دانشگاه علم و صنعت ایران

نشریه تخصصی دانشجویان دانشکده فیزیک
دانشگاه علم و صنعت ایران

NAME delta magazine
ORDER No. 6
CODE dm/953/1
PRICE 2500$
AGENT Iran University of Science & Technology

توهم مدرن یا فاجعه قرن؟

بررسی اثر تابش های تلفن همراه بر بدن انسان

صفحه ۲۸

مصاحبه

دکترمحمدرضا اجتهادی

دکتروحیدرضا یزدان پناه

صفحات ۱۰ و ۲۴

پژوهش

تقابل پلاسما ومحیط

صفحه ۲۰

تئوری یا تجربی ؟!

توقف در آزمایشگاه

دکترمحمدحسین مهدیه

صفحه ۵۰

مقاله

رادیوگرافی !؟

صفحه ۵۸

Delta physics magazine

delta.mag@outlook.com

deltamag@iust.ac.ir

instagram.com/delta.magazine

School of Physics , Iran University of Science & Technology , Narmak , Tehran , Iran

بسم الله الرحمن الرحیم

دلتا

نشریه تخصصی فیزیک/ شماره۶/ بهار ۱۳۹۶

صاحب امتیاز: سعید باقری

مدیر مسئول: محمدهادی حاجی‌زاده

سردبیر: فاطمه هاشمی‌فر

مسئولین گروه علمی: دکتر امیرحسین احمدخان کردبچه و دکتر محمد واحدی

مسئولین گروه آموزشی: ملیکا کرمی و فاطمه فتاحی

مدیر اجرایی: عارف بلالی

دبیر هیئت تحریریه: پگاه سرتیپی زاده

هیئت تحریریه: لیلا برغمدی، آرزو خزائی، فاطمه هاشمی‌فر، محمدهادی حاجی‌زاده، عارف بلالی، پگاه سرتیپی‌زاده، محسن رحیمی، فرزانه حبیبی، فائزه صابری، ریحانه نبی‌زاده، فاطمه فاتح‌پاک

همکاران این شماره: مرضیه اکبری، زهره دهقانی محمودآبادی، محمدرضا نیکنام، حمید امراللهی، زینب علی‌مددی

مشاورین علمی این شماره: دکتر مهدی شایگان منش، دکتر روح‌الله عبدالوهاب، دکتر اسماعیل اسلامی

صفحه آرا: فاطمه فتاحی

با تشکری به وسعت علم، از جناب دکتر محمدحسین مهدیه، و همه‌ی اساتید، دانشجویان با نشاط و مسئولین و کارمندان خوب دانشکده که ما را در این راه یاری کردند.

• نشریه دلتا آماده ی انتشار مقالات و نظرات محققان و دانشجویان محترم می‌باشد.
• نقل مطالب نشریه دلتا با ذکر منبع بلامانع است.
• با ما در ارتباط باشید:
deltamag@iust.ac.ir

فهرست مطالب

سخن سردبیر ٤
سلول‌های خورشیدی فیلم نازک..... ٦
مصاحبه با دکتر محمدرضا اجتهادی..... ١٠
لباس نامرئی..... ١٦
پلاسما و برهمکنش آن با مواد..... ٢٠
بیت‌های شگفت‌انگیز..... ٢٣
گفت‌وگو با دکتر وحیدرضا یزدان‌پناه..... ٢٤
داستان یک مهمانی بوزونی..... ٢٧
امواج تلفن همراه و سرطان..... ٢٨
ارائه مدلی جهت کاهش اثرات امواج EM بر بدن ٣٠
معجزه‌ی ابررسانایی..... ٣٤
گربه‌ی شرودینگر؛ مرده یا زنده..... ٣٦
پرش اسب الکترونی از موانع تاریخی..... ٣٨
اسرار آسمان..... ٤٢
در دنیای فیزیکدانان چه می‌گذرد؟..... ٤٦
عبور از تنگنای نانوحفره..... ٤٨
آزمایشگاه اندازه‌گیری دقیق لیزری..... ٥٠
آنتن پلاسمایی..... ٥٤
فیزیک در سینما..... ٥٧
رادیوگرافی..... ٥٨
معرفی کتاب..... ٦٠
معرفی نرم‌افزار..... ٦١
اپتیک غیرخطی..... ٦٢

سخن سردبیر

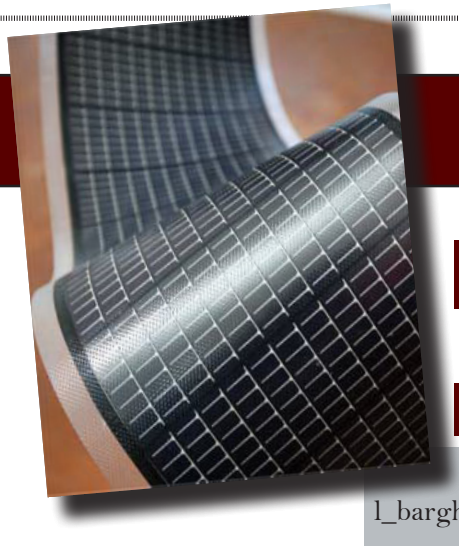
بسم الله النُّور
بسمَ اللهِ نُورِ النُّور
بسمِ اللهِ نُورِ عَلی نُور
بسمِ اللهِ الَّذی هُوَ مُدَبِّرُ الاُمور

دلتا ممکن است در یکی از این معانی به کار رود:
#دلتا سومین حرف از حروف الفبای یونانی ست .
#دلتا زمینی مثلثی شکل است که از آبرفت رودخانه پدیدمی آید.
#باریون دلتا یک باریون است که از کوارک های بالا و پایین ترکیب شده است.
#آهن دلتا یکی از آلوتروپ های آهن است.
#تابع دلتای دیراک یک تابع تعمیم یافته و شکل خاصی از ضربه ی واحد است.
#تابع دلتای کرونکر یکی از توابع ریاضی است که به نام ریاضیدان آلمانی، لیوپولد کرونکر، نامگذاری شده است.
منبع: http://www.Wikipedia.com

ولی دلتا برای ما معنی دیگری دارد...
شمعی هر چند کوچک اما پرفروغ، روشنگر مسیری طولانی در کسب علم و موفقیت.
شمعی که از آغاز راه با وزش بادهای بی مهری مواجه بوده و به رغم تمام مخالفت ها پا پس نکشیده است.
دلتا یک گام بلند برای آغاز سلسله واکنش های تغییر بود و در این تغییرات،

خشت های کوچک امید بر روی یکدیگر قرار گرفتند تا درخشش روزهای آینده را نوید دهند.
هدف دلتا پرورش ستارگانی درخشان است که خود روشنگر مسیر بوده و دانش را نه تنها برای خود بلکه برای روشنایی بخشیدن به آسمان تاریکی که در آن می تابند نیز می خواهند .
گرچه قصه تاریکی و سیاهی این آسمان سخن جدیدی نیست ولی دلتا قصد دارد نقطه آغازی باشد بر پایان این تاریکی طولانی.
قطعا خالی از اشتباه نیستیم اما بر ضعف های خود پافشاری نمی کنیم.
از خطای خود اندوهگین نیستیم زیرا مارا پخته تر کرده و راه پیش رویمان را روشن تر نموده است ؛ راهی که سعادت خودمان و سربلندی کشورعزیزمان را دربرمی گیرد.

شمعی روشن شده است و ما خود را نسبت به حفظ حیات آن مسئول میدانیم و با تلاشی خستگی ناپذیر به سوی مقصد در حرکت هستیم ،
و امید داریم به یاری خداوند ...
ان شاءالله



سلول‌های خورشیدی فیلم نازک

سلول خورشیدی فیلم‌نازک (TFSC)، که سلول فتوولتائیک فیلم‌نازک (TFPV)نیز نامیده می‌شود.

نسل دوم سلول‌های خورشیدی است.

لیلا برغمدی

دانشجوی کارشناسی فیزیک
l_barghamadi@physics.iust.ac.ir

این سلول‌ها از قرار دادن یک یا چند لایه یا پوشش نازک (TF) از مواد فتوولتائیک بر روی لایه‌ای از شیشه، پلاستیک یا فلز درست می‌شود. از لحاظ تجاری سلول‌های خورشیدی فیلم‌نازک با استفاده از تکنولوژی‌های مختلفی ساخته می‌شوند، که از جمله مواد اولیه مورد استفاده در ساخت سلول‌های فیلم‌نازک به تلورید کادمیوم (CdTe)، سلناید گالیوم ایندیوم مس (CIGS)، آمورف و دیگر سیلیکون‌های با پوشش نازک (a-Si, TF-Si) می‌توان اشاره‌کرد.

ضخامت پوشش از چند نانومتر (nm) تا ده‌ها میکرومتر (µm) متفاوت می‌باشد و بسیار نازک‌تر از تکنولوژی قدیمی و اولین نسل سلول‌های خورشیدی سیلیکون کریستالی (c-Si) است که از ویفرهای سیلیکونی تا ۲۰۰ میکرومتر استفاده می‌کند. این امر باعث می‌شود تا سلول‌های فیلم نازک انعطاف‌پذیر بوده، وزن و نیروی مقاومت هوای کمتری داشته‌باشند. این تکنولوژی در سیستم‌های فتوولتائیک یک‌پارچه استفاده می‌شود. همچنین به عنوان مواد نیمه شفاف شیشه‌ای فتوولتائیک برای پوشاندن پنجره‌ها مورد استفاده قرارمی‌گیرد. در دیگر کاربردهای تجاری، سلول‌های فیلم‌نازک میان دو صفحهٔ شیشه‌ای قرار می‌گیرند و به صورت پنل‌های خورشیدی در برخی از بزرگترین نیروگاه‌های برق فتوولتائیک جهان مورد استفاده هستند.

تکنولوژی فیلم‌نازک از تکنولوژی قدیمی c-Si ارزان‌تر است ولی کارآمدی کمتری نسبت به آن دارد. اما در طول سال‌های اخیر بازده فیلم‌های خورشیدی به صورت چشم‌گیری ارتقاء یافته‌است و نیز کارآمدی سلول آزمایشگاهی ساخته‌شده از CdTe و CIGS به ۲۰ درصد رسیده‌است و اکنون با پلی‌سیلیکون، که در حال حاضر در بیشتر اتصالات PV مورد استفاده قرارمی‌گیرد، هم تراز می‌باشد. علی‌رغم این واقعیت‌ها، سهم فیلم‌نازک از بازار هیچ‌گاه به بیش از ۲۰ درصد در طول دو دهه‌ی اخیر نرسیده و در سال‌های اخیر نیز در حال کاهش بوده‌است و به حدود ۹ درصد تولیدات فتوولتائیک در سرتاسر جهان در سال ۲۰۱۳ رسیده‌است. دسته‌ای از این سلول‌ها که در مراحل اولیه تحقیقات و در حال پیشرفت هستند و یا از لحاظ تجاری دسترسی محدودی به آنها وجود دارد، اغلب به عنوان تکنولوژ ی‌های در حال ظهور و یا نسل سوم سلول‌های فتوولتائیک طبقه بندی می‌شوند که شامل سلول‌های خورشیدی پلیمری، رنگ-حساس، ارگانیک، نقاط کوانتومی، سولفید قلع روی مس، اینیدیم سولفید، نانو کریستال، میکرومورف و سلول های خورشیدی پروسکایت می‌باشد.

فیلم‌های‌نازک خورشیدی از اواخر دهۀ ۱۹۷۰، هم‌زمان با ظهور ماشین‌حساب‌های خورشیدی که با لایه‌ی باریکی از سیلیکون آمورف کار می‌کردند در بازار ظاهر شدند. در حال حاضر فیلم‌های نازک خورشیدی در اندازه بسیار بزرگ در اتصالات سیستم‌های فتوولتاییک یکپارچه با ساختمان و سیستم‌های شارژ اتومبیل مورد استفاده قرارمی‌گیرد. انتظار می‌رود در دراز مدت، تکنولوژی PV خورشیدی فیلم نازک از دیگر تکنولوژی PV خورشیدی پیشی‌بگیرد و به هدف برابری شبکه دست‌یابد.

سلول‌های خورشیدی لایه نازک حجم وسیعی از بازار تجارت سلول‌های خورشیدی لایه‌نازک را به خود اختصاص داده‌اند. در این‌جا به تشریح سلول لایه‌نازک پروسکایتی (Perovskite) و در نهایت روشی برای افزایش بازده این نوع سلول می‌پردازیم[1].

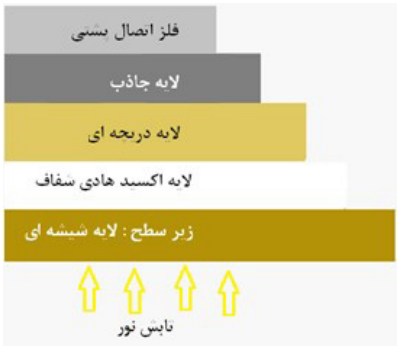
سلول‌های خورشیدی پروسکایتی (Perovskite) از ترکیب مولکول‌های آلی و مواد معدنی تشکیل شده‌اند که همانند سلول‌های خورشیدی متداول از جنس سیلیکون، نور خورشید را دریافت و به الکتریسیته تبدیل می‌کنند. با این حال، ساخت وسیله‌های فتوولتائیک پروسکایتی راحت‌تر و ارزان‌تر است و برخلاف سلول‌های سیلیکونی، می‌توان آن‌ها را بر بسترهای انعطاف‌پذیر ساخت. اولین نمونه از سلول‌های خورشیدی پروسکایتی سال بعد وارد بازار خواهد شد و گفته می‌شود که قادر است ۲۰ درصد از انرژی خورشید را جذب کند.

راندمان سلول‌های خورشیدی پروسکایتی که دانشمندان اخیرا موفق به تولید آن شده‌اند، از راندمان سلول‌های خورشیدی پلی کریستالی از جنس سیلیکون که در بازه‌ی ۱۰-۲۰ درصدی است، بالاتر است. امروزه سلول‌های خورشیدی سیلیکونی به صورت متداول در ابزار الکتریکی و مصارف خانگی استفاده می‌شوند. خالص‌ترین و

۱. مقاله اخیر، روش جامع و کامل به قلم سرکار خانم ندا فرح فرد و حاصل تحقیق ابراهیم عبیر (دکتری مهندسی برق، استادیار دانشگاه صنعتی شیراز)، ندا فرح فرد (دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی شیراز، مهندس شرکت آب منطقه‌ای شیراز) و شیوا جوکار(کارشناس ارشد الکترونیک، مدرس دانشگاه آزاد دانشگاه اسلامی واحد بیض) می‌باشد که در ادامه آورده شده‌است.

سلول‌های خورشیدی فیلم نازک

البته گران‌ترین سلول‌های سیلیکونی در حدود یک دهه قبل رکورد راندمان ۲۵ درصدی به ثبت رسانده‌اند.
موفقیت دانشمندان در تولید این گونه سلول‌های کارآمد، به نحوه‌ی ترکیب دو نوع ماده‌ی سازنده‌ی سلول‌های خورشیدی پروسکایتی برمی‌گردد. هر یک از این مواد به گونه‌ای ساخته شده‌اند که می‌توانند طول موج یا رنگ خاصی از نور خورشید را جذب کنند. اکنون این دو ماده در قالب سلول خورشیدی باندگپ[۲] مدرج به گونه‌ای با یکدیگر ترکیب شده‌اند که می‌توانند تقریبا تمام طیف نور را جذب کنند. تلاش‌های قبلی برای ترکیب مواد سازنده‌ی سلول‌های پروسکایتی شکست خورده بود و دلیل آن این بود که فعالیت الکتریکی هر یک از این مواد با دیگری تداخل دارد، به گونه‌ای که اثر یکدیگر را کاهش می‌دهند.
موادی همچون سیلیکون و پروسکایت نیمه‌هادی هستند؛ به این معنی که تنها در صورتی جریان الکتریکی در آن‌ها انتقال می‌یابد که الکترون‌ها با دریافت انرژی -برای مثال از فوتون- بتوانند بر انرژی باندگپ (گاف انرژی) غلبه کنند. این گونه مواد بیشتر طول‌موج‌های خاصی از نور را جذب می‌کنند و در جذب طول‌موج‌های دیگر کارآمد نیستند.
پرسشی که شاید مطرح شود، این است که چگونه دانشمندان توانستند دو ماده‌ی سازنده‌ی سلول‌های خورشیدی پروسکایتی را در یک سلول با ساختار متوالی (tandem solar cell) بگنجانند؟ پاسخ به این صورت است: استفاده از لایه‌ای به قطر یک اتم از نیترید بور با شبکه‌ی هگزاگونال که لایه‌های مختلف پروسکایت را از یکدیگر جدا می‌کند. در این حالت، مواد پروسکایتی از مولکول‌های آلی متیل و آمونیاک ساخته شده‌اند، اما یکی از این مواد حاوی ید و قلع هستند. این در حالی است که دیگری حاوی سرب، ید و برم است. ماده‌ی اولی می‌تواند نور با انرژی یک الکترون‌ولت، یعنی نور مادون‌قرمز یا انرژی گرمایی را جذب کند، در حالی که مورد دوم می‌تواند فوتون‌هایی با انرژی ۲ الکترون‌ولت، یا رنگ زرد را جذب کند.
تک لایه‌ی نیترید بور شرایطی را مهیا می‌کند که هر دو ماده می‌توانند در کنار یکدیگر به خوبی کار خود را انجام دهند و نوری را که در دامنه‌ی یک تا دو الکترون‌ولت قرار دارد، به الکتریسیته تبدیل کنند.
ترکیب پروسکایت و نیترید بور بر روی عایق آیروژل، ساخته‌شده از گرافن قرار گرفته‌اند که باعث رشد بیشتر کریستال‌های دانه‌ریز پروسکایت می‌شود. به این ترتیب با جلوگیری از نفوذ رطوبت به داخل سلول خورشیدی، انتقال شارژ الکتریکی به صورت پایدار ادامه پیدا می‌کند. گفتنی است که رطوبت باعث خرابی پروسکایت می‌شود.
همه‌ی این مواد بین دولایه قرار گرفته‌اند: الکترود طلا در پایین و لایه‌ای از نیترید گالیوم در قسمت بالای سلول که الکترون‌های تولیدشده در داخل سلول را جمع‌آوری می‌کند. کل ضخامت لایه‌ی فعال در فیلم نازکی از سلول‌های خورشیدی، تنها ۴۰۰ نانومتر است. مانند ساخت یک جاده‌ی باکیفیت است؛ آیروژل گرافن مانند پایه‌ی سلول است و به عنوان فونداسیون عمل می‌کند، سپس دو ماده‌ی اصلی سازنده‌ی سلول پروسکایتی هست که لایه‌ی نازکی از نیترید بور بین آنها قرار گرفته و از اختلاط آن دو جلوگیری می‌کند. لایه نیترید گالیم، در قسمت بالایی سلول نقش آسفالت را ایفا می‌کند. البته می‌توان لایه‌های بیشتری از پروسکایت را به سلول خورشیدی اضافه کرد که توسط لایه‌های نیترید بور از هم جدا شده باشند. اما محققان می‌گویند از آنجایی که به بالاترین راندمان از طریق جذب تمام طیف نور رسیده‌ایم، این کار لازم نیست.
افراد بسیاری ایده‌ی استفاده از سلول‌های خورشیدی چاپ رولی (roll-to-roll) را مطرح کرده‌اند. سلول‌های خورشیدی که استفاده از آن‌ها بسیار ساده است و کافی است مانند کاغذ دیواری به روی سطوح چسبانده شوند. حال با ساخت این ماده‌ی جدید می‌توانیم وارد حوزه‌ی تولید انبوه سلول‌های چاپ رولی شویم که بیشتر شبیه رنگ‌آمیزی با اسپری است.
یکی از روش‌های مهم برای بالا بردن بازده سلول‌خورشیدی، از بین بردن عوامل اتلاف در نیمه‌رسانا است تا بتوان سلولی بدست آورد که از نظر اصول فیزیک نیمه‌هادی بیش‌ترین بازده را داشته‌باشد. در این مقاله با درنظرگرفتن عوامل اتلافی در سلول‌های‌خورشیدی به بهبود بازده پرداخته‌شده‌است. دومین علت اتلاف انرژی، مربوط به فوتون‌های با انرژی بالاتر از شکاف باند نیمه‌رسانا است. این مشکل با استفاده از سلول‌های‌خورشیدی لایه‌نازک در پیوند ناهمگون تا حد زیادی برطرف می‌گردد. اما هم‌چنان مشکل نوسان ناشی از نورهای پرانرژی در لایه دریچه‌ای حل نشده‌است. در این مقاله به بررسی عوامل اتلافی در سلول‌های‌خورشیدی لایه‌نازک ایده‌آل پرداخته می‌شود. در آخر برحسب جدول طول موج حذف یکی از چهار عامل اتلاف در سلول‌های‌خورشیدی مبتنی بر لایه دریچه‌ای In_2S_3 را بررسی شده است.



شکل ۱: ساختار اولیه برای یک سلول خورشیدی لایه نازک

بهینه سازی چهار سلول خورشیدی لایه نازک متفاوت با لایه دریچه ای یکسان In_2S_3 با تغییر در ساختار

در این شکل ابتدا یک لایه شیشه‌ای آماده شده‌است. سپس لایه‌نشانی یک لایه اکسیدهادی شفاف بر روی این زیرلایه پیش‌بینی می شود. لایه دریچه‌ای، لایه جاذب و فلز اتصال پشتی نیز در انتها به ترتیب نشانده می‌شوند. در این ساختار نور خورشید از سمت زیر سطح تابیده می‌شود.

اتصال جلویی در سلول‌های خورشیدی لایه‌نازک

با توجه به محل قرارگرفتن این لایه ویژگی‌هایی مانند شفافیت بالا، رسانایی و داشتن گاف نواری نزدیک به لایه In_2S_3 از اهمیت

۲. نوار ممنوعه

بالایی برخوردار است. در حال حاضر اصلی‌ترین ماده‌ای که به عنوان الکترود جلویی در ساخت سلول‌خورشیدی مورد استفاده قرارمی‌گیرد، SnO_x است، مشکل این ماده رسانایی کم آن است و با اضافه کردن ایندیم به اکسید قلع، اکسید قلع ایندیم (ITO) تشکیل می‌گردد و با اضافه کردن فلورین (F) به اکسید قلع ماده $[SnO_x:F(FTO)]$ به‌دست‌می‌آید.

لایه دریچه‌ای در سلول خورشیدی کادمیم تلوراید

ماده In_2S_3 قابلیت جذب فوتون‌هایی با طول‌موج کم‌تر از ۵۵۰ نانومتر را داراست. بدین معنی که فوتون‌هایی با انرژی کم‌تر از ۵۵۰ نانومتر از لایه دریچه‌ای In_2S_3 که به‌عنوان یک دریچه عمل می‌کند، عبور کرده و توسط لایه جاذب جذب می‌شوند. فوتون‌ها با انرژی بیشتر از ۵۵۰ نانومتر نیز توسط لایه In_2S_3 جذب خواهندشد و حامل‌هایی که در ناحیه تهی و به اندازه طول نفوذ پیوندگاه در In_2S_3 ایجادشده‌اند، جمع‌آوری می‌شوند. جداسازی حامل‌های تولیدشده توسط نور از طریق پیوندگاه CGS/In_2S_3 باعث ایجاد جریان می‌شود.

لایه جاذب در سلول‌های خورشیدی لایه‌نازک

ماده CGS قابلیت جذب فوتون‌های نوری با طول‌موج کمتر از ۷۰۰ نانومتر را داراست. ماده CdTe فوتون‌های با طول موج بیش‌تر از ۸۱۰ nm، ماده CIGS فوتون‌های با طول موج بیش‌تر از ۱۲۰۰ nm و ماده CIS فوتون‌های با طول موج بیش‌تر از ۱۳۵۰ nm را از خود عبور می‌دهد.

لایه بافر

افزودن لایه بافر مابین TCO و CdS می‌تواند باعث بهبود عملکرد سلول‌خورشیدی گردد، به گونه‌ای که:

۱- اگر مقاومت ویژه لایه بافر تقریباً با CdS مطابقت داشته‌باشد، لایه بافر احتمال تشکیل پیوند موضعی مابین TCO/CdTe را کاهش می‌دهد. این پیوند زمانی که لایه CdS نازک باشد رخ می‌دهد. از این رو V_{oc} در نتیجه کاهش لایه CdS ثابت مانده و می‌تواند چگالی جریان اتصال کوتاه J_{sc} بزرگتری تولید کند.

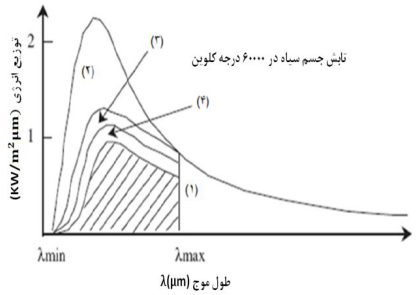
۲- اگر لایه بافر در برابر زدایش مورد استفاده برای شکل‌دهی اتصال پشتی محافظ باشد، ساختار مورد نظر کمتر مستعد این زدایش خواهدبود، که به طور وسیعی مشکلات مقاومت موازی را کاهش خواهدداد.

۳- لایه بافر به از بین بردن فشار بین لایه‌ای کمک کرده و باعث بهبود چسبندگی در طی عمل بهبود $CdCl_2$ می‌شود. تمامی موارد فوق‌الذکر در بهبود عملکرد ساختار با استفاده از لایه بافر نقش دارند.

ماده ZnS قابلیت جذب فوتون‌هایی با طول‌موج کم‌تر از ۳۵۰nm را دارد.

عوامل اتلاف در سلول‌های خورشیدی لایه‌نازک ایده‌آل

چندین علت برای محدود بودن راندمان سلول‌خورشیدی ایده‌آل وجود دارد. اولین علت ناتوانی نیمه‌رسانا برای جذب فوتون‌هایی است که دارای انرژی کم‌تر از گاف نواری هستند. فوتون‌هایی با انرژی کم‌تر از انرژی گاف انرژی ($h\nu<E_g$)، در نیم‌رسانا جذب نمی‌شوند، حتی اگر ضخامت آن به اندازه کافی باشد. سهم این اتلاف انرژی، توسط (۱) در در شکل ۵ (که بیان کننده طیف انرژی خورشیدی است، با این فرض که تابش جسم سیاه در ۶۰۰۰ کلوین اتفاق می‌افتد) نشان داده شده‌است. دومین علت، به اتلاف انرژی فوتون‌هایی که بالاتر از انرژی گاف نواری هستند و انرژی خود را به شکل حرارت تلف می‌کنند مربوط است. انرژی اضافه فوتون در اینجا ($h\nu-E_g$) در ارتعاشات شبکه مشارکت می‌کند که توسط (۲) در شکل ۵ نشان داده‌شده‌است. حتی اگر الکترون‌ها و حفره‌ها به ترتیب در زیر نوار هدایت و بالای نوار ظرفیت ایجاد شوند، ولتاژ مدار باز همیشه کوچک‌تر از انرژی گاف نواری است زیرا سطح فرمی، درون محدوده انرژی گاف نواری قرارگرفته‌است. این سومین دلیل اتلاف انرژی است، زیرا یک پیوندگاه p-n از این‌که بتواند از ماکزیمم ولتاژ بهره کامل ببرد، ناتوان است.(قسمت (۳) شکل ۵). چهارمین عامل که سبب اتلاف شده این است که فاکتور انباشتن از ۱ کمتر است. هنگامی که به وسیله آماده‌سازی بهینه، ماکزیمم توان سلول خورشیدی حاصل شود، ولتاژ به‌کاربرده‌شده کوچک‌تر از ولتاژ مدار- باز است. این اتلاف توسط (٤) در شکل ۲ نشان داده‌شده‌است. بنابراین تنها انرژی که در قسمت هاشور خورده نشان‌داده‌شده‌است می‌تواند توسط سلول خورشیدی با پیوندگاه p-n، به انرژی خورشیدی تبدیل شود.



شکل۲: شماتیکی از توزیع طیفی نور خورشید و اتلاف‌های انرژی. (۱) با انرژی

٤- اتلاف انرژی در سلول‌خورشیدی واقعی

به این دلیل که سلول‌خورشیدی واقعی چند مکانیزم اضافی متفاوت را انجام می‌دهد، راندمان تبدیل در سلول خورشیدی واقعی کم‌تر از سلول‌خورشیدی ایده‌آل است. به‌دست‌آوردن سلول‌خورشیدی ایده‌آل و با کیفیت، با وجود محدودیت‌های هزینه و شرایط تولید دشوار است. سه فاکتور عمده که باعث کاهش راندمان می‌شوند عباتند از:

•اتلاف به دلیل انعکاس

به دلیل این‌که انعکاس‌پذیری ویفر عریان حدود ۳۰٪ است، تنها ۷۰٪ انرژی خورشیدی می‌تواند برای تبدیلات انرژی مورداستفاده قرارگیرد. برای کاهش بازتاب‌پذیری، پوشش‌های ضدبازتاب یا بافت سطح به کاربرده‌می‌شود. همچنین ایجاد شبکه‌ای فلزی در جلوی سطح می‌تواند انرژی خورشیدی بازتاب شده را کاهش دهد.

•اتلاف بازترکیب

پارامترهایی که در راندمان سلول‌خورشیدی مؤثرند عبارتند از:

۱- عمر حامل کمینه و ۲- تحرک حامل‌ها. چون حامل‌ها در ناحیه تهی ایجادمی‌شوند و به اندازه طول نفوذ از لبه ناحیه تهی می‌توانند به

عنوان جریان فوتونی تجمع کنند، مقداری اتلاف هنگامی که طول نفوذ به اندازه کافی بزرگ نباشد، روی می‌دهد.
اگر عمق زیاد و یا نقص‌های شبکه‌ای مانند جابه‌جایی یا حضور مرزدانه‌ها در نیم‌رسانا وجود داشته‌باشد، طول نفوذ کاهش می‌یابد. همچنین به دلیل وجود نواقص شبکه‌ای، جریان اشباع افزایش می‌یابد و ولتاژ مدار- باز کاهش پیدا می‌کند. بازترکیب در سطحی وسیع در جلو و پشت سطح، ولتاژ مدار- باز را کاهش داده و همچنین باعث کاهش جریان مدار-کوتاه می‌شود.
•اتلاف به دلیل مقاومت‌های سری و موازی
منشأ مقاومت سری، مقاومت از نیم‌رسانای توده‌ای، اتصال، تماس داخلی و غیره می‌باشد. مقاومت موازی به علت نواقص شبکه و جریان تراوشی از طریق لبه سلول‌خورشیدی ایجاد می‌شود. زمانی که ضخامت سلول‌خورشیدی به اندازه کافی زیاد نباشد، بخشی از فوتون‌هایی که از طریق مواد سلول خورشیدی منتقل می شوند، باعث اتلاف می‌شوند. به‌دست آوردن ماده‌ای ایده‌آل و با کیفیت برای تهیه سلول‌خورشیدی، از لحاظ هزینه و شرایط آزمایشگاهی مشکل است. برای رسیدن به بالاترین راندمان لازم است تمامی اتلاف‌های ذکر شده به حداقل میزان خود برسند.

شکل۳

شکل٤

در شکل ۳ ابتدا یک لایه شیشه‌ای رنگی با رنگ‌های مشخص آماده‌شده‌است. سپس لایه‌نشانی یک لایه اکسید هادی شفاف بر روی این زیر لایه تعبیه گردیده است. لایه دریچه‌ای In_2S_3، لایه جاذب CGS و یا CdTe و فلز اتصال پشتی نیز در انتها به ترتیب نشانده می‌شوند. در این ساختار نور خورشید از سمت زیر سطح تابیده می‌شود. ساختار شکل ٤ نیز به همین ترتیب بوده تنها با این تفاوت که در آن نیازی به استفاده از زیر سطح شفاف نیست چرا که نور خورشیدی از بالا تابیده می‌شود. در این شکل زیر سطح می‌تواند پلی آمید یا فلز انتخاب گردد.
برای یافتن رنگ مناسب زیر لایه در ساختار پیشنهادی شکل ٦ و ۷ در جدول ۱ طوح‌موج امواج نوری آورده‌شده‌است. به گونه‌ای که با دانش قبلی از گذردهی امواج نوری با طول‌موج بیش‌تر از ۵۵۰nm برای In_2S_3، و گذردهی امواج نوری با طول موج بیش‌تر از ۷۰۰nm برای CGS ، به یک ترکیب رنگی مناسب برای زیر لایه نیاز بوده که حاوی طول‌موج‌هایی در محدوده زیر باشند

$$۵۵۰nm<\lambda<۷۰۰nm$$

حال با توجه به جدول ۱، مناسب‌ترین رنگ برای زیر لایه در سلول‌خورشیدی لایه‌نازک CGS/In_2S_3، ترکیبی از رنگ‌های زرد، نارنجی و قرمز است. به این ترتیب رنگ‌های با فرکانس کاری بالاتر اجازه عبور نخواهند یافت و دومین عامل اتلاف ذکر شده برطرف خواهد شد. به همین ترتیب رنگ مناسب زیر لایه در سلول‌خورشیدی لایه‌نازک $CdTe/In_2S_3$ نیز ترکیبی از رنگ‌های زرد، نارنجی و قرمز است. برای جلوگیری از اتلاف در سلول‌های خورشیدی لایه‌نازک CIGS و یا CIS نیز با در نظر گرفتن لایه بافر ZnS با توانایی عدم عبور امواج با طول‌موج بیش‌تر از ۳۵۰ نانومتر، عامل دوم اتلاف را می‌توان برطرف نمود.
با از بین رفتن یکی از عوامل اتلاف در تمامی سلول‌های خورشیدی لایه‌نازک با لایه دریچه‌ای In_2S_3، و لایه جاذب CdTe، CIGS، CGS و CIS بازده با جلوگیری از گرما و نوسان حاصل از فوتون‌های پرانرژی به میزان ٦/٦٦٪ در سلول واقعی و به اندازه ۲۰٪ در سلول ایده‌آل افزایش می‌یابد.

جدول 1: طول‌موج طیف‌های مرئی [5]

طیف مرئی	طول موج(نانومتر)
بنفش	400-450
آبی	450-480
سبز	480-560
زرد	560-590
نارنجی	590-620
قرمز	620-800

در این مقاله با توجه به عوامل اتلافی سلول‌های خورشیدی، و اینکه دومین علت مربوط به اتلاف انرژی فوتون‌های با انرژی بالاتر از بند گپ اختصاص دارد، که انرژی آن‌ها صرف نوسان در نیم رسانا می‌شود، چهار ساختار جدید برای بهبود عملکرد سلول‌خورشیدی لایه‌نازک ارائه گردید. در یک ساختار از یک لایه شیشه‌ای رنگی شامل ترکیبی از رنگ‌های زرد، نارنجی و قرمز، مناسب برای تمامی سلول‌های‌خورشیدی لایه‌نازک با لایه دریچه‌ای In_2S_3 و لایه جاذب CGSو یا CdTe استفاده نمودیم. در ساختاری دیگر با استفاده از یک لایه شیشه‌ای رنگی شامل ترکیبی از رنگ‌های زرد، نارنجی و قرمز مناسب برای تمامی سلول‌های خورشیدی لایه‌نازک با لایه دریچه‌ای In_2S_3 و لایه جاذب CdTe از نفوذ نورهای پرانرژی جلوگیری به عمل آوردیم. همچنین استفاده از لایه بافر ZnSe برای سلول‌های‌خورشیدی لایه‌نازک CIGS و یا CIS به صورت دریچه‌ای مانع از نفوذ نورهایی با انرژی بالا گردید. در این ساختارهای جدید اتلاف ٦/٦٦ درصدی بازده در سلول خورشیدی واقعی و اتلاف ۲۰ درصدی در سلول خورشیدی لایه‌نازک ایده‌آل ناشی از نوسان و گرمای فوتون‌های پرانرژی برطرف‌خواهدشد.

منابع

1. Rothwarf A, A p–i–n heterojunction model for the thin film CuInSe2/CdS solar cell, IEEE Transactions on Electron Devices,1982
2. H. Chavez, R. Santiesteban, J.C. McClure and V.P. Singh, J. Mater. Sci.: Mater. Electron
3. Brown M E (ed), ZnO—Rediscovered; (New York: The New Jersey Zinc Company) ,1957
4. S. M. Sze, Physics of Semiconductor Devices, 2nd Edition, Wiley, New York, 1981

مصاحبه

ملیکا کرمی

دانشجوی کارشناسی فیزیک
Karami_melika@physics.iust.ac.ir

در یکی از روزهای دی ماه سال ۱۳۹۵ خدمت استاد ارجمند، **دکتر محمدرضا اجتهادی**، در دانشگاه صنعتی شریف رسیدیم تا ضمن استفاده از سخنان و تجربیات ایشان، متنی برای مطالعه‌ی دانشجویان محترم از طریق نشریه علمی دلتا آماده کنیم.

دکتر محمد رضا اجتهادی تحصیلات لیسانس و فوق لیسانس خود را در دانشگاه تهران به اتمام رساند. وی سپس تحصیلات دکتری خود را در دانشگاه صنعتی شریف و بر روی ماده چگال نرم به انجام رساند. در طی دوره دکتری در دانشگاه صنعتی شریف درس کاربرد کامپیوتر در فیزیک را چند بار تدریس کرد و برای اولین بار در سال ۱۳۷٤ روش‌های شبیه سازی در فیزیک را در قالب این درس تدریس نمود. فعالیت علمی وی در گرایش ماده‌چگال نرم است. ماده‌چگال نرم یکی از شاخه‌های فیزیک است که بامسائل زیستی مرتبط است. گروه علمی دکتر اجتهادی در زمینهٔ پیچش پروتئین، مدل‌های کشسان DNA، هیدرودینامیک مزو مقیاس و مایع بلوری فعالیت انجام می‌دهد. همچنین ایشان پژوهشگر مقیم پژوهشکده دانش‌های بنیادی (IPM)، پژوهشکده علوم نانو (تا کنون ۱۳۹۵) میباشند.

• با توجه به وضعیت حال حاضر که یک نوع یأس و ناامیدی در بین دانشجویان رشته فیزیک ایجاد شده، لطفاً راهکار و یا انگیزه‌ای که ادامه مسیر را هموارتر کند معرفی کنید.

مقداری از این یأس به فیزیک ارتباطی ندارد و مربوط به وضعیت نامناسب شغل در جامعه ما است؛ کشور در وضعیت بیکاری مضمن است پس هر جوانی حق دارد نگران آینده شغلی خود باشد. اتفاقاً از این منظر فیزیک نسبت به بقیه رشته‌ها از مزیت‌هایی برخوردار است.

افرادی که وارد این رشته می‌شوند دو گروه‌اند: گروه اول آن‌هایی که می‌خواهند فیزیکدان شوند، مانند یک ورزشکار که تمام عمر خود را صرف ورود به تیم‌ملّی و رقابت و برنده شدن می‌کند، اینجا هم اشخاص با این دید وارد یک رقابت جهانی شده‌اند که ممکن است برنده یا بازنده شوند. گروه دوم به فیزیک هم مانند سایر رشته‌ها نگاه می‌کنند و می‌خواهند در این رشته درس بخوانند و مدرک بگیرند و وارد بازارکار شوند.

در وضعیت حال حاضر کشور رشته‌های دانشگاهی به دو دسته تقسیم می‌شوند: دسته اول، رشته‌هایی که به محض ورود آن‌ها شغل شما را تعیین می‌کنند و دسته دوم، آن‌هایی که انتخاب شغل را آزاد می‌گذارند.

مثلاً شخصی که دندانپزشکی می‌خواند قرار است دندانپزشک شود و اگر شغلی غیر از این مد نظرش باشد عمر خود را تلف کرده مگر آنکه هدف دیگری (مثلاً فقط اخذ مدرک) داشته‌باشد که این مقوله‌ای جداست.

اما فیزیک شغل شما را تعیین نخواهد کرد یعنی از ابتدا مشخص نیست شما با لیسانس فیزیک قراراست چه‌کاره شوید (البته اگر نخواهید فیزیکدان شوید!) و این خود یک امتیاز مثبت است نه ضرر، در نتیجه شما اجازه انتخاب شغل خود را در سنی بالاتر از ۱۸ سالگی دارید و با دیدی باز می‌توانید آینده خود را بسازید پس با این دید فیزیک وضعیت بهتری نسبت به بقیه رشته‌ها نداشته باشد اوضاع بدتری ندارد. با این تفاسیر دلیلی برای ناامیدی و بی‌انگیزگی نمی‌بینم.

• اکثر دانشجویان فیزیک که با علاقه وارد این رشته شده‌اند بعد از مدتی متوجه می‌شوند که تصورات آن‌ها کاملاً متفاوت بوده. آیا این ضعف سیستم آموزشی و دانشگاه‌ها است؟ به‌نظر شما چه راهکاری وجوددارد که زودتر متوجه این تصور اشتباه شویم؟

فیزیک رشته ای است که برای کسانی که فیزیک نمی‌دانند هم جذاب می‌باشد و این خود فریبنده است.

تمامی علومی که تاریخچه دارند دارای جذابیت‌هایی هستند، ولی همه ی این علوم در مورد گذشته ای محدود به تاریخ زمین صحبت میکنند، این درحالی است که فیزیک در مورد تاریخچه‌ای به شدت فراتر از ابعاد زمانی و مکانی کره زمین حرف دارد. پس این موارد باعث می‌شود عدّه‌ای به توانمندی‌های خود دقّت نکرده و صرفاً از روی علاقه به این دانش رازگونه تصمیم-گیری می‌کنند و این اشتباهی بزرگ است. صرف وجود علاقه موفقیت نمی‌آورد امّا موفقیت ایجاد علاقه می‌کند! من منکر ضعف‌های سیستم آموزشی کشور نیستم ازطرفی شاید دانشگاه‌ها هم تا اندازه مطلوب موفق

به ایجاد انگیزه نبوده‌اند امّا باید به این نکته هم توجه داشت که قرار نیست همه در این رقابت پیروز میدان باشند، امّا حالا که وارد این رقابت شده‌ایم به توانمندی‌های خود نگاهی واقع بینانه داشته‌باشیم و قبول کنیم هرکدام از ما جایی متوقف میشویم. به‌طور مثال من قبول کرده‌ام که دیگر موفق به کسب جایزه نوبل نخواهم شد. با توجّه به توانمندی‌های خود از زندگی لذّت ببریم و تاجایی که می‌توانیم تلاش کنیم و ناامید نشویم و فراموش نکنیم قرار نیست در یک مسابقه تمام شرکت‌کنندگان پیروز شوند.

