



نشریه تخصصی فیزیک

قیمت: ۳۰۰۰ تومان

شماره ۸ / زمستان ۱۳۹۷



میکروسکوپ‌های سوپر رزولوشن بیولوژیکی

صفحه ۱۱



آیا ممکن است پدیده ای
در جهان بدون علت باشد

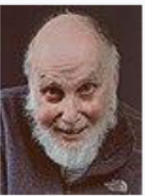
صفحه ۴۰

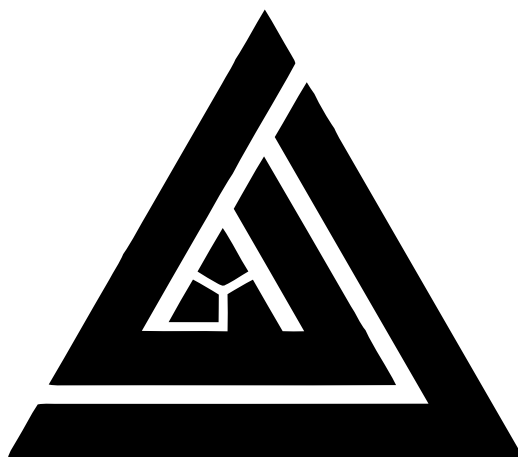
تفاوت قانون و نظریه

صفحه ۳۵

دزیمتری ترمولومینسانس
(گرمالیانی)

صفحه ۲۵

Nobel Prize in Chemistry	2014		Eric Betzig	 United States	"for the development of super-resolved fluorescence microscopy"
			Stefan W. Hell	 Germany Romania	
			William E. Moerner	 United States	
Nobel Prize in Chemistry	2018		Frances Arnold	 United States	"for the directed evolution of enzymes"
			George Smith	 United States	"for the phage display of peptides and antibodies"
			Gregory Winter	 United Kingdom	
Nobel Prize In Physics	1971		Dennis Gabor	 Hungary  United Kingdom	"for his invention and development of the holographic method"
Nobel Prize In Physics	2018		Arthur Ashkin	 United States	"for groundbreaking inventions in the field of laser physics", in particular "for the optical tweezers and their application to biological systems"
			Gérard Mourou	 France	"for groundbreaking inventions in the field of laser physics", in particular "for their method of generating high- intensity, ultra-short optical pulses"
			Donna Strickland	 Canada	



فهرست مطالب

- سخن سردبیر الف/ب
- مرزهای تاریک یک هویت مجهول ۱
- اپتوژنتیک، کاربرد اپتیک در ژنتیک ۳
- نوبل فیزیک ۲۰۱۸ ۸
- میکروسکوپ‌های سوپر رزولوشن بیولوژیکی ۱۱
- هولوگرافی ۱۷
- نوبل شیمی ۲۰۱۸ ۲۰
- شیشه‌های هوشمند ۲۱
- دزیمتری ترمولومینسانس (گرمالیانی) ۲۵
- کولر بی مصرف!!! (بدون صرف برق) ۳۲
- تفاوت قانون و نظریه ۳۵
- ماهواره چینی میسیوس ۳۷
- آیا ممکن است پدیده‌ای در جهان بدون علت باشد ۴۰

صاحب امتیاز: ملیکا کرمی

مدیر مسئول: احمد مجاهد

سردبیر: فاطمه هاشمی‌فر

مدیر اجرایی: پوریا بختیاری

مسئولین گروه علمی: دکتر امیرحسین احمدخان‌کردبچه و دکتر محمد واحدی

دبیر هیئت تحریریه: پگاه سرتیپی‌زاده

هیئت تحریریه: ملیکا کرمی، فاطمه فتاحی، فاطمه هاشمی‌فر، پگاه سرتیپی‌زاده، تینا سیدجمالی، احمد مجاهد، ریحانه نبی‌زاده، فاطمه فاتح‌پاک، ریحانه حمیدی‌مجلج

همکاران این شماره: پوریا بختیاری، آرمین رستگاریا، محراب ربیع‌آذر

مشاوران علمی این شماره: دکتر محمدرضا جعفر فرد، دکتر محسن بابامرادی

ویراستار ادبی: تینا سیدجمالی

صفحه آرا: امید اکبری

با تشکر ویژه از مجله علمی سای (دانشگاه الزهرا) و تمام عزیزانی که ما را در این راه یاری کردند.

نشریه دلتا آماده ی انتشار مقالات و نظرات محققان و دانشجویان محترم می باشد.
• نقل مطالب نشریه دلتا با ذکر منبع بلامانع است.
• با ما در ارتباط باشید:

deltamag@iust.ac.ir

سخن سردبیر

هر که از خانه خویش به طلب دانش بیرون شود فرشتگان به سبب رضایتی که از رفتار او دارند بال‌های خویش را برای وی بگسترند تا باز گردد.

پیامبر اکرم (ص)

قرن حاضر، قرنی است که در آن نقش علم و تکنولوژی به‌طور روزافزونی در تمام جنبه‌های زندگی تجلی یافته است. باور عمومی بر این است که علم و تکنولوژی پاسخگوی بسیاری از مشکلات جهانی خواهد بود و نقش آن برای رفاه زندگی بشر حیاتی است. در این میان نقش نیمی از جمعیت جهان، یعنی زنان، در این فرآیند چندان روشن نیست. هرچند انتظار می‌رود تکنولوژی ابزاری برای افزایش و تقویت مشارکت اجتماعی زنان باشد. در همه جای جهان، زنان عموماً حضور قاطعی در عرصه‌های علم و تکنولوژی ندارند. از جمله دلایل این موضوع، اول دیدگاه خود زنان درباره‌ی نقش و عملکردشان در جامعه و دوم، انتظارات جامعه از مشارکت آنان است. در بخش آموزشی، گرچه بخش مهمی از دانشجویان در سطح کارشناسی را در بسیاری از کشورهای جهان زنان تشکیل می‌دهند، اما شواهد حاکی است که به مرور در سطوح بالاتر، تعداد زنان کم و کم‌تر شده و در سطوح بالای علمی تعداد آنها بسیار اندک می‌شود. براساس مطالعات انجام شده، تعداد دانشجویان دختر فارغ‌التحصیل

با مدرک کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری به ترتیب ۱۸٪، ۸٪ و ۲٪ برآورد شده است. افزون بر این، تفاوت‌های جنسیتی در انتخاب رشته‌های تحصیلی نیز مشاهده می‌شود. زنان بیش‌تر به سراغ رشته‌های هنری و علوم اجتماعی می‌روند و کم‌تر در رشته‌های علوم طبیعی و مهندسی وارد می‌شوند. به‌علاوه غالباً زنانی که به مراتب بالایی علمی دست می‌یابد به علت تبعیض جنسیتی مورد توجه قرار نمی‌گیرند و تعداد پایین بانوان دریافت‌کننده جوایز معتبر علمی، مانند جایزه نوبل نیز شاهی بر این ادعاست.

در سال ۲۰۱۵ مجمع عمومی سازمان ملل متحد برای دستیابی به مشارکت کامل زنان و دختران در عرصه‌های علمی و به دنبال آن دستیابی به عدالت جنسیتی و توانمندسازی زنان و دختران، ۱۱ فوریه مصادف با ۲۲ بهمن را به عنوان روز بین‌المللی زنان و دختران در عرصه علمی معرفی کرده است. مجله‌ی دلتا این روز را به تمام بانوان توانمند در عرصه‌ی علم، به‌ویژه دختران دانشکده فیزیک دانشگاه علم و صنعت تبریک عرض می‌کند. ما باید مشوق و حامی زنان و دختران باشیم تا توان و استعداد بالقوه آن‌ها در زمینه علم و نوآوری به عرصه‌ی ظهور بنشیند.

باید این نکته را خاطر نشان کرد، مادرانی که از پس بزرگ‌ترین چالش زندگی، یعنی تربیت و پرورش فرزند، سربلند بیرون می‌آیند قطعاً می‌توانند بر سایر مشکلات زندگی نیز غلبه کنند؛ که شاید کوچک‌ترین آن‌ها تحقق بخشیدن به عدالت جنسیتی به‌ویژه در حوزه‌ی علمی باشد.

مرزهای تاریک یک هویت مجهول

ماده تاریک و ۷۵ درصد باقی مانده‌ی آن را انرژی تاریک تشکیل داده‌است.

ماده‌ی تاریک چیزی است که هستی کهکشان‌ها را ممکن می‌کند. ما وقتی دلیل این که چرا کیهان به این شکل ساخته شده‌است را محاسبه کردیم، سریع مشخص شد که ماده‌ی معمولی به اندازه‌ی کافی وجود ندارد. گرانش ماده‌ی مرئی برای تشکیل سیارات و ساختارهای پیچیده کافی نیست. با این گرانش به طور حتم ستارگان در سراسر کیهان پخش می‌شدند و کهکشان‌ها را شکل نمی‌دادند. پس ما می‌دانیم که چیز دیگری اطراف و درون آن‌هاست.

چیزی که نور را بازتاب یا منتشر نمی‌کند و تاریک است اما علاوه بر این که می‌توانیم وجود ماده‌ی تاریک را حدس بزنیم به نوعی می‌توانیم آن را ببینیم. مکان‌هایی که غلظت بالایی از ماده‌ی تاریک دارند نوری که از کنارشان رد می‌شود را خم می‌کنند.

پس ما می‌دانیم که آن‌جا چیزی است که جاذبه دارد. ماده‌ی تاریک فقط ابری از ماده‌ی معمولی فاقد ستاره‌ها نیست چون اجزایی که می‌توانیم شناسایی کنیم را دفع می‌کند؛ ماده‌ی تاریک پادماده هم نیست چون پادماده به هنگام واکنش با ماده‌ی عادی اشعه‌های گامای خاصی تولید می‌کند.

ماده‌ی تاریک از سیاه چاله‌ها هم پدید نیامده، چیزی بسیار فشرده است که به شدت اطراف خود را تحت تاثیر قرار می‌دهد و به نظر می‌رسد در کل کیهان پخش شده‌است.

یونانیان باستان ایده‌ی جالبی داشتند؛ جهان ساده است. به نظر آن‌ها تنها چیزی که شما برای ساخت دنیا نیاز داشتید چهار عنصر خاک، هوا، آتش و آب بود. با ترکیب این چهار ماده‌ی اصلی به شکل‌های مختلف می‌شود تمام گوناگونی‌های شگفت انگیز دنیا را پدیدآورد؛ مثلاً خاک و آتش، مواد خشک و هوا و آب مواد تر را می‌سازند. اما با تکمیل نظریه‌های مختلف این نظریه به مشکل می‌خورد، در این نظریه هیچ چیزی که قابلیت اندازه‌گیری داشته باشد وجود ندارد و اندازه‌گیری اساس علوم تجربی است.

در قرن پنجم پیش از میلاد لئوکیپوس یکی از جاودانه‌ترین ایده‌های علمی را مطرح کرد؛ هر چیزی که می‌بینیم از بخش‌های غیرقابل تقسیم کوچک، به نام اتم ساخته شده‌است. این نظریه ساده و زیباست و نسبت به نظریه‌ی عناصر چهارگانه دارای مزیت درست بودن است. در این نظریه اتم کوچک‌ترین بخش و بخش غیر قابل تقسیم یک ماده است که به صورت هیدروژن، کربن و آهن قابل شناسایی است. تنها اشتباه ایده‌ی لئوکیپوس این بود که اتم‌ها در واقع قابلیت تقسیم شدن دارند. گذشته از این، ایده‌ی اتم‌های او تنها توانست بخش تشکیل دهنده‌ی کوچکی از این جهان را شرح دهد. چیزی که به نظر می‌رسد تمام این جهان از آن ساخته شده‌است در واقع تقریباً کمیاب است. اتم‌های لئوکیپوس و چیزهایی که از آن ساخته شده‌اند تقریباً ۵ درصد از کیهانی که ما می‌شناسیم را می‌سازند در حالی که حدود ۲۵ درصد از جهان را

شواهد وجود ماده‌ی تاریک

- ۱- منحنی‌های چرخشی کهکشانی
- ۲- خوشه‌ی گلوله
- ۳- تابش پس زمینه‌ی کیهان

ویژگی‌های ماده تاریک

با این که سهم ماده تاریک به چگالی انرژی در جهان با دقت چشم‌گیری از داده‌های کیهان‌شناسی استخراج شده‌است، هنوز اطلاعات ما در مورد ویژگی‌های ذرات تشکیل دهنده ماده تاریک ناچیز است. در واقع اغلب اطلاعاتی که از مشاهدات در مورد ویژگی‌های ماده تاریک به دست آمده بر پیش فرض‌هایی استوار است. با زیرسؤال بردن این پیش فرض‌ها می‌توان درستی گزاره‌ها در مورد ویژگی‌های ماده تاریک را زیر سؤال برد. کمبود اطلاعات مشاهداتی در مورد ماده تاریک راه را بر مدل‌سازی در مورد کاندیداهای ماده تاریک باز

می‌کند. البته هر مدل برای ماده تاریک باید خوش تعریف باشد. مدل قابل اعتنا برای ماده تاریک، مدلی است که پیش‌بینی‌های مشاهده پذیر دارد. این پیش‌بینی‌ها را باید با دقت، با مشاهدات تجربی مطابقت داد و آزمود. ویژگی‌های ماده تاریک که در این مقاله برمی‌شماریم در واقع خصوصیات کاندیدای ماده تاریک در چارچوب مدل‌های معروف است که بر پیش فرض‌هایی استوار می‌باشد. یکی از بدیهی‌ترین ویژگی‌های ماده تاریک که وجه تسمیه آن نیز هست ساطع نکردن نور است. ماده تاریک برعکس گاز بین ستاره‌ای یا گاز درون خوشه‌های کهکشانی از خود نوری گسیل نمی‌کند تا به مدد آن دیده‌شود.

برای مطالعه متن کامل مقاله به چاپ هفتم مجله علمی دلتا مراجعه کنید !!

اپتوزنتیک، کاربرد اپتیک در ژنتیک

شاخه‌ی دیگر به کاربرد اصول مهندسی برای تغییر گونه‌های حیاتی به سمت سودمندی و سلامت بیش‌تر برای بشر می‌پردازد. این حوزه نیز در مباحث کشاورزی، محیط زیست، صنایع غذایی و زیست فناوری فعالیت می‌کند. در ادامه به چند عنوان پژوهشی این حوزه اشاره می‌شود.

۱. پژوهش در سلول‌های بنیادی: مهندسان زیستی با بررسی خواص ویژه‌ی سلول‌های بنیادی در آزمایشگاه، به بررسی روند رشد این سلول‌ها و عوامل ایجاد بیماری‌های بدو تولد و یافتن روند درمانی برای آن و سایر بیماری‌ها می‌پردازند.

۲. مهندسی ژنوم و پروتئین: این شاخه می‌تواند شامل پژوهش در تحلیل‌های کمی مجموعه‌های برپایه RN A و پروتئین، آنزیم‌ها و یا مجموعه‌های کروموزومی و اصطلاحاً اومیک^۲ باشد.

۳. مهندسی عصب‌شناسی: به‌عنوان فصل مشترک میان دانش عصب‌شناسی و مهندسی، مهندسان عصب‌شناس با بررسی عملکرد سیستم عصبی به گسترش روش‌های بازسازی و احیا عصب‌های آسیب دیده پرداخته و درصدد ساخت سیستم‌های مصنوعی عصبی با استفاده از ابزارهای مهندسی هستند.

۴. مهندسی محیط زیست: این شاخه طیف وسیعی از حوزه‌های آلودگی سطحی آبی و خاکی، آلودگی هوا، مدیریت فرسایش خاک، انرژی و محیط زیست را در بر می‌گیرد.

مهندسی زیست‌شناسی یا مهندسی زیستی دانشی است که با بررسی فرایندهای زیستی و تلفیق آن‌ها با اصول و مبانی مهندسی، به دنبال راه‌حلهایی برای گستره‌ی وسیعی از مسائل مطرح در حوزه علوم زیستی و ایجاد محصولات پایدار و کاربردی در این حوزه است. به بیان دیگر دانش مهندسی زیست‌شناسی با بهره‌گیری از اصول پایه حیات که به‌وسیله علوم پایه هم‌چون زیست‌شناسی و حتی فیزیک و شیمی در اختیار بشر است و تلفیق آن با روش‌های مهندسی، تجربه‌ای نوین برای تولید محصولاتی سازگارتر با محیط زیست به شمار می‌رود. به این ترتیب می‌توان مهندسی زیستی را یک دانش میان رشته‌ای دانست که با توجه به گستردگی طیف مسائل مربوط به گونه‌های زیستی، شاهد تنوع و گستردگی کاربردهای مهندسی زیستی نیز خواهیم بود. به‌طور کلی می‌توان این گرایش‌ها را در دو گروه دسته بندی کرد: ابتدا حوزه‌ای که در آن با الگوگیری از ساختارهای زیست‌شناسی، در پی ایجاد تجهیزات و صنایع کارآمدتر و سازگارتر با محیط زیست می‌باشد. این شاخه با عنوان بیو میمیتیک شناخته می‌شود و کاربردهای متنوعی در حوزه بیونیک^۱ مواد، الکترونیک و... دارد. ممکن است محصولات این حوزه کاربردهای پزشکی نیز داشته باشند که نقطه‌ی اشتراک مهندسی زیست با مهندسی زیست پزشکی به حساب می‌آید. اما به طور مشخص مهندسی زیستی به دنبال ساخت محصولات زیست فناورانه با هر کاربردی اعم از پزشکی و ... است.

2. omics

1. Bionics

۵. بیوفیزیک: مطالعه‌ی سیستم‌های زیستی با استفاده از نظریه‌ها و تکنیک‌های فیزیکی هدف اصلی بیوفیزیک است. این حوزه گستره‌ی وسیعی را شامل می‌شود که از بررسی فصل مشترک شیمی مواد و مکانیک آن‌ها تا برهم‌کنش‌های پروتئینی از طریق مدل‌های ساختاری را در بر می‌گیرد.

تصویربرداری زیستی: یافتن تکنیک‌های جدید در تکنولوژی تصویربرداری از یاخته‌های زیستی، مانند تصویربرداری سه بعدی از تک یاخته‌ها و یا توسعه‌ی تصویربرداری پرتو ایکس در مطالعه‌ی مغز، هدف این شاخه است. در ادامه به معرفی اپتوژنتیک (که یکی از کاربرد اپتیک در ژنتیک است) می‌پردازیم.

اپتوژنتیک

اپتوژنتیک به‌عنوان یکی از شاخه‌های مهندسی زیستی با بهبود دادن تکنیک‌های تصویربرداری باعث پیشرفتی شگرف در مطالعه و بررسی عملکردهای مغزی شده و هم‌چنان با گسترش روزافزون به عنوان پله‌ای برای رسیدن به بررسی‌های دقیق‌تر مورد بحث است.

افزایش کارایی تکنیک‌های تصویربرداری و بررسی عملکرد مغز همواره با دشواری‌هایی مواجه بوده؛ چرا که وجود ده‌ها میلیون نورون در هم تنیده در مغز پستانداران، که هریک داراری ویژگی‌های منحصر به فرد خود هستند پیچیدگی و دشواری فراوانی را پیش روی روی عصب‌شناسان قرار داده‌است. تبادل سیگنال‌های الکتریکی بسیار دقیق در مقیاس‌های زمانی میلی ثانیه این نورون‌ها را برای انتقال گستره‌ی متنوعی از پیام‌های بیوشیمیایی توانمند ساخته‌است. به دلیل این پیچیدگی‌ها، عصب‌شناسان همواره در درک آن چه که واقعا در مغز می‌گذرد ناتوان بوده‌اند، و بیان دقیقی از الگوهای فعالیت مغز در سلول‌های مشخص عصبی که منجر به اندیشه‌ها، احساسات و خاطرات می‌شوند نداشتند. این مشکل هم‌چنین علت بسیاری از ناتوانی‌های مغزی را که منجر به بیماری‌های روان شناختی هم‌چون افسردگی و شیزوفرنی می‌شوند ناشناخته باقی می‌گذاشت.

