باشد، پتانسیل تجاری شدن را هم دارد.

میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) از تجهیزات پژوهشکده علوم کاربردی دانشگاه خوارزمی است که در مدهای کاربردی غیر تماسی با مدولاسیون دامنه و تماسی با حلقه‌ی فیدبک کار می‌کند. از قابلیت‌های این وسیله طیف‌سنجی نیروهای واندروالس، طیف‌سنجی نیروهای الکترواستاتیکی، میکروسکوپی نیروهای مغناطیسی و انجام نانولیتوگرافی است.

حوزه‌ها هست اما این که بخواهیم ارزیابی کنیم در کدام نقطه ایستاده‌است، کمی سخت به‌نظر می‌رسد. بعضی اوقات درباره‌ی اینکه در علم نانو مقام چندم جهان و منطقه هستیم، کمی اغراق می‌شود. چون چاپ کردن مقاله در یک حوزه علمی تنها یک معیار است و کاربرد در صنعت و تکنولوژی معیار مهم‌تری اســت. من با دکتر مجلس‌آرا در مجله نانومقیاس همــکاری دارم و خیلی از مقــالات تولید داخل در حوزه‌ی نانو تکنولوژی را از نزدیک می‌بینم، به‌نظرم می‌آید متاسفانه خیلی از مقالات تولید شده جنبه کاربردی ندارند. مثلا ما در بحــث تولید نانوذرات، مقالات زیادی درباره ســنتز داریم اما موضوع این است که در بحث کاربرد و نانومهندسی آن‌ها کمتر کار شده‌است.

■ اگر سخن پایانی دارید یا نکته‌ای که در حین مصاحبه از قلم افتاده باشد را برایمان بفرمایید.

نکته‌ای که می‌خواستم به آن اشاره کنم، این است که پژوهشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی دانشگاه‌ها سعی در جذب دانشجویان و اســاتیدی داشته باشند که بتوانند طرح و پروژه تحقیقاتــی بگیرند. چرا که در حال حاضر بودجه‌های تخصیص یافته به دانشگاه‌ها از طرف وزارت علوم کافی نیست و اساتید باید از این طریق به آوردن بودجه به دانشگاه‌ها کمک کنند.

■ متشکرم

در پایان مصاحبه، دکتر ســلمان مهاجر، استادیار گروه آموزشی فیزیک اتمی و مولکولی و از محققین بایوفوتونیک پژوهشــکده علوم کاربردی، اطلاعات مفیدی درباره پژوهش‌های انجام شده در پژوهشکده علوم کاربردی روی بحث کاربردهای لیزر در پزشکی و به‌خصوص درمان انواع سرطان‌ها ارائه دادند که در ادامه می‌خوانید:

■ کار در حوزه بایوفوتونیک در دانشگاه خوارزمی از ســال ۱۳۹۰ با تز دکترای من در موضوع بررسی ویژگی‌های اپتیکی ســلول‌های ســرطانی آغاز و راه‌اندازی شد. با توجه به شیوع بیماری سرطان در جامعه، به‌این نتیجه رسیدیم که در این مرکز روی کاربردهای لیزر در حوزه پزشــکی با توجه خاص به سرطان‌ها کار کنیم. ســرطان‌هایی که تاکنون روی آن‌ها کار کرده‌ایم عبارتند از: سرطان دیواره تخمدان، ســرطان حفره دهان و سرطان سینه. در بحث سرطان تخمدان، تکنیک اپتیکی را پیشنهاد دادیم که منجر به تشخیص ســلول‌های سرطانی از سلول‌های سالم می‌شــود. یعنی ثابت کردیم که ویژگی‌های اپتیک غیرخطی سلول‌های سرطانی و سالم کاملا از هم متفاوتند که این منجر به تشخیص سلول‌های سرطانی می‌شود. این روش را در منطقه دهانی نیز گســترش دادیم و اکنون در حال کار بر روی سرطان سینه هستیم. یک تز کارشناسی ارشد هم روی درمان سرطان سینه پیشنهاد داده‌ایم.

■ در حوزه زیســت شناســی نیز با دانشگاه علوم پزشکی گلستان، کار در حوزه تشخیص باکتری‌ها را آغــاز کرده‌ایم. آزمایش‌های اولیــه موفق بوده و امیدواریم بتوانیــم روش لیزری موفقــی را برای تشخیص انواع باکتری‌ها ارائه دهیم.

■ یکی از بخش‌هایی که از سال ۱۳۹۴ به این‌طرف روی آن تمرکــز کرده‌ایم، تشــخیص کمیت‌های پزشــکی مهم خون مانند کراتینین و اوره به‌روش اپتیکی بوده‌است. کار اندازه‌گیری کراتینین و اوره خون به‌روش اپتیکی نیز موفقیت‌آمیز بود و نتیجه آن در مقاله‌ای به چاپ رسید و تایید شد.

■ هم اکنون در حال انجام دادن کاری مشــترک با پژوهشــکده رویان در حوزه ناباوری هستیم که به‌موجب آن می‌تــوان با اســتفاده از روش انبرک نوری، اسپرم‌های سالم را از معیوب جدا کرد. خطای این روش در مقایســه با روش‌های کنونی همچون آی.وی.اف بسیار پایین و نزدیک به صفر است.

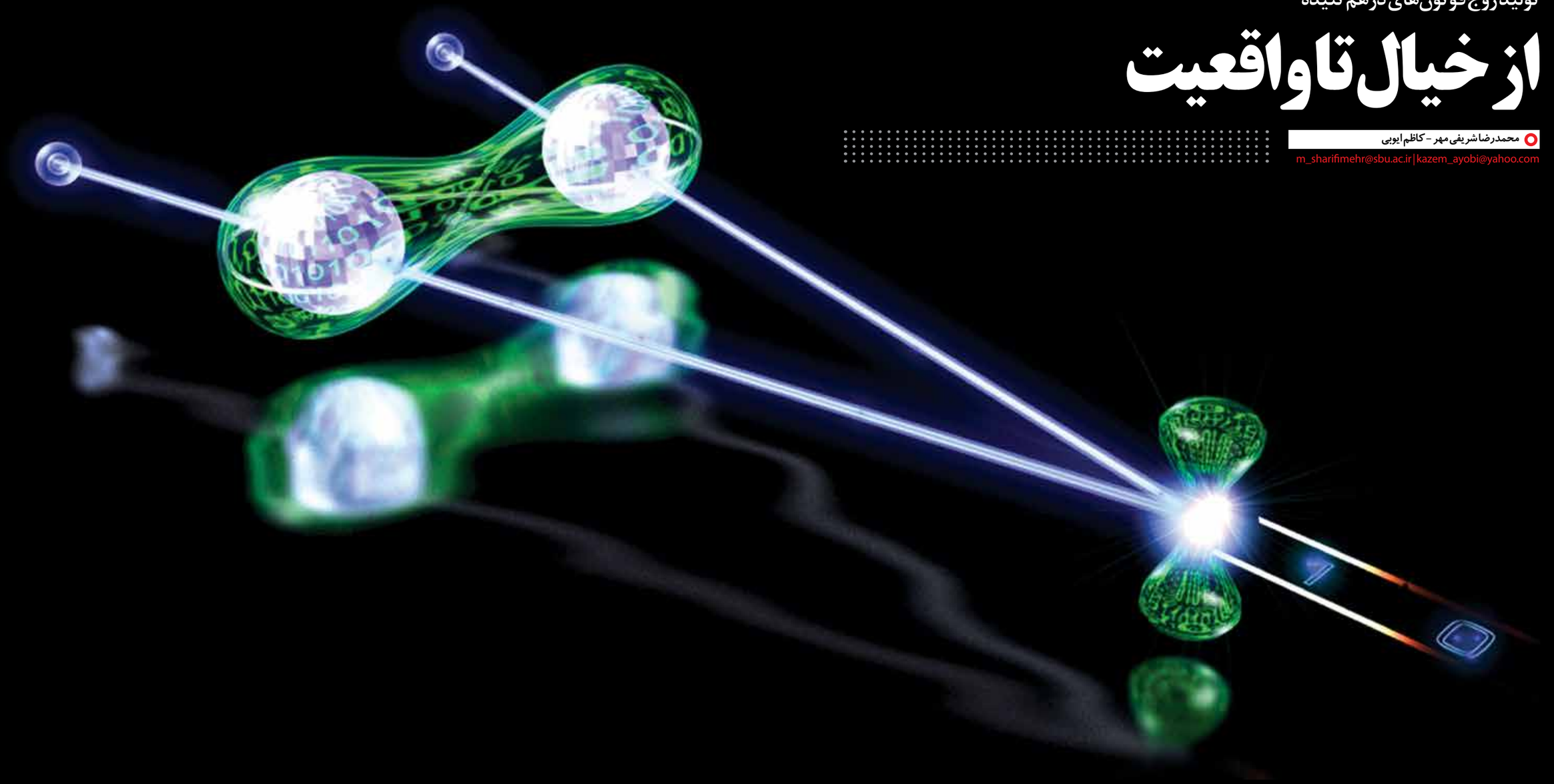
■ برایتــان آرزوی موفقیت‌های علمی بیشتری داریم.

۲۰ از خیال تا واقعیت
۳۰ سقوط با آسانسور انیشتین در مرکز هایتک آلمان
۳۶ جادوی رنگ‌ها با نمایشگرهای بلور مایع

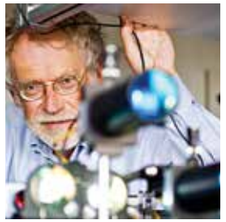
تولید زوج فوتون‌های درهم تنیده

از خیال تا واقعیت

محمدرضا شریفی مهر - کاظم ایوبی
m_sharifimehr@sbu.ac.ir | kazem_ayobi@yahoo.com



چشم‌انداز
VISION
ویژه‌نامه دانش‌بنیان • فناوری لیزر و فوتونیک
شماره یازدهم • شهریور ۱۳۹۷
لیزر و فوتونیک



پروفسور آنتون زایلینگر (Anton Zeilinger) تا کنون آزمایش‌های مهم و متعددی در زمینه بنیان فیزیک کوانتومی، اپتیک کوانتومی و نظریه اطلاعات کوانتومی انجام داده که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به انجام اولین آزمایش انتقال کوانتومی (quantum teleportation) و محاسبه یک طرفه کوانتومی (one way quantum computation) اشاره نمود. این فیزیکدان برجسته و پیشرو در زمینه فیزیک کوانتومی، استاد مرکز علوم و فناوری کوانتوم در دانشگاه تکنولوژی وین می‌باشد و از دانشمندان صاحب نام در این حوزه به‌شمار می‌رود. وی در سفرهایی که به‌همراه چند تن از دانشمندان آکادمی علوم اتریش به ایران داشتند (بهار ۱۳۹۳ و تابستان ۱۳۹۴) هم‌زمان با حضور در دانشگاه صنعتی شریف و ارائه سخنرانی، با اساتید و دانشجویان دانشکده فیزیک این دانشگاه نیز به بحث و تبادل‌نظر پرداختند.

در سال ۱۹۳۵ میلادی نکته فوق‌العاده عجیبی در مورد نظریه‌ی کوانتومی توجه آلبرت اینشتین را جلب کرد، نکته‌ای که تا آن زمان که چند سالی از فرمول‌بندی نوین نظریه‌ی کوانتومی می‌گذشت، همچنان از نگاه تیزبین فیزیکدان‌ها پوشیده مانده بود. اینشتین دریافت که براساس نظریه‌ی کوانتومی، باید مابین ذراتی که حداقل یک بار با یکدیگر برهم‌کنش داشته‌اند، نوعی ارتباط اسرارآمیز درونی برقرار شود، به‌گونه‌ای که اگر ویژگی‌های کوانتومی یکی از این ذرات را تغییر دهیم، مابقی آن‌ها صرف‌نظر از اینکه در چه فاصله‌ای از ذره اول قرار گرفته‌اند- مثلاً یک متر با ذره مزبور فاصله دارند یا حتی یک میلیارد سال نوری- بلافاصله و به‌طور آنی از این تغییر، تأثیر بپذیرند!

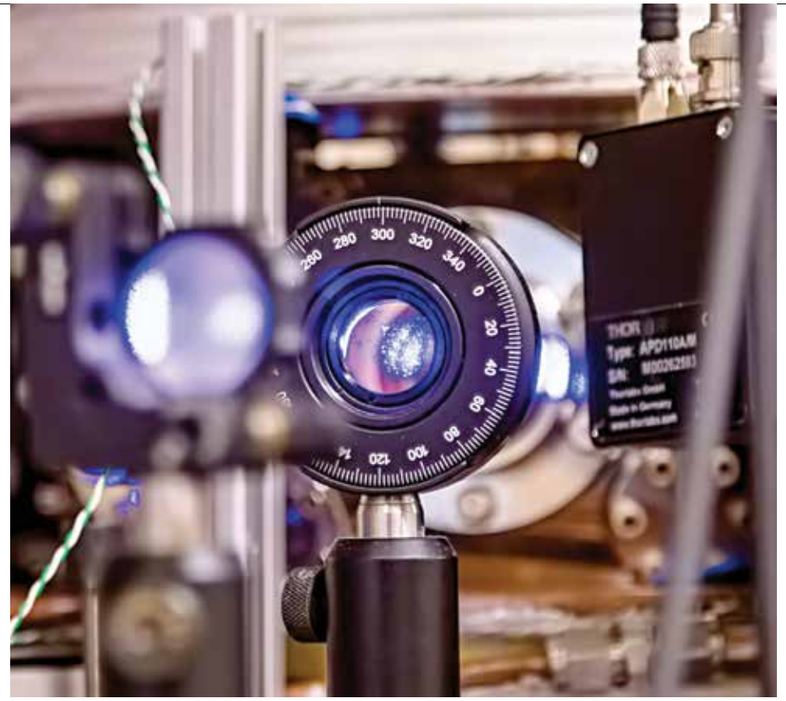
این پیش‌بینی نظریه‌ی کوانتومی به‌حدی عجیب و غریب بود که حتی خود اینشتین هم به‌هیچ وجه نتوانست آن را بپذیرد و آن را ناشی از ناکامل بودن این نظریه می‌دانست، زیرا معتقد بود که اساساً هیچ کنش و ارتباطی مابین ذرات جهان نمی‌تواند با سرعتی بیش از سرعت نور برقرار شود. به‌همین دلیل اینشتین در همان سال مقاله مشترکی را با دو فیزیکدان دیگر به نام‌های بوریس پودولسکی[1] و ناتان روزن[2] منتشر کرد و در آن مقاله ضمن اعلام نظر خود مبنی بر وجود مشکل در نظریه‌ی کوانتومی، نظریه دیگری را به نام «نظریه متغیرهای نهانی موضعی» به‌عنوان جایگزین نظریه‌ی کوانتومی مطرح کرد. این نظریه به‌گونه‌ای تدوین شده بود که تمامی پیش‌بینی‌های نظریه‌ی کوانتومی را عیناً و البته بدون در نظر گرفتن رابطه آنی و لحظه‌ای مابین

اما به‌راستی کدامیک از این دو نظریه قابل پذیرش

1 Boris Podolsky
2 Nathan Rosen

بودند، نظریه مطرح شده در مقاله مشترک اینشتین- پودولسکی- روزن که به‌صورت مخفف مقاله EPR نامیده می‌شد (برگرفته از حروف اول اسامی این سه دانشمند)، و یا نظریه‌ی کوانتومی که بر وجود ارتباط اسرار آمیز آنی و درونی مابین ذرات کوانتومی دلالت داشت و «اروین شرودینگر» فیزیکدان برجسته اتریشی، اصطلاحاً آن را «درهم‌تنیدگی کوانتومی» (Quantum Entanglement) نامیده بود؟

کلید پاسخ این سوال مهم را یک فیزیکدان ایرلندی به نام «جان بل» در سال ۱۹۶۴ میلادی پیدا کرد. جان بل توانست رابطه‌ی ریاضی مشهور به «نامساوی بل» را پیدا کند که می‌توانست تفاوت میان پیش‌بینی‌های این دو نظریه رقیب، یعنی «نظریه‌ی کوانتومی» و «نظریه متغیرهای نهانی موضعی» را در آزمایش‌های خاصی نشان دهد. براین‌اساس اگر فیزیکدان‌ها موفق می‌شدند که در آزمایش‌های خود، نقض نامساوی بل را مشاهده کنند، این به‌معنای صحت نظریه‌ی کوانتومی و وجود پدیده‌ی اسرارآمیز درهم‌تنیدگی کوانتومی بود و در غیراین صورت حق با اینشتین بود و هیچ ارتباط و تبادل اطلاعاتی با سرعتی فراتر از سرعت نور مابین ذرات وجود نداشت.



این مناقشه طولانی سرانجام در سال ۱۹۷۲ با پیروزی نظریه‌ی کوانتومی به پایان رسید. در این سال، دو فیزیکدان به نام‌های استوارت فریدمن[3] و جان کلاوزر[4] در دانشگاه برکلی آمریکا موفق شدند با اندازه‌گیری قطبش فوتون‌هایی که قبلا با یکدیگر برهم کنش داشته‌اند، نقض نامساوی بل و در نتیجه وجود پدیده اسرارآمیز درهم‌تنیدگی کوانتومی را برای نخستین بار به‌طور تجربی مشاهده کنند. ده سال بعد از آزمایش فریدمن - کلاوزر، در سال ۱۹۸۲ یک فیزیکدان فرانسوی بنام آلن آسپکت[5] با افزایش دقت این آزمایش، وجود پدیده‌ی درهم‌تنیدگی کوانتومی را باز هم با قطعیت بالاتری تایید کرد. در سال ۲۰۰۸ نیز فیزیکدانان دانشگاه ژنو در سوئیس به رهبری نیکولاس گیسین[6] با انجام آزمایشی توانستند به‌صراحت نشان دهند که ارتباط مابین ذرات در هم‌تنیده کوانتومی حداقل با سرعتی ده هزار برابر سریع‌تر از سرعت نور صورت می‌گیرد!

اما شگفتی‌های پدیده‌ی درهم‌تنیدگی کوانتومی به همین‌جا ختم نمی‌شود، زیرا برخی فیزیکدان‌ها معتقدند که این ارتباط آنی و درونی اسرارآمیز نه تنها در فواصل مکانی و در بُعد مکان، بلکه حتی مابین لحظات مختلف در بُعد زمان، مابین گذشته و آینده نیز عمل می‌کند و این امر به‌معنای برقراری ارتباط آنی دو لحظه مختلف زمانی با یکدیگر است! علاوه بر این، امروزه فیزیکدان‌ها حتی کاربردهای حیرت‌انگیز متعددی را نیز برای این پدیده اسرارآمیز پیدا کرده‌اند، کاربردهایی نظیر مخابرات کوانتومی، رایانه‌های فوق سریع کوانتومی، رمزنگاری غیرقابل نفوذ کوانتومی و غیره کاربردهایی هستند که پیش‌بینی می‌شود براساس پدیده‌ی حیرت‌انگیز درهم‌تنیدگی کوانتومی، فناوری پیشرفته را در قرن بیست و یکم دگرگون خواهد کرد.

3 Stuart Freedman
4 John Clauser
5 Alain Aspect
6 Nicolas Gisin

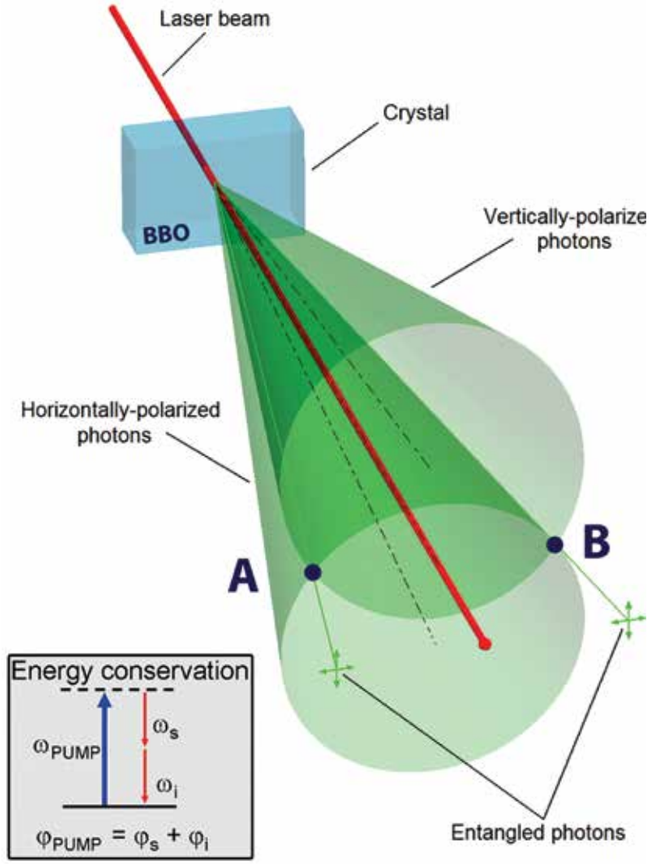
درهم‌تنیدگی کوانتومی ذرات

در حقیقت درهم‌تنیدگی به‌معنای جفت شدن ویژگی‌های دو یا چند سیستم یا ذره کوانتومی است، ذراتی که پیش‌تر با یکدیگر در اندرکنش بوده و پس از جدا شدن از یکدیگر، توصیف مستقل این ذرات امکان پذیر نیست. درهم‌تنیدگی برای ذراتی همچون فوتون‌ها، الکترون‌ها، اتم‌ها و حتی مولکول‌ها رخ می‌دهد. این اندرکنش فیزیکی مربوط به ویژگی‌هایی نظیر قطبش، تکانه، اسپین و... است به‌گونه‌ای که روابط ریاضی حاکم بر آن‌ها جدایی‌ناپذیر بوده و با اندازه‌گیری هر یک از این ویژگی‌ها برای یکی از دو ذره درهم‌تنیده، همان ویژگی به‌طور آنی در ذره دیگر تعیین می‌شود. به‌طور مثال با مشخص شدن اینکه اسپین یکی از ذرات ساعتگرد است، اسپین ذره دوم بلافاصله به‌حالت پادساعتگرد می‌رود.

دلخواهی را اختیار کند، حالت مشخص و متعیّنی به‌خود می‌گیرد. در حقیقت اندازه‌گیری شما از بین تمام حالت‌هـــای احتمالی‌ای که یک ذره در کیلومترها آن طرف‌تر می‌توانســـت اختیار کند یکی را به‌صورت قطعی انتخـــاب می‌کند بدون اینکه نور و یا هیچ علامـــت دیگری فرصت کرده باشـــد که در بین این دو اندازه‌گیری این فاصله را طی کرده باشـــد. امروزه با آزمایش‌های دقیق اپتیکی می‌توانیـــم فوتون‌هایی را تولید کنیم که در فاصله‌های بیـــش از ۱۵۰ کیلومتر از یکدیگر درهم تنیده باشـــند. این ویژگی که البته ناقض نسبیت خاص نیست، یک ویژگی بسیار عمیق و رازآمیز دنیای کوانتومی است. ما نمی‌دانیم چرا جهان این گونه است و هیچ گونه درکی از چرایی آن نیز نداریم فقط می‌دانیم که چارچوب نظریه‌ی مکانیک کوانتومـــی و آزمایش‌های متعدد وجود این خصلت را تایید می‌کنند.

تولید زوج فوتون‌های درهم‌تنیده

فوتون‌ها می‌توانند در ویژگی‌هایی مانند قطبش، فرکانس یا اندازه حرکت، درهم تنیده شوند. در اولین آزمایش‌های انجام شده برای بررسی درهم تنیدگی فوتون‌های تولید شـــده، ویژگی قطبش آن‌ها مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. اساس تولید زوج فوتون‌های درهم تنیده در این پدیده استفاده از فرآیند اپتیک غیرخطی با عنوان Spontaneous Parametric Down-Conversion (SPDC) می‌باشد که به‌عنوان مثال در یک بلور دو شکستی مانند BBO (beta-barium borate) رخ می‌دهـــد. در این فرآیند، فوتون‌هـــای پرتوی لیزر دمش به دو فوتون با فرکانس کمتر تبدیل می‌شـــوند که این فوتون‌ها به‌صورت دو رویه مخروطی از بلور خارج شده و هریک فقط شـــامل فوتون‌های با یک نوع قطبش هستند. نمای کلی تولید زوج فوتون‌های درهم‌تنیده با استفاده از بلور BBO به‌صورت TypeII در شکل بالا نشان داده شده است.



در این شـــکل، فوتون‌های منتشـــر شـــده در راســـتای محل تقاطع دو مخروط، شـــامل حالت‌های تبهگن درهم‌تنیده هســـتند که معمولا برای تشـــخیص درهم تنیدگی فوتون‌ها، آشکارســـازهای بســـیار حســـاس شـــمارنده تک فوتونی در نقاط A و B قرار داده می‌شوند.

بنابراین به‌عنوان جمع بندی مطالب این بخش، می‌توان گفت که درهم تنیدگی کوانتومی بیانگر این مطلب است که اندازه‌گیری یک ذره در یک نقطه می‌تواند خصلت‌های بالقوه یک ذره درهم تنیده بـــا ذره اول را که در دوردســـت قرار دارد، به‌طور آنی تغییر داده و آن‌ها را به فعلیت درآورد بدون این‌که هیچ‌گونه ارتباط علّی با آن ذره داشته باشد. شما می‌توانید اســـپین یک ذره را در یک نقطه اندازه‌گیری کنید و بلافاصله به‌صورت آنی اســـپین یک ذره دیگر در کیلومترها آن طرف‌تر که تا قبل از اندازه‌گیری می‌توانســـت هر مقدار

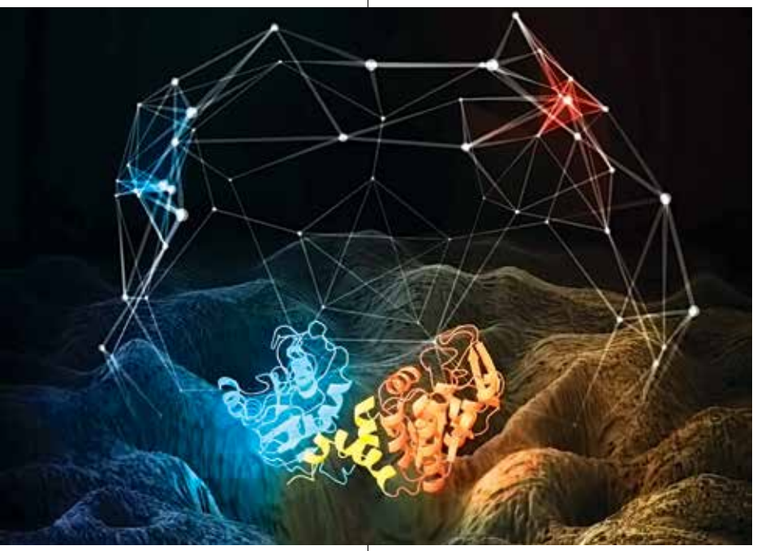
کاربردهای درهم تنیدگی کوانتومی

دستاوردهایی که با اســـتفاده از فناوری کوانتوم در مقیاس ذرات‌بنیادی مانند الکترون‌ها و فوتون‌ها به‌دست آمده و دستیابی به‌آن‌ها از طریق فیزیک کلاسیک رویایی بیش نیستند، روز به‌روز در حال تغییر و توسعه می‌باشند. افزایش دقت حس‌گرها، تصویربرداری توســـط فوتون‌های درهم‌تنیده و کاربردهای بســـیار زیاد دیگری که در این حوزه قابل بررسی می‌باشند کمک شایانی به توسعه روز افزون سطح زندگی بشر خواهند کرد، به‌طوری که انگیزه‌ی ســـرمایه‌گذاری بسیاری از کشورها در این زمینه را فراهم آورده اســـت. کاربردهای این فناوری در پنج حوزه کلی شامل ۱- ارتباطات امـــن کوانتومـــی ۲- محاســـبات کوانتومی ۳- شبیه‌ســـازی‌های کوانتومـــی ۴- تصویربرداری کوانتومی و ۵- حس‌گرهای کوانتومی دسته بندی می‌شـــوند که هر یک از آن‌ها در ادامه به‌صورت خلاصه مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

ارتباطات ایمن کوانتومی

در زمینه ارتباطات و انتقـــال اطلاعات، حفاظت و امنیت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. روش مرســـوم برای تضمین این موضـــوع، رمزنگاری می‌باشـــد. در رمزنـــگاری، اطلاعـــات توســـط الگوریتمـــی خاص کدگذاری شـــده و ارســـال می‌گردد و دریافت‌کننده‌ی اطلاعات با داشـــتن کلید قادر به اســـتخراج اطلاعات می‌باشـــد. در رمزنگاری‌های کلاسیک از الگوریتم‌های ریاضی استفاده می‌شود ولی به‌دلیل وجود رابطه ریاضی هرچند پیچیده ولی مشـــخص، قابل رمزگشایی هســـتند. درحالی‌که در رمزنـــگاری کوانتومی به‌دلیـــل ماهیت متفاوت رمزنـــگاری، امنیت در تبادل اطلاعات بســـیار بالا بوده و رمزگشایی آن ناممکن به‌نظر می‌رسد.