• قاعدتاً شما هم قبل از انتخاب رشته فیزیک دیدگاه و نظراتی درباره این رشته داشته‌اید، آن تفکرات چه میزان تغییر کرده است؟

من از رشته‌ام لذّت می‌برم امّا نظرم تغییر کرده‌است من هم تصورم از فیزیک آنچه که دیدم نبود، مثل خیلی از دانش‌آموزان تمام تصورم از فیزیک ورود به علومی مانند نسبیّت عام، نسبیّت خاص، آسمان‌ها و ... بود و هیچ‌وقت فکرش را هم نمی‌کردم وارد مبحث بیولوژی در فیزیک بشوم. در حال حاضر بیشتر علاقمندم بدانم فیزیک بدن انسان به چه‌صورت است نه اینکه در کسری از ثانیه بعد از بیگ بنگ چه اتفاقی افتاده است. پس دید حال حاضر من با دید اولیه کاملاً متفاوت است اما خوشبختانه از رشته‌ای که می‌خوانم و کاری که انجام می‌دهم لذت می‌برم.
اگر قرار بود به گذشته برگردم به احتمال زیاد باز هم همین رشته وشاخه علمی را انتخاب می‌کردم امّا با دیدی بازتر و شاید از راه‌های نزدیک‌تر خود را سریع‌تر به اینجا می‌رساندم.

• پس شما معتقد هستید اصل فیزیک در مباحث کاربردی آن خلاصه شده نه در بخش‌های نظری و تئوری این علم؟

نه اصلاً، من این را نگفتم! اولا دقت کنید که فیزیک هم در بخش نظری و هم تجربی به کاربردی و محض تقسیم میشود و این تصور غلطی است که کاربردی را معادل تجربی و نظری را معادل محض بگیریم. فرض میکنم که شما هم سوالتان مقایسه تجربی و محض است.من اعتقاد دارم انسان‌ها باهم متفاوت‌اند، همانطور که در رشته‌های ورزشی باید هرکس باتوجه به آناتومی بدن خود رشته ورزشی را انتخاب کند پس در انتخاب حرفه خود نیز باید به آناتومی مغز خود دقت کند و مطمئن باشد اگر انتخاب درستی داشته باشد موفق خواهد شد و درنتیجه علاقه‌مند. باز هم تأکید می‌کنم فقط با علاقه نمی‌توان موفقیت کسب کرد!
در نتیجه عدّه‌ای که در بخش‌های نظری توانا ترند اتفاقاً باید وارد حیطه کارهای نظری شوند چون ورود آن‌ها به بخش‌های تجربی اشتباه محض است. به‌طور مثال اگر شما می‌توانید یک نوازنده درجه یک در کشور شوید اشتباه بزرگی است که یک آهنگ ساز درجه سه شوید!
به‌نظرم این جمله یک اصل است: مهم نیست چه کاری انجام می‌دهید، مهم این است در کار خود بهترین شوید.

• وضعیت دانشجویان دانشگاه‌های برتر کشور را چه‌طور ارزیابی می‌کنید؟ آیا اکثر آن‌ها سخت کوش‌اند و یا فقط استعداد بالایی دارند؟

به نظر من هردو، اتفاقاً بعضی از دانشجویانی که در دانشگاه‌های برتر درحال تحصیل‌اند گاهی با مشکلاتی مواجه هستند که ممکن است آرزو کنند ای‌کاش در این دانشگاه نمی‌بودند.
ملاحظه بفرمایید وقتی رتبه‌های برتر که همگی نابغه‌های خانواده‌های خود بوده اند در یک کلاس ۵۰ نفری فیزیک۱ در دانشگاهی برتر جمع می‌شوند و طبق آمار تا حتی ۱۰ درصد از آنها امکان دارد که در این درس مردود شوند این تغییر و تحول را چطور تحلیل می‌کنند؟
شاید احتمالا شاگرد آخر یک دانشگاه برتر از خیلی از دانشجویان در دانشگاه‌های دیگر جلوتر است؛ امّا این تجربه یکی از تلخ‌ترین تجربه‌های زندگی فردی هر شخص است. به‌طور شخصی ضربه سنگینی است به‌همین دلیل خیلی دانشجویان ما در چنین وضعیتی خود را می‌بازند و نسبت به تمام امکانات اطراف و ادامه تحصیل خود ناامید می‌شوند و این رویداد خوبی نیست درحالی‌که اگر همین افراد در دانشگاه‌های کوچکتری بودند و در آنجا موفق می‌شدند همچنان بین برترین های کلاس های خود باشند من مطمئن هستم در آینده انسان‌های خوشنودتر و موفق‌تری می‌شدند.
این خطر تمام دانشجویان دانشگاه‌های برتر را تهدید می‌کند و محدود به کشور ما نیست در تمام جهان وجوددارد.
ازنظر من گاهی اوقات دانشجویانی که در دانشگاه‌های برتر نیستند خوشبخت‌ترند، تأکید می‌کنم گاهی اوقات و برای بعضی از دانشجویان، و این چیزی نیست که بتوانند قبل از ورود به دانشگاه متوجه شوند زیرا در مرحله اول از قبول نشدن در یک دانشگاه برتر احساس باخت می‌کنند.

• شما فکر می‌کنید ایران ظرفیت پیشرفت در فیزیک را دارد یا حتما باید به خارج از کشور رفت (حتی برای یک دوره کوتاه)؟

عقیده شخصی من این است که اگر افراد برای کسب دانش در بهترین مکان قرار بگیرند، اصلاً کار بدی نیست. در این شکی نیست که هرچه امکانات و رفاه تحصیلی بیشتر باشد، زمینه رشد و پیشرفت هم بیشتر است؛ امّا این بدین معنا نیست که اگر شخصی در یک دانشگاه ضعیف‌تر هست نمی‌تواند پیشرفت کند او نیز می‌تواند موفق شود فقط کار سخت‌تری در پیش دارد.
مطمئناً محیط بسیار تاثیرگذار است از نظر شخصی هم فکر می‌کنم داشتن یک تجربه خارج از کشوربسیار ارزشمند است، فرقی نمی‌کند در کدام مرحله باشد یا فقط برای یک پروژه کاری، چون به‌نظرم برای موفقیت باید تجربه کسب کرد. به‌طور مثال اگر در آینده رئیس یک دانشگاه شوید، اینکه تجربه تحصیل در دانشگاه‌های معتبر جهان و یا تجربه همکاری با آن‌ها را داشته باشید بسیار موثر و مفید خواهدبود؛ البته توجه داشته باشید منظور من از خارج، تحصیل در هر دانشگاهی نیست حضور در دانشگاه‌ها و مراکزی که از سطح دانشگاه فعلی خود بالاتر است کمک‌کننده خواهد بود، از نظر تحصیلی، سطح پژوهشی افراد و برقراری ارتباطات بین‌المللی کمک می‌کند که این‌ها مواردی مهم در هر زمینه کاری و تحقیقاتی محسوب می-شوند.

نهایتاً به‌نظر من تحصیل در خارج از کشور بسیار مفید خواهدبود، فقط امیدوارم هرکه می‌رود برگردد! برود تجربه کسب کند و برگردد کشور خود را بسازد.

• امّا اکثراً معتقد هستند که نمی‌توانند تجربیات کسب کرده خود را در ایران عملی کنند و ثمره آن‌ها را ببینند.

بله درست است. ممکن است عدّه‌ای این عقیده را داشته باشند و شاید حرفشان درست باشد، امّا من به شخصه برگشتم چون فکر می‌کنم اینجا خوشبخت‌تر هستم.

به هر حال کسانی هم که برنگشتند شاید موفقیت را در همان مسیر می‌دیدند آن‌ها نیز عاقل اند.

• آیا شما توانستید ایده‌ها و تجربیات خود را عملی کنید؟

فکر می‌کنم اینجا آدم موفق‌تری هستم، قصد انجام کارهایی را هم داشتم که نتوانستم انجام دهم ولی دلیلی هم ندارد که اگر بر نمیگشتم حتما می‌توانستم انجامشان دهم!

شخصاً برگشتم چون فکر می‌کردم در ایران فرد مؤثرتری هستم، امکان دارد از نظر علمی آنقدر پیشرفت نکرده‌باشم که اگر می‌ماندم پیشرفت می‌کردم، ولی زندگی من فقط کسب علم نیستاین را می‌دانم که من تا وقتی در ایران هستم اثرگذارم و از خود رد پایی برجای گذاشته‌ام و از اینکه تأثیرگذارم به نوعی ارضای شخصی می‌شوم. شاید این تفکر خودخواهانه باشد امّا من در خارج از کشور این حس را نداشتم چه بسا اگر آنجا هم احساس می‌کردم مفید هستم می‌ماندم.

• نظر شما در مورد فرار مغزها چیست؟

به‌نظرم در این بخش مشکل سیستم‌ها و سازمان‌ها هستند، همیشه این مثال را زده‌ام وقتی در ایران افراد در ترافیک معطل می-شوند سریعاً نتیجه‌گیری می‌کنند مشکل تولید بیش از حد خودروها است، امّا فراموش می‌کنند آنکه خودرو می‌سازد، کار خود را انجام می‌دهد بلکه آن بخش که باید خیابان بسازد سهل‌انگاری کرده‌است.

حال درباره رفتن و برنگشتن همکاران و دانشجویان ما که حداقل در همین دانشکده بسیار شاهدش هستیم؛ مشکل آن استادی نیست که خوب تدریس می‌کند و یا دانشجویی که هوش، استعداد و پشتکار فراوان دارد و تمام دنیا طالب آن هستند، مشکل این نیست که آنها سزاوار شرایطی بهتر برای تحصیل و کار هستند و خود این را میدانند ، مشکل آن مجموعه‌ای است که باید برای این استعداد ها کار و شرایط رشد در خور این توانایی ها را تولید می‌کرد.اکثر این دانشجویان اگر در ایران شغل خوبی داشتند، آزمایشگاه‌های پیشرفته در اختیارشان قرار می‌گرفت و قدر توانییی هایشان دانسته میشد ترجیح میدادند که در کنار خانواده خود ادامه تحصیل دهند و کار کنندو دلیلی برای رفتن و برنگشتن نداشتند. پس شخصاً فکر می‌کنم فردی که می-رود حق دارد، او می‌خواهد زندگی خود را بهتر کند. وقتی سیستم نتواند شرایط لازم را فراهم آورد پس حق اعتراض هم ندارد میگویند که باید این مغزها بمانند و به کشور خدمت کنند. درست است، ولی آیا شرایط خدمت را فراهم کردید؟

• اتفاقی که در حال حاضر شاهدش هستیم این است که در اکثر رشته‌ها به‌سمت حیطه‌های بین‌رشته‌ای سوق یافتیم، آیا این اتفاق نشانگر آن است که به انتهای علم رسیده‌ایم؟

می‌توان به این مسئله از منظر دیگری نگاه‌کرد، حدود ۶۰۰ سال قبل انسان‌هایی که وارد حوزه‌های علمی می‌شدند عالِم جامع بودند. یعنی علاوه بر اینکه در پزشکی، نجوم و ... سررشته داشتند، خیلی چیزهای دیگر حتی فقه هم می‌دانستند. در آن زمان مردم اعتقاد داشتند یک فرد عالِم باید تمام علوم را بداند، به‌تدریج با پیشرفت علم شرایط به‌گونه‌ای تغییر یافت که دیگر این امر امکان‌پذیر نبود. بعد از گذشت سال‌ها دانشمندان اقدام به مرزبندی علوم کردند، امّا خوشبختانه و یا متأسفانه هر مرزبندی با خود احساس ناسیونالیستی می‌آورد. این اتفاق ناخودآگاه باعث شد در سال‌های گذشته دانشمندان تا حد امکان خود را از مرزها بین رشته ها دور نگه‌دارند؛ این مرزبندی‌ها کاملاً دست ساخته خود ما انسان‌ها بوده. ولی یک کل پیوسته است و وظیفه ما شناخت تمام ابعاد آن می‌باشد. پس وارد این بخش‌ها شدیم و از آنجایی که آن‌ها کاملاً بکر بودند ناگهان حیطه‌های پژوهشی زیادی تولید شدند و به این نتیجه رسیدیم که اتفاقاً این مرزها بخش مهمی از علوم و ناشناخته هیا ما را تشکیل میدهند. درنتیجه این اتفاق بدی نیست زیرا علوم به‌تدریج گسترده‌تر می‌شود و احتمال زیاد در آینده از حال حاضر هم وسیع‌تر خواهد شد. قرار نیست علمی به‌پایان برسد.

• به‌نظر شما ایران در حال حاضر در کدام بخش‌های فیزیک پتانسیل فعالیت دارد؟ آیا باید وارد بخش‌های بین‌رشته‌ای شود و یا در همان مباحث نظری به کار خود ادامه دهد؟

من فکر می‌کنم فیزیک به دو بخش تقسیم می‌شود، بخش اول فیزیک‌بنیادی و بخش دوم فیزیک‌کاربردی.

فیزیک‌بنیادی آن بخش از فیزیک است که مثلاً من می‌خواهم بدانم منشأ مادّه تاریک چیست.

امّا در فیزیک‌کاربردی قرار است بعد از بدست‌آوردن ندانسته‌هایمان، دانسته‌های خود را به یکسری کاربرد تبدیل کنیم و در مرحله بعد وارد مهندسی می‌شویم که این علم به ابزار و محصول تبدیل می‌شود.

مطمئناً همه نمی‌توانند کار بنیادی انجام‌دهند امّا عدّه‌ای باید وارد این حیطه شوند زیرا بخش‌های بنیادی آینده دوردست ما را می‌سازند.

مثلاً روزی که انیشتین نسبیت عام را کشف می‌کرد انتظار این را نداشت که امروز ما در GPSهای خود از نسبیت عام استفاده کنیم. وظیفه او و تمام اساتید بنیادی نگرانی درباره کاربرد این علوم نیست، اگر بنیادی کارها فعالیت نمی‌کردند من و شما امروز نمی‌توانستیم از تلفن همراه استفاده کنیم، پس عدّه‌ای باید وارد این حیطه شوند زیرا بسیار ارزشمند است.

در تمام دنیا اکثراً فاصله بین دانسته‌ها تا کاربرد را پرکرده‌اند و این مسئله‌ای است که باید در کشور ما تقویت شود یعنی باید دانشجویان به سمت کاربرد هدایت شوند. البته فکر می‌کنم این جهش در حال انجام است، جوان‌های زیادی را می‌شناسم که به سمت شرکت‌های

دانش‌بنیان رفته‌اند و وارد حیطه‌های کاربردی شده‌اند.
معمولاً افراد و یا سازمان‌هایی که به‌دنبال سودهای آنی هستند وارد بخش‌های کاربردی می‌شوند از آن‌طرف سازمان‌های کلان دولتی یا نظامیدر حیطه بنیادی سرمایه گذاری میکنند، زیرا نگاهشان به آینده دور تری است.
جوّی که درحال حاضر در کشور می‌بینم این است که جوان‌ها خود به سمت تولید کار برای خود دیگران میروند تا درآمدی که بازارکار به آن‌ها نمی‌دهد و یا دانشگاه از ایشان دریغ کرده را خودشان بدست‌آورند و این اتفاق خوبی است. هر چند هنوز خیلی عقب هستیم امّا به‌شخصه آینده روشنی را برای فیزیک‌کاربردی متصور هستم.

• فعالیت در کدام شاخه‌های فیزیک را کاربردی‌تر و جذاب‌تر می‌دانید؟
ظاهراً درحال حاضر امکان فعالیت در فضای بین‌رشته‌ای‌ها بیشتر است، در تمام رشته‌ها (بیوفیزیک، شیمی‌فیزیک و ...) فضای کار افزایش یافته؛ در این بخش‌ها فضای کار کمی بازتر و رقابت راحت‌تر می‌باشد.

• باتوجه به فرمایشات خودتان، آیا در این بخش هم افراد باید به موفقیت بیندیشند؟ افرادی را میشناسم که به مباحث بنیادی علاقه‌مند هستند امّا به دلیل عدم وجود بازارکار وارد حیطه کاربردی شده‌اند.
فکرمی‌کنم بحث موفقیت بسیار مهّم است زیرا وقتی ۱۰ سال آینده به این نتیجه برسید که جایگاهی بالاتر از حال حاضر دارید خوشنود خواهیدشد، امّا اگر بعد از گذشت سال‌ها به این نتیجه برسید که نه تنها موفق نبوده‌اید بلکه یک پلّه عقب‌تر از امروزتان هستید حتماً پشیمان خواهیدشد و پشیمانی اصلاً حس خوبی نیست. پشیمانی از این جهت که بدانید مسیری وجوددارد که می‌تواند شما را با شیب مثبتی به جلو ببرد، امّا شما آن را انتخاب نکنید. پس باید باتوجه به اطلاعات روز برای رسیدن به موفقیت تصمیم بگیریم.

• اکثراً معتقد هستند که برای رسیدن به موفقیت در هرکاری که انجام می‌دهید باید تمام فعالیت‌های جانبی را کنارگذاشته و همه وقت خود را صرف تمرکز در آن بخش کنید، آیا شما هم با این تفکر موافق هستید و آن را در زندگی خود پیاده کرده‌اید؟
هرچند خودم اینگونه نبوده ام، امّا فکر می‌کنم تا حدودی حرف درستی است. تمرکز می‌تواند به‌شدت در موفقیت تأثیرگذار باشد، یکی از روش‌هایی که با آن می‌توان موفقیت را تضمین کرد « تمرکز به کار « است. این اتفاقی است که در خارج از کشور خودبه‌خود رخ می‌دهد زیرا افرادی که آنجا مشغول به کار یا تحصیل هستند، هرکس در بخش مختص به خود درحال فعالیت است و همه اشخاص مجبورند رتبه و جایگاه خود را حفظ کنند. پس به اجبار روی یک کار خاص تمرکز می‌کنند و بعد از گذشت ۱۰ الی ۱۵ سال در آن بخش متخصص می‌شوند، چون تمام این سال‌ها فقط روی آن موضوع تحقیق و پژوهش کرده-اند.

در ایران فضای فعلی هنوز به ما این اجازه را می‌دهد که راحت از این شاخه به آن شاخه برویم چون آن فضای رقابتی هنوز وجود ندارد . وقتی مرزها مشخص نباشد جذابیت رشته‌های مختلف ممکن است باعث شود که شما هیچ‌وقت در زمینه‌ای واحد متخصص نشوید ولی از زندگی و تجربیات خود لذت برده‌اید، من نیز در هر بخشی که علاقه داشتم، وارد شدم؛ الآن هم خوشحال هستم امّا اگر می‌خواهید در بخشی موفق و متخصص شوید این استراتژی درستی نیست و باید به‌طور مستمر روی یک موضوع تمرکز کنید و به هیچ وجه قدمی پس و پیش نگذارید.

• شما که فرد موفقی هستید و این درحالی است که علایق خود را کنار نگذاشته‌اید.
من عقیده دارم هیچ‌کس احساس موفقیت نخواهد کرد، زیرا موفقیت موضوعی نیست که بتوان آن را به راحتی اندازه گرفت. به‌طور مثال افراد در حین رانندگی فقط خودروهای جلوتر از خود را می‌بینند و به آن‌هایی که پشت سرشان است توجهی نمی-کنند.
من به‌شخصه هیچ‌وقت احساس موفقیت را درک نکردم امّا احساس خوشنودی را می‌فهمم، پس اگر من نیز درحال حاضر خود را با خودروهای جلوتر مقایسه کنم موفق نیستم. عدّه ای از انسان‌ها در بالا رفتن از پلّه‌های ترقی گاهی‌اوقات در بعضی از پلّه-ها توقف دارند و به اطراف نگاه می‌کنند و از زندگی لذت می‌برند امّا دسته دیگری هم وجوددارند که به سرعت و بی‌توقف آن‌ها را طی می‌کنند، من جز دسته اول هستم.

• به نظر شما کارگروهی در بین دانشجویان به چه اندازه رایج است؟ و تا چه حد در این بخش موفق بوده‌اند؟
به‌نظرم کارگروهی به مجوعه‌ای که قرار است فعالیت کند و ساختار آن بستگی دارد، مثلاً بعضی از رشته‌ها ساختاری دارند که خیلی درگیر کارگروهی نمی‌شوند. امّا در فیزیک و حداقل دانشکده خودمان اکثر دانشجویان در قالب کارگروهی فعالیت می‌کنند این موضوع را می‌شود در مقالات منتشر شده نیز ملاحظه کرد. اکثراً ثمره فعالیت دو یا چند نفر از دانشجویان و یا چند تن از اساتید است.این مثال نشانگر رشد کارگروهی است.

• بعضی از اساتید اعتقاد دارند دانشجویان حال حاضر تنبل هستند، میل و رغبتی به تحصیل و پژوهش علمی ندارند و به خوبی سابق نیستند (به طور مثال مفاهیم پایه‌ای را نمی‌دانند امّا به‌دنبال نوشتن مقاله هستند) تا چه اندازه با این دیدگاه موافق هستید؟
برای اظهار نظر به وجود آمارهای دقیق نیاز است. باتوجه به آمار خیلی کلی، می‌دانم تعداد دانشگاه‌ها و تعداد دانشجویان افزایش یافته، امّا هیچ‌وقت آماری ندیدم که بیان کند تعداد بهترین‌های ما از گذشته کمتر شده‌است. به‌طور مثال در ۴۰ سال گذشته تعداد دانشجویانی که وارد رشته فیزیک می‌شدند بسیار کمتر از حالا بوده، احتمال میدهم درحال حاضر تعداد دانشجویان ورودی دکتری از ورودی کارشناسی ۴۰ سال قبل بسیار بیشتر است. این فضای وسیع مطمئناً با

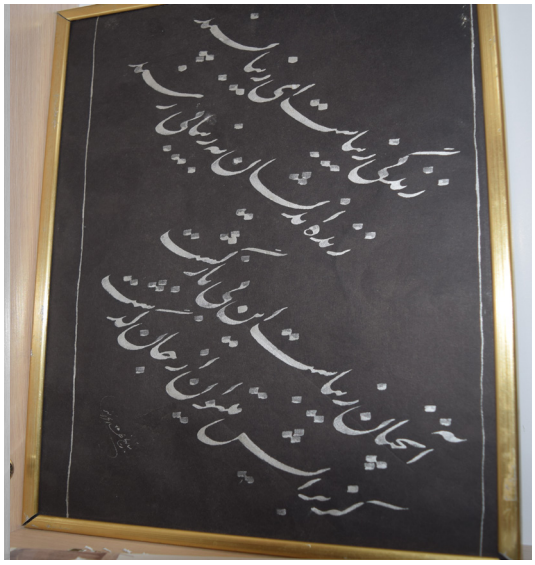
خود هم رشد و هم رقیق شدن را نتیجه می‌آورد. پس هنگامی که شما به متوسط نگاه می‌کنید بله احتمالا این دیدگاه درست است ، کیفیت متوسط کاهش یافته. ولی احتمال زیادی میدهم که اگر به بهترین‌ها نگه کنیم به‌صورت مطلق افزایش داشته‌است.

• آیا فعالیت‌های فوق برنامه مانع رشد تحصیلی افراد می‌شود؟

به‌شخصه هروقت فعالیت فوق برنامه بیشتر ی داشته امبیشتر هم درس خوانده‌ام. امّا ممکن است این نسخه درمورد بقیه درست نباشد و وقتی درگیر فعالیتی می‌شوند ازبقیه بخش‌ها مثلاً همان درس‌خواندن عقب بمانند. امّا همیشه فعالیت‌های فوق برنامه برای من نوعی انگیزه درس خواندن بودند پس نمی‌توان یک الگوی فراگیر ترسیم کرد.

ما انسان هستیم نه ماشین، پس به روح و روان و جسممون هم باید دقت کنیم.. در زمان تحصیل همیشه پنجشنبه‌ها کوه می-رفتم و اگر به‌طور مثال دانشگاه و یا استاد راهنما تأکید می‌کرد باید آن روز دانشگاه حضور داشته‌باشم، می‌گفتم تقویم من پنجشنبه ندارد! آن یک روز تمام انرژی هفته من را تأمین میکرد و باعث افزیش بازده کاریم می‌شد. حتی در حین کوهنوردی به مسائل فیزیکی و راه‌حل‌هایشان فکر می‌کردم. این درحالی است که دوستانی داشتم که تمام روزهای هفته حتی جمعه ها نیز مشغول مطالعه بودند.

پس این مسأله‌ای کاملً شخصی است و به روحیات افراد بستگی دارد.



• بیوفیزیک چیست؟ تفاوت آن با فیزیک‌پزشکی درچه مواردی است؟

تفاوت این دو به‌نوعی مانند تفاوت پزشکی و زیست‌شناسی است، درواقع فیزیک پزشکی به‌نوعی مهندسی و فن و حرفه است امّا بیوفیزیک یک علم است و در مجموعه علوم‌پایه قرار می‌گیرد.

بیوفیزیک ازآنجایی شروع می‌شود که متوجه می‌شویم قوانین حاکم بر بدن موجودات زنده همان قوانین فیزیکی است. مثلاً شما متوجه می‌شوید در بدن انسان هم اصل بقای انرژی برقرار است. انرژی مقدار غذایی که می‌خورید، بخشی را به‌صورت گرما و فعالیت مصرف می‌کنید و قسمتی را هم به‌شکل‌های مختلف تلف می‌کنید پس اصل بقای کار و انرژی برای انسان هم صادق است. حال باتوجه به‌وجود این اصل به‌طورمثال درمی‌یابیم اگر انرژی ورودی بیشتر از خروجی باشد یعنی بخشی از آن در قسمتی از بدن ذخیره می‌شود درنتیجه منجر به چاقی می‌گردد. این بیوفیزیک تقریباً از حدود ۱۰۰ سال پیش آغاز شده، زمانی کهزیست‌شناسان متوجه می‌شوند که به فیزیک نیاز دارند.

یک بیوفیزیک هم وجوددارد که حدوداً از ۵۰ سال پیش آغاز شده و در این بخش فیزیکدانان متوجه می‌شوند می‌توانند قوانینی را که در دست دارند در زیست‌شناسی به‌کار برند. این بیوفیزیکی است که از دانشکده‌های فیزیک آغاز شده و درحال حاضر در تمام دنیا در دانشکده‌های فیزیک وجود دارد.

می‌توان گفت این دو بیوفیزیک حرکت از دو طرف یک پل و به‌سمت یکدیگر برای ایجاد ارتباطی میان فیزیک و زیست شناسی است. این دو بهم نزدیک شده‌اند امّا هنوز تا یکی شدن فاصله دارند. اصلی که هردو گروه به آن رسیده‌اند این است که موجودزنده نوعی ماشین است که کارکردش از تمام قوانین فیزیک و طبیعت تبعیت.

• پس بخش عمده بیوفیزیک مورد مطالعه دانشجویان فیزیک را فرمول‌ها و روابط ریاضی و فیزیک تشکیل می‌دهد؟

دقیقاً همینطور است. به‌طورمثال درسی که خودم ارائه می‌کنم می‌توان گفت تا حد زیادی دوره‌ای بر ترمودینامیک، مکانیک آماری، الکتریسیته و شیمی است، فقط در پایان درس نشان می‌دهیم که چگونه ترکیب این موارد دست‌به‌دست هم داده‌اند که فرضاً یک سلول بتواند حرکتی روبه‌جلو داشته‌باشد و یا بتواند خود را تکثیر کند و مسائلی از این قبیل. در اصل ما زیست‌شناسی را از داخل همان قوانین دانسته فیزیکی و بعضاً شیمیایی استخراج می‌کنیم.

• درحال حاضر حیطه کاری و پژوهشی شما چیست؟

الکترون‌ها و پروتون‌ها، وقتی این‌دو کنارهم قرارمی‌گیرند اتم را می‌سازند (فیزیک‌اتمی)، هنگامی‌که اتم‌ها درکنار هم جمع می‌شوند مولکول را تشکیل می‌دهند (فیزیک‌مولکولی). حال به‌طورمثال با دردست‌داشتن یک مولکول H_2O نمی‌توانید بگویید «آب» دارم امّا وقتی تعداد زیادی از این مولکول‌ها درکنار هم قرارمی‌گیرند شما ماده‌ای به نام «آب» خواهیدداشت که مشخصات معینی دارد به این بخش «فیزیک‌ماده‌چگال» می‌گوییم. یعنی تعداد زیادی ذره درکنارهم چگالیده شده‌اند، حالا می‌تواند فازهای مختلفی (جامد، مایع و گاز) داشته باشد. مواد زیادی در طبیعت وجود دارد که نمی‌توان آن‌ها را در یکی از این سه فاز ایده ال قرارداد. به طور مثال گوشت ، آدامس، ژله و ... .

این مواد زمانی « ماده پیچیده » نام داشتند امّا بعدها نام‌گذاری آن‌ها به « ماده‌چگال‌نرم » تغییر کرد. موادی که در بعضی از سرعت‌ها و نیروها می‌توانند رفتاری جامدگونه و کشسان از خود نشان‌دهند و گاهی اوقات نیز مانند مایع رفتار کنند.

یکی از مثال‌های مهم ماده‌چگال‌نرم «مواد بیولوژیک» می‌باشد که این مواد مطمئناً موضوع بحث بیوفیزیک نیز می‌باشند، پس این دو یک همپوشانی دارند و کار اصلی من ماده‌چگال‌نرم است.

• و سوال آخر این جمله را چگونه توصیف می‌کنید؟ «به هنگام بالارفتن از پله‌های ترقی خود را وقف بالارفتن دیگران از این نردبان نکنید.»

مصاحبه

به‌نظرمن در یک جامعه سالم منفعت طلبی افراد باید در جهت منفعت طلبی های اجتماعی باشد.یعنی افراد خوب جامعه برای منفعت خود همان کاری را انجام‌دهند که به‌نفع جامعه می‌باشد. پس هرکس که موفق شود، شرایط شغلی، تحصیلی و ... را نیز برای دیگران هموارتر می‌سازد. درنتیجه در یک جامعه سالم کافی است هر فرد به موفقیت خود بیندیشد. زیرا موفقیت او در درجه اول به‌نفع خانواده او خواهدبود و نهایتاً برای جامعه هم سود و منفعتی به همراه دارد. پس هنگامی که شما از این نردبان بالا میروید راه را برای دیگران هموار میسازید و دیگر نیازی به فداکاری‌های عجیب و غریب نیست، درنتیجه هیچ اشکالی ندارد افراد دید شخصی داشته باشند امّا سالم رفتار کنند.

با آرزوی موفقیت و آرامش روزافزون برای جناب آقای دکتر محمدرضا اجتهادی بار دیگر از ایشان به خاطر وقتی که در اختیار تیم دلتا قرار دادند تشکر می کنیم.

گزیده‌ای از سوابق و مقالات:

- عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شریف
- همکاری با پژوهشگاه دانش‌های بنیادین (مرکز تحقیقات فیزیک نظری و ریاضیات)
- فعالیت در مرکز پژوهش پلیمر فیزیک موسسه ماکس پلانک در آلمان و دانشگاه British Colombia در کانادا

1. M. Khatami, K. Wolff, O. Pohl, M. R. Ejtehadi and H. Stark
Active Brownian particles and runand-tumble particles separate inside a maze
Scientific Reports 37670 ,(2016) 6
2. H. Seyed Allaei, L. Schimansky-Geier and M. R. Ejtehadi
Gaussian theory for spatially distributed self-propelled particles
Phys. Rev. E 062303 ,(2016) 94
3. H. Salari, B. Eslami-Mossallam, H. F. Ranjbar and M. R. Ejtehadi
Stiffer double-stranded DNA in two-dimensional confinement due to bending anisotropy
Phys. Rev. E 062407 ,(2016) 94

لباس نامرئی

آرزو خزائی

دانشجوی کارشناسی فیزیک
khazaei_arezoo@yahoo.com

بررسی فناوری‌های موجود در جهان برای نامرئی کردن انسان و اشیا و همچنین محدودیت‌ها و آینده‌ی این فناوری

باید قبول کنید که شما هم دوست دارید یک شنل نامرئی داشته باشید. فاش شدن یک اشتباه خجالت‌آور در یک میهمانی؟ فقط کافی است تا جامه‌ی جادویی خود را بپوشید و از نگاه‌های تحقیر آمیز مهمان‌ها ناپدید شوید. می‌خواهید بشنوید که واقعا رئیستان درباره‌ی شما چه می‌گوید؟ به راحتی در دفتر او پرسه بزنید و چیزهای بدرد بخوری بدست آورید. چنین ابزار مد اعجاب انگیزی به طور مضحکی در دنیای علمی تخیلی و فانتزی به صورت استاندارد در آمده است. هر کسی از جادوگران تا شکارچیان صحراهای بین کهکشانی، حداقل یک پیراهن نامرئی در لباس‌های خود دارند، ولی درباره‌ی ما، انسان‌های ضعیف در دنیای واقعی چطور؟

خب، انسان‌های عادی، علم خبرهای خوبی برای شما دارد: شنل‌های نامرئی واقعی هستند. این فناوری تا تکمیل فاصله دارد اما اگر شما به فروشگاه مدرن لباس‌های غیب شونده‌ی ما قدم بگذارید، ما شما را به سمت گزینه‌های شنل‌های نامرئی راهنمایی می‌کنیم.

در ابتدا، نگاهی می‌اندازیم به بعضی از مدهای شگرف نانوتیوب کربنی_که از مجموعه موسسه UTD NanoTech در پاییز ۲۰۱۱ بدست آمده است. این فناوری متاثر از پدیده‌ی طبیعی مسبب ایجاد سراب در صحرا هست. این لباس توسط محرک الکتریکی گرم می‌شود، گرادیان (شیب) دمای تیز میان شنل و محیط اطراف سبب ایجاد یک سراشیبی دمایی می‌شود که با خم کردن نور آن را از پوشنده لباس دور می‌کند. شرط: پوشنده‌های لباس مجبورند عاشق آب باشند و بتوانند درون یک petri dish[1] جا بشوند.

شاید شما چیزی را ترجیح می‌دهید که از فراموادّ[2] درست شده باشد. این ساختارهای کوچک، کوچکتر از طول موج نور هستند. اگر به درستی ساخته شوند، امواج نور را اطراف یک شی راهنمایی می‌کنند، بیشتر مانند سنگی که آب جاری را منحرف می‌کند.

اگر شما بیشتر به مد قدیمی علاقه دارید، فناوری استتار نوری نیز که توسط دانشمندان در دانشگاه توکیو تولید شده‌اند وجود دارند. این روش بر اساس همان قواعد پرده‌ی آبی[3] که در تلویزیون در بخش پیش‌بینی هوا و همچنین فیلمسازی کاربرد دارد، کار می‌کند. اگر می‌خواهید که مردم آن طرف بدن شما را ببینند چرا از آنچه آن طرف بدنتان وجود دارد فیلم نگیرید و آن را روی بدنتان نمایش ندهید؟ اگر شما با همراهی ویدیوگراف‌ها[4] سفر می‌کنید، این می‌تواند شنل نامرئی شما باشد.

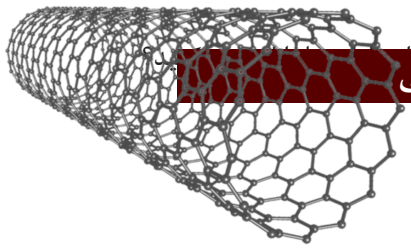
۱. ظرف کوچک مخصوص کشت میکروب

۲. metamaterial

۳. blue screen

۴. videographs

لباس نامرئی



نانوتیوب‌های کربنی

بیایید ابتدا این شنل نامرئی نانوتیوب کربنی را امتحان کنیم و شگفتی‌های پدیده سراب را تجربه کنیم

شما احتمالا بیشترتان با سراب‌ها از داستان‌های آواره‌های صحرا که نگاهی زودگذر به یک آبادی کویری داشته‌اند تنها برای اینکه دریابند که آن تنها یک سراب بوده است، آشنا هستید.

شن داغ نکته‌ی کلیدی پدیده‌ی سراب[۵] است، زیرا تفاوت مستقیم دمای شن و هوا، امواج نور را خم می‌کند یا می‌شکند. این انکسار اشعات نور را به جای هدایت کردن به زمین به بالای چشم‌های بیننده منتقل می‌کند. یک مثال کلاسیک از سراب صحرایی این هست که این پدیده یک گودال از آسمان را روی زمین ایجاد می‌کند که ذهن منطقی (و تشنه) آن را به عنوان یک استخر آب تفسیر می‌کند. شما احتمالا چنین پدیده‌ی مشابهی را بر روی سطح داغ خیابان، همراه با سوسو زدن خط ممتد جاده همراه با گودال آب دیده‌اید.

در سال ۲۰۱۱، محققان در دانشگاه تگزاس در موسسه Dallas NanoTech تصمیم گرفتند از این پدیده استفاده کنند. آن‌ها از نانوتیوب‌های کربنی استفاده کردند، صفحات کربن درون تیوب‌های استوانه‌ای شکل، پیچیده شدند. هرصفحه به سختی به ضخامت یک مولکول است، البته به همان سختی فلزات زیرا اتم‌های کربن در هر تیوب به طور شگفت انگیزی محکم به هم متصل شده‌اند، این صفحات همچنین رساناهای بسیار خوب گرما هستند که آن‌ها را برای تولید سراب ایده‌آل می‌کند.

در آزمایش، محققان به صورت الکتریکی صفحات را گرم کردند، که باعث شد گرما به محیط اطراف (یک petri dish از آب) منتقل شود. همان طور که از تصاویر می‌توانید ببینید، این امر سبب می‌شود که نور از اطراف صفحات نانوتیوب کربنی با خم شدن دور شود، که به صورت مؤثر هر چیزی که پشت آن است را توسط نامریی بودن پوشش می‌دهد.

نیاز به گفتن نیست، مکان‌های بسیاری نیست که شما بخواهید یک لباس کوچک بسیار داغ را که باید در آب شناور باشد بپوشید؛ ولی آزمایش، پتانسیل چنین موادی را نمایش می‌دهد. در طول زمان، تحقیق نه تنها شنل‌های نامرئی بلکه تجهیزات دیگر با قابلیت خم کردن نور را که همه‌ی آن‌ها دارای کلید روشن/خاموش هستند را ممکن می‌سازد.

فرامواد

۱. خم شدن امواج نور

بیایید شنلی نامرئی که از فرامواد ساخته شده است را در نظر بگیریم. فرامواد، چشم‌انداز قانع کننده‌تری از تکنولوژی نامرئی، بدون استفاده از پروژکتورها و دوربین‌ها ارائه می‌دهند. فرامواد، که مفهوم آن برای اولین بار در سال ۱۹۶۷ توسط Victor Veselago فیزیکدان روسی مطرح شد، ساختارهای مصنوعی بسیار ریزی هستند که از طول موج نور هم کوچکتر بوده (برای ایجاد انحراف در مسیر امواج نور) و دارای خواص الکترومغناطیسی منفی می‌باشند که بر جهت‌گیری آن‌ها در میدان‌های مغناطیسی تاثیر می‌گذارد. مواد طبیعی، همه دارای ضریب شکست مثبت هستند که این ضریب تعیین کننده‌ی چگونگی برهم‌کنش امواج نور با آن‌ها است. اگر ساختار ماده‌ای را به اندازه‌ی کافی کوچک کنیم، می‌توان نحوه‌ی انکسار امواج ورودی را تغییر داد تا جایی که می‌توان انکسار مثبت را به منفی تبدیل کرد.

به خاطر داشته باشید که تصاویر و صداها به ترتیب توسط امواج نوری و امواج صوتی به ما می‌رسند. اگر کاری کنیم که این امواج شی را دور بزنند، توانستیم آن را از دیده یا شنیده شدن پنهان کنیم. یک جریان کوچک را تصور کنید، اگر کیسه‌ای پر از رنگ قرمز در جریان قرار دهیم، با توجه به تغییر رنگ، طعم و بوی آب متوجه خواهید شد که رنگ قرمز در حقیقت در جریان پخش شده است. حال اگر بتوانید جریان آب را از اطراف کیسه بگذرانید چه؟ در سال ۲۰۰۶، David Smith از دانشگاه Duke، با استفاده از نظریه‌ی از پیش مطرح شده John Pendry، فیزیکدان نظری اهل انگلیس، فراماده‌ای ساخت که قابلیت منحرف کردن جریان پرتو میکرو ویو[۶] را دارد.

این محصول فراماده متشکل بود از حلقه‌های متحد المرکز که دارای منحرف کننده‌های میکرو ویو الکتریکی هستند.

روشن است میکرو ویو در طیف بینایی انسان جایی ندارد، اما تکنولوژی نشان داده است که امواج انرژی می‌توانند در اطراف یک ماده منحرف شوند.

تصور کنید که یک لباس می‌تواند کاغذ مچاله شده‌ی پرت شده توسط یک کلاس سومی را منحرف کند و آن را دور فرد بچرخاند طوری که گویی خط سیرش فرد را در بر بگیرد؟!

حال چقدر کشش لازم است تا یک سنگ یا یک فشنگ را منحرف کرد؟

فرامواد مورد نظر Smith درستی این روش را ثابت کرده‌اند. راه رسیدن به نامرئی شدن منوط به آن است که بتوان آن را با امواج مختلف تطبیق داد.

۲. مخازن نامرئی

در سال ۲۰۰۷، Igor Smolyaninov به همراه تیمش از دانشگاه مریلند در زمینه نامرئی شدن به پیشرفت‌های بسیاری دست یافت.

به کمک نظریه‌های از پیش مطرح شده‌ی Vladimir Shaleav از دانشگاه پردو[۷] Smolyaninov فراماده‌ای ساخت که قادر به خمش نور مرئی اطراف یک شی شد.

تنها پهنای ۱۰ میکرو متر، شنل دانشگاه پردو متشکل از حلقه‌های طلایی متحدالمرکزی است که توسط نور فیروزه‌ای قطبی افشانده شده است.

