



دانشگاه علم و صنعت ایران

NAME **delta magazine**
ORDER No. **6**
CODE **dm/953/1**
PRICE **2500\$**

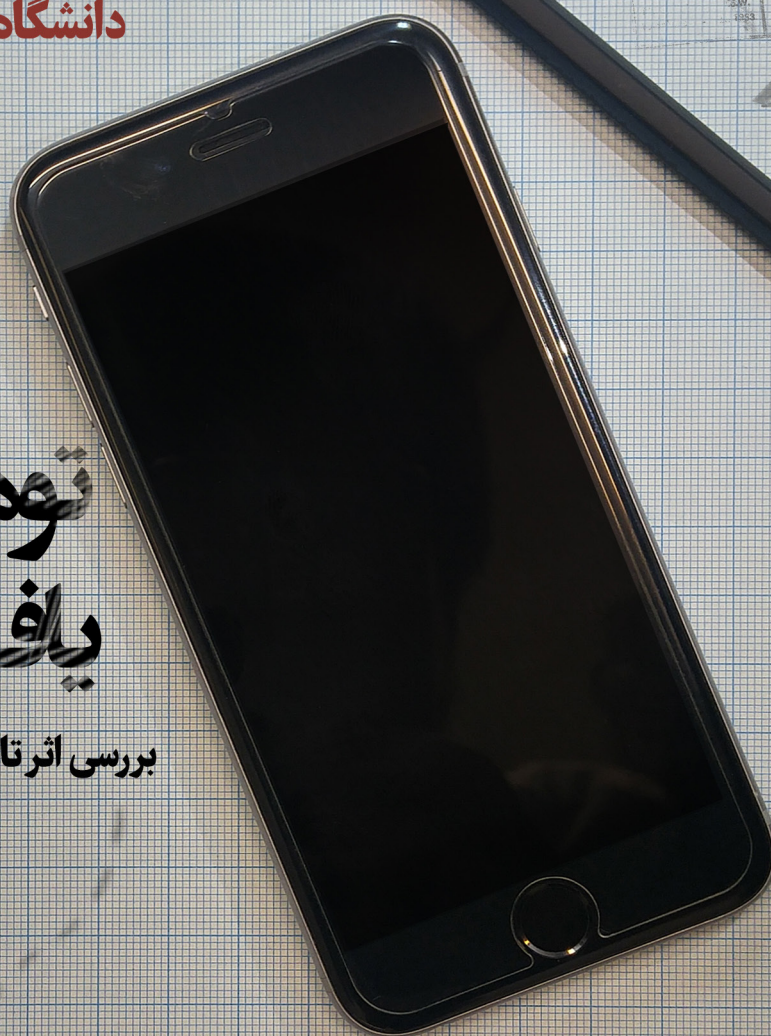
AGENT
**Iran University of
Science & Technology**

نشریه تخصصی دانشجویان دانشکده فیزیک
دانشگاه علم و صنعت ایران

توهم محض یا فاجعه قرن؟

بررسی اثرباش های تلفن همراه بر بدن انسان

صفحه ۲۸



مقاله

رادیوگرافی؟!

صفحه ۵۸

تئوری یا تجربی؟!

توقف در آزمایشگاه
دکتر محمد حسین مهدیه

صفحه ۵۰

پژوهش

تقابل پلاسما و محیط

صفحه ۲۰

مصاحبه

دکتر محمد رضا اجتهادی
دکتر وحید رضا یزدان پناه
صفحات ۱۰ و ۲۴

Delta physics magazine

 delta.mag@outlook.com
deltamag@iust.ac.ir

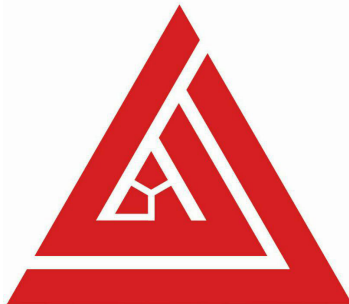
 [instagram.com/delta.magazine](https://www.instagram.com/delta.magazine)

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

بسم الله الرحمن الرحيم

دلتا

نشریه تخصصی فیزیکی / شماره ۶ / بهار ۱۳۹۶



فهرست مطالب

- سخن سردبیر ۴
- سلول‌های خورشیدی فیلم نازک ۶
- مصاحبه با دکتر محمدرضا اجتهادی ۱۰
- لباس نامرئی ۱۶
- پلاسمای و برهمکنش آن با مواد ۲۰
- بیت‌های شگفت‌انگیز ۲۳
- گفت‌وگو با دکتر وحیدرضا یزدان‌پناه ۲۴
- داستان یک مهمانی بوزونی ۲۷
- امواج تلفن همراه و سرطان ۲۸
- ارائه مدلی جهت کاهش اثرات امواج EM بر بدن ۳۰
- معجزه‌ی ابررسانایی ۳۴
- گره‌ی شرودینگر؛ مرده یا زنده ۳۶
- پرش اسب الکترونی از موانع تاریخی ۳۸
- اسرار آسمان ۴۲
- در دنیای فیزیکدانان چه می‌گذرد؟ ۴۶
- عبور از تنگنای نانوحفره ۴۸
- آزمایشگاه اندازه‌گیری دقیق لیزری ۵۰
- آنتن پلاسمایی ۵۴
- فیزیک در سینما ۵۷
- رادیوگرافی ۵۸
- معرفی کتاب ۶۰
- معرفی نرم‌افزار ۶۱
- اپتیک غیرخطی ۶۲

صاحب امتیاز: سعید باقری

مدیر مسئول: محمدهادی حاجی‌زاده

سر دبیر: 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 سرتیپی‌زاده

هیئت تحریریه: لیلا برغمندی، 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

صفحه‌آرا: 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 آماده‌ی 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

سخن سردبیر

بِسْمِ اللَّهِ الرَّؤُوفِ الرَّحِيمِ
بِسْمِ اللَّهِ نُورِ النُّورِ
بِسْمِ اللَّهِ نُورِ عَلِيٍّ نُورِ
بِسْمِ اللَّهِ الَّذِي هُوَ مُدَبِّرُ الْأُمُورِ

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 کشور عزیزمان 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 شاء الله

سلول های خورشیدی فیلم نازک

سلول خورشیدی فیلم نازک (TFSC)، که سلول فتوولتائیک فیلم نازک (TFPV) نیز نامیده می شود.

نسل دوم سلول های خورشیدی است.