یکی از قابلیت‌های اساسی رمزنگاری کوانتومی آن‌است که حتی اگر پیام‌های رمز شده، قطع شده



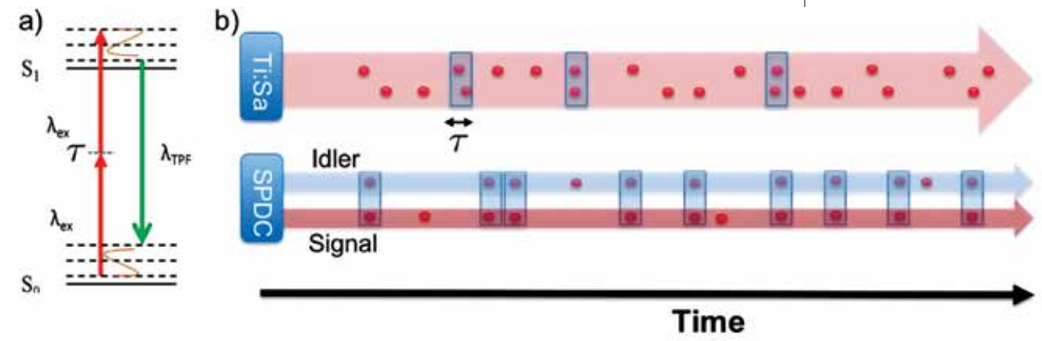
و یا ذخیره گردند، با در دست داشتن فناوری‌های پیشرفته کنونی نیز قابل رمزگشایی نخواهند بود. بنابراین به‌عنوان مثال، ایجاد یک شبکه ارتباطی ایمن کوانتومی در ســـطح جهانی امنیت بالایی را برای تبادلات مالی در بســـتر اینترنت تضمین می‌نماید. در حقیقت، در آینـــده نه چندان دور، شـــبکه‌های کوانتومی برای حفاظت از اطلاعات نقش بســـیار مهمی بر عهده دارند زیرا می‌توانند ضمن ارسال سیگنال، هرگونه اختلال تاثیر گذار بر آن را بلافاصله شناســـایی کنند. چهار حوزه مهم در مخابرات کوانتومـــی عبارت‌اند از ارتباط مســـتقیم امن، توزیع کلید کوانتومی، مخابره از راه دور و تکرارکننده‌های کوانتومی که هرکدام در ایجاد کیفیت مطلوب و امنیت مسیر ارتباطی نقش مهمی در ایجاد شبکه‌های ارتباطی دارند.

محاسبات کوانتومی

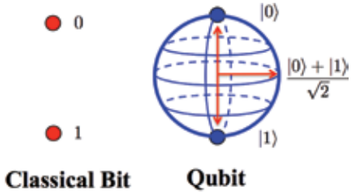
اســـاس کار رایانه‌هـــای کوانتومی پـــردازش روی الکترون‌ها و فوتون‌ها می‌باشد. کوچک‌ترین واحد اطلاعات در دســـتگاه‌های کلاســـیک بیت نامیده می‌شـــود که این واحـــد در رایانه‌هـــای کوانتومی

بررسی تجربی درهم‌تنیدگی ذرات

آلن اَســـپکت با آزمایش تاریخی خود در ســـال ۱۹۸۲ وجود درهم تنیدگی کوانتومی وارتباط اسرارآمیز درونی و آنی مابین ذرات کوانتومی را به‌طور تجربی نشـــان داد. برخی از فیزیکدانان برای چندین دهه وجود پدیده درهم‌تنیدگی کوانتومی را انکار کردنـــد، اما امروزه دانشمندان در آزمایشگاه‌های سراسر جهان توانسته‌اند درهم تنیدگی کوانتومی را برای تعداد زیادی از ذرات به‌صورت تجربی بررســـی کننـــد، موفقیتی که می‌تواند اساس و پایه رایانش کوانتومی باشد؛ فناوری‌ای که انتظار می‌رود همه چیز درباره پردازش و ذخیره ســـازی اطلاعات را در آینده متحول سازد.



کیوبیت (Qbit) می‌باشد. تفاوت بین بیت و کیوبیت در مقادیری است که می‌توانند اختیار کنند. بیت‌ها در یک زمان فقـط می‌توانند مقدار یـک و یا صفر را اختیار کنند. در حالی کـه کیوبیت‌ها می‌توانند همزمان ترکیبی از مقادیر صفر و یک را داشته باشند یعنی حالتی که حاصـل برهم‌نهی دو حالت صفر و یک است.



در واقع کیوبیت در هـر لحظه با یک احتمال خاص دارای مقدار صفر و با احتمالی دیگر دارای مقدار یک است. این خاصیت کیو بیت‌ها را یانه‌های کوانتومی را قادر به انجام پردازش‌های بسیار سریع‌تری نسبت به رایانه‌های مرسوم خواهد نمود. همچنین رمزنگاری کوانتومی اطلاعات نیز به‌دلیل سرعت بسیار بالای رایانه‌های کوانتومی امری ضروری می‌باشـد. زیرا به‌عنوان مثال رمزی که با سیستم‌های مرسوم کنونی در زمانی بیش از صد سال احتمال رمزگشایی داشت، با سیسـتم‌های کوانتومی در کمتر از یک روز قابل رمزگشایی خواهد بود.

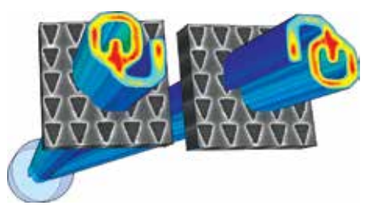
شبیه‌سازی کوانتومی

پژوهشگران با همکاری محققان شرکت گوگل موفق شـدند اولین شبیه‌سـازی کوانتومی از یک واکنش شیمیایی که بیانگر استفاده از رایانه‌های کوانتومی در دنیای واقعی است را اجرا نمایند. آن‌ها شبیه‌سازی‌های مولکولی که دارای ساختار بسیار پیچیده‌ای هستند را با این رایانه‌ها انجام داده‌اند، کاری که اجرای آن با استفاده از رایانه‌های کلاسیک امکان پذیر نمی‌باشد.

با اسـتفاده از رایانه‌هـای کوانتومی امکان بررسـی حالت‌های مختلـف چیدمان اتم‌ها وجود داشـته و می‌توان با این کار انرژی، طیف، استحکام و یا هر ویژگی دیگری در مولکول نهایی را بررسی کرده و در نهایت ساختار مطلوب را انتخاب نمود.

تصویربرداری کوانتومی

در سالیان اخیر دانشـمندان با اسـتفاده از فناوری کوانتومی در طیف‌سـنجی و تصویربرداری زیستی پروژه‌های متنوعی تعریف نموده و بودجه‌های زیادی برای به‌ثمر رسیدن آن‌ها اختصاص داده‌اند. در حقیقت، حالات نوری غیر کلاسیکی روش‌های تصویربرداری با وضوح بالا را ممکن ساخته است.



یکی از قدرتمندترین ابزار در حوزه تصویربرداری زیستی، اسـتفاده از ویژگی جذب دوفوتونی مواد آلی برای تصویربرداری میکروسکوپی از سلول‌ها می‌باشـد. این نوع تصویربرداری با به‌کارگیری تکنیک جذب دوفوتونی کـه حاصل اندرکنش فوتون‌ها با سـلول‌های زیسـتی می‌باشد، قابل حصول است. ولی کم بودن مقدار جذب دوفوتونی در سـلول‌ها و بافت‌های زیسـتی باعث شده در سلول‌ها و بافت‌های با حساسیت زیاد، با بالابردن توان پرتو، تخریب سـلولی و بافتـی روی داده و تصویربرداری به‌درسـتی انجام نشـود. فناوری کوانتـوم در ایـن زمینه کمک شـایان توجهی نموده و به‌دلیل وجـود هم زمانی بسـیار زیاد در فوتون‌هـای درهم‌تنیده کـه از طریق پدیده SPDC تولید می‌شوند این مشـکل را حل نموده اسـت. فوتون‌های درهم‌تنیده دارای هم زمانی بالایی بوده و به‌این ترتیب سـطح مقطع جذب دوفوتونی سلول‌ها افزایش می‌یابد و با شار فوتونی کمتری که سلامت سـلول‌های مورد مطالعه را تضمین کند می‌تـوان به نتیجـه‌ی مطلوب در تصویربرداری رسـید. محققان موفق به طراحی و توسـعه‌ی چیدمانی شـده‌اند که از یک منبع تولید فوتون‌های درهم‌تنیده با طیف پهن و توان خروجی ۰٫۲ میکـرو وات و هم زمانی فوتونی در حدود ۱۸ فمتو ثانیه جهت تصویربرداری زیستی استفاده نماید. آن‌ها با به‌کارگیری این منبع نوری تحریک زوج فوتون‌های درهم‌تنیده، موفق شدند مولکول‌های فلورسانس در شرایط مختلف را مورد بررسی قرار دهند.

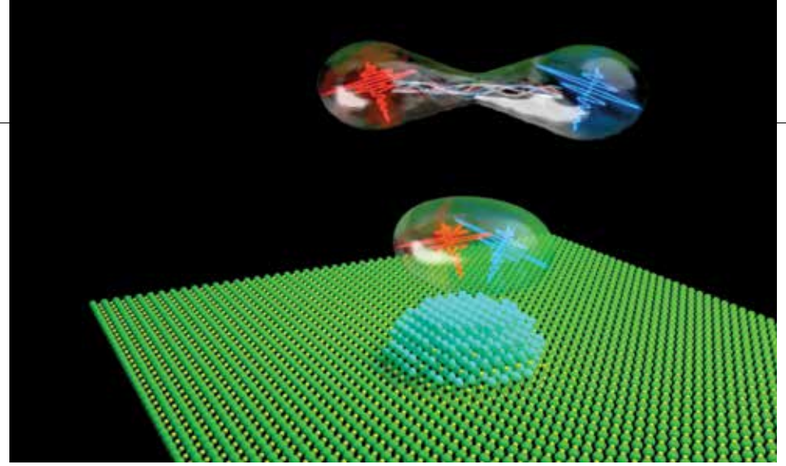
در شکل فوق همبستگی فوتون‌های تولید شده به‌روش SPDC و لیزر Ti:Sa از لحاظ زمانی مقایسه شده اسـت. تعداد زوج فوتون‌های درهم‌تنیده هم‌زمان، کـه بـه‌روش SPDC تولید شـده‌اند، به‌مراتب بیشـتر از تعداد فوتون‌هـای هم‌زمان منتشر شده از لیزر Ti:Sa می‌باشد.

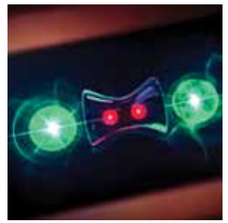
از همین ویژگـی برای کاربردهـای لیتوگرافی کوانتومی نیز می‌توان بهره گرفت. در لیتوگرافی نوری کلاسـیک حد پراش محدودیت در نقطه تمرکز پرتو را موجب می‌شـود درصورتی که در لیتوگرافی کوانتومی می‌تـوان به زیر حد پراش رسـید و در ابعاد چندین نانومتر طرح‌های مورد نظر را ایجاد نمود.

حس‌گرهای کوانتومی

با به‌کارگیـری حالت‌های درهم‌تنیـده فوتونی حس‌گرهایی طراحی شده‌اند که دقت زیادی در اندازه‌گیری داشته و در آینده می‌توانند تاثیرات زیادی در ارتقاء عملکرد حس‌گرهای نوری داشته باشند. همچنین در کاربردهای مکان یابی و جهت یابی نیز به‌منظور هدایـت هواپیماها و پهپادها، از حس‌گرهای کوانتومـی مبتنی بر فوتون‌های درهم‌تنیده می‌توان استفاده نمود.

در این بخش تنها به گوشه‌ای از کاربردهای این فناوری اشاره شده تا تحولی که در آینده، جهان ما شاهد آن خواهد بود به اطلاع علاقمندان رسیده باشد و بدیهی اسـت که برای کسب اطلاعات و مطالعه جزئیات بیشتر در هر یک از این کاربردها، باید به منابع تخصصی مربوطه مراجعه نمود.





ارتباط شگفت‌انگیز ذرات کوانتومی

درهم‌تنیدگی‌ای که اینشـتین از آن بـا عنوان «عمـل شـبح‌وار در یک فاصله» spooky action at a distance یاد می‌کند، در واقع پدیده‌ای اسـت کـه در آن دو یا چنـد ذره به‌عنوان یک سیستم واحد عمل می‌کنند حتی هنگامی که در فواصل بسیار دور از هم قرار گرفته باشند.

دستاوردی مهم در مسیر دستیابی به فناوری کوانتومی

پس از دو سال تحقیق و تلاش پژوهشگران داخلی، در مرداد ماه امسال و با حضور مقامات سازمان انرژی اتمی در مرکز ملی علوم و فنون لیزر ایران از اولین آزمایشگاه فناوری کوانتومی رونمایی شد و دانشمندان ایرانی توانستند زوج فوتون‌های درهم‌تنیده را در محیط آزمایشگاهی تولید و آشکارسازی نمایند.

با انجام این آزمایش و بنا به گفته مقامات سازمان انرژی اتمی، ایران اولین کشور خاورمیانه و جهان اسلام است که توانسته به این حوزه از علم و تکنولوژی وارد شود. در رونمایی از فناوری تولید زوج فوتون‌های درهم‌تنیده، دکتر علی اکبر صالحی معاون رئیس جمهور و رئیس سازمان انرژی اتمی ایران، دکتر منصور غلامی وزیر علوم، تحقیقات و فناوری و دکتر سورنا ستاری معاون علمی و فناوری رئیس جمهور و جمعی از مدیران و متخصصان علوم‌هسته‌ای و کوانتومی حضور داشتند.

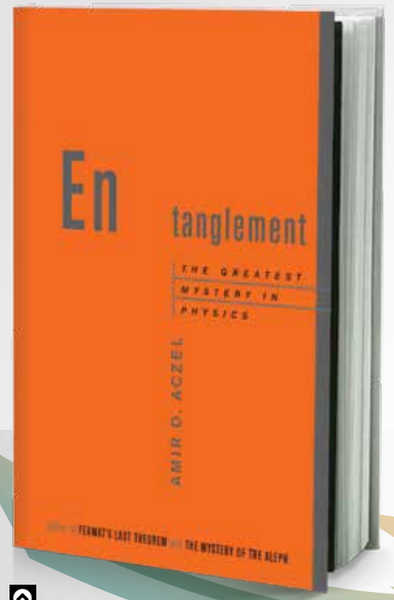
این حرکت می‌تواند گام بلندی در مسیر رشد توسعه و پیشرفت علمی کشور باشد و به پشتوانه دانش محققان و پژوهشگران ایرانی تبدیل علم به فناوری در این حوزه را سرعت بخشد.

دکتر علی اکبر صالحی در جریان مراسم رونمایی از آزمایشگاه فناوری کوانتومی، نخستین مرحله ورود به عرصه فناوری کوانتومی را تولید و جداسازی فوتون‌های درهم‌تنیده عنوان نمود. وی با اشاره به انجام این فرآیند در مقیاس آزمایشگاهی در حال حاضر، از دستیابی به تکنولوژی مخابرات امن کوانتومی بر پایه تولید و آشکارسازی زوج فوتون‌های درهم‌تنیده تا فاصله ۷ کیلومتری در آینده نزدیک خبر داد.

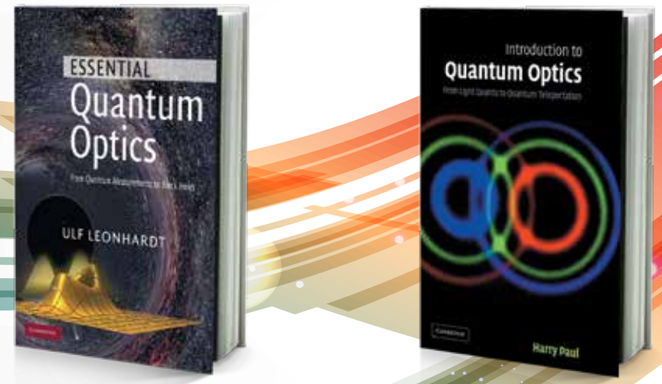
مراجع:
•Anton Zeilinger, "Light for the quantum. Entangled photons and their applications: a very personal perspective", Phys. Scr. 92 (2017) 072501 (33pp)
•Jonathan P. Dowling, Kaushik P. Seshadreesan, "Quantum optical technologies for metrology, sensing and imaging", Journal of lightwave technology, vol. 33, No. 12, June 15, 2015
•http://www.univie.ac.at/qunabios
• داستان شگفت انگیز کوانتوم- شهاب شعری مقدم، انتشارات علمی و فرهنگی، ۱۳۹۴
• رایانش و اطلاعات کوانتومی (جزوه درسی)- وحید کریمی پور- دانشکده فیزیک، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۹۳
• وب سایت مرکز فناوری‌های کوانتومی ایران، سازمان انرژی اتمی:
http://www.icqts.ir/
• وب سایت گروه ارتباطات کوانتومی نوری، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات:
http://oqc.itrc.ac.ir
• وب سایت ستاد توسعه فناوری لیزر، فوتونیک و ساختارهای میکرونی، معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری:
http://slpm.isti.ir/
• مقدمه‌ای بر فناوری کوانتومی و کاربردهای آن- کار گروه کوانتومی سازمان انرژی اتمی ایران- ۱۳۹۶

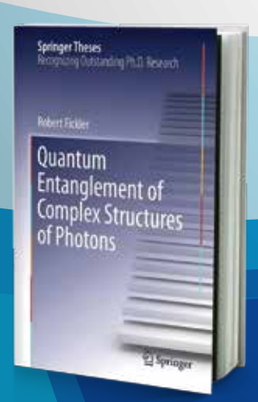
معرفی منابع تخصصی

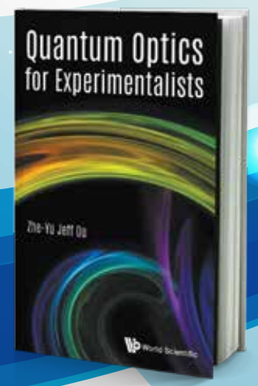
به‌منظور تکمیل مباحث مقدماتی مطرح شده در نوشتار قبل در زمینه پدیده درهم‌تنیدگی کوانتومی، برخی از کتاب‌های مفید در این حوزه مخصوصا مباحث مربوط به درهم‌تنیدگی فوتون‌ها در این بخش معرفی شده‌اند که مخاطبان علاقمند به مطالعه جزئیات تخصصی در این زمینه، می‌توانند به این منابع مراجعه نمایند.



کتاب درهم‌تنیدگی‌های کوانتومی: اسرارآمیزترین پدیده در فیزیک، نوشته Amir D. Aczel توسط محمدحسین ذوقفاری وحسین زمانی‌فر ترجمه شده و جهاد دانشگاهی دانشگاه اصفهان آن را در سال ۱۳۹۳ منتشر نموده است.







چشم‌اندازی برای توسعه فناوری کوانتومی و گرانشی

سقوط با آسانسور انیشتین در مرکز هایتک آلمان

میترا رفاهی‌زاده
mrefahizadeh@yahoo.com

ششم جولای امسال (۱۵ تیرماه)، مرکز تحقیقاتی جدیدی در آلمان راه‌اندازی شد. هدف این موسسه فناوری در هانوفر[1]، هماهنگی موسسات مختلف برای انجام تحقیقات روی فناوری‌های آشکارسازی کوانتومی است. در راستای این هدف، پروژه‌هایی در زمینه فناوری اپتیک کوانتومی و توسعه و تولید آشکارسازهای کوانتومی برای ماموریت‌های آزمایشگاهی، زمینی و فضایی تعریف و انجام خواهد شد.

توسعه فناوری‌های کوانتومی برای کاربردهای واقعی، نیازمند کار در چندین زمینه‌ی مختلف است. به‌همین‌دلیل، این مرکز پژوهشی جدید میزبان ۱۰۰ تا ۱۲۰ نفر از گروه‌های میان‌رشته‌ای مختلف خواهد بود. این کارمندان با بودجه تحقیقاتی آلمان از بین اعضای گروه‌های هایتک موجود و نیز از میان دانشمندان به‌کار گرفته خواهند شد.

1 Hannover Institute of Technology (HiTec)

برای ایجاد این مرکز، دانشگاه لایب‌نیتز در هانوفر آلمان و موسساتی همچون لیزر زنترام[2] هانوفر و موسسه‌ی ماکس پلانک در فیزیک گرانشی (موسسه‌ی آلبرت انیشتین) با هم شراکت کرده‌اند. جالب است بدانید که اولین امواج گرانشی در موسسه ماکس پلانک شناخته شد درحالی‌که معروف‌ترین لیزرهای لایگو[3] (تداخل‌سنج‌های لیزری برای مشاهده امواج گرانشی) در لیزر زنترام ساخته شده‌اند. دانشگاه لایب‌نیتز به‌خصوص در زمینه‌ی پژوهش فناوری اپتیکی بسیار قوی است و موفقیت‌های ارزشمندی در برتری ابتکار و خلاقیت داشته‌است.

شکل کلی پروژه هایتک در گروه دانشگاهی مرکز مهندسی کوانتومی و تحقیقات مکان-زمان[4] در دانشگاه لایب‌نیتز متولد شد که سالیان دراز یک گروه تحقیقاتی برجسته بوده است و دانشکده‌های فیزیک، زمین‌سنجی و مهندسی را شامل می‌شود.

بنیان‌گذار آن بودجه‌ای برای پژوهش روی موضوع پرچالش «سفینه‌فضایی زمین» متمرکز کرده است. با همین بودجه، اثبات حقایق در زمینه‌های بسیار دشوار مانند تحقیقات آب و هوایی و ژئوتکنونیک با به‌کارگیری تکنولوژی جدید آشکارسازی کوانتومی دنبال می‌شود.

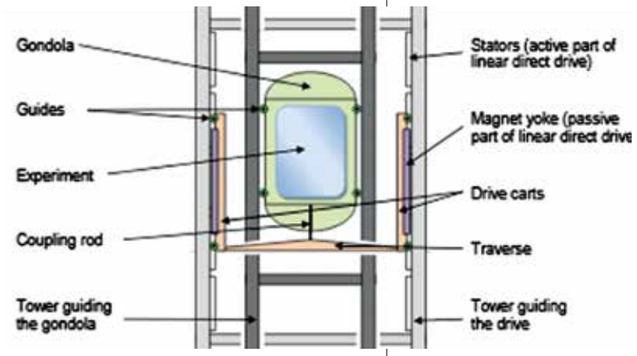
موسسه‌ی ملی استاندارد و فناوری[5] آلمان شریک دیگر هایتک است. به گفته‌ی رئیس موسسه ملی استاندارد و فناوری آلمان، در مرکز هایتک هانوفر قرار است در کنار پژوهش و دست‌یابی به تکنولوژی کوانتومی، در دراز مدت استانداردهای کوانتومی نیز ایجاد شود. در جشن آغاز به کار هایتک، دکترای افتخاری دانشگاه لایب‌نیتز به او اهدا شد.

بدیهی است پژوهش‌های سطح بالا نیازمند پژوهشگران برتر و امکانات مناسب است. این مرکز جدید تحقیقاتی، زیرساخت کار برای بیش از ۱۰۰ محقق را فراهم آورده است. از آنجا که این آزمایشگاه‌ها برای انجام آزمایش‌های دقیق در سطح کوانتومی طراحی شده‌اند، سه ابزار بسیار بزرگ برای پژوهش‌ها مورد استفاده قرار

2 Laserzentrum Hannover
3 Laser Interferometer Gravitational-wave observatory (LIGO)
4 Center for Quantum Engineering and Space-Time Research
5 Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)

100
محقق

در آزمایشگاه‌های مرکز تحقیقاتی هایتک در زمینه‌ی آزمایش‌های منحصر به فرد فناوری کوانتومی مشغول فعالیت هستند



آسانسور انیشتین با شکل خاص ساخته شده و یک سازه استوانه‌ای محافظت شده دارد. این سازه یک راه‌انداز کاملا جدید و ابزارهای کمکی مختلف دارد.

نمای دیگری از آسانسور انیشتین

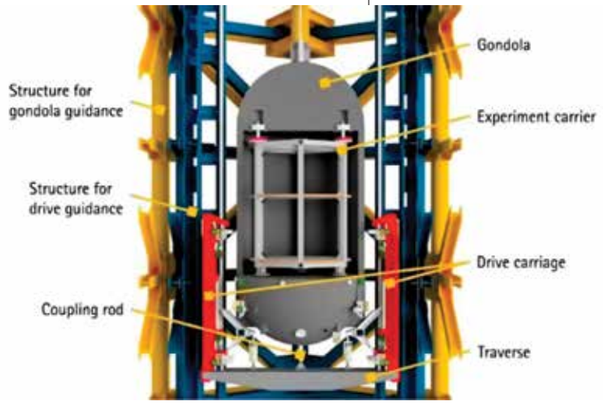
می‌گیرد. هر کدام از آن‌ها منحصربه‌فرد هستند و انجام آزمایش‌های بین‌المللی در هانوفر را ممکن می‌سازند.

ابزارهای بزرگ برای علم بزرگ

در کنار ترکیب منحصربه‌فرد کارشناسان، در مرکز هایتک تجهیزات جدیدی وجود دارند که بسیار خاص هستند. این ابزارهای عظیم پژوهشی در نوع خود بی‌نظیرند. خیره‌کننده‌ترین آنها آسانسور انیشتین است. این امکانات یک شبیه‌ساز سقوط آزاد ۴۰ متری است که در هانوفر توسعه یافته و ساخته شده است. این برج سقوط ۴۰ متری، انجام آزمایش‌هایی با گرانش صفر را در بازه‌ی ۴ ثانیه فراهم می‌کند. دقت اندازه‌گیری گرانش در این اتاقک پیشرفته در محدوده‌ی میکروگرانش (کمتر از ۱۰ به توان منفی ۶) است و انجام آزمایش روی اجرام مختلف تا ۱۰۰۰ کیلوگرم را امکان‌پذیر می‌سازد. علاوه بر این‌ها برای پیگیری مفاهیم خاص، با این امکانات می‌توان آزمایش‌های با گرانش صفر را در بازه‌ی زمانی ۴ ثانیه، ۱۰۰ بار در ۸ ساعت شیفت کاری یک روز انجام داد، که دفعات تکرار آن بسیار بیشتر از شبیه‌سازهای دیگر است. این آهنگ تکرار، این ابزار را بیش از پیش برجسته می‌سازد. در فضای مناسب این اتاقک آزمایش، با قطر ۱/۷ متر و ارتفاع ۲ متر، آزمایش‌های رویایی متعددی مانند چاپ سه‌بعدی در فضا را می‌توان انجام داد. در این اتاقک گرانش از صفر تا ۵ برابر گرانش زمین قابل تنظیم و کنترل است و شبیه‌سازی‌هایی برای ماموریت در ماه و مریخ را نیز می‌توان در آن انجام داد.

پیش از این آزمایش‌های از این نوع، تنها در تعداد محدودی از برج‌های سقوط، پروازهای سهمی‌وار، ماموریت‌های راکتی، ماهواره‌ها و یا در پایگاه‌های بین‌المللی فضایی امکان‌پذیر و دسترسی به آن‌ها بسیار سخت بود.

در برج‌های سقوط قبلی، آزمایش‌های سقوط آزاد در لوله‌های خلاء انجام می‌شود. چگالی هوای درون این لوله‌های خلاء، جریان مارپیچی اطراف جسم در حال سقوط و کشیدگی هوا در اطراف آن و در نتیجه کم شدن دقت آزمایش را در پی دارد. اگرچه ظرفیت خلاء این لوله‌ها بالاست اما ایجاد خلاء با کیفیت در آن‌ها مستلزم زمان و هزینه‌ی زیادی است. علاوه‌براین در لوله‌های خلاء از جوش استیل استفاده می‌شود که با افزایش آشفتگی‌های مغناطیسی، اثر منفی



بر آزمایش‌های با دقت بالا دارد. از طرف دیگر معمولا برای انجام آزمایش‌هایی در گرانش بیشتر از گرانش زمین، از سانتریفیوژها استفاده می‌شود که در آن آزمایشگر، امکان بررسی تغییر شتاب سریع را ندارد.