این حلقه‌ها امواج نور ورودی را به دور از شی پوشیده هدایت

۵. خمیدگی فوتوترمال=photothermal deflection

۶. ریز موج

۷. Perdue

می‌کنند و به طور موثر (در نهایت) باعث نامرئی شدن آن می‌شوند. فیزیک‌دانان چینی دانشگاه Wuhon این مفهوم را وارد محدوده‌ی شنوایی کرده‌اند. این کار با ساخت پوشش ناپدیدی صدایی[۸] قادر به منحرف کردن امواج صوتی از اطراف شی امکان پذیر است.
در حال حاضر شنل‌های نامرئی ساخته شده از فرامواد به نوعی محدود هستند. علاوه بر این که بسیار کوچک می‌باشند، محدود به ۲ بعد نیز هستند. پس برای ناپدید شدن در یک منطقه جنگی ۳ بعدی به هیچ وجه مناسب نیست!
همچنین شنل حاصل وزنی بیشتر از آن دارد که حتی یک جادوگر تمام بتواند شنل را جابه‌جا کند!!! در نتیجه این تکنولوژی بهتر است برای مخفی کردن ساختمان‌ها یا وسایل نقلیه مانند تانک به کار برود!

استتار نوری

واقعیت تغییر یافته
این تکنولوژی از مزایای تکنولوژی واقعیت بزرگ شده[۹] بهره می‌برد. تکنولوژی که برای اولین بار در سال ۱۹۶۰ توسط Ivan Sutterland و دانشجویانش در دانشگاه‌های هاروارد و اوتا، پایه‌ریزی شد.
استتار نوری تجربه‌ای همانند شنل نامرئی هری پاتر ارائه می‌دهد با این تفاوت که استفاده از آن مستلزم آرایش پیچیده‌ای می‌باشد. ابتدا شخصی که می‌خواهد نامرئی باشد (فرض کنیم اسم او هری است) لباسی مانند یک بارانی کلاهدار می‌پوشد. این لباس از ماده‌ای خاص ساخته شده که بعدا بررسی خواهیم کرد.
سپس یک ناظر (برای مثال پروفسور اسنیپ!) در یک موقعیت مخصوص روبروی هری می‌ایستد، حال در آن مکان به جای دیدن هری با بارانی کلاهدار، اسنیپ دقیقا از میان شنل می‌بینند که باعث می‌شود هری نامرئی به نظر آید! حال اگر اسنیپ، هری را از مکان دیگری ببیند (از زاویه‌ی دیگری به هری نگاه کند)؟ مسلما او پسرک جادوگر را می‌بینند که شنلی نقره‌ای به تن دارد! خوشبختانه شنل تخیلی هری از همه‌ی زوایا نامرئی دیده می‌شود!
استتار نوری از طریق سحر و جادو کار نمی‌کند.
سیستم‌های واقعیت بزرگ شده اطلاعات کامپیوتری را به ادراک حسی کاربر اضافه می‌کنند. تصور کنید که در پیاده روی یک شهر در حال قدم زدن هستید، همان‌طور که به مناظر در طول مسیر نگاه می‌کنید، اطلاعات اضافی نیز وارد دید شما می‌شوند. این اطلاعات می‌تواند مثل یک روز خاص در رستوران، زمان‌های نمایش در تئاتر و یا برنامه اتوبوس در ایستگاه باشد. آنچه مهم است درک تفاوت واقعیت مجازی و واقعیت بزرگ شده می‌باشد. در حالی که واقعیت مجازی سعی در جایگزینی دنیا دارد، واقعیت بزرگ شده صرفا تلاش می‌کند تا آن را با مطالب مفید کامل‌تر کند. می‌توان آن را مانند صفحه نمایش سر بالا (HUD) برای زندگی روزمره دانست.
اکثر سیستم‌های واقعیت بزرگ شده به یک ناظر نیاز دارد تا از طریق یک دستگاه مشاهده مخصوص، صحنه‌ی دنیای واقعی را که توسط گرافیک ساختگی تقویت شده ببینند. این کار، همچنین به کامپیوتری قوی نیاز دارد. علاوه بر این‌ها، استتار نوری مستلزم استفاده از اجزاء متعدد دیگری هم است که عبارتند از:
- لباس ساخته شده از مواد بسیار بازتابنده (صیقلی)
- دوربین فیلم برداری دیجیتال
- کامپیوتر
- پروژکتور
- آینه نیمه نقره به نام ترکیب کننده
بررسی فناوری استتار نوری، تنها فناوری قابل استفاده در حال حاضر برای نامرئی کردن افراد و شیوه‌ی کار و کاربردهای آن است.

اجزای شنل نامرئی

بسیار خب! شما دوربین فیلم برداری، کامپیوتر، پروژکتور، ترکیب کننده و بارانی صیقلی شگفت انگیزتان را دارید. اما چگونه واقعیت بزرگ شده از این وسایل برای نامرئی شدن استفاده می‌کند؟!
ابتدا، بیایید از نزدیک نگاهی به بارانی بیاندازیم: بارانی از مواد بازتابنده ساخته شده. این مواد با تکنولوژی بالا توسط هزاران دانه‌ی ریز پوشیده شده است. هنگامی که نور به یکی از این دانه‌ها برخورد کند، پرتوهای نور دقیقا در همان مسیر قبلی بازتابیده می‌شوند.
برای این که بفهمیم چرا این مسئله منحصر به فرد است باید بازتاب نور از سطوح دیگر را بررسی کنیم. یک سطح ناصاف بازتابی پراکنده ایجاد می‌کند چون پرتوهای ورودی نور در جهات مختلف پراکنده می‌شوند. یک سطح کاملا هموار (صاف) مانند آینه بازتابی ایجاد می‌کند که در آن زاویه تابش با زاویه بازتابش برابر است. در پس بازتابیدن، مهره‌های شیشه‌ای مانند منشور عمل می‌کنند، یعنی پرتوهای نور را خم می‌کنند. این باعث می‌شود تا نورهای بازتابیده شده در همان مسیر نورهای تابیده شده برگردند. نتیجه این که ناظری که در منبع نور قرار دارد نور بازتابیده شده‌ی بیشتری را مشاهده می‌کند پس جسم را روشن‌تر می‌بینند.
مواد پس بازتابگر بسیار معمول هستند. در ساخت علائم راهنمایی و رانندگی، خطوط جاده و بازتابنده‌های دوچرخه همه از مواد پس بازتابگر استفاده شده تا برای افراده که در شب رانندگس می‌کنند نمایان‌تر باشد. همچنین از این مواد برای درخشندگی بیشتر پرده‌های فیلم تئاترهای مدرن تجاری استفاده می‌شود. در استتار نوری به کارگیری این مواد حیاتی است چون دو لازمه‌ی نامرئی به نظر آمدن اجسام (نامرئی شدن اجسام) را داراست، یعنی از دور و در نور شدید خورشید قابل رویت است.
برای بقیه کار، دوربین فیلم برداری برای ضبط پس زمینه باید پشت جسم قرار گیرد. کامپیوتر، تصاویر ضبط شده از دوربین را دریافت می‌کند، دورنمای مناسب را محاسبه کرده و تصویر ضبط شده را به طرحی تبدیل می‌کند که بر روی ماده پس بازتابگر انداخته خواهد شد. پروژکتور سپس تصاویر اصلاح شده را با تاباندن پرتو نور از سوراخی که توسط دیافرگم عنبیه کنترل می‌شود، بر روی لباس می‌اندازد.
این دریچه از صفحات ماتی تشکیل شده و حلقه‌هایی را می‌چرخاند که قطر سوراخ مرکزی را تغییر می‌دهد. برای این که استتار نوری به خوبی کار کند این سوراخ باید به اندازه ته سنجاق باشد (سرسوزن!). این، عمق بزرگی از میدان را تامین می‌کند تا صفحه

۸. acoustic invisibility cloak
۹. augmented-reality

بتواند (در اینجا شنل نامرئی) در هر فاصله دلخواه از پروژکتور قرار بگیرد.
در نهایت کل سیستم نیازمند آینه‌ی مخصوصی است تا هم تصاویر را به سمت شنل بازتاب کند و هم اجازه دهد تا پرتوهای نور از شنل پرتاب شده (بازتاب شده) و به چشم ناظر بازگردند. این آینه مخصوص که پرتو شکاف یا ترکیب کننده نام دارد، آینه‌ای نیمه نقره است که هم نور را بازتاب می‌کند (قسمت پشت نقره) و هم نور را عبور می‌دهد (قسمت شفاف).
ترکیب کننده (پرتو شکاف) اگر به طور مناسب در برابر چشم ناظر قرار داده شود، این امکان را برای ناظر فراهم می‌کند تا هم تصویر کامپیوتر و هم پرتوهای نور محیط اطراف را دریافت کند. این مساله حیاتی است زیرا تصاویر تولید شده بوسیله کامپیوتر و منظره دنیای واقعی (اطراف) باید کاملا یکپارچه باشند تا نامرئی شدن به واقعیت نزدیکتر شود!

سیستم نامرئی کامل

حالا تمامی این اجزا را در کنار هم قرار می‌دهیم تا ببینیم که چگونه یک شنل نامرئی یک شخص را نامرئی می‌کند. تصویر زیر یک آرایش ساده از تمامی دستگاه‌ها و قطعات مختلف را نشان می‌دهد.
زمانیکه یک شخص شنلی که توسط مواد بازتابنده ساخته شده را می‌پوشد، سلسله اتفاقات زیر به وقوع می‌پیوندد:
۱. یک دوربین تصویر برداری دیجیتالی تصویر پشت شخص پوشنده‌ی شنل را ضبط می‌کند.
۲. کامپیوتر تصویر ضبط شده را پردازش می‌کندو محاسبات لازم را برای تطابق تصویر ثابت یا ویدئو انجام می‌دهد بنابراین زمانیکه تصویر تابش می‌شود واقعی به نظر می‌رسد.
۳. پروژکتور تصویر تقویت شده را از کامپیوتر دریافت می‌کند و تصویر را از درون یک دریچه به اندازه‌ی سرسوزن به ترکیب کننده تابش می‌کند.
٤. نیمه‌ی نقره‌ای آینه که کاملا بازتابگر است، تصویر تابش شده را به سمت شخص پوشنده‌ی شنل بازتاب می‌کند.
٥. شنل مانند یک پرده‌ی فیلم عمل می‌کند، نور را مستقیما به منبع باز می‌گرداند که در اینجا همان آینه است.
٦. پرتوهای نور بازتاب شده از شنل از قسمت شفاف آینه عبور کرده و به چشمان بیننده می‌رسندو به یاد داشته باشید که پرتوهای نور بازتاب شده از شنل در بردارنده‌ی تصویر صحنه‌ای هستند که در پشت فرد پوشنده‌ی شنل وجود دارد.
شخص پوشنده‌ی شنل ناپدید می‌شود زیرا تصویر پیش زمینه روی ماده بازتابنده نمایش داده می‌شود. در همین زمان، پرتوهای نور محیط اطراف نیز به چشم بیننده می‌رسند و باعث می‌شود که تصور شود گویی یک شخص نامرئی از دیدی دیگر در محیط معمولی اطراف وجود دارد.

کاربردهای نامرئی بودن در دنیای واقعی

به نظر می‌رسد که کلمه شنل نامرئی تصاویری از ماجراهای خیالی، جاسوسی‌های جادویی و حیله‌های دنیای خیالی را تداعی کند.
کاربرد واقعی برای استتار نوری، البته در دنیای واقعی خیلی کمتر هستند. شما می‌توانید مخفی کردن سفینه فضایی خود یا گشت و گذار در اتاق‌های محرمانه را فراموش کنید، ولی این بدان معنا نیست که استفاده‌هایی قابل توجه برای این فناوری وجود ندارد.
برای مثال، خلبان‌های یک هواپیما می‌توانند از این فناوری استفاده کند تا زمین کابین خلبان نامرئی شود. این امر می‌تواند این امکان را برای آن‌ها ایجاد کند تا باند فرودگاه و عراده هواپیما را به راحتی با نگاهی سریع به کف اتاق (که نمایی از خارج بدنه‌ی هواپیما نشان می‌دهد) ببینند. به طور مشابه، راننده‌ها دیگر لازم نیست با آینه‌ها و نقاط کور سرو کله بزنند. در عوض، می‌توانند تنها به قسمت عقب ماشین نگاه کنند. این فناوری حتی ادعا می‌کند که ظرفیت کاربرد در زمینه پزشکی را نیز دارد، به این صورت که جراحان می‌توانند از استتار نوری برای دیدن آن سوی دستان و وسایلشان استفاده کنند تا دیدی بدون مانع از بافت قرار گرفته در زیر این وسایل داشته باشند.
جالب است بدانید که یکی از کاربردهای محتمل این فناوری مرئی کردن بیشتر اشیا است! این مفهوم موجودیت دوطرفه از راه دور[10] خوانده می‌شود و ضرورتا شامل تابش ظاهر کاربر از راه دور بر روی یک ربات پوشیده شده با ماده‌ی بازتابنده می‌باشد. برای مثال می‌توانیم کاربر را یک جراح در حال عمل یک بیمار از طریق ربات در نظر بگیریم. mutual telexistance دور این امکان را فراهم می‌کند که دکترهایی که در حال کمک به انجام یک عمل هستند این حس را داشته باشند که در حال کار با یک انسان هستند به جای یک ماشین.
در حال حاضر، mutual telexistance در مرحله‌ی تخیل علمی قرار دارد ولی دانشمندان در حال تلاش برای افزایش مرزهای فناوری هستند. برای مثال، بازی‌های فراگیرنده در حال تبدیل شدن به یک واقعیت هستند. بازی‌های فراگیرنده[11] تجربه‌ی بازی کردن را به دنیای واقعی چه درون خیابان‌های یک شهر چه در مناطق دور افتاده‌ی صحرایی توسعه داده‌اند. بازکنان همراه با نمایشگرهای حامل به درون دنیا حرکت می‌کنند در حالیکه حسگرها اطلاعات محیط پیرامونشان را که شامل موقعیت آن‌ها می‌شود ضبط می‌کنند. این اطلاعات تجربه‌ای از بازی کردن را ایجاد می‌کند که با توجه به مکان کاربر و کاری که در حال انجام است تغییر می‌کند.

منابع

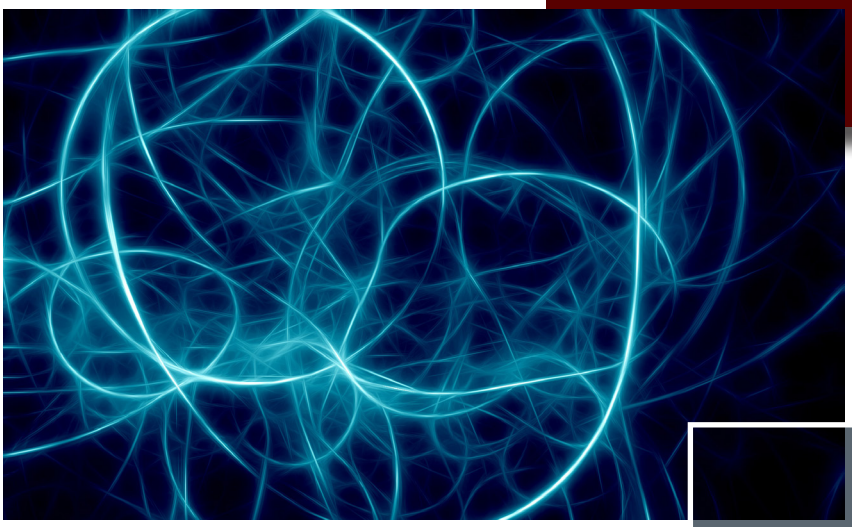
1. Leonhardt, U. Optical conformal mapping. Science 2006) 1777 ,312)
2. Pendry, J. B., Schurig, D. & Smith, D. R. Controlling electromagnetic fields. Science 312.
3. Pendry, J. B., Schurig, D. & Smith, D. R. Controlling electromagnetic fields. Science 312.
4. Pendry, J. B., Schurig, D. & Smith, D. R. Controlling electromagnetic fields. Science 312.

۱۰. Mutual Telexistance
۱۱. pervasive gaming

زهره دهقانی محمدآبادی

دانشجوی دکترای اتمی-مولکولی دکتر اسلامی
eeslami@iust.ac.ir

پلاسما و برهمکنش آن با مواد



پلاسما به عنوان یک محیط یونیزه می‌تواند باعث تاثیر و تغییراتی بر روی سطوح مواد مختلف شود. این تاثیرات، ناشی از برهمکنش ذرات فعال باردار، رادیکال‌ها و ذرات خنثی‌ای است که در پلاسما وجود دارد. این برهم‌کنش‌ها می‌تواند پیوندها شیمیایی مواد را بشکند و کاربردهای زیادی از جمله تمیز کاری سطوح، لایه‌نشانی مواد و اصلاح خواص سطحی مواد را در برگیرند. به عنوان مثال، ترکیب گازهای نجیب و هالوژن‌ها برای کنده‌کاری لایه‌های نازک و لایه‌نشانی در ساخت قطعات میکروالکترونیک استفاده می‌شود. همچنین کلر به عنوان یک گاز الکترونگاتیو به طور گسترده در کنده‌کاری نیمه رساناها و فلزات، و ترکیب آرگون با کلر برای کنده‌کاری سیلیکن در فشار کم استفاده می‌شود. از آنجایی که فرآیند کنده کاری به شدت وابسته به شار یون‌ها، رادیکال‌های آزاد و تابش‌های روی سطح است، برای بهینه‌کردن این فرآیندها، ضروری است که اثر پارامترهای مهم از قبیل ترکیب گازی و مشخصات الکتریکی مدار، روی مشخصات پلاسما بررسی شود. در این کاربردها، الکترون‌ها به وسیله میدان الکتریکی شتاب گرفته و با اتم‌ها و مولکول‌های گازی برخورد کرده و ذرات فعال شیمیایی از قبیل رادیکال‌ها، الکترون‌ها، یون‌ها، ذرات فوق پایدار، ذرات برانگیخته، و تابش های UV و VUV را تولید می‌کنند. این ذرات و فوتون ها، سطح در تماس با پلاسما را، بمباران کرده و مشخصات سطحی آن را تغییر می‌دهند. همین ویژگی منحصر به فرد در پلاسما عامل اصلی استفاده از آن در افزایش بازده سلول‌های خورشیدی بوده است.

انواع مختلف پلاسما

پلاسماها را می‌توان با توجه به دمای یون‌ها، الکترون‌ها و درجه یونیزاسیون، به دو گروه پلاسمای دما پایین و پلاسمای دما بالا تقسیم کرد. در پلاسمای دما بالا، دمای الکترون‌ها و ذرات اتمی و مولکولی بسیار بالا بوده و تمام الکترون‌ها، یون‌ها و ذرات موجود در آن در حالت تعادل حرارتی قرار دارند. این نوع پلاسماها معمولاً پلاسمای کاملا یونیزه هستند. در مقابل پلاسمای دما پایین که پلاسمایی غیر تعادلی است خود به دو دسته پلاسمای حرارتی و پلاسمای غیر حرارتی یا سرد تقسیم می‌شود. در پلاسماهای حرارتی، الکترون‌ها، یون‌ها و ذرات دیگر به صورت تعادلی در کنار هم قرار دارند که بیشتر در چشمه‌های مشعل پلاسمایی و ماکروویو تولید می‌شوند. این منابع به دلیل شار گرمایی بالایی که تولید می‌کنند، بیشتر در فرآیندهای پلاسمایی مثل از بین بردن برخی از ضایعات سمی، پزشکی، زباله‌های هسته‌ای و تبدیل آن‌ها به عناصر تشکیل‌دهنده شرکت می‌کنند. اما در برخی از کاربردها استفاده از این نوع پلاسماها نه تنها سودمند نمی‌باشد حتی می‌تواند باعث صدمه زدن به ماده نیز شود. در این موارد که پلاسمای حرارتی پاسخگو نمی‌باشد از پلاسمای سرد استفاده می‌کنند. پلاسمای سرد اشاره به پلاسماهایی دارد که در آن انرژی الکتریکی منبع، بیشتر به الکترون‌ها منتقل می‌شود که باعث تولید الکترون‌های پر انرژی در درون گاز می‌شود. بدین ترتیب کسر کوچکی از ذرات در پلاسمای سرد یونیزه شده، در حالی که یون‌ها و ذرات خنثی نیز در دمای اتاق باقی می‌مانند. پلاسمای سرد می‌تواند در برخی از برهم کنش های سطحی مثل اکسیداسیون یا لایه‌نشانی بر روی زیر لایه‌های آلی و غیر آلی موثر باشد. علاوه بر تقسیم‌بندی پلاسماها بر حسب دما می‌توان آن‌ها را برحسب نوع فشار گاز نیز تقسیم کرد.

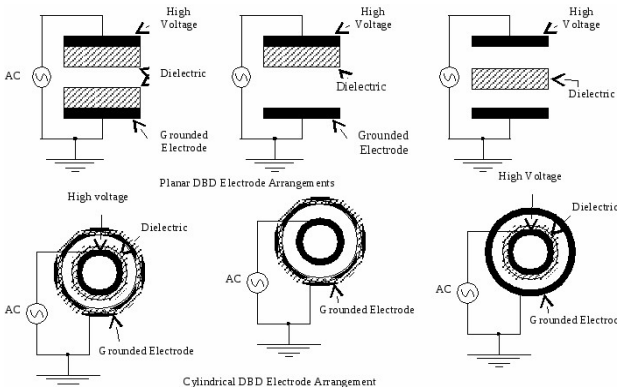
پلاسمای غیر حرارتی فشار اتمسفری

پلاسمای تخلیه الکتریکی در فشار پایین توجهات زیادی را در تحقیقات بنیادی، صنعت میکرو الکترونیک و در تکنولوژی مواد به خود جلب کرده است. به طور کلی چگالی ذرات فعال در این نوع پلاسماها نسبتا پایین بوده و این پلاسماها برای تولید نیاز به محفظه‌های خلا و صرف هزینه‌های اضافی دارند. یکی از رویکردهای جدید برای تولید پلاسما که ویژگی‌های پلاسما در فشار پایین را نیز حفظ می‌کند و امروزه نیز در حال گسترش است، تولید پلاسمای تخلیه الکتریکی در فشار اتمسفر است. مزیت اقتصادی و کاربردی کار در فشار اتمسفر، منجر به توسعه انواع دستگاه‌های پلاسمایی با فشار اتمسفر برای استفاده در این محدوده فشاری شده است. انواع مختلف پلاسمای فشار اتمسفر شامل تخلیه کرونا، تخلیه با سد دی الکتریک (DBD) و پلاسمای جت است. در ادامه دو حالت پلاسمای با سد دی الکتریک صفحه‌ای و نوع خاصی از پلاسمای جت با سد دی الکتریک مورد بررسی قرار می‌گیرد.

پلاسمای با سد دی الکتریک

اولین بررسی‌های آزمایشگاهی بر روی تخلیه الکتریکی با مانع دی الکتریک (DBD) در سال ۱۸۵۷ توسط زیمنس انجام گرفت. از ویژگی های مهم این نوع تخلیه این است که بین گاز یونیزه شده و الکترودها تماس مستقیم وجود ندارد. به عبارتی در این نوع تخلیه الکتریکی، حداقل یکی از الکترودها با یک ماده دی الکتریک پوشیده می‌شود به همین دلیل به آن تخلیه الکتریکی با مانع دی الکتریک می‌گویند. لایه دی الکتریک، بار و جریان منتقل شده به تخلیه را کنترل کرده و تخلیه را به طور یکنواخت روی سطح الکترود توزیع می‌کند. وقتی الکترون‌ها به سطح دی‌الکتریک می‌رسند، بارهای منفی روی سطح دی‌الکتریک به دام افتاده و یک میدان الکتریکی مخالف ایجاد می‌کنند. این میدان الکتریکی از تجمع بیشتر الکترون‌ها در همان مکان جلوگیری می‌کند. بنابراین، الکترون‌ها روی سطح دی الکتریک پخش شده و این امر منجر به پهن‌تر شدن تخلیه روی سطح دی‌الکتریک می‌شود. بدین ترتیب از شکل‌گیری قوس یا جرقه جلوگیری می‌شود.

انرژی الکتریکی منتقل شده به پلاسمای تخلیه، عمدتاً به الکترون‌های پر انرژی منتقل می‌شود در حالی که گاز خنثی در دمای اتاق باقی می‌ماند. این امر سبب می‌شود واکنش‌هایی که در دمای اتاق در گازهای معمولی اتفاق نمی‌افتند در این تخلیه ها انجام شوند. این ترکیب از خواص پلاسما، آن را ترکیبی نیرومند برای کاربردهای صنعتی می‌سازد. در این سیستم‌ها، یکی از الکترودها به یک منبع ولتاژ متناوب و دیگری به زمین متصل می‌شود. بسته به نوع کاربرد، دامنه و فرکانس ولتاژ اعمال شده، نوع ترکیب گازی، پهنای شکاف تخلیه، نوع دی الکتریک و ضخامت آن، و شکل الکترودها متفاوت است. الکترودها نیز می‌توانند مسطح یا به شکل استوانه باشند.

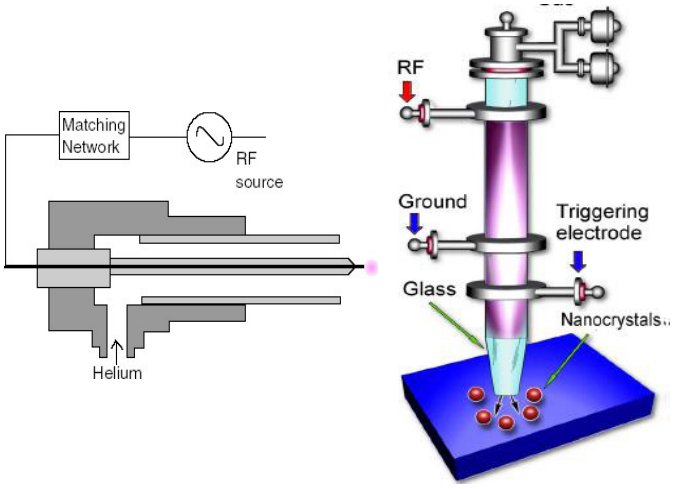


شکل ۱ : پیکربندی‌های مختلف دستگاه تخلیه الکتریکی با مانع دی الکتریک.

این نوع پلاسماها معمولا برای کنده‌کاری و مواردی که سطوح نیاز به یکنواختی ندارد از قبیل تمیزکاری سطوح مواد و لایه نشانی بخار شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

پلاسمای جت

نوع دیگری از تولید پلاسما غیر حرارتی، پلاسمای جت در فشار اتمسفر (APPJ) است. این نوع از پلاسماها علاوه بر کاربردهایی در برهم‌کنش با سطوح مواد در گندزدایی باکتری‌ها نیز استفاده می‌شود. پیکربندی این پلاسماها شامل ۲ الکترود محوری است که گاز (ترکیب هلیوم، اکسیژن و دیگر گازها) بین این دو الکترود با فشار بالا شارش می‌شود. میزان تابش پلاسمایی به نوع گاز و شرایط الکتریکی مواد از قبیل توان، فرکانس منبع بستگی دارد. به عنوان مثال در نوع خاصی از این نوع پلاسماها به الکترود مرکزی، ولتاژی با توان ۵۰-۱۰۰ وات در فرکانس ۱۳/۵۶ MHz اعمال شده و الکترود بیرونی به زمین متصل می‌شود. ذرات فعال پلاسما در این حالت با سرعت بالا از دهانه لوله خارج و با ناحیه موررد نظر برهم کنش انجام می‌دهند.



شکل ۲ : پیکربندی جت پلاسمای فشار اتمسفری.

این نوع پلاسماها در برهم کنش با سطوح مختلف کاربرد زیادی دارند. این کاربردها ناشی از بر هم کنش‌های شیمیایی ذرات پرانرژی موجود در پلاسما با سطح واکنش است که می‌توان هر کدام از آن‌ها را به یک گروه از ذرات در پلاسما نسبت داد و به چند دسته تقسیم کرد.

۱- دسته اول، فوتون‌های UV هستندکه علاوه بر شکستن باندهای شیمیایی، در محدوده‌ی مرئی، قادر به تولید بار سطحی مثبت در فوتو الکتریک می‌باشند.

۲- دومین دسته از ذرات واکنش پذیر در پلاسما، ذرات باردار هستند. آن‌ها شامل الکترون‌هایی هستند که یا با سطح بازترکیب شده و یا سطح را باردار می‌کنند. یون‌ها نیز ممکن است با فرآیند یونیزاسیون و یا تبادل بار در پلاسما تولید شوند. در این بین رادیکال‌های آزاد یا ترکیبات مولکولی باردار، مثل OH- در نتیجه واکنش‌های شیمیایی پلاسما تولید می‌شوند.

۳- دسته سوم از ذرات فعال در پلاسما، ذرات خنثی شامل اتم‌های واکنش‌پذیر مثل فلوئورهای تک اتمی، اکسیژن در حالت‌های اتمی برانگیخته و یا شامل مولکول‌هایی با واکنش‌پذیری بالا شامل مونومرهای تولیدی در پلاسما هستند.

کاربردهای پلاسما

در چند دهه گذشته، پردازش سطحی و لایه نشانی توسط پلاسمای سرد در فشار اتمسفر، بسیار مورد توجه قرار گرفته است. یکی از ویژگی‌های این پلاسماها، تولید سریع رادیکال‌های واکنش‌پذیر، به منظور واکنش‌های فعال پلاسما و بر اساس شیمی رادیکال‌ها است. با توجه به وجود الکترون‌های پرانرژی در کنار یون‌های کم‌انرژی، استفاده از آن در برخی از واکنش فرآیندهای سطح ، مانند پخت و یا برهمکنش پلاسما بعد از لایه نشانی نیز از اهمیت زیادی برخوردار است. علاوه بر این کاربردها، لایه نشانی فیلم در پلاسمای سرد در فشار اتمسفر به طور کلی بر اساس روش رسوب‌گذاری بخار شیمیایی پلاسمایی (PECVD) انجام می‌گیرد. یکی دیگر از کاربردهای پلاسما ، فعال‌سازی سطوح است که این فرآیند زمانی رخ می‌دهد که ولتاژ بالای اعمالی به پلاسما در فشار اتمسفر تابش UV را افزایش داده و منجر به تولید رادیکال‌ها بر روی سطوح شود. در این حالت نیز، متوسط انرژی یون‌ها برای کندوپاش بیش از حد کم بوده و فرآیند تبخیر می‌تواند فقط در پیکربندی‌های ویژه صورت گیرد.

علاوه بر کاربردهای ذکر شده در بالا، ساکورای و همکارانش در سال ۲۰۰۵، با استفاده از میکروپلاسمای جت آرگون در فشار اتمسفر (الکترود سوزنی به قطر داخلی ۷۰۰ میکرومتر و با توان W ۳۵) فیلم‌های سیلیکونی به ضخامت ۳ میکرومتر را کریستالی کردند. این فرآیند به دلیل گرمای سطحی با جایگزیدگی سریع ، در کمتر از ۱ میلی ثانیه رخ داد. در این فرآیند پلاسما باعث تغییرات قابل توجهی در میکرو ساختارهای مواد از قبیل توزیع مجدد اتم‌های کلر در زیر سطح و تشکیل ترک ها گردید. همچنین حذف آلاینده‌های کربنی در برهم کنش پلاسما با سطوح ITO می‌تواند منجر به افزایش تابع کار این ماده نیز شود. تحقیقات در این زمینه نشان داده است که اثرات تخریبی این روش بطور وضوح کمتر از برهمکنش لیزر با سطوح است. به همین دلیل بهینه کردن پارامترهای پلاسما یعنی انتخاب گاز پلاسما، توان و شکل ولتاژ منبع تغذیه با توجه به نوع زیر لایه از اهمیت زیادی برخوردار است.

منابع

[1] :Chandana, L., P.M.K. Reddy, and C. Subrahmanyam, Atmospheric pressure non-thermal plasma jet for the degradation of methylene blue in aqueous medium. Chemical Engineering Journal, 282 .2015: p. 122-116.

[2]: Hwang, H.Y., et al., Influence of the organic electrolyte and anodization conditions on the preparation of well-aligned TiO 2 nanotube arrays in dye-sensitized solar cells. Solar Energy, .2011 7)85): p. 1559-1551.

[3]: Hosono, E., et al., Growth of submicrometer-scale rectangular parallelepiped rutile TiO2 films in aqueous TiCl3 solutions under hydrothermal conditions. Journal of the American Chemical Society, 25)126 .2004): p. 7791-7790

Amazing bits

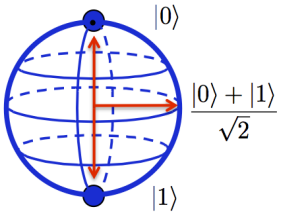
بیت‌های شگفت‌انگیز

فاطمه هاشمی فر

دانشجوی کارشناسی فیزیک
hashemifar.f@gmail.com

دانشمندان شرکت مایکروسافت و همکاران‌شان در سراسر دنیا ده سال گذشته را صرف کشف مکان‌های هیجان‌انگیز و در حقیقت عجیبی کردند که در آن‌ها علم رایانه و فیزیک کوانتوم با هم همکاری می‌کنند. این مکان‌ها به طور دقیق کجاهستند؟ رایانه‌های کوانتومی را مثل نقشه‌های تونل‌های زیرزمینی در نظر بگیرید که دارای دو خط قطار،یکی قطار محلی فیزیک‌کوانتوم و آن یکی قطار ویژه‌ی علم رایانه است که از دو مسیر متفاوت می‌آیند و درایستگاه مرکزی یعنی ایستگاه Q روی نقشه با هم تلاقی می‌کنند. آن‌ها با هم دیگر رو به جلو، به جایی که هیچکس نمی‌داند کجاست به حرکت خودشان ادامه می‌دهند.

به لطف مغزهای با استعداد از نیوتن تا انیشتین ما به شناخت ثابت و بسیار مستحکمی از ماده، حرکت، زمان، فضا و نحوه‌ی کارکرد کلی جهان دست‌یافتیم اما در طول چیزی حدود صد سال گذشته دانشمندانی که به دنبال یافتن زندگی در اندازه‌ی اتم یا زیراتمی بودند متوجه وجود ناهماهنگی‌هایی با فیزیک سنتی شدند. سوال‌ها و تئوری‌های زیادی وجود دارد درباره‌ی این که چرا و چه‌طور ذرات در مقیاس بزرگ مثل گیاه‌ها و پرنده‌ها و سنگ‌ها به ظاهر قابل پیش‌بینی رفتار می‌کنند ولی در مقیاس نانو نامشخص و به‌طرز تعجب‌آوری دیوانه می‌شوند؛ دراین رابطه کشف‌شد رفتارهایی که در مقیاس انسانی غیرقابل‌باور به نظر می‌رسند در سطح مولکولی اتفاقاتی عادی‌اند. آن پایین ذرات، توپ‌های کوچکی از ماده‌ی جامد، مثل امواج عمل می‌کنند. آن‌ها ازیک مکان به مکان دیگه دورنوردی[1] می‌شوند و همین طور می‌توانند در هم بپیچند به طوری که جدا کردن‌شان غیرممکن شود. ذرات در حالت کوانتوم می‌توانند به چیزی که ما آن را برهم‌نهی می‌نامیم برسند. حالتی که درآن واحد ذرات می‌توانند در حالت‌های چندگانه‌ای وجود داشته‌باشند. شما این جمله را زیاد شنیده‌اید؛ می‌دانید که لپ‌تاپ روی میزتان تلفن هوشمند در دست‌تان و تبلتی که در کیف‌تان دارید همه به وسیله‌ی اطلاعاتی به شکل بیت کار می‌کنند. بیت‌ها که می‌توانند به شکل صفر و یک باشند. آن‌ها به شکل هنرمندانه در رشته‌های بلندی چیده شده‌اند تا کامپیوتر را به انجام هر نوع کاری مثل تشریح دی‌ان‌ای یا پرتاب angry beards به قله‌های ساخته‌شده از خوک وادار کنند اما محدویت هایی در حل مسئله توسط رایانه‌های کلاسیک وجود دارد، مسئله هایی آن‌قدر سخت که اگر تمام رایانه‌های دنیا را برای حل آن جمع کنیم بازهم زمان خیلی زیادی طول می‌کشد تا جوابش پیدا شود. خب حالا این جاست که قضیه جالب می‌شود و رایانه‌های کوانتومی می‌توانند به درد بخورند. رایانه‌های کوانتومی به وسیله‌ی بیت‌های کوانتومی یا کیوبیت[2] ها کار می‌کنند به دلیل تاثیر توهم گونه‌ای مثل برهم‌نهی که حالت کوانتومی در خودش دارد یک کیوبیت می‌تواند صفر یا یک باشد یا به عنوان صفر و یک به طور هم زمان وجود داشته‌باشد. اگر یک کیوبیت بتواند دو محاسبه انجام دهد پس دوکیو بیت می‌تواندچهار محاسبه و چهار کیوبیت می‌تواند هشت محاسبه را انجام دهد. به این ترتیب قدرت محاسباتی کامپیوتر می‌تواند به طور بالقوه‌ای قابلیت رشدنمایی داشته‌باشد. وقتی رشته‌های بلندی از کیوبیت محاسبات را انجام دهند، مسئله‌هایی که حل آن‌ها توسط رایانه‌های امروزی قرن‌ها طول می‌کشد به اندازه‌ی نوشیدن یک فنجان قهوه وقت می‌گیرد. این رایانه‌ها برنامه‌های خیلی دور از ذهن می‌سازند که می‌تواند باعث پیشرفت در زمینه‌هایی مثل: یادگیری‌ماشین‌ها، پزشکی، شیمی، رمزنویسی، علم‌مواد و مهندسی شود و همین طور برای درک بخش‌های سازنده‌ی جهان به انسان کمک کند.



Qubit

Classical Bit

منبع

vidoal.com

۱. Teleportation

۲. Qubit

محمدهادی حاجی‌زاده
دانشجوی کارشناسی فیزیک
mohammadhadi.hajizadeh@iran.ir

در یک صبح دلنشین خدمت **دکتر وحیدرضا یزدان‌پناه** رسیدیم تا به بهانه‌ی سمینار علمی شان در دانشکده فیزیک گفت‌وگوی ویژه‌ای با ایشان داشته باشیم. دکتر یزدان پناه کارشناسی خود را در دانشگاه صنعتی شریف گذراند و بعد از اتمام مقطع کارشناسی ارشد در دانشگاه شهیدبهشتی برای ادامه تحصیل دکتری، ارکانزاس آمریکا را در رشته جدید میکروالکترونیک –فوتونیک انتخاب می کند.

وی تحصیلات خود را در مقطع فوق دکتری در دانشگاه‌های نورث وسترن-آمریکا و کالیفرنیا در ریورساید-آمریکا به پایان رساند و پس از آن در کالیفرنیای آمریکا بعنوان مهندس لیتوگرافی و مهندس ارشد IC مشغول به کار شد.

ایشان هم اکنون در پژوهشکده الکترونیک دانشگاه علم وصنعت مشغول فعالیت‌های علمی هستند.

به عنوان اولین سوال از محضر شما اینکه چرا شما رشته فیزیک را انتخاب کردید ؟

من یادم هست که درسال ۶۹که انتخاب رشته می کردم هفت انتخاب اولم فیزیک بود. آن زمان هم این صورت بود که رتبه‌های بالا اول مهندسی‌ها و بعد علوم پایه و دیگر رشته ها را انتخاب می کردند.

انتخاب من به این دلیل بود که علاقه‌ی زیادی به درک مفاهیم طبیعت داشتم. علاقه داشتم با تحقیق چیز های جدیدکشف کنم و قوانین حاکم برطبیعت را بهتر درک کنم.

من دبیرستان هم نرفتم و فقط شهریورماه در امتحان پایانی شرکت می کردم. دلیل آن هم این بود که از این که ۲ساعت در کلاس درس بنشینم بخاطر مطلبی که می‌توانستم در ۱۵ دقیقه بخوانم و بفهمم خسته می شدم. بنابراین در منزل درس می‌خواندم و وقت اضافی را به کار یا تحقیق روی مسایل مورد علاقه می گذراندم. مثلا، یادم می‌آید که تحقیقی انجام دادم در همان سال‌های دبیرستان که درمجله دانشمند چاپ شد و بعدها آن مقاله درسال دوم دوره‌ی کارشناسی جایزه‌ی دکترحسابی و جایزه‌ی انجمن فیزیک ایران را گرفت. یعنی کارهایی که در دوران دیپلم انجام دادم سبب شد بعدها، جایزه انجمن فیزیک ایران را از دست استاد دکتر رضا منصوری دریافت کنم.

علاقه داشتم که مفاهیم طبیعت را خوب درک کنم. یعنی اینطور نباشد که به یک معادله‌ی فیزیکی فقط به صورت یک معادله نگاه کنیم بلکه باید مفهوم فیزیکی آن را هم بفهمیم و درک کنیم. به بخش مفهوم فیزیکی قضیه خیلی علاقه داشتم که کشف کنم خداوند چه قوانینی را در نظم این جهان خلقت نهادینه کرده‌است. بعدازمدت زمانی ،متوجه شدم که کاربرد فیزیک در رشته‌های دیگر دنیای بسیار زیبایی دارد و جای پیشرفت فراوان. راه رشد و پیشبرد کاربردهای مفاهیم فیزیکی در زندگی روزمره بسیار زیاد است و به اندازه‌ی کافی روی آن کار نشده‌است. از طرفی، معمولا بچه‌های فیزیک وقتی که با درک مفاهیم عمیق فیزیکی وارد رشته‌های مهندسی یا کاربردی می‌شوند خیلی موفق هستند. بنابراین در خارج از کشور بر روی مسایل بسیار کاربردی و مسایلی که در ایران کمتر مورد توجه بود کار کردم.

استاد راهنمای بنده در در دوره لیسانس آقای دکتر امجدی بودند و وقتی به ایشان گفتم که تصمیم به ادامه تحصیل در خارج دارم و پرسیدم شما چه توصیه‌ای دارید، ایشان به من گفتند که «اگر می‌روی چیزی بخوان که وقتی برمی‌گردی چیز جدیدی را با خودت بیاوری که کار خاصی درآن مورد در کشور انجام نشده باشد.»