لیلا بزمادی

دانشجوی کارشناسی فیزیک

l_barghamadi@physics.iust.ac.ir

این سلول ها از قرار دادن یک یا چند لایه یا پوشش نازک (TF) از مواد فتوولتائیک بر روی لایه ای از شیشه، پلاستیک یا فلز درست می شود. از لحاظ تجاری سلول های خورشیدی فیلم نازک با استفاده از تکنولوژی های مختلفی ساخته می شوند، که از جمله مواد اولیه مورد استفاده در ساخت سلول های فیلم نازک به تلورید کادمیوم (CdTe)، سلناید گالیوم ایندیموم مس (CIGS)، آمورف و دیگر سیلیکون های با پوشش نازک (a-Si, TF-Si) می توان اشاره کرد. ضخامت پوشش از چند نانومتر (nm) تا ده ها میکرومتر (μm) متفاوت می باشد و بسیار نازک تر از تکنولوژی قدیمی و اولین نسل سلول های خورشیدی سیلیکون کریستالی (c-Si) است که از ویفرهای سیلیکونی تا ۲۰۰ میکرومتر استفاده می کند. این امر باعث می شود تا سلول های فیلم نازک انعطاف پذیر بوده، وزن و نیروی مقاومت هوای کمتری داشته باشند. این تکنولوژی در سیستم های فتوولتائیک یک پارچه استفاده می شود. همچنین به عنوان مواد نیمه شفاف شیشه ای فتوولتائیک برای پوشاندن پنجره ها مورد استفاده قرار می گیرد. در دیگر کاربردهای تجاری، سلول های فیلم نازک میان دو صفحه شیشه ای قرار می گیرند و به صورت پنل های خورشیدی در برخی از بزرگترین نیروگاه های برق فتوولتائیک جهان مورد استفاده هستند.

تکنولوژی فیلم نازک از تکنولوژی قدیمی c-Si ارزان تر است ولی کارآمدی کمتری نسبت به آن دارد. اما در طول سال های اخیر بازده فیلم های خورشیدی به صورت چشم گیری ارتقاء یافته است و نیز کارآمدی سلول آزمایشگاهی ساخته شده از CdTe و CIGS به ۲۰ درصد رسیده است و اکنون با پلی سیلیکون، که در حال حاضر در بیشتر اتصالات PV مورد استفاده قرار می گیرد، هم تراز می باشد. علی رغم این واقعیت ها، سهم فیلم نازک از بازار هیچ گاه به بیش از ۲۰ درصد در طول دو دهه ای اخیر نرسیده و در سال های اخیر نیز در حال کاهش بوده است و به حدود ۹ درصد تولیدات فتوولتائیک در سرتاسر جهان در سال ۲۰۱۳ رسیده است. دسته ای از این سلول ها که در مراحل اولیه تحقیقات و در حال پیشرفت هستند و یا از لحاظ تجاری دسترسی محدودی به آنها وجود دارد، اغلب به عنوان تکنولوژی های در حال ظهور و یا نسل سوم سلول های فتوولتائیک طبقه بندی می شوند که شامل سلول های خورشیدی پلیمری، رنگ-حساس، ارگانیک، نقاط کوانتومی، سولفید قلع روی مس، اینیدیم سولفید، نانو کریستال، میکرومورف و سلول های خورشیدی پروسکایت می باشد.

سلول های خورشیدی پروسکایتی (Perovskite) از ترکیب مولکول های آلی و مواد معدنی تشکیل شده اند که همانند سلول های خورشیدی متداول از جنس سیلیکون، نور خورشید را دریافت و به الکتریسیته تبدیل می کنند. با این حال، ساخت وسیله های فتوولتائیک پروسکایتی راحت تر و ارزان تر است و برخلاف سلول های سیلیکونی، می توان آن ها را بر بسترهای انعطاف پذیر ساخت. اولین نمونه از سلول های خورشیدی پروسکایتی سال بعد وارد بازار خواهد شد و گفته می شود که قادر است ۲۰ درصد از انرژی خورشید را جذب کند.

راندمن سلول های خورشیدی پروسکایتی که دانشمندان اخیراً موفق به تولید آن شده اند، از راندمن سلول های خورشیدی پلی کریستالی از جنس سیلیکون که در بازه ۱۰-۲۰ درصدی است، بالاتر است. امروزه سلول های خورشیدی سیلیکونی به صورت متداول در ابزار الکتریکی و مصارف خانگی استفاده می شوند. خالص ترین و

اسلامی واحد بیض) می باشد که در ادامه آورده شده است.

فیلم های نازک خورشیدی از اواخر دهه ۱۹۷۰، هم زمان با ظهور ماشین حساب های خورشیدی که با لایه ی باریکی از سیلیکون آمورف کار می کردند در بازار ظاهر شدند. در حال حاضر فیلم های نازک خورشیدی در اندازه بسیار بزرگ در اتصالات سیستم های فتوولتائیک یک پارچه با ساختمان و سیستم های شارژ اتومبیل مورد استفاده قرار می گیرد. انتظار می رود در دراز مدت، تکنولوژی PV خورشیدی فیلم نازک از دیگر تکنولوژی PV خورشیدی پیشی بگیرد و به هدف برابری شبکه دست یابد.

سلول های خورشیدی لایه نازک حجم وسیعی از بازار تجارت سلول های خورشیدی لایه نازک را به خود اختصاص داده اند. در این جا به تشریح سلول لایه نازک پروسکایتی (Perovskite) و در نهایت روشی برای افزایش بازده این نوع سلول می پردازیم.^۱

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 منطقه ای شیراز) و شیوا جوکار (کارشناس ارشد الکترونیک، مدرس دانشگاه آزاد دانشگاه

سلول های خورشیدی فیلم نازک

بور بین آنها قرار گرفته و از اختلاط آن دو جلوگیری می کند. لایه نیتريد گاليم، در قسمت بالایی سلول نقش آسفالت را ایفا می کند. البته می توان لایه های بیشتری از پروسکایت را به سلول خورشیدی اضافه کرد که توسط لایه های نیتريد بور از هم جدا شده باشند. اما محققان می گویند از آنجایی که به بالاترین راندمان از طریق جذب تمام طیف نور رسیده ایم، این کار لازم نیست.

افراد بسیاری ایده ی استفاده از سلول های خورشیدی چاپ رولی (roll-to-roll) را مطرح کرده اند. سلول های خورشیدی که استفاده از آنها بسیار ساده است و کافی است مانند کاغذ دیواری به روی سطوح چسبانده شوند. حال با ساخت این ماده ی جدید می توانیم وارد حوزه ی تولید انبوه سلول های چاپ رولی شویم که بیشتر شبیه رنگ آمیزی با اسپری است.

یکی از روش های مهم برای بالا بردن بازده سلول خورشیدی، از بین بردن عوامل اتلاف در نیمه رسانا است تا بتوان سلولی بدست آورد که از نظر اصول فیزیک نیمه هادی بیشترین بازده را داشته باشد. در این مقاله با در نظر گرفتن عوامل اتلافی در سلول های خورشیدی به بهبود بازده پرداخته شده است. دومین علت اتلاف انرژی، مربوط به فوتون های با انرژی بالاتر از شکاف باند نیمه رسانا است. این مشکل با استفاده از سلول های خورشیدی لایه نازک در پیوند ناهمگون تا حد زیادی برطرف می گردد. اما همچنان مشکل نوسان ناشی از نورهای پرنرژي در لایه دريچه ای حل نشده است. در این مقاله به بررسی عوامل اتلافی در سلول های خورشیدی لایه نازک ایده آل پرداخته می شود. در آخر برحسب جدول طول موج حذف یکی از چهار عامل اتلاف در سلول های خورشیدی مبتنی بر لایه دريچه ای In_xS_y را بررسی شده است.