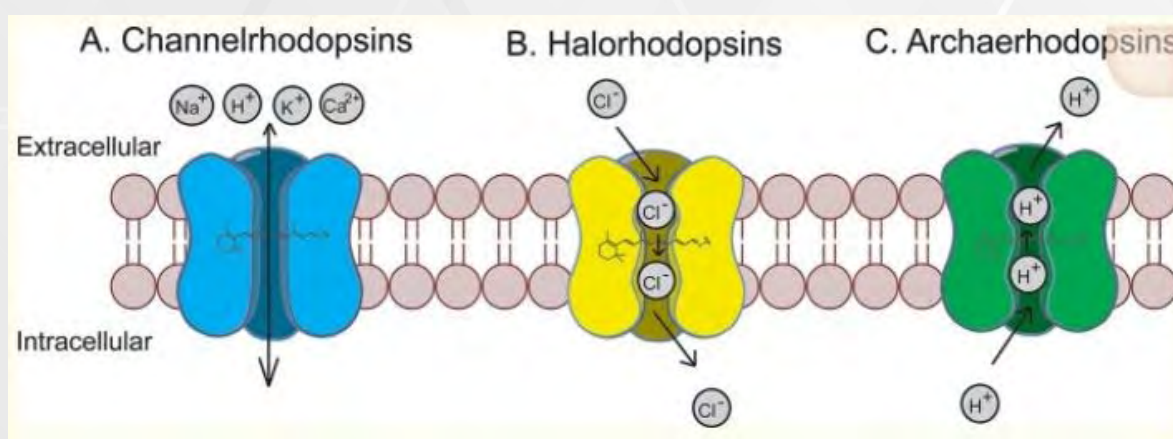
اولین قدم‌ها برای رسیدن به سطح کنونی از دهه

۸۰ میلادی شروع شد. زمانی که مشخص شد برای بررسی مغز پستانداران به‌دلیل پیچیدگی‌های موجود در آن نمی‌توان از الکترودها بهره گرفت. چرا که عملکرد الکترودها تنها با تکیه بر اختلاف پتانسیل، نمی‌تواند تمایزی میان انواع مختلف سلول‌ها قائل شود و در بیش‌تر موارد نیاز به کنترل دقیق یک سلول خاص بدون تأثیرگذاری بر سلول‌های دیگر وجود دارد. در سال ۱۹۷۹ فرانسیس کریک چالش بزرگ عصب‌شناسی را چگونگی کنترل گونه‌ی خاصی از نورون‌ها دانست بدون آن که تغییری در گونه‌های دیگر پدید آید. محرک‌های الکتریکی که پیش از آن مورد استفاده بودند ابزار مناسبی نبودند چرا که الکترودها تمام ناحیه ورود خود را تحت تأثیر قرار می‌دادند بدون آن که میان گونه‌های مختلف تمایزی قائل شوند. به‌علاوه سیگنال‌های مربوطه نمی‌توانستند نورون‌ها را با دقت مناسبی خاموش سازند. داروها نیز کمک چندانی نمی‌کردند چرا که سرعت اثربخشی آن‌ها بسیار کندتر از سرعت عمل مغز بود. بعدها کریک اعلام کرد نور می‌تواند ویژگی‌های لازم برای ابزار کنترل نورون‌ها را داشته باشد، چرا که می‌توان پالس‌های نوری با دقت زمانی مناسب داشت. اما در آن زمان هیچکس ایده‌ای نداشت که چگونه می‌توان سلول‌های خاص عصبی را در مقابل نور وادار به واکنش کرد. شبکه‌ی نورونی مانند واحد پردازش مرکزی CPU در رایانه‌های امروزی، فعالیت ارگان‌های حیاتی را کنترل می‌کند. در یک مدار نورونی اطلاعات به‌صورت پتانسیل عمل که یک اختلاف پتانسیل میان درون و بیرون نورون است انتقال می‌یابد. پروتئین‌های کانال یونی در غشای نورون‌ها به مانند ابزار سلولی هستند که این اختلاف پتانسیل یا پتانسیل عمل را تنظیم می‌کنند. جدا از حوزه‌ی علوم عصب‌شناسی، پژوهشگران زیستی موفق به کشف پروتئین‌های حساس به نور (اپسین) در شبکه چشم شده بودند که می‌تواند به طور تک مولفه‌ای به نور واکنش نشان دهد و با تبدیل سیگنال‌های نوری به سیگنال الکتروشیمیایی در فرایند دیداری نقش ایفا می‌کند. بعدها گروه بزرگی از اپسین‌های میکروبی انتقال دهنده‌ی یون‌ها کشف شدند که نشان داد با بررسی واکنش آن‌ها به نور،

کانال، یون‌های مثبت را عبور داده و سلول را قطبیده می‌کند. رده‌ی دیگری از پمپ پروتونی برون‌سو با نام آرک رودوپسین^۶ نیز برای خاموشی فعالیت نورون موثر شناخته شده که علاوه بر خاموش‌سازی بسیار قوی و مطمئن (نزدیک به ۱۰۰٪ خاموشی نورونی)، می‌تواند به‌صورت لحظه‌ای از حالت غیر فعال وابسته به نور بازگشت کند. برخلاف پمپ‌های کلرید که در واکنش به نور وارد حالت طولانی مدت خاموشی می‌شود. هم‌چنین نشان داده‌شده اسیدیته (PH) سلول نیز در خاموشی توسط آرک رودوپسین تغییری نمی‌کند چرا که گردش PH توسط مکانیسم خود محدودسازی، کمینه شده و در مقایسه با چنل رودوپسین‌ها مزیت معناداری به شمار می‌رود. این عملکرد آرک رودوپسین باعث شده واسطه‌ی مناسبی برای خاموش‌سازی در حجم‌های قابل ملاحظه در مغز به شمار آید.

گزینه‌ی بهینه یون‌ها مولفه مهم دیگری در عملکرد کانال‌های یونی است که تنظیم پتانسیل عمل را ممکن می‌سازد. در حالت پایه نورون‌ها به‌وسیله اختلاف تراکم یونی ناشی از انتقال یون‌ها در طرفین غشا، با اختلاف پتانسیل حدود 50mV- قطبیده شده‌اند. با کمک پرتوده‌ی نوری، چنل رودوپسین کاتیون‌ها را هدایت می‌کند و در نتیجه غشا را بدون قطبش^۷ می‌سازد و

امکان کنترل اپتیکی نورون‌ها در پستانداران وجود دارد؛ چرا که مقادیر زیادی از ژن‌های اپسینی میکروبی (رده خاصی از اپسین‌ها) در مغز پستانداران بالغ و سایر بافت‌های ستون فقرات نیز وجود دارد. این‌جا بود که تکنولوژی اپتوژنتیک با کمک گرفتن از اپتیک و نیز ترکیب پروتئین‌های شبکه‌ی که هدف‌گیری ژنتیکی شده‌اند، امکان دستکاری در مدارهای نورونی را فراهم ساخت. این پروتئین‌ها که توسط مجموعه مشخصی از ژن‌های اپسینی تولید می‌شوند، به استخراج انرژی و اطلاعات در محیط میکروبی‌ها کمک می‌کنند. بعدها گروهی از این پروتئین‌ها با نام باکتریورودوپسین^۳ کشف شدند که مانند یک پمپ یونی تک مولفه عمل می‌کرد و توسط فوتون‌های نور سبزرنگ فعال می‌شد. گونه‌های دیگری از این پروتئین‌ها نیز بعدها کشف شد. هالورودوپسین در سال ۱۹۷۷ و چنل رودوپسین در ۲۰۰۲ که همگی یک ابزار مولکولی تک مولفه‌ای موثر به‌شمار می‌رفت. هالورودوپسین‌ها^۴ به عنوان یک پمپ کلرید درون‌سو کاربرد داشتند که با پمپاژ یون کلر درون سلول، می‌تواند واسطه‌ی خاموش‌سازی سریع و قابل بازگشت نورون‌ها باشد. چنل رودوپسین‌ها^۵ به‌عنوان کانال‌های یونی درگاه نور شناخته می‌شوند که در مقابل تابش فوتون‌های نوری مانند یک



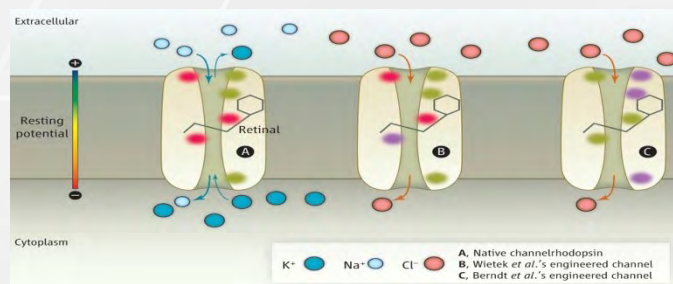
واکنش پروتئین‌های رودوپسین، هالورودوپسین و آرک رودوپسین به فوتون‌های تابیده

6. Archaelrhodopsin
7. hyperpolarization

3. bacteriorhodopsin
4. Halorhodopsin
5. channelrhodopsin

fMRI⁹ که بر پایه نگاشت جزئیات فعالیت نورونی در واکنش به محرک‌های مختلف است، تنها تغییرات سطح اکسیژن خون را در بخش‌های مختلف مغز نشان می‌دهد. اما این عدم قطعیت همواره وجود دارد که سیگنال‌های ثبت شده در این روش توسط برانگیختگی موضعی فعالیت نورون‌ها در مقیاس بسیار کوچک ایجاد شده‌باشد که با ابزارهای سابق قابل تمییز نیست. با کمک تکنیک‌های اپتوژنتیک، مدارهای نورونی با دقت و به طور کامل مورد بررسی قرار می‌گیرند که کارایی بسیار بیش‌تری از تکنیک‌های سابق دارد. به‌عنوان نمونه‌ی دیگر، رهیافت اپتوژنتیک درک عمیق‌تری از بیماری‌هایی نظیر پارکینسون به دانشمندان داده‌است که نشان می‌دهد این بیماری ناشی از اختلال پردازش اطلاعات در مدارهای کنترل کننده مشخص مغزی است. در سال‌های ۱۹۹۰ برخی بیماران پارکینسون تحت نوعی درمان قرار می‌گرفتند که اصطلاحاً تحریک عمیق مغزی^{۱۰} نام داشت و در آن ابزاری وارد لایه‌های درونی مغز می‌شد و بخش‌های مشخصی را توسط نوسانات الکتریکی تحریک می‌کرد. این روش نیز تا حدودی با محدودیت نتایج مواجه است؛ چرا که الکترودهای به‌کار رفته نواحی مغزی را بدون گزینش تحریک می‌کنند و در نتیجه درک درستی از واکنش مغز به این محرک‌ها وجود نخواهد داشت. برای بهبود این روش درمان، اخیراً نمونه‌ی جانوری پارکینسون مورد بررسی قرار گرفته و به طور مثال نشان داده شده در صورتی که به جای سلول‌ها ارتباط میان سلول‌ها مورد هدف قرار گرفته و جریان فعالیت بین نواحی مغز تحت تأثیر قرار گیرند بیش‌ترین بازدهی در این درمان به دست خواهد آمد. اپتوژنتیک هم‌چنین در شناخت تأثیر نورون‌های مولد دوپامین در احساس لذت، رهیافت مفیدی ارائه کرده‌است. نمونه‌ی دیگری از نوآوری حاصل از اپتوژنتیک، برانگیختگی گونه‌ی خاصی از سلول‌های مغزی برای ایجاد نوسانات موسوم به گاما در فعالیت مغزی است که اختلال غیرعادی در این نوسانات و تغییر در سلول‌های مغزی مسئول آن، در

و یک پتانسیل عمل القا می‌کند. اما کانال‌های یونی حساس به نور برای خاموش‌سازی نورون‌ها باید انتخابگر یون کلرید Cl^- و یا پتاسیم K^+ باشند تا پتانسیل غشافت بیش‌تری پیدا کرده و اصطلاحاً بیش قطبیدگی^۸ روی دهد و پتانسیل عمل خاموش شود. چنین کانال‌های یونی در گونه‌های طبیعی یافت نشدند. در اپتوژنتیک پمپ‌های پروتون و کلرید از هالوباکتری آغازین برای این منظور جایگزین شدند. اما این پمپ‌ها تنها قادر به جابه‌جایی یک یون به‌ازای هر فوتون تابیده بودند و نسبت به کانال‌های یونی بازدهی پایینی داشتند. در پژوهش‌های انجام شده توسط ویتک و همکاران و نیز برنت و همکارانش راه‌حلی برای این مشکل ارائه شد که در آن با استفاده از مهندسی مولکولی، چنل رودوپسین‌های هدایتگر کاتیون را تبدیل به کانال یونی درگاه نوری کردند که به با گزینش خاص یون Cl^- را هدایت می‌کند. هرچند رهیافت این دو گروه متفاوت بود؛ اما نتایج یکسان نشان داد که این اپسین مهندسی شده می‌تواند در بیش قطبیدگی غشا موثر باشد.



افزایش بازدهی کانال رودوپسین با بهره‌گیری از کانال‌های مهندسی شده ویتک و برنت.

همان‌طور که گفته شد دقت و کارایی کنترل اپتوژنتیک وابسته به خواص مولکولی پروتئین‌های اپسینی است. با این همه، رشد چشمگیر ژن‌های اپسینی مهندسی شده توسط بیش از ۷۰۰ آزمایشگاه در سراسر دنیا، پیشرفتی قابل ملاحظه در مطالعه و درمان بیماری‌های سیستم عصبی ایجاد کرده که شاید فراتر از حد تصور پیشگامان این تکنیک در آغازین سال‌های پیدایش اپتوژنتیک بوده‌باشد. برای نمونه تکنیک اسکن مغزی

9. functional magnetic resonance imaging

10. deep-brain stimulation

8. hyperpolarization

اپتوژنتیک در حال حاضر، به عنوان یک دانش بین رشته‌ای، شتاب دهنده‌ای بسیار کارآمد در علوم زیستی به ویژه عصب‌شناسی و روان‌پزشکی به شمار می‌آید. مسیری طولانی که از پیدایش نخستین اسپین‌ها تا نقطه‌ی کنونی طی شده و روز به روز گسترده‌تری یافتن و کارآمدی خود را جلوه‌گر می‌سازد.

منابع:

1. K. Deisseroth, (2010), Sci. Am. 303, 48
2. J. Wietek et al., Science 344, 409 (2014); 10.1126/science.1249375
3. A. Berndt et al, Science 344, 420 (2014).
4. Xue Han, ACS Chem Neurosci. 15 Aug 2012; 3(8): 577-584.
5. Chow, Brian Y. et al. Nature, 463.7277 (2010): 98-102. Web.
6. Shigehiko Hayashi, Science 25 Apr 2014: Vol. 344, Issue 6182, pp. 369-370

دو ناهنجاری شیزوفرنی و اوتیسم موثر شناخته شده‌بود؛ اما همبستگی علی میان آن‌ها (در صورت وجود چنین ارتباطی) ناشناخته‌بود.

در پژوهش‌های بر پایه اپتوژنتیک، گروهی از محققان به وجود رده‌ی خاصی از سلول‌های مغزی پی‌بردند که امواج گاما را تعدیل کرده و به این وسیله جریان اطلاعات را میان مدارهای قشری مغز کاهش می‌دهند. در بیماران شیزوفرنی اختلال در پردازش اطلاعات باعث می‌شود اتفاقات و پدیده‌ها اشتباها به عنوان اجزایی از یک الگوی بزرگ‌تر دیده شوند که می‌تواند منجر به توهم و هذیان‌گویی شود. این بیماران از فقدان عملکردی در مغز رنج می‌برند که در مواقع لازم با یک اعلان آگاهی لازم را به فرد بدهد و مانع افکار وهم‌آلود شود. در مقایسه، بیماران مبتلا به اوتیسم به جای ارتباط نادرست میان اطلاعات مغز، دچار محدودیت بیش از حد پردازش اطلاعات در مغز بودند. در واقع با تمرکز و بزرگ‌نمایی بیش از حد بر روی اجزای یک واقعه، تصویر کلی سازنده‌ی آن را از دست می‌دهند. همه‌ی این یافته‌ها با تکیه بر بررسی دقیق ریتم نوسانات مغزی در نواحی مربوطه حاصل شده‌است. با وجود این رهیافت‌های مفید و موثر، باید پذیرفت

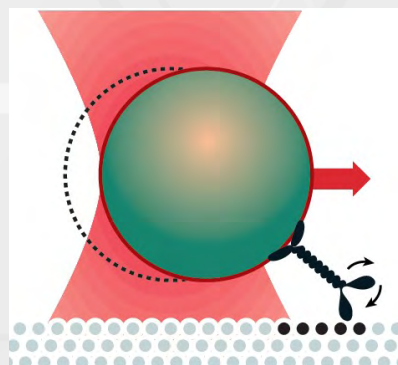
نوبل فیزیک ۲۰۱۸

پوریا بختیاری
کارشناسی فیزیک

در سال ۱۹۷۰ اشکین نشان داد نیروهایی که توسط پرتوهای لیزر تولید می‌شوند می‌توانند ذرات کوچک دی‌الکتریک را در هوا و یا آب به دام اندازند. پراکندگی نور ذرات را در جهت انتشار پرتو هل می‌دهد بنابراین دو موج (۲ لیزر) در مقابل هم یک ذره را که در جهت انتشار موج قرار دارد متوقف می‌کند. اشکین نشان داد که اگر ذره ضریب شکست بیش‌تر از محیط داشته باشد، به سمت مرکز موج کشیده می‌شود. این نتیجه به دلیل گرادیان شدت که بین لبه و مرکز موج وجود دارد می‌باشد. این اثر باعث به وجود آمدن نیروی به دام اندازنده در ۲ بعد دیگر می‌شود که یک تله اپتیکی ۳ بعدی را ایجاد می‌کند. یک پیش‌رفت بزرگ در سال ۱۹۸۶ به وقوع پیوست؛ اشکین نشان داد که برای به دام انداختن ذرات به جای استفاده از ۲ لیزر در خلاف جهت هم می‌توان از یک لیزر استفاده کرد. برای این کار لیزر باید در نقطه‌ی کانونی بسیار تیز باشد که باعث به وجود آمدن نیروی گرادیانی تقریباً به اندازه ۲ لیزر در خلاف جهت هم می‌شود که با نیروی پخش مقابله می‌کند. این تله اپتیکی به عنوان انبرک نوری نیز شناخته می‌شود که می‌تواند برای ذره‌ای به اندازه چند ده نانومتر تا چند ده میکرون استفاده شود.

یکی از برندگان جایزه نوبل فیزیک در سال ۲۰۱۸ که در تاریخ ۲ اکتبر اعلام شد آرتور اشکین، متولد دوم سپتامبر ۱۹۲۲، است و توانست در سن ۹۶ سالگی این مقام را کسب کند. از نظر اکثریت، او پدر زمینه‌انبرک نوری می‌باشد و به همین دلیل جایزه نوبل به او اهدا شده است. فعالیت اشکین در شرکت لوسنت تکنولوژی و کار با تغییر ریز ذره‌ها به وسیله‌ی لیزر در سال ۱۹۶۰ منجر به اختراع قیچی اپتیکی شد. وی همچنین در زمینه به دام انداختن اپتیکی ذرات که در باعث تغییر اتم‌ها مولکول‌ها و سلول‌های زنده شد پیش‌گام بوده است. اشکین پس از اتمام تحصیلاتش در دانشگاه کلمبیا به عنوان یک تکنیسین در آزمایشگاه پرتو موج دانشگاه

مشغول ساخت یک مگنترون برای رادار ارتش شد و در زمان جنگ جهانی دوم نیز همچنان در آزمایشگاه دانشگاه کلمبیا کار می‌کرد.

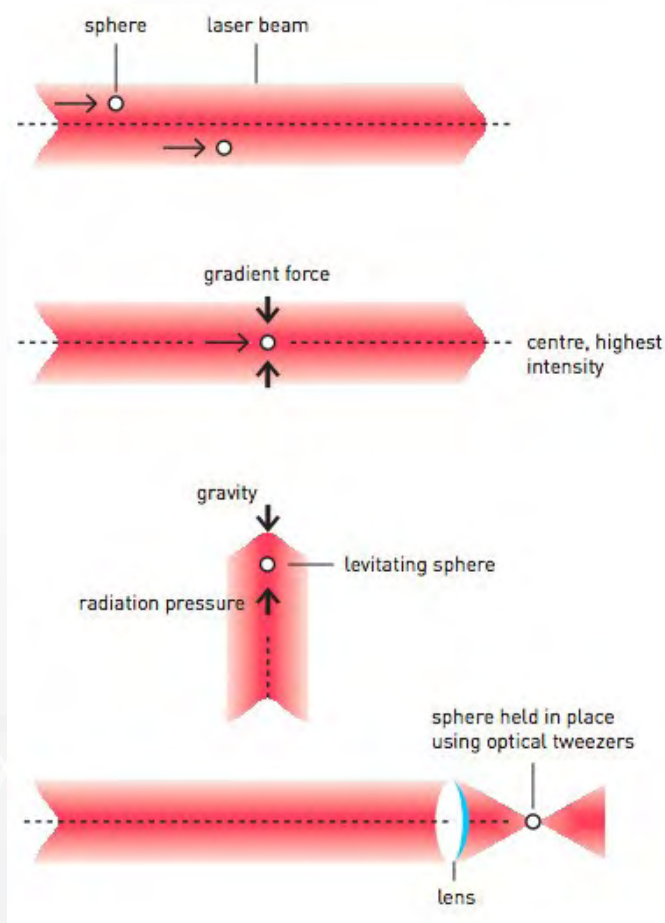


نیروی اعمال شده توسط یک موتور مولکولی با اتصال به یک سطح و یک توپ پلی استایرن به دام افتاده اندازه‌گیری می‌شود.

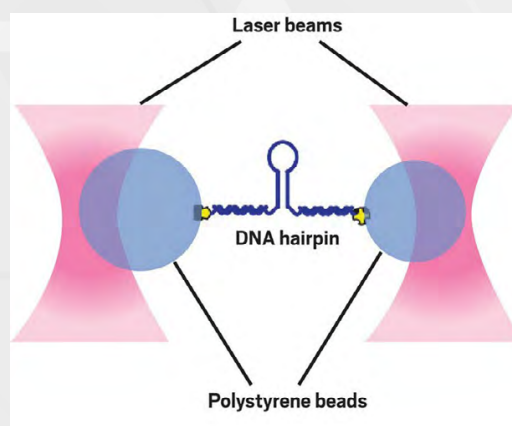
دیگر برنده جایزه نوبل جرارد مورو، سال ۱۹۴۴، در فرانسه متولد شد. او مدرک دکترای خود را در سال ۱۹۷۳ در دانشگاه پیر و ماری کوری گرفت و سپس به دانشگاه روچستر در آمریکا رفت. بعد از مدتی به دانشگاه آناربور نقل مکان کرد و در آنجا مرکز فرا سرعت دانش اپتیک را در سال ۱۹۹۱ تاسیس کرد. در سال ۲۰۰۴ به فرانسه بازگشت و مدیریت آزمایشگاه علم اپتیک در انستیتو-اکول پلی تکنیک را پذیرفت.