آیا دیدگاه خودتان هم در رابطه با تحصیل در خارج از ایران مانند دکتر امجدی بود یا در ابتدا اصلا قصد برگشت نداشتید؟

تا قبل از ورود به دوره‌ی فوق لیسانس قصد ادامه تحصیل در خارج از کشور را نداشتم. بعدا شرایطی فراهم شد که تصمیم گرفتم برای تحصیل به خارج از کشور بروم. یادم می‌آید در دوران لیسانس حدود ٤ مقاله بین‌المللی داشتم که برای ارایه‌ی آن‌ها باید به خارج از کشور می‌رفتم. شرکت در این کنفرانس‌های بین‌المللی و آشنایی بیشتر با کارهایی که در سطح بین‌الملل در رشته‌ی من انجام می‌شد انگیزه‌ی ادامه تحصیل را در من ایجادکرد. ابتدا پذیرشی از دانشگاه اقسه فرانسه گرفتم، اما برای ادامه تحصیل به آمریکا رفتم. در کل تصمیم برگشت داشتم یعنی می‌خواستم برگردم و دانش خود را انتقال دهم. این مطلب را حتی در زمان اخذ ویزای دانشجویی نیز بیان کردم.

کمی در مورد رشته‌ی دکتری خودتان توضیح بدهید.

دکتری من در رشته «میکروالکترونیک-فوتونیک» است که یک دوره تحصیلات تکمیلی بین رشته‌ای است. این رشته درسال ۲۰۰۰ شروع شد و من دومین دانشجوی دکتری در این رشته بودم. «کن ویکرز» ازشرکت TI (Texas Instrument) به دانشگاه آرکانزاس آمد و با

کمک چندتن از اساتید از جمله پروفسور گریگوری سالامو (استاد راهنمای من) با کمک مالی NSF (National Science Foundation) این رشته را شروع کردند. هدف این بود که یک سری از دانشجویان تربیت شوند که نه تنها از نظر علمی قوی باشند بلکه بتوانند با صنعت ارتباط مناسبی برقرار کنند. در صنعتی که تحقیق شما هدفمند و کاربردی است و اگر چیزی را در آزمایشگاه کشف کردید، فردا تولید شود و مشکلات جامعه در این خصوص برطرف شود.
برای نمونه، امروزه می‌بینیم که تقاضا برای کامپیوترهای سریع‌تر و کوچک‌تر زیاد است. یکی از اهداف این بود که به صنعت الکترونیک کمک شود تا سریع‌ترین و کوچک‌ترین چیپ‌ها با ایده‌های نوین ساخته شود. یکی از ایده‌ها ساخت چیپ‌های نوری بود که به جای الکتریسیته از مواج نوری (لیزر) و به جای سیم از فیبرهای نوری استفاده می‌کند. در این صورت شما پرسرعت‌ترین وکوچک‌ترین چیپ‌های الکترونیکی را خواهیدداشت.
بنابراین بعد از اینکه این رشته شروع به کار کرد، از دکترای فیزیک به دکترای «میکروالکترونیک-فوتونیک» تغییر رشته دادم. در این رشته واحدهایی که می‌گذراندیم از دانشکده‌های برق، فیزیک، مکانیک، مهندسی شیمی و مهندسی‌های دیگر بود. در همین راستا امتحانات ما هم خیلی کاربردی و بین رشته‌ای بود. برای نمونه، امتحان جامع دکترای ما سوالاتی از چالش‌های صنعت بود که تا آن زمان کسی حل نکرده‌بود. یعنی اگر کسی حل می‌کرد می‌توانست چندمیلیون دلار سود ببرد، چرا که یک چالش تکنولوژی بسیار کاربردی را حل کرده‌بود. این سوالات را به ما دادند و گفتند که رهیافتی برای حل این مسئله پیدا کنید. یک هفته فرصت می‌دادند برای حل این مساله‌ها وطبیعتا جایی هم جوابی برایشان پیدا نمی‌شد. برای اینکه اصلا تا آن زمان حل نشده بود.
سوال من مربوط به Multiplexing و Demultiplexing نوری تحت شرایط خاص بود که بعد ازحل عملا خود می‌توانست یک مقاله شود. بعداز یک هفته حل مساله را به چند استاد از دانشکده‌های مختلف می‌دادند که هر کدام به طور مستقل نظر و نمره دهند. خلاصه طوری دانشجو تربیت می‌شد که بتواند درصنعت مفید واقع شود. به همین دلیل بود که بعد از فارغ‌التحصیلی پیدا کردن کاری در رشته الکترونیک آنچنان سخت نبود. آمریکا در دو سال ۲۰۰۱ و ۲۰۰۷ برای چند سال دچار رکود اقتصادی شد و بازار کار کم رنگ بود، در هر دو زمان من پیشنهاد کار داشتم درصورتی که خیلی از فارغ التحصیلان رشته‌های دیگر پیشنهاد کاری نداشتند.

زمینه‌های پسادکترای شما ایجابی بود یا اینکه واقعا برای ادامه تحقیقات برنامه داشتید وانتخاب شخص شما بود؟

زمینه‌های پسادکترای من انتخاب شخصی بود. بعد از فارغ‌التحصیل شدن، پیشنهاداتی داشتم مثل آزمایشگاه تحقیقاتی نیروی دریایی آمریکا در واشنگتن و یا شرکت هانی ول در تگزاس. هر چند در نهایت به «مرکز دستگاه های کوانتمی» در دانشگاه نورث وسترن شیکاگو رفتم که جزء ۱۰ دانشگاه برتر آمریکا و ۲۰ دانشگاه برتر دنیا است. علت این انتخاب این بود که موضوعات تحقیقاتی در «مرکز دستگاه‌های کوانتمی» دانشگاه نورث وسترن بسیار مورد علاقه من بود و این مرکز بیشترین تعداد مقالات منتشر شده در میان مراکز تحقیقاتی دیگر را داشت (تقریبا ده برابر بیشتر). دانشگاه نورث وسترن شیکاگو دانشگاهی خصوصی مانند دانشگاه استنفورد است با محیطی که دانشجو می‌تواند از توانمندی‌های خود حداکثر بهره را ببرد در محیطی با رقابت بسیار بالا. حقیقت امر این بود که واقعا خواستم خودم را به چالش بکشم و به جرئت می‌توانم بگویم برای مدتی که در نورث وسترن بودم به اندازه سال‌ها مطلب جدید یادگرفتم.

چه چیزی باعث شد به سمت بیوفیزیک بروید؟

پزشکی در مقایسه با رشته‌های دیگر جای رشد و کار خیلی زیادتری دارد.
همواره دولت‌ها سعی داشته و دارند تا از مفاهیم علوم پایه مثل فیزیک و رشته‌های مختلف مهندسی در پیشرفت و پیشبرد پزشکی برای درمان بیماری‌هایی که روزانه موجب مرگ تعداد زیادی از انسان‌ها می‌شود سرمایه‌گزاری کنند.
این یکی از اولویت‌هاست و بنده هم به کار روی این زمینه‌ها مخصوصا سرطان علاقه داشته و دارم.
بعد از صحبت باچند استاد از دانشگاه سانفرانسیسکو که بیوفیزیک کار می‌کردند وارد این زمینه شدم تا بتوانم کاربردهای بیشتری از تکنولوژی نانو در پزشکی پیدا کنم. نانوتکنولوژی در بیوفیزیک بسیار کاربرد دارد، مخصوصا در شناسایی و درمان سلول‌های سرطانی؛ به همین منظور پسادکترای دوم خود را در کاربرد فناوری نانو در تشخیص سلول‌های سرطانی در دانشگاه کالیفرنیا در ریورساید گذراندم.
به طور کلی، سابقه راه‌اندازی دستگاه‌های از کار افتاده را از زمان کارشناسی با احیای آزمایشگاه الکترواکوستیک دانشکده فیزیک دانشگاه شریف داشتم. در دوره لیسانس در شریف، اتاق متروکه‌ای (که بعدا فهمیدم آزمایشگاه الکترواکوستیک بوده) در دانشکده فیزیک بود که کنجکاوی من را برانگیخت. ٤ واحد پروژه لیسانس را در راه اندازی مجدد این آزمایشگاه برداشتم و ثمره ی این کار، سرپاشدن مجدد این آزمایشگاه شد. این علاقه‌مندی به این‌گونه کارها در دوره‌ی دکتری و پسادکتری ادامه داشت و سابقه کار در صنعت به همین شکل چندین اختراع و ابداع رو شامل شد.
وقتی در Agilent Technologies بودم، زمانی رسید که به علت رکود اقتصادی شرکت قادر به پرداخت بودجه های اقتصادی نبود. وضعیت به گونه ای بود که شرکت حتی هزینه خرید لیوان یک بار مصرف کارکنان را هم قطع کرد و هر کارمند باید از منزل لیوان خود را می آورد. در این شرایط بد اقتصادی، به چند بحران ساخت چیپ های الکترونیکی برخورد کردیم که برای رفع آن بحران‌ها با همکاری دیگر کارمندان ۲ دستگاه اختراع کردیم. تا این زمان این دستگاه‌ها حرف اول اسم‌های ما را به یادگار نگه داشت(VGBR) و(VGL). هم اکنون هر ویفر که در این شرکت تولید می‌شود باید از زیر این دستگاه‌ها رد شود.
همیشه از راه اندازی یا ابداع دستگاه های جدید با امکانات موجود و کمترین هزینه، جهت رفع معضلات صنعتی یا تکنولوژی لذت می بردم.
راه اندازی و کار با دستگاه MBE پژوهشکده الکترونیک دانشگاه علم و صنعت ایران نیز نمونه‌ی دیگری از همین کارهاست. این دستگاه به دلایل مختلف کار نمی‌کرد، باعث افتخار من بود که پس از برگشت

به ایران با اجازه ریاست پژوهشکده، آقای دکتر میرزاکوچکی، به تیم راه‌اندازی این دستگاه پیوستم و در کمتر از ٦ ماه موفق به راه اندازی آن شدیم که تا کنون ۲ عمل رشد موفق هم داشته ایم. در این مدت، بیش از ٦٠ مورد از مشکلات مربوط به این دستگاه شناسایی و تعمیر شد.

به عنوان آخرین سوال، آینده ی علمی این کشور مخصوصا در زمینه فیزیک و علوم مرتبط را چطور ارزیابی میکنید؟

من خیلی پیشرفت می‌بینم نسبت به سال های گذشته، نسبت به ۱۷ سالی که در ایران نبودم. اگر بخواهم نمونه ای را مثال بزنم می‌شود از ساخت دستگاه‌های بسیار متنوع مربوط به فناوری نانو نام برد، مانند دستگاه های مشخصه یابی که فیزیکدانان و مهندسان از آن‌ها استفاده بسیار می کنند مانند STM XRD AFM وSEM. ساخت این دستگاه ها در ایران بسیار امیدوارکننده است. اتفاق زیبای دیگری که در یکی دو دهه اخیر روی داده و در جریان است به‌وجود آمدن شرکت های دانش بنیان است. در واقع این جریان در راستای یک شناخت صحیح از توانمندی‌های صاحبان دانش (در راس آن‌ها دانشگاه‌ها) و نیاز صنعتی کشور می باشد. طبیعتا بازتاب نظر داشتن به نیاز جامعه و صنعتی، باعث ارتقای سطح علمی دانشگاه ها و صاحبان دانش شده و به این گونه صنعت و دانشگاه های ما یگدیگر را تقویت می کنند و باعث رشد روز افزون خواهند شد. این تحولات اخیر آینده‌ای روشن را برای فیزیک و دیگر رشته‌های مربوطه پیش‌بینی می‌کند.

جوائز علمی و تخصصی

۱. لوح تقدیر «ویفر طلایی» برای ابداع روش نوین در Wafer-Temporary-Bonding از Keysight Technologies کالیفرنیا امریکا ۲۰۱۳.

۲. لوح تقدیر «ویفر طلایی» برای بهینه سازی فرایند جدا سازی چیپ های الکترونیکی با لیزر از Keysight Technologies کالیفرنیا امریکا ۲۰۱۳.

۳. کسب عنوان برترین اختراع و نوآوری از Keysight Technologies کالیفرنیا امریکا ۲۰۱۰.

٤. لوح تقدیر از کنفرانس 2nd Annual Tech Summit Conference دانشگاه ارکانزاس امریکا ۲۰۰۲.

٥. لوح تقدیر از کنفرانس 1stAnnual Tech Summit Conference دانشگاه ارکانزاس امریکا ۲۰۰۱.

٦. احراز رتبه اول در اولین سمپوزیوم پروژه های دانشجویی در فیزیک تهران ایران ۱۹۹٤.

۷. لوح تقدیر برترین تحقیق سال انجمن فیزیک ایران دانشگاه صنعتی شریف تهران ایران ۱۹۹۳.

۸. جایزه دکتر حسابی انجمن فیزیک ایران تهران ایران ۱۹۹۳.

برگزیده ای از مقالات

1. “Carbon Nanotube-DNA Nanoarchitectures and Electronic Functionality”, Small, 1356 ,11 ,2, USA, 2006.

2. “Structural Evolution in Strained In0.18Ga0.82As Stacking Multilayers on Vicinal GaAs Surfaces”, New Journal of Physics, 233 ,8, USA, 2006.

3. “Iron Oxide Nanoparticles Aggregation Study in Both Normal and Cancer Breast Cells By AFM/NSOM Hybrid Technique”, 5th Annual California Tissue Engineering Meeting, USA, 2006.

4. “Morphological Instability of GaAs (711)A: A Transition Between (100) and (511) Terraces”, Journal of
Crystal Growth, 2 ,280, USA, 2005.

5. “Surface Dynamics During Molecular-Beam Epitaxy of (In,Ga)As on GaAs(331)B: Formation of Quantum Wires With Low In Content”, Physical Review B, 71,165315, USA, 2005.

6. “High-Performance Type II InAs/GaSb Superlattice Photodiodes With Cutoff Wavelength around 7um”, Applied Physics Letter, 91109 ,86, USA, 2005.

7. “High performance LWIR Type-II InAs/GaSb superlattice photodetectors and infrared focal plane array”,
SPIE Conference, 309 ,5732, USA, 2005.

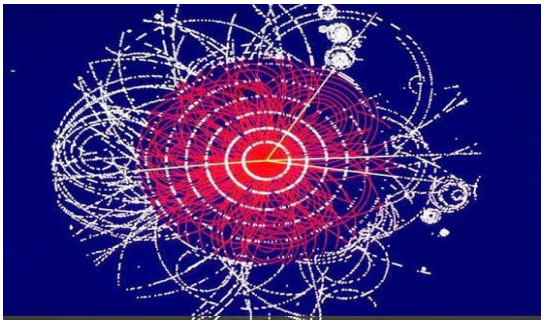
8. “High performance Type-II InAs/GaSb superlattices for mid, long, and very long wavelength infrared focal plane arrays”, SPIE Conference, 86 ,5783, USA, 2005.

9. “RHEED Study of GaAs(331)B Surface”, Journal of Crystal Growth, 72 ,277, USA, 2005.

داستان یک مهمانی بوزونی

فاطمه هاشمی فر

بدون شک هیجان انگیزترین مشاهده‌ی علمی سال ۲۰۱۲ کشف ذره‌ای جدید در آزمایشگاه سرن بود، ذره‌ای که نام خود را از فیزیکدان مشهور برنده جایزه نوبل، پیترهیگز وام گرفته‌است.
تصور می‌شود که میدان هیگز به ذرات زیر اتمی بنیادی جرم می‌بخشد، مانند کوارک‌ها و لپتون‌ها که ماده‌ی معمولی را تشکیل می‌دهند. بوزون‌های هیگز ارتعاشاتی در میدان هستند؛ درست مثل تکان‌هایی که هنگام کشیدن ناگهانی یک طناب حس می‌کنید. اما این میدان چگونه به ذرات جرم می‌بخشد؟ اگر این برای شما گیج کننده به نظر می‌آید، شما تنها نیستید. در سال ۱۹۹۳ وزیر علوم بریتانیا فیزیکدانان را برای یافتن راهی ساده برای فهم ذرات هیگز به چالش کشید.توضیح برنده به این شکل بود: یک مهمانی بزرگ را در آزمایشگاه سرن در نظر بگیرید که مملو از پژوهشگران فیزیک ذرات است، این جمعیت از فیزیکدانان معرف میدان هیگز است. اگر یک مامور مالیاتی به مهمانی وارد شود هیچ کس مایل به صحبت با وی نیست و او می‌تواند به راحتی عرض سالن را طی کند و به میز نوشیدنی‌ها برسد، مامور مالیاتی با جمعیت تعاملی ندارد؛ به همین شکل برخی ذرات با میدان هیگز تعامل نمی‌کنند. ذراتی که تعامل نمی‌کنند مانند فوتون را بدون جرم می‌گویند.
حال در نظر بگیرید که پیتر هیگز به دنبال یک لیوان نوشیدنی به آن سالن وارد شود، در این حالت، فیزیکدانان بلافاصله دوروبر هیگز جمع می‌شوند تا با او درباره‌ی تلاش‌هایشان برای سنجش خصوصیات بوزونی که نام او بر آن گذاشته شده، گفت‌وگو کنند. به جهت این که او با جمعیت تعامل زیادی می‌کند، هیگز به آرامی در طول سالن حرکت خواهدکرد. در ادامه‌ی این مقایسه، هیگز در خلال تعامل با میدان به یک ذره‌ی سنگین تبدیل می‌شود. خب،اگر میدان هیگز این چنین است، چگونه بوزون هیگز در این داستان جا می‌گیرد؟ بیایید تصور کنیم جمعیت حاضر در جشن به طور یکسان در سالن پخش شده‌اند، حال در نظر بگیرید یک نفر از در سالن سرک می‌کشد تا شایعه‌ی کشفی در آزمایشگاه رقیب را گزارش دهد. افراد نزدیک به در شایعه را می‌شنوند اما آن‌ها که دور هستند نمی‌شنوند، به همین خاطر به در نزدیک‌تر می‌شوند تا پرس‌وجو کنند و این سبب به‌وجود آمدن تجمع در جمع حاضر می‌شود. همان طور که افراد شایعه را می‌شنوند به جای اولشان در جمع باز می‌گردند تا درباره‌ی آن گفت‌وگو کنند. ولی افرادی که دورتر ایستاده‌اند شروع به پرسش می‌کنند که چه شده‌است؟ نتیجه یک تجمع در جمع حاضران خواهدشد که در طول سالن حرکت می‌کند. این تجمع مشابه بوزون هیگز است. مهم است که به یاد داشته‌باشیم که این طور نیست که ذرات سنگین‌تر با میدان هیگز تعامل بیش‌تری داشته‌باشند. در مقایسه ما در مهمانی تمام ذرات تا زمان ورود به سالن یکسان هستند. هم پیترهیگز و هم مامورمالیات هر دو جرم صفر دارند، تعامل با جمعیت است که سبب کسب جرم می‌شود. دوباره می‌گویم: جرم در اثر تعامل با میدان به وجود می‌آید.
خب، بگذارید خلاصه کنیم؛ یک ذره، بسته به نحوه تعاملش با یک میدان جرم بیش‌تر یا کم‌تری خواهدداشت، درست شبیه افرادی که در میان جمع بسته به میزان محبوبیتشان با سرعت‌های متفاوت حرکت می‌کنند و بوزون‌هیگز فقط تجمعی در میدان است؛ درست شبیه شایعه‌ای که درطول سالن حرکت می‌کند. البته این مثال فقط یک مقایسه است اما بهترین مقایسه‌ای است که تاکنون کسی توانسته ارائه کند. خب، کافی است. این‌ها، همه چیز در مورد میدان و بوزون‌هیگز بود. ادامه‌ی پژوهش‌ها در این زمینه، بیش‌تر به ما خواهدآموخت و احتمالا جایزه‌ی آن‌ها چیزی در حد نوبل فیزیک خواهدبود.
این مسیر نمونه‌ای از داده‌های شبیه‌سازی شده‌ی آشکارساز اطلس در برخورد دهنده‌ی بزرگ هادرونی LHC است. بوزون‌هیگز در برخورد دو پروتون با انرژی ۱۴ ترا الکترون ولت تولید شده و به‌سرعت به چهار میون[1] واپاشی می‌کند.



منبع

گروه نشر دانش گمانه

۱. میون ذره‌ای شبیه الکترون ولی سنگین‌تر است که آشکارساز آن را جذب نمی‌کند

عارف بلالی

دانشجوی کارشناسی فیزیک
a_balali@physics.iust.ac.ir

امواج تلفن همراه و سرطان

ارتباط احتمالی میان سرطان و استفاده از تلفن‌های همراه به طور گسترده‌ای در رسانه‌ها در طی ۱۰ سال گذشته مورد بحث قرار گرفته است. این مقاله قصد دارد با خلاصه‌کردن حقایق بدست‌آمده از ۱۱ مطالعه کارشناسی شده اخیر، اطلاعات پایه‌ای درخصوص حقایق فیزیکی و پزشکی پیرامون سرطان مغز و سپس مطالعات گوناگون مربوط به آن را در اختیار خواننده قرار دهد.

بیشتر مردم آگاه نیستند که امواج به کار رفته در ارتباطات تلفنی در دسته امواج مایکروویو قرار دارند. پهنای باند تلفن‌های همراه بین ۸۰۰MHz (یا ۳×۱۰^{-۶} ev) و ۱۹۰۰ MHz قرار دارند و دیگر فناوری‌ها نظیر بلوتوث (۲۴۰۰GHz) یا WLAN (تا ۵۰۰۰ MHz یا ۲۰×۱۰^{-۶} ev) نیز در محدوده فرکانس امواج مایکروویو عمل می‌کنند. با توجه به فرمول E=hf ، فرکانس تابش به انرژی فوتون بستگی دارد. یک اجاق مایکروویو معمولی با فرکانس ۲/۴۱ GHz (معادل با $۱۰^{-۵}$ ev) کار می‌کند.

تابش مایکروویو یک تابش غیریونیزان است، چرا که انرژی منتقل شده توسط یک فوتون خیلی کمتر از آن است که بتواند پیوند میان بافت‌های زیستی را بشکند. این نکته‌ی بسیار مهمی است؛ زیرا احتمالا تابش‌هایی می‌توانند منجر به سرطان شوند که قادر به شکستن پیوندهای زیستی باشند، مانند اشعه X و گاما. یک آستانه شکستن پیوند DNA در طول موج ۲۹۰ nm است که مربوط به فوتونی با انرژی ۴/۳ ev است. این انرژی تقریبا ۱۰۰۰۰۰ بار بیشتر از انرژی فوتون امواج مایکروویو است. امواج مایکروویو نمی‌توانند پیوندها را بشکنند، اما آن‌ها می‌توانند بافت‌های زیستی را گرم کنند. ما روزانه از این اثر به هنگام گرم کردن غذا در مایکروویو استفاده می‌کنیم. امواج مایکروویو به درون بافت‌های زیستی نفوذ می‌کنند و انرژی را به مولکول‌ها انتقال می‌دهند. معمولا مولکول‌های آب موجود در بافت‌های زیستی در حضور میدان الکتریکی شروع به چرخش می‌کنند. این انرژی اضافی منجر به افزایش انرژی جنبشی مولکول‌ها و در نتیجه افزایش دمای بافت‌ها می‌شود. این انرژی هنگامی که به یک فرد اعمال شود، ممکن است سلامتی او را به خطر بیندازد و احتمال عوارضی مانند سوختگی و یا خونریزی ناشی از حرارت و یا عوارض جانبی ناشی از بر هم خوردن تنظیم درجه حرارت موضعی یا عمومی بدن وجود دارد. دکتر Volkow و همکارانش توانستند نشان‌دهند که استفاده از تلفن همراه سرعت سوخت و ساز گلوکز بدن را بالا می‌برد. این نتیجه به اندازه‌گیری فعالیت مغزی مرتبط است. اگر چه اثراتی که گفته شد به طور مستقیم و یا غیرمستقیم به سرطان ارتباطی ندارند.

نرخ جذب ویژه (SAR)

SAR حداکثر انرژی که واحد جرم یک بافت در معرض تابش از بدن یک فرد می‌تواند آن را جذب کند، را نشان می‌دهد. این تابش به عنوان مثال می‌تواند ناشی از تلفن همراه به هنگام استفاده در یک بازه زمانی معین باشد. مقادیر SAR معمولا برحسب وات بر کیلوگرم (W/Kg) در یک بافت معین بیان می‌شود. مطابق با اخبار منتشر شده از آژانس بین المللی تحقیقات سرطان (IARC)، سازمان بهداشت جهانی مقدار SAR ۲W/Kg را برای تلفن‌های همراه توصیه می‌کند. کمسیون ارتباطات فدرال (FCC) تنها مقدار ۱/٦ W/Kg را برای سر مجاز می‌داند. برای مقایسه این مقادیر، یک MRIمعمولی سر را در معرض مقدار ۳/۲ W/Kg قرار می‌دهد. البته باید توجه نماییم که تکنولوژی مورد استفاده در MRIبسیار متفاوت از قرارگرفتن در معرض تابش‌های تلفن همراه است.

گلیوما

گلیوما نوعی تومور است که در مغز و یا در ستون فقرات واقع شده است. تومور گلیوما حدود ۳۰٪ از تمام تومورهای مغز و حدود ۸۰٪ از تمام تومورهای بدخیم مغز را تشکیل می‌دهد. طبق گفته‌های دکتر Hess و همکارانش حدود ۳ تا ۵ نفر از ۱۰۰۰۰۰ نفر تحت تاثیر این تومور هستند. این تعداد بین سال‌های ۱۹۷۷ تا ۲۰۰۰ تغییری نکرده است و به عواملی مانند آداب و رسوم، شخصیت افراد و منطقه جغرافیایی آنان بستگی دارد. تعداد اندکی از موارد مبتلا به این تومور را می‌توان نتیجه‌ی ژنتیک دانست. دکتر Ostrom و همکارانش اظهار دارند که تابش یونیزان می‌تواند عامل محتملی برای این نوع تومور باشد، اما هیچ قطعیتی درداده‌هایشان وجود ندارد.

بررسی ارتباط بین تابش تلفن همراه و گلیوما:

قبل از این که مطالعات مختلف و نتایج آن‌ها ارائه شود طرح‌های اصلی آن مطالعات توضیح داده می‌شود. به طور کلی دو طرح مختلف از این نوع پژوهش وجود دارد.

۱) مطالعه موردی- شاهدی

این شیوه از مطالعه به مقایسه دو گروه با جمعیت برابر می‌پردازد، دسته‌ی اول بیماران مبتلا به تومور گلیوما و دسته‌ی دیگر افراد فاقد این بیماری هستند. محقق در این روش با استفاده از پرسشنامه و مصاحبه به بررسی تفاوت در میزان استفاده از تلفن همراه می‌پردازد. دو مطالعه عمده به وسیله‌ی این روش وجود دارد. اولین آن مطالعه

۱. Glioma

اینترفون[۲] است که در ۱۳ کشور مختلف انجام شده است و به بررسی بیش از ۵۰۰۰ مورد مبتلا به این تومور پرداخته است. در این مطالعه محققان به این نتیجه می‌رسند که هیچ اثر قابل توجهی وجود ندارد. آنان هیچ گونه ارتباطی را بین تومور گلیوما و استفاده از تلفن همراه ندیدند. برخی مطالعات دیگر این نتیجه را تائید می‌کنند. دومین مطالعه عمده دیگر که توسط Hardell و Carlberg انجام شده است، این نتایج را رد می‌کند. Hardell و Carlberg در کشور سوئد به بررسی ۱۳۸۰ بیمار مبتلا به تومور گلیوما یکبار در طی سال‌های بین ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۳ و بار دیگر در سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۰۹ پرداختند. این بدان علت بود که تعداد موارد کافی برای مطالعه داشته باشند. آن‌ها پرسشنامه‌هایی در مورد این نوع تومور آماده‌کردند و گروهی از افراد (حدود ۳۵۳۰ نفر) را مورد بررسی قراردادند تا رفتار ناشی از استفاده‌ی تلفن همراه را بیابند. آن‌ها دریافتند که احتمال ابتلا به این تومور در افراد، هنگام استفاده از تلفن همراه ۲ برابر می‌شود. به هر حال این افزایش دو برابری باید مورد توجه قرار گیرد. دو برابر شدن احتمال به این معناست که انتظار داریم به جای هر ۵ مبتلا از ۱۰۰۰۰۰ نفر، ۱۰ نفر مبتلا به این تومور باشند.

۲) مطالعه گروهی

این شیوه از مطالعه، دو گروه با تعداد برابر را با هم مقایسه می‌کند که گروه اول استفاده‌کنندگان از تلفن همراه و گروه دوم افرادی هستند که از تلفن همراه استفاده نمی‌کنند. محقق به بررسی تعداد موارد مبتلا به تومور گلیوما در هر دو گروه می‌پردازد. با توجه به کاربرد بسیار زیاد تلفن همراه در غرب (بیش از ۹۰ درصد)، انجام چنین مطالعاتی سخت‌تر است. علاوه بر این دو شیوه اصلی، مطالعاتی وجود دارند که با استفاده از حیوانات انجام می‌شوند و همچنین مطالعاتی که به بررسی تعداد کلی موارد مبتلا به تومور گلیوما می‌پردازند که نمونه‌ای از آن در ایالات متحده آمریکا انجام شده است. نویسنده نمی‌داند که چرا تمام این مطالعات به بررسی ارتباط بین تابش تلفن همراه و این نوع تومور می‌پردازند. با این حال هیچ مطالعه‌ای وجود ندارد که ارتباط آن را با نوع دیگری از سرطان بررسی کرده باشد.

اولین مطالعه صورت گرفته در دانمارک توسط دکتر Frei و همکارانش بود که به مطالعه بر روی گروه بزرگی پرداختند. آن‌ها در بین سال‌های ۱۹۸۷ تا ۱۹۹۵ اطلاعات تمام استفاده‌کنندگان از تلفن همراه در دانمارک را مطالعه نمودند (حدود ۳۵۸۴۰۳ نفر) و تا سال ۲۰۰۷ سوابق پزشکی‌شان را دنبال‌کردند. آن‌ها در این مدت تعداد موارد مبتلا به تومور گلیوما در این گروه را با گروه دیگری که از تلفن همراه استفاده نمی‌کردند مقایسه کردند و تفاوت قابل توجه‌ای را در مبتلایان ملاحظه نکردند. توجه به این واقعیت که شدت تابش تلفن همراه‌های قدیمی بسیار بیشتر از تلفن همراه‌های امروزی است، این نتیجه را جالب‌تر هم می‌کند. مطالعه دست جمعی بزرگ دیگری که انجام شد با استفاده از اطلاعات حاصل از مطالعه بر روی یک میلیون نفر از زنان در انگلستان بود. دکتر Benson و همکارانش ارتباط میان حالت‌های مختلف کاربرد تلفن همراه (مانند: هرگز- بعضی از مواقع- روزانه) و احتمال ابتلا به تومور گلیوما را بررسی نمودند. آنان هیچ ارتباطی میان این دو نیافتند و این نتیجه را در مطالعات بعدی نیز مجددا بدست آوردند.

دکتر Lerchl و همکارانش مطالعه‌ای را روی موش‌ها انجام دادند. آن‌ها به طور ژنتیکی تغییراتی را روی موش‌ها به وجود آوردند و آن‌ها را در معرض امواج مایکروویو با شدت های متفاوت قراردادند. برای نمونه مقادیر W/Kg ۴/۰ و W/Kg ۰/۴ و W/Kg ۰/۰۴ و W/Kg ۰ را انتخاب نمودند. به سبب تغییرات ژنتیکی، موش‌ها صرف نظر از این که در معرض تابش قرار دارند، سرنوشت‌شان به داشتن تومور منجر شد. اما از آن میان، موش‌هایی که در معرض تابش‌ها قرارگرفته بودند زودتر تومور گرفتند. این نتایج ابتدا توسط یک تیم آلمانی یافت شده بود. علاوه بر این نتیجه که ارتباط میان تابش و زمان بروز تومور را نشان می‌دهد، این تیم تحقیقاتی هیچ‌گونه اثر واکنش دوزی را در مطالعاتشان یافت نکردند. این بدین معناست که هیچ ارتباطی بین مقدار دارو و نقطه زمانی که در آن موش‌ها گرفتار تومور گلیوما می‌شوند، وجود ندارد. مطالعه‌ی دیگر روی زنبورها نشان می‌دهد که ارتباطی میان امواج مایکروویو و قابلیت جهت‌یابی زنبورها وجود دارد. زنبورهایی که در معرض تابش قرار گرفته‌اند، در یافتن مسیر برگشت به کندوهایشان ناتوان‌تر عمل می‌کنند.

مطالعات طولی

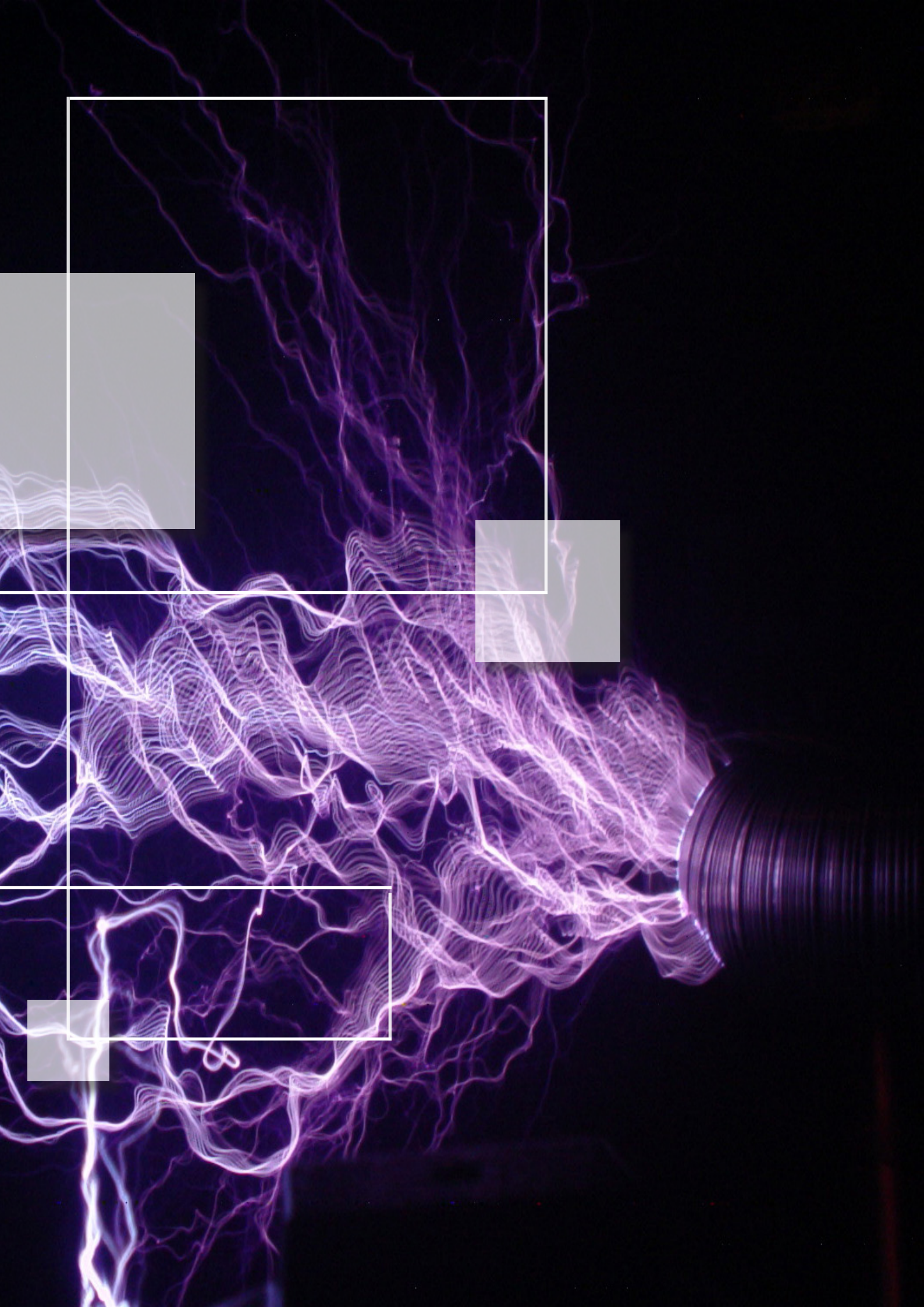
سه نمونه مطالعه جدید در این زمینه در سه کشور مختلف وجود دارد. نخست مطالعه‌ای است که در ایالات متحده آمریکا توسط دکتر Littleو همکارانش در بین سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۸ انجام شده است، که نتیجه‌ی مطالعاتشان، عدم افزایش در تعداد افراد مبتلا به تومور گلیوما بود. مطالعه‌ی دوم توسط دکتر Deltour و همکارانش در دانمارک، فنلاند، نروژ و سوئد بود که به جستجوی تعداد مبتلایان به این تومور در بازه‌ی بین سال‌های ۱۹۷۹ تا ۲۰۰۸ پرداختند و آخرین و جدیدترین آن مطالعه‌ای است که در استرالیا انجام شده است، که آن‌ها نیز هیچ افزایشی در تعداد افراد مبتلا به گلیوما نیافتند.

نکات و نشانه‌های مختلفی در مطالعات بالا بیان شده است. لیکن بیشترین شواهد در این زمینه نشان می‌دهد که هیچ ارتباطی میان تومور گلیوما و تابش تلفن همراه وجود ندارد.

۲. Interphone

منابع

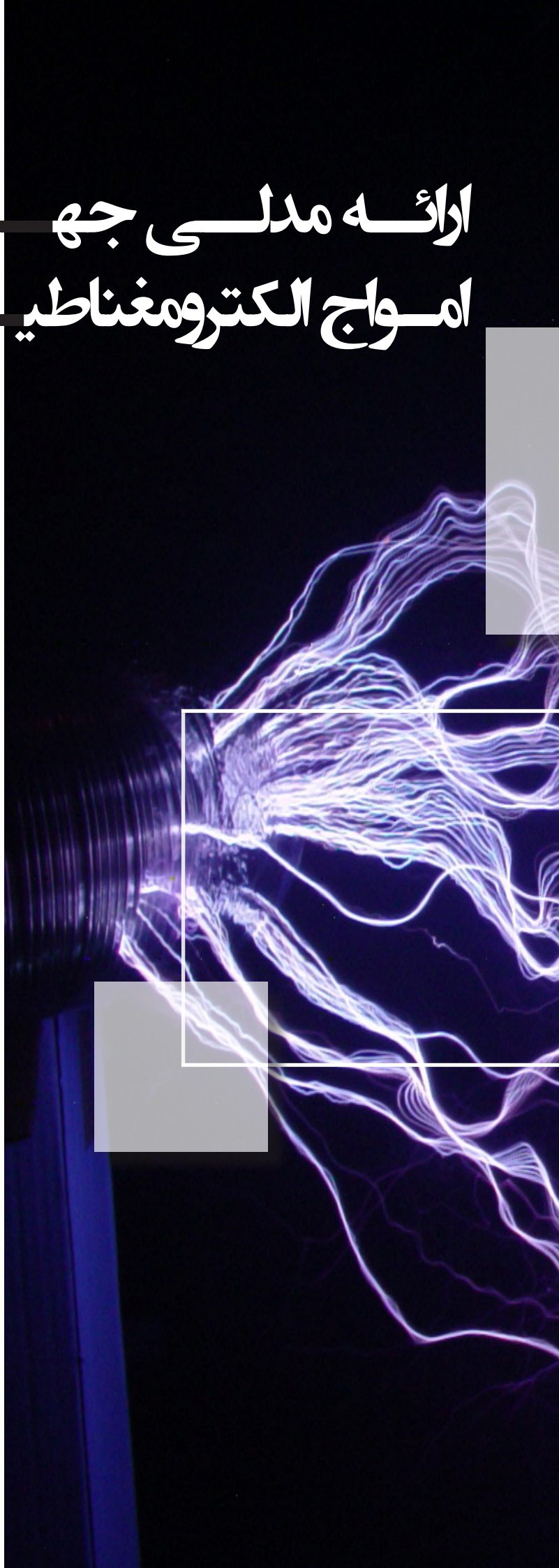
1. Thomas Plotz, University of Vienna, Vienna, Austria
2. James Gallagher, “Mobile phones ‘unlikely’ to cause cancer,” BBC News (2011), http://www.bbc.com
3. Lean, “Mobile phone use ‘raises children’s risk of brain cancer fivefold,’” Independent (2008), http://www.independent.co.uk
4. Matt Moore, “Cell phone-tumor link found?” CBS News (2004), http://www.cbsnews.com
5. Randall Dewey Knight, Brian Jones, and Stuart Field, College Physics, 3rd ed. (Pearson, New York, 2015), pp. 831-817.
6. W. Abdul-Razzaq, “Cell phone RF radiation,” Phys. Teach. 237–53,236 (April 2015).
7. N. D. Volkow et al., “Effects of cell phone radiofrequency signal exposure on brain glucose metabolism,” J. Am. Med. Assoc. 305 (2011) 813–808 ,(8).
8. International Agency for Research on Cancer, “IARC classifies radiofrequency electromagnetic fields as possibly carcinogenic to humans,” Press release (2011) (208).
9. McKinsey L. Goodenberger and Robert B. Jenkins, “Genetics of adult glioma,” Cancer Genet. 2012) 621–613 ,(12) 205).
10. Kenneth R. Hess, Kristine R. Broglio, and Melissa L. Bondy,“Adult glioma incidence trends in the United States, 2000-1977,” Cancer ,(10) 101



ارائه مدلی جهت کاهش اثرات امواج الکترومغناطیس بر بدن انسان

محسن رحیمی

دانشجوی کارشناسی فیزیک
mohs_rahimi@physics.iust.ac.ir



اثر میدان‌های الکترومغناطیسی بر بدن انسان، یکی از مباحث روز می‌باشد. با پیشرفت فناوری و افزایش روزافزون استفاده از امواج الکترومغناطیس، بشر در معرض میدان های الکترومغناطیسی متعدد قرار دارد. هدف از این مقاله، بررسی اثرات امواج الکترومغناطیس بر بدن انسان و ارائه مدلی جهت کاهش اثرات آن می‌باشد. در این مقاله، از یک پرسشنامه در دو محیط کاری مختلف ۳۰ نفره که با امواج الکترومغناطیس سروکار دارند، نظرسنجی به عمل آمده است. نتایج میدانی حاصل از این پژوهش، نشان می‌دهد، افرادی که مستقیماً با این امواج در تماس‌اند، ناراحتی های جسمی، سرطان، ناباروری، سقط جنین، سردرد، سرگیجه و ... داشته‌اند. در این مقاله با ارائه مدل و راهکارهایی به شناسایی، کاهش و پیشگیری اثرات امواج الکترومغناطیس، بر بدن انسان پرداخته ایم.