شکل ۱: ساختار اولیه برای یک سلول خورشیدی لایه نازک

بهینه سازی چهارسلول خورشیدی لایه نازک متفاوت با لایه دريچه ای یکسان In_xS_y با تغییر در ساختار

در این شکل ابتدا یک لایه شیشه ای آماده شده است. سپس لایه نشانی یک لایه اکسید هادی شفاف بر روی این زیرلایه پیش بینی می شود. لایه دريچه ای، لایه جاذب و فلز اتصال پشتی نیز در انتها به ترتیب نشانده می شوند. در این ساختار نور خورشید از سمت زیر سطح تابیده می شود.

اتصال جلویی در سلول های خورشیدی لایه نازک

با توجه به محل قرار گرفتن این لایه ویژگی هایی مانند شفافیت بالا، رسانایی و داشتن گاف نواری نزدیک به لایه In_xS_y از اهمیت

البته گران ترین سلول های سیلیکونی در حدود یک دهه قبل رکورد راندمان ۲۵ درصدی به ثبت رسانده اند.

موفقیت دانشمندان در تولید این گونه سلول های کارآمد، به نحوه ی ترکیب دو نوع ماده ی سازنده ی سلول های خورشیدی پروسکایتی برمی گردد. هر یک از این مواد به گونه ای ساخته شده اند که می توانند طول موج یا رنگ خاصی از نور خورشید را جذب کنند. اکنون این دو ماده در قالب سلول خورشیدی باندگپ^۲ مدرج به گونه ای با یکدیگر ترکیب شده اند که می توانند تقریباً تمام طیف نور را جذب کنند. تلاش های قبلی برای ترکیب مواد سازنده ی سلول های پروسکایتی شکست خورده بود و دلیل آن این بود که فعالیت الکتریکی هر یک از این مواد با دیگری تداخل دارد، به گونه ای که اثر یکدیگر را کاهش می دهند.

موادی همچون سیلیکون و پروسکایت نیمه هادی هستند؛ به این معنی که تنها در صورتی جریان الکتریکی در آنها انتقال می یابد که الکترون ها با دریافت انرژی -برای مثال از فوتون- بتوانند بر انرژی باندگپ (گاف انرژی) غلبه کنند. این گونه مواد بیشتر طول موج های خاصی از نور را جذب می کنند و در جذب طول موج های دیگر کارآمد نیستند.

پرسشی که شاید مطرح شود، این است که چگونه دانشمندان توانستند دو ماده ی سازنده ی سلول های خورشیدی پروسکایتی را در یک سلول با ساختار متوالی (tandem solar cell) بگنجانند؟ پاسخ به این صورت است: استفاده از لایه ای به قطر یک اتم از نیتريد بور با شبکه ی هگزائگونال که لایه های مختلف پروسکایت را از یکدیگر جدا می کند. در این حالت، مواد پروسکایتی از مولکول های آلومینیل و آمونیاک ساخته شده اند، اما یکی از این مواد حاوی ید و برم قلع هستند. این در حالی است که دیگری حاوی سرب، ید و برم است. ماده ی اولی می تواند نور با انرژی یک الکترون ولت، یعنی نور مادون قرمز یا انرژی گرمایی را جذب کند، در حالی که مورد دوم می تواند فوتون هایی با انرژی ۲ الکترون ولت، یا رنگ زرد را جذب کند.

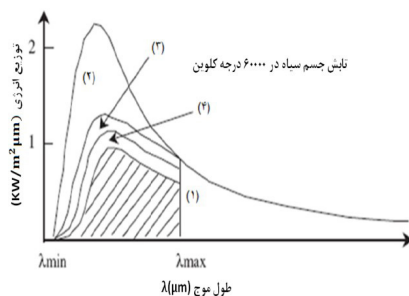
تک لایه ی نیتريد بور شرایطی را مهیا می کند که هر دو ماده می توانند در کنار یکدیگر به خوبی کار خود را انجام دهند و نوری را که در دامنه ی یک تا دو الکترون ولت قرار دارد، به الکتریسیته تبدیل کنند.

ترکیب پروسکایت و نیتريد بور بر روی عایق آبروژل، ساخته شده از گرافن قرار گرفته اند که باعث رشد بیشتر کریستال های دانه ریز پروسکایت می شود. به این ترتیب با جلوگیری از نفوذ رطوبت به داخل سلول خورشیدی، انتقال شارژ الکتریکی به صورت پایدار ادامه پیدا می کند. گفتنی است که رطوبت باعث خرابی پروسکایت می شود.

همه ی این مواد بین دو لایه قرار گرفته اند: الکتروود طلا در پایین و لایه ای از نیتريد گالیم در قسمت بالای سلول که الکترون های تولید شده در داخل سلول را جمع آوری می کند. کل ضخامت لایه ی فعال در فیلم نازکی از سلول های خورشیدی، تنها ۴۰۰ نانومتر است. مانند ساخت یک جاده ی باکیفیت است؛ آبروژل گرافن مانند پایه ی سلول است و به عنوان فونداسیون عمل می کند، سپس دو ماده ی اصلی سازنده ی سلول پروسکایتی هست که لایه ی نازکی از نیتريد

سلول های خورشیدی فیلم نازک

انرژی کمتر از انرژی گاف انرژی ($h\nu < E_g$)، در نیم رسانا جذب نمی شوند، 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 می افتد) نشان داده شده است. دومین علت، به اتلاف انرژی فوتون هایی که بالاتر از انرژی گاف نواری هستند و انرژی خود را به شکل حرارت تلف می کنند مربوط است. انرژی اضافه فوتون در اینجا ($h\nu - E_g$) در ارتعاشات شبکه مشارکت می کند که توسط (۲) در شکل ۵ نشان داده شده است. حتی اگر الکترون ها و حفره ها 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 قرار گرفته است. این سومین دلیل اتلاف انرژی است، زیرا یک پیوندگاه p-n از این که 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 آماده سازی بهینه، ماکزیمم توان سلول خورشیدی حاصل شود، ولتاژ به کار برده شده کوچکتر از ولتاژ مدار- باز است. این اتلاف توسط (۴) در شکل ۲ نشان داده شده است. بنابراین تنها انرژی که در قسمت هاشور خورده نشان داده شده است می تواند توسط سلول خورشیدی با پیوندگاه p-n، به انرژی خورشیدی تبدیل شود.