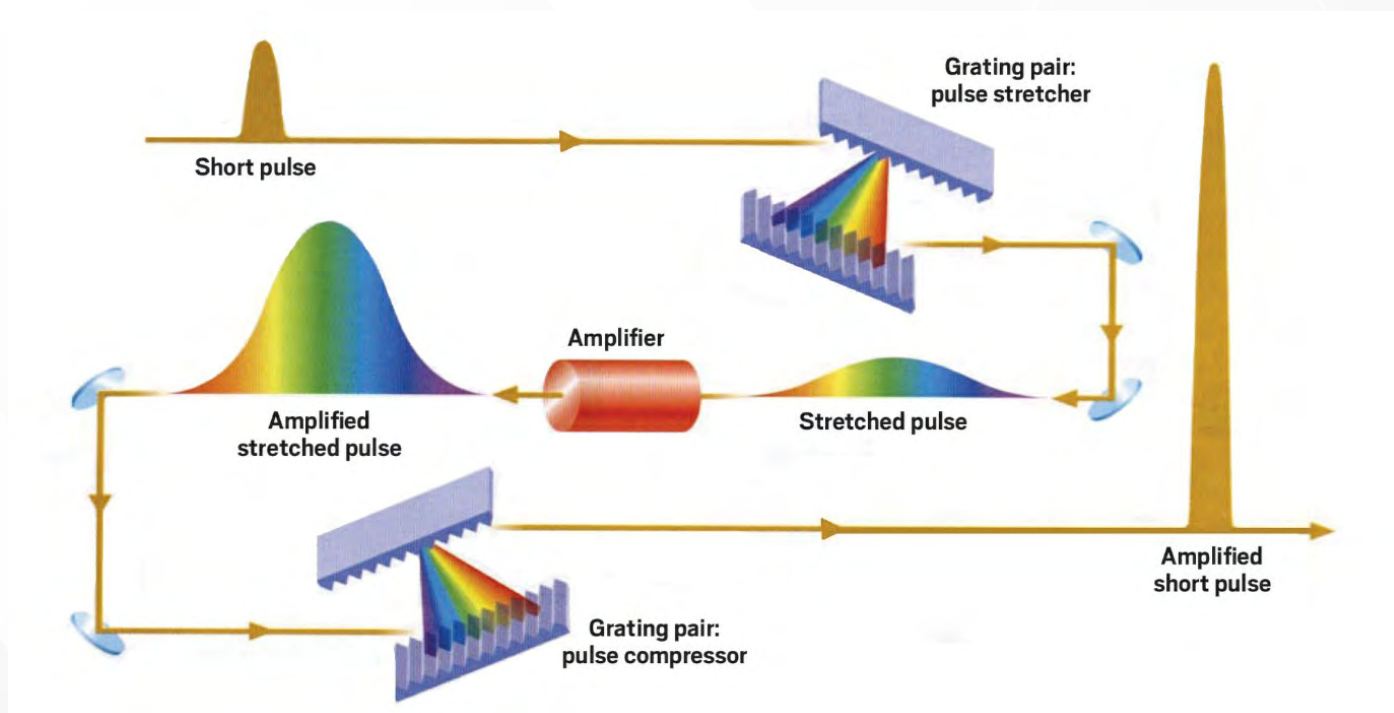
همزمان با جرارد مورو، دونا استریکلند نیز جایزه نوبل دریافت کرد. او در گوئولف کانادا در سال ۱۹۵۹ متولد شد. مدرک دکترای خود را در رشته اپتیک از دانشگاه روچستر در سال ۱۹۸۹ دریافت کرد (مورو استاد راهنما دکترای او بود). دونا در سال ۱۹۹۲ به قسمت تکنولوژی‌های پیشرفته دانشگاه پرینگستون ملحق شد و در زمینه‌ی اپتیک و مواد اپتوالکترونیک فعال بود و سپس به قسمت فیزیک دانشگاه واترلو در سال ۱۹۹۷ پیوست.

دونا استریکلند و جرارد مورو در پروژه پالس‌های قوی هم‌کاری داشتند و اواسط دهه‌ی ۱۹۸۰ در روچستر تکنیک لیزرهای پالسی فوق کوتاه را اختراع کردند که باعث قادر ساختن فیزیکدانان به ساخت پالس‌های پتانسی شد که بدون این تکنیک قابل دسترسی نبود. امروزه از این روش در بیش‌تر لیزرهای پر قدرت جهان استفاده می‌شود. در این تکنیک از یک لیزر قدرتمند استفاده می‌شود تا پالس‌هایی با طول یک فمتوثانیه در زمان ایجاد کنند. این پالس‌ها تنها مقدار کمی انرژی دارند. برای به وجود آوردن لیزر پتوات، انرژی این پالس‌ها باید ۱۰۱۲ بار قدرتمندتر شود. با این حال هنگامی که پالس‌های کوتاه پرتوی لیزر تقویت می‌شود، ضریب شکست محیطی که از آن می‌گذرد شروع به تغییر می‌کند و زمانی که انرژی امواج به چند گیگاوات برسد تاثیرهای غیر خطی باعث آسیب رسیدن به دستگاه‌های اپتیکی می‌شود. برای حفظ شدت پالس‌های لیزر زیر آستانه غیرخطی، دستگاه‌های بسیار بزرگ و گران‌اптоکی نیاز است. سال‌های سال حداکثر توان پالس‌های لیزری به چند تراوات محدود شده بود اما با استفاده از تکنیک لیزرهای پالسی فوق کوتاه این مرز شکسته شد.



انبرک نوری هم‌چنین در به دام انداختن ویروس‌ها، باکتری‌ها و بقیه سلول‌های زنده کاربرد دارد. از دیگر کاربردهای این ابزار می‌توان به اندازه‌گیری خواص الاستیک DNA با نگه داشتن زنجیره‌هایی از مولکول‌ها و کشیدنشان، مطالعه خواص تولیدکننده نیرو در موتورهای مولکولی، بازکردن پروتئین‌ها، مطالعه ذرات، انجام میکرو جراحی‌ها با ترکیب دیگر پرتوهای لیزری و اندازه‌گیری خواص غشاء نورونی اشاره کرد. امروزه در جراحی‌ها توسط این روش برای به حداقل رساندن آسیب به نمونه از نور فروسرخ استفاده می‌شود.





پالس‌های قدرتمند: تصویری از فرآیند لیزرهای پالسی فوق کوتاه

کوتاه‌تری نسبت به مولفه فرکانس پایین می‌پیماید و بنابراین پالس به یک پالس کوتاه فمتو ثانیه‌ای با قدرت پتاوات بازسازی می‌شود.

تکنیکی که استریکلند و مورو توسعه دادند، برای تولید پالس‌های فوق کوتاه و قوی در جراحی، پزشکی و مطالعات بنیادی علمی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

منابع:

- 1-www.cen.acs.org/
- 2-www.physicsworld.com/
- 3-www.isna.ir

این کار با در نظر گرفتن پالس کوتاه و عبور آن از یک شبکه جفت‌شده صورت می‌گیرد و باعث می‌شود که پالس با ضریب ۱۰۰۰۰ بار در زمان اتساع پیدا کند. شبکه طوری تنظیم شده است که مولفه پایین فرکانس پالس لیزری مسیر کوتاه‌تری را نسبت به مولفه فرکانس بالای می‌کند به طوری که مولفه بالای فرکانس از مولفه پایین فرکانس عقب بیفتد و به این صورت پالس در زمان پخش شود. هرچه قدر پالس بلندتر شود انرژی آن کم‌تر می‌شود. این انرژی را می‌توان به راحتی از طریق عبور پالس از یک تقویت کننده تیتانیوم-کریستال یا قوت‌کبود افزایش داد. پالس تقویت شده از یه جفت شبکه دیگر می‌گذرد که پراکندگی را معکوس می‌کند و مولفه با فرکانس بالاتر مسیر

میکروسکوپ های سوپر رزولوشن بیولوژیکی

فاطمه هاشمی فر
کارشناسی فیزیک

مرده را در برش های چوب پنبه مشاهده کرد. این سلول های تو خالی و متصل به هم، شکل لانه ی زنبور داشتند و هوک آن ها را "سلول" نامید که در زبان لاتین به معنی اتاق کوچک است.

اختراع میکروسکوپ تحول عظیمی در علم زیست شناسی به وجود آورد. با به کارگیری این ابزار قوی، بشر توانست ذراتی را که با چشم دیده نمی شوند مشاهده کند: یک سلول جانوری را در نظر بگیرید که قطر متوسط آن بین ۱۰ تا ۲۰ میکرون است، این سلول ۵۰ بار کوچک تر از ریزترین جسم قابل رویت با چشم غیر مسلح است. بنابراین تنها با اختراع میکروسوپ نوری^۱ بود که انسان توانست سلول را ببیند.

بعد از گذشت چند قرن، میکروسکوپ همچنان نقش مهمی در پژوهش های زیستی ایفا می کند و در سال های اخیر تحولات شگرفی در بهبود کیفیت آن صورت گرفته است؛ اما به دلیل پراش^۲ نور مشاهده ی ساختارهای خیلی کوچک با میکروسکوپ نوری ممکن نیست. فیزیکدان آلمانی ارنست آبه (Ernst Abbe) این محدودیت را به صورت زیر تعریف کرد:

$$d = \frac{\lambda}{2NA} \quad \text{رابطه ۱}$$

1. Optical microscope

۲. اگر دامنه یا فاز ناحیه ای از جبهه موج در ضمن برخورد با یک مانع کدر یا شفاف تغییر کند، پراش رخ خواهد داد. تصویر یک نقطه بعد از پراش نور به شکل یک لکه درمی آید.

در روزگاران قدیم، کوچک ترین موجودات زنده ای که مردم می شناختند آن هایی بودند که به زحمت با چشم دیده می شدند؛ ولی آیا ممکن بود موجوداتی هم باشند که با چشم دیده نشوند؟ اگر با چشم دیده نمی شدند، با چه وسیله ای ممکن بود آن ها را دید؟ البته در آن زمان هم مردم می توانستند کاری کنند که ذرات خیلی کوچک، بزرگ تر از آنچه بودند نشان داده شوند؛ مثلاً بعضی ها متوجه شده بودند که اگر از میان شیشه ای که سطح آن منحنی باشد به ذرات خیلی کوچک نگاه کنند، آن ها بزرگ تر از آنچه هستند به نظر می آیند. در حدود سال ۱۶۵۰ میلادی دانشمندان با این شیشه ها به چیزهای خیلی کوچک نگاه کردند و با دقت به بررسی آن ها پرداختند. اسم این شیشه ها را عدسی گذاشتند زیرا شکل آن ها مثل دانه های عدس بود. معمولاً برای این که به چیزهای بسیار کوچک نگاه کنند، بیش از یک عدسی به کار می بردند و عدسی ها را در دو انتهای یک لوله ی فلزی جا می دادند. اسم این لوله را، با عدسی هایی که درون آن بود، میکروسکوپ گذاشتند.

قبل از اختراع میکروسکوپ در اواسط قرن هفدهم، مشاهده ی سلول مقدور نبود، زیرا سلول واحد بسیار کوچکی است که با چشم غیر مسلح، قابل رویت نیست. رابرت هوک برای اولین بار در سال ۱۶۶۵ زیر میکروسکوپ ابتدایی که خود ساخته بود، سلول های

در رابطه ذکر شده NA^3 برای میکروسکوپ های معمولی در بازه (۰.۲۵، ۱) قرار دارد، اگر به صورت تقریبی NA را برابر یک قرار دهیم و برای λ از نور سبز استفاده کنیم $d=250nm$ به دست می آید که بیش ترین قدرت تفکیک میکروسکوپ نوری است.

این عدد در مقایسه با ابعاد سلول های بیولوژیکی ($1-100\mu m$) کوچک تر اما در مقایسه با ویروس ها ($100nm$)، پروتئین ها ($10nm$) و ملکول های پیچیده ($1nm$) بزرگ تر است. برای افزایش رزولوشن^۴ میکروسکوپ ها می توان از طول موج های کوتاه تر مانند X-Ray استفاده کرد اما این روش ها گران هستند، در نمونه های بیولوژیکی کنتراست^۵ ندارند و ممکن است به نمونه آسیب بزنند.

یکی از عمده ترین پیشرفت ها در ساخت میکروسکوپ، اختراع میکروسکوپ الکترونی^۶ در دهه ۱۹۴۰ بود که امکان مشاهده ذرات و اندامک های درون سلولی را بهتر از گذشته فراهم کرد. قوی ترین میکروسکوپ الکترونی توان نمایش ذراتی به اندازه ۵۰ پیکومتر ($0.5nm$) و تصاویری از اجزا و حرکت اتم ها را دارد. میکروسکوپ الکترونی می تواند تصاویر سه بعدی از سطح سلول ها فراهم آورد، اما انوعی از آن برای مشاهده سلول های زنده کاربرد ندارند. نمونه استفاده شده در میکروسکوپ الکترونی باید از بدن جدا و سپس آماده سازی شود؛ در این میکروسکوپ ها نمونه مورد بررسی نباید متحرک باشد و بنابراین امکان مشاهده سلول زنده نیز وجود ندارد. این در حالی است که میکروسکوپ های نوری دارای توانایی عکس برداری از سلول متحرک هستند و به بدن نیز آسیبی وارد نمی کنند اما محدودیت ایجاد شده توسط پراش برای مدت های طولانی امکان عکس برداری از فرآیندهای بیولوژیکی را متوقف کرده بود.

نوعی از میکروسکوپ های نوری، میکروسکوپ فلورسانس^۷

۳. Numerical aperture: یک عدد بی بعد است و طیف زاویه هایی را که در آن سیستم می تواند نور را بپذیرد یا منتشر کند بیان می کند. به توانایی تشخیص بین دو شی نزدیک به هم به صورت دو شی متمایز و جدا قدرت تفکیک می گویند.

۴. قدرت تفکیک

۵. به تفاوت بین بخش های مختلف یک نمونه می گویند. مثلاً اندامک تیره تر از اندامک دیگر دیده شود.

6. Electron microscope

7. Fluorescence microscope

است. فلورسانس در سلول ها یا به علت وجود مواد فلور سنت طبیعی، مثل کلروفیل و... یا به علت رنگ آمیزی سلول ها با استفاده از ترکیبات شیمیایی فلوروسنت به اسم «فلوروفور»^۸ می باشد. برخی از این رنگ ها مولکول های کوچکی هستند که ذاتاً فلوروسنت اند و به مولکول زیستی مورد نظر می چسبند. از جمله این رنگ ها می توان به رنگ های مخصوص رنگ کردن نوکلئیک اسید از جمله رنگ DAPI، Hoechst، DRAQ5 و DRAQ7 اشاره کرد.

وقتی برخی اتم ها به وسیله محرکی از جمله پرتوهای دارای طول موج کوتاه مثل پرتو فرابنفش تحریک شوند الکترون های پرنرژی از مدار خود خارج می شوند، بدیهی است که نیروی جاذبه هسته از فرار الکترون ها ممانعت خواهد کرد. برای آن که الکترون های تحریک شده بتوانند به مدار خود بازگردند باید مقداری از انرژی گرفته شده را از دست بدهند. ممکن است که الکترون مستقیماً به تراز پایه برگردد؛ بلکه ابتدا به ترازهای برانگیخته پایین تر رفته و سپس به تراز پایه برسد که در این حالت الکترون، فوتون هایی با انرژی کم تر (یعنی طول موج بلندتر) از خود ساطع می کند که ممکن است برای چشم انسان قابل دیدن باشد، به این ترتیب پدیده فلورسانس صورت می گیرد.

تصویربرداری میکروسکوپی فلورسانس روشی است برای تصویربرداری از نمونه ها (عموماً بیولوژیک) با استفاده از فلورسانس داخل نمونه که معمولاً با استفاده از یک پرتو لیزر محدود شده و به شدت متمرکز انجام می شود. اشعه لیزر متمرکز به صورت هاشوری نمونه را می ریزد و نور برانگیخته فلورسانس در نمونه به وسیله اجزای نوری جمع شده و با آشکارسازهای نوری مشاهده و بررسی می شود. نور لیزر باقی مانده می تواند با فیلتر نوری قبل از آشکارساز حذف شود. میکروسکوپ فلورسانس معمولاً با یک کامپیوتر کار می کند که شدت فلورسانس را ضبط و در نهایت تصاویر گرفته شده را تولید، فرآوری و ذخیره می کند.

پرتوهای فرابنفش با طول موج $200-400nm$ در مقایسه

۸. به موادی که خاصیت فلورسانس دارند فلوروفور گفته می شود.

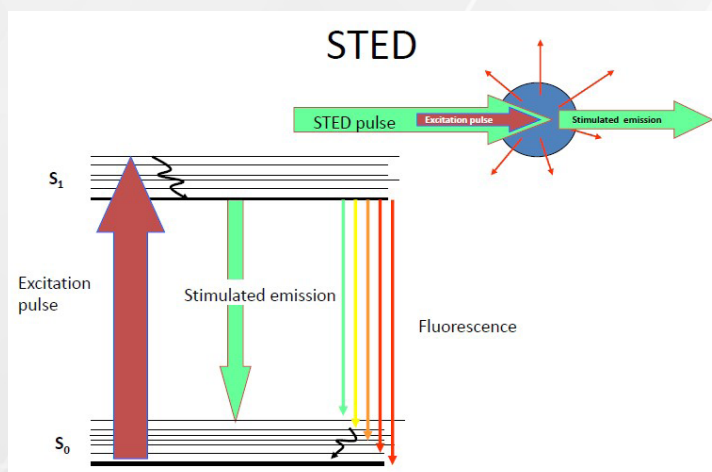
میکروسکوپ STED

در پدیده فلورسانس پالس باعث تحریک فلوروفورها می شود و آن ها را به تراز انرژی بالاتر s_1 می برد، اگر زمانی که فلوروفورها در s_1 هستند پالس دیگری به آن ها برخورد کند باعث گسیل القایی^{۱۶} می شود:

$$2\text{ فوتون} + \text{اتم} \rightarrow \text{فوتون} + \text{اتم}^*$$

دو فوتون ایجاد شده هم بسامد هستند.

میکروسکوپ های STED از دو لیزر استفاده می کنند. لیزر اول موجب تحریک فلوروفورها و لیزر دوم باعث گسیل القایی می شود. پالس دوم به گونه ای اصلاح شده است که در نقطه کانونی تحریک دارای شدت صفر (به شکل دونات) و دارای انرژی کمتری نسبت به پالس اول باشد به گونه ای که فلوروفورها مجدداً تحریک نشوند؛ در نتیجه یک محدوده برانگیخته کوچک باقی می ماند. مدت زمان فاصله پالس ها باید کم تر از زمانی باشد که فلورسانس به طور خودبه خود به تراز s_0 بازمی گردد.



شکل ۱- فرآیند گسیل القایی فلوروفور

با توجه به وابستگی غیرخطی فلوروفورها به شدت پرتوی لیزر دوم، تمام فلوروفورها در اطراف نقطه ای کانونی تحریک در حالت خاموش (s_0) قرار می گیرند. با اسکن کردن نقطه کانونی تصویربرداری انجام می شود. نقطه تحریک می تواند به لحاظ تئوری با افزایش شدت پالس دوم به عرض دلخواه فشرده شود.

$$\Delta r \approx \frac{\Delta}{\sqrt{1 + I_{\max}/I_s}}$$

رابطه ۲

با نور مرئی با طول موج 400-800nm دارای انرژی بیش تری هستند. بنابراین استفاده از پرتوهای فرابنفش که طول موج کوتاه تری از پرتوهای مرئی دارند، توان تفکیک میکروسکوپ را بهبود می بخشد.

در سال ۲۰۱۴، جایزه نوبل در شیمی به ویلیام مورنر^۹، اریک بتزیگ^{۱۰} و استفان هل^{۱۱} به دلیل «توسعه تصویربرداری میکروسکوپی فلورسانس با تفکیک بسیار بالا»^{۱۲} داده شد. یک روش، میکروسکوپ گسیل القایی توسط استفان هل در سال ۲۰۰۰ بود که در آن پرتو لیزری برای تحریک مولکول های فلورسنت به منظور درخشیدن آن ها و دیگری برای لغو همه فلورسانس ها به جز نمونه های حجم نانومتری استفاده می شود. اسکن کردن نمونه به طور نانومتری می تواند تصویری با وضوح بالاتر از حد آبه به وجود آورد. اریک بتزیگ و ویلیام مورنر به طور جداگانه، پایه های دومین روش موسوم به میکروسکوپ تک مولکولی را بنا نهادند. این روش بر امکان خاموش و روشن کردن فلورسانس مولکول های جداگانه تکیه دارد. دانشمندان چندین بار از یک منطقه تصویربرداری کرده و هر بار به چند مولکول محدود اجازه درخشیدن می دهند. قرار دادن این تصاویر به یک ابرتصویر نهایی با وضوح سطح نانو منجر می شود. اریک بتزیگ برای اولین بار در سال ۲۰۰۶ از این روش استفاده کرد.

میکروسکوپ های سوپر رزولوشن به دو گروه اصلی تقسیم می شوند:

- ۱- تفکیک پذیری قطعی: فلوروفور پاسخ غیرخطی به تحریک می دهد و با استفاده از این پاسخ غیرخطی می توان رزولوشن را افزایش داد (میکروسکوپ STED^{۱۳})
- ۲- تفکیک پذیری اتفاقی: این روش به امکان روشن و خاموش کردن فلوروسنس مولکول های جداگانه تکیه دارد (میکروسکوپ های PALM^{۱۵}, STORM^{۱۴})

9. William E. Moerner

10. Eric Betzig

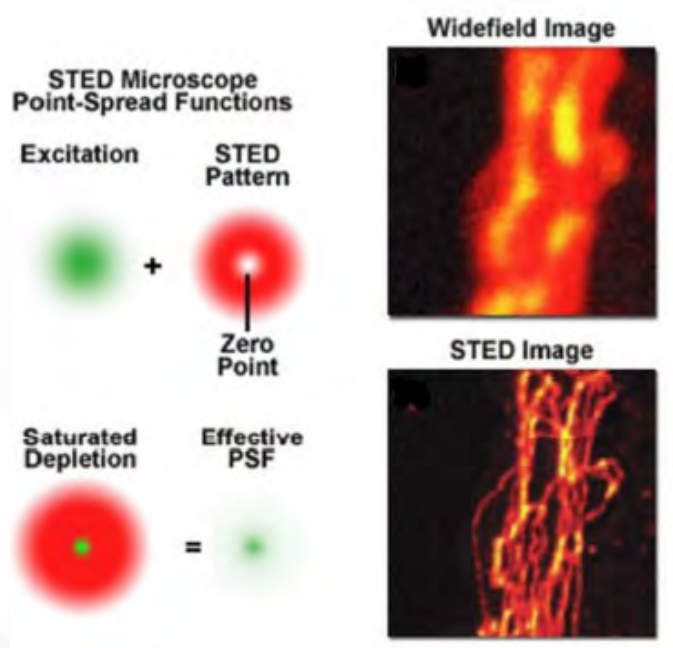
11. Stefan Hell

12. «for the development of super-resolved fluorescence microscopy»

13. Stimulated emission depletion

14. Stochastic optical reconstruction microscopy

15. photo activated localization microscopy

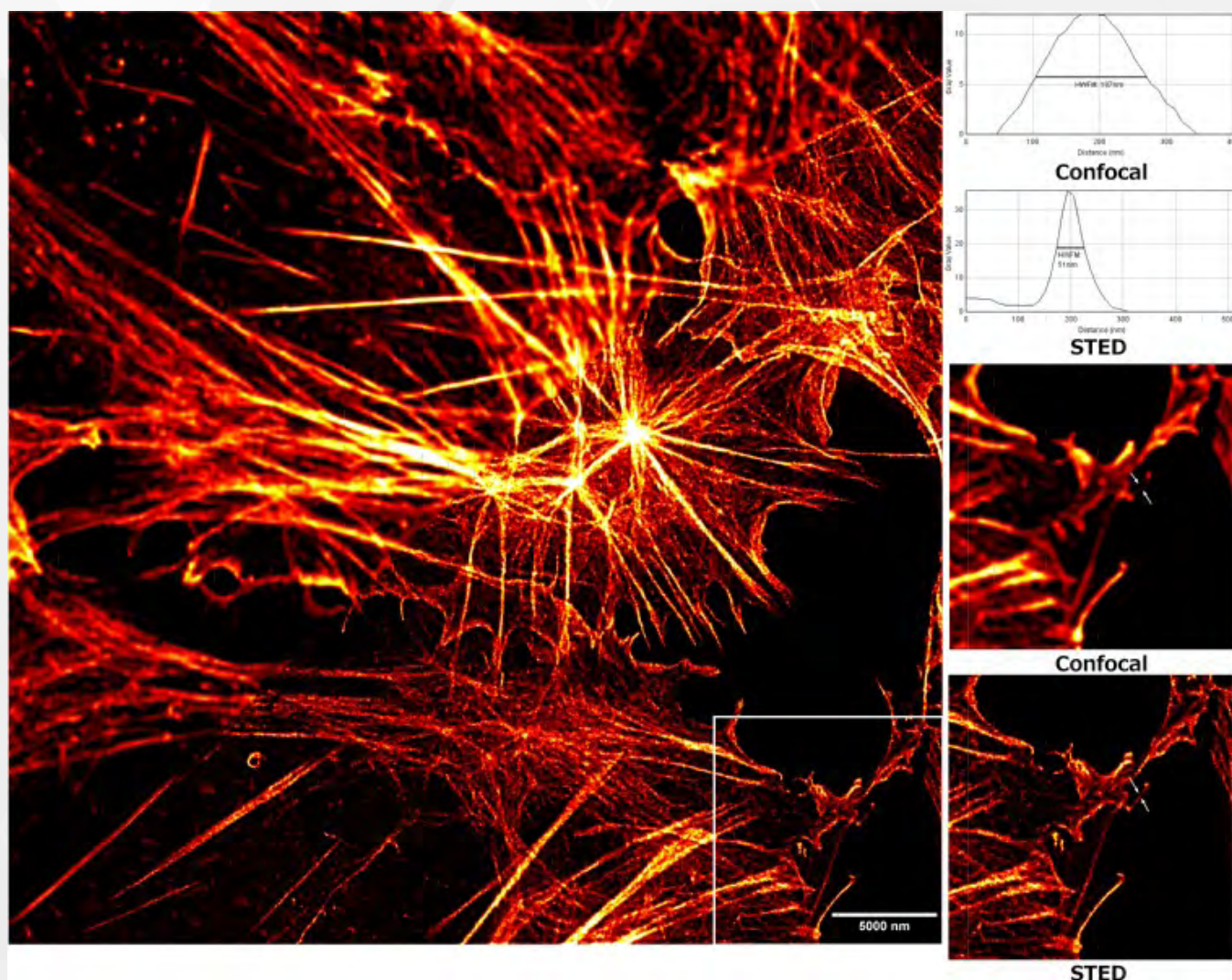


شکل ۲- مفهوم رزولوشن با میکروسکوپ STED

در رابطه بالا Δr تفکیک پذیری جانبی، Δ فاصله جانبی محدود شده توسط پراش، $I_{\max}$ حداکثر شدت لیزر دوم و I_s آستانه شدت مورد نیاز برای اشباع گسیل القایی است.