جهان امروز ما از انواع وسایل الکتریکی و الکترونیکی پر شده است. اگرچه این وسایل زندگی روزمره ما را بسیار آسان‌تر نموده‌اند، امّا با این حال به طور مخفیانه در حال آسیب رساندن به سلامتی ما هستند. دستگاه‌های الکترونیکی نظیر رایانه‌ها، تلویزیون، تلفن همراه، ماشین‌های شوینده، مایکروفرها، همچنین بسیاری از لوازم الکتریکی، فرستنده‌ها و آنتن‌هایی که بیرون از خانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، امواج پر قدرت و بسیار خطرناکی را از خود منتشر می‌سازند که برای سلامتی انسان مضر است. مطالعات و تحقیقات دانشمندان نشان می‌دهد، حضور طولانی مدت در کنار این امواج مضر سبب بروز انواع ناراحتی‌ها، مرگ سلولی، ناباروری، تخریب دی ان ای (DNA)، تومور و سرطان می‌شود. همچنین تشعشع این امواج برای بانوان باردار، سلول‌های در حال شکل‌گیری جنین و کودکان آسیب‌های جدی‌تری را به همراه خواهد داشت. این تحقیق به بررسی اثرات امواج الکترومغناطیس بر سلامت انسان و ارائه مدلی جهت پیشگیری و کاهش آن می‌پردازد. نتایج بدست آمده در این تحقیق می‌تواند آدمی را در شناسایی این امواج و کنترل تأثیر آن‌ها بر سلامت انسان کمک کند و مسیری را برای تحقیقات آینده فراهم آورد. امید است که با استفاده از نتایج حاصله از این پژوهش قدمی بر ایمن بودن بدن انسان از امواج الکترومغناطیس و سلامت انسانی خود برداشته باشیم.

ما در زندگی روزمره در محیط کار و خانه و مدرسه در معرض میدان های الکترومغناطیسی هستیم که این میدان‌های الکتریکی اغلب حاصل از تولید، انتقال و استفاده از الکتریسیته است. بر اساس مطالعات در رابطه با سلامتی کسانی که در معرض میدان مغناطیسی و انواع سرطانها، بیماریها و اثرات امواج الکترومغناطیسی بر بدن انسان قرارگرفته اند، تعدادی از پژوهشگران به تحقیق در این مورد پرداخته اند که به شرح آنها می‌پردازیم:

در سال ۱۹۳۵، Dull Dulland ۴۰۰۰ مورد اختلالات عصبی و خودکشی را در یک دوره ۵ ساله در شهرهای کپنهاک و زوریخ ارائه دادند و ارتباط آنها را با ۶۷ طوفان مغناطیسی بیان نمودند.

Koehler. M.A از دانشگاه هاروارد گزارشی از احساس درد ملایمی در دندان‌های فردی که در تماس با میدان‌های مغناطیسی یکنواخت با شدت ۲۰۰۰۰ گوس برای مدت ۱۵ دقیقه بود را ارائه نمود.

مطالعات دیگر ارتباط بین شیوع سرطان مغز و یا مرگ و میر در مشاغل مشابه را نشان می‌دهد. این مطالعات که در سال ۱۹۸۲ کامل شده است. اوّلین بار توسط دکتر ساموئل میله ام در سال ۱۹۸۲ کامل شد. همچنین مطالعاتی در مورد ارتباط سرطان سینه و قرار داشتن در معرض میدان‌های الکترومغناطیسی نیز صورت گرفته است. سرطان سینه در مردان نادر است اما متأسفانه در زنان بسیار رایج است. در ایالات متحده سرطان سینه از هر ۱۰۰۰ نفر بیش از یک مورد در سال مشاهده شده است.

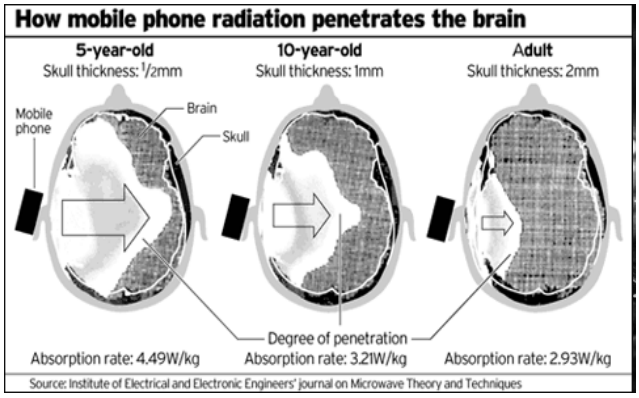
بیماری آلزایمر نوعی بیماری است که در افراد سن بالا بروز می‌کند و باعث ضعف تمرکز و اختلال در یادآوری خاطرات می‌شود. مطالعه و تحقیقاتی که در سال ۱۹۹۵ در فنلاند و کالیفرنیا انجام گردیده نشان می‌دهد کارگرانی که بیشتر در معرض میدان‌های الکترومغناطیس قرارگرفته بودند بیشتر به این بیماری مبتلا شده‌اند. طبق گزارش، دکتر لوئدون و همکارانش در سال ۱۹۹۴ به این نتیجه رسیده‌اند که افراد شاغل در صنایع برق و تلفن نسبت به افراد شاغل در دیگر صنایع بیشتر در معرض میدان‌های الکترومغناطیس قرار دارند.

اثرات امواج الکترومغناطیس بر بدن انسان

هرجا الکترون حرکت کند میدان مغناطیسی در اطراف خود ایجاد می‌کند. این میدان‌ها حاوی انرژی هستند و انرژی آن‌ها می‌تواند به بدن انسان منتقل شود. بسته به مدت پرتوگیری بدن و همچنین فاصله بدن از میدان تابش، آسیب‌های وارده به بدن متفاوت خواهد بود. میدان‌های الکترومغناطیس ایجادشده با حرکت الکترون، متناسب با ولتاژ و آمپراژ وسایل، تجهیزات یا خطوط انتقال و همچنین چگونگی حرکت الکترون، انرژی‌شان متفاوت است. وسایل سیم‌پیچ‌دار در منازل مانند سشوار، ماشین لباسشویی و ... از جمله وسایلی هستند که میدان الکترومغناطیسی زیادی حتی بیشتر از یک دکل برق در اطراف خود ایجاد می‌کنند. خطوط انتقال برق فشارقوی، دکل‌های برق فشارقوی، ایستگاه‌های برق فشارقوی، ایستگاه‌های مترو، اتوبوس‌های برقی و... از جمله وسایل و تأسیسات پرانرژی به شمار می‌روند. اگر بدن به مدت طولانی در برابر تابش پرتوهای این تأسیسات قرار گیرد، دچار آسیب می‌شود. اثرات سوء میدان‌های الکترومغناطیسی به ویژه میدان‌های تلفن همراه به صورت فزاینده نقش تخریبی در بدن، اعضا، بافت‌ها، سلول‌ها و ماکرومولکول‌های حیاتی مانند DNA، پروتئین‌ها، آنزیم‌ها خواهد داشت که در شرایطی می‌تواند منجربه سرطان شود. با توجه به کاربرد امواج الکترومغناطیس در صنایع مختلف، حال به بررسی برخی از این اثرات امواج الکترومغناطیس بر بدن انسان میپردازیم:

۱.اثرات امواج موبایل بر سلامت انسان

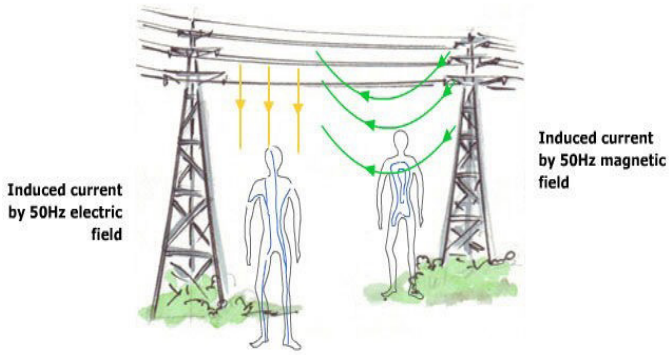
در حال حاضر سیستمهای تلفن همراه دارای فرکانس ۸۰۰ تا ۲۰۰۰ مگاهرتز است و بیشتر به بافت های بدن از جمله مغز و حتی گوشت و ماهیچه ها آسیب می‌زند. هر نوع طول موجی زمانی که شدتش زیاد باشد می‌تواند بر روی نازایی تأثیر بگذارد. یکی از انواع این امواج، امواج الکترومغناطیسی است که بر اساس شدت و طول موج متفاوت‌اند. امواجی که طول موج کوتاه دارند، زیان‌بارتر و امواجی که طول موج بلندتری دارند، اثر زیان‌بار کمتری برجای می‌گذارند. آسیب DNA، جهش و یا انحراف کروموزومی، تأثیر بر سیستم ایمنی و طول عمر انسان، تأثیرات در پیشرفت و جابجایی تومور، تأثیرات بر روی چشم انسان، تأثیر بر روی گوش انسان، تأثیر بر روی دستگاه قلبی عروقی انسان، تأثیرات روی عملکرد مغز انسان، تأثیر روی سیستمهای عصبی، تأثیر بر موج نگاری‌های مغزی، روی هموگلوبین خون، جذب امواج الکترومغناطیس موبایل از طریق پوست و بافت‌های مجاور جذب شوند و حرارت به صورت موضعی کمی بالا رود، این بالا رفتن حرارت و افزایش جریان خون موضعی ناشی از آن می‌تواند باعث افزایش مصرف انرژی و افزایش سوخت و ساز در سلول‌های مغزی ناحیه شود.



۲.اثرات دکل های برق فشارقوی بر سلامت انسان

درحالی‌که کابل‌های برق فشارقوی در حریم شهری قرارگرفته اند، کارشناسان معتقدند عبور این خطوط و عدم رعایت حریم آن‌ها می‌تواند موجب بروز بیماری‌های صعب‌العلاج و بروز مشکلات مختلف برای شهروندان شود. این خطوط میتوانند در زمان بروز صاعقه و برخورد با آن، برق را به سطح زمین در حریم خود منتقل کند و باعث بروز مرگ و میر در انسان که در آن محل قرار دارند شود. همچنین دکل‌های

برق فشارقوی که جریان‌های الکترومغناطیسی قوی ایجاد می‌کنند، می‌توانند در دراز مدت موجب تغییرات سلولی انسان شوند. برخی دانشمندان وجود رابطه میان انواعی از میدان‌های الکترومغناطیسی دکل‌های برق فشارقوی و سرطان خون در کودکان را تأیید می‌کنند و اعلام کرده‌اند کابل‌ها و دکل‌های برق فشارقوی می‌توانند عامل سرطان‌های خون در کودکان باشند.



نتیجه گیری

میدان‌های الکترومغناطیسی بر روی سیستم‌های عصبی و رشد و تکامل و ترمیم سلول‌ها، اختلالاتی ایجاد می‌کنند و موجب پیدایش امراض ناشناخته مانند انواع سرطان‌ها، طومارهای مغزی و ناباروری در انسان می‌شوند همچنین افرادی که به دفعات و به مدت طولانی در معرض چنین میدان‌هایی قرار می‌گیرند و نیز افراد شاغل در صنایع برق و تلفن، تعمیرکاران تلویزیون و جوشکاران آسیب‌پذیرتر می‌باشند. پس باید با نصب دستگاه‌های کنترل سرطان‌زایی در محیط کار، شناسایی منابع تولید الکترومغناطیسی، رعایت نکات ایمنی در محیط کار و در صورت امکان استفاده از تجهیزاتی که دارای حداقل میزان انتشار امواج الکترومغناطیسی است محیطی مناسب برای کار و فعالیت ایجاد نماییم.

منابع

1. I. Nair, M. G. Morgan, and H. K. Florig, “Biological Effects of Power Frequency Electric and Magnetic Fields”, U.S. Congress Office of Technology Assessment, OTA-BP-E53- (U. S. Government Printing Office, Washington, DC,May 1989)
2. M. Alizadeh, “The magnetic field control methods at work,”
3. ICNIRP – International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (1998). Guidelines for limiting exposure to time varying electric,magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Physics4)74), pp. 522-494.
4. I. Durney, H.Carl and m. Johnson, C. Curtis, “ Introduction to modern electromagnetics,”
5. IEEE Standards Coordinating Committee 28. IEEE standard for safetylevels with respect to human exposure to electromagnetic fields, 0 to 3kHz. New York, NY, IEEE – The Institute ofelectrical and ElectronicsEngineers, 2002.
6. http://www.goums.ac.ir/journal/files/site1/user_files_56ad45/admin-A-396-1-10-b0cc40f.pdf
7. http://www.who.int/peh-emf/about/en/ Static and ELF Fields.pdf
8. T. Atay, Aksoy BA, Aydogan NH, Baydar ML, Yildiz M. Ozdemir R.Effect of Electromagnetic Field Induced by Radio Frequency Waves at 900 to 1800 MHz on Bone Mineral Density of Iliac Bone, Wings Journal of Craniofacial Surgery 60-1556:(5)20 ;2009.
9. http://www.salamatiran.com/pdf/salamat/613_243.pdf

معجزه‌ی ابررسانایی

پگاه سرتیپی زاده

دانشجوی کارشناسی فیزیک
pegahsartipizadeh@gmail.com

ابررسانا به معنی فوق رسانا می‌باشد و درواقع می‌توان گفت که این واژه درمورد رسانایی فوق العاده قوی به‌کار می‌رود و اجسامی که دارای این خاصیت باشند، اجسام ابررسانا گویند.

مقاومت الکتریکی بسیاری از فلزات وآلیاژها مانند:جیوه، روی، آلمینیوم و... هنگامی که به اندازه‌ی کافی سرد شوند به طور ناگهانی صفرخواهدشد. این پدیده به عنوان مهم‌ترین خاصیت ابررساناها شناخته می‌شود.برای اولین باراین پدیده درسال ۱۹۱۱ توسط فیزیکدان هلندی به نام اونس[1] درعنصرجیوه و دردمای هلیوم مایع درحدود ٤ درجه کلوین کشف شد.

خاصیت مهم دیگر آن‌ها عدم اجازه‌ی نفوذ میدان مغناطیسی به درون ماده و دفع آن به اطراف می‌باشد که این پدیده اصطلاحا اثرمایسنر نامیده می‌شود. به دنبال کشف پدیده ی ابررسانایی تلاش‌های بسیاری برای توصیف این پدیده انجام‌شد.

در سال ۱۹۳٤ یک مدل بسیار ساده توسط لاندن برای توصیف آن معرفی شد. این مدل اثر مایسنررا توصیف کرده و وجود طول نفوذ λ را پیش بینی می‌کند (λ طولی است که در این طول میدان مغناطیسی در ابررسانا نفوذ کرده و به صورت نمایی افت می‌کند تا به صفربرسد).

زمانی که یک ابررسانا دریک میدان مغناطیسی ضعیف خارجی قرارمی‌گیرد، میدان فقط به مقدار ناچیز λ در داخل ابررسانا نفوذ می‌کند که به آن عمق نفوذ لاندن می‌گویند که باگذشت زمان این مقداربه صفرمی‌رسد به این پدیده اثرمایسنر می‌گویند واین اثرمشخصه‌ی ویژه‌ی ابررسانا است. برای بیش‌تر ابررساناها عمق نفوذ لاندن تقریبا درحدود ۱۰ نانومتر می‌باشد.

اثرمایسنر درمقابل انتظاری که از یک رسانای الکتریکی ایده آل می‌رود گیج کننده می‌باشد. مطابق قانون لنز وقتی‌که تغییرات میدان بر یک رسانا اعمال می‌شود درهادی جریانی القا می‌شود که جهت این میدان برخلاف جهت میدان به‌وجود آورنده‌اش است.

در رسانای ایده‌آل جریان بزرگی درهادی القا می‌شود که نتیجه‌اش خنثی کردن میدان اصلی می‌باشد.اثرمایسنر با بحث بالا متفاوت است.

فرض کنید فلزی داریم که دروضعیت عادی است و دارای میدان مغناطیسی ثابت (داخلی) است؛ حال آن‌را سرد می‌کنیم تا به دمای بحرانی برسد دراین زمان ما شاهد از بین رفتن فوری میدان خواهیم‌بود؛ که مطابق قانون لنز چنین انتظاری نمی‌رود.

اثرمایسنربه کمک دو برادر Fritz و Heinz London مطرح شد که نشان دادند انرژی آزاد الکترومغناطیسی در ابررسانا مینیمم مقداراست.

دسته بندی ابررساناها

ابررساناها را می‌توان به دو نوع مختلف تقسیم‌کرد. ابررساناهای نوع یک که در آن‌ها خاصیت ابررسانایی درزمان رسیدن میدان به مقدار بحرانی Hc ناگهان از بین می‌رود. وابسته به شکل هندسی فلز مورد آزمایش ممکن است ماده به یک وضعیت دیگری برود که در آن نفوذ شارمغناطیسی با افزایش همراه است ولی همچنان مقاومتی دربرابر جریان وجود ندارد تا زمانی‌که میدان بیش از حد بزرگ شود در میدان بحرانی دوم Hc_2 ابررسانا از بین می‌رود.

بیش‌تر ابررساناهایی که عنصر ساده هستند از نوع یک هستند و تقریبا همه‌ی ابررساناهای ناخالص و ترکیبی از نوع دو هستند.

کاربردهای ابررسانایی در دنیای امروز

دانشمندان معتقدند ابررساناها مسیر آینده‌ی علم هستند و زمانی‌که مشکلات آن‌ها حل شود، کاربردهای این مواد به‌طور وسیع زندگی ما را دربرخواهدگرفت. در این‌قسمت مختصری از کاربردهای این مواد را بررسی خواهیم‌کرد.

یکی از پیشرفت‌هایی که دنیای ابررسانایی نوید آن را می‌دهد، قطارهای شناور مغناطیسی[2] هستند. قطارهای شناور مغناطیسی در واقع قطارهایی هستند که به‌واسطه دفع میدان مغناطیسی تولید شده توسط آهنرباها بر روی ریل بصورت معلق حرکت می‌کنند.ایده‌ی ساخت این قطارها براساس اثرمایسنر و بر پایه‌ی یک ساختار NSN و یک قطعه ابررسانای معلق روی آن است. اولین نمونه از این قطارها در سال ۱۹۷۲ در ژاپن ساخته شده‌است.

در سال ۱۹۹۰ قطارشناورمغناطیسی یاماناشی بصورت آزمایشی مورد

۱. Heike Kamerling Onnes

۲. Maglev

استفاده‌است. طول مسیر آزمایشی ۱۸,٤ کیلومتر است و تمام آن بر پایه‌ی تکنولوژی ابررسانا استوار است. قطارهای یاماناشی قادرند سرعت خود را تا ۵۸۱ کیلومتر بر ساعت افزایش دهند. این نوع قطارها نسبت به نمونه‌های دیگر که با تکنولوژی‌های دیگر کار می‌کنند بسیار سریع‌تر و ایمن‌ترهستند، همچنین محیط زیست را آلوده نمی‌کنند.

یکی‌دیگر از کابردهای ابررساناها در ابزار جدیدی به‌نام اسکوییید[۳] خلاصه می‌شود. اسکوییدها یا ابزار تداخل کوانتومی ابررسانا، نسبت به شارهای مغناطیسی فوق‌العاده حساس بوده و برای تشخیص شارها و میدان‌های مغناطیسی بسیار مفید هستند. این ابزار قادر به تشخیص تغییرات بسیار کوچک میدان مغناطیسی درحد $1\times10\ e^{-14}$ T هستند.

از اسکوییدها در وسایلی مانند کامپیوترهای کوانتومی، بررسی‌های زمین شناسی، MRI و وسایل بسیار حساس اندازه‌گیری میدان‌های مغناطیسی استفاده می‌کنند.

مسئله حل نشده تاریخ فیزیک

در دهه‌ی ۱۹۸۰ در آزمایشگاه IBM در زوریخ فیزیکدان انگلیسی الکس مولر به همراه دستیار جوانش جورج بدنورز در حال ساخت نوعی سرامیک بودند که اشتباه این جوان در گرم نکردن یک اجاق باعث کشفی شد که همپای کشف آتش از بزرگترین دستاوردهای بشر در تهیه‌ی انرژی است.

این سرامیک در دمای بسیار بالاتری از صفر مطلق در حدود ۷۰ تا ۸۰ کلوین خاصیت ابررسانایی از خود بروز می‌دهد. البته امروزه ابررساناهای سرامیکی ساخته شده‌اند که تا بیش از ۲۰۰ کلوین (منفی ٦۰ درجه سانتیگراد) از خود خاصیت ابررسانایی نشان می‌دهند. امروزه گروه‌های مختلفی از سرتاسر جهان به دنبال این هستند که بلاخره ماده‌ای را کشف کنند که بتواند در دمای معمولی (۳۰۰ کلوین) هم از خود خاصیت ابررسانایی نشان دهد. همانطورکه از ظاهر امر برمی‌آید، خاصیت ابررسانایی در سرامیک‌ها و فلزات سرشتی متفاوت دارند.

سرامیک‌ها نارسانا هستند و سپس به ابررسانا تبدیل می شوند در حالی‌که فلزات رسانا هستند و ناگهان مقاومت در آن‌ها صفر می‌شود.

دمای گذار ابررسانایی هم درفلزات بسیار پایین‌تر از سرامیک‌ها است. به این ترتیب نظریه‌ی BCS دیگر قادر به توضیح ماهیت ابررسانایی در سرامیک‌ها یاابررساناهای دمای بالا[٤] نیستند.

دانشمندان تاکنون نظریه‌ای رضایت بخش برای توضیح این پدیده نیافته‌اند واین مسئله یکی از مهم‌ترین مسائل حل نشده‌ی تاریخ فیزیک است.

کشف پدیده عجیب فیزیکی که جلوی ابررسانایی را می گیرد.

رساناترین فلزات درطبیعت دارای مقداری مقاومت الکتریکی هستند که باعث گرم شدن آن‌ها در هنگام عبور جریان برق از آن‌ها وتلف شدن مقداری ازانرژی به صورت گرما می‌شود. ابررساناها[۵] موادی هستند که رسانایی الکتریکی مطلق دارند، یعنی به عبارت دیگر مقاومت آن‌ها صفر (یا بسیار نزدیک به صفر) است. خب این به نظر عالی است! شما ماده‌ای دارید که هرچه از آن جریان برق عبور دهید بدون هیچ مقاومتی آن را رد می‌کند و هیچ قسمتی از آن را تلف نخواهدکرد. پس چرا همه سیم‌ها را از این مواد نمی‌سازند؟

مشکل اصلی اینجاست که این مواد خاصیت ابررسانایی را در دماهای بسیار پایین و نزدیک به صفرکلوین نشان می‌دهند.

همانطور که گفتیم ابررسانایی وقتی روی می‌دهد که مقاومت الکتریکی رسانا به صفر می‌رسد، سال‌ها بعد از کشف این حالت درسال ۱۹۱۱ محققان براین باور بودند که این حالت منحصر به زمانی است که فلز به دماهایی نزدیک به صفر مطلق می‌رسد، اما در سال ۱۹۸٦ بود که ابررسانایی در برخی از سرامیک‌ها هم مشاهده شد. این سرامیک‌ها در دماهایی بسیار بالاتر و نزدیک به دمای نیتروژن مایع (۱۹٦- سلسیوس) ابررسانا می‌شدند. البته این دما، دمای اتاق نیست اما خیلی از صفر کلوین بیشتر است.

متاسفانه به هرحال خاصیت ابررسانایی مواد به محض این که گرم شوند یا جریان زیادی از آن‌هاعبور کند ازبین می‌رود و بیش‌ترین جریان‌هایی که ابررساناها تحمل کرده‌اند هنوز به شکل ناامید کننده‌ای پایین است. بعضی مواقع در تحقیقات مربوط به ابررسانایی فیزیکدان‌ها دچار این شک می‌شدند که این کمبودها در شبه رساناها به دلیل شبه رخنه است.

در طول سال‌های جاری وقت و هزینه بسیارزیادی روی این مسئله سرمایه گذاری شده‌بود که ابررسانایی در دمای معمولی تهیه‌شود. برخی مواقع محققین این رشته احساس می‌کردند که پدیده‌ای عجیب جلوی ایجاد ابررسانا در دمای معمولی را می‌گیرد که به آن (شبه رخنه) می‌گفتند. حالا اخبار علمی حاکی از این است که این شک آن‌ها برای اولین بار تایید شده‌است و باعث شده دانشمندان به دنبال راهی بگردند که این مانع جدید طبیعت را دور بزنند.

منابع

1. Leonhardt, U. Optical conformal mapping. Science 2006) 1777 ,312).
2. Pendry, J. B., Schurig, D. & Smith, D. R. Controlling electromagnetic fields. Science 2006) 1780 ,312).
3. https://www.sciencedaily.com/terms/carbon_nanotube.htm.
4. http://roshd.ir/Default.aspx?tabid=442&EntryID=2875&SSOReturnPage=Check&Rand=0.

۳. Squid

٤. Hig TC

۵. Super conductors

ریحانه نبی‌زاده

دانشجوی کارشناسی فیزیک
nabizadeh۵۵@yahoo.com

گربه‌ی شرودینگر زنده یا مرده؟

نظریه کوانتومی بیان می‌کند برای هر جسم یک تابع موج وجوددارد که معیاری از احتمال یافتن آن جسم در یک نقطه بخصوص در فضا و زمان می‌باشد. طبق نظریه کوانتوم شما هیچ‌گاه حالت واقعی یک ذره را تا زمانی که مشاهده‌ای (اندازه گیری) انجام نداده‌اید، نخواهید دانست. قبل از سنجش، ذره می‌تواند به یکی از حالت‌های مختلف که توسط تابع موج شرودینگر توصیف می‌شود باشد. درواقع،ذره تا زمانی که مورد سنجش قرار نگرفته‌است در حالت نامعلومی قراردارد که جمع تمامی حالات ممکن است.

از آن‌جا که معادله‌ی شرودینگر (معادله موج) خطی است پس طبق اصل برهم‌نهی اگر یکی از جواب‌های معادله X و جواب دیگر Y باشد حتما aX+bY نیز جواب معادله است پس طبق اصل برهم‌نهی بی‌نهایت جواب دارد که می‌تواند هر کدام باشد.

برهم‌نهی کوانتومی نیز بیان می‌کند که به دلیل خطی بودن جواب‌های خالص معادله شررودینگر ما می‌توانیم با جمع هر تابع دلخواه از حالت‌های خالص دوباره به یک جواب خالص دست پیداکنیم.این جواب‌ها عمود برهم خواهندبود و این جواب خود یک معادله شرودینگر است.

فیزیک‌دان آلمانی ورنرهایزنبرگ چارچوبی نظری مبتنی بر اشیاء ریاضی نسبت ناشناخته‌ای موسوم به ماتریس‌ها ارائه کرد. در ماتریس‌ها خاصیت جابه‌جایی در ضرب وجود ندارد واین ویژگی ناجابه‌جایی ماتریس‌ها به پیامدی بسیار عجیب یعنی اصل عدم قطعیت هایزنبرگ منتهی شد. در نظریه هایزنبرگ یک ماتریس ممکن است نمایان‌گر خصوصیتی از یک ذره باشد که می‌توانیم آن را اندازه بگیریم (مکان، انرژی، تکانه و...). در چارچوب ریاضی هایزنبرگ دوتا از این ماتریس‌ها باهم جابه‌جا نشوند چیز غیرمعمولی رخ می‌دهد؛ اطلاعات آن‌ها به طریقی بسیار نابسامان به هم مرتبط می‌شود. مکان تکانه دو گزینه از این مشاهده پذیرها هستند که ماتریس‌هایشان باهم جابه‌جا نمی‌شود به بیان فیزیکی مکان و تکانه ذره مکمل یکدیگرند. ریاضیات نظریه‌ی هایزنبرگ حکایت از آن داشتند که جمع آوری اطلاعات درباره‌ی یکی از این جفت مشاهده پذیرهای مکمل باعث می‌شود اطلاعاتی را درباره دیگری از دست بدهید. پس اگر بخواهید مکان ذره‌ای را اندازه بگیرید ناگزیر اطلاعاتی درباره‌ی تکانه آن از دست خواهیدداد. برعکس، اگر بخواهید اطلاعاتی درباره تکانه ذره کسب کنید یعنی اگر عدم

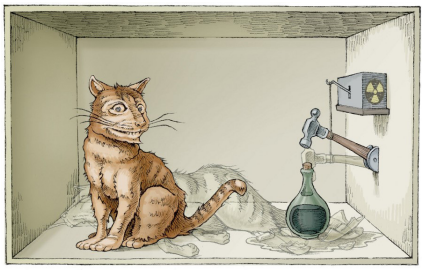
قطعیت خود را درباره‌ی میزان تکانه‌ای که دارد کاهش دهید، آن‌گاه عدم قطعیت‌تان را درباره‌ی این که ذره کجاست بالا برده‌اید. در بسط منطقی این گزاره اگر به طریقی قادر بودید با دقت ۱۰۰درصد تعیین کنید که تکانه یک ذره کجاست، آن‌گاه هیچ چیز راجع به مکان آن نمی‌دانستید. ذره ممکن است هر جایی در این عالم باشد. این همان اصل «عدم قطعیت» است.

شرودینگر برای این‌که نشان دهد این مفهوم غیرقابل انکار برهم‌نهی تا چه اندازه احمقانه است آزمایش ذهنی را ترتیب داد.

شرودینگر یک گربه ی خیالی را در جعبه ای محصور فرض نمود. گربه روبه روی یک تفنگ قرار گرفته که به یک شمارش‌گر گایگر متصل می‌باشد که به نوبه‌ی خود با قطعه‌ای اورانیوم در تماس است. اتم اورانیوم ناپایدار است و دچار فروپاشی رادیواکتیو می‌شود. اگر یک هسته اورانیوم فروپاشد، توسط شمارش‌گر گایگر شناسایی می‌گردد که در این صورت ماشه‌ی تفنگ کشیده و گلوله شلیک می‌شود و باعث مرگ گربه می‌شود.

برای دریافتن این‌که گربه زنده است یا مرده باید جعبه را باز کرده و گربه را مشاهده کنیم. اما وضعیت گربه توسط تابع موجی توصیف می‌گردد که توصیف کننده مجموع یک گربه زنده یا مرده است و از نظر شرودینگر تصور گربه‌هایی که نه مرده هستند و نه زنده بسیار مضحک است.

احتمال این‌که اتم رادیواکتیو طی مدت یک ساعت از خود پرتوساطع کند ۵۰٪ است. اگر اتم رادیواکتیو تجزیه شود انرژی آزاد می‌شود و این انرژی آزاد شده باعث می‌شود که ماشه تفنگ کشیده شده و گربه کشته شود و اگر اتم رادیواکتیو تجزیه نشود طبیعتا انرژی آزاد نمی‌شود و ماشه نیز کشیده نمی‌شود و گربه نیز زنده می‌ماند. در این صورت سوال این است که گربه مرده است یا زنده؟



می‌توان گفت: پس از یک ساعت در جعبه را باز می‌کنیم و مشاهده می‌کنیم که گربه زنده است یا مرده و به تعبیر دیگر، تا زمانی که در جعبه باز نشده گربه به احتمال ۵۰_۵۰ یا زنده است یا مرده اما پاسخ داده شده صحیح نیست؛ زیرا براساس قواعد مکانیک کوانتومی، از آن‌جا که ذرات زیراتمی غیرقابل پیش بینی هستند گربه در زمانی که در جعبه باز نشده‌است، حالتی غیرقطعی و نامعین دارد و هم مرده است و هم زنده یا نه زنده است و نه مرده. اصل«برهم نهی کوانتومی» که این آزمایش آن را تبیین می‌کند، با درک بشر از واقعیات جهان مغایرت دارد و این جاست که براساس نظریه کوانتوم، معمایی لاینحل بر سر راه فیزیک‌دان پیش می‌آید. بنابراین اصل مذکور در نظام‌های ماکروسکوپی کارایی ندارد. ممکن است گفته‌شود که راه‌حل مشاهده است؛ اما پارادوکس این‌جاست که در جعبه را نمی‌توان باز کرد تا با نگاه به درون آن، از زنده یا مرده بودن گربه اطمینان حاصل کرد؛ زیرا طبق قواعد کوانتوم، خود عمل مشاهده، گربه را خواهدکشت و به تعبیر دیگر، طبق مکانیک کوانتوم، خود عمل اندازه‌گیری بر روی سیستم، برای سیستم، محدودیت به‌وجود می‌آورد و در واقع، اندازه‌گیری یک سیستم، موجب می‌شود که واقعیت یک سیستم از بین برود.

این آزمایش فرضی، انتقادی بر عدم قطعیت و عدم موجبیت تعبیر کپنهاکی_ به ویژه در سطح ماده ماکروسکوپی_ از مکانیک کوانتوم است؛ زیرا این که گفته‌شود که اصل علیت بر حوادث ماکروسکوپی صادق است، بدون این که بر جهان میکروسکوپی صادق باشد، تنها به این دلیل که انسان هنوز قادر نیست که فرآیند میکروسکوپی را با جزئیات تفصیلی‌اش به مشاهده در بیاورد. بنابراین نمی‌تواند به رابطه علّی ومعلولی بین آن‌ها پی‌ببرد.

چنان‌که انیشتین تذکر می‌دهد، نقص ظاهری موجبیت تنها ناشی از ناقص بودن توصیف کوانتومی است پس نباید نظریه‌کوانتومی را _در عین حال‌که موفقیت‌های شگرفی به دست آورده‌است_ نظر نهایی دانست.

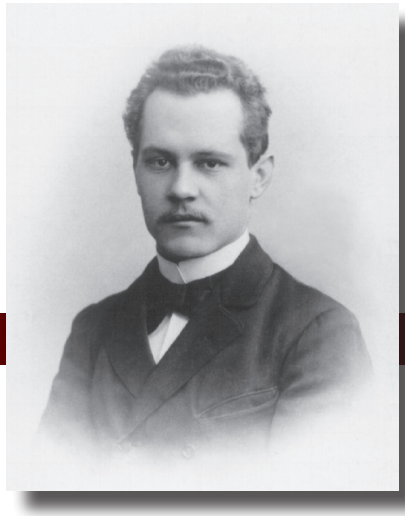
منابع

1. **http://www.bigbangpage.com**
2. **http://www.hawzah.net**

پرش اسب الکترونی از موانع تاریخی

فاطمه هاشمی فر

دانشجوی کارشناسی فیزیک
hashemifar.f@gmail.com



مدل درود[1] درباره‌ی فلزات

کشف الکترون توسط تامسون تاثیر بسیاری برتئوری‌های مطرح شده در مورد ساختار مواد، خصوصا مفهوم رسانش در فلزات داشت. دراین میان مدل هدایت الکتریکی درود ـ لورنتس که درباره‌ی خواص حرکت الکترون‌ها در مواد خصوصا در فلزات بحث می‌کند، در سال ۱۹۰۵ ارائه گردید. این مدل در واقع، کاربردی از نظریه‌ی جنبشی گازهاست وتوصیف خوبی از رسانندگی حرارتی در فلزات و اثرهال ارائه می‌کند. بنابر نظریه‌ی جنبشی گازها، مولکول‌های گاز به شکل کره‌های صلب شبیه به هم توصیف شده‌اند که حرکت مستقیم الخط دارند و در این مسیر با یکدیگر برخورد می‌کنند. در این نظریه از زمان بین برخوردها صرف نظر می‌شود و فرض می‌شود. در برخوردها هیچ نیرویی رد و بدل نمی‌شود.

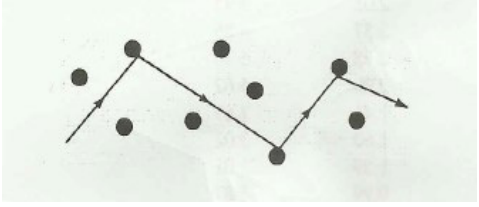
۱. Drude

اگر همین نظریه‌ی جنبشی را در مورد فلزات به کاربریم باید در نظر بگیریم که فلزات برخلاف گازها از یک نوع ذره تشکیل نشده‌اند و در مورد فلزات حداقل دو نوع ذره باید در نظرگرفته‌شود. درود ساختار فلزات را به شکل مجموعه‌ای از الکترون‌ها با بارمنفی و متحرک فرض کرد و آن را گازالکترونی نامید و برای جبران مسئله خنثی بودن فلزات به لحاظ الکتریکی، بارهای مثبتی را به صورت ذرات بسیار سنگین‌تر و ساکن درنظرگرفت. بدین ترتیب درود با توصیف یک ساختار فلزی فرض‌کرد که الکترون‌های‌ظرفیت در عنصرفلزی رها شده و آزادانه در حال حرکت باشند و یون‌ها، بارهای مثبت غیرمتحرک آن عنصرفلزی باشند. درود نظریه‌ی جنبشی‌گازها را در مورد گازالکترونی که در ساختارهای فلزی توصیف‌کرده‌بود به‌کارگرفت یعنی از توزیع آماری ماکسول–بولتزمن برای گازالکترونی استفاده‌نمود. فرضیات مدل درود عبارتند از:

۱- از برهم‌کنش‌های یک الکترون معلوم، چه با الکترون‌های دیگر و چه با یون‌ها، در برخوردها چشم پوشی می‌شود. بنابراین فرض می‌شود که درغیاب میدان‌های الکترومغناطیسی اعمال شده‌ی خارجی هرالکترون به طور یکنواخت بریک خط راست حرکت می‌کند. در حضور میدان‌های اعمال شده‌ی خارجی فرض می‌شودکه هر الکترون به گونه‌ای‌که قانون‌های حرکت نیوتن برای حرکت در حضور میدان‌های خارجی تعیین می‌کنند، حرکت می‌کند و میدان‌های پیچیده‌ی ناشی از سایر الکترون‌ها و یون‌ها نادیده‌گرفته می‌شود. نادیده‌گرفتن برهم کنش‌های الکترون–الکترون بین برخوردها اصطلاحاً به تقریب الکترون مستقل و نادیده‌گرفتن برهم کنش‌های الکترون–یون به تقریب الکترون آزاد معروف است.

۲- برخوردها در مدل‌درود، همچون نظریه جنبشی، وقایعی لحظه‌ای هستند که به طور ناگهانی سرعت الکترون را تغییر می‌دهند. درود آن‌ها را (به جای برخوردهای الکترون– الکترون که دریک گاز معمولی، ساز و کار برخورد غالب است) مربوط به الکترون‌هایی دانست که توسط مقرهای غیرقابل نفوذ پس‌زده می‌شوند.

تصویر ساده مکانیکی‌ای (شکل ۱-۱) که در آن یک الکترون درمسیرش به یون‌ها برخوردمی‌کند خیلی دور از واقعیت است. خوشبختانه این موضوع برای مقاصد بسیاری مسئله‌ای ایجاد نمی‌کند، زیرا درکی کیفی از رسانش فلزات را می توان به سادگی با فرض وجود نوعی سازوکار پراکندگی به دست آورد، بدون این که نیاز باشد در مورد این که این سازوکار دقیقا چگونه است تحقیق کنیم. می‌توانیم در تحلیل خود، با پرداختن آگاهانه به تنها چند اثر عمومی فرآیند برخورد، از درگیر شدن در تفسیر این که پراکندگی الکترون واقعا چه طور رخ می‌دهد اجتناب کنیم.



شکل(۱-۱)

۳- فرض می‌کنیم الکترون برخوردش (به عبارت دیگر تغییر ناگهانی در سرعتش) را با احتمال $1/\tau$ در واحد زمان تجربه می‌کند. منظور ازاین گفته این است که احتمال این که یک الکترون دربازه‌ی زمانی بسیار کوچک dt برخوردی انجام‌دهد برابر dt/τ .است. زمان τ، بنابه موقعیت.،زمان واهلش، زمان برخورد یا زمان آزاد میانگین نامیده‌شده و نقشی اساسی در نظریه‌ی رسانش فلزات ایفا می‌کند. این نام‌گذاری براین فرض مبتنی است که یک الکترون که به صورت کاتوره‌ای انتخاب شده، در یک لحظه‌ی معین، تا برخورد بعدی‌اش به طور میانگین زمان τ را می‌گذراند و به طور میانگین از آخرین برخوردش نیز زمان τ را گذرانده‌است. در ساده‌ترین کاربرد مدل درود، زمان τ از مکان و سرعت الکترون مستقل است.

٤- الکترون‌ها فقط از طریق برخورد با محیط اطراف خود به تعادل گرمایی می‌رسند.[1] بنابراین فرض، این برخوردها تعادل ترمودینامیکی موضعی را با روش ویژه و ساده‌ای برقرار می‌کنند. بلافاصله بعد از هر برخورد چنین فرض می‌شودکه الکترون با سرعتی‌که به سرعت قبل از برخورد آن بستگی ندارد، یعنی راستای کاتوره‌ای دارد و اندازه‌اش متناسب با دمای عمومی مکان وقوع برخورد است، از محل برخورد دور می‌شود. بنابراین هرچقدر جایی‌که برخورد در آن اتفاق می‌افتد داغ‌تر باشد، یک الکترون سریع‌تر از محل برخورد دور می‌شود.

با ابداع نظریه‌کوانتومی و ارائه اصل طرد پاؤلی در سال ۱۹۲۵ استفاده از توزیع آماری ماکسول– بولتزمن برای الکترون‌ها نادرست بود، لذا باید از توزیع آماری فرمی– دیراک استفاده می‌شد. این کار توسط آرنولد سامرفلد انجام‌شد.