شکل ۲: شماتیکی از توزیع طیفی نور خورشید و اتلاف های انرژی. (۱) با انرژی

۴- اتلاف انرژی در سلول خورشیدی واقعی به این دلیل که سلول خورشیدی واقعی چند مکانیزم اضافی متفاوت را انجام می دهد، راندمان تبدیل در سلول خورشیدی واقعی کمتر از سلول خورشیدی ایده آل است. به دست آوردن سلول خورشیدی ایده آل و با کیفیت، با وجود محدودیت های هزینه و شرایط تولید دشوار است. سه فاکتور عمده که باعث کاهش راندمان می شوند عبارتند از:

• اتلاف به دلیل انعکاس

به دلیل این که انعکاس پذیری ویفر عریان حدود ۳۰٪ است، تنها ۷۰٪ انرژی خورشیدی می تواند برای تبدیلات انرژی مورد استفاده قرار گیرد. برای کاهش بازتاب پذیری، پوشش های ضد بازتاب یا بافت سطح به کار برده می شود. همچنین ایجاد شبکه ای فلزی در جلوی سطح می تواند انرژی خورشیدی بازتاب شده را کاهش دهد.

• اتلاف باز ترکیب

پارامترهایی که در راندمان سلول خورشیدی مؤثرند عبارتند از:

۱- عمر حامل کمینه و ۲- تحرک حامل ها. چون حامل ها در ناحیه تهی ایجاد می شوند و به اندازه طول نفوذ از لبه ناحیه تهی می توانند به

بالایی برخورداری است. در حال حاضر اصلی ترین ماده ای که به عنوان الکترود جلویی در ساخت سلول خورشیدی مورد استفاده قرار می گیرد، SnO_x است، مشکل این ماده رسانایی کم آن است و با اضافه کردن ایندیم به اکسید قلع، اکسید قلع ایندیم (ITO) تشکیل می گردد و با اضافه کردن فلورین (F) به اکسید قلع ماده $[\text{SnO}_x:\text{F}(\text{FTO})]$ به دست می آید.

لایه دریچه ای در سلول خورشیدی کادمیم تلوراید

ماده In_xP_y قابلیت جذب فوتون هایی با طول موج کمتر از ۵۵۰ نانومتر را داراست. بدین معنی که فوتون هایی با انرژی کمتر از ۵۵۰ نانومتر از لایه دریچه ای In_xP_y که به عنوان یک دریچه عمل می کند، عبور کرده و توسط لایه جاذب جذب می شوند. فوتون ها با انرژی بیشتر از ۵۵۰ نانومتر نیز توسط لایه In_xP_y جذب خواهند شد و حامل هایی که در ناحیه تهی و به اندازه طول نفوذ پیوندگاه در In_xP_y ایجاد شده اند، جمع آوری می شوند. جداسازی حامل های تولید شده توسط نور از طریق پیوندگاه $\text{CGS}/\text{In}_x\text{P}_y$ باعث ایجاد جریان می شود.

لایه جاذب در سلول های خورشیدی لایه نازک

ماده CGS قابلیت جذب فوتون های نوری با طول موج کمتر از ۷۰۰ نانومتر را داراست. ماده CdTe فوتون های با طول موج بیشتر از ۸۱۰ nm، ماده CIGS فوتون های با طول موج بیشتر از ۱۲۰۰ nm و ماده CIS فوتون های با طول موج بیشتر از ۱۳۵۰ nm را از خود عبور می دهد.

لایه بافر

افزودن لایه بافر مابین TCO و CdS می تواند باعث بهبود عملکرد سلول خورشیدی گردد، به گونه ای که:

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

۲- اگر لایه بافر در برابر زدایش مورد استفاده برای شکل دهی اتصال پستی محافظ باشد، ساختار مورد نظر کمتر مستعد این زدایش خواهد بود، که به طور وسیعی مشکلات مقاومت موازی را کاهش خواهد داد.

۳- لایه بافر به از بین بردن فشار بین لایه ای کمک کرده و باعث بهبود چسبندگی در طی عمل بهبود CdCl_2 می شود. تمامی موارد فوق الذکر در بهبود عملکرد ساختار با استفاده از لایه بافر نقش دارند.

ماده ZnS قابلیت جذب فوتون هایی با طول موج کمتر از ۳۵۰ nm را دارد.

عوامل اتلاف در سلول های خورشیدی لایه نازک ایده آل

چندین علت برای محدود بودن راندمان سلول خورشیدی ایده آل وجود دارد. اولین علت ناتوانی نیمه رسانا برای جذب فوتون هایی است که دارای انرژی کمتر از گاف نواری هستند. فوتون هایی با



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 مطالعه 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 ۱۳۷۴ روش‌های شبیه سازی در فیزیک را در قالب این درس تدریس نمود. فعالیت علمی وی در گرایش ماده چگال نرم است. ماده چگال نرم یکی از شاخه‌های فیزیک است که بامسائل زیستی مرتبط است. گروه علمی دکتر اجتهادی در زمینه 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.

نیست شما با لیسانس فیزیک قرار است چه کاره 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؟ به نظر شما چه راهکاری وجود دارد که زودتر متوجه این تصورات اشتباه شویم؟**

فیزیک رشته‌ای است که برای کسانی که فیزیک نمی‌دانند هم جذاب می‌باشد و این خود فریبنده است. تمامی علوم که تاریخچه دارند دارای جذابیت‌هایی هستند، ولی همه‌ی این علوم در مورد گذشته‌ای 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 عده‌ای به توانمندی‌های خود دقت نکرده و صرفاً از روی علاقه به این دانش رازگونه تصمیم‌گیری می‌کنند و این اشتباهی بزرگ است. صرف وجود علاقه موفقیت نمی‌آورد اما موفقیت ایجاد علاقه می‌کند! من منکر ضعف‌های سیستم آموزشی کشور نیستم از طرفی شاید دانشگاه‌ها هم تا اندازه مطلوب موفق

• **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 مضمّن 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 تیم ملی 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 بازار کار 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) داشته باشد که این مقوله‌ای جداس است.

اما فیزیک شغل شما را تعیین نخواهد کرد یعنی از ابتدا مشخص

بلایه دارند؟

به نظر من هر دو، اتفاقاً بعضی از دانشجویانی که در دانشگاه‌های برتر در حال تحصیل‌اند گاهی با مشکلاتی مواجه هستند که ممکن است آرزو کنند ای کاش در این دانشگاه نمی‌بودند. ملاحظه بفرمایید وقتی رتبه‌های برتر که همگی نابغه‌های خانواده‌های خود بوده‌اند در یک کلاس ۵۰ نفری فیزیک ۱ 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 احتمالاً شاگرد آخر یک دانشگاه برتر از خیلی از دانشجویان در دانشگاه‌های دیگر جلوتر است؛ اما 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 برترین‌های کلاس‌های 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 وجود دارد. از نظر 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 حتماً 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 هر چه امکانات و رفاه تحصیلی بیشتر باشد، زمینه رشد و پیشرفت هم بیشتر است؛ اما 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 کشور بسیار ارزشمند است، فرقی نمی‌کند در کدام مرحله باشد یا فقط برای یک پروژه کاری، چون به‌نظر من 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 خواهد بود؛ 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 می‌شوند.