از این روش می توان برای رسیدن به تفکیک پذیری جانبی 20nm و محوری 40-50nm استفاده کرد. این قدرت تفکیک خیلی بهتر از مقادیر ممکن برای میکروسکوپ نوری است و می توان گفت محدودیت تفکیک پذیری آبه شکسته می شود.

از معایب این میکروسکوپ می توان به استفاده از ماشین آلات پیچیده اشاره کرد، همچنین برای تصویربرداری از محدوده های بزرگ زمان زیادی مورد نیاز است و باتوجه به بزرگ بودن I_s ، نیاز به یک پالس تحریک با شدت بالاست که احتمال آسیب دیدن نمونه وجود دارد.



شکل ۳- میکروسکوپ STED موجب بهبود قابل توجه رزولوشن در مقایسه با میکروسکوپ های Confocal می شود.

نمونه دارند اما تفاوت اصلی در نحوه عکس برداری است. در میکروسکوپ PALM دسته‌ای از فلوروفورها روشن می‌شوند و بعد از مکان‌یابی خاموش می‌شوند و دسته‌ای دیگر از فلوروفورها روشن می‌شوند و مجدداً مکان‌یابی انجام می‌شود و در آخر نیز نقاط به‌دست آمده کنار هم قرار می‌گیرند.

نکته حایز اهمیت این است که تراکم فلوروفورهای فعال باید به‌حدی باشد که نقاط روشن همپوشانی نداشته باشند. در میکروسکوپ STORM فلوروفورها به صورت تصادفی خاموش و روشن می‌شوند و بعد از مکان‌یابی دقیق، نتایج عکس‌ها کنار هم قرار می‌گیرند. از این روش برای جداسازی رنگ‌های همسایه استفاده می‌شوند. در این راستا بیش‌ترین احتمال تشخیص دو فلوروفور همسایه، چشمک زدن آن‌هاست.

میکروسکوپ STORM, PALM

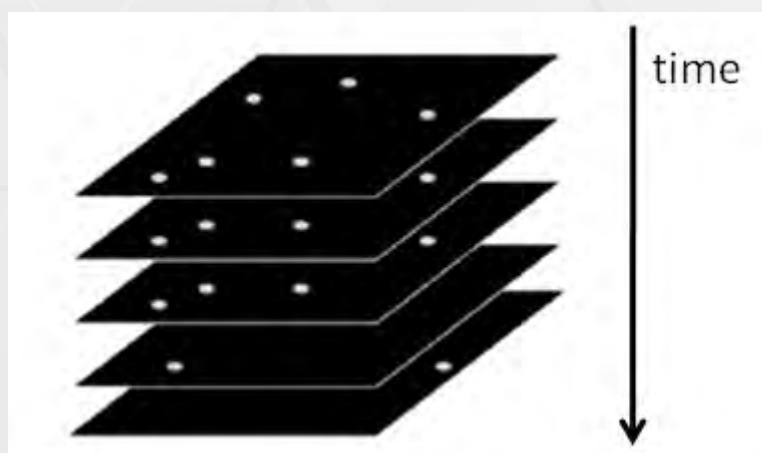
در این روش نمونه به گونه‌ای آماده می‌شود که شامل غلظت کمی از مولکول‌های فلوروسنت معین باشد. هنگام تصویربرداری در هر لحظه یک دسته از فلوروفورها در حالت فلوروسنت (روشن) قرار دارند. در این حالت می‌توان موقعیت هر فلوروفور را با دقت بالا مشخص کرد و موقعیت مرکزی تصاویر تک‌مولکولی را به‌عنوان محل دقیق فلوروفور تعیین کرد. سپس فلوروفورهای قبلی غیر فعال می‌شوند و تعدادی دیگر از فلوروفورها در حالت فلوروسنت قرار می‌گیرند. تا به امروز، قدرت تفکیک حاصل شده توسط این تکنیک 20nm در ابعاد جانبی و 50nm در ابعاد محوری است.

تفاوت میکروسکوپ STORM, PALM

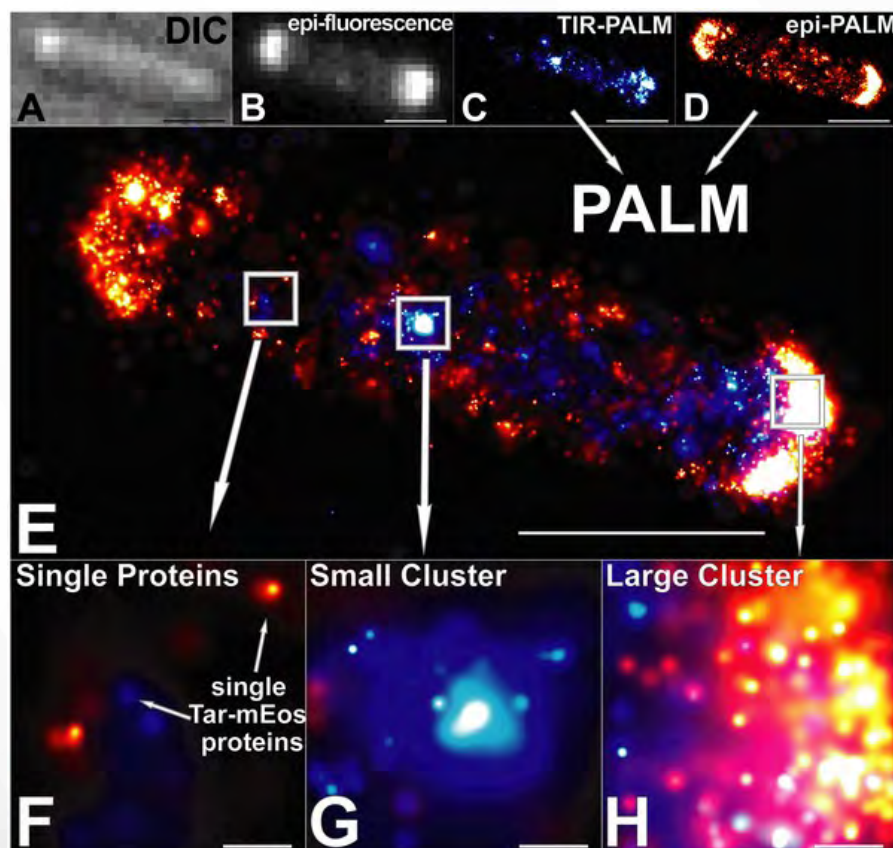
این دو میکروسکوپ تفاوت‌هایی در روش رنگ‌آمیزی



شکل ۴- هنگامی که فلوروفورها همپوشانی دارند مکان‌یابی امکان پذیر نیست.



شکل ۵- دنباله‌ای از فریم‌های تصاویر تک‌مولکولی



شکل ۶- خودسازمان یابی شبکه chemotaxis escherichia coli به وسیله میکروسکوپ نوری با وضوح بالا. نوار مقیاس در (A-E) ۱ میکرومتر و در (F-H) ۵۰ نانومتر را نشان می دهد.

هم اکنون می توان از واژه «نانوسکوپی» به جای تصویربرداری میکروسکوپی برای روش های تصویربرداری سوپرزولوشن استفاده کرد؛ زیرا که ساختارها در اندازه های زیر میکرومتر (در ناحیه نانومتر) در دسترس هستند. این مسئله به طور اساسی حوزه کاربردهای تصویربرداری میکروسکوپ نوری را گسترش می دهد. تصویربرداری میکروسکوپ فلورسانس بیش تر برای نمونه های بیولوژیک استفاده می شود. در حال حاضر میکروسکوپ فلورسانس برای تشخیص سرطان کاربرد بسیاری دارد. شگفت آور است، مباحثی که به طور مشخص در زمینه فیزیک مورد بررسی قرار گرفته، پایه جایزه نوبل در شیمی شده است.

منابع

1. Greenfield D, McEvoy AL, Shroff H, Crooks GE, Wingreen NS, et al. (2009).
2. Huang, Bo; Bates, M.; Zhuang, X. (2009).
3. Huang, B.; S. Jones; B. Brandenburg; X. Zhuang (2008).
4. Heilemann, M.; S. van de Linde; A. Mukherjee; M. Sauer (2009).
5. Hell, S. W.; et al. (2007).
6. Westphal, V.; et al. (2007).
7. Westphal, V.; et al. (2008).
8. Fernandes-Suares, M.; Ting, A. Y. (2008).
9. «2 Americans and a German Are Awarded Nobel Prize in Chemistry». New York Times. Retrieved 8 October 2014.
۱۰. مرکز ملی علوم و فنون لیزر ایران
11. <https://en.wikipedia.org>

نوبل فیزیک ۱۹۷۱

هولوگرافی

محراب ربیع آذر
کارشناسی فیزیک

در سال ۱۹۷۱ جایزه‌ی نوبل دریافت کرد (پس از این تاریخ دو محقق به نام‌های لایت^۲ و اپاتنیکس^۳ از ایالات متحده و یوک^۴ از روسیه به‌طور مستقل از یکدیگر روش‌های دیگری را با بهره‌برداری از نور لیزر در ساخت هولوگرام به شکل امروزی کشف نمودند).

هولوگرافی چیست؟

هولوگرافی به علم و نحوه ساخت هولوگرام گفته می‌شود. یک هولوگرام معمولاً بر روی یک صفحه عکاسی یا یک قطعه فیلم ضبط می‌شود، اما یک تصویر سه بعدی ایجاد می‌کند. علاوه بر این ساخت یک هولوگرام شامل ضبط یک تصویر در معنی متداول نیست. برای حل این پارادوکس ظاهری و درک نحوه‌ی کار هولوگرافی باید از اصول اولیه شروع کنیم. در تکنیک‌های تصویر برداری متعارف مانند عکاسی، آنچه ثبت می‌شود، صرفاً توزیع شدت نور در صحنه‌ی اصلی است، در نتیجه تمام اطلاعات در مورد مسیرهای نوری در قسمت‌های مختلف صحنه از بین می‌رود و این یعنی سرشت سه بعدی تصویر شی از دست می‌رود پس پرسپکتیو تصویر در عکس را با مشاهده آن از زاویه‌های مختلف نمی‌توان تغییر



تاریخچه هولوگرافی:

در سال ۱۹۴۸ میلادی دانشمند مجارستانی به نام دنیس‌گابور^۱ هولوگرافی را بیش‌بینی کرد ولی نتوانست آن را به‌طور عملی به نمایش درآورد. او درحالی‌که در زمینه‌ی افزایش دقت میکروسکوپ‌های الکترونی فعالیت می‌نمود موفق به انجام این کشف مهم شد و در سال ۱۹۷۱ مفتخر به دریافت جایزه‌ی نوبل گردید. یافته‌های گابور به ناچار تا اوایل سال‌های دهه‌ی ۱۹۶۰ میلادی یعنی زمان اختراع لیزر به تعویق افتاد به همین دلیل

1. Denis Gabor

2. Leith

3. upatnieks

4. Yuk

تصویر تشکیل می‌شود، یکی مجازی و سه بعدی که فقط ناظری که پشت هولوگرام قرار دارد آن را می‌تواند ببیند، و یکی حقیقی که این تصویر را با چشم نمی‌توان دید. هولوگرامی که با استفاده از یک باریکه‌ی لیزر به وجود می‌آید تک‌رنگ خواهد بود. البته با استفاده از سه باریکه لیزر که فرکانس آن‌ها مطابق با فرکانس نور (رنگ‌های اصلی: قرمز، سبز، آبی) است می‌توان تصویری تمام رنگی ایجاد کرد.

کاربرد هولوگرافی

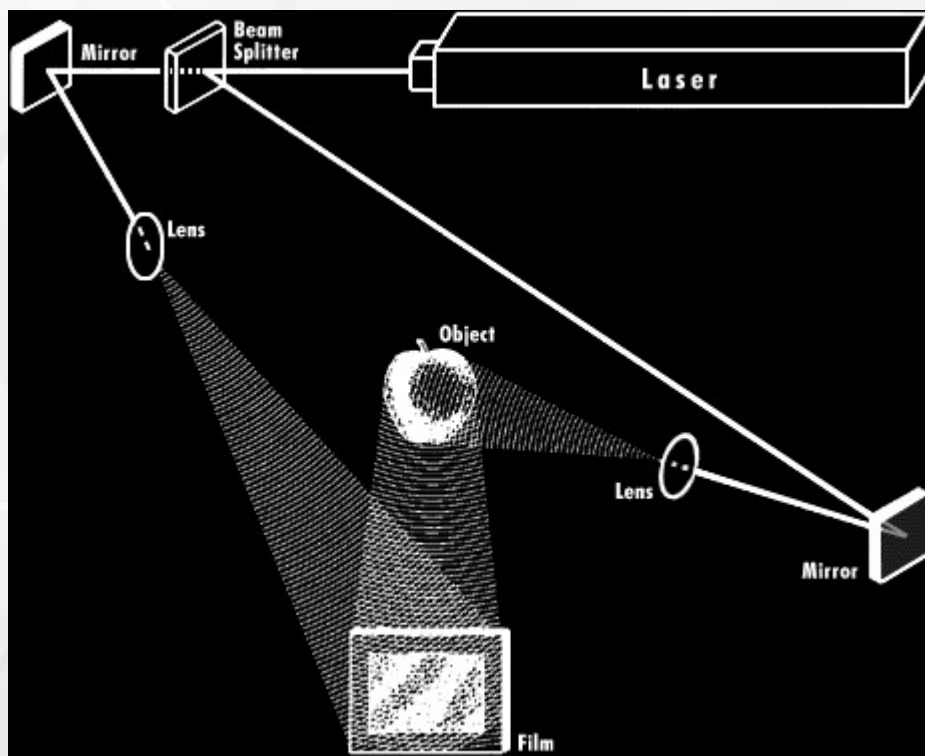
با توجه به خواص بی‌شمار هولوگرافی، از آن در صنعت، پزشکی و بسیاری از مصارف دیگر سود می‌برند. در این جا به بیان چند مورد از این کاربردها می‌پردازیم: هولوگرام‌ها در تمام کارت‌های اعتباری، راهنمایی و رانندگی و کارت‌های شناسایی و همچنین بر روی جعبه‌های دیویدی، سیدی و سایر کالاها دیده می‌شوند. از هولوگرام‌ها به‌عنوان برچسب اطمینان استفاده می‌شود؛ از آن جهت که پس از تولید قابل کپی برداری و تکثیر مجدد نمی‌باشد. از هولوگرام‌ها در اسناد بانکی، اسناد هویتی، محصولات تجاری با ارزش و مواردی از این دست نیز استفاده می‌شود. پیشرفت‌های اخیر در تکنیک‌های ثبت هولوگرام و در دسترس بودن ابزارهای آن و بهبود تصویر برداری در رشته‌های

بافت‌شناسی، چشم‌پزشکی، دندان‌پزشکی، اورولوژی و ... نشان می‌دهد که تکنیک‌های هولوگرافی به‌شکل امیدوار کننده‌ای ابزار قدرتمندی در کاربردهای پزشکی است. کاربرد بسیار امیدبخش دیگر هولوگرافی ساخت دیسک‌های نوری با ظرفیت بالاست، درحالی که دیسک‌های نوری سی‌دی با ظرفیت چند صد مگابایت و دیسک‌های دیویدی با ظرفیت چند گیگابایت و دیسک‌های Blue Ray با ظرفیت حداکثر چند ده

داد. ویژگی منحصر به فرد هولوگرافی، ایده ضبط فاز و دامنه‌ی امواج نور است، در نتیجه هولوگرام حاوی اطلاعات در مورد فاز و دامنه‌ی امواج است.

نحوه تشکیل هولوگرام:

قبل از این که نحوه‌ی تشکیل هولوگرام را بررسی کنیم باید به این مورد توجه کنیم که برای ثبت اطلاعات مربوط به عمق منظره منبع نور باید از نوع تفکر کانسی باشد، یعنی تک‌رنگ باشد و به علاوه هر موج با موج‌های دیگر هم‌فاز یا همدوس باشد. هولوگرام نتیجه ثبت یک تصویر طی یک فرآیند اپتیکی است که معمولاً به وسیله نور لیزر از طریق دو فرایند پراش و تداخل نور به وجود می‌آید.



در این روش نور لیزر توسط ابزار ویژه‌ای به دو باریکه نور تقسیم می‌گردد، یک باریکه به سمت صفحه ثبات (صفحه عکاسی) هدایت می‌شود که به آن پرتو مرجع می‌گویند و باریکه دیگر که پرتو شی نام دارد پس از انعکاس از شی مورد نظر به سمت صفحه ثبات هدایت می‌شود، این دو پرتو در محل صفحه ثبات باهم تداخل می‌کنند و موجب ثبت تصویر روی صفحه می‌شوند. اگر هولوگرام بار دیگر با موج مرجع اصلی روشن شود، دو

OMNI TOUCH

یک تیم تحقیقاتی از مایکروسافت و دانشگاه کارنگیمیلون با قرار دادن یک شانه بند از یک پیکوپرزکتور و یک اسکنر سه بعدی تشکیل شده است و تصاویر را روی سطح موردنظر شما پخش می‌کند، حال به راحتی می‌توان از آن به عنوان یک نمایشگر لمسی استفاده کرد.

منابع:

1. P.Hariharan."The Basics of Holography"- first season: Holographic imaging
2. www.britannica.com
3. www.daneshnameh.roshd.ir
4. www.imenhologram.ir

گیگابایت عرضه می‌شوند، دیسک‌های هولوگرافیک ذخیره اطلاعات را از مرتبه‌ی چند صد گیگابایت تا چند ترابایت میسر می‌کند.

با هولوگرافی می‌توان تفاوت تصاویر دو قطعه شامل تفاوت ایجاد شده به دلیل تغییر شکل قطعه درحد دهم میکرومتر را تشخیص داد. از این قابلیت در تست‌های غیر مخرب (NDT⁵) استفاده می‌شود، عیوبی همچون ترک، لایه‌لایه شدن، تغییر حجم در قطعات مختلف به راحتی قابل تشخیص است. کاربرد دیگر هولوگرافی در بررسی اندازه اشیا است که از روی آن مدل دیگری ساخته‌اند، اصل شی و نسخه بدل را طوری در معرض تابش شعاع‌های لیزر قرار می‌دهند که هولوگرام ایجاد می‌کنند، هرگاه اندازه نسخه اصل و بدل با یکدیگر متفاوت باشند، الگوهای تداخلی به وجود می‌آورند، از روی این الگوها اختلاف‌ها را متوجه می‌شوند در این شیوه اختلافی به اندازه ۰.۰۰۳۰ میلی‌متر قابل مشاهده و بررسی است.



۵. به مجموعه‌ای از روش‌های ارزیابی خواص دستگاه‌ها و قطعات ساخته شده گفته می‌شود که هیچ‌گونه آسیب یا تغییری در سامانه ایجاد نکند

نوبل شیمی ۲۰۱۸

• نیلوفر مظفری، کارشناسی ارشد فیزیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
• نسترن مظفری، کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

دو دانشمند آمریکایی و یک محقق بریتانیایی برنده جایزه ی نوبل شیمی در سال ۲۰۱۸ شدند.

آقایان جورج اسمیت از دانشگاه میسوری ایالات متحده و سرگریگوری وینتر از دانشگاه کمبریج بریتانیا تعلق گرفت. در سال ۱۹۸۵، جورج اسمیت، یک روش جدید با عنوان نمایش فاژ را توسعه داد که در آن یک باکتری و فاژ (نوعی ویروس که باکتری را آلوده می کند)، برای تکامل پروتئین های جدید مورد استفاده قرار گرفت.