همه‌ی این معایب در یک برج سقوط جدید در هایتک هانوفر، برطرف شده است. بدین ترتیب باید گفت آسانسور انیشتین یک محصول معمولی نیست. این آسانسور امکان انجام آزمایش‌هایی با گرانش صفر، گرانش بسیار کم با دقت میکرو و گرانش تا ۵ برابر گرانش زمین را برای محققان فراهم می‌کند. ساختمان آن شامل اجزایی از زمینه‌های کاربردی مختلف مثل ابزارهای ماشین، راه‌انداز ترن‌های هوایی و تکنولوژی آسانسور است. بنابراین اولین نمونه‌ای است که برای آن ابزارهای کمکی و راه‌انداز کاملا جدید و منحصربه‌فرد استفاده شده و مزیت‌های فراوانی نسبت به برج‌های سقوط شناخته شده دارد.

آسانسور انیشتین یک ساختار برج در برج دارد و همچنان که در شکل‌های قبل دیده می‌شود، شامل یک حامل [6] و محفظه آزمایش می‌باشد که به وسیله‌ی یک راه‌انداز خطی مستقیم به سرعت ۲۰ متر بر ثانیه می‌رسد و در مسیر یک پرواز سهموی عمودی از ارتفاع ۲۰ متری در برج داخلی هدایت می‌شود و می‌تواند حداقل زمان ۴ ثانیه بدون گرانش را برای انجام آزمایش فراهم کند. در پایان آزمایش هم همان راه‌اندازهای خطی مستقیم، شتاب حامل و محفظه آزمایش را کاهش می‌دهد. در شرایط میکروگرانش، این بازه‌ی زمانی چند ثانیه‌ای هم از دید اقتصادی و هم از دیدگاه علمی برای انجام آزمایش‌های فیزیک بنیادی مناسب است.

در طول آزمایش کشش هوا و بقیه پارامترهای تاثیرگذار بر آزمایش با همان راه‌انداز خطی مستقیم، جبران می‌شود.

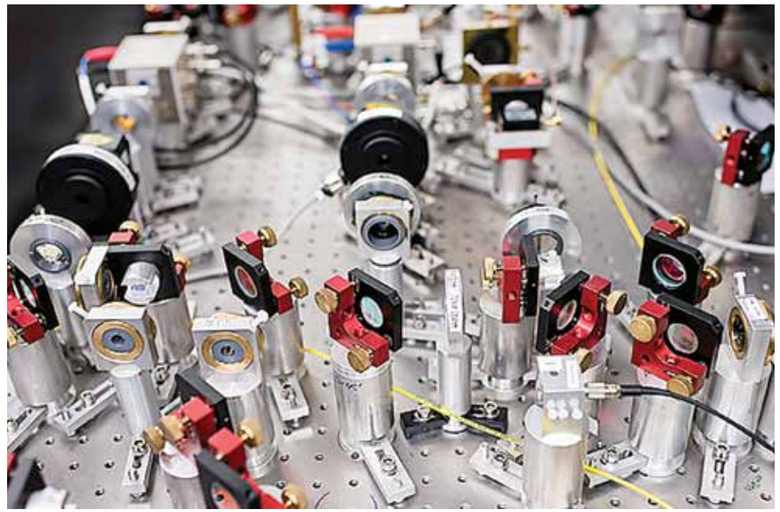
6 Gondola

آسانسور انیشتین در ساختمان هایتک

به‌همین‌دلیل، فشار هوا در حامل و در محفظه‌ی آزمایش می‌تواند همان فشار استاندارد، خلاء و یا گاز بی اثر با هر سطح فشاری باشد و نیاز به زمان طولانی برای ایجاد خلاء درون محفظه‌ها نیست. همین‌امر سبب افزایش آهنگ تکرار آسانسور انیشتین نسبت به دیگر برج‌های موجود شده است.

دو کارت راه‌انداز مشابه راه‌اندازهای ترن‌های هوایی در دو طرف حامل آزمایش روی گیره‌های مغناطیسی داخل برج بیرونی قرار گرفته‌اند. دو کارت راه‌انداز، به‌وسیله‌ی یک بخش عرضی در زیر حامل به‌هم متصل می‌شوند و نیروهای راه‌انداز لازم را از طریق میله‌های مربوطه به حامل و محفظه آزمایش منتقل می‌کنند.

راه‌انداز مستقیم، یک بخش همیشه فعال دارد که انرژی لازم برای رسیدن حامل و محفظه آزمایش به سرعت مناسب با پرواز سهموی عمودی در فضای محدود را فراهم می‌کند. این تثبیت‌کننده‌ها، نیز داخل برج بیرونی نصب شده‌اند. همه‌ی این ابزارهای کمکی پیشرفته با همکاری موسسات دانشگاهی مختلف از رشته‌های مهندسی مکانیک، مهندسی الکترونیک و فیزیک در آسانسور انیشتین گرد آمده است تا در بازه‌ی زمانی نیم تا ۴ ثانیه، امکان



آزمایشگاه‌های لیزری در این مرکز در برابر ارتعاش بیش از یک درجه کلوین ایزوله شده‌اند و پایداری دمایی یک‌دهم درجه کلوین دارند.

آزمایش با گرانش صفر تا ۵ برابر گرانش زمین! را روی اجسام با جرم نزدیک به یک تن! در فضایی با ارتفاع ۲ متر و قطر ۱/۷ متر و با آهنگ تکرار ۱۰۰ بار در ۸ ساعت! فراهم آورد که بسیار منحصربه‌فرد است.

ابزار بزرگ دیگر، یک چشمه‌ی اتمی ۴ طبقه با ارتفاع ۱۵ متر است. یک تداخل‌سنج اتم‌محور بسیار بزرگ[7] که اساسا یک برج سقوط برای اتم‌هاست و می‌تواند پژوهش درباره‌ی روند اندازه‌گیری‌های بسیار دقیق بر پایه امواج ماده را توسعه دهد. این امکانات را می‌توان برای آزمایش روی فناوری آشکارسازهای اینرسی با تداخل‌سنجی اتمی در زمینه‌ی تحقیقات فیزیک بنیادی و زمین‌سنجی به‌کار برد. به‌دلیل حساسیت همین آزمایش‌هاست که آزمایشگاه‌های لیزری در این مرکز در برابر نوسان بیش از یک درجه کلوین ایزوله شده‌اند و پایداری دمایی یک‌دهم درجه کلوین دارند.

طول مسافت سقوط اتم‌ها، بازه‌ی زمانی آزاد یک ثانیه‌ای را ایجاد می‌کند. جدای از ابعاد که تنها در دو آزمایشگاه جهانی دیگر به‌کار رفته است، ویژگی مشخص این تجهیزات مربوط به کاربرد ایتریوم لانتانید[8] است که حساسیت بسیار کمی نسبت به میدان‌های مغناطیسی اطراف و نیز اجرام اتمی بزرگ دارد. با آسیب‌پذیری کم نسبت به میدان‌های مغناطیسی، انجام تحقیقات پیشگامانه در زمینه گرانش‌سنجی مطلق پایدار میسر می‌شود. از طرف دیگر، به‌خاطر تفاوت جرم زیاد و پارامترهای متناقض اتم‌های ایتربیوم و روبیدیوم[9]، می‌توان تحقیقات بسیار حساسی درباره عمومیت سقوط آزاد انجام داد.

برج سوم یا سومین تجهیزات بزرگ و بسیار مهم در مرکز هایتک، یک دستگاه کشش فیبر است که با آزمایشگاه پیشرفته و ابزارهای شناسایی بسیار زیادی همراه شده است. این تجهیزات

7 Very Large Baseline Atom Interferometer (VLBAI)

8 lanthanide Ytterbium

9 Rubidium

مرکز تحقیقاتی جدید در هانوفر آلمان با نام اختصاری هایتک، که تجهیزات بزرگی مثل برج سقوط منحصربفرد دارد.

برای توسعه و تنظیم فیبرهای اپتیکی مقاوم در برابر تابش ایجاد شده‌اند که می‌توانند به عنوان فیبرهای لیزری در فضا یا در کاربری‌های فیبرنوری استفاده شوند. اجزای اپتیکی فوق‌العاده محکم و لیزرهای فوق‌العاده جمع و جور، منابع ضروری برای انجام بسیاری از پروژه‌های هایتک است. دست‌یابی به فیبرهای اپتیکی مناسب، امکان تحقیق بر ساعت‌های زمینی و فوق‌زمینی و آشکارسازهای اینرسی را فراهم می‌سازد و فناوری تشخیص امواج گرانشی و آشکارسازهای کوانتومی را به سطح جدیدی می‌رساند.

لازم به یادآوری است که فاز ساختمانی هایتک، به عنوان یک مرکز بین رشته‌ای منحصربه‌فرد تنها دو سال به طول انجامیده و این مرکز پژوهشی با رده‌ی جهانی طی چند ماه گذشته افتتاح شده است.

به‌طور کلی مرکز هایتک هانوفر سه زمینه‌ی پژوهشی بین‌رشته‌ای فیزیک و زمین‌سنجی را زیر یک سقف جمع کرده‌است. زمینه‌های فعالیت‌های بین رشته‌ای شامل موارد زیر است:

فناوری‌های کوانتومی: پژوهش روی پدیده‌هایی با پایه فیزیک کوانتومی و کاربری آن‌ها،

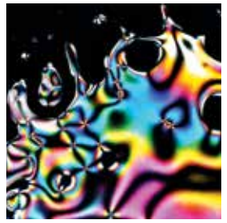
فناوری‌های اپتیکی: توسعه فناوری و مفاهیم آشکارسازهای مناسب که از طریق فناوری‌های کوانتومی می‌توان به آن‌ها دست یافت.

توسعه و کاربرد آشکارسازهای کوانتومی: آزمودن و ساخت آشکارسازهای کوانتومی جدید برای کاربرد آزمایشگاهی، عملیات زمینی و ماموریت‌های فضایی، همه‌ی این زمینه‌های پژوهشی با موضوعات کلیدی دو شاخه پیشرو به هم مرتبط می‌شوند، مرزهای دانش کوانتومی (نور و ماده در مرزهای کوانتومی و کاربردهای آن در اندازه‌گیری) و فوئنیکس دی (اختراعات بین‌رشته‌ای فوتونیک، اپتیک و مهندسی). به همین منظور در بهار گذشته پیشنهاد کلی برای ایجاد این شاخه‌ها مطرح و پس از بررسی، مثبت ارزیابی شد و در حال حاضر ثبت پیشنهادهای پژوهشی مکتوب امکان‌پذیر شده است.

جادوی رنگ‌ها با نمایشگرهای بلور مایع

مریم فیض پور - محمدرضا شریفی مهر
feizpour.optics@gmail.com|m_sharifimehr@sbu.ac.ir

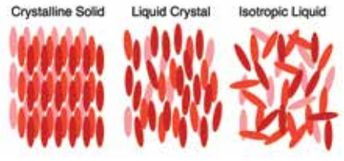
ویژه‌نامه دانش‌بنیان • فناوری لیزر و فوتونیک
شماره یازدهم • شهریور ۱۳۹۷
لیزر و فوتونیک



اگر بلورهای مایع را با استفاده از یک میکروسکوپ نوری قطبشی مورد بررسی قرار دهیم، شاهد تصاویر رنگی بی نظیر و بسیار زیبایی خواهیم بود. در شکل بالا تصویر بلور مایع 5CB که با استفاده از یک میکروسکوپ نوری قطبشی گرفته‌شده، مشاهده می‌شود.

امروزه بسیاری از دستگاه‌های الکترونیکی که به‌صورت روزمره با آن‌ها سر و کار داریم، مانند گوشی‌های تلفن همراه، ساعت‌های هوشمند، رایانه‌های قابل حمل، دستگاه‌های اندازه‌گیری، ساعت‌های دیجیتال، لوازم‌خانگی و ... مجهز به صفحه نمایشگر هستند که اغلب این صفحات نمایش، از بلورهای مایع ساخته شده‌اند.

همان‌طور که می‌دانید، سه حالت اصلی ماده در طبیعت عبارتند از: جامد، مایع و گاز که در هر یک از این حالت‌ها نیروهای بین ذرات تشکیل‌دهنده‌ی آن‌ها، تعیین‌کننده‌ی ویژگی‌های هر یک از انواع مواد می‌باشند. در این‌میان، بعضی از مواد در محدوده‌ی دمایی خاصی، از حالت جامد به‌حالتی بین مایع و جامد در می‌آیند. به‌این معنی که هم مانند جامدات نیروی بین مولکولی درجاتی از نظم را در ماده ایجاد می‌کند و هم مانند مایعات به‌حالت سیال حرکت می‌کنند و شکل ظرف را به‌خود می‌گیرند. به‌این گونه مواد بلور مایع (Liquid Crystal) یا به‌اختصار LC می‌گویند که در حقیقت حالتی میان جامد و مایع داشته و فاز میانی (Meso-phase) نامیده می‌شوند.



یک گیاه‌شناس اتریشی، به نام «فردریک رِینیتزر» (Friedrich Reinitzer) هنگام آزمایش روی ترکیب مواد شیمیایی هویج دریافت که ماده‌ای در آن وجود دارد که مانند سایر ترکیبات ذوب نمی‌شود بلکه پیش از تبدیل شدن از حالت جامد به یک مایع کاملاً شفاف، ابتدا در حدود ۱۴۵ درجه‌ی سانتیگراد ذوب شده و تبدیل به یک مایع کدر می‌شود و سپس با افزایش دما در حدود ۱۷۸ درجه‌ی سانتیگراد دوباره ذوب شده و این بار از حالت مایع کدر به یک مایع کاملاً شفاف تبدیل می‌شود.

رِینیتزر یافته‌ی خود را در سال ۱۸۸۸ میلادی در گردهمایی انجمن شیمی شهر وین اتریش منتشر نمود و نامه‌ای به یک فیزیکدان آلمانی به نام «اُتو لِمَن» (Otto Lehmann) نوشت و پس از شرح مشاهدات خود در مورد رفتار عجیب این ماده، از وی درخواست نمود تا بررسی‌های دقیق تری روی آن انجام دهد. لِمَن نیز پس از انجام آزمایش‌های میکروسکوپیک روی ماده‌ی جدید، رفتار دمایی مشاهده‌شده توسط رِینیتزر را تأیید نمود و به‌این ترتیب حالتی از ماده که بین جامد و مایع بود، کشف شد. در حقیقت بعدها مشخص شد که ماده‌ی کشف شده توسط رِینیتزر که از هویج استخراج شده بود، یکی از انواع مولکول‌های بلور مایع حساس به دما به نام کلسترِیل بنزوات (Cholesteryl benzoate) بوده‌است که در زیرمجموعه بلورهای مایع کلستریک (Cholesteric) قرار می‌گیرد.

لِمَن نتایج تحقیقات خود را در سال ۱۹۰۴ میلادی منتشر نمود و برای اولین بار عبارت «بلور مایع» را برای این حالت جدید از ماده‌ی مورد استفاده قرار داد؛ به‌همین دلیل اغلب از «اُتو لِمَن» به‌عنوان پدر تکنولوژی بلور مایع یاد می‌شود.

مولکول‌های بلور مایع

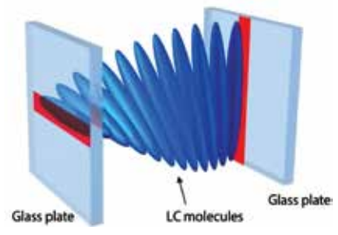
بلورهای مایع از مولکول‌های مواد آلی با شکل‌های مختلفی تشکیل شده‌اند که در زیر مجموعه‌ی مولکول‌های بلور مایع با وزن مولکولی کم و حساس به دما، دو نوع میله‌ای شکل (Calamitic) و دیسک شکل (Discatic) از پرکاربردترین نوع مولکول‌های بلور مایع به‌شمار می‌روند. بلورهای مایع میله‌ای شکل (که معمولاً برای سادگی به‌صورت یک بیضوی کشیده نمایش داده می‌شوند.) نیز انواع مختلفی مانند «نِماتیک» (Nematic)، «اِسمِکتیک» (Smectic) و «کُلِستریک» (Cholesteric) را شامل می‌شوند که نوع «نماتیک» (Nematic) آن در اغلب نمایشگرهای بلور مایع (Liquid Crystal Display) یا به‌اختصار، LCDها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در بلور مایع «نِماتیک»، مولکول‌ها آزادانه حرکت می‌کنند ولی نِظم جهتی مشخصی دارند ولی در بلور مایع «اِسماتیک» علاوه‌بر داشتن نظم جهتی، مولکول‌های بلور مایع به‌صورت صفحات موازی که آزادانه حرکت می‌کنند روی یکدیگر قرار می‌گیرند. در بلور مایع «کلستریک» نیز راستای قرار گرفتن مولکول‌ها نسبت به مولکول‌های قبلی کمی چرخیده‌است، به‌طوری که مولکول‌ها به‌صورت مارپیچی روی هم قرار گرفته‌اند.

در شکل زیر، ساختار شیمیایی یکی از معروف ترین مولکول‌های بلور مایع «نِماتیک» با نام تجاری 5CB مشاهده می‌شود که برای اولین بار در سال ۱۹۷۲ میلادی توسط سه دانشمند انگلیسی سنتز شده و در محدوده‌ی دمایی ۱۸ تا ۳۵ درجه‌ی سانتیگراد ویژگی بلور مایع نماتیک را دارد.

ویژگی‌های الکترو-اپتیکی بلور مایع

یکی از ویژگی‌های قابل توجه مولکول‌های بلور مایع، توانایی آن‌ها در تغییر قطبش نور فرودی است به‌عنوان مثال در شکل زیر که مولکول‌های بلور مایع «نماتیک» به‌صورت چرخشی بین دو شیشه جهت گیری کرده‌اند، اگر پرتو از سمت راست با قطبش عمودی و در راستای خط قرمز نشان داده شده به این سیستم وارد شود، قطبش پرتو در هنگام عبور از مولکول‌های بلور مایع، به‌اندازه ۹۰ درجه خواهد چرخید و در راستای خط قرمز مقابل و به‌صورت افقی از این سیستم خارج می‌شود. این نوع جهت گیری مولکول‌های بلور مایع اصطلاحاً «نماتیک چرخشی»[1] (TN) نامیده‌می‌شود و ساختار اصلی مورد استفاده در پیکسل[2]های تشکیل دهنده LCDها می‌باشد.



برای تولید حالت «نماتیک چرخشی»، مولکول‌های بلور مایع بین دو صفحه‌ی شیشه‌ای قرار داده می‌شوند

1 Twisted Nematic
2 Pixel

زاویه دید در نمایشگرهای بلور مایع

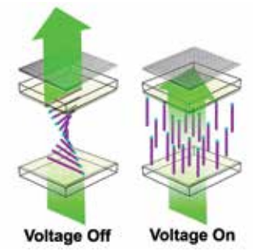
در هنگام مشاهده تصویر LCDها، در صورتی که از میانه تصویر به‌سمت چپ یا راست و یا بالا و پایین تصویر حرکت کنید و به‌صورت مایل به صفحه تصویر نگاه کنید، کیفیت تصویر به‌صورت محسوسی کاهش می‌یابد و در برخی از موارد حتی امکان مشاهده تصاویر به‌صورت مایل وجود ندارد و یا بسیار سخت است.

تکنولوژی IPS

LCDهای تجاری اولیه دارای زاویه‌دید محدودی بودند اما در نمایشگرهای فعلی با به‌کارگیری صفحات IPS محدودیت زاویه دید تا حدود زیادی برطرف شده و زاویه‌دید LCDها افزایش قابل توجهی داشته‌است. تکنولوژی IPS که در حقیقت روش جدیدی برای جهت‌گیری مولکول‌های بلور مایع و اعمال میدان الکتریکی به آن‌ها است، دارای سرعت پاسخ بیشتر، آسیب‌پذیری کمتر و کیفیت تصویر بهتری نسبت به نمایشگرهای TN می‌باشد.

که یکی از این صفحات با خطوط عمودی و دیگری با خطوط افقی جهت‌دار شده‌اند. به‌دلیل مایع بودن، جهت‌گیری مولکول‌های بلور مایع نزدیک به صفحه با خطوط عمودی، در راستای عمودی و نزدیک به صفحه با خطوط افقی در راستای افقی قرار می‌گیرند در این حالت مولکول‌های دیگر نیز برای این که از حالت عمودی روی یکی از صفحات به‌حالت افقی روی صفحه‌ی مقابل برسند طبق یک الگوی چرخشی، بین صفحات حالت Twisted Nematic را شکل می‌دهند.

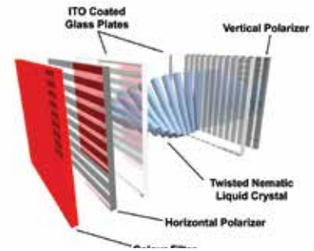
یکی دیگر از ویژگی‌های جالب توجه مولکول‌های بلور مایع، قابلیت چرخش آن‌ها در هنگام قرار گرفتن در میدان الکتریکی می‌باشد. به‌این‌صورت که اگر شیشه‌هایی که بلور مایع بین آن‌ها حالت TN دارد را از جنس شیشه‌های با پوشش مواد رسانای شفاف مانند ITO انتخاب کنیم، می‌توان با اعمال ولتاژ به‌این صفحات، مولکول‌های بلور مایع را در راستای میدان الکتریکی به چرخش درآورد و از حالت TN به‌حالت موازی با میدان الکتریکی تبدیل نمود.



در این حالت اگر پرتو با هر قطبشی به این سیستم وارد شود، حالت قطبش آن هیچ تغییری نمی‌کند. این ویژگی بلور مایع کاملاً برگشت‌پذیر می‌باشد، به‌این صورت که با قطع ولتاژ و از میان رفتن میدان الکتریکی بین صفحات، مولکول‌های بلور مایع دوباره به‌حالت TN باز خواهند گشت.

ساختار پیکسل‌های LCD

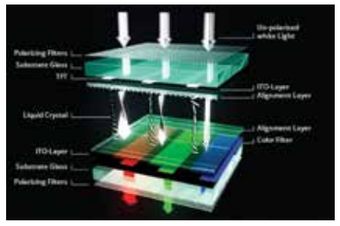
با استفاده از ترکیب دو ویژگی بلور مایع TN در توانایی چرخش قطبش پرتو و همچنین قابلیت جهت گیری مولکول‌ها در راستای میدان الکتریکی، می‌توان یک سوئیچ نوری طراحی نمود. به‌این منظور باید صفحات شیشه‌ای جهت‌دار شده که بلور مایع بین آن‌ها قرار گرفته و اصطلاحاً سلول بلور مایع (LC Cell) نامیده می‌شود، بین دو قطبشگر (یا پلاریزور) با محور عبور موازی با جهت خطوط هر یک از صفحات شیشه‌ای قرار گیرد. بنابراین محور عبور این دو قطبشگر، عمود بر یکدیگر خواهند بود. در این حالت، میزان هم‌راستایی مولکول‌های بلور مایع با میدان الکتریکی، متناسب با ولتاژ اعمال شده به صفحات شیشه‌ای رسانا تغییر می‌کند و در نتیجه میزان توان پرتو عبوری به‌صورت پیوسته قابل تغییر خواهد بود.



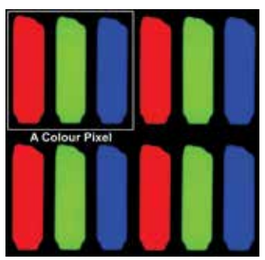
حال اگر در مسیر خروج پرتو نور سفید از این مجموعه، یک فیلتر اپتیکی رنگی (مثل فیلتر قرمز که در تصویر فوق نشان داده شده‌است) نیز قرار داده شود، می‌توان ملزومات مورد نیاز برای تولید تصاویر رنگی یعنی قرمز (R) سبز (G) و آبی (B) را در اختیار داشت. بنابراین برای داشتن یک پیکسل رنگی کامل که از این سه رنگ تشکیل شده‌است، باید سه سوئیچ نوری مشابه آن‌چه توضیح داده شد، با سه فیلتر رنگی متفاوت در کنار یکدیگر قرار گیرند.

کنترل نور خروجی از پیکسل‌ها

همان‌طور که گفته شد، یک پیکسل رنگی از ترکیب سه سوئیچ بلور مایع TN با ساختار و عملکرد مشابه ولی با سه فیلر رنگی متفاوت ساخته می‌شود. کنترل اعمال ولتاژ به‌هر یک از این سوئیچ‌ها به‌صورت جداگانه و با استفاده از ترانزیستورهای لایه‌نازک (TFT) انجام می‌شود. به‌این ترتیب می‌توان میزان چرخش مولکول‌های بلور مایع در میدان الکتریکی و درنتیجه میزان پرتو عبوری از هر یک از سوئیچ‌ها را به‌میزان مورد نظر تعیین نمود. در شکل زیر ساختار یک پیکسل رنگی LCD نشان داده‌شده‌است که با کنترل ولتاژ اعمالی، نور آبی از صفحات قطبشگر عبور نکرده، ولی بخشی از نور سبز و تمام نور قرمز عبور کرده‌است.



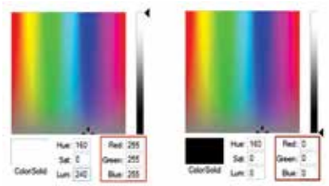
به‌این ترتیب با تغییر میزان پرتو برای سه رنگ قرمز، سبز و آبی، می‌توان یک پیکسل RGB با قابلیت تولید رنگ‌های گوناگون را در اختیار داشت. در شکل زیر، تصویر میکروسکوپی چهار پیکسل واقعی RGB در کنار یکدیگر نشان داده شده‌است که در حقیقت همان‌طور که گفته شد، اساس کار نمایش هر یک از این رنگ‌ها، یک سوئیچ بلور مایع کنترل شونده با ولتاژ است.



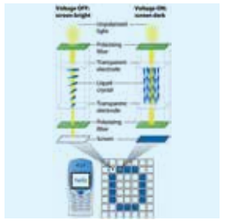
با کنار هم قرار دادن تعداد زیادی از این پیکسل‌های RGB که طول و عرض هر یک از آن‌ها در حدود ۱۰۰ میکرون می‌باشد، صفحات نمایش بلور مایع یا همان LCDها تولید می‌شوند که در حقیقت ابعاد و تعداد این پیکسل‌ها در راستاهای طول و عرض، تعیین کننده‌ی کیفیت و دقت نمایش تصاویر خواهد بود.

ترکیب رنگ در نمایشگرهای LCD

در نمایشگرهای LCD تمام رنگ‌ها با ترکیب شدت‌های مختلف سه رنگ اصلی قرمز، سبز و آبی تولید می‌شوند. مقیاس اندازه‌گیری در این نوع رنگ‌بندی که RGB نامیده‌می‌شود، برای هر یک از این رنگ‌ها به ۲۵۶ سطح روشنایی مختلف تقسیم‌بندی شده که عددی بین ۰ تا ۲۵۵ به آن نسبت داده‌می‌شود. برای مشاهده و درک بهتر این نوع ترکیب رنگ، می‌توانید در پنجره‌ی تنظیم رنگ یک نرم افزار طراحی گرافیکی مانند فوتوشاپ و یا حتی نرم افزار Paint، مقادیر RGB را تغییر داده و ترکیب رنگ خروجی را مشاهده کنید.



زمانی که شما عدد ۲۵۵ را برای سطح روشنایی هر سه رنگ قرمز، سبز و آبی انتخاب می‌کنید، صفحه نمایش با ترکیب سه رنگ اصلی در بالاترین سطح روشنایی، رنگ سفید را نمایش می‌دهد و اگر عدد صفر برای سطح روشنایی این سه رنگ انتخاب شود، رنگ مشکی خالص روی صفحه‌نمایش دیده خواهد شد. با تغییر سطح روشنایی مربوط به‌هر یک از رنگ‌ها در محدوده صفر تا ۲۵۵، می‌توان مجموعه کاملی از رنگ‌ها را تولید نمود.