به ایجاد انگیزه نبوده‌اند اما باید به این نکته هم توجه داشت که قرار نیست همه در این رقابت پیروز میدان باشند، اما حالا که وارد این رقابت شده‌ایم به توانمندی‌های خود نگاهی واقع بینانه داشته باشیم و قبول کنیم هر کدام از ما جایی متوقف می‌شویم. به‌طور مثال من قبول کرده‌ام که دیگر موفق به کسب جایزه نوبل نخواهم شد. با توجه به توانمندی‌های خود از زندگی لذت 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 لذت می‌برم اما نظرم تغییر کرده‌است من هم تصور از فیزیک آنچه که دیدم نبود، مثل خیلی از دانش‌آموزان تمام تصورم از فیزیک ورود به علومى مانند نسبیت عام، نسبیت 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 چه صورت 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 و شاخه علمی را انتخاب می‌کردم اما 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! اولاً 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 هر کس 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 در نتیجه علاقه‌مند. باز هم تأکید می‌کنم فقط با علاقه نمی‌توان موفقیت کسب کرد!

در نتیجه عده‌ای 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!

به‌نظر من 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 سخت‌کوش‌اند و یا فقط استعداد

نهایتاً به نظر من تحصیل در خارج از کشور بسیار مفید خواهد بود، فقط امیدوارم هرکه می رود برگردد! برود تجربه کسب کند و برگردد کشور خود را بسازد.

• اما اکثراً معتقد هستند که نمی توانند تجربیات کسب کرده خود را در ایران عملی کنند و ثمره آن ها را ببینند.

بله درست است. ممکن است عده ای این عقیده را داشته باشند و شاید حرفشان درست باشد، اما من به شخصه برگشتم چون فکر می کنم اینجا خوشبخت تر هستم. به هر حال کسانی هم که برگشتند شاید موفقیت را در همان مسیر می دیدند آن ها نیز عاقل اند.

• آیا شما توانستید ایده ها و تجربیات خود را عملی کنید؟

فکر می کنم اینجا آدم موفق تری هستم، قصد انجام کارهایی را هم داشتم که نتوانستم انجام دهم ولی دلیلی هم ندارد که اگر بر نمی گشتم حتما می توانستم انجامشان دهم! شخصاً برگشتم چون فکر می کردم در ایران فرد مؤثرتری هستم، امکان دارد از نظر علمی آنقدر پیشرفت نکرده باشم که اگر می ماندم پیشرفت می کردم، ولی زندگی من فقط کسب علم نیست این را می دانم که من تا وقتی در ایران هستم اثرگذارم و از خود رد پایی برجای گذاشته ام و از اینکه تأثیرگذارم به نوعی ارضای شخصی می شوم. شاید این تفکر خودخواهانه باشد اما من در خارج از کشور این حس را نداشتم چه بسا اگر آنجا هم احساس می کردم مفید هستم می ماندم.

• نظر شما در مورد فرار مغزها چیست؟

به نظرم در این بخش مشکل سیستم ها و سازمان ها هستند، همیشه این مثال را زده ام وقتی در ایران افراد در ترافیک معطل می -شوند سریعاً نتیجه گیری می کنند مشکل تولید بیش از حد خودروها است، اما فراموش می کنند آنکه خودرو می سازد، کار خود را انجام می دهد بلکه آن بخش که باید خیابان بسازد سهل انگاری کرده است. حال درباره رفتن و برگشتن همکاران و دانشجویان ما که حداقل در همین دانشکده بسیار شاهدش هستیم؛ مشکل آن استادی نیست که خوب تدریس می کند 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 مجموعه ای است که باید برای این استعداد ها کار و شرایط رشد در خور این توانایی ها را تولید می کرد. اکثر این دانشجویان اگر در ایران شغل خوبی داشتند، آزمایشگاه های پیشرفته در اختیارشان قرار می گرفت و قدر توانایی هایشان دانسته میشد ترجیح میدادند که در کنار خانواده خود ادامه تحصیل دهند و کار کنند و دلیلی برای رفتن و برگشتن نداشتند. پس شخصاً فکر می کنم فردی که می -رود حق دارد، او می خواهد 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 رشته ها به سمت حیطه های بین رشته ای سوق یافتیم، آیا این اتفاق نشانگر آن است که به انتهای علم رسیده ایم؟

می توان به این مسئله از منظر دیگری نگاه کرد، حدود ۶۰۰ سال قبل انسان هایی که وارد حوزه های علمی می شدند عالم جامع بودند. یعنی علاوه بر اینکه در پزشکی، نجوم و ... سر رشته داشتند، خیلی چیزهای دیگر حتی فقه هم می دانستند. در آن زمان مردم اعتقاد داشتند یک فرد عالم باید تمام علوم را بداند، به تدریج با پیشرفت علم شرایط به گونه ای تغییر یافت که دیگر این امر امکان پذیر نبود. بعد از گذشت سال ها دانشمندان اقدام به مرزبندی علوم کردند، اما خوشبختانه و یا متأسفانه هر مرزبندی با خود احساس ناسیونالیستی می آورد. این اتفاق ناخودآگاه باعث شد در سال های گذشته دانشمندان تا حد امکان خود را از مرزها بین رشته ها دور نگه دارند؛ این مرزبندی ها کاملاً دست ساخته خود ما انسان ها بوده. ولی یک کل پیوسته است و وظیفه ما شناخت تمام ابعاد آن می باشد. پس وارد این بخش ها شدیم و از آنجایی که آن ها کاملاً بکر بودند ناگهان حیطه های پژوهشی زیادی تولید شدند و به این نتیجه رسیدیم که اتفاقاً این مرزها بخش مهمی از علوم و ناشناخته هیا ما را تشکیل میدهند. در نتیجه این اتفاق بدی نیست زیرا علوم به تدریج گسترده تر می شود و احتمال زیاد در آینده از حال حاضر هم وسیع تر خواهد شد. قرار نیست علمی به پایان برسد.

• به نظر شما ایران در حال حاضر در کدام بخش های فیزیکی پتانسیل فعالیت دارد؟ آیا باید وارد بخش های بین رشته ای شود و یا در همان مباحث نظری به کار خود ادامه دهد؟

من فکر می کنم فیزیک به دو بخش تقسیم می شود، بخش اول فیزیک بنیادی و بخش دوم فیزیک کاربردی. فیزیک بنیادی آن بخش از فیزیک است که مثلاً من می خواهم بدانم منشأ ماده تاریک چیست. اما در فیزیک کاربردی قرار است بعد از بدست آوردن دانشسته های خود را به یکسری کاربرد تبدیل کنیم و در مرحله بعد وارد مهندسی می شویم که این علم به ابزار و محصول تبدیل می شود. مطمئناً همه نمی توانند کار بنیادی انجام دهند اما عده ای باید وارد این حیطه شوند زیرا بخش های بنیادی آینده دوردست ما را می سازند. مثلاً روزی که انیشتین نسبیت عام را کشف می کرد انتظار این را نداشت که امروز ما در GPS های خود از نسبیت عام استفاده کنیم. وظیفه او و تمام اساتید بنیادی نگرانی درباره کاربرد این علوم نیست، اگر بنیادی کارها فعالیت نمی کردند من و شما امروز نمی توانستیم از تلفن همراه استفاده کنیم، پس عده ای باید وارد این حیطه شوند زیرا بسیار ارزشمند است. در تمام دنیا اکثرأ فاصله بین دانشسته ها تا کاربرد را پر کرده اند و این مسئله ای است که باید در کشور ما تقویت شود یعنی باید دانشجویان به سمت کاربرد هدایت شوند. البته فکر می کنم این جهش در حال انجام است، جوان های زیادی را می شناسم که به سمت شرکت های

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 اما 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 موفق هستید و این درحاله است که علایق خود را کنار نگذاشته‌اید.