اسمیت روی باکتری ها فرآیند مهندسی ژنتیکی را انجام داد که در این فرآیند کپسول شامل پروتئین های مشخصی است که روی سطح بیرونی ظاهر می شوند تا به عنوان یک پادتن کاربرد داشته باشد. گریگوری وینتر، از روش نمایش فاژ، با هدف تولید داروهای جدید، برای تکامل پادتن ها استفاده کرده است. اولین دارو بر

اساس این روش، adalimumab در سال ۲۰۰۲ تأیید شد که برای بیماری های روماتیسمی مفصلی و بیماری های روده مورد استفاده قرار می گیرد.

منابع:

www.nobelprize.org

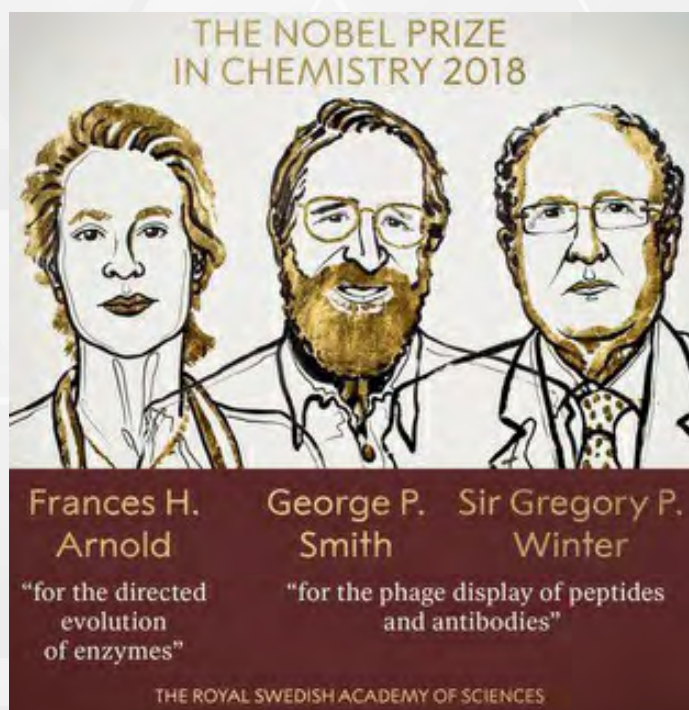
www.isna.ir

جایزه ی نوبل، اولین جایزه ی بین المللی است که از سال ۱۹۰۱، هر ساله به افراد پیشگام در حوزه های فیزیک، شیمی، علوم طبیعت، ادبیات، پزشکی و صلح اعطا می شود. برنده ی جایزه ی نوبل شیمی در سال جاری از قدرت تکامل الهام گرفته و از اصول تغییر ژنتیکی، برای توسعه پروتئین ها استفاده کرده است.

نیمی از جایزه ی نوبل سال جاری به خانم فرانسس هارنولد، از موسسه فناوری کالیفرنیا در ایالات متحده برای توسعه روشی جهت هدایت تکامل آنزیم ها، اهدا شد. در سال ۱۹۹۳، اولین تکامل مستقیم آنزیم ها، که پروتئین هایی هستند که واکنش های شیمیایی را شدت می بخشند، انجام شد. از آن زمان، او روش هایی را که

امروزه به طور معمول برای توسعه کاتالیزورهای جدید استفاده می شود، اصلاح کرده است. استفاده از آنزیم های فرانسس آرنولد برای تولید مواد شیمیایی سازگار با محیط زیست مانند داروها و تولید سوخت های تجدید پذیر برای بخش حمل و نقل سبز مورد استفاده قرار می گیرد.

نیمی دیگر از جایزه نوبل سال جاری در شیمی به



شیشه‌های هوشمند

فاطمه فاتح‌پاک
کارشناسی فیزیک

سواری و اتوبوس‌های بین شهری نیز هستیم. امروزه شیشه‌های هوشمند دارای کاربرد متنوعی در صنایع ساختمانی، بیمارستانی، لوازم خانگی، تزئینات و خودرو بوده است.

انواع شیشه‌های هوشمند

تولید شیشه‌های هوشمند بر پایه چهار تکنولوژی کریستال مایع، الکتروکرومیک، ذرات معلق و مواد ترموکرومیک استوار است.

شیشه‌های نانو و کریستال

یکی از روش‌های ساخت شیشه‌های هوشمند تکنولوژی کریستال مایع می‌باشد. در این نوع شیشه هوشمند، شیشه نور مستقیم خورشید را پراکنده نموده و تا ۹۸ درصد اشعه ماورای بنفش و مادون قرمز را حذف می‌نماید. این تکنولوژی بر اساس پخش کنترل شده نور از طریق نیروی الکتریکی عمل می‌نماید. تکنولوژی تولید شیشه‌های هوشمند همچون تکنولوژی تولید تلویزیون‌های LED و مانیتورهای کامپیوترهای شخصی بوده و این شیشه‌های هوشمند متشکل از کریستال مایع احاطه شده توسط یک زمینه پلیمری، ساندویچ شده بین دو عدد لایه هادی می‌باشد. هنگامی که نیروی الکتریکی وجود ندارد مولکول‌های کریستال مایع دارای وضعیت تصادفی می‌باشند که به دلیل پراکندگی نور، شیشه حالت مات دارد و با برقراری جریان الکتریکی مولکول‌ها هم جهت شده و شیشه شفاف می‌گردد.

حدود یک سوم انرژی یک ساختمان از طریق پنجره‌ها هدر می‌رود. به همین دلیل در سال‌های اخیر تلاش برای کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌ها بر روی پنجره‌ها متمرکز شده است. مطالعات زیادی برای یافتن روش‌های ذخیره انرژی صورت گرفته و نیاز به ذخیره انرژی باعث شده تا انواع جدیدی از پنجره‌های شیشه‌ای در ساختمان‌ها به کار برده شود. این تکنولوژی کاربردهای فراوانی دارد، به عنوان مثال شیشه‌ای را تصور کنید که قابلیت تغییر از حالت شفاف به حالت مات، توسط یک کلید را داشته باشد.

شیشه‌های هوشمند نوعی از شیشه هستند که با نام‌های شیشه‌های پویا و یا تغییرپذیر نیز شناخته می‌شوند، این نوع از شیشه‌ها قادرند جایگزینی برای وسایلی همچون سایه‌بان‌ها، کرکره‌ها و پرده‌ها شوند. این شیشه‌ها در کاهش هزینه‌های گرمایی خانه‌ها تاثیر بسزایی دارند و به همین دلیل حتی در مقایسه با قیمت بالایشان همچنان مقرون به صرفه می‌باشند.

سابقه شیشه هوشمند

سابقه شیشه‌های هوشمند کریستال مایع و فیلم آن به ۱۹۹۰-۱۹۹۴ باز می‌گردد و کاربرد تجاری و امروزی آن از سال ۲۰۰۱ صورت پذیرفت. مشخصات فیزیکی، عایق صوتی و قابلیت محیطی مناسب این نوع شیشه‌ها (ضخامت‌های ۲۵-۴ دهم میلی‌متر) سبب کاربرد زیاد در صنایع ساختمانی و سالن‌های اجتماعات گردیده است. امروزه شاهد استفاده از این شیشه‌ها در خودروهای

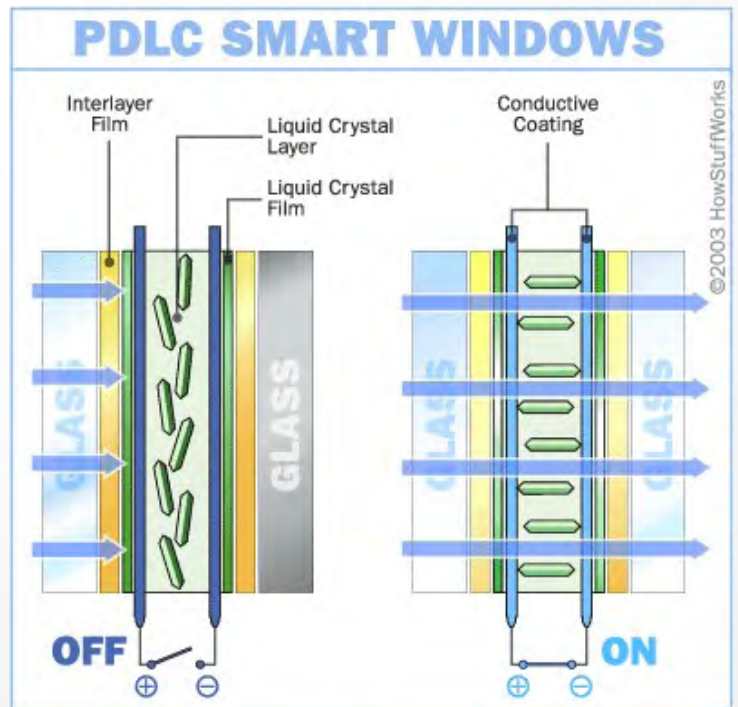
با افزایش جذب خود به تغییرات شدت نور واکنش نشان می‌دهد
 ۴) روش آخر استفاده از پوشش‌های برق فام (الکتروکرومیک) است که در آن، شیشه به وسیله یک لایه از تری اکسید تنگستن یا اکسید نیکل، به تغییر ولتاژ ایجاد شده واکنش نشان می‌دهد. در این روش به محض لمس یک دکمه بر تیرگی شیشه افزوده خواهد شد.

شیشه‌های خورشیدی

نور خورشید مدت زیادی است که به عنوان منبع تولید الکتریسیته و جایگزینی برای سوخت‌های فسیلی مورد توجه بوده‌است. اما اخیراً محصولات خورشیدی علاوه بر جذب انرژی خورشیدی، دارای کاربرد تزئینی نیز شده‌اند. شیشه‌های رنگی تشکیل شده از سلول خورشیدی، در مصارف خانگی و صنعتی کاربرد پیدا کرده‌است که نه تنها تولید کننده انرژی هستند، بلکه در رنگ‌های مختلف، کاربردهای تزئینی نیز در نمای ساختمان دارد. این محصول، پانل‌های چند لایه‌ای کدر تا نیمه شفاف، که به رنگ‌های نقره‌ای، برنزی، طلایی، تا رنگ‌های اصلی، قرمز، سبز، و سرخابی می‌باشد را شامل می‌شود که از پلی کریستال‌ها تشکیل شده‌اند. تفاوت رنگی آنان به دلیل تفاوت ضخامت در پوشش ضدانعکاس آنها می‌باشد. به‌عنوان مثال در شیشه‌های تولید شده با این تکنولوژی، رنگ آبی دارای ضخیم‌ترین پوشش ضدانعکاس است. که مصرف انرژی آن بسیار کم است. نقره‌ای هم دارای نازک‌ترین پوشش است که از نظر مصرف انرژی بهینه نیست. این نوع می‌تواند در مواردی که نیاز به گرفتن کم‌تری از انرژی خورشید می‌باشد به کار رود.

شیشه‌های الکتروکروماتیک

دسته‌ای از شیشه‌های هوشمند از الکتروکروماتیک‌ها بهره می‌برند. الکتروکروماتیک‌ها موادی هستند که رنگ آن‌ها در اثر جریان الکتریکی تغییر می‌کنند. جریان الکتریسته با ایجاد واکنش شیمیایی سبب تغییرات خصوصیات مواد می‌شود و کاری می‌کند تا آن‌ها نور



نمایش نحوه عملکرد شیشه‌های الکتروکرومیک (انواع فیلم کریستال مایع)

شیشه‌های آفتابگیر

مفهوم شیشه‌های ضد آفتاب در ساختمان به این معناست که این شیشه‌ها می‌توانند از جذب گرمای نامطلوب ناشی از تشعشع پرتوهای نور خورشید پیشگیری کنند.

این شیشه‌ها با استفاده از فناوری نانو به چهار روش ساخته می‌شوند:

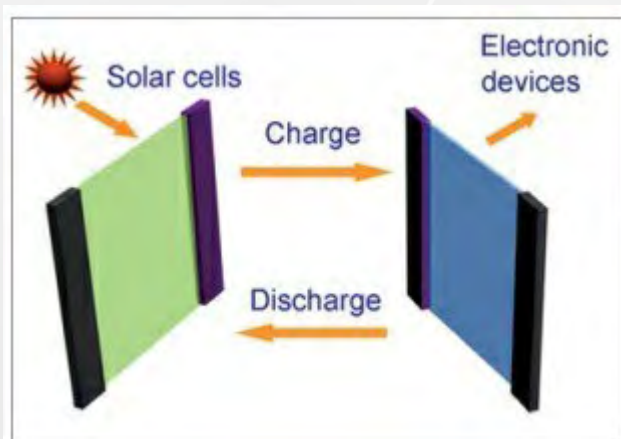
۱) پوشش‌هایی به شکل فیلم‌های بسیار نازک که به طیف خاصی از امواج حساسند، چنین پوشش‌هایی، این پتانسیل را برای شیشه فراهم می‌آورند تا بسامدهای ناخواسته فروسرخ (که سبب گرم شدن فضا می‌شوند) را فیلتر کرده و از ورود آن‌ها به داخل ساختمان پیشگیری کنند.

۲) این روش مبتنی بر فناوری گرمافامی (ترموکرومیک) است که به وسیله آن، شیشه به گرما واکنش نشان داده و نوعی سازوکار عایق‌بندی حرارتی را بر سر راه نور خورشید میسر می‌کند، در حالی که ساختمان از کسب نور کافی محروم نخواهد شد. در حالت کلی، این سازوکار، مبتنی بر کسب نور کافی بدون کسب انرژی گرمایی است.

۳) در این روش که موسوم به فوتوکرومیک است، شیشه

تکمیل شد، شیشه‌ها تاریک شده و عبور نور را محدود می‌کند. با این کار مقدار نور ورودی به خانه و دمای آن تحت کنترل در می‌آید و از سوی دیگر انرژی ذخیره شده در آن را می‌توان برای استفاده در ادوات الکترونیکی دیگر نظیر نمایشگرهای تلویزیونی به کار گرفت. با مصرف انرژی ذخیره شده در پنجره هوشمند توسط دیگر ادوات، خازن‌ها تخلیه شده و دوباره با جذب نور خورشید شارژ می‌شوند.

این پنجره‌های هوشمند از آرایه‌های نانوسیمی پلی‌آنیلین ساخته می‌شوند که روی یک فیلم شفاف رسوب داده شده‌اند؛ فیلم‌های شفاف، خود توسط لایه‌های رسانا پوشانده شده‌اند. این نانوسیم‌ها به وسیله یک ژل الکترولیتی پوشانده می‌شوند تا به عنوان الکتروود مورد استفاده قرار گیرند. دو الکتروود به صورت ساندویچی دور هم پیچیده می‌شوند تا یک ساختار جدید ایجاد شود.



شیشه‌هایی که نور خورشید را به الکتروسیته تبدیل کرده و در ابر خازن ذخیره می‌کنند.

امروزه فناوری‌های مدرن تولید شیشه، تاثیر شگرفی بر توسعه ساختمان سازی در سراسر جهان داشته‌اند. فناوری شیشه‌های هوشمند در سال‌های اخیر توسعه خیر کننده‌ای داشته است. طبق گزارش سالانه صنایع ایالت متحده آمریکا، تقاضا برای شیشه‌های هوشمند تا سال ۲۰۲۰ از مرز سه میلیون مترمربع در سال خواهد گذشت. تولید شیشه‌های هوشمند بر پایه چهار تکنولوژی کریستال مایع، الکتروکرومیک، ذرات معلق و مواد ترموکرومیک استوار است. ارزش بازار جهانی شیشه‌های هوشمند در سال ۲۰۱۲ در حدود ۸۰ میلیون

را جذب یا منعکس کنند. امروزه از صنعت الکترونیک در ساخت این نوع از شیشه‌های پنجره استفاده می‌شود. نور خورشید به شیشه‌ها می‌تابد، اما از طرفی جریان الکتریکی برقرار شده، سبب می‌شود تا یون‌ها از لایه ذخیره یونی به سمت لایه هدایت یونی حرکت کرده و به لایه الکتروکروماتیکی رجعت کنند و شیشه را شفاف نمایند. با قطع الکتریسته فرایند برعکس عمل کرده شیشه مجدداً تیره می‌شود. یکی از ویژگی مواد الکتروکروماتیکی قابلیت تنظیم آن‌هاست به طوری که می‌توان شدت کدري آن‌ها را با تغییر مقدار جریان تنظیم کرد. محققان استرالیایی روشی برای تعبیه نانو ذرات ساطع کننده نور در شیشه ابداع کرده‌اند که بدون اثرگذاری بر خواص منحصر به فرد شیشه، به آن خاصیت هوشمند شدن می‌دهد.



تنظیم میزان شفافیت شیشه‌های هوشمند با استفاده از جریان الکتروسیته

پنجره‌های هوشمند (آرایه‌های نانوسیمی پلی‌آنیلین)

اخیرا دانشمندان، موفق به ساخت پنجره‌هایی شدند که در آن از ابرخازن‌ها استفاده شده بود. این ابرخازن‌ها درون پنجره‌های الکترونیکی قرار داده شده‌اند؛ پنجره‌هایی که قادر به تغییر رنگ هستند. زمانی که تابش نور خورشید شدید است، این پنجره‌ها نور را جذب کرده و در خود ذخیره می‌کنند، زمانی که ظرفیت این پنجره‌ها

تکنولوژی ساخت شیشه به مرحله‌ای از کمال رسیده که طراحی و تولید انواع شیشه را با لحاظ کردن توانمندی‌های خواص پخش، انعکاسی، جذبی و شفافیت جهت دستیابی به شرایط ایده‌آل و پاسخگویی به خواسته‌های مختلفی همچون کنترل نور روز و درجه حرارت مناسب، امکان پذیر کرده است. شیشه‌های هوشمند علاوه بر تامین روشنایی روز دارای کیفیات دیگری همچون کنترل خورشیدی^۱، آسایش و راحتی از لحاظ دما (محافظت از گرمای تابستان و سرمای زمستان با مشخصه‌هایی همچون قابلیت بازافت، دوام پذیری، عدم نیاز به پاکیزه‌نمایی، محافظت از رنگ پدیدگی تدریجی اشیای داخل منازل در مقابل نور خورشید و... هستند).

(۱) طبق گزارش سالانه صنایع ایالت متحد آمریکا، تقاضا برای شیشه‌های هوشمند تا سال ۲۰۲۰ از مرز سه میلیون مترمربع در سال خواهد گذشت.

(۲) شیشه‌های هوشمند در کاهش هزینه‌های گرمایی خانه‌ها تاثیر بسزایی دارند و به همین دلیل حتی در مقایسه با قیمت بالایشان همچنان مقرون به صرفه می‌باشند.

منابع:

گلابچی، محمود، نانوفناری در معماری و مهندسی ساختمان. تهران: دانشگاه تهران، ۱۳۹۰

www.blog.eskano.com

www.cafesakhteman.com

www.sharhoor.com

www.edu.nano.ir

۱. منظور از کنترل خورشیدی این شیشه‌ها، قابلیت کنترل دماست؛ یعنی این شیشه‌ها با جمع‌آوری نور خورشید، انرژی لازم برای گرمایش و سرمایش داخل ساختمان را تامین می‌کنند. در این پنجره‌ها مایع خاصی وجود دارد که سطح خارجی آن قادر است نور خورشید را جذب و تبدیل به انرژی گرمایی کند. سطح داخلی پنجره نیز دمای هوای داخل ساختمان را بالا یا پایین می‌برد.

دلار است که در سال ۲۰۲۰ به ۷۰۰ میلیون دلار خواهد رسید. ساختمان‌هایی را تصور کنید که پنجره‌های آن مجهز به شیشه‌هایی است که با توجه به شدت تابش نور خورشید تیره و روشن می‌شوند. فناوری شیشه هوشمند می‌تواند در روزهای گرم تابستان که نور آفتاب به داخل ساختمان وارد می‌شود و نیاز به استفاده از دستگاه‌های خنک کننده و تهویه کننده هوا را افزایش می‌دهد به صورت هوشمند تاریک شود و از انعکاس نور جلوگیری کند و در عوض در فصول سرد سال دوباره به حالت اول بازگردد و شفاف شود. این فناوری، تاثیر خیره کننده‌ای بر مدیریت مصرف انرژی، در جهت کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی در ساختمان دارد. پنجره‌ها نقش اصلی را در کنترل نور ورودی به داخل ساختمان و میزان انرژی مورد نیاز ایفا می‌کنند. ضرورت کنترل انرژی هنگامی مشهودتر می‌شود که سطح وسیعی از ساختمان با شیشه پوشیده شود که اغلب در این شرایط، امکان حفظ گرمای محیطی مناسب و ذخیره‌سازی معقول انرژی به طور همزمان با مشکلاتی همراه می‌شود. با پیشرفت تکنولوژی در عصر حاضر، تلاش محققان بر تولید شیشه‌هایی با خاصیت پخش نور بسیار کم، جهت استفاده در ساختمان‌هایی با کاربری تجاری متمرکز شده است، به‌طوری‌که می‌توان با فراهم سازی امکان ورود انرژی خورشید به داخل ساختمان و ممانعت از فرار گرمای داخل ساختمان، مصرف انرژی را به میزان قابل توجهی کاهش داد. چنین شیشه‌هایی قابلیت ممتازی در ورود نور به داخل بنا داشته و محافظ خوبی در برابر شرایط جوی به شمار می‌روند.



کنترل میزان نور ورودی و ذخیره انرژی خورشیدی با استفاده از شیشه‌های هوشمند

دزیمتری ترمولومینسانس (گرمالیانی)

تینا سیدجمالی
کارشناسی ارشد ماده چگال

چکیده

با افزایش روز به روز استفاده از انرژی هسته‌ای، استفاده از مواد پرتوزا بیش‌تر می‌شود. از مواردی که باید کنترل شود یکی دز محیطی و دیگری دز فردی است، این اندازه‌گیری‌ها از جهت اطمینان از سلامت بیولوژیکی محیط و افرادی که در آن محیط‌ها قرار دارند حایز اهمیت است و از طرف دیگر محیط‌های هسته‌ای باید مطابق قوانین مراجع هسته‌ای تحت نظارت و کنترل دز محیطی و فردی، آشکارسازها و وسایل اندازه‌گیری مناسبی باید انتخاب گردد.

واژه‌های کلیدی: دزیمتری، ترمولومینسانس، درخشندگی، کالیبراسیون

۱. مقدمه

دزیمترها ابزاری هستند که توسط افراد حمل می‌شوند تا برآوردی از دز دریافتی شان انجام شود. تغییرات ماده حساس درون دزیمترها در مواجهه با پرتوهای یونیزان هم از نظر فیزیکی و هم از نظر شیمیایی می‌تواند معیاراندازه‌گیری دز پرتو قرار گیرد. دزیمتری ترمولومینسانس یکی از روش‌های شناخته شده در تعیین دقیق مقدار دز جذب شده است.