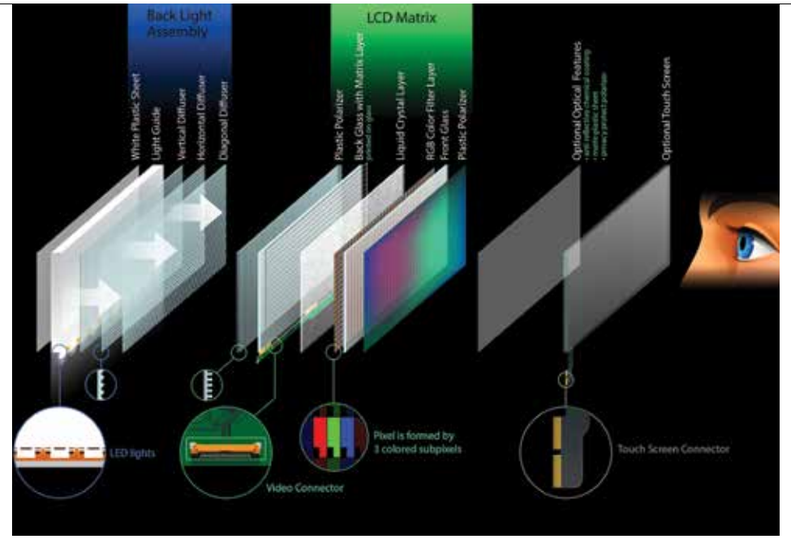
نمایشگرهای بلور مایع تک رنگ

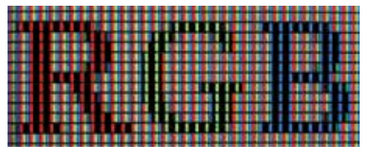
اصول عملکرد این نمایشگرهای بلور مایع نیز مانند LCDهای رنگی می‌باشد با این تفاوت که در اینجا فیلتر رنگی حذف شده و اعداد و اطلاعات مورد نظر فقط با رنگ سیاه از زمینه‌ی صفحه‌ی نمایش متمایز می‌شوند. این نوع نمایشگرها که‌ی هر پیکسل آن‌ها فقط از یک سوئیچ بلور مایع تشکیل شده‌است، معمولاً در گوشی‌های تلفن همراه‌ی با صفحه‌ی نمایش تک رنگ و برخی از دستگاه‌های الکترونیکی مورد استفاده‌ی می‌شوند.

نوع دیگری از صفحات نمایش تک رنگ با نور پس‌زمینه‌ی سبز که به‌منظور افزایش دقت نمایش، به‌جای هفت پیکسل در آن برای نمایش هر کاراکتر از ۴۰ پیکسل بلور مایع استفاده شده‌است و معمولا در وسایل الکترونیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند، در شکل بالا نشان داده شده‌است.

نمایشگرهای بلور مایع نک رنگ بازتابی

نمایشگرهای دیگری که از بلور مایع برای نمایش اطلاعات و مخصوصاً اعداد استفاده می‌کنند، نمایشگرهای هفت قسمتی (7-segments) هستند که برای نشان دادن اعداد در ساعت‌های مچی دیجیتالی، ماشین حساب‌ها، ترازوی‌های دیجیتالی و... استفاده می‌شوند. در این نوع صفحات نمایش علاوه بر حذف فیلتر رنگی، منبع نور پس زمینه نیز حذف شده‌است و مشاهده‌ی اطلاعات تنها بر اساس انعکاس نور محیط کار انجام می‌گیرد. به‌این‌صورت که با اعمال ولتاژ به بلور مایع، از انعکاس نور در قسمتی که قرار است نمایش داده شود، جلوگیری شده و به‌این ترتیب، آن قسمت به‌صورت تاریک نمایش داده می‌شود.

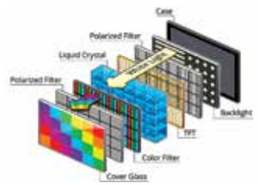




و درحقیقت با احتساب ۳ رنگ موجود برای هر پیکسل صفحه‌نمایش رنگی، تعداد 256^3 (۲۵۶) یعنی بیش از ۱۶ میلیون رنگ می‌تواند نمایش داده شود و بدین ترتیب تصاویر با رنگ‌ها و ظرافت رنگی خاص قابل مشاهده خواهند بود.

نور پس زمینه

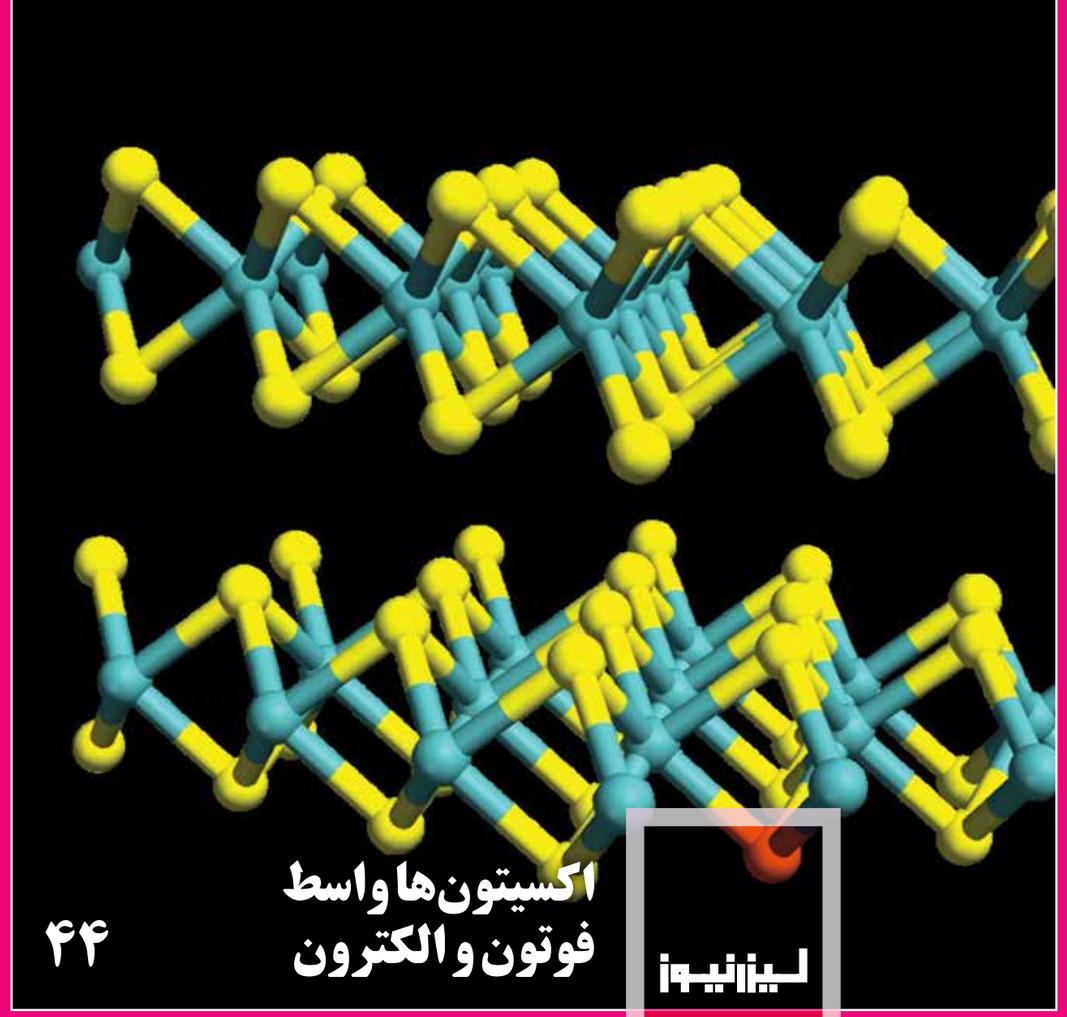
به‌دلیل آن‌که بلورهای مایع از خود نوری گسیل نمی‌کنند بنابراین برای تشکیل تصویر، به یک منبع تولیدکننده‌ی نور سفید که اصطلاحا به آن نور پس‌زمینه[3] گفته می‌شود، نیاز داریم. این منبع‌نور در اغلب LCDهای قدیمی به‌صورت لامپ‌های فلورسنت بسیار نازکدر قسمت بالا، کنار و گاهی اوقات پشت LCD قرار می‌گرفت و نور مورد نیاز را تأمین می‌کرد، ولی در نمایشگرهای امروزی LEDها با کارایی بهتر و طول‌عمر بیشتر، جایگزین لامپ‌های فلورسنت شده‌اند.



به‌منظور ایجاد توزیع یکنواخت پرتو در تمام مساحت صفحه‌نمایش، صفحات اپتیکی هدایتگر پرتو و پخش‌کننده نور نیز همراه با منبع نور سفید مورد استفاده قرار می‌گیرند تا تصویری با روشنایی یکسان در تمام قسمت‌های نمایشگر ایجاد کنند. نور سفید پس زمینه که غیر پلاریزه است، پس از عبور از اولین قطبشگر، به‌صورت قطبیده‌ی خطی وارد سلول بلور مایع می‌شود.

اولین LCD در سال ۱۹۶۸ میلادی یعنی در حدود ۸۰ سال پس از کشف بلور مایع در سال ۱۸۸۸، توسط یک شرکت آمریکایی ساخته شد ولی باوجود گذشت حدود ۵۰ سال از به‌کارگیری بلورهای مایع به‌عنوان صفحات نماشگر، فناوری ساخت LCD همچنان در حال پیشرفت بوده و هنوز هم تحقیقات گسترده‌ای در زمینه‌ی ساخت نمایشگرهای کارآمدتر با برطرف نمودن محدودیت زاویه‌ی دید، کاهش ضخامت، افزایش وضوح تصویر، وزن و مصرف انرژی کمتر در حال انجام است.

3 Backlight



اکسیتون‌ها واسط فوتون و الکترون

۴۴

لیزرنیوز
LASERNEWS

۴۴ اکسیتون‌ها واسط فوتون و الکترون
۴۸ خودخمشی نور

اکسیتون‌ها واسط فوتون و الکترون

آیا اکسیتون‌ها (Excitons) می‌توانند اتصالات داخلی نوری - الکترونی را پشتیبانی کنند؟

آزاده امیراحمدی
azadeamirahmadi@gmail.com

پژوهشگران «ای پی اف ال» (École polytechnique fédérale de Lausanne) در سوییس و موسسه‌ی ملی علم مواد در ژاپن تصور می‌کنند مدارهایی که در آن‌ها اکسیتون‌ها (زوج‌های الکترون-حفره که در تصویر به صورت توپ‌های قرمز و آبی نمایش داده شده‌اند) حامل هستند، و از طریق نور لیزر و ولتاژهای بایاس اعمال‌شده در الکترودهای گرافن (قسمت‌های مستطیل شکل در تصویر) کنترل می‌شوند. تصویر از بخش لیزری پی اف ال.

یکی از بارزترین تنگناها در زمینه‌ی بهره‌وری در شبکه‌های ارتباطی عصر حاضر که به‌طور مرتب گوشزد می‌شود، نیاز به تبدیل سیگنال‌های نوری، که داده‌ها را در طول مسیرهای طولانی منتقل می‌کنند، به سیگنال‌های الکتریکی است که در داده‌پردازی استفاده می‌شوند. یکی از راه‌حل‌های بالقوه در این مورد استفاده از دستگاه‌هایی می‌باشد که نه با الکترون‌ها و نه با فوتون‌ها، بلکه به وسیله‌ی اکسیتون‌ها کار می‌کنند. -اکسیتون‌ها زوج‌های الکترون-حفره‌ی مجاور هم هستند. زمانی که فوتون‌ها در یک نیم‌رسانا الکترون‌ها را ایجاد می‌کنند جفت‌های الکترون-حفره ی مذکور شکل می‌گیرند. اما تا اینجا دستگاه‌های اکسیتونی نشان داده‌اند که مواد نیم‌رسانای فشرده در دماهای انجماد عمل می‌کنند و این اشکالی است که کاربردهای عملی را متوقف می‌سازد.

امروزه یک تیم تحقیقاتی سوئیسی-ژاپنی در جهت ایجاد یک مولفه‌ی کلیدی برای دستگاه‌های اکسیتونی کاربردی، از یک بسته‌ی هوشمند متشکل از مواد دو بعدی فعالیت می‌کند؛ هدف این تیم ساخت یک ترانزیستور اکسیتونی که می‌تواند در دمای اتاق کار کند[1]. این پژوهشگران معتقدند که دستگاه مذکور که نخستین دستگاه اکسیتونی کاربردی است می‌تواند راه‌گشای تولید دستگاه‌های اکسیتونی باشد که در آن‌ها از مواد دو بعدی استفاده می‌شود. دستگاه‌های مزبور، به‌نوبه‌ی خود می‌توانند امکان ایجاد اتصالات داخلی نوری-الکترونیکی متراکم و با بهره‌وری انرژی بالا را، نه تنها در ارتباطات بلکه برای کاربردهای مختلف دیگر هم، فراهم آورند.

الکترون‌ها و حفره‌ها

وقتی فوتونی با فرکانس (و البته انرژی) درست از طریق یک ماده‌ی نیم‌رسانا درآشامیده می‌شود، الکترون را برای گذار به سطح بالاتر انرژی در نیم‌رسانا برانگیخته می‌کند - الکترون در حال ترک تراز والانس «حفره‌ای» در آن به‌وجود می‌آورد. این الکترون و حفره که همچنان تحت اثر نیروی جاذبه‌ی کولنی هستند، یک شبه‌ذره تشکیل می‌دهند که «اکسیتون» نامیده می‌شود. در نهایت وقتی الکترون و حفره دوباره ترکیب شوند، اکسیتون مذکور ناپدید شده و فوتون دیگری آزاد می‌گردد.

در سال‌های اخیر سیستم‌های اکسیتونی که مبتنی بر شبه‌ذره‌های گفته شده هستند مورد توجه قرار گرفتند، چرا که با سیستم‌های الکترونیکی که بر پایه‌ی الکترون‌ها کار می‌کنند هم ترازند. پیش‌بینی می‌شود که این سیستم‌ها بتوانند راه مناسبی برای تبدیلات لازم در دستگاه‌های فوتونیکی و الکترونیکی در شبکه‌های ارتباطی و دیگر زمینه‌ها عرضه کنند؛ زیرا اکسیتون‌ها به تعبیری واسط‌های طبیعی بین فوتون‌ها و الکترون‌ها هستند.

دستگاه‌های اکسیتونیِ کاربردی نیاز به تجهیزاتی خواهند داشت، از جمله ترانزیستورهای اکسیتونی که قادر باشند جریان اکسیتون‌ها را کنترل کنند. محققان تاکنون توانسته‌اند موفقیت‌هایی در ایجاد ترانزیستورهای اکسیتونی در مواد نیم‌رسانای فشرده به‌دست آورند. اما این دستگاه‌ها به‌دلیل پایین بودن سطح انرژی بستگی اکسیتون در مواد متراکم، می‌توانند در دمای پایین تر از ۱۷۳- سانتی گراد کار کنند.

یکی از راه‌حل‌های ممکن برای این معما در مواد دوبعدی مانند «گرافن[2]» و «دی چلکوجناید فلزات واسطه[3]» نهفته‌است. این مواد نسبت به نیم‌رساناهای فشرده دارای اکسیتون‌های با انرژی بستگی بالاتری هستند و بنابراین اکسیتون‌های مواد دوبعدی مذکور می‌توانند در دمای اتاق ایجاد

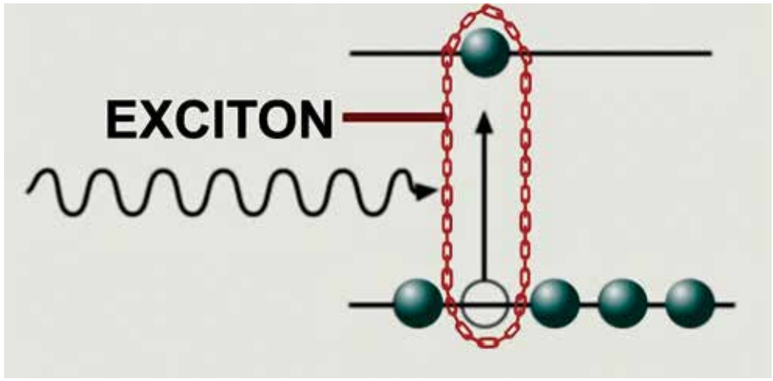
1 nature 560, 340-344 (2018)

2 graphene
3 transition-metal dichalcogenides (TMDs)

دی چلکوجناید فلزات واسطه

فلزات دی چلکوجناید دارای فرمول کلی ME2 است که در آن M یک فلز واسطه است و E=S,Se,Te که معمولا سولفیدها مهمترین اعضای آن هستند: (TiSe2, MoSe2, و WSe2 نمونه‌هایی از دی چلکوجناید فلزات واسطه اند). آنها همواره جامدات پادمغناطیسی با رنگ تیره هستند که توسط هیچ حلالی حل نمی‌شوند و خواص نیم رسانایی از خود نشان می‌دهند. آن‌ها بخشی از خانواده ی بزرگ مواد به اصطلاح دو بعدی هستند؛ چرا آن‌ها را دوبعدی می‌نامند؟ به عنوان مثال دی سولفید مولیبدنوم تنها ۶/۵ آنگستروم ضخامت دارد بنابراین از این ضخامت ناچیز چشم پوشی شده و آن را اصطلاحا دو بعدی در نظر می گیرند. از ویژگی‌های مهم این مواد آنست که با اتم‌های بزرگ در مواد دوبعدی در تعامل‌اند.

اکسیتون یک شبه ذره‌ی خنثی است که در عایق‌ها، نیم‌رساناها وبرخی مایعات وجود دارد. اکسیتون یک حالت مقید الکترون-حفره است که الکترون و حفره با نیروی الکترواستاتیک کولنی جذب می‌شوند و در واقع یک حالت برانگیختگی ماده‌ی چگال است و می‌تواند انرژی حمل کند بدون این که بار خالص داشته باشد. هنگامی که یک فوتون توسط نیم رسانا جذب می‌شود یک اکسیتون تولید می‌شود. الکترون از باند والانس به باند هدایت برانگیخته می‌شود و یک حفره ایجاد می‌کند، این الکترون در باند هدایت به‌طور مؤثر جذب حفره می‌شود. این جفت الکترون-حفره مقید یا همان اکسیتون دارای انرژی کمتر از جفت الکترون‌های غیر مقید است..



شوند و نقش خود را ایفا نمایند. اما مشکلی وجود دارد؛ اکسیتون‌ها برای مدت زمان طولانی در این لایه‌های تک‌اتمی باقی نمی‌مانند، چرا که طول‌عمر آن‌ها فقط ۱۰ پیکوثانیه است. به علاوه اکسیتون‌ها، به‌عنوان زوج‌های الکترون-حفره از لحاظ الکتریکی خنثی هستند. در نتیجه به کار بردن آن‌ها با استفاده از یک میدان‌الکتریکی یکنواخت در یک ماده‌ی دوبعدی دشوار است.

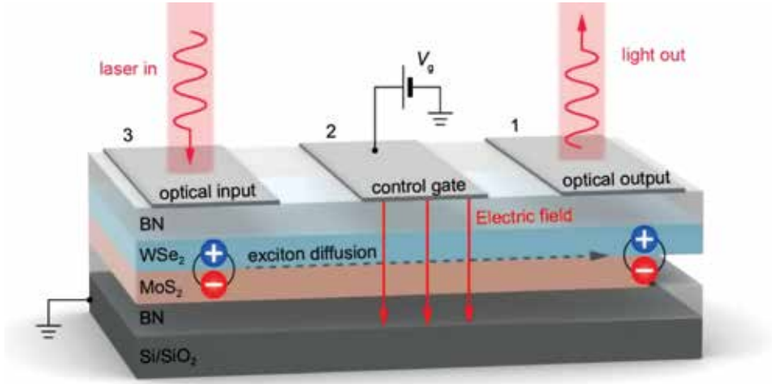
تفاوت ساختارهای ناهمسان

تیم تحقیقاتی سوییسی-ژاپنی مزبور با سرپرستی آندراس کیز[4] ازموسسه‌ی تحقیقاتی و دانشگاهی «ای پی اف ال» در لوزان سوییس و متشکل از دانشمندانی از «ای پی اف ال» و علوم مواد موسسه‌ی ملی ژاپن، برای هر دو مشکل مورد بحث راه‌حلی یافتند. آن‌ها این کار را با استفاده از مواد دوبعدی با ساختار ناهمسان انجام دادند.

در قلب این سیستم لایه‌هایی از دو «تی ام دیِ» اتمی نازک، «دی سولفید مولیبدنوم[5]»و «دی سلنید تنگستن[6]» وجود دارد. به‌دلیل ساختار ترازی متفاوت این دو ماده زمانی که اکسیتون در این ساختار ناهمسان به وجود می‌آید (برای مثال از طریق درآشامی یک فوتون) آن الکترون تمایل به استقرار در لایه‌ی دی سولفید مولیبدنوم را دارد. درحالی که حفره در لایه‌ی دی سلنید تنگستن می‌ماند. و در نهایت سیستمی حاصل می‌شود که در آن اکسیتون نه در یک لایه‌ی ماده‌ی دوبعدی منفرد، بلکه در بین دولایه وجود دارد.

اکسیتونِ بین لایه‌ای مذکور، که از لحاظ کاربردی به نتیجه‌ی مطلوبی رسیده، دارای یک تفکیک فضایی بین الکترون وحفره است؛ حفره‌ای که به اندازه‌ی کافی وسعت دارد که به الکترون اجازه می‌دهد طول‌عمری صد برابر بیشتر ازالکترون مستقردر یک لایه‌ی ماده‌ی دوبعدی منفرد داشته باشد. و نکته‌ی شگفت‌آور این است که این اکسیتونِ بین لایه‌ای می‌تواند در دمای اتاق وجود داشته باشد و فعالیت کند. به‌علاوه این ساختار دولایه‌ای بدان معناست که اکسیتون حاصل دارای یک دوقطبی لحظه‌ای درونی و غیریکنواخت است. بنابراین اکسیتون مورد بحث می‌تواند با یک میدان الکتریکی و ولتاژ بایاس کنترل و تنظیم شود در حالی که برای اکسیتون‌هایی که در یک لایه ی دوبعدی منفرد قرار دارند، این امر غیر ممکن است.

4 Andras Kis
5 molybdenum disulfide (MoS2)
6 tungsten diselenide (WSe2)



دروازه‌های گرافنی

گروه تحقیقاتی مزبور برای ساختن یک ترانزیستور اکسیتونیِ کاربردی این ساختار ناهمسان دی سولفید مولیبدنوم و دی سلنید تنگستن را ایجاد کردند و آن را به‌صورت یک کپسول در ماده‌ی دیگری (نیترید بورهگزاگونال[7]) قرار دادند. این پژوهشگران در بالای آن پوسته، قطعات شفافی از چند لایه از گرافن گذاشتند که به‌عنوان الکترودهای ورودی عمل می‌کنند. سپس تیم مذکور از یک دیود لیزری ۶۴۷ نانومتری استفاده کردند تا از لحاظ اپتیکی اکسیتون‌های درون لایه‌ای را در یک انتهای ساختار ترانزیستور استخراج کند. آن‌ها از یک دوربین سی سی دی نیز برای اندازه‌گیری پرتوهای ساطع شده از این ساختار بهره‌بردند.

تیم پژوهشی مورد بحث متوجه شدند که اکسیتون‌های درون لایه‌ای به اندازه‌ی کافی عمر می‌کنند که بتوانند قبل ازاین که بازترکیب شوند و تولید نور کنند، درسرتاسرمسافتی معادل پنج میکرون در درون ساختار مزبور پخش شوند. در ضمن با استفاده ازالکترودهای گرافن، که در تصویرنمادین ترازیستورنشان داده شد، جریان اکسیتون‌ها قابل کنترل و به صورت الکتریکی از طریق اعمال ولتاژهای بایاس مختلف قابل تنظیم می‌شود.

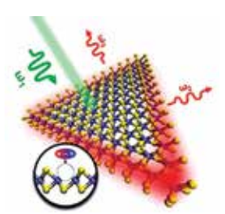
آیا اکسیتون‌های کاربردی در راه‌اند؟

این تیم تحقیقاتی سوییسی-ژاپنی استدلال می‌کنند که محصولشان «قالبی قوی برای تکمیل مواد دو بعدی در دستگاه‌های اکسیتونی آینده فراهم می‌کند، دستگاه‌هایی که قادر به کار کردن در دمای اتاق خواهند بود.» آن‌ها معتقدند که چنین دستگاه‌هایی می‌توانند بهره‌وری انرژی و تراکم را نسبت‌به سوییچ‌های نوری سرعت بالا که قبلا معرفی شده اند، بالاتر ببرند، اندازه‌ی نسبتا بزرگ آن (که حدود ۱۰میکرون است) آن‌ها را در متراکم کردن تراشه‌ها دچارمحدودیت می‌کند. گروه مزبور چنین استنتاج می‌کنند که این نمونه‌های اولیه که به تصویر کشیدند می‌تواند راهی را برای مطالعات عمیق‌تر و کاربردهای وسیع‌تر در خصوص دستگاه‌های اکسیتونی در بخش‌های آکادمیک و صنعتی باز کند.

7 Hexagonal Boron Nitride (BN)

حاشیه: نمایی از ترانزیستور اکسیتونی که توسط تیم سوییسی-ژاپنی ایجاد شده‌است. قطعات شفاف گرافن (۱، ۲و۳) به‌عنوان الکترودهای ورودی عمل می‌کنند که حرکت اکسیتون‌ها (زوج‌های الکترون-حفره) را درون یک ساختار ناهمسان، شامل دی سلنید تنگستن و دی سولفات مولیبدنوم، کنترل می‌کنند. پوسته‌ای از نیترات بور هگزاگونال به صورت کپسول در دستگاه قرار دارد. [تصویر از ای پی اف ال]

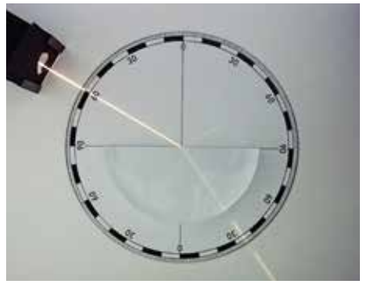
مفهوم اکسیتون اولین بار توسط یعکوو فرنکل (Yakov Frenkel) روسی در سال ۱۹۳۱ مطرح شد. او اکسیتون‌های اتم‌ها را در یک عایق توصیف کرد و پیشنهاد داد که این حالت برانگیخته قادر به حرکت در ساختار شبکه است بدون این که بار خالصی را منتقل کند.



ای پی اف ال (EPFL) یک موسسه تحقیقاتی و دانشگاهی در لوزان سوییس است که متخصص در علوم طبیعی و مهندسی است. این یکی از دو موسسه ی فدرال سوییس است و دارای سه ماموریت اصلی است، آموزش، تحقیق و انتقال فن آوری در بالاترین سطح بین‌المللی.

خودخمشی نور

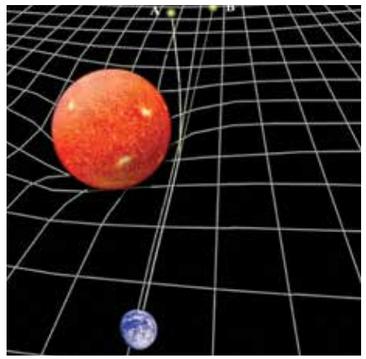
آزاده امیراحمدی
azadeamirahmadi@gmail.com



هر دانشجوی رشته‌ی فیزیک می‌داند که نور روی خط مستقیم سیر می‌کند، به‌همین‌علت پدیده‌هایی مانند انعکاس، انتشار و یا انکسار را به خوبی پوشش می‌دهد. اما امروزه پژوهشگران نشان می‌دهند که نور بدون عوامل خارجی می‌تواند مسیر منحنی نیز داشته باشد. اگرچه این پدیده یک حقه‌ی اپتیکی است اما محققان بر این باورند که کاربردهای بسیاری دارد مانند کنترل حرکت اشیا از راه دور از طریق نور.

این که نور می‌تواند خم شود امری آشکار است. برای مثال هنگامی که پرتوهای نور از هوا وارد آب می‌شوند، حالت انحنا (شکستگی) پیدا می‌کنند؛ اگر پرتوهای نوری را که در آب فرو رفته‌اند دنبال کنیم، می‌بینیم که به‌طرف سطح آب شیب پیدا می‌کنند.

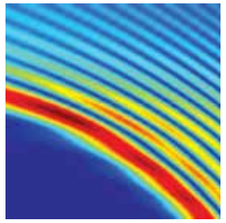
یا بر اساس نسبیت عام انیشتین در فضا، پرتوهای نوری که از کنار اجرام بسیار سنگین مانند ستارگان عبور می‌کنند، روی یک مسیر منحنی شکل حرکت می‌کنند. در تمام این مثال‌ها خمش نور در اثر یک عامل بیرونی رخ داده‌است. در مثال آب، تغییر ویژگی‌های اپتیکی محیط (ضریب شکست) و در مورد مثال ستاره، گرانش خمیدگی مسیر حرکت نور را ایجاد می‌کند.