توزیع آماری ماکسول– بولتزمن برحسب سرعت الکترونی:

$$f_{MB}(\vec{v}) = 4\pi v^2 \left(\frac{m}{2\pi k_B T}\right)^{3/2} e^{\left(-\frac{\frac{1}{2}mv^2}{k_B T}\right)}$$

توزیع آماری فرمی– دیراک برحسب سرعت الکترونی :

$$f_{FD}(\vec{v}) = \frac{(m/\hbar)^3}{4\pi^3} \frac{1}{exp\left[\frac{\frac{1}{2}mv^2 - k_B T_0}{k_B T}\right] + 1}$$

که در آن T_0 دمایی است که از شرط بهنجارش زیر تعیین می‌شود.

$$n = \int dv\, f(v)$$

۱. با فرض قبول تقریب الکترون مستقل و آزاد، این تنها ساز و کار ممکن است که باقی‌می‌ماند.

نظریه‌ی سامرفلد[1] درباره‌ی فلزات

سامرفلد با ادغام نظریه‌ی کلاسیک درود و مکانیک کوانتوم و توزیع آماری فرمی دیراک در مدل الکترون‌آزاد، پایه‌های مدل ساختار نواری در حالت‌جامد را بنا نهاد که کمک شایانی به توصیف پدیده‌های آزمایشگاهی نظیر ظرفیت گرمایی و قانون ویدمن–فرانتز می‌کند. بنا به قانون ویدمن–فرانتز نسبت رسانندگی‌حرارتی به رسانندگی‌الکتریکی در یک فلز با دما متناسب و ضریب این تناسب عددلورنتس است.

نظریه نواری در جامدات

در یک اتم تنها،الکترون‌ها در سطوح انرژی مجزا و کوانتیده قراردارند. این سطوح انرژی یا اوربیتال‌ها از انرژی پایین‌تر شروع به پر شدن می‌کنند. وقتی اتم‌ها در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند، حالت‌های مجاز انرژی به حالت‌های نزدیک به هم تقسیم می‌شوند و شکل اوربیتال‌ها تغییر می‌کند. اوربیتال‌های یک مولکول با اوربیتال‌های اتم‌های تشکیل دهنده‌اش متفاوت است. در جامدات (که اکثراً به شکل کریستال هستند) این حالت‌های تقسیم شده به صورت پیوسته درمی‌آیند و نوارهای پهنی از انرژی تشکیل می‌دهند.

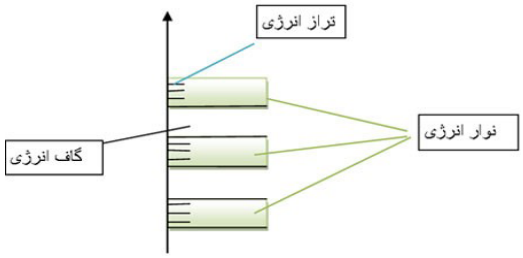
وقتی اتم‌ها یک مولکول را تشکیل می‌دهند، اوربیتال‌های جدید پیوندی و ضد پیوندی شکل می‌گیرند که سطح انرژی آنها با اوربیتال‌های اتمی متفاوت است. تشکیل اوربیتال‌های جدید باعث به وجود آمدن چندگانگی در سطوح انرژی می‌شود. با شکل‌گیری جامد و نزدیکی زیاده از حد اوربیتال‌ها، اوربیتال‌های پیوندی نوار ظرفیت و اوربیتال‌های ضد پیوندی نوار رسانش را به‌وجود می‌آورند.

این اوربیتال‌ها با سطوح انرژی مجزا، در جامد تبدیل به یک نوار پیوسته می‌شوند که شامل N سطح انرژی است. N از مرتبه ۱۰۲۳ است. در کریستال یا جامدات حالت‌های الکترونیکی مکان خاصی ندارند و به علت تقارن، کریستال نسبت به حرکت انتقالی ناورداست.

رخ دادن باند و شکاف باند

یک تک الکترونِ منزوی، اوربیتال‌های اتمی را اشغال می‌کند و هر اوربیتال در سطح انرژی گسسته است. هنگامی که اتم‌های متعددی با به هم پیوستن به شکل یک مولکول درآیند، اوربیتالِ اتمیِ آنها به هم می‌پیوندد تا اوربیتال مولکولی تشکیل شود، که هر کدام در سطح انرژی گسسته‌ای هستند. هرچه اتم‌های بیش‌تری گِرد هم آیند، اوربیتال مولکولی بزرگ‌تر و گسترده‌تر می‌گردد، و سطوح انرژی مولکولی به طور فزاینده متراکم‌تر خواهدشد. در نهایت، مجموعه‌ی اتم‌ها به تشکیل یک مولکول غول پیکر؛ یا به عبارتی دیگر، یک جامد خواهدانجامید. برای این مولکول غول پیکر، سطوح انرژی آنقدر به هم نزدیک‌اند که می‌توان آنها را به شکل یک زنجیره در نظر گرفت.

شکاف باند اساساً محدوده‌ی باقی مانده از سطوح انرژی است که توسط هیچ باندی پوشش داده‌نشده، که این نتیجه‌ی محدود بودن عرض باندهای انرژی است. باندها عرض‌های مختلفی دارند، وابسته به درجه‌ی همپوشانی در اوربیتال اتمی که باندها از آن‌ها به‌وجود می‌آیند. دو باند مجاور ممکن است به سادگی تنها به اندازه‌ی کافی گسترده نباشند که بتوانند به طور کامل همه‌ی پهنای انرژی را پوشش دهند. به عنوان مثال، باندهایی با اوربیتال هسته (مانند الکترون‌های اوربیتال ۱ در اوربیتال اتمی) به شدت باریک‌اند (که این به خاطر هم‌پوشانی ناچیز در بین اتم‌های مجاور است)؛ در نتیجه، تمایل زیادی به رخ دادن شکاف باند بین گروه‌های اصلی وجود دارد. باندهای بالاتر با اوربیتال‌های بزرگ‌تر و باز هم بزرگ‌تر با هم‌پوشانی بیش‌تر، به تدریج در انرژی بالا گسترده‌تر و گسترده‌تر می‌شوند به طوری که هیچ شکاف باندی در انرژی بالا وجود ندارد.

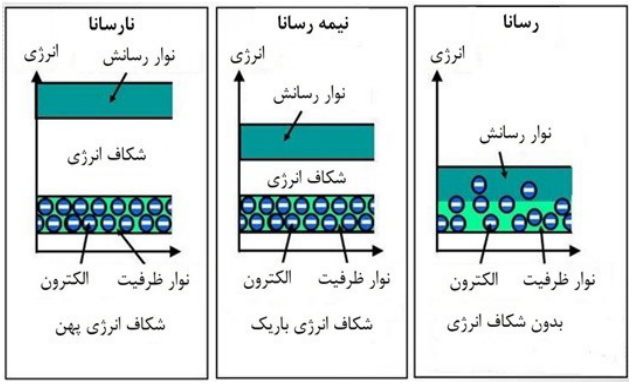


ساختار نواری در فلزات، نارساناها و نیمه‌رساناها

ویژگی‌های اپتیکی مواد به چگونگی پر شدن این نوارها توسط الکترون‌ها بستگی دارد. از نظر هدایت الکتریکی، بر حسب پر شدن این باندها سه گروه اصلی داریم: فلزات، نارساناهاو نیمه رساناها. در فلزات نوار ظرفیت تکمیل است و قسمتی از نوار رسانش نیز توسط الکترون‌ها پر شده‌است. اما قسمت خالی نوار رسانش این اجازه را به الکترون‌ها می‌دهد که با به‌دست‌آوردن کمی انرژی بتوانند آزادانه حرکت کنند. در نارساناها باند ظرفیت تکمیل است و هیچ الکترونی در باند رسانش وجود ندارد. چون اختلاف انرژی بین بالاترین حد نوار ظرفیت و پایین‌ترین حد نوار رسانش، زیاد است، که نوار ممنوعه خوانده می شود، الکترون‌ها نمی‌توانند به باند رسانش بروند و آزادانه حرکت کنند. در نیمه‌رساناها باند ظرفیت (در دمای‌صفر کلوین) پر است، اما به علت کم بودن پهنای نوار ممنوعه، الکترون‌ها با به‌دست‌آوردن کمی انرژی (مثلاً از طریق حرارت) می‌توانند به باند رسانش بروند و آزادنه حرکت کنند. نیمه‌رساناها با بالا رفتن دما به رسانا تبدیل می‌شوند.

---

۱. Sommerfeld



درعین حال مدل الکترون آزاد سامرفلد با وجود این که توانست بسیاری از مشکلات مربوط به توصیف رسانش در فلزات را حل کند اما پیش بینی های کمی داشت که با مشاهدات آزمایشگاهی تطابق نداشت. برای تعدادی از سوالات نیز پاسخی نداشت مثلا نمی توانست تعداد الکترون‌های‌آزاد را تعیین کند یا اینکه سهم الکترونی گرمای‌ویژه در دماهای پایین را توجیه کند. بنابراین تقریب الکترون مستقل نمی‌توانست توصیف خوبی از برخی خواص فلزات ارائه دهد. بروز ابررسانایی از دیدگاه تقریب الکترون مستقل بسیار غیرعادی می‌نمود.

فهم نظری پدیده‌ی ابررسانایی و خواص مربوط به آن از چند دیدگاه میسر شد. برخی نتایج حاصل از مطالعات ترمودینامیکی است و بسیاری از معادلات از پدیده‌های شناختی حاصل شد؛ نظیر معادلات لندن و تئوری گینزبورگ‌لانداو.

بدین ترتیب پایه‌های اولیه برای ارائه تئوری میکروسکوپی و تئوری‌های بعدی با استفاده از نظریه کوانتومی غیرنسبیتی در ابررسانایی شکل‌گرفت.

منابع

۱. فیزیک حالت جامد پیشرفته نیل اشکرافت ؛ دیوید مرمین ؛ مترجم:حسین صالحی - سرافراز - ۵۴۰ صفحه - وزیری (شومیز) - چاپ ۲ سال ۱۳۸۷

۲. http://www.urmia.ac.irدانشگاه ارومیه ، دانشکده علوم، گروه فیزیک//مطالعه‌ی خط برگشت ناپذیری مغناطیسی ابررسانا
ارئه دهنده : سونای نشانی/ استاد راهنما : دکترحسن صادقی

3. Introduction to solid state physics /Charles Kittle /Solid state physics/Physics, Solid, State physics, Basic Physics, University, University Physics, Dynamics / 2005

4. http://ricest.ac.ir/

5. https://fa.wikipedia.org

6. http://www.comphys.ir

7. http://article.tebyan.net

بشر به آسمان احترام می گذارد چون هنوز به آن دست نیافته‌است.

••فردریش شیلر••

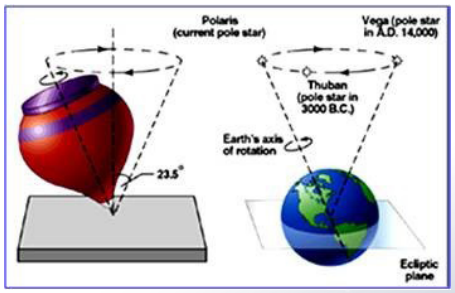
فرزانه حبیبی

دانشجوی کارشناسی فیزیک
f.habibi۳٦٥@gmail.com

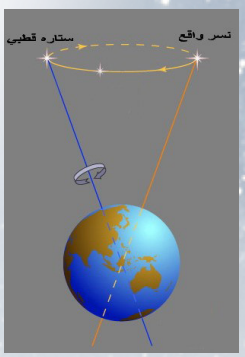
آسمان از هزاران سال پیش تاکنون، بشر را به کنجکاوی و تحسین وادار کرده‌است. در زمانی که خبری از اینترنت و سرگرمی‌های رایج امروزی نبود؛ اجدادمان شب‌ها را با تماشای آسمان و داستان‌پردازی درباره خدایان به صبح می‌رساندند و روز را با طلوع نزدیک‌ترین ستاره به زمین آغاز می‌کردند. کنجکاوی آنان درباره آسمان و ستارگان در نهایت پایه‌های علم نجوم را در دوران باستان بنا نهاد. با کشف کشاورزی و پی‌بردن به رابطه میان خورشید و فصل‌های سال، علم نجوم نقشی تعیین‌کننده در زندگی مردم پیداکرد و منجمان جایگاه بالایی یافتند. اعلام زمان فرارسیدن بهار و افشاندن بذرها و دروی محصول و جمع کردن مالیات بر عهده‌ی آنان بود. از طرف دیگر مردمان جهان باستان، اجرام کیهانی را همتای ایزدان می‌گرفتند و معتقدبودند موقعیت این اجرام نسبت به هم شرایط زندگی آن‌ها را تعیین خواهدکرد. این باورهای خرافی باعث نفوذ بالای منجمان در دستگاه سیاسی کشورها و تمدن‌های مختلف می‌شد. باور به طالع‌بینی از طریق اجرام آسمانی در ایران زمان صفویه آن‌چنان رایج بود که شاه عباس صفوی به توصیه منجم‌باشی دربار سه روز از تاج و تخت استعفا داد و مردی مسیحی به نام یوسف را بر تخت نشاند و پس از سه روز او را به قتل رساند و بر اساس ساعت سعد (نیک بختی) معین شده مجددا بر تخت نشست.

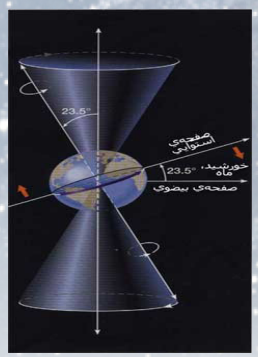
به طور کلی می‌توان گفت نجوم در قدیم به صورت دو علم پیگیری می شده‌است. اول، علمی که در حرکات و مواضع ستارگان و احکام آن از نظر خسوف و کسوف تحقیق می‌کرد و دوم آن که ارتباط وضع کواکب را با حوادث زمین از قبیل جنگ، صلح، سعد، نحس، تولد، مرگ و...شرح می‌داد. در قرن بیستم، نجوم به دو رشته‌ی اخترشناسی نظری و رصدی تبدیل شد. کار اخترشناسی نظری ارائه شرحی بر رصدها و وظیفه اخترشناسی رصدی اثبات عملی نتایج پیش‌بینی شده در نظریه‌ها است. با استفاده از یافته‌های نجومی می‌توان نظریه‌های بنیادین فیزیک مانند نسبیت عام را آزمایش کرد. در طول تاریخ، منجمان آماتور در بسیاری از کشف‌ها نقش داشته‌اند و از این جهت نجوم یکی از معدود رشته‌هایی است که افراد آماتور در آن بسیار موفق ظاهر شده‌اند. پس از این مقدمه نسبتا طولانی به سراغ برخی از قدیمی‌ترین مفاهیم نجومی می‌رویم و آن ها را بررسی خواهیم کرد.

اولین و بدیهی‌ترین راه برای بررسی ستارگان، یافتن مکان و مشخص کردن موقعیت آن‌ها در آسمان است. برای تعیین مکان ستارگان در آسمان به یک دستگاه مختصات نیاز داریم که حرکات زمین کارآیی آن را با مشکل مواجه نکند. به سبب حرکت روزانه زمین به نظر می‌رسد ستارگان در هر ۲۳ ساعت و ٥٦ دقیقه یک بار به دور ما می‌چرخند. به این بازه زمانی که برای مدت‌های زیادی ثابت است روز نجومی گفته‌می‌شود. علاوه بر حرکت روزانه، حرکت تقدیمی زمین نیز چهره آسمان را تغییر می‌دهد. می‌دانیم محور چرخش زمین دارای زاویه انحرافی معادل ۲۳,٥ درجه است. چرخش محور زمین به دور خودش را حرکت تقدیمی می‌نامند. زمین در این حرکت هر ۲٦۰۰۰ سال یک بار یک دایره ی کامل را طی می‌کند.



این حرکت را می‌توان به حرکت فرفره ای تشبیه کرد که به صورت کج به دور خودش می‌چرخد و در راستای انحراف خود نیز یک دایره را طی می‌کند. نیروی گرانشی که خورشید و ماه بر زمین وارد می‌کنند کمک می‌کند که محور کج زمین راست شود اما هر جسم در حال چرخش یک اثر ژیروسکوپی (تمایل به کج محوری معین) دارد. چون زمین در برابر مستقیم شدن محور خود مقاومت می‌کند نیروی گرانشی، حرکت تقدیمی زمین را ایجاد می‌کند. به دلیل وجود حرکت تقدیمی تا حدود ۱۳۰۰۰ سال آینده ستاره پرنور نسرواقع به جای ستاره قطبی فعلی (آلفا دب اصغر) ستاره قطبی خواهدشد.

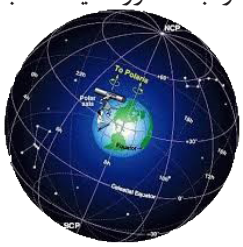




در این مقیاس حرکت واقعی ستارگان که با سرعت خاصی به ما دور یا نزدیک می‌شوند کم‌ترین تغییرات را در موقعیت آنها در آسمان نسبت به ما به وجود می‌آورد به گونه ای که میتوان آن را نادیده

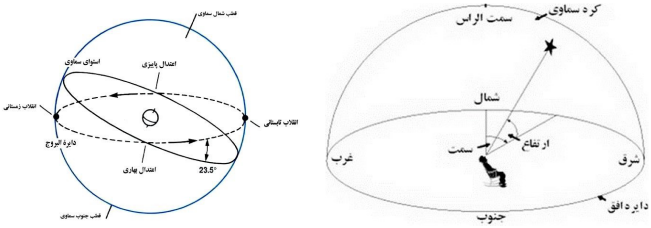
گرفت.

اخترشناسان از گذشته تاکنون آسمان را به صورت یک گنبد کروی در نظر می‌گیرند که ستارگان و سایر اجرام سماوی مانند پونز به آن چسبیده‌اند و همگی به یک اندازه از زمین فاصله دارند. «کره‌ی سماوی» یا کره آسمان یک کره‌ی فرضی با شعاع بی‌نهایت در فضا است که با زمین هم‌مرکز است و شما می‌توانید با نگاه کردن به آسمان بالای سرتان بخشی از آن را ببینید.



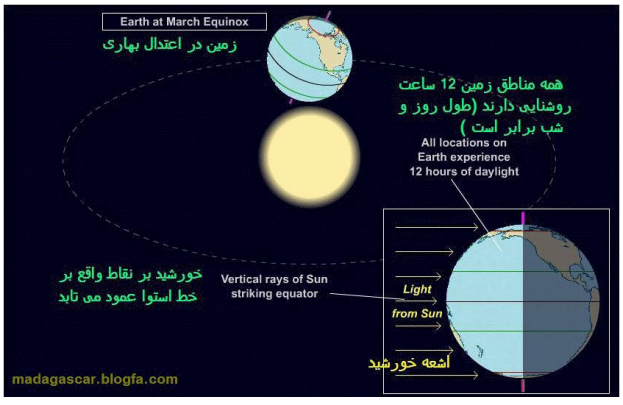
در کره‌ی سماوی موقعیت ستارگان همانگونه مشخص می‌شود که بر روی زمین؛ یعنی با استفاده از طول و عرض جغرافیایی. اگر محور کره‌ی زمین که قطب های شمال و جنوب زمین را به هم وصل می‌کند از هر دو سو(شمال و جنوب) در فضا ادامه دهید تا کره‌ی سماوی را در دو نقطه قطع کند، قطب شمال و جتوب سماوی را پیدا کرده‌اید.

به همین ترتیب اگر خط استوای زمین را در امتداد همین کره‌ی فرضی ادامه دهید و دایره‌ی استوا را بر روی کره سماوی رسم کنید، استوای سماوی را پیدا کرده‌اید. عرض‌های شمالی و جنوبی استوا به ترتیب با علامات مثبت و منفی مشخص می‌شوند. عرض سماوی هر ستاره، میل ((declination آن نامیده می شود. میل یک جسم در کره‌ی سماوی در واقع زاویه‌ی مابین استوای سماوی و جسم مورد نظر می‌باشد.(در شکل زیر با نام ارتفاع مشخص شده‌است.)

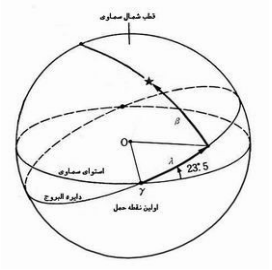


طول کره‌ی سماوی را نمی‌توان به شیوه طول جغرافیایی زمین تعریف کرد؛ زیرا خطوط طولی زمین با آن می‌چرخند و موقعیت آنها هر روز در حال تغییر است. مختصات واقع بر روی کره‌ی سماوی باید در فضا ثابت باشد و با زمین حرکت نکند، زیرا باید محل ستارگان ثابت را توضیح دهند. ستاره شناسان بر انتخاب یک نقطه ثابت روی استوای سماوی به عنوان نقطه شروع درجات طول سماوی اتفاق نظر دارند. درست مانند نصف النهار گرینویچ که به عنوان نقطه صفر برای اندازه گیری طول جغرافیایی بر روی سطح زمین به کار رفته‌است. بر طبق این توافق، مکان انتخاب شده بر روی استوای سماوی در یک جهت معین و از یک نقطه مشخص در صورت فلکی حوت قرار دارد. این نقطه صفر از تقاطع دو صفحه استوا و مدار زمین، تعریف شده و آن «اعتدال بهاری» نام دارد. به علت حرکت تقدیمی زمین، نقطه اعتدال بهاری به طور آهسته بر روی دایره ای حرکت می‌کند و در هر ۷۶۰۰۰ سال مداری را کامل خواهدکرد. به همین سبب سال به خصوصی به عنوان مرجع قرار داده شده‌است و این مختصات بر مبنای مکان طول سماوی نقطه صفر، در آن سال قرار گرفته‌است. طول سماوی بر حسب درجه اندازه گیری می‌شود و قوسی از استوای سماوی است که به سمت شرق جهت داده شده‌است. اندازه آن از صفر درجه در نقطه اعتدال بهاری تا ۳۶۰ درجه تغییر می‌کند. با این تعاریف هم اکنون یک دستگاه مختصات برای یافتن مکان ستارگان داریم. نکته دیگری که ما را در یافتن موقعیت ستارگان یاری می‌دهد آشنایی با مسیر عبور ظاهری سالیانه خورشید از درون کره سماوی یا «دایره البروج» است.

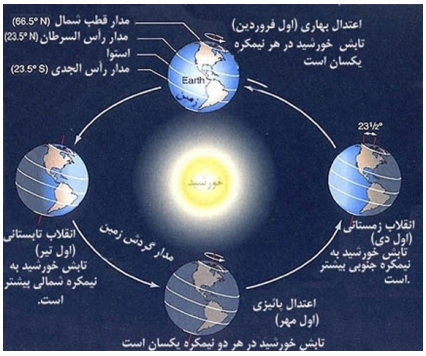
می‌دانیم زمین در مداری بیضی شکل_ که خورشید در یکی از کانون های آن واقع است_ به دور خورشید می‌گردد. این حرکت را به صورت تقریبی دایره فرض می‌کنیم. ما حرکت زمین را نمی‌بینیم آنچه می‌بینیم حرکت ظاهری خورشید به سوی شرق است. (تقریبا یک درجه در روز) این مدار ظاهری حرکت خورشید « دایره البروج» نامیده می‌شود. نواری به عرض ۸ درجه در هر سوی دایره البروج را« منطقه البروج» می‌خوانند. به علت انحراف ۲۳,۵ درجه ای محور زمین، دایره البروج نیز ۲۳,۵ درجه نسبت به استوای سماوی انحراف دارد. نقاط تلاقی صفحه دایره البروج و استوای سماوی اعتدالین نامیده می‌شود و علت نامگذاری آن به این نام برابر شدن طول شب و روز در زمان قرارگیری خورشید در این دو نقطه است.



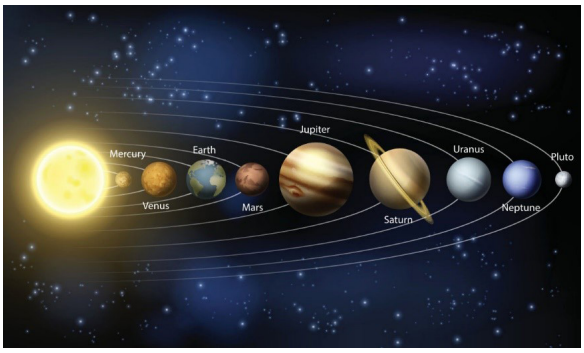
فصل بهار در لحظه عبور خورشید از نقطه اعتدال بهاری آغاز می‌گردد. گرچه می توان نقطه اعتدال بهاری بر روی کره ی سماوی را نقطه ثابتی در نظر گرفت، اما محل آن بر روی دایره البروج سالیانه به اندازه ۵۰,۲۶ ثانیه قوسی به طرف مغرب تغییر مکان می‌دهد و در نتیجه این تغییر خود موجب تغییر مختصات ستارگانی که نسبت به این نقطه سنجیده می‌شوند، می‌گردند. بیشترین فاصله دایره البروج از استوا در انقلاب تابستانی و زمستانی رخ می‌دهد. انقلاب تابستانی مصادف با اول تیرماه و طولانی ترین روز در نیم‌کره شمالی است در حالی که در نیم‌کره

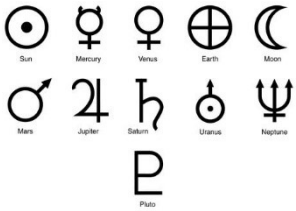


دقیقا برعکس است. از آن جا که تمام سیارات کم و بیش در صفحه ای هم خوان با زمین حرکت می کنند همگی در درون نوار دایره البروج هستند. علاوه برخورشید موقعیت ظاهری سایر ستارگان نیز با حرکت انتقالی زمین در طول یک سال تغییر می کند.



به علت گردش انتقالی زمین، همزمان با حرکت زمین در فضا، هر شب از نظرگاهی متفاوت و از جایی متمایز به ستارگان می‌نگریم و به همین علت، بخشی خاص از زمینه ی ستارگان را در میدان دید خویش داریم. صورت‌های فلکی در واقع خوشه‌هایی از این ستارگان متحرک در آسمان هستند که برای سادگی و فهم‌پذیر شدن، به اشکالی معمولا جانوری تشبیه شده‌اند. منجمان باستان برای این که بتوانند ستارگان و موقعیت آن‌ها را به راحتی به خاطر بسپارند آن‌ها را در گروه‌هایی چندتایی دسته بندی کردند و به هر گروه، شکل خاصی نسبت دادند اما به زودی متوجه شدند در میان این ثوابت، اجرامی ستاره مانند قرار دارند که ثابت نیستند و در مسیرهای مشخصی حرکت می کنند. این اجرام متحرک را سیاره نام نهادند. به دلایلی همچون درخشندگی زیاد خورشید و ماه، مرموز بودن ماهیت اجرام آسمانی، حرکت عجیب سیارات و یا حتی رنگ آن‌ها، خرافات، خیلی سریع وارد نجوم شد. در مصر باستان خورشید را یکی از خدایان می‌پنداشتند، حتی امروزه هم برخی بومیان استرالیا، ماه را خدای خود می‌پندارند. در دوران باستان افسانه‌های جالبی درباره‌ی سیارات می گفتند: تیر (عطارد)، به دلیل حرکت سریع خود در آسمان، پیک خدایان نام گرفت. ناهید (زهره) که بعد از ماه و خورشید سومین جرم درخشان آسمان شب است، به دلیل زیبایی سحرانگیزش، آناهیتا (ونوس) یعنی الهه‌ی عشق و زیبایی نام گرفت. بهرام (مریخ)، به دلیل رنگ سرخش لقب خدای جنگ را به دوش می کشد. هرمز (مشتری) به دلیل درخشندگی زیاد و حرکت آرام و با وقارش خدای خدایان است و بالاخره کیوان (زحل)، سیاره‌ای شوم لقب گرفت.





پیش از این گفتیم یکی از اقدامات منجمان باستان، تعیین زمان فرارسیدن بهار و کشت محصول و پرداخت مالیات بود. منجمان برای تشخیص فصل‌های مختلف سال و زمان برداشت محصول، مجبور به تنظیم تقویم یا گاه‌شمار بودند. یکی از رایج ترین انواع گاه‌شماری بر مبنای گردش ماه و تغییرات مختلف آن در طول سال بود. از آن‌جا که هر دوره‌ی گردش زمین به دور خورشید، تقریبا با ۱۲ بار گردش ماه به دور زمین برابر است، اخترشناسان جهان باستان از دیرباز کوشیده‌اند تا راهی برای تلفیق دو تقویم شمسی و قمری بیابند. روش‌های تنظیم گاه‌شماری، پس از مدتی از ماه به سایر اختران شبانه تعمیم یافت. در حدود قرن پنجم قبل از میلاد، اخترگویان بابلی (و شاید یونانی)، دایره البروج را به ۱۲ قسمت (برج) که هرکدام حدود ۳۰ درجه اند تقسیم و هریک را با نام یک صورت فلکی شناسایی می کردند. امروزه پس از دو هزار سال به علت حرکت تقدیمی زمین، برج‌ها دیگر با صورت های فلکی همنام خود کاملا منطبق نیستند و هر صورت فلکی تقریبا به اندازه یک برج (معادل ۳۰ درجه) به سمت شرق آسمان حرکت کرده‌است. در زیر نام هر ۱۲ برج فلکی و زمان‌بندی میانگین سالانه اقامت خورشید (به روز: ساعت: دقیقه) ذکر شده‌است و نکته جالب تطبیق زیاد آن با ماه‌های هجری خورشیدی است:

برج حمل(بره)؛ (اقامت خورشید ۰۰: ۱۱: ۳۰) همزمان با فروردین ماه

برج ثور(گاو)؛ (اقامت خورشید ۰۶: ۲۳: ۳۰) همزمان با اردیبهشت ماه

برج جوزا(دوپیکر)؛ (اقامت خورشید ۵۴: ۰۷: ۳۱) همزمان با خرداد ماه

برج سرطان(خرچنگ)؛ (اقامت خورشید ۵۲: ۱۰: ۳۱) همزمان با تیر ماه

برج اسد(شیر)؛ (اقامت خورشید ۰۵: ۰۷: ۳۱) همزمان با مرداد ماه

برج سنبله(خوشه)؛ (اقامت خورشید ۴۰: ۲۱: ۳۰) همزمان با شهریور ماه

برج میزان(ترازو)؛ (اقامت خورشید ۲۳: ۰۹: ۳۰) همزمان با مهر ماه
برج عقرب(عقرب)؛ (اقامت خورشید ۳٦: ۲۱: ۲۹) همزمان با آبان ماه
برج قوس(کمان، کمان‌دار)؛ (اقامت خورشید ۲۰: ۱۳: ۲۹) همزمان با آذر ماه
برج جدی(بز)؛ (اقامت خورشید ۳۹: ۱۰: ۲۹) همزمان با دی ماه
برج دلو(آب‌ریز)؛ (اقامت خورشید ۰۸: ۱٤: ۲۹) همزمان با بهمن ماه
برج حوت(ماهی)؛ (اقامت خورشید ۵۸: ۲۲: ۲۹) همزمان با اسفند ماه

بر خلاف گذشته امروزه پیدا کردن ستارگان و صورت های فلکی نیاز چندانی به محاسبات ندارد و شما می توانید با استفاده از نرم افزارهایی مثل stellarium ، stars astronomy guide و ... نقشه آسمان شب منطقه مورد نظر خود را با وارد کردن تاریخ و موقعیت جغرافیایی به دست آورید..

منابع

۱. بوم_ ویتنس، اریکا(۱۳۸۷)، آشنایی با اختر فیزیک ستاره‌ای، ترجمه منیژه رهبر، جلد اول، چاپ دوم، مرکز نشر دانشگاهی، تهران
۲. اندیشه، هاشم(۱۳۹۲) پژوهشی بر علم نجوم بین مسلمانان، دانشمند، ۵۹۸، ۵۰_ ٥٤
۳. وکیلی, شروین، اسطوره شناسی آسمان شبانه، نشر شورآفرین
4. http://www.1000pand.ir
5. http://tarikhirani.ir
6. http://daneshnameh.roshd.ir
7. http://wiki.avastarco.com
8. http://forum.avastarco.com
9. https://fa.m.wikipedia.org
10. http://www.yjc.ir
11. http://rasadgah.com
12. http://lanika.ir
13. http://roshd.ir
14. http://phasco.com
15. http://nazerin90.blogfa.com
16. http://danakhabar.com
17. http://javidan-group.blogfa.com
18. http://www.noojum.com
19. http://nssri.ir
20. http://www.asheghaneshab.blogfa.com

سعید باقری

اعطای جایزه‌ی پی‌یر ژیل دوژن به فیزیکدان ایرانی

نشریه اروپایی فیزیک EPJE (در حوزه فیزیک بیولوژیک و مواد نرم) جایزه استادی سال ۲۰۱۷ خود را که به نام پی‌یر ژیل دو ژن نام‌گذاری شده، به فیزیکدان ایرانی، رامین گلستانیان اهدا کرد.

به گزارش عصر ایران به نقل از وبسایت گروه فیزیک دانشگاه آکسفورد این جایزه به دلیل مشارکت‌های نظری برجسته گلستانیان به فیزیک ریزشناورها و تعاملات هیدرودینامیک آنها به او اهدا شده است. مشارکت‌هایی که به زنجیره‌ای از یافته‌های مهیج و نیز توسعه نظری در زمینه مواد فعّال منجر شده‌اند.

این ششمین بار است که جایزه معتبر پی‌یر-ژیل دو ژن که به نام برنده جایزه نوبل و بنیان‌گذار نشریه EPJE نام‌گذاری شده به دانشمندان اعطا می‌شود. قرار است این جایزه در دهمین دوره کنفرانس علمی مواد مایع که از ۱۷ تا ۲۱ جولای سال میلادی جاری در شهر لوبلیانا پایتخت کشور اسلوونی برگزار می‌شود، به پروفسور گلستانیان اهدا شود.

پیشتر و در رویدادی مشابه در سال ۲۰۱٤ ، به دلیل نقش پیشروی دکتر گلستانیان در زمینه مواد نرم فعال و به خصوص شناگران میکروسکوپی و ذرات کولوییدی فعال مدال «هولوک» (Holweck) نیز به وی اهدا شده بود. نشان Holweck، از جوایز عمده جهانی در رشته فیزیک است که هر سال در انتخاب مشترک انجمن فیزیک بریتانیا و انجمن فیزیک فرانسه به یک فیزیک‌دان می‌رسد. این نشان که جایزه نقدی هم به همراه دارد، یکی از چهار مدالی است که این دو انجمن به فیزیک‌دانان می‌دهند و به طور چرخشی به پژوهشگرانی داده می‌شود که در بریتانیا و فرانسه مستقر هستند.

رامین گلستانیان، فارغ‌التحصیل دانشگاه صنعتی شریف است که مقطع دکتری فیزیک نظری را در دانشگاه علوم پایه زنجان و پسادکتری را در مؤسسه فیزیک نظری کاولی در دانشگاه سانتا باربارای کالیفرنیا به اتمام رسانده و در حال حاضر استاد دانشگاه آکسفورد انگلستان است. حوزه‌های پژوهشی مورد علاقه او فیزیک آماری غیرتعادلی (nonequilibrium statistical physics)، مادّه نرم (soft matter) و فیزیک زیستی (biological physics) است.

شناسایی برهمکنش نورو‌ماده در لایه منفرد اتم با همکاری فیزیک‌دان ایرانی

دانشمندان دانشگاه فلوریدای مرکزی با همکاری «رکسانا رضوانی نراقی»، دانش‌آموخته دانشگاه تهران، شیوه چگونگی تعامل نور-ماده در لایه منفردی از اتم‌ها را شناسایی کردند. فیزیکدانان معمولا از ابزارهای طیف‌سنجی برای بررسی شیوه تعامل نور با گاز، مایع یا جامد استفاده می‌کنند. این روش inelastic توصیف می‌شود و در آن انرژی نور به خاطر تماس با ماده تغییر می‌کند.

رضوانی نراقی و اعضای دیگر تیم علمی به رهبری پروفسور «آریستید دوگاریو» (Aristide Dogariu) روشی جدید برای شناسایی چنین تعاملی در لایه منفردی از اتم‌ها ارائه داده‌اند. این فرآیند به خاطر اندازه کوچک اتم بی‌نهایت دشوار است و در شیوه جدید انرژی نور بدون تغییر می‌ماند. مطالعه جدید نشان می‌دهد حتی در سطح اتمی، اندازه‌گیری آماری نورمحور دارای قابلیت‌های عملی است که رویکردهای سنتی از داشتن این توانایی‌ها محرومند.

این نخستین آزمایش از این نوع بر روی لایه منفردی از اتم‌هاست و در آن، تیم علمی از گرافن که ماده‌ای دوبعدی و بلوری است، استفاده کرد. تکنیک دانشمندان شامل شفاف کردن تصادفی(random) تک‌لایه اتم از همه جهت‌های ممکن و سپس تحلیل چگونگی تاثیر گذاشتن نارسایی‌ها و نقص‌های(defect) ریز در سطح اتمی بر ویژگی‌های آماری نور ورودی بود.

این آزمایش نه تنها روشی ساده برای ارزیابی خصوصیت‌های ساختاری مواد دو بعدی در اختیار محققان می‌گذارد بلکه ابزاری جدید نیز برای کنترل ویژگی‌های پیچیده تشعشع نوری در مقیاس‌های زیرطول موج ارائه می‌دهد. گرافن و مواد دو بعدی دیگر ویژگی‌هایی دارند که فیزیکدانان در تلاش برای استفاده از آن‌ها در ساخت صفحه نمایش‌ها، باتری‌ها، خازن‌ها، سلول‌های خورشیدی و مواد دیگر هستند. با این حال، کارآیی آن‌ها به خاطر وجود ناخالصی محدود می‌شود و یافتن نارسایی‌های اتمی نیازمند تکنیک‌های میکروسکوپی پیشرفته است که استفاده از آن‌ها گاها غیرعملی است.

تحقیق تیم دانشگاه فلوریدای مرکزی، شیوه‌ای کارآمدتر را برای شناسایی این نارسایی‌ها ارائه می‌دهد و به پیشرفت‌های جدیدی در علم فیزیک خواهد انجامید.

کشف این نکته که یک لایه منفرد اتم، ویژگی‌های نور و تشعشع الکترومغناطیسی را تغییر می‌دهد، دارای مضامین مهمی برای کنترل کردن نور در مقیاس‌های زیر طول موج در ابزار نوری مانند ال‌ای‌دی‌ها و سلول‌های فتوولتائیکی است.

جزئیات این دستاورد علمی در Optica قابل مشاهده است.

عبور از تنگنای نانوحفره

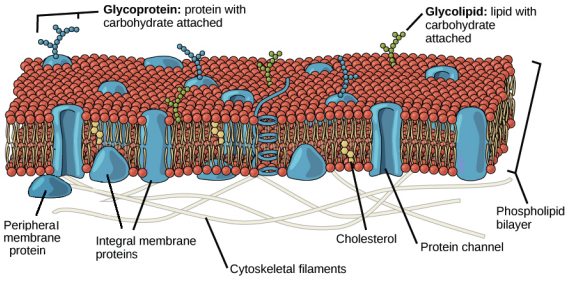
محمدرضا نیکنام

کارشناسی ارشد فیزیک
m_niknam@alumni.iust.ac.ir

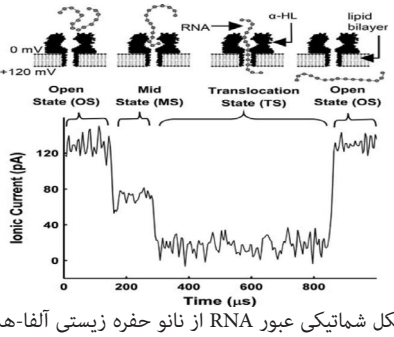
روایتی از سوراخ در سقف یک چادر تا تشخیص جهش ژنتیکی

ایده اصلی عبور پلیمر از نانو حفره بسیار زیبا و ساده است. فرض کنید در دشتی می‌خواهید چادر بزنید و متوجه می‌شوید که به‌زودی هوا بارانی می‌شود. هنگام برپا کردن چادر، متوجه سوراخی در سقف آن می‌شوید، اولین اقدام احتمالا پرکردن سوراخ سقف با پلاستیک و یا شی دیگری می‌باشد (البته به شرطی که پناه بردن به جایی مسقف مانند غاری در نزدیکی آنجا و هم سقف شدن با حیوانات آنجا را به جان نخرید!!). مسلما بسته به اینکه چقدر توانسته باشید به‌خوبی سوراخ را پرکنید، آب به داخل چادر نفوذ نمی کند.

در دو دهه پیش چنین اساس ساده ای در سیستم های مولکولی نیز مشاهده شد. یک غشای سلولی از دولایه چربی (لیپید) که شامل کانالهایی در میانه آن است، تشکیل شده است. اگر به محیط بیرونی دربرگیرنده این غشاء یک ولتاژ (در حدود ۱۰۰ میلی ولت) اعمال نماییم، مشاهده میکنیم که یک جریان مشخصی (حدود ۱۰۰ پیکو آمپر) از داخل کانال عبور می‌کند. حال به شباهت چادر و سوراخ در سقف آن بااین کانال ها می پردازیم. هرچقدر شما سوراخ چادر را بهتر پوشانده باشید، قطره های باران کمتری وارد می شود. به همین ترتیب هرچه قدر در عبور پلیمر (بیوپلیمر) از این کانال ها، پلیمر بتواند قسمت بیشتری از کانال را پر کند، شما جریان کمتری را مشاهده می کنید وزمانی که پلیمر بصورت کامل از نانو کانال عبور کند، جریان به مقدار قبلی خود باز می گردد. نکته بسیار جالب توجه این می باشد که در طی دو دهه اخیر نشان داده شده است که نوع مونومری که این نوع نانوکانال را پر می کند، بر جریان گرفته شده از کانال تاثیر دارد و این سرآغاز ماجرای ورود عبور پلیمر از نانوحفره (Polymer translocation) به توالی‌یابی DNA می باشد.