۲. مواد ترمولومینسانس

مواد ترمولومینسانس موادی هستند که می‌توانند انرژی

جذب کنند و بخشی از آن را در خود ذخیره کرده و به صورت نور تابش کنند. به چنین موادی فسفرهای ترمولومینسانس گویند. مواد ترمولومینسانس بسته به نحوه تامین انرژی برانگیختگی انواع مختلفی دارند که

اثر لومینسانس	شیوه برانگیزش
فتولومینسانس	امواج نوری
رادیولومینسانس	پرتوهای یونساز
الکترو لومینسانس	میدان الکتریکی
بیولومینسانس	انرژی بیوشیمی

چند نمونه از آنها به شرح زیر می‌باشد:

مواد رادیولومینسانس براساس نوع آزادسازی انرژی‌ای که از پرتوهای یونساز دریافت نموده‌اند، به سه دسته زیر تقسیم می‌شوند:

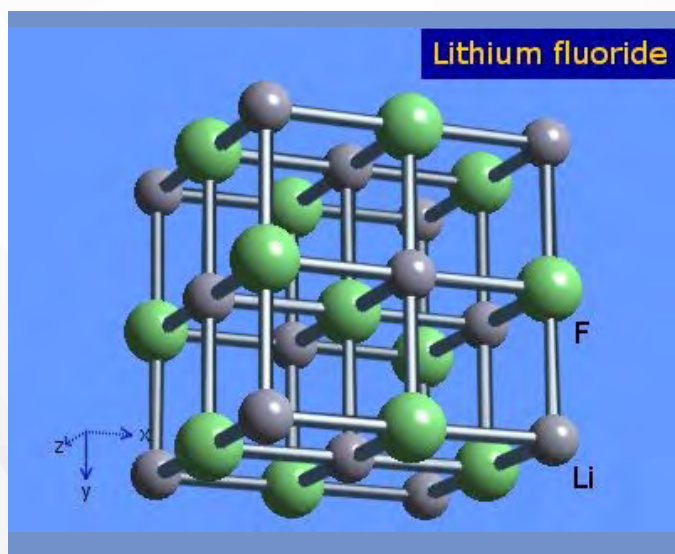
۱. فلئوئورسانس: این مواد به محض دریافت پرتوهای یونساز، نور مرئی تابش می‌کنند.

۲. فسفرسانس: این مواد اگر در میدان پرتوهای یونساز قرار گیرند، نور مرئی را با تأخیر تابش می‌کنند.

۳. ترمولومینسانس: با گرم کردن این مواد، الکترون‌های گیراندازی شده توسط پرتو، دوباره آزاد می‌شوند و در نتیجه ترکیب مجدد با یون‌های موجود در ماده از آن‌ها نور تابش می‌شود.

نور ساطع می‌شود [۱,۲,۴,۵].

ترمولومینسانس عبارت از انتشار نور ناشی از تحریک گرمایی پس از پرتو دهی ماده (نیمه هادی و یا عایق) می‌باشد. به عبارت دیگر با افزایش دما احتمال فرار الکترون‌ها افزایش می‌یابد و حالت نیمه پایدار که در عمق بیشتری قرار دارد با افزایش دما خالی می‌شود و به این پدیده ترمولومینسانس می‌گویند.



شکل ۱: ساختمان بلوری لیتیم فلوراید

نقائص شامل سه گروه کلی می‌باشند:

الف) نقص‌های ذاتی حرارتی

در این دسته دمای شبکه بر تعداد نواقص تاثیر می‌گذارد که منجر به پیچیدگی بیشتر ویژگی ترمولومینسانس می‌شود.

ب) نواقص ایجاد شده به دلیل ورود ناخالصی‌ها در شبکه یا نواقص غیر ذاتی
در این نواقص، یک یون، جایگزین یون دیگری در شبکه می‌شود و منجر به تولید تغییراتی در شبکه کریستالی شده که حاصل آن، ایجاد حفرات آنیونی و کاتیونی می‌باشد.

پ) نواقص القا شده توسط پرتو

این نواقص در اثر برخورد یک پرتو با بلورهای قطبی ایجاد می‌شود. پرتوهای یون‌ساز تغییرات عمده‌ای را چه در شبکه و چه در ناخالصی‌های موجود شبکه ایجاد می‌کنند.

معروف‌ترین بلورها:

لیتیم فلوراید (LiF)

کلسیم فلوراید (CaF_2)

سولفات کلسیم (CaSO_4)

به عنوان معروفترین ماده مواد ترمولومینسانس:

لیتیوم فلوراید آلاییده شده با منیزیم و تیتانیوم است.

LiF:Mg, Ti و با نام تجاری TLD-100

مواد مطرح دیگر:

مانند لیتیوم بورات (LiBO_4)، کلسیم سولفات (CaSO_4)

و کلسیم فلوراید (CaF_2) به عنوان مواد ترمولومینسانس

مطرح اشاره کرد.

ویژگی‌ها:

کلسیم سولفات و کلسیم فلوراید نسبت به لیتیوم فلوراید آلاییده شده با منیزیم و تیتانیوم از حساسیت بالاتری برخوردارند و می‌توانند برای اندازه‌گیری‌های دزهای خیلی پایین به کار روند.

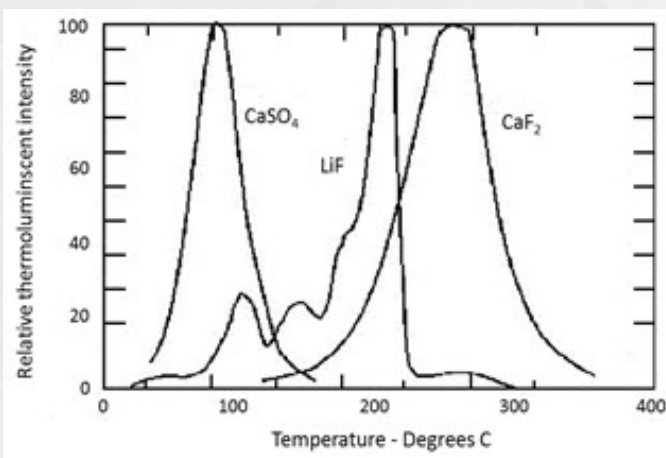
لیتیوم بورات ($\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$) همچنین دارای عدد اتمی نزدیک به بافت نرم است اما جاذب رطوبت می‌باشد و نسبت به پرتو ماورا بنفش حساس است، بنابراین استفاده از آن راحت نیست.

۳. فرایند ترمولومینسانس

در ساختمان بلوری جامدات معمولاً نواقصی از قبیل ناخالصی یا اختلاف غلظت اتم‌ها و غیره وجود دارد. برخی از این ناخالصی‌ها در اطراف خود مناطقی با بار الکتریکی مثبت و منفی به وجود می‌آورند، این مناطق که قادر به جذب بارهایی با علامت مخالف هستند، مرکز گیراندازی و قدرتی که باعث پیوند بارهای مخالف می‌شود عمق آن نامیده می‌شود. در بلورهای TLD جذب انرژی تابش، باعث برانگیخته شدن اتم‌ها می‌شود که در اثر آن در بلور تعدادی الکترون آزاد و حفره پدید می‌آید. ناخالصی‌های موجود در مواد، این حفره‌ها و الکترون‌های آزاد را به دام می‌اندازد، و به این طریق انرژی برانگیختگی در بلور ذخیره می‌شود. انرژی ذخیره شده تحت شرایط خاص با گرما دادن به صورت

۴. توانایی نگهداری از انرژی حاصل از پرتودهی، تا مدت‌های زیادی را دارند که این موضوع موجب استفاده از آن جهت دزیمتری فردی و محیطی شده است.
۵. عدم وابستگی به نرخ دز
۶. عدم وابستگی به دمای پرتودهی
۷. TLD ها نسبت به عوامل شیمیایی محیط غیر حساس‌اند (رطوبت، بخار و...)
۸. TLD ها در اشکال مختلف مانند پودر و قرص و در محیط‌های مختلف بتا، گاما و نوترون قابل استفاده هستند.
۹. اقتصادی بودن، از این جهت که قابلیت استفاده مجدد دارند.
۱۰. سهولت قرائت، برای قرائت TLD نیاز به علم شیمی ندارد.
۱۱. تنوع زیاد، با حساسیت‌های مختلف نسبت به انواع پرتوها [۴،۵].

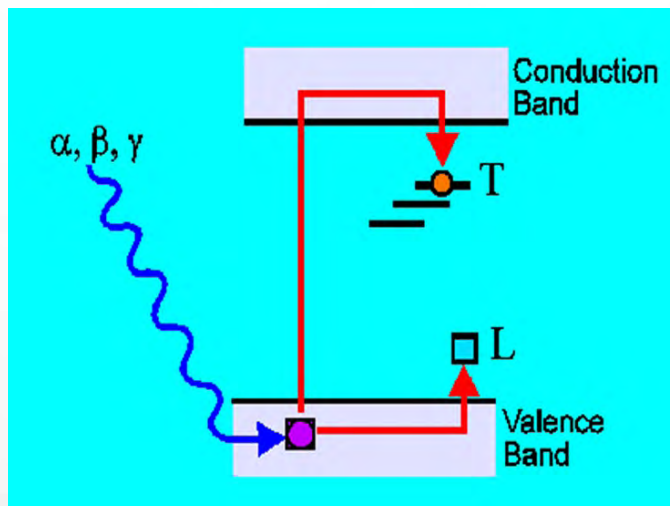
۱-۴- منحنی درخشدگی (Glow Curve)
 نمودار شدت فوتون‌های ترمولومینسانس نسبت به دما را منحنی درخشدگی می‌نامند. منحنی درخشدگی یک قله منفرد یا چند قله هم‌پوش تشکیل شده باشد، که به نوع ماده ترمولومینسانس و فعال‌سازهای آن بستگی دارد. دام‌های کم عمق باعث تشکیل قله‌های کم دما و دام‌های عمیق باعث تشکیل قله در دمای بالاتر می‌شوند. تعدادی از TLDها، ترکیبات و عدد اتمی موثر آن‌ها آمده است.



شکل ۴: هر یک از قله‌ها نمایان‌گر مجموعه‌ای متفاوت از مراکز دامی الکترون هستند هر مجموعه، در انرژی متفاوتی در گاف انرژی قرار دارند دام‌های کم عمق انرژی کمتری جهت تخلیه شدن نیاز دارند و در دمای اتاق ناپایدارند.

فرآیند ترمولومینسانس به طور کلی دارای دو مرحله می‌باشد:
 مرحله اول:

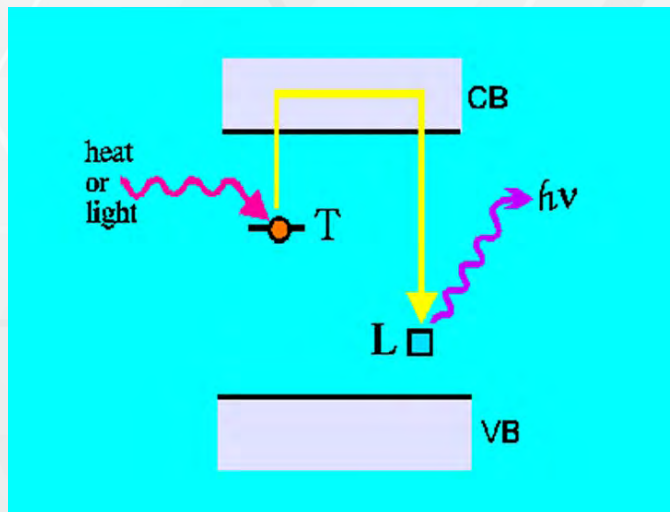
TLD در حالت پرتودهی + پرتودهی = TLD در حالت شبه پایدار



شکل ۲: فرآیند گیراندازی الکترون (پرتودهی)

مرحله دوم:

TLD در حالت شبه پایدار + گرمادهی = TLD در حالت تعادل



شکل ۳: حرکت الکترون در باند انرژی بعد از پرتودهی

۴. فواید دزیمتری با TLD

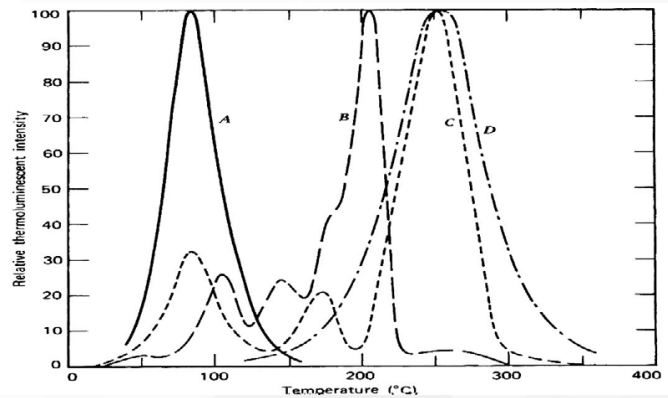
۱. TLD ها در اندازه‌های کوچک وجود دارند که همین امر باعث می‌شود که در مکان‌های کوچک نیز مورد استفاده قرار گیرند
۲. اندازه‌گیری دزهای به شدت کم و زیاد ($10\mu\text{Gy}$ - 10^4Gy) با آن‌ها امکان پذیر است.
۳. انواع مختلفی از آن‌ها معادل بافت انسان می‌باشند.

اگر آهنگ گرمادهی منظم باشد، منحنی درخشندگی متقارن خواهد بود.

شدت نور ترمولومینسانس که در دماهای کم از مواد ترمولومینسانس گسیل می‌شود، به عواملی نظیر محیط و زمان سپری شده بین پرتودهی و قرائت مواد مذکور بستگی دارد.

شدت نور ترمولومینسانس که در دماهای بالا (بالتر از ۴۰۰ درجه سانتی گراد) گسیل می‌شود، شامل تابش‌های مادون قرمز نیز می‌باشد. این تابش‌ها باعث می‌شوند که قسمت انتهایی منحنی درخشندگی سریعاً صفر نشده و اندازه‌گیری سطح زیر منحنی، با خطا همراه شود. به همین دلیل باید آن قسمت از منحنی حذف شود.

معمولاً قله‌هایی که در دمای حدود ۲۰۰ درجه سانتی گراد ظاهر می‌شوند، جهت دزیمتری مناسب می‌باشند.



شکل ۵: منحنی درخشندگی برای ۴ ترکیب

A) CaSO₄:Mn, B) LiF:Mg,Ti, C) CaF₂, D) CaF₂:Mn

عدد اتمی چند نمونه از TLD ها [۳,۸,۹]

ترکیب	لیتیوم فلوراید	لیتیوم بورات	کلسیم سولفات	کلسیم فلوراید	برلیوم اکساید	آلومینیوم اکسید
	LiF	Li ₂ B ₄ O ₇	CaSO ₄	CaF ₂	BeO	Al ₂ O ₃
عدد اتمی موثر	8.2	7.4	15.3	16.3	7.3	10.2

۵-۱. پاسخ به دز (Dose response), F(D): عبارت است از تغییرات شدت سیگنال TL به دز جذبی می‌باشد. اکثر مواد ترمولومینسانس مورد استفاده در دزیمتری، در گستره وسیعی از دز دارای پاسخ خطی می‌باشند.

۵-۱. فاکتور فوق خطی (Super linear Factor): برای نرمالیزه نمودن نسبت شدت TL به دز F(D)/D در دزهای مختلف به مقدار این نسبت در ناحیه خطی تعیین می‌گردد.

$$\text{فرمول ۱} \quad F(D) = [F(D)/D / F(D_1)/D_1]$$

D₁ دز در ناحیه خطی می‌باشد.

در ناحیه خطی:

$$\text{فرمول ۲} \quad F(D) = 1$$

در ناحیه فوق خطی:

$$\text{فرمول ۳} \quad F(D) > 1$$

در ناحیه زیر خطی:

$$\text{فرمول ۴} \quad F(D) < 1$$

تغییرات F(D) علاوه بر نوع ماده به نوع پرتو هم بستگی دارد.

برای مثال:

در دزیمتر LiF:Mg,Ti(TLD-100)

عدد اتمی موثر^۱ لیتیوم فلوراید Z_{eff}=8.2 و لیتیوم بورات Z_{eff}=7.4 است و هر دو TLD تقریباً هم ارز بافت (Z_{eff}=7.4) می‌باشد. اما به دلایل زیر از لیتیوم فلوراید به نسبت لیتیوم بورات بیشتر در دزیمتری فردی استفاده می‌شود.

لیتیوم بورات در برابر رطوبت بسیار آسیب پذیر می‌باشد و هر چند در دمای اتاق، محوشدگی ناچیزی در برابر گرما از خود نشان می‌دهد اما نور محوشدگی خیلی زیادی در دمای محیط دز آن ایجاد می‌شود. در حالی که لیتیوم فلوراید محوشدگی نسبتاً اندکی در دمای محیط دارد و در طول ۲ ماه هیچ محوشدگی موثری در آن مشاهده نمی‌شود و در برابر رطوبت نیز از پایداری فیزیکی مناسبی برخوردار است.

۵. روش‌های اندازه‌گیری سیگنال ترمولومینسانس:

معمولاً شامل محاسبه سطح زیر منحنی درخشندگی بین دو دمای انتخابی و یا ارتفاع یک قله خاص می‌باشد. نکات مهم در محاسبه سطح زیر منحنی درخشندگی:

1. Effective atomic number

۶. پاسخ به انرژی پرتو (Energy Response)

$S(E)$ عبارت از شدت فوتون‌های TL ناشی از پرتوها با انرژی مختلف در یک دز مشخص می‌باشد که هم به انرژی پرتو و هم به عدد اتمی موثر Z_{eff} ماده بستگی دارد کمیت $S(E)$ ، برای استفاده کاربردی نسبت به فوتون‌های ^{60}Co با انرژی موثر 1250Kev سنجیده می‌شود.

برخی از مواد ترمولومینسانس با داشتن عدد اتمی موثر معادل و یا نزدیک به بافت (۷,۴) دارای RER مشابه به بافت بدن می‌باشند مانند $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ با عدد اتمی موثر ۷,۴ و LiF با عدد اتمی موثر ۸,۱۴ این مواد کاربرد گسترده‌ای در دزیمتری‌های فردی و پزشکی دارند.

۷. مراحل دزیمتری با مواد ترمولومینسانس

۱- گرمادهی (Annealing)

تمام مواد ترمولومینسانس هنگام آماده سازی برای دزیمتری نیاز به گرمادهی در دما و مدت زمان معین دارند این عمل ساختار ماده را به حالت تعادل در می‌آورد و هرگونه انرژی ذخیره شده ناشی از پرتوگیری قبلی را تخلیه می‌نماید. گرمادهی بسته به نوع ماده ترمولومینسانس ممکن است از یک و یا دو سیکل دمایی زمانی تشکیل شده باشد این مرحله اصطلاحاً صفر نمودن دزیمتر نامید می‌شود.

نوع دزیمتر	دستور عمل پخت
TDL-100(LiF)	۴ ساعت در دمای ۲۶۰ درجه سانتی گراد سپس ۲۴ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد
TDL-100H, GR-200 (LiF:Mg,Cu,P)	۱۰ دقیقه در دمای ۲۴۰ درجه سانتی گراد سپس ۲ ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد
$\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Mn}$	۱۵ دقیقه در دمای ۳۰۰ درجه سانتی گراد
$\text{CaF}_2:\text{Dy}(\text{TLD}-200)$	۱ ساعت در دمای ۴۰۰ درجه سانتی گراد
$\text{CaF}_2:\text{Mn}(\text{TLD}-400)$	۱ ساعت در دمای ۴۰۰ درجه سانتی گراد

برای پرتوهای گاما ^{60}Co :

در دزهای $D \leq 1\text{Gy}$, $F(D)=1$

در دزهای $D=200\text{Gy}$, $F(D)=3.5$

برای پرتوهای ایکس 20KVP:

در دز $D=200\text{Gy}$, $F(D)=1.5$

در دزیمتر LiF:Mg,Cu,P

برای پرتوهای ^{60}Co

در دزهای $D \leq 10\text{Gy}$, $F(D)=1$

بنابراین لازم است در هنگام استفاده از هر نوع ماده ترمولومینسانس، منحنی پاسخ به دز آن برای پرتو مورد مطالعه رسم شود.

حساسیت $S(D)$

حساسیت $S(D)$ یک دزیمتر TLD عبارت از نسبت شدت سیگنال TL به واحد دز جذبی می‌باشد به دلیل اینکه حساسیت علاوه بر نوع ماده به عوامل دیگر مانند قرائتگر، فیلترهای موجود در قرائتگر، آهنگ گرمادهی (Heating Rate) به هنگام قرائت و روش اندازه‌گیری (سطح زیر منحنی درخشانی و یا ارتفاع یک پیک خاص) بستگی دارد، تعریف آن به صورت مطلق مشکل می‌باشد به منظور ساده‌سازی و کاهش خطاهای ناشی از عوامل فوق، حساسیت نسبی به صورت شدت TL ناشی از ماده مورد نظر به شدت TL ناشی از $\text{LiF:Mg,Ti}(\text{TLD}-100)$ تعریف می‌گردد و بنابراین $S(D)$ به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$S(D) = F(D)_{\text{Material}} / F(D)_{\text{TLD100}} \quad \text{فرمول ۵}$$

به دلیل بستگی شدت TL به دز، حساسیت نیز به دز بستگی دارد. همچنین به دلیل رفتار متفاوت پیک‌های مختلف گرمادهی و انتشار فوتون‌های TL با طول موج‌های مختلف $S(D)$ نیز تابعی از آهنگ گرمادهی و تحت تاثیر فیلترهای اپتیکی موجود در قرائتگر می‌باشد بنابراین هنگام گزارش حساسیت یک دزیمتر لازم است مقدار دز آزمایشی و آهنگ گرمادهی به همراه سایر اطلاعات مفید ارائه گردد.