اما خمش نور از طریق خودش و بدون هیچ عامل بیرونی مطلبی است که تا به حال کمتر شنیده شده‌است. در اواخر دهه‌ی ۱۹۷۰ فیزیکدان بریتانیایی، مایکل بری[1] از دانشگاه بریستول[2]، ناندور بالاز[3] از دانشگاه ایالتی نیویورک و استونی بروک[4]، کشف کردند که شکل موج ایری[5] معروف، موجی که چگونگی حرکت ذرات کوانتومی‌را توضیح می‌دهد، گاهی اوقات می‌تواند به میران جزئی خم شود. این موضوع عمدتا تا سال ۲۰۰۷ ناشناخته بود. دمتری کریستودولیتس[6] و دیگر فیزیکدان‌های دانشگاه فلوریدای مرکزی در

1 Michael Berry
2 Bristol
3 Nandor Balazs
4 Stony Brook
5 Airy waveform
6 Demetri Christodoulides

انبرک نوری از ابزارهای علمی‌است. در این ابزار از پرتو لیزر با قابلیت فوکوس بالا برای ایجاد نیروی جاذبه یا دافعه استفاده می‌شود.
تصور این که بتوان سلولی را بدون تماس فیزیکی با آن حرکت داد کمی خیال پردازانه به نظر می‌رسد. اما حقیقت این است که می‌توان با استفاده از خواص ویژه لیزر این کار را انجام داد. با استفاده از پرتوهای لیزر، نیروهای پیکو نیوتنی که برای جابجایی مواد در ابعاد میکرو ایجاد می‌شود. این قابلیت در زمینه‌های متفاوتی اعم از موتورهای مولکولی، میکروسیالات، میکرو مکانیک و ... مورد توجه قرار گرفته‌است. به‌این‌دلیل که نور حامل تکانه بوده و تغییر در جهت نور به معنای این است که حتماً نیرویی در رابطه با این تغییر وجود دارد. بنابرین اگر پرتوی لیزری را به سمت ذره‌ای بتابانیم، نور به هنگام ورود به ذره دچار شکست خواهد شد. نیروی درگیر در این تغییر جهت بر روی ذره تأثیر گذاشته و ذره به سمت قسمت پرشدت‌تر لیزر رانده خواهد شد. پرتوی لیزر دارای شکل گوسی می‌باشد، بنابرین شدیدترین قسمت پرتو در مرکز محور پرتو قرار دارد. و هرجا که پرتو متمرکز شده باشد ذره به آن قسمت می‌رود. ذره در سه بعد محبوس می‌شود. برای این کار به انرژی زیادی نیاز نیست (در حد چند میلی وات). اما به گرادیان شدت بزرگی نیازمندیم، و نور را به نقطه‌ای در حدود قطر چند میکرونی متمرکز می‌کنیم.



راه حل‌های ریاضی در معادلات ماکسول نشان می‌دهد که این امکان برای پرتوهای نوری که شکل خود را حفظ می‌کنند وجود دارد که در طول یک مسیر دایره‌ای سیر کنند.

اورلاندو[7] در سال ۲۰۰۷ ورژن اپتیکی موج‌های ایری را از طریق دستکاری با نور لیزر تولید کردند و متوجه شدند که پرتوی حاصل هنگام عبور از آشکارساز کمی انحنا پیدا کرد.

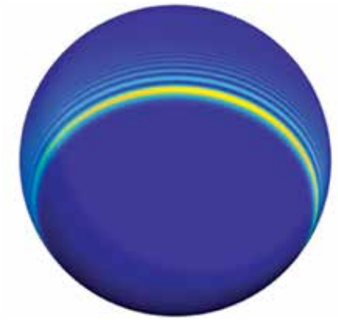
این خود خمشی چگونه اتفاق افتاد؟

در واقع نور حاصل از درآمیختگی موج‌ها است که قله‌ها و دره‌های آن می‌توانند باهم تداخل کنند. برای مثال وقتی یک قله از یک دره عبور می‌کند، یکدیگر را خنثی می‌کنند و تاریکی را می‌آفرینند، قله‌ای که از قله‌ی دیگری می‌گذرد با هم تداخل سازنده می‌کنند و یک نقطه‌ی نورانی ایجاد می‌شود. حال تصور کنید که نور از نواری عریض منتشر شود، مثلا یک لوله‌ی فلورسنت یا بهتر از آن، یک لیزر که خروجی آن گسترده می‌شود. از طریق یک کنترل محتاطانه بر روی فاز اولیه‌ی این موج‌ها در هر مرحله در طول نوار، این امکان وجود دارد که نور ایجاد شده که به سمت بیرون حرکت می‌کند تداخل‌های سازنده را در نقاطی بر روی یک منحنی داشته باشد و در دیگر نقاط هیچ تداخل سازنده‌ای صورت نگیرد.

تابع ایری گفته‌شده که شامل تکرار همراه با تقلیل نوسان‌هاست، راهی آسان برای تعیین آن فازهای اولیه به دست می‌دهد. اما اشکالی که وجود دارد این است که نور حاصل تنها به‌اندازه‌ی ۸° (هشت درجه) انحنا پیدا می‌کند.

امروزه یک فیزیکدان به نام موردنچا سِگو[8] و همکارانش از دانشگاه تکنون[9] در شهر حیفا (در فلسطین اشغالی) مدعی هستند که دستورالعملی در دست دارند که آن‌ها را قادر می‌سازد که خود خمشی نور را در هر زاویه‌ای، حتی یک دایره‌ی کامل ایجاد کنند. بنابه گفته‌ی سِگو اشکال تابع ایری این است که شکل نوسان آن برای فازهای درست تعیین کننده‌است و باعث می‌شود که تنها در زوایای کوچک انحنا داشته باشد و برای زوایای بزرگ‌تر از ۸° شکل آن به یک تقریب خام تبدیل می‌شود. بنابراین تیم او به سراغ معادلات ماکسول رفتند؛ فرمول‌های ریاضی چهار قسمتی که ۱۵۰ سال عمر دارند و انتشار امواج الکترومغناطیسی مثل نور را توصیف می‌کنند. این پژوهشگران بعد از گمانه‌زنی‌ها و حل ریاضیات دشوار، راه‌حلی برای معادلات ماکسول پیدا کردند که دقیقا مراحل اولیه‌ی مورد نیاز برای خودخمشی نور را به طور واقعی توضیح می‌دهد. این گزارش به‌تازگی در نشریه‌ی فیزیکال ری ویو لترز[10] به چاپ رسیده‌است. سِگو معتقد است که از تابع ایری مذکور تنها یک تقریب حاصل می‌شود. طبق گفته‌ی او «اگر کسی بخواهد برای زوایای بالاتر خمش نور را تجربه کند باید شکل ساختاری مناسبی برای پرتو داشته باشد، مردم تاکنون تصور می‌کردند که شکل مناسبی وجود ندارد چرا که تابع ایری همیشه با شکست مواجه می‌شد؛ اما ما نشان خواهیم داد که این تصور اشتباه بوده‌است.»

موج نوری خمیده در فضای سه بعدی چیست؟

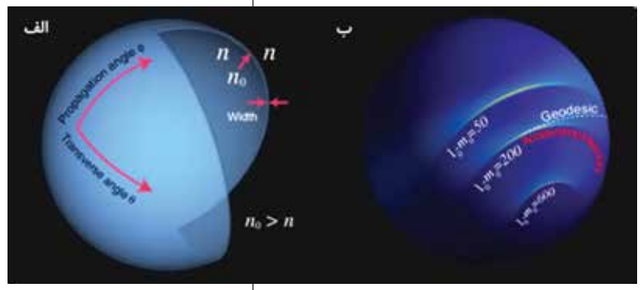


پیش از این پژوهشگران نشان داده‌بودند که اگر ساختار یک پرتو برای حرکت در امتداد یک مسیر منحنی طراحی شده باشد می‌تواند به صورت بسته‌ی موج یا پرتویی خود شتاب دهنده رفتار کند. سِگو و گروه تحقیقاتی او یک گام پیش‌تر برداشته اند و پرتوها را در محیطی با هندسه‌ی فضایی منحنی قرار داده‌اند. گروه مذکور دراین آزمایش جدید، پیچشی اضافی را با ترکیب دو پدیده‌ی خمش نوری مجزا ایجاد کرده‌اند که یکی شامل فضای خمیده‌ی معروف در نسبیت عام است و دیگری بر اساس بسته‌های نور شتاب‌دار بسط داده شده در اپتیک است که در اثر شتاب تغییر شکل نمی‌دهند. این تیم برای اولین بار به‌صورت تجربی یک پرتوی نوری شتاب‌دار را در فضای منحنی مشاهده کرده‌اند که در آن مسیر پرتوی شتاب‌دار توسط تعاملات بین فضای منحنی و اثرات تداخلی ناشی از ساختار پرتو تعیین می‌شود.

برای برخی از دانشمندان قرار گرفتن نور در فضایی انحنادار، مانند یک موجبر نوسان‌کننده و یا قسمت دایره‌ای یک لیوان، از جهت شبیه‌سازی نسبیت عام، مهم و قابل توجه است. اما از نظر دیگر دانشمندان، هدف از این آزمایش ایجاد یک پرتوی نوری خمیده به‌منظور دستکاری ذرات است، مانند شکل دادن به رشته‌های پلاسمایی یا مواد مورد استفاده در میکروماشین کاری. در این مورد، شعاع نوری مورد نظر به عنوان یک کل (تعریف شده توسط مرکز جرم آن) نمی‌تواند انحنا پیدا کند، اما اثرات تداخلی (تداخل سازنده) در گوشه‌های این پرتوی نور باعث ایجاد لوبی در مسیر انحنا می‌شود که از بقیه‌ی کناره‌ها درخشان‌تر است، که به نظر می‌رسد پرتو تحت اثر برخی از نیروها در حال شتاب گرفتن باشد. ساده‌ترین مثال از یک جسم منحنی یک کره است زیرا در همه‌ی قسمت‌ها دارای انحنای ثابت و یکسان است. به‌طور معمول، پرتوهای نوری که محدود به پخش روی سطح کره می‌شوند، در امتداد مسیرهای ژئودسیک[11]، بر روی بزرگ‌ترین دایره روی سطح کره حرکت می‌کنند. اما این محققان از لحاظ نظری و تجربی نشان دادند که می‌توان ساختار یک پرتو را به گونه‌ای شکل داد که آن را با حفظ شکل، از مسیری که کوتاه‌ترین خط ترسیم شده بین

7 Orlando
8 Mordechai Segev
9 Technion
10 Physical Review Letters

11 Geodesic
وابسته به کوتاه ترین فاصله بین دو نقطه ی واقع بر هر جسم مسطح (به ویژه سطح کروی)



تصویر (الف) طرح یک پوسته کروی با سیستم مختصات مشخص شده‌است. پرتوهای نوری در جهت ϕ منتشر می‌شوند و ساختار مقطع آن‌ها در جهت θ بسط می‌یابد. ضخامت پوسته‌ی کروی با پیکان‌های قرمز مشخص شده‌است. در این منطقه ضریب‌شکست نور بیش از ضریب شکست محیط اطراف است، وبنابراین این حالت درون پوسته محبوس می‌شود. (ب) سه پرتوی شتاب‌دار که سه مسیر غیرمسطح مختلف را دنبال می‌کنند، نشان می‌دهد. پرتویی که دارای یک شاخص حالت بزرگ است، مسیری را دنبال می‌کند که انحنای بیشتری دارد. شاخص حالت بزرگ گفته شده، یعنی بالاترین تراکم در لبه‌ها، مربوط به بالاترین شتاب است.

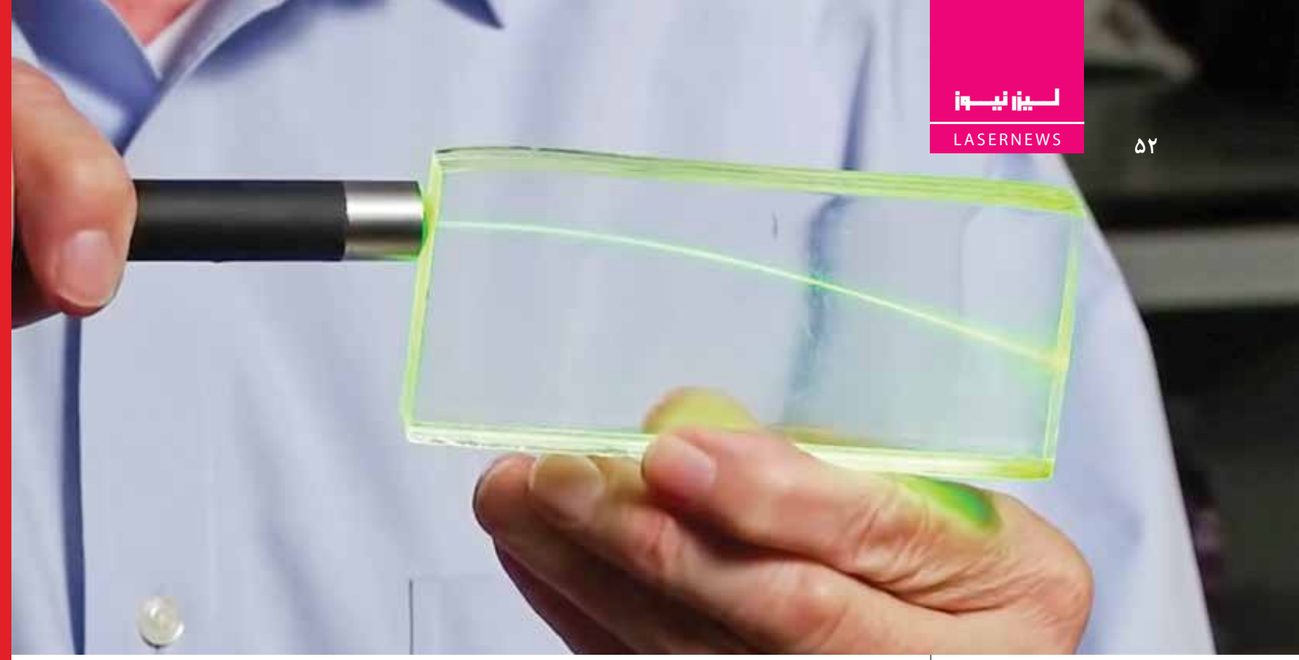
دونقطه‌ی روی سطح نیست، مثلا در یک مسیر دایره، شتاب داد.

سِگو و همکارانش در طی آزمایش‌های خود با بریدن قسمت فوقانی یک حباب لامپ به عرض شش سانتی‌متر، یک چشم‌انداز فضای منحنی ایجاد کردند. سپس آن‌ها یک پرتوی شتاب‌دار را که به صورت ویژه شکل گرفته بود به سمت این موجبر شیشه‌ای نیم‌دایره‌ای جهت‌دادند. تیم مذکورمسیر حرکت این پرتوی نور را تصویربرداری نمودند، و آن‌ها همان‌طور که از شبیه‌سازی‌های خود انتظار داشتند، دریافتند که آن لوبی که از بقیه درخشان‌تر بود درحالی که به‌طور پیوسته خمش داشت، از کوتاه‌ترین فاصله‌ی مسیر ،که گذرگاهی در شیشه‌ی منحنی بود، حرکت می‌کرد. محققان مزبور معتقدند که این نوع آزمایش فرصت‌های جدید بیشتری را برای شبیه‌سازی پدیده‌های نسبیت عام به‌وجود خواهد آورد که در سیستم‌های اپتیکی قابل اجرا است و امکانات جدیدی را نیز برای کنترل نور در سیستم‌های سه‌بعدی غیرمسطح فراهم می‌آورد.

خودخمشی نور در مرحله‌ی عمل

این تئوری که سِگو و همکارانش آن را مطرح کردند ممکن بود در حد یک ایده‌ی نظری روی کاغذ باقی بماند اما تیمی با سرپرستی جان دادلی[12] از دانشگاه

12 John Dudley



یک پرتوی ایری یک شکل موج غیر اشباع است که در هنگام حرکت ظاهری انحنادار پیدا می‌کند. اصطلاح «پرتو ایری» از انتگرال ایری است که توسط سر جورد بیدل ایری در سال‌های ۱۸۳۰ به دست آمده‌است که برای توضیح پدیده‌های اپتیکی مانند قوس رنگین‌کمان به کار می‌رود.

کومت فرانچ[13] در بیسنسون[14] فرانسه آزمایش‌های خود را در مورد خودخمشی به‌مرحله‌ی اجرا رساندند. اگرچه آن‌ها از فعالیت‌های تیم سِگو بی‌اطلاع بودند اما توانستند مقادیر فاز اولیه را مطابق با راه‌حل تیم سِگو بیابند. طبق گزارشی که ماه گذشته در اپتیک لترز[15] به چاپ رسید آن‌ها با استفاده از دستگاهی که تلفیق‌کننده‌ی نور فضایی (مدولاتور نور فضایی) نام دارد، تنظیم فاز اولیه پرتوی منتشر شده از نور لیزر را انجام دادند. این تیم فرانسوی متوجه شدند که نور حاصل تا ۶۰° خم می‌شود.

نور خودخمیده، پیچشی تمیز را بر روی انبرک‌های نوری[16] قرار می‌دهد. این دستگاه‌ها که در دهه‌ی ۱۹۸۰ توسعه پیدا کردند، از نیرویی که از طریق نور شدید لیزری ایجاد می‌شود برای نگه‌داشتن ذرات میکروسکوپی در هوا استفاده می‌کنند. سِگو بر این باور است که پژوهشگران با جایگزین کردن پرتوهای لیزری با نور خودخمش می‌توانند به ذرات گیرافتاده نیرو وارد کنند تا بدون لمس کردن، خط سیر حرکت آن‌ها را در طول مسیرهای پیچیده کنترل کنند. یک کاربرد این تکنولوژی که برای مهندسان زیست شناسی قابل استفاده است این است که نور انحنا یافته‌ی مورد بحث، می‌تواند به‌صورت انتخابی سلول‌ها را در یک نمونه‌ی بیولوژیکی جابه‌جا کند.

فیزیکدانی از دانشگاه آریزونا در توکسون[17] به نام پاول پلین کین[18] کاربرد دیگری را پیشنهاد می‌دهد: ایجاد یک حفره‌ی منحنی درون یک ماده از طریق سوزاندن آن که البته این کار با یک لیزر معمولی امکان پذیر نیست. برخلاف آن چه گفته شد پاول پلین کین به این نکته اشاره می‌کند که در واقع خود نور انحنا نمی‌یابد بلکه به همان شیوه‌ای که تداخل لکه‌های روشن را تشکیل می‌دهد این طور به‌نظر می‌رسد که نور انحنا پیدا کرده و تنها به شکل منحنی ظاهر می‌شود. پلین کین معتقد است که بیشتر توان این نور به سمت انحنای نورانی نمی‌رود، بلکه داخل مناطق تاریک هم حرکت می‌کند و در آن مناطق در اثر تداخل ویرانگر به طور کامل حذف می‌شود. او می‌گوید: «من نمی‌خواهم یک مساله‌ی مهم علمی را روی کاغذ به مباحثه بکشانم؛ این تنها گزارشی از یک کار دسته‌جمعی پراهمیت است و هیچ قانون بنیادی فیزیکی شکسته نشده‌است و به نظر من این یک اتفاق خوب است.»

13 University of Franche-Comté
14 Besançon
15 Optics Letters
16 optical tweezers
17 the University of Arizona in Tucson
18 Pavel Polynkin

از علم تا ثروت
LASERTECH

رقیب لیزری آمریکا و اروپا
۵۴

۵۴ رقیب لیزری آمریکا و اروپا
۵۸ ابعاد مینیاتوری در تحقیقات و صنعت

گزارش شرکت Han's laser

رقیب لیزری آمریکا و اروپا

زهرا متولیان
z.motevalian@yahoo.com

شرکت هان NL، یکی از زیرمجموعه‌های شرکت هان لیزر است. این شرکت در زمینه استفاده از انرژی خورشیدی و ساخت نیروگاه در نقاط مختلف چین تاسیس شده است. همچنین پروژه های غنی پروژه هایی را در زمینه تولید انرژی، صرفه جویی در مصرف انرژی، قرارداد مدیریت انرژی دنبال می کند. محصولات و سیستم های خورشیدی فتوولتائیک هان NL در بسیاری از زمینه ها مانند انرژی، ارتباطات، حمل و نقل، نظامی، املاک و مستغلات، کشاورزی، نیروگاه های برق متصل به شبکه های بزرگ، معماری شهری ترکیبی شبکه (BIPV.BAPV)، ایستگاه های پایه ارتباطی منبع تغذیه هیبریدی ثابت، منبع تغذیه مستقل در مناطق ساکن دور افتاده کاربرد دارد.

در قرن ۲۱ برخی کشورهای شرق آسیا مانند چین رقابتی تنگاتنگ، با کشورهای اروپایی و آمریکایی در توسعه و ترویج استفاده از تکنولوژی‌ها و فناوری‌های جدید دارند. آن‌ها به‌واسطه سرمایه‌گذاری‌های بلندمدت توانسته‌اند گاهی پیروز این میدان رقابت باشند. هم‌چنین این کشورها در لیزر نیز گام‌های بزرگی برداشتند. شرکت فناوری لیزر «هان» یکی از این گام‌ها است. شرکت دولتی هان در سال ۱۹۹۶ به‌منظور تحقیق و توسعه، تولید و فروش تجهیزات پردازش لیزری در جمهوری خلق چین ایجاد شده‌است. این شرکت ابتدا با نام شرکت فناوری هان لیزر مشغول به فعالیت شد و سپس نام شرکت خود را به «گروه صنعتی فناوری هان لیزر»، در نوامبر ۲۰۱۴، تغییر داد. شرکت هان لیزر در سال ۲۰۰۴ به‌طور رسمی در بازار بورس شنژن افتتاح شد. امروزه از این شرکت به‌عنوان شاهکار صنعت لیزر ملی چین و تولید کننده معروف لیزر جهان یاد می کنند. تا کنون، ارزش بازار آن بیش از ۲,۱۵ میلیارد دلار است. این شرکت لیزری در شنژن چین قرار دارد. ریاست این شرکت به عهده فردی به نام Gao Yunfeng است.

شروع فعالیت‌ها

پس از گذشت یک سال از راه‌اندازی این شرکت، در ۱۹۹۷ میلادی اولین مجموعه نرم‌افزار تجاری گالوانومتر به نام «سیستم علامت گذاری هان لیزر برای Dos» توسعه داده‌شد. پس از آن دستگاه علامت‌گذاری لیزر YAG Enterprise Standard توسط Gao Yunfeng طراحی شد. سال ۲۰۰۲، دستگاه علامت گذاری لیزری ۷۱,۹۶٪ از بازار داخلی را به تصرف خود درآورد. در سال ۲۰۰۷، طرح برش نوار نرم UV کلید خورد و طرح ملی مشعل نام گرفت. شرکت هان لیزر موفق شد طراحی و ساخت اولین خط تولید تمام خودکار برش XCMG و تولید کامل آن را در سال ۲۰۱۲ برای خود رقم بزند. در همان سال شرکت هان لیزر به‌طور مستقل لیزر سری DRACO، کنترل کننده لیزر، مارپیچ لیزر دوتایی UV (حکاکی) و دیگر پروژه های حاصل از دستاوردهای علمی و تکنولوژیکی شناخته‌شده در این حوزه را توسعه داده‌است. این شرکت در پژوهش توانمندی بسیار زیادی دارد؛ به‌طوری که تیم تحقیق و توسعه آن، بیش از ۳۰۰ اختراع به ثبت رسانده‌است. به‌ویژه، هان لیزر یکی از کمپانی‌هایی است که تکنولوژی ثبت اختراع لیزر اشعه فرابنفش در جهان را مدیریت می کند. هر محصول از هان لیزر با توجه به استانداردهای ISO۹۰۰۱ (QCS) و ISO۱۴۰۰۱ (EMS) قبل از این که به بازار عرضه شود، مورد بررسی قرار می گیرد. بسیاری از سری تجهیزات لیزر گواهی CE دریافت کرده‌اند.

محصولات

شرکت لیزری هان بیش از ۲۰۰ مدل دستگاه ساخته و در سطح دنیا ارائه کرده‌است. به معرفی برخی از آن‌ها می‌پردازیم.

لیزر حکاکی (علامت گذاری)، لیزر جوشکاری که شامل ایستگاه خودکار جوش لیزری، ماشین آلات جوش لیزری و ایستگاه ربات خودکار (با قابلیت جوشکاری لیزری به بدنه) است.

دستگاه برش لیزری که لیزر فایبر، لیزر و برش سه بعدی لیزری را شامل می‌شود. هم‌چنین دستگاه‌های برش لیزری لوله نیز در این شرکت ساخته شده‌است.

لیزر حکاکی بر روی سطح و دستگاه‌های نمایش لیزری نیز از جمله محصولات این شرکت هستند.

تمامی این تجهیزات به‌طور گسترده‌ای در تولید لوازم الکترونیکی، مدارهای مجتمع، تجهیزات مخابراتی، کامپیوتر، قطعات خودرو، واحدهای شیشه‌ای و قطعات نوری، مصالح ساختمانی، وسایل پزشکی، جواهرات، مواد بسته بندی، صنایع دستی، مد و لباس، روشنایی شهری استفاده می‌شود.

توسعه دفاتر داخلی و بین‌المللی

گروه صنعتی فناوری هان لیزر براساس استراتژی بازاریابی مشتری گرا، ۷ مرکز منطقه‌ای و بیش از ۱۰۵ دفتر خدمات را در سراسر چین راه‌اندازی کرده‌است. علاوه براین، به‌منظور ارائه خدمات به مشتریان بین‌المللی، هان لیزر بیش از ۹ شعبه خارج از کشور را تأسیس کرده و دارای نمایندگان واجد شرایط در بیش از ۲۰ کشور است. تمام این شعبه ها و دفاتر دارای تکنسین های متخصص و مهندسین هستند که خدماتی را قبل از فروش، زمان فروش و پس از فروش ارائه می‌دهند.

برخی رویدادهای شرکت هان لیزر

۱۹۹۶: شرکت لیزری هان تاسیس شد. اولین سفارش خود را که مبلغ آن چهارصد هزار یوآن

دستگاه لیزری حکاکی (علامت گذاری) متعلق به Han's Laser

لیزر حکاکی:
این لیزر فیبر نوری برای حکاکی سخت ترین مواد مانند فلزات و بعضی از پلاستیک ها مورد استفاده قرار می گیرد. این لیزر مجهز به یک لنز استاندارد در منطقه حکاکی ۴ × ۴ اینچ است.

دستگاه برش لیزر فیبر نوری، دارای فناوری پیشرفته در سطح جهانی است. این محصول شرکت لیزری هان در سال ۲۰۱۲ جایزه ۱۰ محصول نوآورانه جهان در ماشین آلات صنعتی را کسب کرد.

بود، دریافت کرد.

۱۹۹۹: شرکت سرمایه گذاری ریسک ۴،۳۸ میلیون یوان را از شرکت سرمایه گذاری شنژن های تک LTD برای بازسازی به شرکت فناوری هان لیزر، با سرمایه ثبت شده ۸،۶ میلیون یوان RMB، به‌ارمغان آورد.

۲۰۰۰: وانگ داهن که یکی از مراجع اپتیک است، از شرکت هان لیزر بازدید کرد و به‌عنوان مشاور فناوری هان لیزر منصوب شد.

۲۰۰۱: در اواخر این سال این شرکت، گروه هنگتا، گروه Merchants china، گروه Hualing Iron & Steel را برای بازسازی شرکت تکنولوژی هان لیزر در شنژن آورد.

۲۰۰۳: وانگ جیجیانگ،عضو آکادمی چین، به‌طور رسمی معاون رئیس و مهندس ارشد هان لیزر شد.

هان لیزر به عنوان «شرکت‌های نرم‌افزاری اصلی برنامه ریزی ملی» نام‌گذاری شد.

۲۰۰۴: نوعی از روش هارمونیک نسل سوم لیزر با حفظ امتیاز از ثبت اختراع آمریکا، به‌کار برد.

۲۵ ژوئن، ۲۰۰۴، به‌عنوان یکی از هشت سهام اول شرکت مدولار SME در بورس اوراق بهادار شنژن شناخته شد.

در همان سال، هان لیزر به ساختمان هان لیزر واقع در پارک فناوری ناحیه نانشان با مساحت ۳۰،۰۰۰ متر مربع منتقل شد.