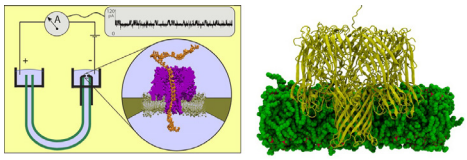


شکل ۱: غشای سلول و کانال های پروتئینی



شکل۲: شکل شماتیکی عبور RNA از نانو حفره زیستی آلفا-همولایزین و تاثیر عبوربر جریان عبوری

در بین سال های ۱۹۴۰ تا۱۹۵۰ میلای، والاس کالتر، شمارشگر کالتر را اختراع کرد که از مدل کمی پیشرفته تر آن، برای شمارش سلول های خون موجود در یک نمونه استفاده می شد. درسال ۱۹۹۴ بژروکف (Bezrukov) و همکارانش توانستند نشان دهند که از روی جریان عبوری ازداخل یک کانال، می توان تعداد پلیمرهای بزرگ را شمارش کنند و طولی نکشید که در سال ۱۹۹۶، کازیانویچ (Kasianovicz) و همکارانش توانستند نشان دهند که جریان عبوری از نانوحفره زیستی آلفا-همولایزین (hemolysin-α)، به توالی مونومرهای سازنده RNA (نوکلئوتیدها) بستگی دارد. البته لازم به ذکر است که این موضوع کاربرد های دیگری غیرازتوالی یابی نیز دارد.



شکل ۳: شکل راست: نانو حفره زیستی آلفا هملایزین، شکل چپ: شکل شماتیکی عبورپلیمر از آلفا-همولایزین و تاثیر آن بر جریان یونی عبوری

با توجه به مطالب بیان شده، در ادامه به یکی از تحقیقات انجام شده در زمینه عبور پلیمر از نانوحفره، در دانشگاه علم و صنعت با راهنمایی جناب آقای **دکتر عبدالوهاب** پرداخته می شود.

بررسی اثر برهم کنش بین نانو حفره و دیواره، بر زمان عبور پلیمر از آن

در شبیه سازی دو بعدی پیش رو، پلیمر توسط زنجیره ای از جرم و فنر مدل سازی شده است بگونه ای که بین مونومرهای مجاور، پتانسیل غیر خطی FENE (رابطه ۱) و بین تمام مونومرهای پلیمر از پتانسیل لئونارد جونز (رابطه ۲) استفاده شده است.

$$U_{FENE} = -\frac{1}{2} kR_0^2 \ln\left(1 - \frac{r^2}{R_0^2}\right) \qquad (1)$$

$$U_{LJ} = \begin{cases} 4\varepsilon\left[\left(\frac{\sigma}{r}\right)^{12} - \left(\frac{\sigma}{r}\right)^{6}\right] + \varepsilon & r \le r_{cut} \\ 0 & r > r_{cut} \end{cases} \qquad (2)$$

در رابطه ۱، r میزان فاصله بین دو مونومر مجاور، k ثابت فنر و R_0 بیشترین فاصله مجاز برای مونومرهای مجاور می باشد. همچنین در رابطه ۲، σ قطر هر مونومر، ε عمق پتانسیل لئونارد جونز و r_{cut} شعاع مؤثر جهت اعمال پتانسیل می باشد.

برای مدل سازی نانو حفره از پتانسیل لئونارد جونز (رابطه ۲) استفاده می گردد بدین گونه که شعاع مؤثر برای اتم های درون نانو حفره با سایر اتم های دیواره متفاوت می باشد.

برای شبیه سازی از روش دینامیک لانژون استفاده شده است. در این روش برای هر مونومر می توان رابطه زیر را نوشت :

$$m\ddot{r}_i = F_i^C + F_i^F + F_i^R$$

که در آن m جرم مونومر iام، F_i^c نیروهای پایستار وارد شده بر آن مونومر، F_i^F نیروی اصطکاکی وارد بر آن و F_i^R نیروی کاتوره ای اعمال شده می باشند. مقدار F_i^R به صورت زیر با سرعت مونومر مربوطه مرتبط می شود:

$$F_i^F = -\xi V_i$$

که در آن ξ ضریب اصطکاک می باشد.
برای نیروهای پایستار نیز می توان نوشت:

$$F_i^C = -\nabla\left(U_{LJ} + U_{FENE}\right) + F_{external} \quad (۵)$$

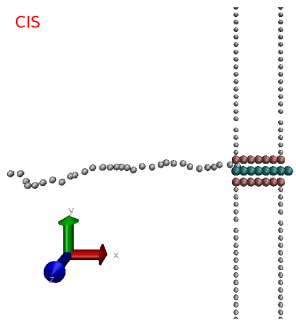
در رابطه بالا(رابطه ۵)، عبارت آخر، نیروی خارجی وارد بر پلیمر در محدوده نانوحفره می باشد که بصورت زیر تعریف می گردد:

$$F_{external} = F_i \quad (۶)$$

که در آن جهت نیرو منطبق بر محورنانوحفره و به سمت ناحیه عبور (Trans) می باشد.

پیکربندی اولیه و پارامترهای شبیه سازی

پیکربندی اولیه سیستم بدین گونه می باشد که اولین مونومر را در انتهای نانوحفره ای بطول σ_1و اندازه دهانه هایی به طول σ_2، σ_4و σ_5قرار می دهیم و باقی مونومرها را با فاصله نزدیک به حالت تعادلی نسبت به یکدیگر، در جلوی نانوحفره قرار می دهیم. در حالت غیر تعادلی، اجازه به تعادل رسیدن پلیمر در جلوی دهانه به آن داده نمی شود و بلافاصله فرآیند عبور آغاز می گردد. در حالت پلیمر تعادلی، برخلاف حالت قبل، به پلیمر برای رسیدن به حالت تعادلی، فرصت کافی می دهیم بدین گونه که چند مونومر واقع در دهانه نانو حفره، ثابت گرفته شده و به باقی مونومر ها (دم پلیمر) اجازه حرکت آزادانه تا رسیدن به تعادل میدهیم و هنگامی که به تعادل رسیدند، فرآیند عبور آغاز می گردد.



شکل ٤ : پیکربندی شماتیک شبیه سازی جهت رسیدن پلیمر به حالت تعادل

برای پلیمری به طول ۵۰ مونومر و اندازه دهانه σ_5مقیاس زمانی سیستم شبیه سازی را با استفاده از رابطه زیر محاسبه می نماییم:

$$t_{LJ} = \left(\frac{m\sigma^2}{\varepsilon}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (۷)$$

در رابطه۷، مقیاس زمانی محاسبه شده، از مرتبه fs۱۰ می باشد.

برای نیروی خارجی استفاده شده در شبیه سازی، از دو ناحیه نیرو (ناحیه نیروی ضعیف وناحیه نیروی متوسط) استفاده شده است که رابطه آن برای نیروی متوسط برابر است با:

$$\frac{k_B T}{\sigma N^{\nu}} \le F \le \frac{k_B T}{\sigma} \quad (۸)$$

که در رابطه ۸، ν نمای فلوری و N تعداد مونومرها می باشند. اندازه نیروهای استفاده شده در ناحیه نیروهای ضعیف و متوسط به ترتیبpN ۳/۵ و pN ٦/۵ می باشند.
از پارامترهای دیگر این شبیه سازی، شعاع های مؤثر برای برهم کنش اتم های نانوحفره با پلیمر می باشد که برابر 2σ و برای باقی برهمکنش ها برابر $\sigma 2^{1/6}$ می باشد. برای پارامتر انرژی، $k_BT=1/0\varepsilon$ (غیر از برهمکنش پلیمر و نانوحفره) درنظر گرفته شده است. طول های بکار گرفته شده از مرتبه آنگستروم می باشند. ضریب اصطکاک برابر ۰/۷ می باشد. برای پتانسیل FENE مقدار ثابت فنر برابر $40\ \varepsilon/\sigma^2$ و Rبرابر با $1/5\sigma^2$ در نظر گرفته شده است و برای هر مونومر میزان جرم ۷۰amu در نظر گرفته شده است.

نتایج

در حالت تعادلی و غیر تعادلی و در بازه نیروی ضعیف (۳/۵ پیکو نیوتن) با افزایش انرژی و همچنین اندازه دهانه، زمان متوسط عبور پلیمر از نانوحفره افزایش می یابد. این درحالیست که در بازه نیروی متوسط این نتیجه گیری فقط برای پلیمر تعادلی صادق می باشد.

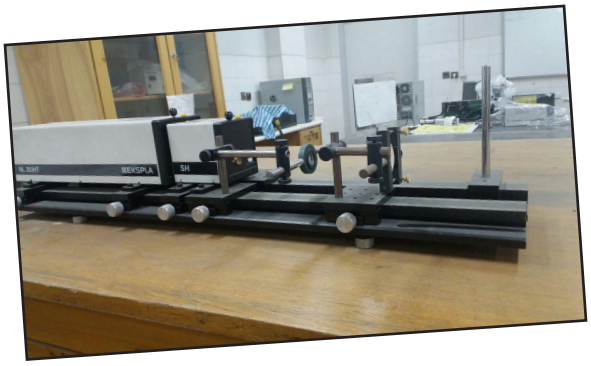
منابع

1. V.V. Palyulin, T. Ala-Nissila, R. Metzler, Soft Matter 9016 (2014) 10.
2. A.C. Guyton and J.E. Hall, “Textbook of medical physiology”, Elsevier Saunders, 11th ed. 2006.
3. D. Panja, G.T. Barkema and A.B. Kolomeisky, J. Phys.: Condens. Matter 25 413101 (2013).
4. J. Wong-ekkabut and M. Karttunen, J. Bio. Phys. 133 (2016) 42.
5. A. Aksimentiev, Nanoscale.
6. I Huopaniemi, K Luo, T Ala-Nissila and S C Ying, J. Chem. Phys. 124901 (2006) 125.
7. J. Wang, Y. Wang and K. Luo, J. Chem. Phys. 084901 (2015) 142.
8. S Plimpton, J. Comp. Phys.
9. W Humphrey, A Dalke and K Schulten, J. Molec. Graphics, 33 (1996) 14.
10. T Williams, C Kelley and many others, “Gnuplot 4.4: an interactive plotting program”, March (2010).

آزمایشگاه اندازه‌گیری‌های دقیق لیزری

مرضیه اکبری

فارغ التحصیل مقطع دکترای فیزیک
marziehakbari@iust.ac.ir



آزمایشگاه اندازه‌گیری‌های دقیق لیزری و برهم کنش لیزر با مواد و پلاسما یکی از آزمایشگاه‌های تحقیقاتی دانشکده فیزیک می‌باشد که در آن تحقیقات مربوط به اندازه‌گیری‌های دقیق بر مبنای نور لیزر و بررسی برهم‌کنش لیزر با ماده و پلاسما انجام می‌شوند. در این آزمایشگاه از لیزرهای پیوسته (لیزرهای هلیوم- نئون، یونی آرگون و دیودی پرتوان) و پالسی (پیکوثانیه و نانوثانیه) برای ایجاد برهم‌کنش و همچنین اندازه‌گیری و تشخیص استفاده می‌شود. همچنین این آزمایشگاه مجهز به انواع عناصر نوری (همچون آینه، عدسی، شکافنده‌های پرتو، فیلترهای مختلف) و ابزارهای اندازه‌گیری، آشکارسازی و نمایش (همچون دیودهای نوری، اسیلوسکوپ و میکروسکوپ نوری) می‌باشد. تحقیقاتی که در این آزمایشگاه به راهنمایی **دکتر محمد حسین مهدیه** انجام می‌شود، شامل سه مجموعه کلی برهم‌کنش لیزر و ماده، برهم‌کنش لیزر و پلاسما و اندازه‌گیری‌های دقیق بر مبنای لیزر می‌باشد. در این مطلب، به مفاهیم نظری هر یک از این بخش‌ها و تحقیقاتی که در این آزمایشگاه در این زمینه انجام می‌شود پرداخته می‌شود.

برهم‌کنش لیزر و ماده

در این آزمایشگاه برهم‌کنش لیزر و مواد رسانا، نیم‌رسانا و دی‌الکتریک با لیزر پالسی مورد بررسی قرار می‌گیرند. از یک لیزر Nd:YAG (Q-switched) با طول پالس ۱۰ ns~، طول موج ۱۰٦٤nm (هماهنگ اول) و بیشینه انرژی ۸۰۰ mJ در طول موج اصلی برای ایجاد برهم‌کنش استفاده می‌شود. همچنین، طول موج‌های هماهنگ‌های دوم (۵۳۲ nm)، سوم (۳۵۵ nm) و چهارم (۲٦٦ nm) نیز با استفاده از بلورهای KDP قابل دسترس است. برهم‌کنش لیزر و ماده کاربردهای فراوانی در صنعت و پزشکی دارد. از جمله این کاربردها می‌توان به ماشین‌کاری ظریف[۱]، لایه‌نشانی تپی لیزری[۲] (PLD)، شناسایی مواد[۳]، پردازش سطح[٤]، تولید نانوذرات[٥] و ترمیم یا برداشتن بافت[٦] اشاره کرد. مشخصات ماده هدف (رسانا، نیم‌رسانا و دی‌الکتریک)، محیط برهم‌کنش (خلا، گاز و مایع) و مشخصات پرتو لیزر (زمان پالس، طول موج، انرژی، قطر پرتو لیزر در ناحیه برهم‌کنش، تعداد پالس و نرخ تکرار پالس) بر فرآیندهایی که هنگام برهم‌کنش لیزر و ماده اتفاق می‌افتند، تاثیر می‌گذارند.

۱. Micromachining
۲. Pulsed laser deposition
۳. Material identification
٤. Surface texturization
٥. Nano- particle production
٦. Tissue removal

در حالت کلی در برهم‌کنش پرتو لیزر نانوثانیه با هدف جامد، انرژی قسمت جلویی پرتو لیزر (از لحاظ زمانی) توسط سطح هدف جذب می‌شود (شکل ۱-الف). در مواد رسانا، جذب پرتو لیزر به صورت تابش ترمزی معکوس توسط الکترون‌های آزاد (در میدان هسته اتم‌های) سطح هدف اتفاق می‌افتد. الکترون‌های آزاد سطح هدف، این انرژی را در زمانی از مرتبه پیکوثانیه به فونون‌های شبکه منتقل می‌کنند و شبکه را گرم می‌کنند. برای هدف دی‌الکتریک، فرآیند جذب به صورت جذب انرژی لیزر برای انتقال الکترون باند ظرفیت به باند رسانش و یا انتقال الکترون درون باندها از یک زیرلایه به یک زیرلایه دیگر اتفاق می‌افتد. در این صورت نیز، الکترون‌های تحریک شده می‌توانند انرژی خود را به فونون‌های شبکه منتقل کنند.

بر اساس شار لیزری مورد استفاده، دو نتیجه تغییر ساختار سطح و برداشت ماده از سطح حاصل می‌شود. در شارهای بسیار پایین لیزری، ماده سطح هدف ذوب شده و در اثر حرکت ماده مذاب، سطح هدف تغییر شکل پیدا می‌کند. تغییر ساختار سطح در برهم‌کنش پرتو لیزر نانوثانیه با هدف نیمه رسانا (سیلیکون) از اهداف این آزمایشگاه تحقیقاتی در سال‌های اخیر است واثر تغییر تعداد پالس و شار لیزر بر توزیع قطر موثر و چگالی سطحی ساختارها و همچنین انعکاس نوری سیلیکون تابش‌دهی شده در شرایط تابش‌دهی مختلف (تک پالس و دوپالس[۷]) بررسی می‌شود.

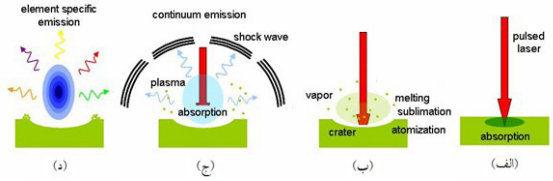
در شارهای بالاتر از شار آستانه ماده برداری لیزری، ماده به صورت قابل توجهی از سطح هدف برداشته می‌شود و در نهایت حفره‌ای

۷. Double pulse

بر سطح هدف باقی می‌ماند. کنترل مقدار ماده برداشته شده و عوامل موثر بر برهم‌کنش از مسائل مهم هنگام برهم‌کنش لیزر و ماده است که در این آزمایشگاه تحقیقاتی مورد بررسی قرار می‌گیرند. بر اساس شار فرودی بر سطح هدف، فرآیندهای مختلفی از جمله ذوب، تبخیر سطحی، پدیده انفجار فاز و تشکیل و انبساط پلاسما می‌توانند اتفاق بیفتند (شکل ۱-ب). در برهم‌کنش پرتو لیزر نانوثانیه و هدف، تمام این فرآیندها در زمان پالس لیزر انجام می‌شوند. بنابراین، قسمت انتهایی پرتو لیزر (از لحاظ زمانی) با پلاسما برهم‌کنش می‌کند و توسط آن جذب می‌شود (حفاظ پلاسمایی[۸]) (شکل ۱-ج). بطور همزمان با فرآیند ماده‌برداری، فشار پس زننده مواد برداشته شده سبب ایجاد و انتشار یک موج ضربه‌ای[۹] درون هدف می‌شود. همچنین، در محیط‌های غیر از خلا، در اثر خروج بسیار سریع مواد داغ از سطح، یک ناپیوستگی در چگالی، دما و فشار ایجاد می‌شود که باعث ایجاد و انتشار موج ضربه ای درون محیط برهم کنش به سمت پرتو لیزر با سرعت مافوق صوت می‌شود (شکل ۱-ج).

الکترون‌هایی که انرژی پرتو لیزر را جذب کرده‌اند، در میدان الکتریکی لیزر شتاب می‌گیرند و در برخورد با یک یون و یا اتم خنثی می‌توانند آن ها را یونیزه کنند (یونیزاسیون برخوردی[۱۰]). این الکترون‌ها، بار دیگر در میدان لیزر شتاب گرفته و الکترون‌های آزاد و یون‌های بیش‌تری را تولید می‌کنند. به این ترتیب، تعداد الکترون‌های آزاد بر سطح هدف در زمان کوتاهی افزایش یافته (یونیزاسیون آبشاری[۱۱]) و پلاسما تشکیل می‌شود. به این ترتیب، ماده به صورت یک توده پلاسمایی[۱۲] از سطح هدف خارج می‌شود. در زمان‌های اولیه تشکیل پلاسما، ماده به صورت اتم‌ها، الکترون‌ها و یون‌های برانگیخته از سطح هدف خارج می‌شود. در این زمان، برهم‌کنش‌های الکترون- یون باعث تابش پیوسته پلاسما می‌شود (شکل ۱-ج). با گذشت زمان، پلاسما سرد می‌شود و تابش پلاسما به صورت تابش گسسته اتم‌ها و مولکول‌های عناصر موجود در ماده هدف مشاهده خواهد شد (شکل ۱-د). از این تابش مشخصه اتم‌ها و مولکول‌ها برای شناسایی مواد استفاده می‌شود.

شکل ۱: طرحواره‌ای از فرآیندهای مرتبط با برهم‌کنش پرتو لیزر نانوثانیه با هدف



جامد. الف) جذب پرتو لیزر توسط ماده هدف، ب) ذوب، تبخیر و تشکیل پلاسما در زمان پالس، ج) جذب دنباله پالس توسط پلاسما، تابش پیوسته پلاسما و انتشار موج شوک پس از پالس لیزر و د) تابش مشخصه عناصر تشکیل‌دهنده پلاسما .

۸. Plasma shielding

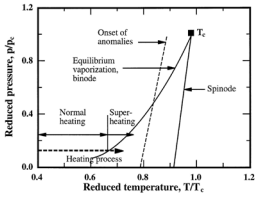
۹. Shockwave

۱۰. Impact ionization

۱۱. Avalanche ionization

۱۲. Plasma plume

پدیده انفجار فاز[۱۳] نیز یکی از فرآیندهای مهم در برهم‌کنش پرتو لیزر نانوثانیه و هدف می‌باشد. اگر نرخ گرمایش ماده کم باشد، تبخیر سطحی فرآیند غالب ماده‌برداری می‌باشد. در این حالت، دما و فشار ماده به صورت تعادلی افزایش می‌یابد (گرمایش عادی). در این حالت، ماده منحنی تعادلی فشار- دما را طی خواهد کرد (شکل ۲). اما، اگر زمان پالس لیزر کوتاه باشد (کوتاه تر از ns ۱۰۰۰)، و شار لیزری به اندازه کافی زیاد باشد (بزرگ‌تر از شار آستانه انفجار فاز)، نرخ گرمایش زیاد خواهدبود. در این صورت، دمای ماده بدون افزایش قابل توجهی در فشار آن افزایش می‌یابد (ابرگرمایش[۱۴]). هنگامی که ماده به ۰/۸-۰/۹ دمای بحرانی[۱۵] ماده (T_c) برسد، ماده به شدت ناپایدار شده و فشار ماده به صورت ناگهانی افزایش می‌یابد. افزایش فشار ناگهانی ماده باعث خروج انفجاری ماده به صورت بخار و قطرات ریز مایع از سطح هدف می‌شود (انفجار فاز). این فرآیند باعث افزایش ناگهانی نرخ ماده‌برداری در شارهای بالاتر از شار آستانه انفجار فاز می‌شود. در آزمایشگاه تحقیقاتی لیزر، پدیده انفجار فاز به دو روش اندازه‌گیری انعکاس پرتو گمانه از ناحیه برهم‌کنش (در برهم‌کنش هدف آلومینیومی لایه نازک و پرتو لیزر نانوثانیه) و اندازه‌گیری عمق و قطر حفره‌های ایجاد شده بر سطح هدف آلومینیومی ضخیم بررسی می‌شود.



شکل ۲: منحنی فشار بر حسب دمای یک ماده نوعی

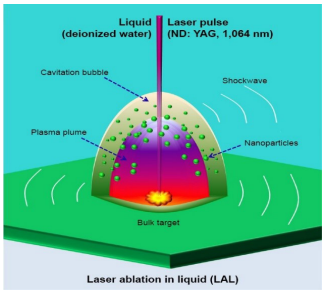
در روش دوم، با تعداد مناسبی پالس لیزری حفره بر سطح هدف ایجاد شده و با استفاده از یک میکروسکوپ نوری، عمق و قطر حفره‌ها اندازه‌گیری می‌شود. پدیده انفجار فاز در محیط‌های هوا و ارتفاع‌های مختلف آب مقطر و در شرایط تابش‌دهی تک پالس و دوپالس (با زمان‌های تاخیر از مرتبه نانوثانیه) بررسی می‌شود. فرآیند ماده‌برداری لیزری در مایعات، فرآیندی ساده و تک مرحله‌ای برای تولید نانوذرات (نانوذرات کلوئیدی) می‌باشد که دارای مزایایی همچون ساده و تک مرحله‌ای بودن، عدم نیاز به ترکیبات و عوامل مختلف شیمیایی، عدم نیاز به شرایط خاص آزمایشگاهی همچون دما و فشار بالا، امکان کنترل اندازه نانوذرات و امکان تولید ساختارهای نانومقیاس دیگر از نمونه‌های نانوذرات کلوئیدی اولیه می‌باشد. علاوه بر این، به این روش می‌توان نانوذرات فلزی، آلیاژهای فلزی و نیم‌رسانا را تولید کرد. شکل ۳ طرحواره‌ای از فرآیندهایی که هنگام برهم‌کنش لیزر و ماده در محیط مایع اتفاق می‌افتد و منجر به تشکیل نانوذرات می‌شود را نشان می‌دهد. برهم‌کنش در محیط مایع باعث محصورشدگی توده پلاسمایی و

۱۳. Phase explosion

۱۴. Superheating

۱۵. Critical temperature

کند شدن فرآیند انبساط آن می‌شود. در طی فرآیند انبساط، توده پلاسمایی انرژی خود را از یک طرف به مایع و از طرف دیگر به سطح هدف منتقل می‌کند. در اثر انتقال بخشی از انرژی توده پلاسمایی به مایع، بخشی از مایع در نزدیکی سطح هدف تبخیر شده و حبابی در مرز هدف- مایع تشکیل می‌شود. به علت اختلاف فشار درون حباب و مایع، حباب انبساط یافته و تا شعاعی از مرتبه میلی‌متر رشد می‌کند. رشد حباب تا زمانی که فشار درون حباب با فشار مایع برابر شود، ادامه می‌یابد. سپس، شعاع حباب کاهش یافته و نابود می‌شود. اگرچه به‌طور مشخص نمی‌توان گفت نانوذرات طی فرآیند انبساط حباب حفره‌ای و یا پس از پایان آن تشکیل می‌شوند، گرادیان دمایی موجود در فصل مشترک حباب و محیط مایع می‌تواند فرآیند هسته‌زایی و تراکم نانوذرات را بهبود بخشد. در آزمایشگاه تحقیقاتی لیزر، دینامیک فرآیند تشکیل و نابودی حباب در برهم‌کنش پرتو لیزر نانوثانیه و هدف آلومینیومی نازک در محیط آب مقطر با استفاده از اندازه‌گیری میزان عبور پرتو گمانه (پرتو لیزر He-Ne) از ناحیه برهم‌کنش بررسی می شود. همچنین، نانوبلور (ساختارهای بلوری دارای ابعاد در محدوده یک تا ده نانومتر) های سیلیکون با استفاده از فرآیند ماده‌برداری لیزری در محیط آب و اتانول تولید و خواص رخشانی نوری [16] آن بررسی می‌شود. به طور کلی، خواص نوری نانوذرات نیم‌رسانا در ابعاد کوچک‌تر از یک اندازه مشخصه و در محدوده چندین نانومتر، تابع اندازه آن‌ها بوده و از اثرات محصور شدن کوانتومی [17] و همچنین اثرات سطحی تاثیر می‌پذیرند. از جمله تحقیقات دیگر این آزمایشگاه در زمینه تولید نانوذرات، تولید نانوذرات کلوئیدی Al_2O_3، TiO_2 و Ag به ترتیب از ماده‌برداری فلزات آلومینیوم، تیتانیوم و نقره در محیط‌های آب مقطر، اتانول و استون می‌باشد. در این مجموعه از تحقیقات تجربی مشخصه‌های نانوذرات تولید شده در شارهای مختلف لیزری، ارتفاع‌های مختلف مایع و تابش‌دهی‌های تک پالس و دوپالس (با زمان‌های تاخیر از مرتبه نانوثانیه) مورد بررسی قرار می‌گیرد.



شکل ۳: طرحواره‌ای از برهم‌کنش پرتو لیزر نانوثانیه با هدف در محیط مایع و تولید نانوذرات.

۱۶. Photoluminescence

۱۷. Quantum confinement effect

برهم‌کنش لیزر و پلاسما

برهم‌کنش لیزر و پلاسمای تولید شده (هنگامی که پرتو لیزر پالسی پرتوان درون یک ماده دی‌الکتریک شفاف متمرکز شده‌است)، یکی از موضوعات مورد بررسی این آزمایشگاه تحقیقاتی می‌باشد. برهم‌کنش لیزر و ماده در شار (شدت) های مناسب لیزری منجر به تشکیل پلاسما می‌شود. هنگامی که در برهم‌کنش پرتو لیزر پرتوان با هدف دی‌الکتریک، انرژی فوتون برای غلبه بر باند گاف [18] ماده کافی نباشد، ماده نمی‌تواند توسط جذب خطی فوتون یونیزه شود. در این حالت، سه نوع فرآیند غیرخطی یونیزاسیون تونلی [19]، چندفوتونی [20] و آبشاری می‌توانند مسئول جذب انرژی پرتو لیزر توسط ماده دی‌الکتریک هدف باشند. در مورد لیزرهای پالسی نانوثانیه با طول موج بلند (۱۰۶۴ nm)، فرآیند غالب یونیزاسیون، یونیزاسیون آبشاری می‌باشد. اگرچه، الکترون‌های آزاد اولیه که شرط لازم برای یونیزاسیون آبشاری هستند، توسط یونیزاسیون چندفوتونی در زمان‌های اولیه پالس لیزر تولید می‌شوند. به این ترتیب، چگالی الکترون‌های آزاد به سرعت افزایش یافته و پلاسمای داغ و چگالی در ناحیه برهم‌کنش تولید می‌شود. به این پدیده که در آن ماده دی‌الکتریک در ناحیه برهم‌کنش برای مدت زمان کوتاهی رسانا می‌شود، شکست اپتیکی گفته می‌شود. پلاسمای ایجاد شده در همه جهات به ویژه به سمت پرتو لیزر منبسط می‌شود و در نتیجه سرد می‌شود. همانطور که گفته شد، انبساط پلاسما منجر به تولید موج ضربه‌ای می‌شود که به سمت خارج ناحیه برهم‌کنش انتشار می‌یابد. در نتیجه تولید پلاسما و فرآیندهای بعد از آن، ضریب شکست ناحیه برهم‌کنش تغییر می‌کند. در مورد هدف‌های جامد، انرژی توسط پخش حرارتی به شبکه منتقل می‌شود و باعث ذوب و حتی شکستگی ماده و آسیب دائمی به ماده می‌شود. مطالعه پلاسما در زمان‌های اولیه تولید و انبساط آن بسیار مهم است و اطلاعاتی را در مورد دینامیک پلاسما و فرآیندهای مرتبط با آن می‌دهد.

یکی از روش‌هایی که در این آزمایشگاه تحقیقاتی از آن برای بررسی پلاسما در زمان‌های اولیه بهره برده می‌شود، استفاده از پرتو گمانه پالسی می‌باشد. به این ترتیب که، بخش کوچکی از پرتو لیزر پالسی از پرتو اصلی جدا شده و به عنوان پرتو گمانه استفاده می‌شود. پرتو لیزر اصلی درون هدف دی‌الکتریک متمرکز شده و پلاسما ایجاد می‌شود. به طور همزمان، پرتو گمانه عمود بر پرتو اصلی از ناحیه برهم‌کنش عبور می‌کند و به صورت جزئی جذب، بازتاب و پراکنده می‌شود. بخش عبوری پرتو گمانه توسط دیود نوری آشکارسازی می‌شود. از تغییرات پرتو گمانه می‌توان به تغییرات مشخصه‌های پلاسما در زمان‌های اولیه تشکیل آن دست یافت. در این آزمایشگاه، دینامیک پلاسمای ناشی از شکست اپتیکی در محیط هوا (در فشار

۱۸. Band gap

۱۹. Tunnel ionization

۲۰. Multi-photon ionization

جو) در دو تابش‌دهی تک پالس و دوپالس به این روش بررسی می‌شود. همچنین، تغییرات زمانی پلاسما در محیط‌های آب مقطر خالص، آب مقطر با افزودن ناخالصی از جنس نانوذرات Al_2O_3، TiO_2 و Au و همچنین دی‌الکتریک شفاف پلکسی گلس نیز به همین روش بررسی می‌شود.

پدیده تشکیل و انتشار موج ضربه، به دو روش در آزمایشگاه تحقیقاتی لیزر مورد بررسی قرارمی‌گیرد. تغییرات ضریب شکست ایجاد شده در پدیده شکست اپتیکی در هوا توسط پرتو پرشدت لیزر نانوثانیه به وسیله تصاویر سایه‌نگاری به صورت دوبعدی اندازه‌گیری و بررسی می‌شود. همچنین، سرعت موج ضربه‌ای ایجاد شده در شکست اپتیکی ایجاد شده در محیط آب مقطر توسط پرتو لیزر نانوثانیه به روش انحراف پرتو گمانه اندازه‌گیری می‌شود.

اندازه‌گیری‌های دقیق بر مبنای لیزر

بررسی روش‌های اندازه‌گیری دقیق بر مبنای لیزر یکی از شاخه‌های تحقیقاتی این آزمایشگاه می‌باشد. در این آزمایشگاه، کمیت‌های مختلفی با استفاده از لیزر و به صورت غیرمخرب اندازه‌گیری شده‌است. برخی از این اندازه‌گیری‌ها به شرح زیر هستند:

طراحی و ساخت یک نمونه آزمایشگاهی سرعت سنج لیزری جهت تعیین سرعت سیالات گازی

اندازه‌گیری سرعت یک‌بعدی سیالات گازی و مایع در محدوده چند متر بر ثانیه تا چند ده متر بر ثانیه با استفاده از روش لیزر- دوپلر

اندازه‌گیری ابعاد ذرات معلق در مایعات از مرتبه چند صد نانومتر با استفاده از روش پراکندگی

مطالعه و اندازه‌گیری زبری نانویی سطوح با روش پراکندگی نوری

مطالعه و اندازه‌گیری ذرات معلق نانویی در محلول‌ها با روش پراکندگی نوری

اندازه‌گیری ضخامت لایه‌های نازک به روش نوری (در محدوده طول موج)

اندازه‌گیری غلظت و دمای محلول به روش تداخل سنجی

اندازه‌گیری تغییرات ضریب شکست فیبر نوری با استفاده از روش هولوگرافی دیجیتال

منابع

1. M. R. H. Knowles, G. Rutterford, D. Karnakis, A. Ferguson, «Micro-Machining of Metals, Ceramics and Polymers Using Nanosecond Lasers», Int. J. Adv. Manuf. Technol.
2. R. Eason, Pulsed Laser Deposition of Thin Films, Wiley, New York, (2007)
3. M. Dong, J. Lu, S. Yao, Z. Zhong, J. Li, J. Li, W. Lu, «Experimental Study on the Characteristics of Molecular Emission Spectroscopy for the Analysis of Solid Materials Containing C and N», Opt. Express, Vol. 19.
4. D. Vipparty, B. Tan, K. Venkatakrishnan, «Nanostructures Synthesis by Femtosecond Laser Ablation of Glasses», J. Appl. Phys., Vol. 112, pp-2012) ,7-073109–1-073109)
5. B. Kumar, R.K. Thareja, «Synthesis of Nanoparticles in Laser Ablation of Aluminum in Liquid», J. Appl. Phys., Vol. 108.
6. J. T. Walsh, Jr., Th. J. Flotte, Th. F. Deutsch, «Er:YAG Laser Ablation of Tissue: Effect of Pulse Duration and Tissue Type on Thermal Damage», Lasers Surg. Med., Vol. 9, pp1989) ,326-314-)
7. Zh. Duanming, L. Dan, L. Zhihua, H. Sipu, Y. Boming, G. Li, T. Xinyu, L. Li, «Effects of Plasma Shielding on Pulsed Laser Ablation», Mod. Phys. Lett. B, Vol. 20, pp2006) ,909-899-)
8. Z. Zhang, G. Gogos, «Theory of Shock Wave Propagation During Laser Ablation», Phys. Rev. B, Vol. 69,
9. K. H. Song, X. Xu, «Explosive Phase Transformation in Excimer Laser Ablation», Appl. Surf. Sci., Vol.129-127
10. B. Kumar, R. K. Thareja, «Synthesis of Nanoparticles in Laser Ablation of Aluminum in Liquid», J. Appl.
Phys., Vol. 108, pp2010) ,064906-)
11. T. Tsuji, Y. Tsuboi, N. Kitamura, M. Tsuji, «Microsecond-Resolved Imaging of Laser Ablation at SolidLiquid Interface: Investigation of Formation Process of Nano-Size Metal Collides», Appl. Surf. Sci., Vol.229
12. Z. Yan, R. Bao, Y. Huang, D. B. Chrisey, «Hollow Particles Formed on Laser-Induced Bubbles by Excimer Laser Ablation of Al in Liquid,» J. Phys. Chem. C, Vol. 114
13. S. V. Gaponenko, Optical properties of semiconductor nanocrystals (Cambridge university press, 1998).
14. V. Svrcek, D. Mariotti, T. Nagai, Y. Shibata, I. Turkevych, M. Kondo, «Photovoltaic Applications of Silicon Nanocrystal Based Nanostructures Induced by Nanosecond Laser Fragmentation in Liquid

آنتن پلاسمایی

سعید باقری

دانشجوی کارشناسی فیزیک
saeed_bagheri092@yahoo.com

در سال۱۸۷۹ فیزیکدان انگلیسی سرویلیام کروکس، هنگام بررسی ویژگیهای ماده در تخلیه الکتریکی، پیشنهاد کرد که گازهای یونیزه حالت چهارم ماده هستن .پلاسما گاز شبه خنثایی از ذرات باردار و خنثی است که رفتار جمعی از خود ارائه میدهد. به عبارت دیگر میتوان گفت که واژه پلاسما به گاز یونیزه شده ای اطلاق میشود که همه یا بخش قابل توجهی از اتمهای آن یک یا چند الکترون از دست داده و به یونهای مثبت تبدیل شده باشند. اغلب گفته میشود که ۹۹ ٪ ماده موجود در طبیعت در حالت پلاسماست، یعنی به شکل گاز الکتریسته ای که اتمهایش به یونهای مثبت و الکترون منفی تجزیه شده باشد. گازهایی که تا حد زیادی یونیزه میشوند رساناهای خوبی برای الکتریسیته هستند.علاوه بر آن حرکت ذرات باردار گازها م به نوبه خود میتوانند باعث تشعشع میدان الکترومغناطیسی گردند.
جاد یک محیط پلاسمایی از راههای متعددی ممکن خواهد بود،اما دو روش در این زمینه بسیار مرسوم و اربردی هستند.

اولین ومرسوم ترین راه برای ایجاد محیط پلاسمایی، تخلیه تابناک پلاسما[۱] نام دارد.
در این روش، پلاسما غیرحرارتی[۲] بوسیله ی اعمال ولتاژ DC یا اعمال میدان الکتریکی فرکانس پایین RF (کمتراز ۱۰۰KHz) به فضای خالی بین دو الکترود فلزی ایجاد میشود. معمول ترین کاربرد این روش در ایجاد پلاسما در لامپ های فلورسنت است. روش دوم ،حرارت دهی با موج[۳] نام دارد. در این روش از امواج RF استفاده میشود اما بوسیله هر دو ابزار الکترواستاتیک و الکترومغناطیس حرارتدهی می شود. مثالهایی از این روش عبارتند از دشارژ مارپیچی[٤]، تشدید الکترونی سیکلوترون[٥] و تشدید یونی سیکلوترون[٦]. این روش معمولاً نیاز به یک میدان مغناطیسی هم مرکز برای انتشار موج دارد.
عبارت آنتن‌های پلاسما، به طورکلی به مجموعهای از آنتن ها اطلاق میشود که به نوعی از محیط یونیزه به عنوان هادی استفاده میکنند. پلاسمایی که به خوبی یونیزه شده باشد هادی خوبی محسوب میشود: بنابراین میتوان آن را به عنوان خط انتقالی برای هدایت امواج یا سطح تشعشعی آنتن درنظرگرفت. پژوهش در زمینه آنتن پلاسما به صورت عمده از سال ۱۹۹۳ در آمریکا و استرالیا آغازشد؛ لیکن در حال حاضر در بخشهای زیادی از جهان دنبال می شود . با افزایش این پژوهشها در آینده، به نظر میرسد کاربرد این فناوری در صنعت هوافضا عمومیت بیشتری پیدا کند و موانع موجود در پیاده سازی آن مرتفع شود.
با توجه به آنکه آنتن های پلاسما به دلیل برخورداری ازقابلیت های فشردگی ، تغییر سریع فرکانسی، سطح مقطع راداری محدود و بسیار کم، برقراری لینک ارتباطی با قابلیت اطمینان بالا وقابلیت شکل گیری سریع، میتوانند جایگزین ارزشمندی برای فلزات در کاربردهای فعلی محسوب شوند. با استفاده از ستون پلاسما به عنوان آنتن، طول آنتن، با تغییر مشخصات فیزیکی تحریک پلاسما، به سرعت قابل تغییر است و به این ترتیب با تنظیم سریع مشخصات فیزیکی آن میتوان آنتنی برای فرکانس جدید طرح کرد. آزمایش ها و تحلیلها نشان داده اند که چنین آنتن‌هایی راندمان نسبتاً خوبی (بیش از ۵۰ درصد) دارند و میتوانند نویز کمی در باندهای فرکانسی HF (۳۰۰ -۳ مگاهرتز) و VHF(۳۰۰-۳۰ مگاهرتز) تولید کنند.
معیار استاندارد IEEE آنتن را به‌عنوان وسیله‌ای برای تشعشع یا دریافت امواج رادیویی تعریف کرده است. در سال۱۹۱۹ آقای هتینگر پیشنهاد داد که گازهای یونیزه (پلاسما) می توانند برای دریافت وتشعشع سیگنال بی‌سیم استفاده شوند. آنتن پلاسمایی از یک محفظه شامل گاز تشکیل شده که با دادن انرژی، گاز موجود به پلاسما تبدیل می شود . تراکم و چگالی زیاد الکترون ها در پلاسما، آن را به یک هادی مناسب برای جریان الکتریسیته تبدیل کرده و پلاسما رفتاری مشابه یک فلز میتواند از خود نشان دهد . همان طور که برای فلز، الکترون آزاد نقش عامل تشعشعکننده را دارد، در محیط پلاسمایی این نقش را الکترونهای آزاد شده از یون های مثبت ایفا میکنند.
از جمله برتری های آنتن پلاسمایی نسبت به آنتن فلزی می‌توان به بهبود حساسیت و جهت دارندگی[۷]، امپدانس ورودی قابل کنترل ،قابلیت پنهان سازی[۸]، داشتن درجه آزادی و پرتو هدایت شونده،سطح مقطع راداری کمتر و نویز حرارتی پایینتر اشاره کرد. اما به دلیل پیچیده بودن محیط پلاسما، اکثر این طراحی ها بدون تئوری مدون و تنها بر اساس آزمایشات عملی انجام گرفته است. نتایج این طراحی ها هم با انجام تستهای آزمایشگاهی نتیجه گیری شده و تاییدی بر اساس شبیه سازی ها انجام نگرفته است.
اولین طرح مفهومی[۹] در خصوص آنتن های پلاسمایی در سال۱۹۹۷ باثبت اختراعی با عنوان « آنتن RF با لوله گازی[۱۰]» آغاز گردید. در سال ۲۰۰۲ طرحی با نام آنتن پلاسمایی به ثبت رسید که در آن

۱. Glow Discharge Plasma
۲. Non-Thermal
۳. Wave Heated Plasma
٤. Helicon Discharge
٥. Electron Cyclotron Resonance (ECR)
٦. Ion Cyclotron Resonance(ICR)
۷. Directivity
۸. Stealth
۹. Conceptual Design
۱۰. Gas Tube RF Antenna

طرحی جامع با تغذیه با روش امواج سطحی آورده شد . مقالات در زمینه آنتن پلاسمایی از سال ۲۰۰۴ با بررسی ویژگیهای فیزیکی این آنتن ها آغاز گردید.