در بیشتر انواع متداول آن‌ها گرما از طریق گرمایش مقاومتی صورت می‌گیرد. برای این منظور چند مقاومت الکتریکی زیر تشک (محل قرارگیری TLD) قرار می‌دهند یا اینکه سیستم را طوری طراحی می‌کنند که خود تشک جزئی از مدار محسوب می‌شود. در این گونه قرائتگرها از جریان گاز ازت استفاده می‌شود. چون ترکیب اکسیژن موجود با ماده موجب لومینسانس شیمیایی می‌شود، حضور یک گاز بی‌اثر نظیر ازت با فراهم کردن یک محیط خنثی از این پدیده جلوگیری می‌کند. از سوی دیگر قطع کردن جریان گاز گرم در محیط به خنک‌تر شدن سریع محیط قرائتگر کمک می‌کند. در برخی دیگر از قرائتگرها، گرم کردن از طریق جریان گاز داغ^۲ صورت می‌گیرد. در این روش با عبور گاز بی‌اثر از داخل لوله‌های موئینه به دزیمتر گرما داده می‌شود. دسته سوم نیز سیستم‌هایی هستند که در آن‌ها از گرمای ناشی از تابش یک لامپ استفاده می‌شود. [۶،۷]

اجزای اصلی تشکیل دهنده این قرائتگرها که در شکل نشان داده شده‌اند عبارتند از:

- ۱- سیستم گرمادهنده
- ۲- سیستم آشکارساز نور
- ۳- سیستم اندازه‌گیری بار الکتریکی
- ۴- سیستم ثبت کننده و نمایشگر نتیجه

در کل سیستم از دو قسمت تشکیل شده است:

- ۱- دستگاه قرائتگر
- ۲- نرم افزار WinRems^۳
- ۳- نرم افزار WinREMS

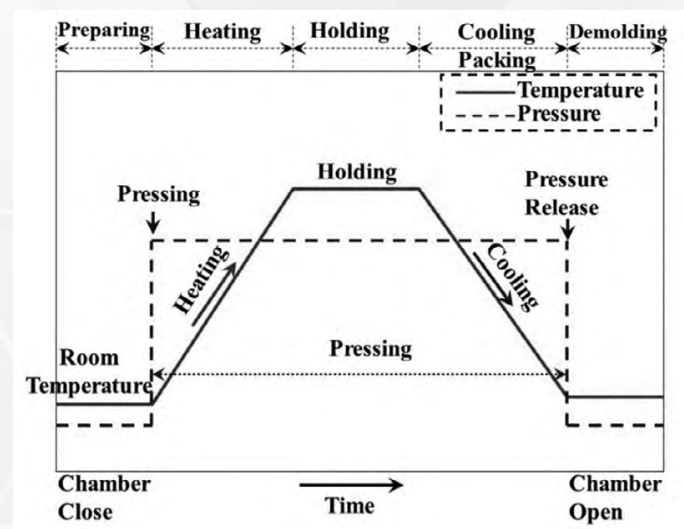
۱۰. TTP

دمایی که در هنگام خواندن TLD ها به آن‌ها داده می‌شود تابعی از زمان است که این وابستگی تحت عنوان TTP نشان داده می‌شود. اگرچه برای

۲- پرتودهی و کالیبراسیون

در این مرحله دزیمترها در یک دز معین از پرتوهای گاما پرتودهی می‌شود.

۳- پیش گرمادهی (Pre-heat) یا گرمادهی بعد از پرتودهی (Post-irradiation annealing)
به منظور حذف قله‌های کم دما، پس از پرتودهی مجدداً دزیمترها در دما و زمان مناسب گرمادهی می‌شوند. دما و زمان پیش گرمادهی باید بهینه شده باشد به طوریکه روی پیک‌های دزیمتری اثر نداشته باشد.



۸. قرائت دزیمتر (Readout):

با تنظیم آهنگ گرمادهی (heating rate)، زمان قرائت (Acquisition time) و ماکزیمم دما (T_m) در قرائتگر، دزیمتر در اتمسفر بی‌اثر (نیتروژن) خالص قرائت شده و اطلاعات ذخیره شده تخلیه می‌گردد واحد TL تخلیه شده nc در انتگرال گیر و عدد (تعداد فوتون‌های TL) در قرائتگرهای شمارش فوتونی می‌باشد.

۹. دستگاه قرائتگر (TLD) TLD READER

قرائتگرها را می‌توان با توجه به نوع کاربرد آن‌ها به دو دسته کلی طبقه بندی کرد.

- ۱- دستگاه‌های نیمه اتوماتیک، ساده و بادوام که برای اهداف تحقیقاتی طراحی شده‌اند.
- ۲- قرائتگرهای که تماماً اتوماتیک هستند و برای انجام دادن کارهای روتین مورد استفاده قرار می‌گیرند.

2. hot gas

3. Windows Radiation Evaluation and Manegment System

- ۴- آشنایی با مبانی فیزیک هسته‌ای، مایر هوف.
- ۵- حفاظت در برابر اشعه (کتاب ۱).
- 6- F. Torkzadeh, F. Manouchehri- Atom eneryy oryanization of iran, Department radiation protection Division, Thermal Neutron Fluence Measurement in Research Reactor By Thermolumines cence Dosemetr TLD- boo.
- 7- Maria Ranoyajec- komor, Thermoluminescence Dosimetry-Application in Environmental Monitoring , september 20, 2002.
- 8- K. Ayy an Gar, Bhuwan chandra, A.R. Lakshmanan, Mixed Field Dosimetry with caso4: Dy, 16 April 1974.
- 9- B. Burykhardt, E. piesch, Radiation protection Department, Karlsruhe Nuclear Research center, A computer Assi sted Evaluation Technifue for Albedo Thermolumines cence Dosimeters, 24 April 1982.

TLDهای مختلف توصیه‌های دمایی متفاوتی وجود دارد اما مراحل این فرآیند برای همه TLDهای مختلف مشابه است.

منابع

- ۱- دزیمتری ترمولومینسانس، آلیستر مک کینلی، نویده آقائی امیرخیزی، الهام شاه‌حسینی، انتشارات سایه نیما، تهران، ۱۳۹۰.
- ۲- اندازه‌گیری و آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای، نیکلاس سولفانیدیس، دکتر رحیم کوهی، دکتر هادی‌زاده یزدی، انتشارات سیمین، مشهد، ۱۳۷۰.
- ۳- آشنایی با فیزیک هسته‌ای (جلد دوم)، کنت کرین، ناصر میرفرخایی، مجید مدرس، انتشارات نشر دانشگاهی، تهران، ۱۳۷۳.

کولر بی مصرف!!! (بدون صرف برق)

ریحانه نبی زاده
کارشناسی فیزیک

مقدمه

سیستم خنک کننده‌ی ترموالکتریک که با استفاده از پدیده‌ی ترموالکتریک طراحی شده است دارای مزایای بسیاری نسبت به سیستم‌های مشابه می‌باشد. ما در این مقاله به بررسی پدیده‌ی ترموالکتریک و مزایای آن می‌پردازیم.

کولر ترموالکتریک

در سیستم خنک کننده‌ی ترموالکتریکی از ماده‌ی مبرد^۱ استفاده نمی‌شود. در این نوع خنک کننده‌ها عبور جریان الکتریکی از دو ماده‌ی غیرهم جنس، گرما و سرما تولید می‌کند. در واقع آثار ترموالکتریک به تبدیل مستقیم اختلاف دما به ولتاژ الکتریکی و بالعکس آن برمی‌گردد. در مقیاس اتمی، اعمال گرادیان دمایی^۲ سبب حمل بار در ماده برای نفوذ از طرف داغ به طرف سرد می‌شود. فرآیند ترموالکتریک براساس دو اصل شناخته شده‌ی اثر سبیک^۳ و اثر پلتیر کار می‌کند.

اثر پلتیر

در سال ۱۸۳۴ فیزیکدان فرانسوی جین کارلز آنانز

۱. مبرد یا ماده سردکننده: به ماده‌ای خالص یا مخلوطی از مواد اطلاق می‌شود که به طور متداول در حالت سیال قراردارند و در چرخه‌های تبریدی و پمپ‌های حرارتی استفاده می‌شوند.

۲. گرادیان دمایی: فاصله‌ی دما، اختلاف دما

۳. اثر سبیک: تولید انرژی الکتریکی از انرژی حرارتی تلف شده. (تبدیل گرما به انرژی الکتریکی)

پلتیر^۴ اثر پلتیر را کشف کرد. اثر پلتیر حضور گرما و یا سرما در اتصال الکتریکی بین دو ماده‌ی هادی متفاوت است.

پلتیر مشاهده کرد که وقتی جریان کمی از اتصال دو سیم غیرهم جنس عبور کند، اختلاف دما پدید می‌آید؛ بنابراین اثر پلتیر یک اثر برگشت پذیر است. این اثر توسط اعمال ولتاژ ما بین دو الکتروود متصل به یک نمونه از ماده‌ی نیمه‌رسانا با نتیجه‌ی سرمایش یک طرف و گرمایش طرف دیگر به وجود می‌آید.

المان‌های خنک کننده‌ی ترموالکتریک

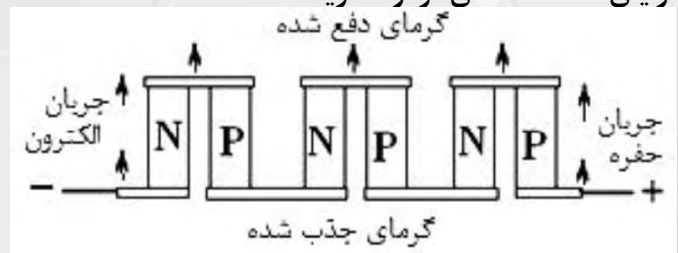
خنک کننده‌ی ترموالکتریک از دو المان نیمه‌رسانا تشکیل شده است که به صورت متراکم از تعداد زیادی از الکترون‌های نوع n و تعداد محدودی الکترون‌های نوع p که در طرف مخالف هم‌دیگر مرتب شده‌اند، تشکیل شده است. این مواد مخالف روی سطوح سرد و داغ در امتداد مواد رسانا نظیر مس، همان‌طور که در شکل (۱) نمایش داده شده است، قرار گرفته‌اند. در طرف سرد، گرما توسط الکترون‌هایی که از المان نیمه‌رسانای نوع p با انرژی کم به نوع n با انرژی زیاد عبور می‌کنند، جذب می‌شود. در طرف داغ، انرژی از طریق حرکت الکترون‌ها از سطح انرژی بیشتر در المان نیمه‌رسانای نوع n به سطح انرژی کم‌تر در نوع p به چاه حرارتی

4. Jean chorles Athanase Peltier

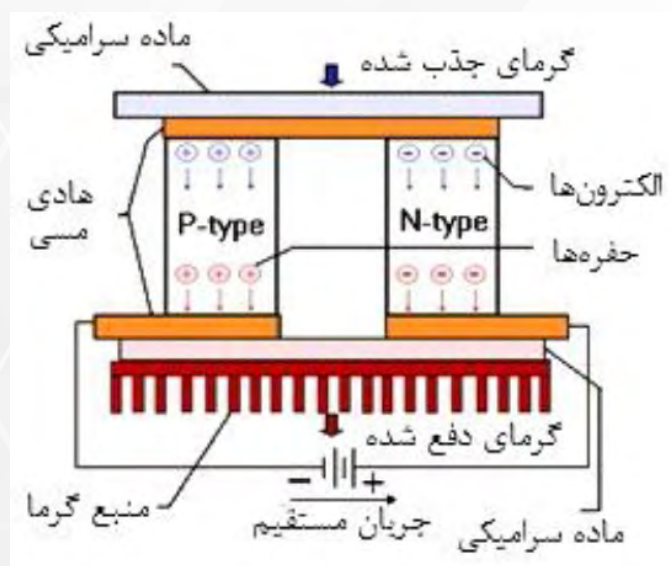
ساختار مجموعه‌ی خنک‌کننده‌های ترموالکتریک

مجموعه‌ی خنک‌کننده‌های ترموالکتریک از طریق در کنار هم قرار گرفتن جفت نیمه‌رساناهای غیرهمجنس که یکی از نوع n و دیگری از نوع p می‌باشد، ساخته می‌شوند. نیمه‌رساناهایی که امروزه بیش‌تر در ساخت این مجموعه‌ها استفاده می‌شوند تلورید بیسموت می‌باشد. سایر موادی که جهت ساخت ترموالکتریک استفاده می‌شوند عبارت‌اند از: تلورید سرب، سیلیکون و ژرمانیوم. در شرایط خاص نیز آلیاژهای بیسموت و آنتیموان استفاده می‌شوند. بیش‌ترین کارایی زمانی به دست می‌آید که یک نیمه‌رسانای نوع n و یک نیمه‌رسانای نوع p از نظر الکتریکی با هم سری و از نظر گرمایی موازی باشند (شکل ۳) و ولتاژی به انتهای آزاد دو نیمه‌رسانا اعمال می‌شود و جریان الکتریسیته در میان نیمه‌رساناهای جفت شده جریان می‌یابد. اختلاف دمای ایجاد شده در دو سوی نیمه‌رسانا سبب می‌شود گرما از اطراف صفحه‌ی سرد جذب شود و به سمت دیگر دستگاه (چاه حرارتی) حرکت کند. با حرکت الکترون‌ها از سمتی با انرژی بیش‌تر به سمتی با انرژی کم‌تر، حرارت نیز توسط این الکترون‌های سرماساز حمل و در سمت دیگر (صفحه‌ی داغ) آزاد می‌شوند. خنک‌کننده‌های ترموالکتریک مزایای متعددی نسبت به دیگر فناوری‌های خنک‌کننده دارند. این مجموعه‌ها اجزای متحرک ندارند و بسیار کم صدا هستند. قابلیت اعتماد بیش‌تری دارند. مجموعه‌ی ترموالکتریک می‌تواند دستگاه‌ها را تا زیر دمای محیط خنک کند. دماهای سردتر تا کم‌تر از -100 درجه سانتی‌گراد با استفاده از خنک‌کننده‌ی ترموالکتریک چند مرحله‌ای در یک محیط خلأ قابل دستیابی است.

مزایای خنک‌کننده‌ی ترموالکتریک



انتقال داده می‌شود. منبع قدرت DC، انرژی مورد نیاز حرکت الکترون‌ها در درون سیستم را تأمین می‌کند. ابعاد یک نوع خنک‌کننده‌ی ترموالکتریک معمول $30 \times 30 \times 3/6$ میلی‌متر مکعب است. اما قالب هندسی آن‌ها می‌تواند تغییر-کند؛ نمونه‌های تجاری به کوچکی 2×2 میلی‌متر مربع و به بزرگی 62×62 میلی‌متر مربع وجود دارند. خنک‌کننده‌های ترموالکتریکی معمولاً وزن‌های بسیار سبکی دارند که آن‌ها را برای کاربرد در فضاها و هندسی نازک یا نقاطی که نیازمند وزن کم در مقایسه با خنک‌کننده‌های معمولی می‌باشد، مناسب می‌کند. نمونه‌هایی از خنک‌کننده‌های ترموالکتریک در (شکل ۲) نمایش داده شده‌است.



شکل ۳- مجموعه‌ی المان‌های ترموالکتریکی

شکل ۲- خنک‌کننده ترموالکتریک یا المان پلنیر

این سیستم‌ها نیاز به کمپرسور^۵ ندارند و بدون نیاز به سیال مبرد، خنک‌کنندگی داخل اتاق خودرو را انجام می‌دهند که علاوه بر جلوگیری از انتشار مبردهای آلاینده در محیط زیست، مصرف انرژی را کاهش می‌دهد. در این سیستم به دلیل عدم نیاز مستقیم به توان موتور، با تامین انرژی مورد نیاز از باتری خودرو، پیک توان مصرفی خودرو در هنگام روشن بودن کولر به مقدار زیادی کاهش می‌یابد.

به کمک این خنک‌کننده هم توان مصرفی بیش از ۵۰ درصد کاهش می‌یابد هم می‌توان با قطعات بسیار ارزان‌تر از سیستم خنک‌کننده‌ی موجود، داخل اتاق خودرو را خنک کرد.

چون در این سیستم از مبردهای سی.اف.سی^۶ که به صورت بالقوه برای محیط زیست مضرند، استفاده نمی‌شود، مزایای زیست محیطی و ایمنی دارند. نیاز به تعمیر و نگهداری آن‌ها اساساً چیزی نزدیک به صفر خواهد بود و برای خنک کردن قطعات حساس به ارتعاش مکانیکی گزینه‌ی ایده‌آلی محسوب می‌شود چون بدون لرزش و صدا هستند؛ یکی از مزایای جذاب آن‌ها برای صنعت ریلی، عدم حساسیت این سیستم‌ها به لرزش

و شتاب می‌باشد. برای تولید در اندازه‌های کوچک مناسب هستند، سبک هستند و طول عمر طولانی دارند (متوسط زمان خرابی آن‌ها بیش از یک‌صد هزار ساعت اندازه‌گیری شده است). این سیستم‌ها در مقایسه با سیستم‌های مولد انرژی دیگر و سیستم‌های سرمایشی تراکمی در ظرفیت مشابه، حجم بسیار پایین‌تری را اشغال می‌کنند. عدم وجود قطعات متحرک، یکپارچگی و عدم وجود المان‌های زیاد از دیگر مزایای این سیستم‌ها می‌باشد و به علت حذف سیستم لوله کشی و هدایت گاز مبرد به راحتی می‌توان تولید انرژی الکتریکی و سرمایش را به صورت موضعی انجام داد.

منابع

- ۱- یعقوب محمدی، افزایش بهره‌وری وسایل نقلیه ریلی با استفاده از سیستم‌های ترموالکتریک
- ۲- مهدی زارع جعفرآبادی، هادی رامین، رضا حسینی ابرده، بهینه‌سازی مولد ترموالکتریک چند قطعه‌ای و محاسبه عملکرد باروش دقیق
- ۳- علی میر محمدی، سیستم خنک کننده‌ی نوین هوای داخل خودرو

۵. کمپرسور یا متراکم کننده: برای فشرده کردن سیالات تراکم‌پذیر به کار می‌رود.
۶. کلروفلوئورکربن (CFC): مواد شیمیایی هستند که در تهویه و چرخه‌های انتقال حرارت به عنوان ماده‌ی واسطه کاربرد وسیعی دارند و باعث نابودی لایه‌ی اوزون نیز شده‌اند.

تفاوت قانون و نظریه

پگاه سرتیپی زاده
کارشناسی فیزیک

بیفتد؛ در حالی که یک نظریه چرایی و علت را توضیح می‌دهد؛ یک نظریه هیچ وقت نمی‌تواند به یک قانون تبدیل شود ولی با این حال نظریه‌ها گاهی می‌توانند باعث بهتر شدن یکدیگر شوند.

در قرن هفدهم، یوهانس کپلر نظریه‌ی هارمونی کیهانی را برای توضیح ماهیت مدارهای سیارات مطرح کرد؛ هنگامی که کپلر دهه‌ها مشغول مطالعه‌ی اطلاعات دقیق ستاره‌شناسی برای اثبات نظریه‌اش بود سه قانون برجسته برای حرکت سیارات به‌وجود آورد در حالی که امروزه سه قانون کپلر هنوز مورد استفاده قرار می‌گیرند ولی جاذبه جای نظریه‌ی او را برای توضیح حرکت سیارات گرفته‌است.

چرا کپلر در قسمتی از نظریه‌اش دچار اشتباه شد؟ به این دلیل که به ما یک کتاب راهنمای جامع داده نشده‌است، در عوض ما به صورت مداوم ایده‌های علمی جدیدمان را معرفی می‌کنیم، به چالش می‌کشانیم، تصحیح و یا حتی عوض می‌کنیم.

قوانین معمولاً در مقابل تغییر مقاومت می‌کنند، اگر این ویژگی را نداشتند هیچ وقت به عنوان قانون پذیرفته نمی‌شدند، با این حال بعضی وقت‌ها ما در برخورد با اطلاعات جدید غیر منتظره قوانین را اصلاح می‌کنیم، در طرف دیگر پذیرفتن یک نظریه شرایطی مثل

وقتی که با دوستان در مورد یک نظریه‌ی علمی ثابت شده بحث می‌کنید ممکن است او در جواب بگوید: «خیلی خوب، این فقط یک نظریه است»؛ در حالی که بحث در مورد یک قانون علمی ثابت شده به ندرت به جمله‌ی «خب این فقط یک قانونه» ختم می‌شود. علت چیست؟ تفاوت یک نظریه و یک قانون در چیست؟ و آیا یکی بهتر از دیگری است؟

قوانین و نظریه‌های علمی وظایف متفاوتی دارند. یک قانون علمی می‌تواند نتایج یک دسته شرایط اولیه مشخص را پیش بینی کند. مثلاً قانون علمی ممکن است بتواند رنگ موی احتمالی فرزند متولد نشده‌ی شما و یا مقدار مسافتی که یک توپ بیسبال پس از پرتاب با زاویه‌ی مشخص طی می‌کند را تخمین بزند. در مقابل یک نظریه تلاش می‌کند که بهترین توضیح منطقی درباره‌ی چرایی وقوع هر چیز، به همان صورتی که اتفاق می‌افتد را به ما بدهد. یک نظریه ممکن است برای توضیح این که چگونه والدینی با موهای قهوه‌ای صاحب بچه‌ای با موهای قرمز شده‌اند، دست به دامن ژن‌های غالب و مغلوب بشود و یا این که برای فهم بهتر مسیر قوسی شکل یک توپ بیسبال پرتاب شده، از جاذبه استفاده کند. به صورت ساده‌تر یک قانون پیش بینی می‌کند که چه اتفاقی قرار است

که به خاطر نظریه‌های بهتر کنار گذاشته شده‌اند؛ اما حتی نظریه‌های غلط هم می‌توانند ارزشمند باشند. کیمیاگری که امروز فاقد اعتبار است درواقع زادگاه شیمی نوین است و پزشکی نیز خیلی قبل‌تر از اینکه ما با تاثیر باکتری و ویروس آشنا بشویم، گام‌های بزرگی برداشته است. با این حال نظریه‌های بهتر گاهی اوقات به اکتشافات جدید همچنان انگیزی ختم می‌شوند که با روش تفکر قدیمی هیچ وقت قابل تصور نبوده‌اند؛ البته ما نباید تصور کنیم که نظریه‌های علمی فعلی نیز می‌توانند در آزمون زمان موفق بمانند، حتی یک یافته‌ی غیرمنتظره برای به چالش کشیدن وضع موجود کافی است.

هرچند که این آسیب‌پذیری نسبت به بعضی توضیحات احتمالا بهتر، نظریه‌های علمی کنونی را نمی‌تواند تضعیف کنند ولی درعوض می‌تواند باعث جلوگیری از تبدیل علم به یک اصل بلامنازع شود.