۲۰۰۵: شرکت لیزری هان به‌تدریج اصلاحات بخش سهام را به پایان رساند.

۲۰۰۶: شرکت لیزری هان ، به عنوان مجموعه‌ی ۱۰۰ شاخصی سهام شنژن انتخاب شد. شاخص نوآوری بورس سهام شنژن و شاخص SHSZ ۳۰۰، ارزش سهام شرکت را در بین لیست شرکت‌های لیزری جهان در مرتبه چهارم رتبه بندی کرده‌است. در ماه سپتامبر Gao Yunfeng جایزه شهردار شنژن ۲۰۰۶ (جوایز کارآفرین) را به دست آورد. لی‌لی، رئیس سابق لی پنگ، کمیته مرکزی دفتر سیاسی لی چانگچون، معاون نخست وزیر وو یی از این شرکت بازدید کرد.

۲۰۰۷: هان لیزر به نام «مالکیت فکری عالی سازمانی استان گوانگدونگ » منصوب شد.

۲۰۰۸: در فوریه ۲۰۰۸، دبیرکل کمیته مرکزی CPC، رئیس جمهور کشور، جیانگ زیمین از هان لیزر بازدید کردند. او در ستایش این شرکت اذعان کرد شرکت لیزری هان چشم‌اندازی جسورانه دارد و هان را تشویق کرد تا لیزر ملی را به‌منظور کمک به توسعه صنایع ملی و صنعت تولید ادامه دهند. این شرکت نخستین گروه صنعتی شرکت‌های «Key High Tech Techies» لقب گرفت. هم‌چنین به‌نام «مرکز فناوری ملی» نام‌گذاری شد.

۲۰۰۹: هان لیزر عنوان «شرکت ملی چیلر کلیدی فناوری سلامت» را به‌دست آورد. در ماه مه این شرکت برای اولین بار به سمت «صنعت حرفه‌ای برنامه لیزر» رفت.

۲۰۱۰: در آوریل ساختمان مرکزی هان واقع در شنژن ، با مساحت ۷/۷ میلیون متر مربع ساخته و تکمیل شد و به بهره‌برداری رسید. در ماه مه پایگاه تولید جهانی هان واقع در ناحیه Baoan، شنژن با مساحت ۲۳۰،۰۰۰ متر مربع به پایان رسید و به بهره‌برداری رسید. در اکتبر این شرکت با تمرکز بر سه محصول اصلی حکاکی (علامت‌گذاری)، جوشکاری، برش، توسعه سه صنایع PCB، LED و فناوری خورشیدی شروع به تجاری‌سازی کرد.

۲۰۱۱: در ژوئن Gao Yunfeng به عنوان «قابل احترام‌ترین رییس شرکت‌های چینی»[1] شناخته شد.

شرکت هان لیزر در دسامبر ۲۰۱۷ به‌عنوان یکی از ۱۰ شرکت برجسته در چین انتخاب شده است. این شرکت آسیایی از سال ۲۰۱۶به درآمد رویایی یک میلیارد دلار دست یافت و این در شرایطی بود که تنها سه شرکت معظم دیگر در جهان، یعنی شرکت‌های COHERENT.TRUMF و IPG PHOTONICS، توانسته بودند به این رقم دست یابند.

1 "the Most Respected Chairman of China' Listed Companies."

تمیزکاری لیزری:
منبع این لیزر، IPG است. این دستگاه دارای سیستم اسکن فوتوالکتریک دوگانه و سیستم کنترل حرکت است. این لیزر برای تمیز کردن جای جوشکاری و بهبود کیفیت ظاهر جوش، تمیز کردن سطح قالب و حذف لایه اکسیداسیون و... کاربرد دارد.

لیزر جوشکاری:
WFP یک ژنراتور پالس لیزری است. در مقایسه با دیگر لیزرها، قدرت پالس بیشتری را فراهم می کند.
این دستگاه به‌طور گسترده ای در ساخت قطعات خودرو، سخت افزار مکانیکی و لوازم خانگی لوازم خانگی استفاده می شود.

گزارش شرکت پویش تدبیر کرانه (فیزتک)

ابعاد مینیاتوری در تحقیقات و صنعت

زهرا متولیان
z.motevalian@yahoo.com

مجموعه فیزتک در سه بخش طراحی وساخت، تأمین و پشتیبانی از دستگاه‌های آنالیز نوری نظیر طیف‌سنج‌های پیشرفته و رامان فعالیت می‌کند. نمونه‌ای از فعالیت‌های شرکت، ساخت دستگاه طیف‌سنج نوری مینیاتوری (قابل حمل) با قدرت تفکیک بالا و با بازه طول موجی سفارشی در نواحی UV/VIS/NIR، تکفام‌ساز پیشرفته‌ی تمام اتوماتیک و آنالیزر آب است. خط‌مشی مجموعه‌ی فیزتک مبتنی بر تلاش در جهت توانمندسازی و ارتقاء سطح کمی و کیفی مراکز علمی، تحقیقاتی و صنعتی از طریق شناسایی دقیق نیازهای آن‌ها و ارائه‌ی راهکارهای مبتنی بر آخرین فناوری‌های روز دنیا است.

شروع فعالیت

شرکت دانش‌بنیان پویش تدبیر کرانه (فیزتک) به‌همت جمعی از متخصصین، اساتید فعال دانشگاه و دانشجویان در حوزه‌ی دانش‌های بنیادی در سال ۱۳۹۲ تاسیس شد و در سال ۱۳۹۳ به مرکز رشد دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین‌طوسی پیوست. این شرکت توسط آقای دکتر شفیع‌خانی عضو هیئت علمی دانشگاه‌الزهرا، آقای مهندس شکرالهی و خانم مریم زارع به‌ثبت رسید. رفع نیازهای فناورانه‌ی بخش‌های پژوهشی و صنعتی، اشتغال فناوران، کمک به توسعه‌ی تولید داخلی، جلوگیری از خروج ارز از کشور و توسعه صادرات محصولات با تکنولوژی پیشرفته از مهم‌ترین اهداف تشکیل این شرکت بوده‌است.

ساختار شرکت

تحقیق و توسعه: این واحد با هدف شناسایی نقاط قوت و قابل بهبود، به‌منظور برنامه‌ریزی و تثبیت و تقویت این نقاط در شرکت تشکیل گردیده‌است.

بخش تولید: در این بخش برنامه ریزی و کنترل تولید انجام می گیرد. به عبارتی مأموریت آن هدایت و سامان‌دهی کلیه‌ی عوامل در جهت تولید به‌موقع، کیفیت بالا، سفارشات برنامه‌ریزی شده و هدایت و نظارت بر حسن اجرای کلیه‌ی فعالیت‌ها در جهت تأمین به‌موقع سفارشات مشتری است.

بخش فنی: این قسمت مسئولیت هماهنگی و نظارت بر کلیه‌ی امور فنی، تحقیق و توسعه و تدوین دستورالعمل‌های تولید محصولات را بر عهده دارد.

بازاریابی و فروش: وظیفه‌ی برنامه‌ریزی، سازمان‌دهی، هدایت فعالیت‌ها و نظارت بر عملکرد بازاریابی و فروش محصولات را برعهده دارد. مأموریت اصلی این بخش شامل پنج حوزه‌ی تدوین استراتژی‌ها و برنامه‌های بازاریابی شرکت، شناسایی مشتریان و انتظارات آن‌ها،

1392

شروع به فعالیت شرکت دانش‌بیان پویش تدبیر کرانه با تلاش جمعی از متخصصین و اساتید دانشگاه در حوزه‌ی دانش‌های بنیادین. جلوگیری از خروج ارز و توسعه صادرات محصولات با فناوری پیشرفته مهم‌ترین هدف تاسیس این شرکت بوده‌است.

طیف سنج نوری مینیاتوری با بازه طول موجی سفارشی در نواحی UV/VIS/NIR

سیاست‌گذاری و سازمان‌دهی فرایند فروش شرکت، ارتباط با مشتریان براساس سیاست‌ها و راهبردهای ابلاغی شرکت است.

کنترل کیفیت: کنترل کیفیت بر برآورده نمودن و تکمیل الزامات تامین کیفیت، تمرکز و توجه دارد. وظیفه‌ی بخش کنترل کیفیت بررسی محصولات و فرآیندهای صنعتی برای مطابق بودن با استانداردهای کیفیت ملی و بین‌المللی است.

علاوه بر مدیران شرکت در حال حاضر سه نفر کارمند از نیروهای تحصیل‌کرده به‌عنوان کارشناس تحقیق و توسعه، کارشناس تولید و کارشناس نرم‌افزار در شرکت مشغول فعالیت هستند.

حضور در پروژه‌ی ملی

شرکت فیزتک، ساخت لیزر گاز کربنیک ۲۰۰ وات پر تکرار فرکانس متغیر را برای صنایع نوین وزارت صنایع در کارنامه دارد. هم‌چنین طراحی آشکار سازهای InGaAs فروسرخ برای صنایع نیمه‌هادی‌های صاایران از فعالیت‌های ملی این شرکت است. طرح پژوهشی ساخت موجبر نوری، از دیگر فعالیت‌های این شرکت است.

فعال در نمایشگاه‌ها

این شرکت در نمایشگاه تجهیزات و مواد آزمایشگاهی ساخت ایران در دوره‌های سوم، چهارم و پنجم حضور داشته‌است. هم‌چنین، در سال‌های ۹۵و ۹۶ در نمایشگاه نانو شرکت کرده‌است.

محصولات فیزتک و ویژگی‌ها

محصولات این شرکت عبارتند از طیف‌سنج نوری مینیاتوری (قابل‌حمل) با قدرت تفکیک بالا، تکفام ساز پیشرفته‌ی تمام اتوماتیک و آنالیزر نوری آب قابل‌حمل.

طیف سنج نوری ساخت شرکت پویش تدبیر کرانه در ابعاد بسیار کوچک (مینیاتوری) و قابل‌حمل است. هم‌چنین قابلیت کار در محدوده UV/Vis و NIR طیف الکترومغناطیسی (۱۹۰-۸۵۰ nm) را دارد که محدوده‌ی کاربری دستگاه در این بازه طبق‌نظر مشتری قابل تنظیم است. درایور و نرم‌افزار دستگاه اسپکترومتر توسط متخصصین داخلی شرکت پویش تدبیر کرانه نوشته شده و نرم‌افزاری کاربردی و کاربرپسند دارد که قابلیت نصب و استفاده بر روی انواع کامپیوترهای شخصی (PC) رومیزی و کیفی و سازگار با سیستم عامل‌های ۱۰ و ۷ و Win XP است. منبع نور مرئی و فرابنفش و نیز پروب‌های فیبرنوری از تجهیزات جانبی این دستگاه است که به‌کمک آن‌ها دستگاه قادر است در مدهای جذبی، عبوری، انعکاسی و تابشی به‌کار گرفته شود. از کاربردهای نوعی این دستگاه می‌توان به آنالیز منابع مختلف تابش، آنالیز رنگی رنگ‌ها و منسوجات، محلول‌های کدر، مطالعات سینتیکی آنزیمی در علوم‌زیستی، بیوشیمی و آزمایشگاه‌های دارویی اشاره کرد.

دیگر قابلیت‌های طیف‌سنج نوری مینیاتوری

۱. اسپکترومتر مینیاتوری به‌اندازه‌ی کف دست با اتصالات فیبرنوری برای کاربردهای مختلف آزمایشگاهی و صنعتی،
۲. اندازه‌گیری جذب از مواد جامد، مایع و گاز،
۳. اندازه‌گیری عبور از مواد جامد، مایع و گاز،
۴. اندازه‌گیری مقدار انعکاس از مواد جامد، مایع و گاز،
۵. قابلیت نمایش منحنی در مُد Over Layer ،
۶. قابلیت حذف نور محیط،
۷. قابلیت ذخیره‌ی اطلاعات به‌صورت تصویر و اعداد دو ستونی،
۸. قابلیت پیداکردن قله،
۹. قابل اتصال به کامپیوترهای میزی و لپ‌تاپ،
۱۰. استفاده از نرم‌افزار کاملا اختصاصی.

تکفام‌ساز یک دستگاه اپتیکی ساخت شرکت پویش تدبیر کرانه است. چنان‌چه مقابل منبع‌نوری با طیف گسترده قرار گیرد، امکان انتخاب یک طول‌موج (یا پهنای باریکی از طول‌موج‌ها) از آن منبع را برای کاربر فراهم می‌سازد. به‌عبارت دیگر، تمام طول‌موج‌های دیگر منبع نور، فیلتر شده و تنها طول‌موج مورد نظر کاربر از شکاف خروجی دستگاه خارج می‌شود.

تکفام‌ساز پیشرفته‌ی تمام اتوماتیک ساخت شرکت فیزتک

این وسیله دو حوزه کاربرد اصلی دارد:

- استفاده به‌عنوان یک فیلتر؛ تکفام‌ساز قسمت باریکی از طیف منبع‌نور را انتخاب می‌کند و به نمونه می‌تاباند. این قابلیت در ساخت و تست سلول‌های خورشیدی، فتوولتائیک و فتوالکتروشیمی به‌وفور مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- استفاده در طیف‌سنجی؛ درصورتی‌که مقابل شکاف ورودی دستگاه تکفام‌ساز، یک منبع‌نور یا نمونه نورتاب و مقابل شکاف خروجی آن یک آشکارساز حساس به نور قرار گیرد، تکفام ساز با انتخاب طول‌موج‌های مختلف، به‌ترتیب مولفه‌های گوناگون طیف منبع یا نمونه نورتاب را آشکارسازی خواهد کرد. این قابلیت در آنالیز منابع نور و نمونه‌های نورتاب (فلوئورسانس و لومینسانس) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مشخصات فنی دستگاه تکفام‌ساز کاملاً موتورایز (با دقت ۰/۰۲ درجه) است. با داشتن نمایشگر ۴ اینچ لمسی و سنسور فیبر نوری بسیار دقیق است. صحت طول موج و قدرت تفکیک دستگاه بسته به پهنای شکاف‌ها و مشخصات سایر قطعات اپتیکی به‌کاررفته در ساخت دستگاه دارد و بسته

آنالیزر نوری آب، که یک دستگاه قابل‌حمل است.

به‌نظر مشتری قابلیت سفارشی‌سازی دارد.

مخاطبان محصول

درحال‌حاضر مشتری‌های این شرکت بیشتر مراکز پژوهشی و صنعتی هستند. اما در آینده‌ای نزدیک با توسعه‌ی محصولات جدید، مخاطبانی عمومی نیز خواهد داشت. بنابراین قابلیت بازاریابی به‌هر دو صورت عمومی و سفارشی وجود دارد.

خدماتی دیگر از این شرکت

شرکت فیزتک علاوه بر ساخت دستگاه‌های اپتیکی، قادر به ارائه خدمات کالیبراسیون انواع دستگاه‌های اپتیکی، طیف‌سنجی و رامان است. هم‌چنین خدمات طراحی خطوط انتقال داده از طریق فیبرنوری در محیط‌های متنوع در معرض دما و فشار و انواع گازها عرضه می‌کند. طراحی نرم‌افزارهای تخصصی، کاربردی، مشخصه‌یابی و تشخیص از طریق ارائه خدمات طیف‌سنجی و رامان از دیگر خدمات ارائه شده توسط این شرکت است.

علاوه بر این، شرکت پویش تدبیر کرانه با برگزاری دوره‌های متنوع آموزشی، علمی و کاربردی در قالب کارگاه در تمامی حوزه‌های فناوری نوین با موضوع نانو و سیستم‌های پیشرفته‌ی طیف‌سنجی اعم از UV/IR/RAMAN/Lspr به‌صورت فردی و گروهی در جهت ارتقای سطح علمی کشور گام برمی‌دارد.

واحد خدمات پس از فروش در راستای خط‌مشی شرکت مبنی بر رضایت‌مندی مشتریان به‌عنوان حامی و نماینده مصرف‌کننده در شرکت استقرار یافته‌است و در راستای بهبود مدیریت ارتباط با مشتری و تعامل بین مشتریان و شرکت در جهت تسهیل ارائه‌ی خدمات و دریافت شکایات، انتقادات و پیشنهادات سازنده اقدام به پایه‌گذاری خدمات بر مبنای مرکز تماس، جهت ثبت و پیگیری تمامی تماس‌های مشتریان در سراسر ایران نموده‌است. ایجاد محیطی مشتری محور و ارائه زمینه‌های لازم برای دریافت و پیگیری بازخوردهای مشتریان و ایجاد فضای امن و مورد اعتماد مشتریان برمبنای رازداری هویت و دریافت شکایت آنان جز اهداف سازمانی این شرکت می باشد.

حمایت‌های دریافتی

شرکت فیزتک در زمینه معافیت مالیاتی از حمایت‌های دانش‌بنیان استفاده کرده‌است. علاوه‌برآن در زمینه‌ی خدمات مشاوره‌ای، اخذ استانداردهای بین‌المللی و خدمات حسابداری از حمایت‌های کریدور نانو و صندوق نوآوری و شکوفایی بهره‌مند شده‌است.

چالش‌ها

به‌گفته مسئولین این شرکت، نوسانات بازار متاثر از تغییرات قیمت ارز از نگرانی‌های مهم تولیدکننده داخلی است. همچنین عدم تامین قطعات اولیه به‌دلیل تحریم و بی‌اعتمادی صنعت و بازار به تولیدات داخلی از مشکلات و چالش‌های این شرکت است. از طرفی حمایت مالی جز اساسی‌ترین نیازهای شرکت‌های دانش‌بنیان است.

رقابت و سهم بازار

به‌نقل از مسئولین شرکت پویش تدبیر کرانه، با توجه به کیفیت بالای محصولات، قیمت پایین‌تر نسبت به برندهای خارجی و نیز پشتیبانی و خدمات پس از فروش که محصولات خارجی غالباً فاقد این مورد هستند و همچنین مشاوره و آموزش رایگان، این شرکت سهم خوبی از بازار را به‌دست گرفته‌است.

آینده

توسعه محصولات و صادرات از برنامه‌های آینده‌ی شرکت است. اما این حرکت نیاز به حمایت‌های مالی و تبلیغاتی از طرف برخی نهادها دارد.

پیشتازان
PIONEERS

۶۴ مسیری بی‌انتها

۶۴ مسیری بی‌انتها

تاریخچه لیزر ۲

مسیری بی انتها

فاطمه کبیری
ftm_kabir@yahoo.com

نمای نزدیک مدول پیک نوری، نور لیزر به تصویر اضافه شده است.(نور مادون قرمز برای چشم نامریی است.)

دیسک لیزری در مقایسه با CD

آرتور شالو

در ادامه مطالب شماره قبل مسیر طولانی تحولات لیزری جهان را پی می‌گیریم.

۱۹۷۱: ایزوهایاشی[1] و مورتون پنیش[2] از آزمایشگاه بل، اولین لیزر نیمه‌هادی را طراحی می‌کنند که می‌تواند به‌طور پیوسته در دمای اتاق عمل کند.

۱۹۷۱: چارلز هنری[3] لیزر چاه کوانتومی[4] را اختراع می‌کند. این لیزر نیاز به جریان کمتری تا رسیدن به آستانه‌ی لیز دادن نسبت به لیزرهای دیود معمولی دارد که این موضوع این لیزر را بسیار کارآمد می‌کند. هولونیک[5] و دانشجویانش از دانشگاه ایلینوی در Urbana-Champaign برای اولین بار در سال ۱۹۷۷، آزمایش لیزر چاه کوانتومی را نشان می‌دهند.

۱۹۷۲: یک پرتو لیزر در آزمایشگاه بل برای ایجاد الگوی مدار الکترونیکی بر روی سرامیک استفاده می‌شود.

۲۶ ژوئن ۱۹۷۴: یک بسته آدامس Wrigley، اولین محصولی است که توسط یک اسکنر بارکد در یک فروشگاه مواد غذایی مواد غذایی بارکدخوانی شده است.

۱۹۷۵: مهندسان آزمایشگاه‌های لیزر دیود در Metuchen، N.J.، اولین لیزر نیمه‌هادی موج -پیوسته تجاری را که در دمای اتاق عمل می‌کند، توسعه می‌دهند. عملیات موج-پیوسته امکان انتقال مکالمات تلفنی را فراهم می‌کند.

۱۹۷۵: اولین بهره‌برداری از لیزر چاه کوانتومی توسط جان واندرزیل[6]، و جمعی از دانشمندان همکارش[7] انجام شد. در واقع این لیزرها در سال ۱۹۹۴ به‌طور کامل توسعه یافتند.

۱۹۷۶: برای اولین بار یک نوع لیزر نیمه‌هادی در آزمایشگاه بل به نمایش گذاشته شد. این لیزر به‌طور مداوم در دمای اتاق با طول‌موجی بیش از [1] میکرومتر پیشگام سیستم‌های موج نوری با طول موج بلند می‌باشد.

۱۹۷۶: جان مادی[8] به همراه گروهش در دانشگاه استنفورد در کالیفرنیا اولین لیزر الکترون آزاد[9] (FEL) را به نمایش گذاشتند. لیزر الکترون آزاد به جای محیط فعال، از یک پرتو الکترون که با سرعتی نزدیک به سرعت نور شتاب می‌یابند استفاده می‌کند. سپس این باریکه الکترونی از یک میدان مغناطیسی عرضی عبور می‌کند تا تابش همدوس را تولید کند. از آنجا که محفظه‌ی خنک‌کننده، تنها شامل یک الکترون در محیط خلاء است، FEL ها آسیب‌های مادی و یا مشکلات لنزهای حرارتی را که باعث آسیب به لیزرهای معمولی می‌شود، ندارند و می‌توانند قدرت پیک بسیار زیاد را به‌دست دهند.

۱۹۷۷: نخستین تاسیسات تجاری از سیستم‌های مخابراتی موج نوری فیبر نوری در آزمایشگاه بل در خیابان‌های شیکاگو بهره‌برداری شد.

۱۱اکتبر ۱۹۷۷: گاولد برای پمپاژ نوری درخواست ثبت اختراع می‌دهد. از این فرآیند در ۸۰ درصد لیزرها استفاده می‌شود.

۱۹۷۸: دیسک لیزری به بازار ویدیوهای خانگی می‌پیوندد. در اولین آن‌ها از لوله‌های لیزری HeNe برای خواندن داده‌ها استفاده می‌شد، بعدها از دیودهای لیزری مادون قرمز برای این منظور استفاده کردند.

۱۹۷۸: پس از شکست پروژه ویدیو دیسک، فیلیپس طرح لوح فشرده (CD) را انتشار می‌دهد.

۱۹۷۹: گاولد اختراع خود را که بسیاری از کاربردهای لیزر را پوشش می‌داد، ثبت می‌کند.

۱۹۸۱: شالو و بلومبرگن جایزه نوبل در فیزیک را برای کمک به توسعه اسپکتروسکوپی لیزری دریافت می‌کنند.

۱۹۸۲: پیتر موالتن[10] از آزمایشگاه MIT لینکلن، لیزر تیتانیوم-یاقوت کبود را تولید می‌کند که برای تولید پالس‌های کوتاه در محدوده‌های پیکوثانیه و فمتوثانیه استفاده می‌شود. این لیزر جایگزین لیزر رنگینه‌ای برای کاربردهای فوق‌العاده سریع و کوک‌پذیر می‌باشد.

اکتبر ۱۹۸۲: لوح فشرده صوتی، به‌عنوان یک محصول جداشده از تکنولوژی ویدیو دیسک لیزری، شروع به کار کرد. اولین آلبوم موسیقی به صورت سی دی منتشر شد و طرفداران خود را به وجد آورد.

۱۹۸۵: استیون چو[11] و همکارانش از نور لیزر برای کندکردن و دستکاری اتم‌ها استفاده کردند. تکنولوژی سردسازی لیزر با نام «ملاس نوری»[12] برای بررسی رفتار اتم ها استفاده می‌شود و دید خوبی نسبت به مکانیک کوانتومی می‌دهد. چو، کلود کوهن- تانوجی[13] و ویلیام فیلیپس[14] جایزه نوبل سال ۱۹۹۷ را برای این کار دریافت کردند.

۱۹۸۷: دیوید پاین[15] و تیمش از دانشگاه ساوتمپتون انگلستان، تقویت کننده‌ی فیبر آلاییده با اربیوم را معرفی کردند. این تقویت کننده‌های نوری جدید سبب افزایش سیگنال‌های نور بدون نیاز به تبدیل آن‌ها به سیگنال‌های الکتریکی و بعد بازگشت آن به نور می‌شوند، همچنین موجب کاهش هزینه در سیستم های فیبر نوری طویل نیز می گردند.

۱۹۸۸: گاولد شروع به دریافت حق امتیاز از ثبت اختراع خود می‌کند.

۱۹۹۴: نخستین لیزر نیمه‌هادی که به‌طور هم‌زمان می‌تواند نور را در طول‌موج‌های متعدد انتشار دهد، یعنی لیزر آبشار کوانتومی[16] (QC) در آزمایشگاه‌های بل توسط جرمی فیست[17] و سایر همکارانش اختراع شد. این لیزر دارای ساختاری منحصربه‌فرد است زیرا توسط یک لایه اتم در زمانی مشخص با تکنیک رشد بلوری به نام اپیتاکسی باریکه مولکولی[18] تولید شده‌است. بدین‌ترتیب تغییر ضخامت لایه‌های نیمه‌هادی، به‌سادگی می‌تواند طول‌موج لیزر را تغییر دهد. با استفاده از درجه حرارت اتاق و توان و تنظیم مناسب، لیزر QC به‌صورت ایده‌آل برای سنجش از راه دور گازهای درون جو استفاده می‌شود.

۱۹۹۴: نمایش اولیه‌ی لیزر نقطه کوانتومی[19] با چگالی آستانه‌ی بالا، توسط نیکولای لدنتساو[20] در موسسه فنی فیزیک A.F. Ioffe گزارش شد.

نوامبر ۱۹۹۶: اولین پالس لیزر اتمی، که در آن ماده جایگزین نور می‌شود، توسط ولفگانگ کترل[21] در دانشگاه MIT به‌نمایش درآمد.

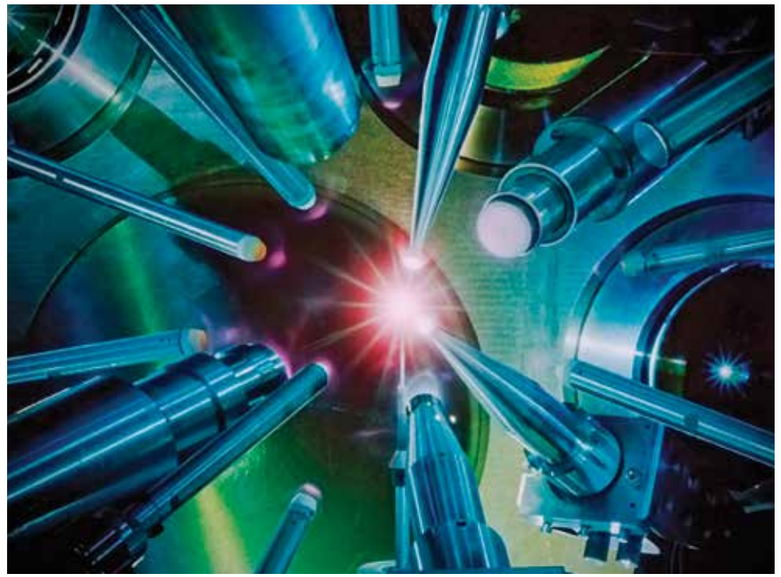
ژانویه ۱۹۹۷: شوجی ناکامورا، استیون دن بارز و جیمز اسپک[22] در دانشگاه کالیفرنیا در سانتا باربارا، لیزر گالیم-نیترید را توسعه دادند. نور این لیزر به رنگ بنفش روشن ساطع می‌شد.

سپتامبر ۲۰۰۳: یک تیم از محققان مرکز پرواز فضایی مارشال در ناسا در هانتسویل، آلاسکا، از مرکز تحقیقاتی پرواز هواپیمایی ناسا در پایگاه هوایی ادواردز در کالیفرنیا و از دانشگاه آلاباما در هانتسویل، اولین هواپیمای لیزری را با موفقیت به پرواز درآوردند. قاب این هواپیما از چوب بالسا ساخته شده بود. این قاب دارای عرض ۱,۵ متر و وزن ۳۱۱ گرم است. قدرتی که به این هواپیما منتقل می‌شود، توسط یک لیزر زمینی نامرئی است. این لیزر مسیر هواپیما را در پرواز

1 Izuo Hayashi
2 Morton B. Panish
3 Charles H. Henry
4 quantum-well laser
5 Holonyak
6 Jan P. Van der Ziel
7 R. Dingle، Robert C. Miller، William Wiegmann و W.A. Nordland Jr
8 John M.J. Madey
9 free-electron laser
10 Peter F. Moulton
11 Steven Chu
12 optical molasses
13 Claude N. Cohen-Tannoudji
14 William D. Phillips
15 David Payne
16 quantum cascade
17 Jérôme Faist
18 molecular beam epitaxy
19 (quantum dot laser
20 Nikolai N. Ledentsov
21 Wolfgang Ketterle
22 Shuji Nakamura، Steven P. DenBaars و James S. Speck

چو برنده جایزه نوبل. وی در سال ۲۰۱۰ وزیر انرژی ایالات متحده بود.