تئوری پایه و پارامترهای پلاسما

محیط پلاسما از لحاظ خواص الکترومغناطیسی غیرهمگن غیرخطی و پاشنده[11] به حساب می آید. پارامترهای ε,μ,σ به ترتیب رسانایی الکتریکی، نفوذپذیری مغناطیسی و گذردهی محیط در آن بر حسب فرکانس و عوامل دیگر میتوانند متغیر باشند و از پلاسما یک محیط ویژه بسازند. در نتیجه برای هر فرکانس از موج تابیده شده و در هر غلظت از یونیزاسیون یک واکنش خاص در پلاسما روی میدهد.
امواج الکترومغناطیسی با تابش بر پلاسما جذب، پراکنده و یاعبور داده میشوند. با تغییر پارامتر های اصلی در پلاسما مثل غلظت حامل الکترون و نرخ برخورد الکترون بخش قابل توجهی از موج میتواند در محیط جذب، پراکنده و یا عبور داده شود. از خاصیت جذب امواج الکترومغناطیسی پلاسما دربازه وسیعی از فرکانس برای کاربردهای رادارگریزی استفاده میشود.

$$\varepsilon_r = \varepsilon_r' - j\,\varepsilon_r'' = 1 - \frac{\omega_p^{\,2}}{\omega(\omega - j\upsilon)} \qquad (۱)$$

که در آن
در رابطه (۱) ω_p فرکانس پلاسمایی، ω فرکانس کاری و Vفرکانس

$$\omega_p = \sqrt{\frac{4\pi n_e e^2}{m_e}}$$

برخورد الکترون هاست. فرکانس پلاسما طبق رابطه با جذر تعداد الکترون موجود در پلاسما (n_e) رابطه مستقیم دارد. در این رابطه،e بار الکترون،m جرم الکترون و ε_0 قابلیت گذردهی در خلا است. اما فرکانس کاری ما بسته به کاربرد ما متغیر خواهدبود. هنگامی که باشد ثابت انتشار موهومی خالص میشود.(رابطه ۳) و این به این معناست که انعکاسی از محیط پلاسمایی نخواهیم داشت و موج از داخل خود محیط پلاسمایی عبور خواهدکرد، در حالی که اگر $\omega>\omega_p$ باشد ثابت انتشار حقیقی میشود و این به این معناست موج از داخل محیط پلاسمایی عبور نخواهدکرد و محیط پلاسما مشابه فلز عمل می کند.

$$\gamma = \alpha + j\,\beta = jk_0\sqrt{\mu_r \varepsilon_r} \qquad (۳)$$

در اکثر مقالات، فرکانس برخورد برای لامپهای فلورسنت بین 10^9 هرتز و 10^6هرتز اندازه گیری شده است. اما برای فرکانس پلاسمایی ، نیاز به تعداد الکترون موجود در پلاسما خواهیم داشت که از رابطه زیر به‌دست می آید

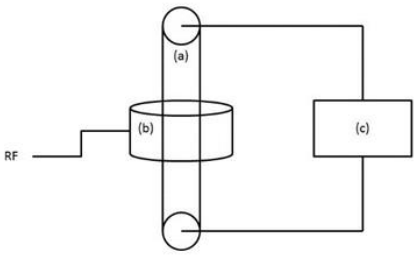
$$n_e = \frac{J}{e\sqrt{\frac{kT_e^{\circ}}{m_e}}} \qquad (۴)$$

در این رابطه J چگالی جریان، κ ثابت بولتزمن و T_eدمای الکترون است. رابطه نهایی برای فرکانس برخورد نیز به صورت زیر خواهد بود:

$$\upsilon = n_e \sigma \sqrt{\frac{kT_e^{\circ}}{m_e}}$$

طراحی مفهومی آنتن پلاسمایی

اولین گام در طراحی آنتن پلاسمایی انتخاب یک محفظه پلاسمایی است. مرسومترین محفظه پلاسمایی لامپهای فلورسنت و نئون می‌باشند. برای طرح های اجرایی به طور عمده از لامپ های فلورسنت به دلیل هزینه پایین، راهاندازی و یونیزاسیون آسان، طول عمر بالا و مزایای دیگر استفاده می‌شود. نکته دوم اینکه برای انتقال و دریافت سیگنال در این آنتن ها نیاز به یک کوپلر میباشد. این کوپلر باید انتقال و دریافت سیگنال را بدون تداخل و انعکاس انجام دهد و طوری طراحی شود که به لامپ آسیبی وارد نسازد. نکته سوم اینکه آنتن پلاسمایی برای راهاندازی ابتدا باید یونیزه شود تا عمل کند، پس نیاز به یک سیستم یونیزاسیون پدیدار میشود برای یونیزه کردن آنتن راههای مختلفی وجود دارد. ساده ترین راه استفاده از یک واریاک (اتوترانس) و یک ترانس است. هم چنین این آنتنها معمولاً نیاز به یک پایه برای نگهداری آنتن و سیستم دریافت و انتقال سیگنال خواهند داشت.



(a)محفظه پلاسمایی (b) کوپلر (c) سیستم راه اندازي نقطه ای

ویژگی های منحصربه‌فرد آنتن پلاسما

وجه تمایز اصلی آنتن پلاسما با آنتن معمولی فلزی آن است که فرآیند یونیزاسیون گاز می‌تواند مقاومت آنتن را تحت‌الشعاع قرار دهد. زمانی که پلاسما یونیزه نباشد، مقاومت آنتن بی‌نهایت است و با امواج الکترومغناطیسی تعاملی ندارد؛ بنابراین نه دارای تشعشعات ناخواسته است و نه امواج مایکروویو توان بالا را دریافت می‌نماید. به‌علاوه، چنانچه پس از ارسال سیگنال مورد نظر مجدد غیریونیزه شود، تداخلات با آنتن‌های هم‌جوار کاهش می‌یابد. در تکنولوژی‌های پیشرفته رادارهای پالسی و ارتباطات دیجیتالی با سرعت بسیار بالا می‌توان از مزایای آنتن پلاسما بهره‌مند شد. از دیگر مزایای ارزشمند آنتن پلاسما می‌توان به کاهش سطح مقطع راداری، قابلیت ایجاد تغییر آنی در پهنای باند، و پویش دایروی با سرعت بالا بدون هیچ عنصر مکانیکی، قابلیت تحمل توان بالاتر نسبت به هادی فلزی، بهره و راندمان بالاتر به‌دلیل تلفات اهمی کم‌تر اشاره نمود.

۱۱. Dispersive

آنتن پلاسمایی

بازار مصرف آنتن پلاسما

آنتن پلاسما دارای ویژگی‌های منحصر به‌فردی است و با انواع رایج فلزی آنتن‌ها قابلیت رقابت دارد. درکاربردهای نظامی، مقاومت در برابر جنگ الکترونیک و مستتر بودن اهمیت بالایی دارد. سایر پارامترهای مورد توجه در جنگ الکترونیک عبارتند از اندازه، وزن و قابلیت تغییر شکل دادن. کاربردهای بالقوه آنتن پلاسما عبارت است از:

الف. قرار گرفتن در ایستگاه زمینی فضاپیماها و ماهواره‌ها به دلیل برخورداری از نویز حرارتی اندک و قابلیت تبادل داده با نرخ بالا در فرکانس‌های مختلف به‌جای یک فرکانس کاری مستقل

الف. قرار گرفتن روی عرشه کشتی‌ها یا در زیردریایی‌ها

ب. آنتن‌های سنسور در هواپیماهای بدون سرنشین

ج. آنتن‌های خودرویی IFF (تشخیص دوست یا دشمن)

د. نصب بر روی هواپیماهای مستتر

هـ. تجهیزات جمینگ پهن باند شامل فرستنده‌های طیف گسترده

و. جانمایی به عنوان عناصر آرایه فازی

ز. کاهش تداخلات الکترومغناطیسیEMI

ح. شناسایی و رهگیری موشک‌های بالستیک

ط. کاهش گلبرگ فرعی یا گلبرگ پشتی آنتن

هم اکنون این تکنولوژی در دانشکده برق دانشگاه علم وصنعت توسط اساتیدی از جمله دکتر فرخ کاشانی مورد بررسی قرار گرفته و مقالاتی هم ثمره ی این تلاش ها بوده است.

منابع

1. Outerbridge, A. E., Jr., «A Fourth State of Matter», Journal
of the Franklin Institute of the State of Pennsylvania, vol.
1881 ,81.
2. Rayner, J. P., Wichello, A. P. and Cheetham, A. D.,
“Physical Characteristics of Plasma Antennas,” IEEE
Transaction on Plasma Science, Vol. 32, No. 1, Februery,
2004, pp. 281-269.
3. Anderson, T., “Plasma Antennas”. Artech House, 2011
4. Kumar, R. and Bora, D., “A Reconfigurable Plasma
Antenna,” Journal of Applied Physics, Vol. 107, No.5,
2010, pp. 9-053303–1-053303.
5. Harris, Us Patent No. 6492951, “Plasma Antenna”, 2002.
6. Wei, Q. Jinghui, L. Shu, S. Ying, «Analysis and Design
of Plasma Monopole Antenna», 6th International Conference
on Communications and Networking (ICCN), 2011,China.

فیزیک در سینما

فاطمه فتاحی

دانشجوی کارشناسی فیزیک
f_fattahi@physics.iust.ac.ir

نقض قانون دوم نیوتون در فیلم‌ها

تصادف یک کشتی تفریحی

در یکی از صحنه های محشر تصادف کشتی، که می‌توان در فیلم «سرعت ۲» یافت، یک کشتی تفریحی خارج از کنترل، با موتور بدون توقفش، به سرعت به سمت اسکله‌ای در حرکت است، البته چنین تصادف‌هایی معمول نیست. هنگام برخورد کشتی با اسکله، برای افزودن هیجان به صحنه -انگار صحنه به اندازه کافی هیجان انگیز نیست!- قهرمان‌های فیلم از داخل شیشه جلو قایق به بیرون پرتاب می‌شوند و روی اسکله می‌افتند. شیشه جلوی کشتی، از آنجایی که از شیشه‌ای چندلایه ساخته‌شده و در برابر امواج دریای طوفانی مقاوم است، می‌تواند گوشت بدن هر موجود بدشانسی را که به آن برخورد کند تکه تکه کند و استخوان‌های صورتش را از هم متلاشی و دندان‌های او را خرد کند. اما قهرمان‌های فیلم به‌طور معجزه‌آسایی سالم می‌مانند! کشتی بزرگ پس از اینکه اسکله را رد می‌کند و به چند آپارتمان کنار دریا برخورد می‌کند، آرام می‌گیرد.

این وضعیت را مانند حرکت خوردویی با سرعت ۷۲ کیلومتر در ساعت در نظر بگیرید که به یک دیوار آجری برخورد می‌کند و تقریبا به‌طور ناگهانی، مثلا در عرض ۰/۰۱ ثانیه، از حرکت باز می‌ماند. راننده، که کمربند ایمنی را مخصوص افراد بزدل می‌داند، به شیشه جلو خودرو می‌خورد. اما کشتی مورد بحث ما فقط ۱۱ کیلومتر در ساعت در حرکت است و ۳۳ ثانیه طول می‌کشد تا متوقف شود. پس عقل سلیم می‌گوید که تصادف قایق در مقایسه با خودرو بسیار ملایم خواهد بود. یک محاسبه سریع نشان می‌دهد که شتاب توقف خودرو بیش از (gs)۲۰۰ بوده که این شتاب درمورد کشتی چیزی حدود (gs)۰/۰۱ خواهد بود. اگر افرادی که در خودرو یا کشتی هستند، دقیقا شتابی برابر با وسیله نقلیه‌شان داشته باشند، در همان محل باقی خواهند ماند .

در وضعیت راننده خودرو، برخورد به شیشه جلوی خودرو و پرتاب‌شدن به سمت دیوار آن طرف شیشه ترکیبی از چند نیروی بازدارنده را فراهم می‌کند. اما در کشتی، که سرعت ملایم‌تری دارد، مادامی که نیروی اصطکاک بین مسافران و عرشه کشتی آن قدر زیاد است که جلوی حرکت مسافران را می‌گیرد، آن‌ها هرگز نسبت به کشتی به سمت جلو حرکت نخواهند کرد.

شیرجه‌ی مرگ‌بار

در فیلم «ایالت XXX متحده» (۲۰۰۵)، داریوس استون (آیس کیوب) از قطاری می‌پرد که با سرعت ۱۶۰ مایل در ساعت از روی یک پل مرتفع بر فراز آب در حال عبور است. فرض کنیم پل ۹۱ متر ارتفاع دارد و مقاومت هوا را هم در نظر نگیریم. قهرمان فیلم باید با سرعت عمودی ۱۵۲ کیلومتر در ساعت با آب برخورد می‌کرد و سرعت افقی او تحت تاثیر مقاومت هوا کاهش می‌یافت. اما باز هم به احتمال زیاد حداقل به اندازه سرعت عمودی است.

قهرمان برای اینکه زنده بماند باید ابتدا با پا وارد آب شود تا سرش صدمه نبیند. همچنین هنگام برخورد با آب باید صورتش روبه بالا و هم‌زاویه با بردار سرعتش باشد؛ حدود ۴۵ درجه، تا بدین وسیله پشت و گردنش آسیب نبیند. از آنجایی که بخش افقی سرعت سر و بالاتنه‌اش کم می‌شود، روی بدن او اثری خم کننده اعمال می‌شود. اگر صورتش روبه بالا باشد بدن در جهتی که برای آن درنظر گرفته شده است، خم می‌شود؛ درست درجهتی که فردی در تمرین تماس دست با انگشتان پا خم می‌شود. در غیر این صورت بدن به سمت عقب خم می‌شود و به کمر یا گردن آسیب می‌رساند.

اگر قهرمان با حالت شیرجه معمول -عمود بر آب، ابتدا ورود دست‌ها سپس سر- به درون آب بپرد، به محض برخورد دست‌ها و سر به آب، حرکت عمودی و افقی او به سرعت کم و خیلی زود متوقف می‌شود؛ درحالی که پاها و نیم‌تنه‌اش با همان سرعت افقی و عمودی به حرکت خود ادامه می‌دهد. در نتیجه حتی اثر خم کننده بیشتری روی بدن فرد اعمال می‌شود؛ آن قدر که به راحتی می‌تواند گردن یا کمر را بشکند و با محکم کوبیدن او به سطح آب باعث شکستگی دنده‌ها و صدمه به اندام‌های داخلی‌اش شود. پس قهرمان چه می‌کند؟

او با نوعی تفنگ، که شبیه نارنجک‌انداز لوله‌کوتاه است، به طرف آب شلیک می‌کند و آب زیر پایش کف‌آلود می‌شود.

کف‌آلود کردن آب به وسیله تیراندازی، اگرچه چندان موثر نیست، از چگالی آن می‌کاهد و وقتی قهرمان با آب برخورد می‌کند، حداقل از نیروی مقاومت اعمال‌شده اندکی کم می‌شود. قهرمان به طور عمودی شیرجه‌ای به سطح آب کف‌آلود می‌زند و به طور عمودی با سر وارد آب می‌شود.

آیا او می‌میرد؟ آسیب می‌بیند؟ به هیچ وجه! او نه تنها بی هوش نمی‌شود بلکه سالم هم باقی می‌ماند. روی هم رفته، سقوط باعث مرگ فرد نمی‌شود؛ بلکه متوقف شدن ناگهانی او را به کشتن می‌دهد و البته چنین توقفی طبق استانداردهای هالیوود کاملا ایمن است.

منبع

کتاب «فیزیک در سینما» -تام راجرز

رادیوگرافی

رادیوگرافی یکی از روش‌های تصویربرداری پزشکی است که با استفاده از آن می‌توان به نحوی درون بدن انسان را دید و ازبعضی بیماری‌های آن اطلاع پیدا کرد. این روش با استفاده از تابش اشعه ایکس x-ray «اشعه رونتگن» به قسمتی از بدن انسان می‌تواند تصویر مورد نظر را تهیه کند. برای عکس برداری با اشعه ایکس قسمتی از بدن بیماررا که قصد بررسی آن را دارند برروی فیلم قرار داده سپس به آن اشعه ایکس تابیده می‌شود. اشعه ایکس از پوست و عضلات عبور کرده و به صفحه حساس برخورد می کند. رنگ این قسمت‌ها بعد از ظاهر شدن سیاه دیده می‌شود. برعکس، استخوان مانع عبور اشعه ایکس شده وچون به زیر قسمتی که استخوان قراردارد اشعه نمی‌تابد بعد از ظاهرشدن به رنگ سفید دیده می‌شود.

فاطمه فاتح‌پاک

دانشجوی کارشناسی فیزیک
fatehpak75@gmail.com

یک تصویر رادیوگرافی ساده معمولا به‌صورت یک ورقه پلاستیکی یا سلوفان شفاف است که بر روی آن تصویر سیاه و سفید نقش بسته است. به آن عکس یا فیلم رادیولوژی هم گفته می‌شود. پزشک معمولا این ورقه را درمقابل نور قرار داده وتصویر را نگاه می کند. به دستگاهی که نور لازم را برای این کار فراهم می کند نگاتوسکوپ می گویند. تقریبا ازهرنقطه ای ازبدن می‌توان فیلم رادیولوژی تهیه کرد.

درسال‌های اخیر نوع جدیدی ازرادیوگرافی استفاده می‌شود که به آن رادیوگرافی دیجیتال می‌گویند. در این نوع از عکس برداری به جای فیلم از یک صفحه الکترونیکی استفاده می‌شود. برروی این صفحه میلیون‌ها نیمه‌هادی کوچک قرار دارد که به اشعه ایکس حساس هستند. تابش اشعه ایکس به نیمه‌هادی‌ها موجب ایجاد بارالکتریکی می‌شود. هرکدام از نقاط مختلف صفحه یا پیکسل‌های آن میزان مشخص ومتفاوتی از اشعه ایکس را دریافت کرده و برحسب میزان اشعه، بارالکتریکی تولیدی هم متفاوت است. این بارها جمع‌آوری شده و به کامپیوتر ارسال می‌شود تا پیکسل‌ها درکنارهم قرارگرفته و تصویر تشکیل شود. تصویر تهیه شده از بیمار برروی صفحه مانیتور قابل دیدن است. با این حال می‌توان این تصاویر راهم برروی فیلم چاپ کرد.

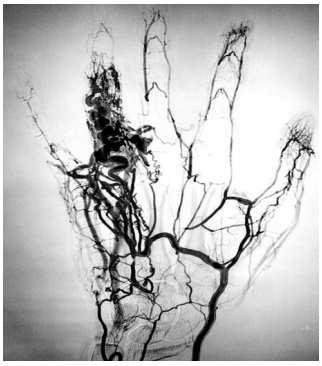
رادیوگرافی دیجیتالی امتیازات زیادی دارد که عبارتند از:

- سرعت بالای تهیه تصویر
- کاهش هزینه‌ها به جهت حذف فیلم
- توانایی آرشیو تصاویر با سهولت بیش‌تر و امکان کپی فیلم به هرتعداد و بدون صرف هزینه اضافی
- توانایی ارسال تصاویر از مجاری الکترونیک مثل شبکه‌های بیمارستانی ویا از طریق اینترنت
- توانایی پزشک در دسترسی به تصویررادیوگرافی به محض تهیه آن و درنقطه‌ای دیگر
- امکان نگهداری تمام تصویرها مانند رادیوگرافی ساده، سی‌تی‌اسکن، ام آرآی، سونوگرافی دریک بستر مشترک
- کیفیت بهتر تصاویر
- امکان ویرایش تصویر(مانند بزرگ و کوچک کردن، تغییر در کنتراست تصویر، علامت گذاری تصویر)

گاهی اوقات همراه با رادیوگرافی به بیمار مواد خاصی تزریق شده یا خورانده می‌شود. به این روش رادیوگرافی رنگی می‌گویند. از رادیوگرافی رنگی برای تشخیص بهتر و دقیق‌تر بعضی ضایعات استفاده می‌شود. معمول ترین روش‌های عکس برداری رنگی که در ارتوپدی از آن‌ها استفاده می‌شود عکس‌برداری از شریان، ورید، مفصل کانال نخاعی است که مورد آن‌ها بحث خواهد شد.

آنژیوگرافی Angiography

در این روش ابتدا ماده خاصی به درون شریانی که قصد تصویربرداری از آن را داریم تزریق می‌کنیم. این ماده مانع از عبور اشعه ایکس شده و درواقع موجب می‌شود خون هم مانع عبور



اشعه شده و در نتیجه سایه شریان حاوی خون برروی فیلم دیده شود. ازاین روش برای مشاهده شریان‌های آسیب دیده اندام استفاده می‌شود.

از آنژیوگرافی می‌توان برای مشاهده پارگی شریان‌ها، انسداد آن‌ها، گشاد شدگی غیرطبیعی و دیگر مشکلات مربوط به شریان‌ها استفاده کرد.

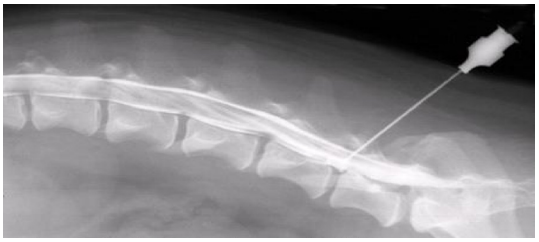
ونوگرافی Venography

در ونوگرافی ابتدا ماده خاصی به درون ورید یا سیاهرگی که قصد تصویربرداری از آن را داریم تزریق می‌کنیم. این ماده مانع از عبور اشعه ایکس شده ودرواقع موجب می‌شود خون هم مانع عبور اشعه شده و درنتیجه سایه ورید حاوی خون مانند استخوان برروی فیلم دیده شود. ازاین روش برای تشخیص لخته شدن خون در وریدهای عمقی استفاده می‌شود.

استفاده ازاین روش امروزه تقریبا جای خود را به سونوگرافی داپلر Dopplersonography داده است.

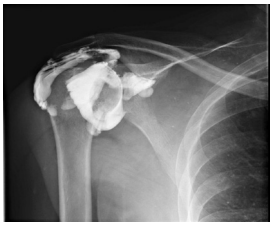
مایلوگرافی Myelography

در این روش ابتدا ماده خاصی به درون کانال نخاعی تزریق می‌شود. این ماده مانع از عبور اشعه ایکس شده و درواقع موجب می‌شود فضای اطراف نخاع هم مانع اشعه شده و درنتیجه سایه نخاع و ریشه‌های عصبی برروی فیلم دیده شود. ازاین روش برای تشخیص فشار دیسک بر نخاع و ریشه‌های عصبی استفاده می‌شود. البته استفاده از این روش امروزه تقریبا جای خودرا به ام آرآی داده است.



آرتروگرافی Arthrography

در این روش ابتدا ماده خاصی را به همراه هوا به درون مفصل (معمولا زانو و یا شانه) تزریق می‌کنیم. این ماده مانع از عبور اشعه ایکس شده و در واقع موجب می‌شود فضای داخل مفصل هم مانع عبور اشعه ایکس شده و در نتیجه سایه منیسک درزانو ویا تاندون روتاتور کتف در شانه برروی فیلم دیده شود. ازاین روش برای تشخیص آسیب‌های منیسک و رباط‌های صلیبی در زانو وپارگی‌های روتاتور کاف در شانه استفاده می‌شود. البته استفاده از این روش امروزه جای خود را به ام آرآی داده‌است.



منبع

http://www.iranorthoped.com

معرفی کتاب

زینب علی‌مددی
دانشجوی کارشناسی فیزیک
znb.alimadadi۷۵@gmail.com

افسون فیزیک: معماهای کنجکاوی برانگیز و چالشی فیزیک
نام اصلی:
Mad about physics: braintwisters , paradoxes and curiosities
نوشته: کریستوفر پی. یارگوتسکی و فرنکلین پاتر (c. Jargodzki & F. Potter)
ترجمه: بهرام معلمی، مسعود مرادی جورابی
انتشارات: مازیار
موضوع: فیزیک، مسائل متفرقه علمی
تعداد صفحه: ۲۸۸

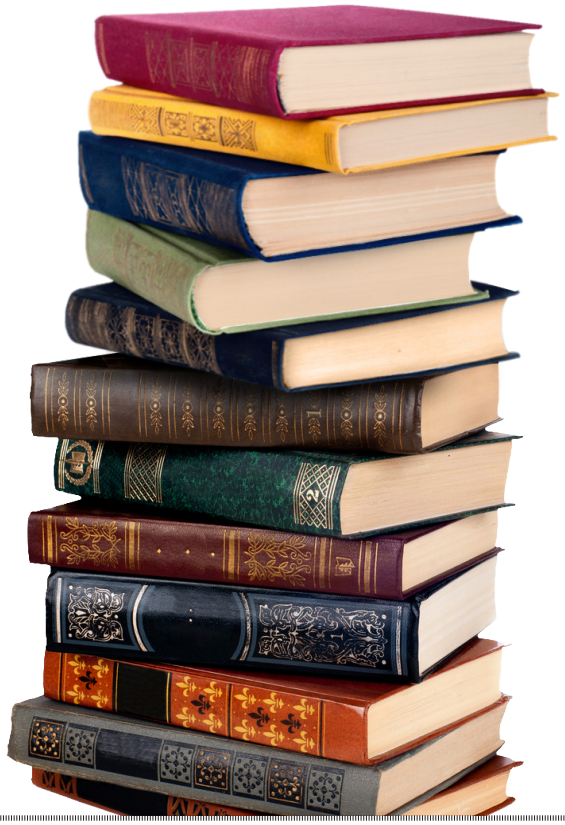
خواندن این کتاب، بار دیگر من را پرتاب کرد به روزهای نوجوانی، باز هم همان تقلاهای ذهنی برای رسیدن به پاسخ‌ها در ذهنم شکل گرفت.

با این حال حتی اگر ذهن شما در برزخ تنبلی افتاده است و دوست ندارید کتابی تهیه کنید که شما را به تکاپوی ذهنی وادار کند، باید بگویم، حاشیه‌های این کتاب، در واقع کتابی در داخل کتاب هستند!

در حاشیه هر صفحه کتاب، نکات بسیار نغزی، شامل تاریخچه علم فیزیک، یک سری فکت‌ها و واقعیات جالب و نیز سخنان قصاری از فیزیکدان‌های بزرگ نقل شده‌است.

افسون فیزیک، کتابی ست حاوی ۳۹۷ پرسش معمایی و پاسخ تشریحی آن‌ها. در این کتاب اطلاعاتی در حوزه‌های مکانیک کلاسیک، الکتریسیته، مغناطیس، اپتیک (نورشناسی) فیزیک ورزش، کاوش‌های فضایی، و نجوم و اختر فیزیک گرد آمده‌است. افسون فیزیک تاکنون به چندین زبان از جمله: آلمانی، یونانی، ژاپنی، چینی، فرانسوی، و سوئدی ترجمه شده‌است. در این کتاب پاسخ پرسش‌ها و نیز بیش‌تر از ۳۰۰ مرجع فراهم آمده‌است.

این مجموعه‌ی هیجان برانگیز و نامعمول در عالم فیزیک،شما را به گشت و گذاری دلپذیر می‌برد که بستگی و ارتباط فیزیک با زندگی روزمره را به بهترین شکل بیان و آشکار می‌کند. گستره‌ی پرسش‌ها تمامی حوزه ی فیزیک مرئی را، یعنی پدیده‌هایی که می‌توانیم آن‌ها را بدون ابزار تخصصی تحقیقاتی مشاهده کنیم، در بر می گیرد. در سه فصل آخر کند و کاوی پیرامون فیزیک ورزش، علوم زمین و نجوم خواهد شد. در این سه فصل به حد نصاب‌های پرش ارتفاع، توپ‌های منحنی، موج برداشتن مسیر گوی گلف، امواج ساحلی، آذرخش و تندر، بار منفی زمین، مسیر حرکت ماه به دور خورشید و اکتشاف‌های سیاره‌ای و بسیاری مباحث دیگر پرداخته‌می شود.



گستره‌ی معماها از سوال‌های ساده (مثلا چرا می‌توانید با فوت کردن ملایم دست‌تان را گرم، و با فوت کردن شدید به آن‌ها سردشان کنید؟) به مسائل موشکافانه‌ای که مستلزم تحلیل بیش‌تری‌اند (مثلا: آجرهایی را چنان روی هم می‌چینید که قسمتی از هر آجر نسبت به آجر زیری خودش بیرون زده می‌شود و بدون این‌که بیفتد. آیا آجری می‌تواند بیش‌تر از طولش نسبت به لبه‌ی آجر زیری بیرون‌زده شود؟) دشوار می‌شود.

فهرست مطالب:

فصل ۱: تغییرات دما
فصل ۲: دنیایم را رنگین کن
فصل ۳: اسپلیش(شالاپ شولوپ)
فصل ۴: پرواز به مانند عقاب
فصل ۵: ارتعاشات خوش نوا
فصل ۶: قطب‌های مخالف همدیگر را می‌ربایند
فصل ۷: اجسام متحرک
فصل ۸: پلکان آسمان
فصل ۹: زندگی در خط سبقت
فصل ۱۰: زاده شده برای دویدن
فصل ۱۱: سومین سنگ [جداشده] از خورشید
فصل ۱۲: در پهنه‌ی جهان هستی

فائزه صابری
دانشجوی کارشناسی فیزیک
f.saberi۷۵@gmail.com

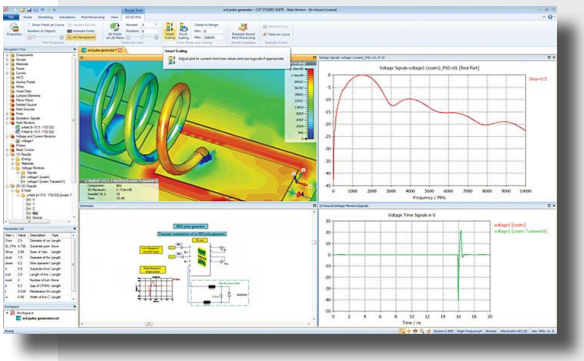
CST Studio Suite

نرم‌افزار شبیه‌ساز الکترومغناطیسی یا همان CST Studio Suite به گفته شرکت CST نقطه اوج سال‌ها تحقیق و توسعه همراه با دقت فراوان و راه حل‌های کارآمد برای طراحی الکترومغناطیسی می‌باشد.

CST Studio Suite شامل ابزارهای شرکت CST برای طراحی و بهینه سازی دستگاه‌های عملیاتی در محدوده وسیع فرکانسی-استاتیکی در زمینه بصری است. به وسیله ی این نرم‌افزار شما می‌توانید به طراحی، مدل سازی، مونتاژ دستگاه‌ها و مدارات و سیستم‌های الکترومغناطیسی در محیط سه‌بعدی و همچنین شبیه‌سازی عددی در میدان‌های الکترومغناطیسی بپردازید.

CST STUDIO SUITE از محیط طراحی یک‌پارچه‌ای برخوردار است و سهولت در مونتاژ و مدل‌سازی سیستم، چند عملکردی و امکان شبیه سازی در سطح حرفه‌ای در تمام سیستم‌ها و مدارهای الکترومغناطیسی از مزایای این نرم‌افزار می‌باشد.

این نرم‌افزار می‌تواند مزایای قابل توجهی به بازار عرضه کند؛ مزایایی مثل: چرخه توسعه کوتاه‌تر، نمونه سازی مجازی پیش از آزمایش عملی و بهینه‌سازی محصول بدون نیاز به آزمایش‌های متعدد.



امکانات و ویژگی‌های نرم‌افزار CST STUDIO SUITE:

- رابط کاربری گرافیکی محلی براساس ویندوز
- ابزارهای متغییر، پارامترها و پنجره‌ی پیام‌ها
- انتقال پارامترها
- بهینه سازی اتوماتیک
- متحرک سازی طرح خروجی
- ایجاد خودکار اسلاید power point
- مدیریت پروژه‌ها

اجزای شامل مجموعه‌ی CST STUDIO SUITE :

CST MWS – CST MICROWAVE STUDIO :لبه ابزار برجسته جهت سرعت و دقت بخشیدن به شبیه سازی سه بعدی دستگاه‌ها با فرکانس بالا .

CST EMS – CST EM STUDIO :ابزاری ساده برای طراحی و آنالیز دستگاه‌های استاتیکی و با فرکانس پایین مانند: موتورها،.سنسورها، ترانسفورمرها و ...

CST PS – CST PARTICLE STUDIO :برای شبیه سازی تماماً استوار و یا حرکت ذرات باردار استفاده می‌شود. این قسمت شامل: تفنگ الکترونی، لوله پرتو کاتدی و ابزاری از این دست است.

CST CS – CST CSBLE STUDIO :برای شبیه سازی بی عیب سیگنال و شناسایی سازگاری یا ناسازگاری الکترومغناطیسی و آنالیز محافظ کابل.

CST PCBS – CST PCB STUDIO :برای شبیه سازی بی عیب سیگنال و شناسایی سازگاری یا ناسازگاری الکترومغناطیسی روی تخته مدار چاپی.

CST MPS – CST MPHYSCIS STUDIO :برای آنالیز فشار گرمایی و مکانیکی.

CST DS – CST DESIGN STUDIO :ابزاری همه‌کاره است که به شبیه سازی و ترکیب مدارهای الکترومغناطیسی کمک می‌کند.

اپتیک غیرخطی

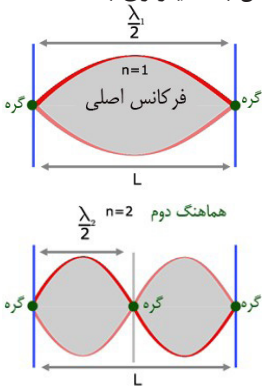
حمید امراللهی
دانشجوی کارشناسی ارشد فوتونیک
Hamid.amrollah@gmail.com

Nonlinear Optics

« اپتیک غیر خطی (NLO) شاخه ای از اپتیک است که رفتار نور در ماده غیر خطی را توصیف میکند ، که در این ماده قطبش دی الکتریک P به طور غیر خطی به میدان الکتریکی E پاسخ میدهد » تعریف بالا یک تعریف غلط و مصطلح بین دانشجویان فیزیک و اپتیک است ، زیرا تقسیم بندی مواد به ماده خطی و غیر خطی اساسا کار اشتباهی می باشد . تمام مواد بسته به دو شرط میتوانند رفتار غیر خطی از خود نشان دهند .

شرط برای ایجاد کردن شرایط غیر خطی ، بالا بردن شدت (میدان) موج فرودی به ماده است . برای درک بهتر تفاوت یک فرآیند خطی و غیر خطی ، میتوان از مثال کلاسیکی زیر بهره نمود .

طنابی را در نظر بگیرید که دو انتهای آن به دیواری بسته شده است. با اعمال نیروی f به وسط طناب یک شکم و دو گره به وجود می آید . حال نیروی f را به اندازه ای زیاد میکنیم تا طناب با هارمونیک دوم خود نوسان کند یعنی دو شکم و سه گره . حالت دوم ، پاسخ غیر خطی طناب به نیروی اعمال شده است . حال میتوان دو قطبی های ماده را همانند طناب دو سر بسته تصور کرد . اگر موجی با شدت عادی به دو قطبی برخورد کند ، آن دو قطبی با همان فرکانس پرتو فرودی شروع به نوسان میکنند ولی اگر شدت پرتو فرودی بسیار زیاد شود دو قطبی ها مجبور میشوند در هارمونیک دوم خود یا هارمونیک های بالاتر نوسان کنند.



تا چه میزان شدت باید افزایش پیدا کند؟

رابطه دقیق تر قطبش با میدان فرودی به صورت زیر تصحیح می شود :

$$P = \varepsilon_0 X^{(1)} E + \varepsilon_0 X^{(2)} E^2 + \varepsilon_0 X^{(3)} E^3 + ... = P^{(1)} + P^{(2)} + P^{(3)} + ...$$

ترم اول مربوط به فرآیند خطی است و ما بقی ترم ها ، رفتار غیر خطی را نشان میدهند . وقتی که دامنه میدان E را در محدوده میدان الکتریکی اتم بگیریم، $E_\alpha = e/(4\pi\varepsilon_0 a_0^2)$ که e بار الکتریکی و a شعاع هیدروژنی بور است. به صورت عددی: $E_\alpha = 5.14\times10^{11} V/m$

اگر $X^{(1)}$ را برای این میدان حدود ۱ بگیریم مقدار $X^{(2)} = 1.94\times10^{-12}\ m/V$ $X^{(3)} = 3.78\times10^{-24}\ m^2/V^2$ پس میتوان نتیجه گرفت که برای ایجاد هارمونیک دوم میدان بسیار قویتری از لازم است تا هارمونیک دوم شکل گیرد. شرط کافی برای ایجاد فرآیند غیر خطی ، برقراری شرط تطبیق فازی (phase-matching) و پایستگی انرژی است .

پایستگی انرژی فوتون

اکثر فرآیند های غیر خطی بر خلاف فرآیندی مانند لیزر دارای پایستگی انرژی فوتون هستند(پارامتریک هستند) . به زبان ساده تر میتوان گفت که پرتوهای فرودی به کریستال ، همه به صورت اپتیکی از مجموعه خارج میشوند و هیچکدام تبدیل به گرما یا نوسانات شبکه نمیشود . زیرا الکترون با جذب فوتون به جای رفتن به تراز حقیقی سر از تراز مجازی در میاورند . تراز مجازی ترازی است که نمی توان آن را با حل معادله شرودینگر به دست آورد و طول عمر بسیار کمتری نسبت به تراز حقیقی دارد . تراز نقطه چین در شکل سه تراز مجازی است

پایستگی تکانه خطی

فیزیک تطبیق فازی یا پایستگی تکانه خطی (phase-matching) چیزی نیست جز اینکه دو قطبی های نوسان کننده به صورت همفاز با هم نوسان کنند . اگر بخواهیم روابط تطبیق فازی و پایستگی انرژی را برای دو پرتوی فرودی به ماده بنویسیم

$$k_1 + k_2 = k_3$$

$$\frac{n_1\omega_1}{c} + \frac{n_2\omega_2}{c} = \frac{n_3\omega_3}{c} \Rightarrow n_3 = \frac{n_1\omega_1 + n_2\omega_2}{\omega_3} \Rightarrow n_3 - n_2 = \frac{n_1\omega_1 + n_2\omega_2 - n_2\omega_3}{\omega_3}$$

$$\xrightarrow{\omega_1+\omega_2=\omega_3} n_3 - n_2 = (n_1 - n_2)\frac{\omega_1}{\omega_2}$$

سمت چپ تساوی همواره عددی مثبت است و سمت راست عبارتی منفی . پس در محیط های با پاشندگی نرمال هیچ موقع تطبیق فازی برقرار نیست و فرآیند غیر خطی مشاهده نمیشود . محیط هایی با پاشندگی نرمال محیط هایی هستند که با افزایش فرکانس موج فرودی ، محیط ضریب شکست بیشتری از خود به نمایش میگذارد .

درشماره بعد میخوانیم

پس در چه محیط هایی فرآیند غیر خطی صورت میگیرد ؟
شرایط تطبیق فازی را چگونه ایجاد میکنند؟
انواع فرآیند های غیر خطی کدامند؟

منبع

1. https://www.rp-photonics.com/nonlinear_optics.html
2. nonlinear optics /third edition/robert w. boyd

((گزارشهایی به من میرسد که بعضی از طرحهای کلان در موضوعات تحقیقاتی مهم مثل هوافضا، ماهواره و امثال اینها، دچار توقّف یا لنگی است؛
این من را نگران میکند، این را میخواهم اینجا بگویم که مطالبه‌ی عمومی باشد،
من از مسئولین امر به طور جدّی درخواست میکنم به این مسائل بپردازند. این طرحها، طرحهای بسیار مهمّی است؛
حتّی بعضی از طرحهای تحقیقاتی مربوط به انرژی هسته‌ای همین طور است. اینها نبایستی مطلقاً توقّف پیدا کند؛))

سید علی خامنه ای
بیانات در دیدار نخبگان علمی جوان
۱۳۹۵/۰۷/۲۸

قرارداد ساخت ماهواره ناهید ۲ به عنوان یکی از برنامه های راهبردی
دستیابی به ماهواره های مخابراتی زمین آهنگ، در آستانه دهه مبارک فجر
و با حضور وزیر ارتباطات و فناوری اطلاعات و جمعی از معاونین و مدیران وزارت
به امضای دکتر بهرامی رییس سازمان فضایی ایران و حدادپور رییس پژوهشگاه فضایی ایران رسید.

شنبه ۹۵/۱۱/۰۹

در مراسم روز فناوری فضا با حضور رئیس جمهوری، ماهواره مخابراتی ناهید ۱ که برای اولین بار در کشور طراحی و ساخته شده است، رونمایی شد.
۱۳۹۵/۱۱/۱۳

با حمایت جدی از فناوری فضایی به دنبال ساخت یک ماهواره ملی سنجشی و یک ماهواره ملی مخابراتی هستیم
که با ساخت ماهواره ملی سنجشی تا ۲.۵ سال آینده در مدار قرار می گیرد
و برای ماهواره مخابراتی هم مذاکرات فنی انجام شده است و در آینده نزدیک به نتیجه می رسد.

چهارشنبه ۹۵/۱۱/۱۳

ماهواره نوید علم و صنعت که به اختصار ماهواره نوید نیز نامیده می شود،
سومین ماهواره پرتاب شده ایرانی و نخستین ماهواره ساخت مرکز تحقیقات ماهواره‌ای دانشگاه علم و صنعت است
که در ۱۴ بهمن ۱۳۸۸ مصادف با روز فناوری فضایی رونمایی شده بود.
مأموریت این ماهواره تصویربرداری از زمین با وضوح تصویر ۷۵۰ متر مبتنی بر روش جاروبی و به صورت تک باند است
ماهواره نوید علم و صنعت در ساعت سه و نیم بامداد (به وقت محلی) روز جمعه، ۱۴ بهمن ۱۳۹۰ از پایگاه فضایی سمنان به فضا پرتاب شد.

چاپ ششم مجله علمی دلتا
خرداد ماه یکهزار و سیصد و نود و شش

شماجوانهای دانشجو باید کاری کنید که پنجاه سال بعد، اگر کسی خواست به تازه‌های علمیِ آن روز دست پیدا کند، مجبور بشود بیاید زبان فارسی یاد بگیرد؛ این میشود، این ممکن است؛

سید علی خامنه‌ای ۱۳۹۵/۰۱/۱۱