یک قانون علمی خوب مثل یک ماشین دقیق و منظمی است که وظیفه‌اش را به خوبی انجام می‌دهد اما نسبت به چرایی خوب کار کردنش بی‌اطلاع است. یک نظریه علمی خوب مثل یک مبارز کوفته و کبود اما شکست نخورده است که اگر نتواند به رقیب بعدش غلبه کند و یا با او سازگار شود ممکن است که شکست بخورد. با اینکه نظریه و قانون متفاوت هستند، علم به هردو برای فهم کلیات یک پدیده نیازمند است پس دفعه‌ی بعد که کسی گفت «این فقط یک نظریه است» او را به یک مبارزه با قهرمان نظریه‌ها دعوت کنید و ببینید که آیا می‌تواند بهتر باشد یا نه؟

گلائیاتورها را دارد. ممکن است که نظریه‌های مختلف به منظور ارائه‌ی بهترین توضیح برای کشف علمی جدید با هم رقابت کنند.

با گسترش دامنه‌ی تحقیقات، دانشمندان به نظریه‌هایی تمایل دارند که بتوانند بیش‌ترین میزان یافته‌ها را توضیح دهند، هرچند که ممکن است شکاف‌هایی در دانسته‌های ما وجود داشته باشد. هم‌چنین دانشمندان عاشق این هستند که یک نظریه‌ی جدید بتواند با موفقیت پدیده‌ای را که قبلا مشاهده نشده بود، پیش‌بینی کنند، مانند نظریه‌ی دیمتری مندلیف راجع به جدول تناوبی که وجود تعدادی عنصر کشف نشده در زمان خود را پیش‌بینی کرده بود.

عبارت نظریه‌ی علمی وسعت زیادی دارد بعضی از نظریه‌ها، ایده‌های جدید با شواهد تجربی اندکی هستند که دانشمندان با حالت تردید و یا حتی تمسخر به آن‌ها نگاه می‌کنند. نظریه‌های دیگر مثل انفجار بزرگ، بیگ‌بنگ، تغییر آب‌وهوا و تکامل، قبل از اینکه مقبولیتشان را توسط اکثریت جامعه‌ی علمی به‌دست آورند سال‌های زیادی را برای تایید آزمایشگاهی و تجربی تحمل کردند. شاید شما نیاز داشته باشید که برای درک بهتر چگونگی استنباط دانشمندان از یک توضیح خاص، بیشتر درباره‌ی آن موضوع اطلاعات کسب کنید واره‌ی نظریه به تنهایی کمکی به شما نمی‌کند. در حقیقت در گذشته جامعه‌ی علمی انتخاب‌های اشتباه هم داشته است؛ مانند کیمیاگری، نظریه‌ی زمین مرکزی، پیدایش خودبه‌خودی و ماده‌ی بین ستاره‌ای یا همان نظریه‌ی اتر. این‌ها فقط تعدادی از نظریه‌هایی هستند

ماهواره چینی میسیوس

ارتباطات کوانتومی بین قاره‌ای در دنیای واقعی توسط ماهواره Micius فعال می‌شود

ریحانه حمیدی
کارشناسی فیزیک

چکیده:

دانشمندان برای اولین بار موفق به ارسال فوتون به فضا با استفاده از گیراندازی کوانتومی شدند، فرآیندی که در آن دو ذره کوانتومی از فاصله بسیار زیاد با هم جفت می‌شود. تیم مشترک چین و اتریش توزیع کلید کوانتومی میان ماهواره کوانتومی Micius و ایستگاه‌های مختلف زمین واقع در Xinglong (نزدیک پکن)، Nanshan (نزدیک ارومچی) و Graz (نزدیک وین) را انجام داده‌اند.

در این پروژه، چینی‌ها موفق شدند تا از ایستگاهی در زمین، اطلاعات کوانتومی را به ماهواره میسیوس در فضا ارسال کنند ماهواره‌ای که در فاصله ۷۴۶ مایلی در بالا زمین قرار داشته و به دور زمین می‌چرخد. این ماهواره کوانتومی به احترام فیلسوف و دانشمند چینی، میسیوس نام‌گذاری شده است. همچنین بر اساس قوانین فیزیک ساخته شده و در آن از تکنیک‌های رایج رمزنگاری استفاده شده است. این ماهواره ماده‌ای کریستالی را با خود به فضا می‌برد که قادر است اطلاعات و کلیدهای کدگذاری شده در ذرات کوانتومی را به زمین مخابره نماید.

میسیوس ماه آگوست سال ۲۰۱۶ به فضا

فرستاده شد. نکته جالب توجه در این پروژه، فاصله ارسال اطلاعات کوانتومی است به طوری که این فاصله به عنوان رکوردی در گیراندازی کوانتومی به ثبت رسیده است. گیراندازی کوانتومی پدیده‌ای است که در آن دو ذره کوانتومی که در دو نقطه از فضا قرار دارند در یک زمان با هم مرتبط می‌شوند. این ذرات در یک تابع موج قرار داشته و بدون توجه به موقعیت مکانی آنها در فضا، می‌توانند رفتار شبیه به هم داشته باشند. با انتقال اطلاعات کوانتومی، محققان می‌توانند یک فوتون را در یک موقعیت قرار داده تا رفتار فوتون دیگر را تقلید کند. البته این کار در محیط آزمایشگاهی به کرات انجام شده دانشمندان برای انتقال اطلاعات کوانتومی از آن استفاده کرده‌اند. اما این اولین باری است که دانشمندان این کار را برای انتقال اطلاعات در فضا انجام می‌دهند. نتایج این پروژه می‌تواند سکویی برای رسیدن به فناوری‌های کوانتومی به منظور استفاده در فضا باشد. همچنین این دستاورد به عنوان عنصر بنیادی در پروتکل‌هایی نظیر شبکه‌های کوانتومی بزرگ و محاسبات کوانتومی قابل استفاده است. در طول ۳۲ روز محققان میلیون‌ها فوتون گیرافتاده ایجاد کرده و یکی از آنها را به فضا

و تضعیف شدن سیگنال در کابل‌های فیبر نوری را پشت سر بگذارد. علاوه بر این، بر طبق ادعای محققان چینی این تکنولوژی ارتباطی کاملاً هک نشدنی بوده و زمانی که کسی اقدام به هک اطلاعات موجود بکند سریع ردیابی خواهد شد. آن تماس ۷۵ دقیقه‌ای میسیوس شامل ارسال اطلاعات و عکس بین دو ایستگاه چین و اروپا می‌شد. حالا دانشمندان می‌خواهند بررسی کنند که این تماس ویدئویی کوانتومی چگونه امکان‌پذیر شده‌است.

ارتباط کوانتومی با کمک روش توزیع کلید کوانتومی انجام می‌پذیرد. در هر سیستم رمزگذاری یک کلید وجود دارد که با استفاده از آن یا اطلاعات رمزگذاری می‌شوند و یا رمز آن‌ها باز می‌شود؛ مانند یک کلید معمولی که هم در خانه را قفل می‌کند و هم باز. حال در روش کوانتومی از فوتون‌های درهم تنیده (entangled) به عنوان کلید رمز استفاده می‌شود. از فوتون‌ها برای ارسال یک کلید کوانتومی استفاده شد تا هر دو آکادمی توانایی شرکت در تماس ویدئویی کوانتومی را داشته‌باشد. ابتدا میسیوس یک سری از فوتون‌هایی که در الگوهای غیرقابل پیش‌بینی حرکت می‌کردند را به ایستگاه زمینی چینی می‌فرستاد. سپس وقتی که زمین می‌چرخید و ایستگاه اتریش در نزدیکی این ماهواره قرار می‌گرفت، میسیوس یک سری دیگر فوتون ارسال می‌کرد. ارسال کننده در مدار زمین و دریافت کننده روی سطح زمین قرار دارند که به صورت تصادفی مجموعه‌ای از شماره‌های صفر و یک در یک الگوی منحصر به فرد دریافت می‌کنند که به عنوان یک کلید کوانتومی عمل می‌کند. بنابراین اگر شخص سومی در حین این تماس ویدئویی می‌توانست کلید کوانتومی را رصد کند، بلافاصله قابل توجه قرار می‌گرفت. اگر چنین موقعیتی پیش بیاید، از کلید کوانتومی استفاده نمی‌شود تا وقتی که هر دو تیم اطمینان حاصل کنند که کلیدهای آن‌ها توسط شخص دیگری رصد نشده‌است. در مرحله آخر با استفاده از تکنولوژی رمزنگاری پیشرفته یک لینک امن برای ارتباط ویدئویی به ایستگاه‌های زمینی فرستاده شد. در این تماس ۷۵ دقیقه‌ای، دو گیگابایت اطلاعات

ارسال کردند. آن‌ها در ۹۱۱ مورد موفق به گیراندازی کوانتومی شدند.



اولین شاهکار ماهواره میسیوس ارسال یک فوتون از فاصله ۵۰۰ کیلومتری به ایستگاه زمینی خود در تبت بود. در ماه اوت ۲۰۱۷، این ماهواره با استفاده از رمزنگاری کوانتومی به زمین اطلاعات فرستاد که نشان داد این ماهواره کوانتومی قابلیت ارسال اطلاعات بدون هک مجازی را دارد.

یک ماه بعد، در روز ۲۹ سپتامبر، از میسیوس برای برقراری تماس ویدئویی بین آکادمی علوم چین و آکادمی علوم وین که ۷۶۰۰ کیلومتر از هم فاصله دارند، استفاده شد. این تماس ۷۵ دقیقه‌ای با استفاده از تکنولوژی کوانتومی صورت گرفت تا کاربرد این روش ارتباطی را نشان دهد. در واقع، یک تماس ویدئویی مابین پکن پایتخت چین و وین پایتخت اتریش برقرار شد. امکان برقراری این تماس برای اولین بار به ما نشان می‌دهد که می‌توان با کمک فناوری کوانتوم نسل جدیدی از ارتباطات اطلاعات کاملاً ایمن را پایه‌گذاری کرد. داده‌های این تماس با استفاده از فوتون‌های نور که توسط ماهواره میسیوس (Micius) چین رمزگذاری شده بود بین آکادمی علوم چین و آکادمی علوم اتریش و دانشگاه وین اتریش انتقال داده‌شد. درواقع ماهواره Micius اطلاعات را میان خود و زمین رد و بدل کرد. طبق توضیح آکادمی علوم اتریش، فوتون‌های نور به ایستگاه‌های زمینی که در چین و اروپا قرار دارند و همچنین یک ایستگاه اندازه‌گیری در شهر گراس اتریش فرستاده می‌شد. با کمک ایستگاه بازپخش مداری، این روش جدید انتقال اطلاعات می‌تواند محدودیت‌هایی از قبیل انحنای زمین

روی آوردند. شرکت سوئیسی ID Quantique در سال ۲۰۱۴ طرح پایه یک شبکه کوانتومی را معرفی کرد که می‌تواند بزرگ‌ترین مراکز داده در قاره آمریکای شمالی را به یکدیگر متصل سازد؛ در چین هم یک تیم مستقل روی پروژه لینک کوانتومی ۲۰۰۰ کیلومتری بین پکن و شانگهای کار کردند که با تکیه بر فیبر، می‌تواند لینک ماهواره‌ای را به فواصل دورتر انتقال دهد. با این حال، ماهیت فیبرهای فیزیکی باعث می‌شود تا مسافت قابل پیمایش توسط یک فوتون محدود باشد. به گفته شرکت ID Quantique یک لینک ماهواره‌ای مطمئن و پایدار، می‌تواند تمامی شبکه‌های فیبری کنونی را در قالب یک شبکه کوانتومی جهانی به صورت یکپارچه درآورد. حال دستاورد چینی‌ها نشان می‌دهد که ایده برپایی شبکه مخابرات کوانتومی از فضا کاملاً شدنی است، و می‌توان شبکه‌های توزیع کلید امنیتی محلی در زمین را از طریق لینک ماهواره‌ای با یکدیگر مرتبط ساخت. گفتنی است چین تنها کشوری نیست که قصد دارد شبکه‌های کوانتومی را به فضا ببرد. دانشگاه استرکلاید اسکاتلند در همکاری با دانشگاه ملی سنگاپور می‌خواهند همین تکنیک درهم‌تنیدگی را با استفاده از ماهواره‌های ارزان قیمت Cubesat پیاده سازی کنند.

منابع:

- 1-Real-world intercontinental quantum communications enabled by the Micius satellite - January 19, 2018, University of Science and Technology of China - available from: <https://phys.org/news/2018-01-real-world-intercontinental-quantum-enabled-micius.html>
- 2- www.bigbangpage.com
- 3- www.gadgetnews.net
- 4- www.ana.ir
- 5- Quantum Experiments at Space Scale - last edited on 13 October 2018 - Wikipedia - available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_Experiments_at_Space_Scale

انتقال یافت.

این موفقیت، طولانی‌ترین مورد انتقال فوتون



درهم‌تنیده تا به امروز، و نخستین مورد بین زمین و فضا محسوب می‌شود. به گفته‌ی محققین دستاورد آن‌ها راه تازه‌ای را پیش روی مخابرات کوانتومی کاربردی و آزمایشات نورشناسی کوانتومی بنیادین باز می‌کند که اجرای آن‌ها روی زمین ممکن نیست.

در حالت تئوری، فوتون‌های درهم‌تنیده می‌توانند در هر فاصله‌ای وضعیت خود را حفظ کنند، اما در عمل انتقال جفت فوتون‌ها بدون از بین رفتن درهم‌تنیدگی بسیار دشوار است. در واقع در بهترین فیبرهای نوری کنونی، فوتون‌های درهم‌تنیده با طی مسافت بیش از ۲۴۰ کیلومتر از یکدیگر جدا می‌شوند، اما اگر بتوان بر این مشکل غلبه کرد و این ویژگی را حفظ نمود، به یک کانال ارتباطی دست می‌یابیم که به هیچ وجه قابل دستکاری و نفوذ نخواهد بود. مهم‌ترین کاربرد این تکنیک، در حوزه «رمزنگاری کوانتومی» و توزیع کلید کوانتومی در شبکه‌هاست که به متخصصین امنیت اجازه می‌دهد کلیدهای رمزنگاری پیچیده و طولانی را به صورت کاملاً ایمن در شبکه انتقال دهند. هرگونه دستکاری در این اطلاعات به راحتی قابل تشخیص خواهد بود، چون مشاهده فوتون‌ها بدون تغییر دادن آن‌ها ناممکن است. در حال حاضر، شبکه‌های کوانتومی یکی از نویدبخش‌ترین فناوری‌ها در حوزه شبکه‌های فیبری زمینی به شمار می‌روند و ابزارهای مسیریاب ویژه می‌توانند به نحوی تکنیک‌های فوق را روی زیرساخت‌های کابلی فیبر نوری به اجرا درآورند. نخستین شبکه از این دست در سال ۲۰۰۳ بین دانشگاه هاروارد، دانشگاه بوستون و یک آزمایشگاه خصوصی برپا شد و طی سال‌های پس از آن، شرکت‌های دیگری نیز به این رویکرد جاه طلبانه

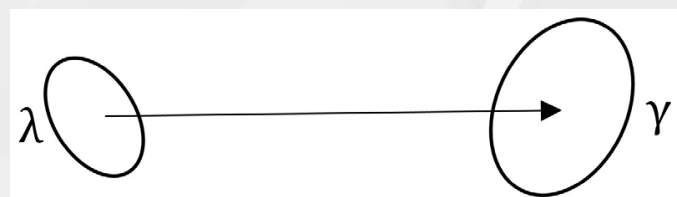
آیا ممکن است پدیده ای در جهان بدون علت باشد؟!

نا معینی گری در فیزیک (Indeterminism in physics)

آرمین رستگاریا
کارشناسی فیزیک

مکانیک کلاسیک، ممکن است خواننده برداشتی کند که اگر به جای این نمونه، نمونه‌ای از مکانیک کوانتومی می‌آوردیم، برداشتی متفاوت کند. لذا آوردن مثال‌های جزئی را به بخش‌های بعدی موکول می‌کنیم. اما به جای آوردن مثال‌های جزئی، برای درک بهتر این پرسش، از مثالی که شرودینگر در مقاله‌ی خود آورده استفاده می‌کنیم.

یک جرم نقطه‌ای در حال حرکت را خواه به حالت انزوا از جرم‌های نقطه‌ای دیگر، خواه به صورت عضوی از یک مجموعه‌ی جرمی (جسم صلب) در نظر بگیرید. آیا می‌توان مسیر حرکت آن را پیشگویی کرد؟ نامعینی گری ادعا می‌کند که بنا بر اصل عدم قطعیت تکانه - مکان هاینبرگ، حتی نمی‌توانیم سرعت و مکان یک جرم نقطه‌ای را به طور همزمان داشته باشیم و این خود مهر تاییدی بر نامعینی گری در فیزیک است و به گونه‌ای نقض اصل جامع «علیت» را به همراه دارد.



فرض می‌کنیم دستگاهی فیزیکی وجود دارد که از لحاظ نظری (و نه لزوماً عملی)، ماهیت و ویژگی‌های آن (مثلاً مکان یا سرعت و...) را به طور دقیق در لحظه‌ی مشخصی از زمان می‌دانیم. همچنین تمام نیروهای تاثیرگذار بر جسم و میدان‌های موجود در فضایی که جسم در آن قرار دارد و به طور کلی تمام عوامل محرک را می‌دانیم و می‌توانیم دست کم از لحاظ نظری اثر این نیروها و میدان‌ها را محاسبه کنیم. در این صورت آیا می‌توان به طور قطعی اوضاع گذشته و یا آینده‌ی این دستگاه را تعیین کرد؟

اگر پاسخمان به این پرسش «آری» باشد، یعنی معتقد باشیم که با داشتن برخی مختصه‌های مکانیکی و ترمودینامیکی و... در زمان t و عوامل خارجی تاثیرگذار بر جسم در آن لحظه می‌توان این مختصه‌ها را برای همین دستگاه در زمان $t \pm \Delta t$ به طور دقیق معین کرد، آنگاه ما قائل به معینی گری (determinism) هستیم و اگر پاسخمان «نه» باشد، معتقد به نامعینی گری هستیم.

شاید این تعریف کلی در ابتدا کمی گنگ به نظر برسد اما نمی‌توان از مثال جزئی برای فهم مطلب استفاده کرد، زیرا به طور مثال، با آوردن نمونه‌ای در حیطه‌ی

متفاوتند اما این نتایج الگویی را می‌سازند که این الگو با فاصله‌ی چند آزمایش تکرار می‌شود و به گونه‌ای می‌توان نتیجه گرفت که در ابعاد کوانتیک نیز علیت برقرار است منتها معلول علت واحد (ضربه‌ی وارده و شرایط آزمایش) نه به نتایج فردی یکسان بلکه به الگویی واحد و تکرار شونده در نتایج منجر می‌شود. این پاسخ بعدها پایه‌ای برای بناگذاری علم مکانیک و ترمودینامیک آماری شد.

البته اگر بخواهیم به دور از غرض‌ورزی سخن بگوییم، همچنان عده‌ای از دانشمندان با این پاسخ قانع نشده‌اند کما که در گذشته، علیرغم موافقت افرادی همچون شرودینگر با توجیه آماری، این پاسخ برای دانشمندانی چون نیلز بور و هایزنبرگ کفایت نکرد.

منابع:

- علم، نظریه و انسان، اروین شرودینگر، ترجمه‌ی احمد آرام، شرکت سهامی انتشار، چاپ ۱۳۹۲

- Indeterminism and Determinism in Quantum Mechanics, Brigitte Falkenburg and Friedel Weinert

- Determinism and Indeterminis: From Physics to Philosophy, Juan Francisco Franck, Instituto de Filosofia, Universidad Austral

مطابق شکل، حجم فرضی λ را اختیار می‌کنیم و می‌دانیم که قطعا جرم نقطه‌ای به جرم m در لحظه‌ی t در نقطه‌ای از محدوده‌ی این حجم قرار دارد. بردار سرعت را از داخل پهنه‌ی لاندا رسم می‌کنیم و فرض می‌کنیم توانسته‌ایم، فضایی مانند γ پیدا کنیم که نوک بردار سرعت به آن محدود شود. ادعا می‌شود که تقریب اندازه‌ی حاصل ضرب $m\lambda\gamma$ را نمی‌توان به پایین‌تر از حد معینی رساند. به عبارتی دقیق‌تر، عدم قطعیت ذاتی λ و عدم قطعیت ذاتی γ را نمی‌توان به طور همزمان آنقدر کم کرد که تقریب حاصل ضرب $m\lambda\gamma$ از ثابت پلانک (h) کمتر شود. یعنی کاهش هر یک از احجام λ و γ ، به خودی خود به قیمت افزایش حجم دیگری تمام می‌شود. این همان رابطه‌ی عدم قطعیت هایزنبرگ است به بیانی دیگر که تنها به عنوان مثالی برای نامعینی‌گری آوردیم.

حال به آزمایشی دست می‌زنیم تا تکلیف علیت را مشخص کنیم. فرض کنید یک جسم صلب را کاملاً ثابت نگه می‌داریم طوری که به محض وارد شدن ضربه‌ای به جسم پرتاب شود. این آزمایش را چندین بار تکرار می‌کنیم و می‌دانیم که شرایط و محیط آزمایش و اندازه و جهت ضربه در تمام آزمایش‌ها یکسان است. می‌بینیم که هربار نتیجه‌ی مشابهی به دست می‌آید. البته این آزمایش در حیطه‌ی مکانیک کلاسیک بررسی شده‌است. حال به سراغ آزمایشی در حیطه‌ی مکانیک کوانتومی می‌رویم. این بار آزمایش بالا را با ذره‌ای به کوچکی الکترون تکرار می‌کنیم (که بالطبع انبردستی در کار نیست و ضربه با دست وارد نمی‌شود!). نتایج تحقیقات علمی در این زمینه به طور متحیرکننده‌ای به ما نشان خواهد داد که حتی با ضربان یکسان و در محیط و شرایط یکسان، حرکات ذره لزوماً در تمام آزمایش‌ها یکسان نیست!

حال اگر تعمیم فلسفی این آزمایش فیزیکی را در نظر بگیریم، می‌توان گفت که موردی یافت شده که یک علت واحد به چندین معلول متفاوت منجر می‌شود! اما جالب است بدانید که اگر نتایج آزمایش کوانتومی فوق را نه به صورت تکی بلکه به صورت دسته‌جمعی و آماری بررسی کنیم خواهیم دید که گرچه نتایج



DELTA PHISICS MAGAZINE

SCHOOL OF PHISICS,
IRAN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY



[instagram.com/delta.magazine](https://www.instagram.com/delta.magazine)



delta.mag@outlook.com



deltamag@iust.ac.ir



www.deltamagazine.blog.ir