در مرکز مطالعات الکترونیکی ERC، خواص مولکولی مایعات را با استفاده از تکنولوژی لیزر مورد بررسی قرار می‌دادند. ERC در سپتامبر سال ۱۹۶۴ افتتاح شد و تنها مرکز ناسا است که در ژوئن ۱۹۷۰ تعطیل شد. مأموریتش توسعه الکترونیک جدید و آموزش فارغ‌التحصیلان و نیز کارکنان ناسا بود.



کمیته‌ی بین‌المللی همجوشی محصور سازی لختی ICF(The international inertial confinement fusion community) شامل محققان LLNL از لیزر OMEGA در آزمایشگاه دانشگاه راچستر برای انجام آزمایشات و اهداف خود استفاده می کنند. لیزر OMEGA ۶۰ در دانشگاه روچستر از سال ۱۹۹۵ فعال بوده است. (آزمایشگاه ملی لارنس لیورمور)

در سال ۱۹۹۷، یک مهندس در مرکز پرواز فضایی مارشال (MSFC)، در تونل باد از لیزر برای اندازه گیری سرعت و اعوجاجات گردابان در طول ۸ اینچ استفاده می کند. در این آزمایش از لیزر استفاده شده‌است زیرا لیزر هنگام اندازه گیری، اختلالی در جریان گازها ایجاد نمی کند که آزمایش را با خطا مواجه سازد. در حقیقت هدف از این پژوهش طراحی یک خط خوراک هیدروژن برای فراهم ساختن یک جریان یکنواخت در پمپ توربو بوده‌است.

ردیابی می کند و پرتو انرژی‌اش را در سلول‌های مخصوص فتوولتاییک طراحی شده، حمل می کند تا قدرت پروانه هواپیما را کنترل کند.

۲۰۰۴: برای اولین بار، سوییچ الکترونیکی توسط ازدال بیراز[۲۳] و بهرام جلالی از دانشگاه کالیفرنیا در لس‌آنجلس نشان داده شد. اولین لیزر سیلیکونی رامان در دمای اتاق با حداکثر توان خروجی ۲,۵ وات عمل کرد. در مقایسه با لیزرهای رامان مرسوم، لیزر سیلیکونی خالص رامان می تواند به‌طور مستقیم برای انتقال داده‌ها مدوله شود.

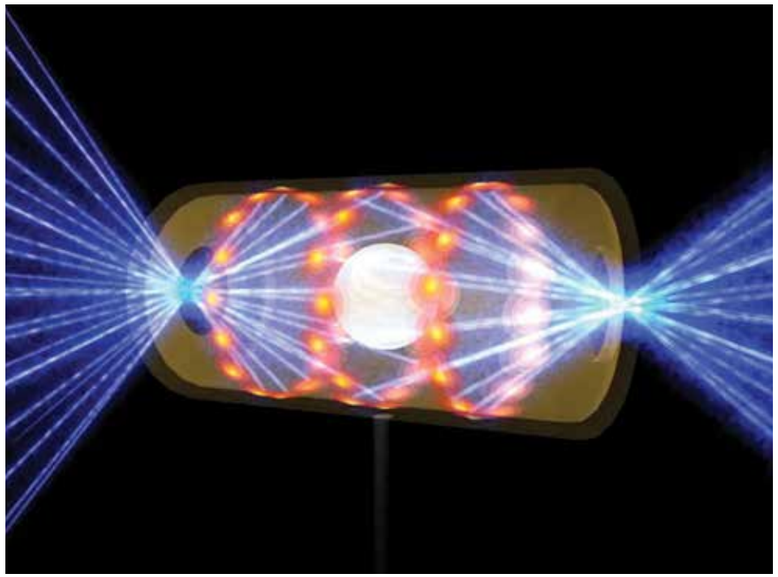
سپتامبر ۲۰۰۶: جان باورز[۲۴] و همکارانش در دانشگاه کالیفرنیا، سانتا باربارا و ماریو پانیسیا[۲۵] مدیر آزمایشگاه فناوری فوتونیک اینتل در سانتا کلارا کالیفرنیا، اعلام کردند، اولین لیزر سیلیکون هیبرید الکتریکی با استفاده از فرآیندهای تولید سیلیکون استاندارد ساخته شده است. پانیسیا گفت: دستیابی به این موفقیت می‌تواند مسیر انتقال داده‌های نوری در سطح ترابیت را با هزینه‌ی کم، در کامپیوترهای آینده به ارمغان بیاورد.

آگوست ۲۰۰۷: باورز و دانشجوی دکترایش، برایان کُچ[۲۶] اعلام کردند موفق به ساخت اولین لیزر سیلیکونی با مد قفل شده ناپایدار شدند.با این کار راه جدیدی را برای ادغام نوری و الکترونیکی در یک تک تراشه و ایجاد انواع جدیدی از مدارهای ادغامی ارائه کردند.

می ۲۰۰۹: در دانشگاه روچستر در نیویورک، محقق چانلی گو[۲۷]، از فرایند جدید پالس‌های لیزر فمتوثانیه استفاده می کند تا نور لامپ‌های

23 Ozdal Boyraz
24 John Bowers
25 M Chunlei Guo
ario Paniccia

26 Brian Koch
27 Chunlei Guo



هدف احتراق هم‌جوشی در NIF

در این تصویر یک محفظه‌ی کوچک هدف شبیه‌سازی شده که پرتوهای لیزر را که از طریق سوراخ‌ها در هر دو طرف کپسول تابش وارد شده‌اند نشان داده است. پرتوها فشرده شده و هدف را به شرایط لازم برای همجوشی هسته‌ای هدایت می کنند. آزمایش‌های احتراق در NIF، حاصل بیش از ۳۰ سال تحقیق و توسعه همجوشی محصورسازی لختی است. این فناوری باعث گشودن دریچه‌های تازه برای کشف حوزه‌هایی از فیزیک است که قبلا غیرقابل دسترسی بوده‌اند.

رشته‌ای معمولی را به‌اندازه کافی زیاد کند. پالس لیزری، بر روی رشته‌ی لامپ، متمرکز می‌شود و سطح فلز را به شکل نانوساختارها شکل می‌دهد. این کار باعث می‌شود تنگستن در تابش نور بسیار موثر باشد. گو در این‌باره می گوید: با این فرایند یک لامپ ۱۰۰ وات می‌تواند مصرف برق کمتری نسبت به یک لامپ ۶۰ وات داشته باشد.

۲۹ مـــی ۲۰۰۹: بزرگ‌ترین و پر انرژی‌ترین لیزر در جهان، به تاسیسات احتراق ملی (NIF) در آزمایشگاه ملی لورنس لیورمور، کالیفرنیا، اختصاص یافت. در عرض چند هفته، این مجموعه شروع به شلیک ۱۹۲ پرتو لیزر خود بر روی اهداف مورد نظرش کرد.

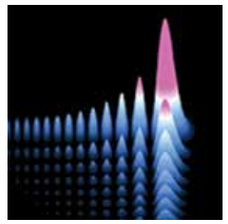
ژوئن ۲۰۰۹: ناسا مدارگرد شناسایی ماه (LRO)[۲۸] را راه‌اندازی می کند. ارتفاع‌سنج لیزری مدار ماه در LRO، برای جمع‌آوری اطلاعات در نقاط بالا و پایین ماه استفاده می‌شود. ناسا، از این اطلاعات برای رسم نقشه‌ی سه‌بعدی استفاده می کند. این نقشه‌ها می‌توانند مکان‌های یخ‌زده ماه و مکان‌های مناسب فرود، برای فضاپیماهای آینده را تعیین کند.

سپتامبر ۲۰۰۹: کنگره توسعه‌دهندگان اینتل اعلام کرد لیزرها آماده‌ی ورود به کامپیوترهای خانگی توسط تکنولوژی Light Peak فیبر نوری هستند. Light Peak شامل لیزر نشر سطحی با حفره‌ی عمودی[۲۹] (VCSELs) است. این لیزر می‌تواند در هر ثانیه ۱۰ بیلیون بیت اطلاعات بگیرد و یا ارسال کند. این به این معنی است که می‌تواند کل کتابخانه کنگره را در ۱۷ دقیقه منتقل کند.

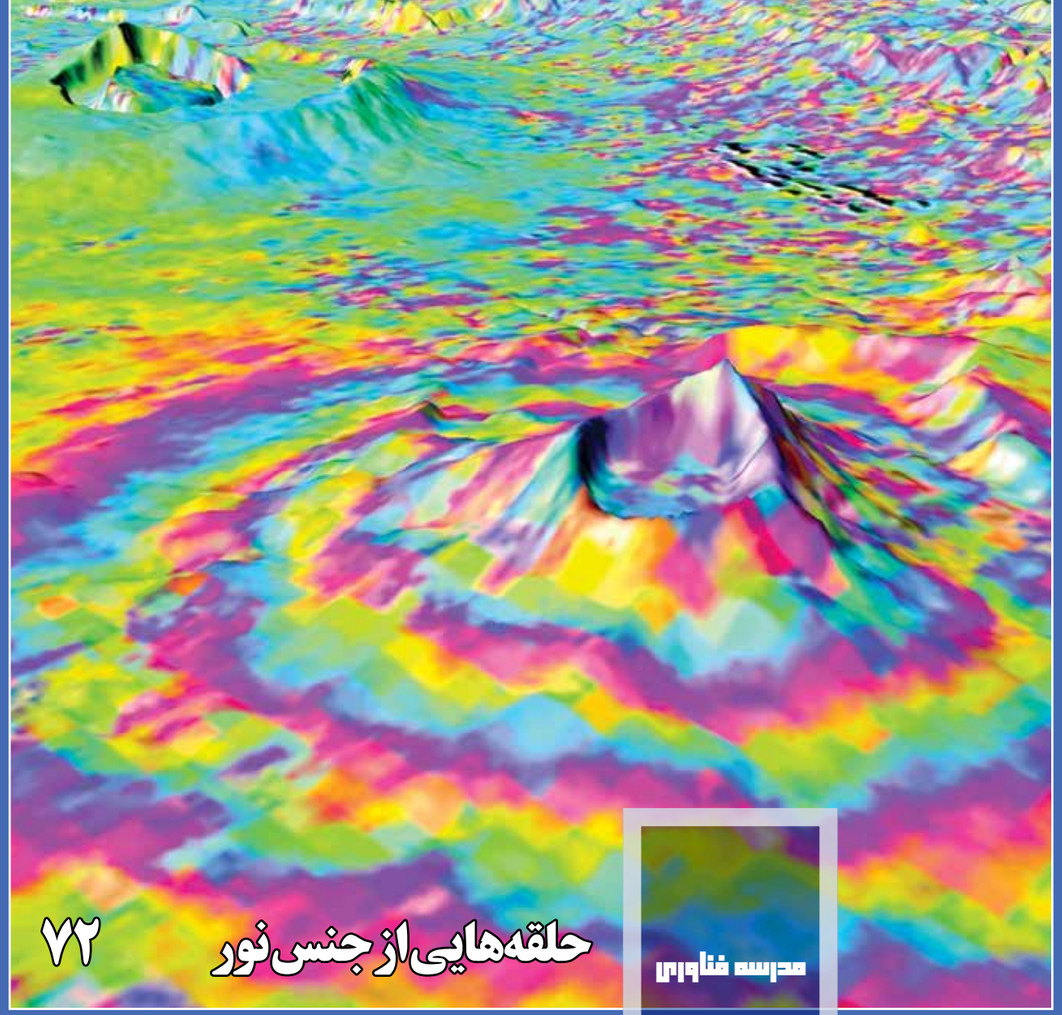
دسامبر ۲۰۰۹: تحلیل گران صنعتی پیش‌بینی کردند که بازار لیزر در سطح جهانی در سال

28 Lunar Reconnaissance Orbiter

29 vertical-cavity surface-emitting lasers



باریکه ایری (Aiery Beam) با انرژی محدود، یک پرتو نور است که می‌تواند خم شود و بدون گسترش پخش گردد. (دکتر Georgios Siviloglou، مرکز آموزشی و تحقیقاتی اپتیک و لیزر، دانشگاه مرکزی فلوریدا)



۷۲ حلقه‌هایی از جنس نور

۷۶ تداخل‌سنجی

۲۰۱۰ حدود ۱۱ درصد رشد داشته و درآمد کل آن ۵,۹ میلیارد دلار بود.

ژانویه ۲۰۱۰: اداره امنیت ملی اعلام کرده است که NIF یک سطح تاریخی از انرژی لیزر (بیش از ۱ مگاوات) را در یک میلیاردم ثانیه به یک هدف با موفقیت انتقال داد و شرایط طراحی مورد نیاز برای دستیابی به احتراق همجوشی نشان داده‌است، پروژه‌ای که برای تابستان ۲۰۱۰ برنامه‌ریزی شده‌است. حداکثر توان نور لیزر حدود ۵۰۰ بار بیشتر از هر لیزری است که در هر زمانی در ایالات‌متحده استفاده شده‌است.

۳۱مارس ۲۰۱۰: رینر بلات[30] و پیت اشمیت[31] و تیم آنها در دانشگاه اینسبروک در اتریش یک لیزر تک اتمی[32] را با رفتار آستانه و بدون آن توسط تنظیم نیروی جفت‌شدگی میدان اتم / نور نشان می‌دهند.

30 Rainer Blatt
31 Piet O. Schmidt
32 single-atom laser

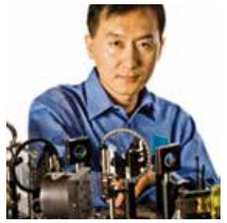
جولای ۲۰۱۲: سیستم ۱۹۲ باریکه‌ای NIF به رکورد جدید ۵۰۰ تراوات و انرژی ۱/۸۵ مگاژول با تاباندن نور لیزر فرابنفش بر هدف دست‌یافت.

۲۷ ژانویه ۲۰۱۴: دکتر چارلز هارد تاونز که روی تابش القایی کار کرد و کار او منجر به ظهور لیزر شد در سن ۹۹ سالگی درگذشت.

جولای ۲۰۱۸: سیستم لیزر NIF یک رکورد جدید ثبت کرد و توانست انرژی ۲/۱۵ مگاژول به سمت هدف هدایت کند. این افزایش ۱۵ درصد بیشتر از مشخصات طراحی NIF، یعنی ۱/۸ مگاژول و ۱۰ درصد بالاتر از رکورد قبلی ۱/۹ مگاژول است.

آنچه خواندید مختصری بود از آنچه تا به امروز لیزر برای جهان به ارمغان آورده است، البته این تنها گوشه‌ای از انبوه فعالیت‌ها و خدمات لیزر است. در حقیقت تحولاتی که امروز در اثر این فناوری به‌وجود می‌آید چندان وسیع است که هرگز در اشارات کوتاه این مطلب نمی‌گنجد.

وقتی که ماه در مدار خود در حال گردش است، مدارگرد شناسایی ماه دور آن می‌چرخد و با عکس‌برداری از سطح ماه اطلاعات جمع‌آوری می‌کند.

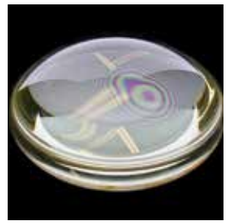


دکتر چانلی گو در کنار لیزر فمتوثانیه خود در دانشگاه روچستر

سیلندر hohlraum به‌کاررفته در NIF که حاوی کپسول سوخت همجوشی است، فقط چند میلی‌متر عرض دارد. این محفظه در حدود اندازه یک پاک‌کن مداد، با سوراخ ورودی پرتو در هر دو طرف است. کپسول سوخت اندازه‌ی یک نخود کوچک است.

حلقه‌هایی از جنس نور

سمیرا کشمیری
samira.keshmiri@gmail.com

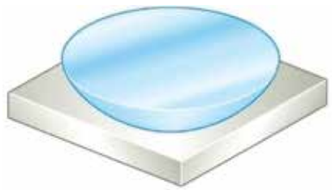


حلقه‌های نیوتن

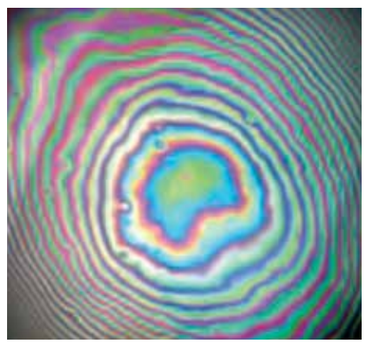
حلقه‌های نیوتن در اثر انعکاس نور بین دو سطح محدب و تخت که در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند و تداخل جبهه موج تخت و جبهه‌ی موج کروی به‌وجود می‌آید.

شکل ۱ - وسایل مورد نیاز آزمایش

شاید وقتی اسم حلقه می‌آید شما یاد حلقه ازدواج یا حلقه دور سیاره‌ی زحل و یا حلقه‌های دیگری که تا کنون اسمش را شنیده‌اید بیافتید، اما حلقه‌هایی که ما می‌خواهیم از آن‌ها صحبت کنیم از جنس نور هستند.این حلقه‌ها در اپتیک به حلقه‌های نیوتن (Newton's ring) معروف هستند و نمودی از موجی بودن نوراند.



شکل ۲ - طرحواره چیدمان آزمایش



شکل ۳ - حلقه‌های نیوتن که در محل فصل مشترک شیشه ساعت و طلق ایجاد شده‌اند

پدیده‌ی تشکیل حلقه‌های نیوتن برای اولین بار در سال ۱۶۶۴ توسط رابرت هوک، در کتاب میکروگرافیا شرح داده شد، اگر چه نام خود را از فیزیکدان بزرگ انگلیسی اسحاق نیوتن، که اولین بار آن را تجزیه و تحلیل کرد گرفته است. این پدیده در اثر انعکاس نور بین یک سطح محدب و یک سطح تخت شفاف کنار هم شکل می‌گیرد.

اگر می‌خواهید حلقه‌های نیوتن را ببینید، وسایل زیر را تهیه کنید و برای آزمایش آماده شوید.

وسایل لازم

- شیشه تخت یا درب طلقی قاب سی دی
- شیشه ساعت یا هر شیشه دیگری که حالت مقعر داشته باشد (می‌توانید از عدسی هم استفاده کنید)
- لیزر

چیدمان آزمایش

برای اجرای این آزمایش یک شیشه‌ی نازک که کمی انحناء داشته باشد (مثل عدسی یا شیشه ساعت) را روی یک شیشه‌ی صاف قرار می‌دهیم. ما در اینجا از درب طلقی قاب سی‌دی استفاده کرده‌ایم. در مرحله‌ی اول، آزمایش را در محلی انجام می‌دهیم که نور خورشید به محل اتصال عدسی و شیشه برخورد کند. (شکل ۲)

اگر دقت کنید حلقه‌های رنگی زیبایی را در اطراف این قسمت خواهید دید (شکل ۳). سعی کنید با دست، عدسی را کمی به شیشه بفشارید. خواهید دید که با تغییر میزان فشار شکل و محل حلقه‌ها تغییر خواهد کرد. در شکل ۴ حلقه‌های نیوتن را در فشارهای مختلف نشان می‌دهد.

علت چیست؟

وقتی از بالا به دو شیشه در حال تماس نور می‌تابانیم بخشی از نور از شیشه اول عبور می‌کند و بخش دیگر آن بازتاب جزئی می‌شود. نور عبوری از سطح دیگر شیشه بازتاب می‌کند. این دو پرتو نسبت به یکدیگر اختلاف مسیری دارند که باعث اختلاف فاز آن‌ها می‌شود. وقتی از بالا به دو شیشه در حال تماس نور تک‌رنگ (مثل لیزر) بتابانیم بخشی از نور از شیشه اول عبور می‌کند و بخش دیگر آن بازتاب جزئی می‌شود. نور عبوری از سطح دیگر شیشه بازتاب می‌کند. این دو پرتو نسبت به یکدیگر اختلاف مسیری دارند که باعث اختلاف‌فاز آن‌ها می‌شود (شکل ۵ و ۶). این اختلاف فاز باعث ایجاد تداخل می‌شود. از سوی دیگر به خاطر انحنای کروی عدسی، مکان هندسی نقاطی که اختلاف راه یکسان دارند حلقه‌هایی با مرکز عدسی هستند یعنی یک دایره مربوط به یک اختلاف راه مشخص و دایره بعدی نیز برای اختلاف راه دیگری است که تداخل سازنده یا مخرب کرده‌اند. این حلقه‌ها با دور شدن از مرکز سریعا فشرده می‌گردند البته هر چه انحنای عدسی کمتر باشد، حلقه‌ها کمتر فشرده خواهند شد.

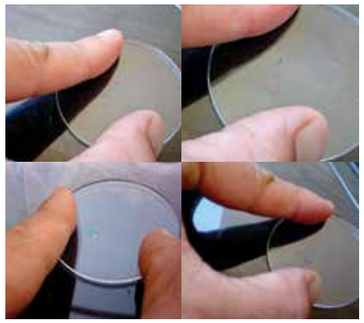
برای مشاهده تعداد حلقه‌های بیشتر می‌توان از نور لیزر و یا نور دارای همدوسی بالا استفاده کرد.

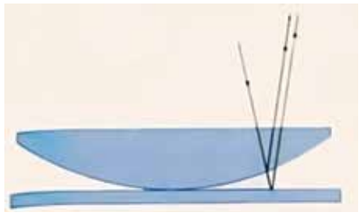
برای این قسمت از آزمایش، لیزر را از فاصله نزدیک به سطح مشترک شیشه‌ی ساعت و طلق بتابانید و آن را به قدری جابه‌جا کنید تا بتوانید حلقه‌های تاریک و روشن نیوتن را ببینید.(شکل ۷)

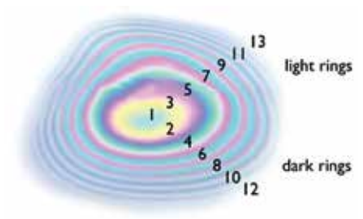
برای مشاهده بهتر این حلقه‌ها می‌توان از میکروسکوپ استفاده کرد.

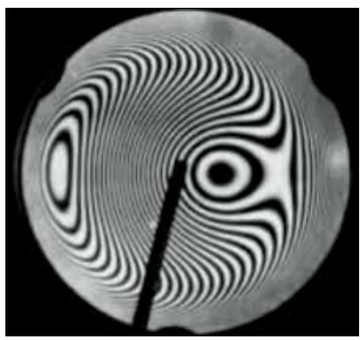
آیا می‌دانید چرا در تابش نور سفید خورشید حلقه‌های نیوتن به رنگهای مختلف مشاهده می‌شوند اما در تابش نور لیزر حلقه‌ها به صورت نوارهای تاریک و روشن هستند؟

سعی کنید حلقه‌ها یا نوارهای تداخلی را در نور لامپ فیلامنتی، مهتابی، کم‌مصرف و ال ای دی نیز مشاهده کنید .چه نتیجه ای از مقایسه منابع نوری مختلف می گیرید؟









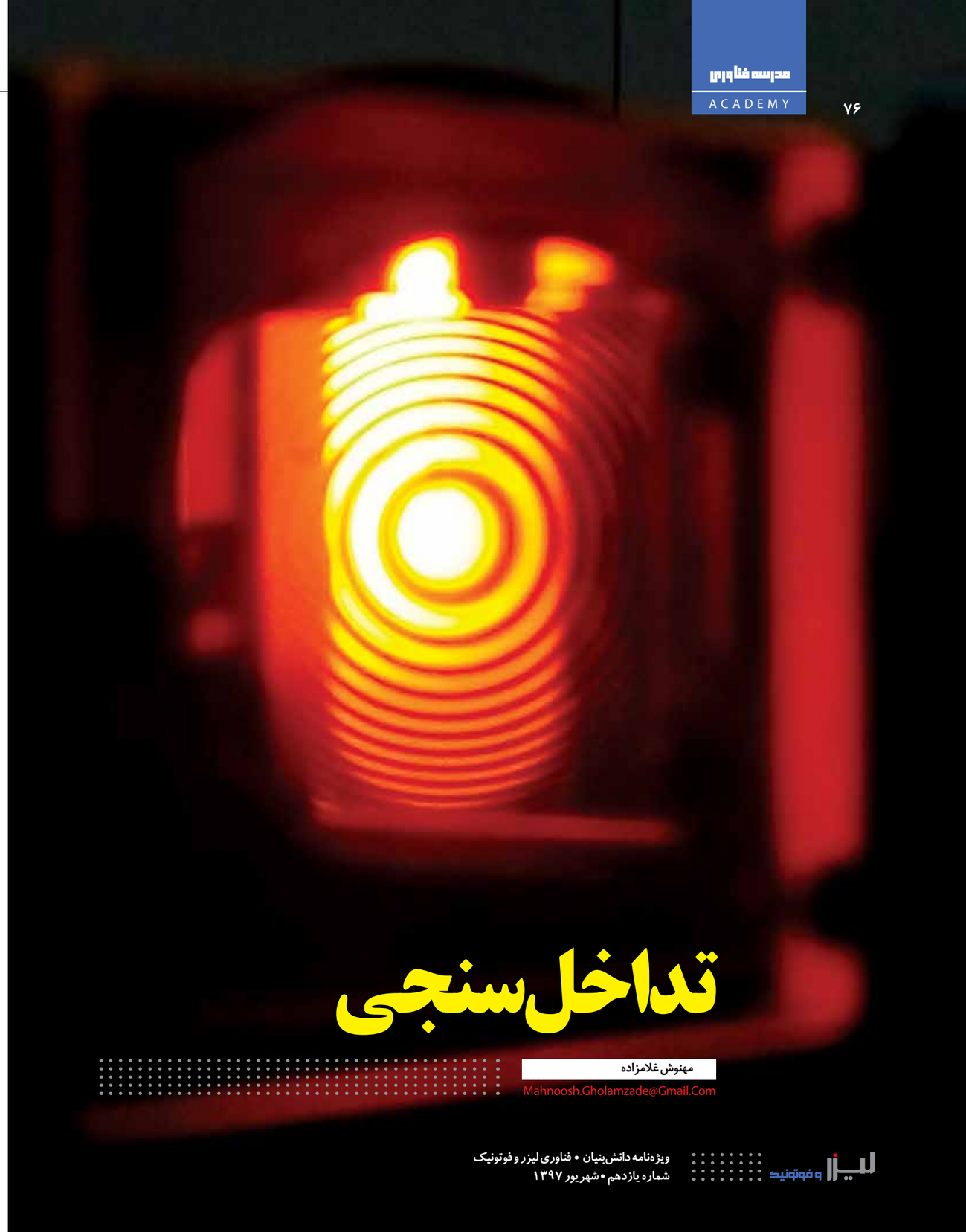
از کاربردهای مهم حلقه‌های نیوتن بررسی تخت بودن یک سطح نسبت به نمونه‌ی مرجع است. یکی از مهم‌ترین کاربردهای حلقه‌های نیوتن استفاده از آن در اندازه‌گیری ضخامت لایه‌های نازک است.جالب است بدانید که به کمک لیزر و حلقه‌های نیوتن می‌توان ضخامت رنگ در چاپ پوسترها را کنترل کرد.