من عقیده دارم هیچ کس 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 نمی‌کنند. من به‌شخصه هیچ‌وقت احساس موفقیت را درک نکردم اما احساس خوشنودی را می‌فهمم، پس اگر من نیز درحال حاضر خود را با خودروهای جلوتر مقایسه کنم موفق نیستم. عده‌ای از انسان‌ها در بالا رفتن از پله‌های ترقی گاهی اوقات در بعضی از پله‌ها توقف دارند و به اطراف نگاه می‌کنند و از زندگی لذت می‌برند اما دسته دیگری هم وجود دارند 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 مجموعه‌ای که قرار است فعالیت کند و ساختار آن بستگی دارد، مثلاً بعضی از رشته‌ها ساختاری دارند که خیلی درگیر کارگروهی نمی‌شوند. اما 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 رغبت به تحصیل و پژوهش علمه ندارند و به خوبی سابق نیستند (به‌طور مثال مفاهیم پایه‌ای را نمی‌دانند اما به دنبال 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، اما هیچ‌وقت آماری ندیدم که بیان کند تعداد بهترین‌ها 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 دکتري از ورودی کارشناسی ۴۰ سال قبل بسیار بیشتر است. این فضای وسیع مطمئناً با

دانش‌بنیان رفته‌اند و وارد حیطه‌های کاربردی شده‌اند. معمولاً افراد و یا سازمان‌هایی که به دنبال سودهای آنی هستند وارد بخش‌های کاربردی می‌شوند از آن طرف سازمان‌های کلان دولتی یا نظامی حیطه بنیادی سرمایه گذاری میکنند، زیرا نگاهشان به آینده دور تری است.

جوی که درحال حاضر در کشور می‌بینم این است که جوان‌ها خود به سمت تولید کار برای خود دیگران می‌روند تا درآمدی که بازار کار به آن‌ها نمی‌دهد و یا دانشگاه از ایشان دریغ کرده را خودشان بدست‌آورند و این اتفاق خوبی است. هر چند هنوز خیلی عقب هستیم اما به‌شخصه آینده روشنی را برای فیزیک کاربردی 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، شیمی فیزیک 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 اما به دلیل عدم وجود بازار کار وارد حیطه کاربردی شده‌اند.

فکرمی‌کنم بحث موفقیت بسیار مهم است زیرا وقتی ۱۰ سال آینده به این نتیجه برسید که جایگاهی بالاتر از حال حاضر دارید خوشنود خواهید شد، اما اگر بعد از گذشت سال‌ها به این نتیجه برسید که نه تنها موفق نبوده‌اید بلکه یک پله عقب‌تر از امروزتان هستید حتماً پشیمان خواهید شد و پشیمانی اصلاً حس خوبی نیست. پشیمانی از این جهت که بدانید مسیری وجود دارد که می‌تواند شما را با شیب مثبتی به جلو ببرد، اما شما آن را انتخاب نکنید. پس باید باتوجه به اطلاعات روز برای رسیدن به موفقیت تصمیم بگیرید.

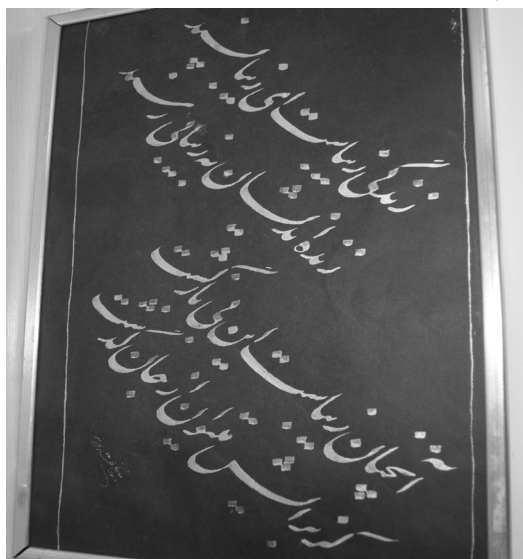
• اکثراً معتقد هستند که برای رسیدن به موفقیت در هر کاری که انجام می‌دهید باید تمام فعالیت‌های جانبی را کنار گذاشته و همه وقت خود را صرف تمرکز در آن بخش کنید، آیا شما هم با این تفکر موافق هستید و آن را در زندگی خود پیاده کرده‌اید؟ هرچند خودم اینگونه نبوده‌ام، اما فکر می‌کنم تا حدودی حرف درستی است. تمرکز می‌تواند به شدت 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 خود به‌خود 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 کرده‌اند.

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 به سمت یکدیگر برای ایجاد ارتباطی میان فیزیک و زیست‌شناسی است. این دو بهم نزدیک شده‌اند اما 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، الکتروسیسته 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 پژوهش شما چیست؟

الکترون‌ها و پروتون‌ها، وقتی این دو کنارهم قرارمی‌گیرند اتم را می‌سازند (فیزیک‌اتمی)، هنگامی که اتم‌ها درکنار هم جمع می‌شوند مولکول را تشکیل می‌دهند (فیزیک مولکولی). حال به‌طورمثال با در دست داشتن یک مولکول H_2O نمی‌توانید بگویید «آب» دارم اما وقتی تعداد زیادی از این مولکول‌ها درکنار هم قرارمی‌گیرند شما ماده‌ای به نام «آب» خواهید داشت که مشخصات



معینی دارد به این بخش «فیزیک ماده‌چگال» می‌گوییم. یعنی تعداد زیادی ذره درکنارهم چگالیده شده‌اند، حالا می‌تواند فازهای مختلفی (جامد، مایع و گاز) داشته‌باشد. مواد زیادی در طبیعت وجود دارد که نمی‌توان آن‌ها را در یکی از این سه فاز ایده‌ال قرارداد. به‌طور مثال گوشت، آدامس، ژله و ...

این مواد زمانی «ماده پیچیده» نام داشتند اما بعدها نام‌گذاری آن‌ها به «ماده چگال نرم» 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 ماده چگال نرم «مواد بیولوژیک» می‌باشد که این مواد مطمئناً موضوع بحث بیوفیزیک نیز می‌باشند، پس این دو یک همپوشانی دارند و کار اصلی من ماده چگال نرم 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.»

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

• آیا فعالیت‌های فوق برنامه مانع رشد تحصیلی افراد می‌شود؟

به‌شخصه هروقت فعالیت فوق برنامه بیشتری داشته‌ام بیشتر هم درس خوانده‌ام. اما ممکن است این نسخه درمورد بقیه درست نباشد و وقتی درگیر فعالیت می‌شوند از بقیه بخش‌ها مثلاً همان درس خواندن عقب بمانند. اما 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 می‌رفتم 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 افزایش 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 جمعه‌ها نیز مشغول مطالعه بودند. پس این مسأله‌ای کاملاً شخصی است و به روحیات افراد بستگی دارد.

• بیوفیزیک چیست؟ تفاوت آن با فیزیک پزشکی در چه مواردی است؟

تفاوت این دو به‌نوعی مانند تفاوت پزشکی و زیست‌شناسی است، درواقع فیزیک پزشکی به‌نوعی مهندسی و فن

و حرفه است اما بیوفیزیک یک علم است و در مجموعه علوم پایه قرار می‌گیرد.

بیوفیزیک از آنجایی 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 که زیست‌شناسان متوجه می‌شوند که به فیزیک نیاز دارند.

یک بیوفیزیک هم وجود دارد 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 بیوفیزیک است

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. Ejtehad and H. Stark**
Active Brownian particles and run-and-tumble particles separate inside a maze
Scientific Reports 37670, (2016) 6
- 2. H. Seyed Allaei, L. Schimansky-Geier and M. R. Ejtehad**
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. Ejtehad**
Stiffer double-stranded DNA in two-dimensional confinement due to bending anisotropy
Phys. Rev. E 062407, (2016) 94

به نظر من 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 انجام دهند که به نفع جامعه می باشد. پس هرکس که موفق شود، شرایط شغلی، تحصیلی و ... را نیز برای دیگران هموارتر می سازد. در نتیجه در یک جامعه سالم کافی است هر فرد به موفقیت خود بیندیشد. زیرا موفقیت او در درجه اول به نفع خانواده او خواهد بود 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 فداکاری های عجیب و غریب نیست، در نتیجه هیچ اشکالی ندارد افراد دید شخصی داشته باشند اما سالم رفتار کنند.

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

لباس نامرئی

آرزو خاکی

دانشجوی کارشناسی فیزیک
khazaei_arezoo@yahoo.com



بررسی فناوری‌های موجود در جهان برای نامرئی کردن انسان و اشیاء و همچنین محدودیت‌ها و آینده‌ی این فناوری باید قبول کنید که شما هم دوست دارید یک شل نامرئی داشته باشید. فاش شدن یک اشتباه خجالت‌آور در یک میهمانی؟ فقط کافی است تا جامه‌ی جادویی خود را بپوشید و از نگاه‌های تحقیرآمیز مهمان‌ها ناپدید شوید. می‌خواهید بشنوید که واقعا رژیستان 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 صحرای بین کهکشانی، حداقل یک پیراهن نامرئی در لباس‌های خود دارند، ولی درباره‌ی ما، انسان‌های ضعیف در دنیای واقعی چطور؟

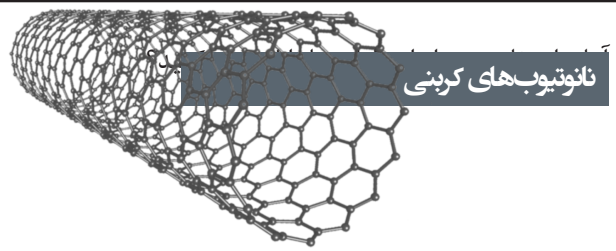
خب، انسان‌های عادی، علم خبرهای خوبی برای شما دارد: شل‌های نامرئی واقعی هستند. این فناوری تا تکمیل فاصله دارد اما اگر شما به فروشگاه مدرن لباس‌های غیب شونده‌ی ما قدم بگذارید، ما شما را به سمت گزینه‌های شل‌های نامرئی راهنمایی می‌کنیم.

اگر به درستی ساخته شوند، امواج نور را اطراف یک شیء 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^۲ 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 بگیرید و آن را روی بدنتان نمایش ندهید؟ اگر شما با همراهی ویدیوگراف‌ها^۳ سفر می‌کنید، این می‌تواند شل نامرئی شما باشد.

۳. blue screen
۴. videographs

در ابتدا، نگاهی می‌اندازیم به بعضی از مدهای شگرف نانوتیوب کربنی^۱ 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 شل و محیط اطراف سبب ایجاد یک سرایشی 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^۱ جا بشوند. شاید شما چیزی را ترجیح می‌دهید که از فرامواد^۲ درست شده باشد. این ساختارهای کوچک، کوچکتر از طول موج نور هستند.

۱. ظرف کوچک مخصوص کشت میکروب
۲. metamaterial



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 تعیین‌کننده‌ی 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^۱ را دارد.

این محصول فراماده متشکل بود از حلقه‌های متحد الکرکز 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 شده Vladimir Shaleev از دانشگاه پردو^۲ Smolyaninov فراماده‌ای ساخت که قادر به خم شدن نور مرئی اطراف یک شی شد.

تنها پهناي ۱۰ میکرو متر، شل دانشگاه پردو متشکل از حلقه‌های طلایی متحدالمرکزی است که توسط نور فیروزی قطبی افشاند شده است.

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

بیایید ابتدا این شل نامرئی نانوتیوب کربنی را امتحان کنیم و شگفتی‌های پدیده سراب را تجربه کنیم شما احتمالاً 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^۳ 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 احتمالاً 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 شگفت‌انگیزی 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 نامرئی 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 شل‌های 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 شلی 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،

۵. خمیدگی فوتوترمال= photothermal deflection

۶. ریز موج

۷. Perdue

می کنند و به طور موثر (در نهایت) باعث نامرئی شدن آن می شوند.

فیزیک دانان چینی دانشگاه Wuhon این مفهوم را وارد محدوده ی

شنوایی کرده اند. این کار با ساخت پوشش ناپدید صدایی^۸ قادر

به منحرف کردن امواج صوتی از اطراف شی امکان پذیر است.

در حال حاضر شل های نامرئی ساخته شده از فرامواد به نوعی

محدود هستند. علاوه بر این که بسیار کوچک می باشند، محدود

به ۲ بعد نیز هستند. پس برای ناپدید شدن در یک منطقه جنگی ۳

بعدی به هیچ وجه مناسب نیست!

همچنین شل حاصل وزنی بیشتر از آن دارد که حتی یک جادوگر

تمام بتواند شل را جابه جا کند!!! در نتیجه این تکنولوژی بهتر

است برای مخفی کردن ساختمان ها یا وسایل نقلیه مانند تانک به

کار برود!

اجزای شل نامرئی

بسیار خوب! 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 می کند؟!

ابتدا، بیایید از نزدیک نگاهی به بارانی بیاندازیم: بارانی از مواد

بازتابنده ساخته شده. این مواد با تکنولوژی بالا توسط هزاران

دانه ی ریز پوشیده شده است. هنگامی که نور به یکی از این

دانه ها برخورد کند، پرتوهای نور دقیقا در همان مسیر قبلی

بازتابیده می شوند.