شکل ۴ - تغییرات حلقه‌های نیوتن در اثر تغییر فشار

شکل ۵ - اختلاف مسیر پرتوهای بازتابی

شکل ۶ - حلقه‌های تاریک و روشن

شکل ۷ - حلقه‌های نیوتن در اثر تابش نور لیزر



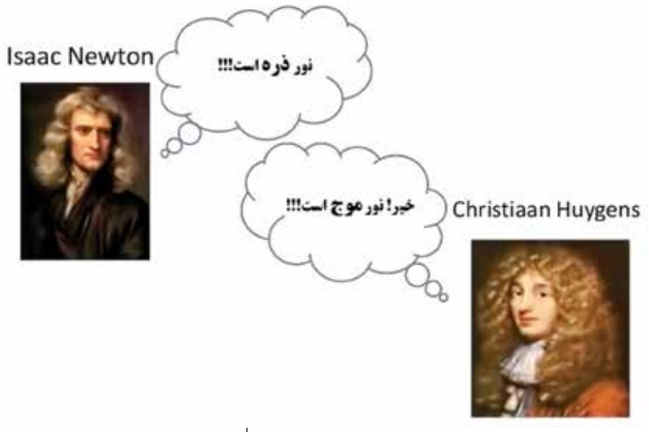
تداخل‌سنجی

مهنوش غلامزاده
Mahnoosh.Gholamzade@Gmail.Com

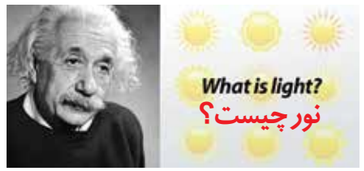
بارها این جمله را شـــنیده‌ایم کـــه «نور ماهیتی دوگانه دارد، گاهی به‌صـــورت ذره عمل می‌کند و گاهی ویژگی موجی از خود نشـــان می‌دهد.» و شـــاید بتوان گفت که به جمله‌ای کلیشـــه‌ای تبدیل شده‌است. اما برای رسیدن به‌همین جمله ظاهرا کلیشـــه‌ای، زمان و انرژی بســـیار زیادی صرف شده‌است. در قرن هفدهم میلادی آیزاک نیوتن از دانشـــمندان به‌نام انگلســـتان به‌شمار می‌رفت. دیدگاه وی این بود کـــه نور جریانی از ذرات ریز است که از چشمه نور به بیرون فرستاده می‌شوند. یعنی وی برای نور ویژگی ذره‌ای قائل بود. ولی در آن زمان پدیده‌هایی وجود داشت که با نظریه ذره‌ای نیوتن سازگاری نداشت. بنابراین کریستیان هویگنس [1] نظریه موجی بودن نور را مطرح کرد و گفت نور شامل امواجی است که از منبع نور به اطراف منتشر می‌شوند. او فرض کرد هر نقطه از یک جبهه‌ی مـــوج را می‌توان مانند منبعی از موجک‌های کروی کوچک ثانویه دانست که در تمام جهات با ســـرعتی مساوی با سرعت انتشار موج اولیه پراکنده می‌شوند و جبهه‌ی موج جدید در لحظه‌ی بعد را می‌توان با ترسیم پوش موجک‌های ثانویه مشخص کرد.

درحالی که حمایـــت از نظریه‌ی ذره‌ای بودن نور در انگلســـتان، میهن نیوتن ادامه داشـــت اما با گذشت زمان بسیاری به پذیرش نظریه‌ی موجی هویگنس روی آوردند. در اوایـــل قرن نوزدهم، توماس یانگ [2] انگلیســـی و اگوستین ژان فرنل [3] فرانسوی هرکدام با آزمایش‌های جداگانه‌ای موجی

1 Christiaan Huygens
2 Thomas Young
3 Augustin Jean Fresnel

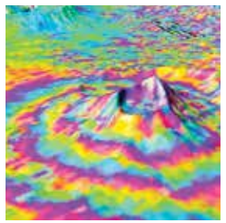


بودن نور و در واقع نظریه هویگنس را اثبات کردند. بعد از آن‌ها فیزیکدان اسکاتلندی جیمز کلرک ماکسول [4]، فیزیکدان آلمانی هینریش رودولف هرتز [5] تأییـــد کردند که نور واقعاً به‌شـــکل موج حرکت می‌کند. در نهایت، آلبرت انیشتین نشان داد که نور به‌شکل موج و در شرایط خاص شکل ذره عمل می‌کند.

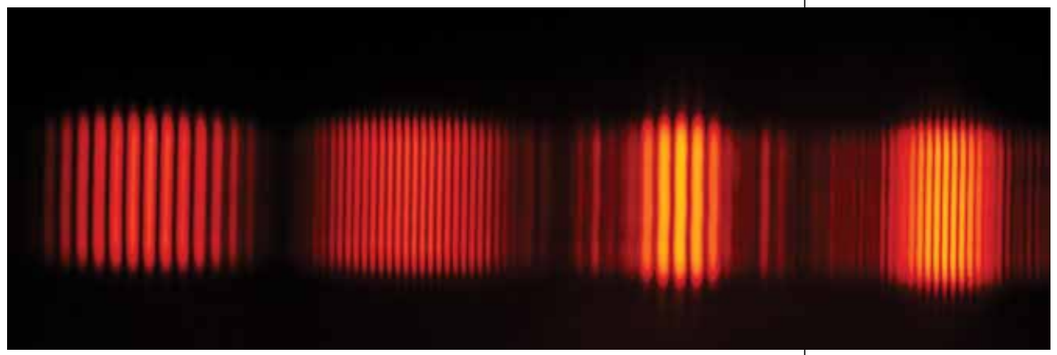


پدیده‌هایی مانند تداخل و پراش نور تنها با فرض موجی بودن نور توجیه می‌شوند. دو یا چند ذره نمی‌توانند به‌طور همزمـــان در یک نقطه از فضا حضور داشته باشند، اما دو یا چند موج می‌توانند. این از تفاوت‌های مهم بین امواج و ذرات اســـت. بنابر اصل برهم‌نهی امواج، درصورتی که چند موج به‌طور هم‌زمان در یک نقطه از فضا حضور داشته باشند، اثر آن‌ها در آن نقطه از فضا از مجموع اثرات هریک از امواج به‌دست می‌آید. می‌دانیم وقتی دو یا چند موج به‌هم می‌رسند، تداخل می‌کنند که این تداخل ممکن است سازنده یا ویرانگر باشد و موج برایند دامنه و شکل جدیدی خواهد داشت.

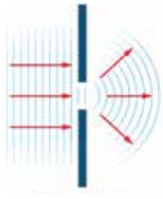
4 James Clerk Maxwell
5 Heinrich Rudolf Hertz

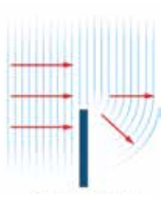


پایش بـــالا آمدگی زمیـــن در کوه آتشفشـــانی واقع در کشـــور کنیا با استفاده از تصاویر تداخل سنجی.



همان‌طور که می‌دانید امواج صوتی هنگام برخورد با موانع منحرف می‌شوند. اگر شما در بیرون از سالنی که در آن کنسرتی در حال اجراست بایستید صدای سازها را می‌شنوید. ممکن است تعجب کنید اگر بگوییم که نور نیز رفتاری مشابه با صوت دارد و در برخورد با مانع منحرف می‌شود. در اینجا شاید بپرسید پس چرا ما اگر کمی دورتر از در سالن کنسرت بایستیم صحنه اجرا را نمی‌بینیم؟ طول‌موج امواج صوتی خیلی بزرگ‌تر از طول موج امواج نوری و قابل مقایسه با اندازه درب است که نمونه‌ای از یک دیافراگم است، بنابراین این امواج به‌راحتی در اطراف در خم می‌شوند. طول‌موج امواج نوری در محدوده نانومتر است، از این رو نمی‌توان انتظار داشت که در اطراف در خم شوند. زمانی که نور از یک شکاف که اندازه‌ی آن در حدود اندازه‌ی طول موجش باشد، عبور کند، منحرف می‌شود و می‌توان گفت که هر کدام از لبه‌های شکاف مانند یک چشمه‌ی موج عمل می‌کنند. و امواج پس از برخورد به دو لبه شکاف باهم تداخل می‌کنند و طرح تداخلی را پدید می‌آورند! نه تنها لبه‌های یک شکاف، بلکه هر لبه‌ی تیزی مانند یک چشمه نور عمل می‌کند و نوری که به آن برخورد می‌کند پراشیده می‌شود.





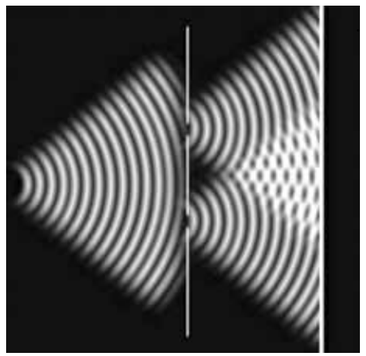
همین اتفاق زمانی که به یک مانع برخورد می‌کند مشاهده می‌شود

موج بعد از عبور از شکاف پخش می‌شود

در سال ۱۸۰۱ توماس یانگ، به‌طور تجربی ثابت کرد که نور رفتار موجی دارد. او این کار را با نشان دادن آن که نور هم مانند موج‌های آب، امواج صوتی و انواع دیگر موج‌ها، تداخل ایجاد می‌کند، انجام داد. علاوه بر این، او طول موج متوسط نور خورشید را ۵۷۰ نانومتر تخمین زد که به‌مقدار پذیرفته‌شده امروزی بسیار نزدیک است.

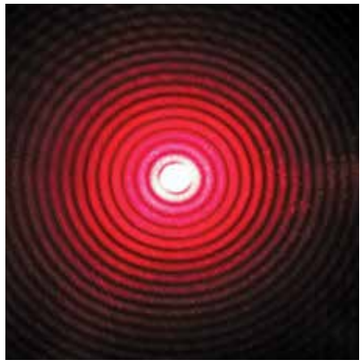
در آزمایش تداخل یانگ از دو پرده پشت سر هم استفاده می‌شود. نور تک‌فامی به پرده اول می‌تابد و از یک تک شکافی عبور می‌کند و پراشیده می‌شود. این شکاف مانند یک چشمه نقطه‌ای نور رفتار می‌کند. وقتی نور به پرده دوم می‌رسد توسط دو شکاف پراشیده می‌شود، (فاصله شکاف اول از دو شکاف بعدی برابر است یعنی شکاف اول باید روی عمود منصف خط بین دو شکاف پرده دوم قرار داشته باشد)، این دو شکاف نیز مانند دو چشمه‌ی نقطه‌ای نور رفتار می‌کنند. موج‌های نوری

که از این دو شکاف می‌گذرند، با هم تداخل می‌کنند و بر روی پرده یک نقش تداخلی به‌وجود می‌آورند که شامل بیشینه‌ها و کمینه‌های شدت نور است. بیشینه‌ها، نوارهای روشن و کمینه‌ها، نوارهای تاریک را می‌سازند. نقش این نوارهای روشن و تاریک (یا فریزهای روشن و تاریک) روی پرده را نقش تداخلی می‌نامند.



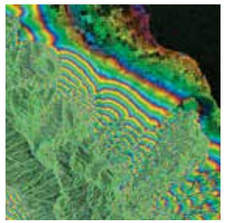
آزمایش فرنل

فرنل آزمایشات خود را با استفاده از یک شکاف و همچنین یک روزنه مقابل منبع نور انجام داد و نتایج مطالعات خود را در سال ۱۸۱۸ منتشر کرد، که منجربه پیشرفت نظریه‌ی موجی بودن نور و به‌ویژه عرضی بودن امواج نور شد. فرنل نشان داد که مدل موج عرضی برای توجیه پدیده‌هایی از جمله پراش، انعکاس، شکست، تداخل، و قطبش و یا تغییر در الگوهای نوسان یک موج نور مناسب است. اصطلاح «پراش فرنل» به وضعیتی اطلاق می‌شود که در آن منبع نور یا صفحه نمایش نزدیک به دیافراگم باشند؛ اما شرایطی وجود دارد که در آن منبع، دیافراگم، و صفحه نمایش (یا حداقل دو تا از این سه مورد) از هم دور هستند. در این حالت، پراش به‌افتخار آزمایشات و کارهای فیزیکدان آلمانی جوزف فون فرانهوفر[6] به‌عنوان پراش فرانهوفر شناخته می‌شود. در همان زمان یکی از این حامیان نظریه نیوتن به نام پواسون در اعتراض به نتایجی که فرنل به‌دست آورده بود، بیان کرد که اگر نظریه‌های وی درست باشند موج‌های نور هنگام عبور از لبه‌های یک کره باید به‌درون ناحیه سایه کره زبانه بکشند و در مرکز سایه خال روشنی ایجاد کنند. فرنل آزمایشی ترتیب داد و کشف کرد که خال روشن فرنل، که امروزه چنین نام گرفته‌است، به‌واقع در همان جا تشکیل می‌شود! طرح پراش ایجاد شده از گذر نور از لبه‌های یک قرص در تصویر زیر آمده‌است. کره و قرص هر دو مقطعی دایره‌ای دارند. می‌توانید خال روشن فرنل را در مرکز آن ببینید.



پس از کشف این پدیده‌ها یعنی تداخل و پراش، لزوم ایجاد وسیله‌ای احساس شد که بتواند این مکانیزم را نشان دهد، چنین وسیله‌ای تداخل‌سنج نامیده شد. در یک تداخل‌سنج، نور منتشر شده از یک منبع به دو پرتو نور همدوس تقسیم می‌شود که مسیرهای مختلف نوری را طی می‌کنند، سپس دوباره با هم ترکیب می‌شوند و طرح تداخلی را ایجاد می‌کنند. با بررسی این طرح تداخلی می‌توان اطلاعاتی در مورد تفاوت در طول مسیر نوری به‌دست آورد. تداخل‌سنج‌ها را می‌توان به دو دسته‌ی کلی تقسیم کرد: تداخل‌سنج‌های شکافنده‌ی جبهه‌ی موج و تداخل‌سنج‌های شکافنده‌ی دامنه‌ی موج.

6 Joseph von Fraunhofe



تداخل سنجی رادار دهانه ترکیبی یا InSAR یک فناوری دورسنجی است که به منظور مطالعهٔ حرکات سطحی زمین اسفاده می‌شود InSAR. مخفف Synthetic Aperture Radar Interferometry است. در این فناوری، با مقایسه داده های به‌دست آمده از سیستم های تداخل سنجی راداری، نصب شده بر ماهواره ها یا هواپیماها، حرکت، ارتفاع و تغییرات سطح زمین پایش می‌شود. برای اندازه گیری. تغییرات، طرح تداخلی که از یک منطقه در یک زمان مشخص برداشت می‌شود (زمان مرجع) با تصویری که در زمان دیگر توسط همان رادار گرفته می شود، مقایسه می‌شود. با این فناوری می توان حرکات زمین و تغییرات ناشی از پدیده‌هایی مانند زمین‌لرزه، آتشفشان، یخچالها، زمینلغزش و یا پدیده های نامنظم مانند خروج آبهای زیرزمینی و نفت، آبگیری مزارع و انفجارات زیرزمینی را مطالعه نمود. علاوه بر این پدیده های سطحی مانند آتش سوزی، سیلاب، تغییرات رطوبت و رشد گیاهان نیز قابل تشخیص اند.

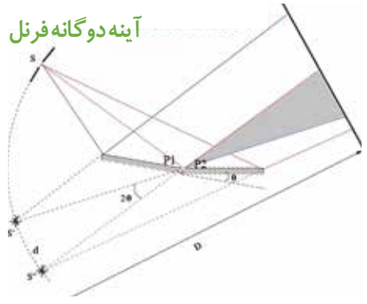
تداخل‌سنج‌های شکافنده‌ی جبهه‌ی موج

در این نوع از تداخل‌سنج‌ها، جبهه موج اولیه شکافته شده و این جبهه‌های موج همچون چشمه موج ثانویه به‌کار می‌روند. جبهه‌های امـــواج ثانویه باهم تداخل کرده و نقش فریزهای تداخلی را بر روی پرده به‌وجود می‌آورند. آنچه ســـبب ایجاد تداخل می‌شود اختلاف طول مســـیر بین دو پرتو نوری در راه رسیدن به پرده است و این عاملی است که سبب ایجاد اختلاف فاز بین دو پرتو نوری می‌شود.

آزمایش دو شکافی یانگ، آینه‌ی دوگانه فرنل، منشور دوگانه فرنل، آینه لوید[7] و تداخل‌ســـنج رایلی[8] جزء تداخل‌سنج‌های شکافنده جبهه موج‌اند.

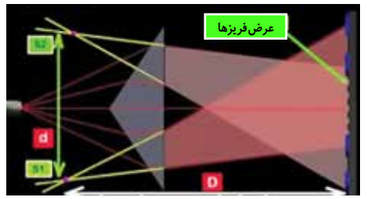
آینه دوگانه فرنل شامل دو آینه تخت است که با زاویه بسیار کوچکی نســـبت به‌هم قرار گرفته‌اند. بخشی از نور عبور داده شده از یک شکاف از آیینه اول باز تابیده می‌شود و بخش دیگر از آینه دوم. این دو موج بر هم‌نهاده می‌شوند و ایجاد یک طرح تداخلی می‌کنند که دلیل آن هم اختلاف راه نوری بین دو پرتو است.

آینه دوگانه فرنل

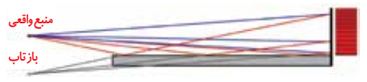


منشـــور دوگانه فرنل شامل دو منشـــور نازک به‌هم چســـبیده اســـت. هنگامی که یک پرتو نـــور به دو منشور برخورد می‌کند، بخش بالای آن به‌طرف پایین و بخش پایین آن به‌طرف بالا شکسته می‌شود. بعد این دو پرتو با هم تداخل می‌کنند.

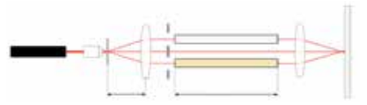
7 Humphrey Lloyd
8 Rayleigh



آینه لوید در یک زاویه‌ی کوچک نسبت به منبع قرار می‌گیرد، بخشی از پرتوها مستقیماً به صفحه نمایش برخورد می‌کنند و بخش دیگر پس از بازتاب از سطح آینه لوید به صفحه نمایش می‌رسند. پرتوهای منعکس شده، یک منبع مجازی ثانویه را تشکیل می‌دهند. این پرتوها با پرتوهایی که مســـتقیماً به صفحه برخورد کرده‌اند تداخل کـــرده و الگوهای تداخلـــی را ایجاد می‌کنند.



در تداخل‌سنج رایلی، پرتو نور از یک منبع نور همدوس توسط یک لنز موازی شده و با استفاده از دو شکاف به دو قسمت تقسیم می‌شود. پرتوها از دو لوله شامل گازهای مختلف عبور می‌کنند. ســـپس توسط یک لنز دیگر همگرا می‌شوند و الگوی تداخلی را برای تعیین ضریب شکست گاز نمونه ایجاد می‌کنند.

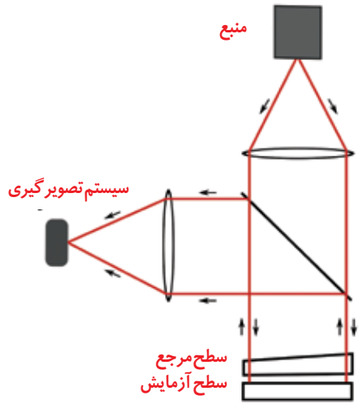


تداخل‌سنج‌های شکافنده‌ی دامنه موج

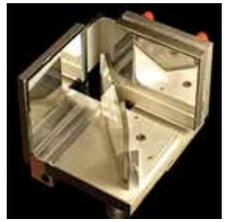
در این نوع تداخل‌سنج‌ها، نیز پرتو اولیه به دو قسمت تقســـیم می‌شـــود. پرتو مرجع و پرتو نمونه در طول مسیرهای مختلف حرکت می‌کنند و پس از تعامل با نمونه تحت آزمایش، مجدداً ترکیب می‌شوند. تا زمانی که همدوسی اصلی بین این دو موج از بین نرفته باشد، متناسب با اختلاف راه ایجاد شده بین دو دسته پرتو، الگوی تداخلی ایجاد می‌شود که می‌تواند تفسیر شود و اطلاعات مورد نظر از آن استخراج گردد. برای این منظور معمولاً یک موج نوری بر آینه نیم نقره‌اندودی تابانده می‌شود. بخشی از این موج از آینه عبور می‌کند و بخش دیگر منعکس می‌شود. چون دامنه‌های دو موج عبوری و بازتابیده، از موج اصلی کمتر است می‌توان گفت که دامنه‌ی موج شکافته شده‌است. تداخل‌سنج فیزو[9]، مایکلسون[10]، فابری-پرو[11]، ماخ‌زندر[12] و تویمن گرین[13] جزء این دسته از تداخل‌سنج‌ها هستند.

تداخل‌سنج فیزو

این تداخل‌سنج معمولاً برای اندازه‌گیری شکل سطوح اپتیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌عنوان مثال یک لنز یا آینه با یک قطعه مرجع دارای شکل استاندارد، مورد مقایســـه قرار می‌گیرد. برای این منظور قطعه اپتیکی مرجع در جلوی قطعه مورد تســـت با زاویه و فاصله بســـیار کم و قابل تنظیم قرار داده می‌شود. با تنظیم شیب و فاصله بین دو قطعه می‌توان طرح‌های تداخلی را مشاهده و تفسیر نمود.



9 Fizeau
10 Michelson
11 Fabry–Pérot
12 Mach–Zehnder
13 Twyman–Green

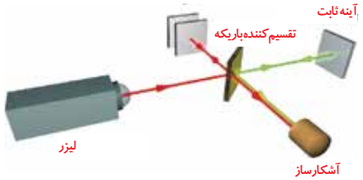


تداخل‌سنج مایکلسون

تداخل‌سنج مایکلسون

ایـــن تداخل‌ســـنج کـــه یکـــی از رایج‌تریـــن تداخل‌ســـنج‌ها اســـت، توســـط آلبرت آبراهام مایکلســـون اختراع شـــده است. با اســـتفاده از شـــکافنده‌ی پرتو[14]، نور یک منبـــع به دو بخش تقسیم می‌شود. هرکدام از این پرتوهای نور، پس از بازتاب از دو آینه که یکی از آن‌ها ثابت و دیگری متحرک است به سمت شـــکافنده برمی‌گردند و الگوی تداخلی ایجـــاد می‌کنند. اغلب این الگوها به سمت نوعی آشکارساز فوتوالکتریک یا دوربین هدایت می‌شـــوند. در کاربردهـــای مختلف این تداخل‌سنج، دو مسیر نور می‌توانند با طول‌های مختلف باشند و یا عناصر نوری یا حتی مواد تحت آزمایش سر راه آن‌ها قرار بگیرند و اطلاعات مورد نظر درباره‌شان استخراج گردد.

تداخل‌سنج مایکلســـون برای بررسی لایه‌های بالای اتمســـفر و دمای جو و اثرات حرکتی بادها استفاده می‌شود.



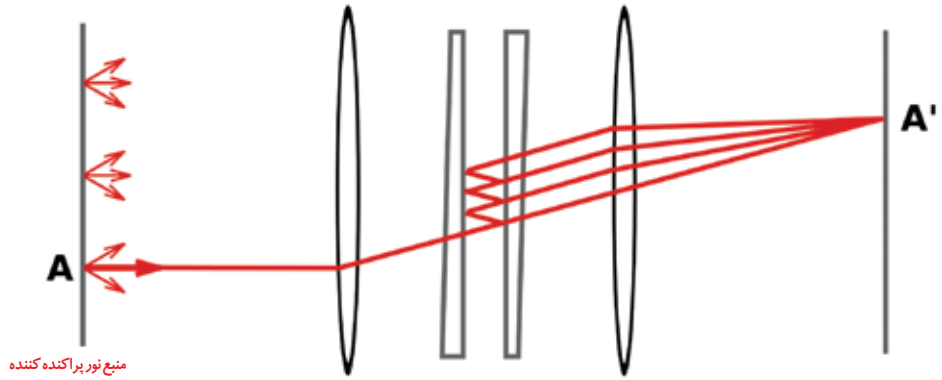
تداخل‌سنج فابری پرو

تداخل‌ســـنج فابری -پرو (FPI) به‌طور معمول از یک شیشه با دو سطح بازتابنده یا دو آینه بسیار بازتابنده موازی ساخته شده‌است.

از این تداخل‌سنج در مخابرات، طیف‌سنجی برای کنترل و اندازه‌گیری طول‌موج نور استفاده می‌شود. در این سیســـتم، روشـــنایی توســـط یک منبع گســـترده که در کانون یک لنز موازی‌ســـاز قرار داده شده‌اســـت، فراهم می‌شـــود. پرتوها پس از عبور از جفت آینه‌ها (یا شیشـــه با دو ســـطح

14 Beam splitter

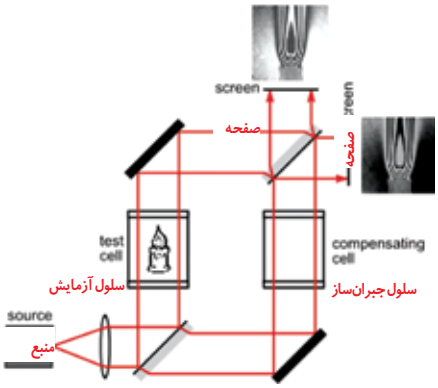
حباب های صابون رنگ های رنگین کمان را نشـــان می دهند. آیا این به خاطر ساختار شـــیمیایی حباب های صابون است؟ نه!مولکول های صابون در ســـطح آب به هم متصل می شوند و یک فیلم نازک به شکل دایره ایجاد می کنند. بخشی از امواج نوری که به حباب می تابند،از لایه صابونی منعکس می شود و بخشـــی هم به سزح پایینی یعنی لایه آب رســـیده و از سطح آن منعکس می شـــوند. دو پرتومنعکس شده از ســـطوح بالایی و پایینی با هم تداخل می کنند.وطرح های تداخلی را روی حباب تشکیل می دهند. و چون تداخل نور به طول‌موج نور بستگی دارد، و نور سفید دارای همه طول موج های محدوده مرئی اســـت نواحی مختلف حباب صابون بـــه رنگ‌های مختلف دیده می‌شود. در مورد لکه روغن، نفت و یا گازوئیل روی زمین هم همین اتفاق رخ می دهد.



بازنابنده)و انعکاس چند باره، توسط یک لنز همگرا جمع‌آوری شده و به صفحه نمایش می‌رسند و در آنجا با هم تداخل کرده و لکه‌های روشن و تاریک را تشکیل می‌دهند. الگوی تداخلی مجموعه‌ای از حلقه‌های متمرکز هستند. وضوح حلقه‌ها بستگی به میزان بازتاب در سطح دارد.

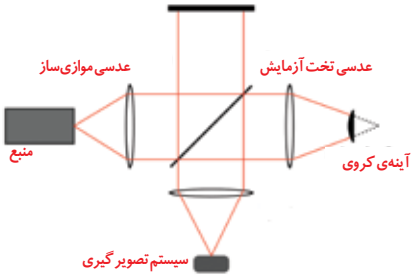
تداخل‌سنج ماخ زندر

در این تداخل‌سنج یک پرتو موازی توسط یک آینه نیمه‌نقره‌اندود به دو بخش تقسیم می‌شود. «پرتو نمونه» و «پرتو مرجع»، هر یک توسط یک آینه بازتاب می‌شوند. سپس دو پرتو بار دیگر از یک آینه نیمه نقره‌انـــدود می‌گذرند و وارد دو آشکارساز می‌شـــوند. از تداخل‌سنج ماخ–زندر در طیف گسترده‌ای از مباحث پژوهشی بنیادی در مکانیـــک کوانتومـــی، از جمله محاســـبات کوانتومی، رمزنگاری کوانتومی و پراش نوترون استفاده می‌شود.



تداخل سنج تویمن–گرین

تداخل‌ســـنج تویمن گریـــن نوعی از تداخل‌ســـنج مایکلسون است که عمدتاً برای تست قطعات اپتیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. آینه ثابت در تداخل‌سنج مایکلسون، در تداخل‌سنج تویمن گرین قابل چرخش اســـت و منبع نور همیشـــه یک منبع نقطه‌ای است. چرخش یک آینه باعث می‌شود که طرح‌های مستقیم در الگوی تداخل ظاهر شود. کیفیت قطعات اپتیکی با مشاهده‌ی تغییرات این الگوهای تداخلی، زمانی که قطعه در یکی از بازوهای تداخل‌سنج قرار دارد، مورد بررسی قرار می‌گیرد.



از تداخل‌ســـنج‌ها به‌طـــور گســـترده‌ای در علم و صنعت برای اندازه‌گیـــری جابه‌جایی‌های کوچک، تغییرات ضریب شکست و بی‌نظمی‌های سطحی، اندازه‌گیری طول و شـــکل اجزای نـــوری با دقت نانومتری، اخترشناسی، مطالعه جریان گاز و پلاسما، اندازه‌گیری شـــرایط محیطی مانند دما و فشـــار و میدان‌های مغناطیســـی و الکتریکی، اندازه‌گیری فرکانس لیزر و بســـیاری زمینه‌های دیگر استفاده می‌شـــود. می‌توان گفت کـــه آن‌ها بهتریـــن ابزار اندازه‌گیری دقیق هستند.