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 می کند چون پرتوهای ورودی نور در جهات مختلف پراکنده

می شوند. یک سطح کاملا هموار (صاف) مانند آینه بازتابی ایجاد

می کند که در آن زاویه تابش با زاویه بازتابش برابر است. در پس

بازتابیدن، مهره های شیشه ای مانند منشور عمل می کنند، یعنی

پرتوهای نور را خم می کنند. این باعث می شود تا نورهای بازتابیده

شده در همان مسیر نورهای تابیده شده برگردند. نتیجه این که

ناظری که در منبع نور قرار دارد نور بازتابیده شده ی بیشتری را

مشاهده می کند پس جسم را روشن تر می بیند.

مواد پس بازتابگر بسیار معمول هستند. در ساخت علائم راهنمایی

و رانندگی، خطوط جاده و بازتابنده های دوچرخه همه از مواد پس

بازتابگر استفاده شده تا برای افراد که در شب رانندگی می کنند

نمایان تر باشد. همچنین از این مواد برای درخشندگی بیشتر

پرده های فیلم تئاترهای مدرن تجاری استفاده می شود. در استتار

نوری به کارگیری این مواد حیاتی است چون دو لازمه ی 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

می کند، دورنمای مناسب را محاسبه کرده و تصویر ضبط شده را به

طرحی تبدیل می کند که بر روی ماده پس بازتابگر انداخته خواهد

شد. پروژکتور سپس تصاویر اصلاح شده را با تاباندن پرتو نور از

سوراخی که توسط دیافراگم عنبیه کنترل می شود، بر روی لباس

می اندازد.

این دریچه از صفحات ماتی تشکیل شده و حلقه هایی را می چرخاند

که قطر سوراخ مرکزی را تغییر می دهد. 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 می کند تا صفحه

استتار نوری

واقعیت تغییر یافته

این تکنولوژی از مزایای تکنولوژی واقعیت بزرگ شده^۹ بهره می برد.

تکنولوژی که برای اولین بار در سال ۱۹۶۰ توسط Ivan Sutterland و

دانشجویانش در دانشگاه های هاروارد و اوتا، پایه ریزی شد.

استتار نوری تجربه ای همانند شل نامرئی هری پاتر ارائه می دهد

با این تفاوت که استفاده از آن مستلزم آرایش پیچیده ای می باشد.

ابتدا شخصی که می خواهد نامرئی باشد (فرض کنیم اسم او هری

است) لباسی مانند یک بارانی کلاه دار می پوشد. این لباس از

ماده ای خاص ساخته شده که بعدا بررسی خواهیم کرد.

سپس یک ناظر (برای مثال پروفیسور اسنپ!) در یک موقعیت

مخصوص روبروی هری می ایستد، حال در آن مکان به جای دیدن

هری با بارانی کلاه دار، اسنپ دقیقا از میان شل می بیند که

باعث می شود هری نامرئی به نظر آید! حال اگر اسنپ، هری را از

مکان دیگری ببیند (از زاویه ی دیگری به هری نگاه کند)؟ مسلما او

پسرک جادوگر را می بیند که شلی نقره ای به تن دارد! خوشبختانه

شل تخیلی هری از همه ی زوایا نامرئی دیده می شود!

استتار نوری از طریق سحر و جادو کار نمی کند.

سیستم های واقعیت بزرگ شده اطلاعات کامپیوتری را به ادراک

حسی کاربر اضافه می کنند. تصور کنید که در پیاده روی یک شهر

در حال قدم زدن هستید، همان طور که به مناظر در طول مسیر

نگاه می کنید، اطلاعات اضافی نیز وارد دید شما می شوند. این

اطلاعات می تواند مثل یک روز خاص در رستوران، زمان های نمایش

در تئاتر و یا برنامه اتوبوس در ایستگاه باشد. آنچه مهم است درک

تفاوت واقعیت مجازی و واقعیت بزرگ شده می باشد. در حالی که

واقعیت مجازی سعی در جایگزینی دنیا دارد، واقعیت بزرگ شده

صرفا تلاش می کند تا آن را با مطالب مفید کامل تر کند. می توان آن

را مانند صفحه نمایش سر بالا (HUD) برای زندگی روزمره دانست.

اکثر سیستم های واقعیت بزرگ شده به یک ناظر نیاز دارد تا از

طریق یک دستگاه مشاهده مخصوص، صحنه ی دنیای واقعی را که

توسط گرافیک ساختگی تقویت شده ببیند. این کار، همچنین به

کامپیوتری قوی نیاز دارد. علاوه بر این ها، استتار نوری مستلزم

۸. acoustic invisibility cloak

۹. augmented-reality

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 کنند 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^۱ خوانده می‌شود و ضرورتاً 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^۲ 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.

بتواند (در اینجا شل نامرئی) در هر فاصله دلخواه از پروژکتور قرار بگیرد.

در نهایت کل سیستم نیازمند آینه‌ی مخصوصی است تا هم تصاویر را به سمت شل بازتاب کند و هم اجازه دهد تا پرتوهای نور از شل 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 کاملاً 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 شل نامرئی یک شخص را نامرئی می‌کند. تصویر زیر یک آرایش ساده از تمامی دستگاه‌ها و قطعات مختلف را نشان می‌دهد.

زمانیکه یک شخص شلی که توسط مواد بازتابنده ساخته شده را می‌پوشد، سلسله اتفاقات زیر به وقوع می‌پیوندد:

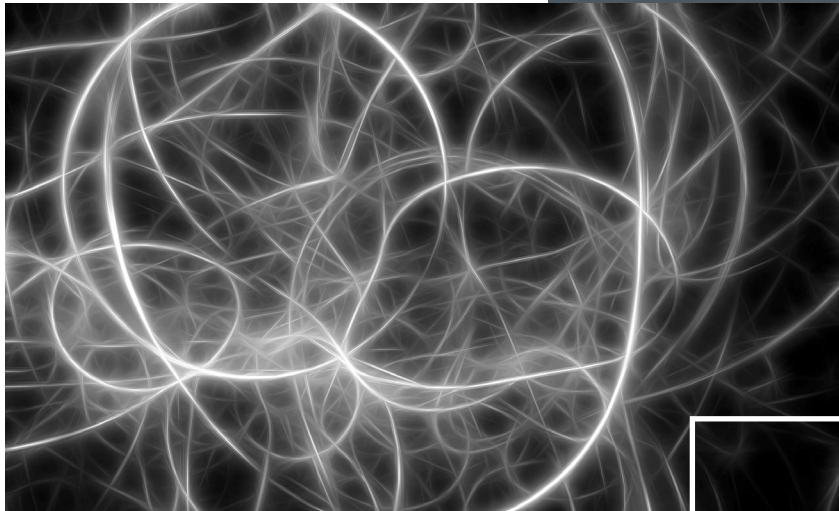
۱. یک دوربین تصویر برداری دیجیتالی تصویر پشت شخص پوشنده‌ی شل را ضبط می‌کند.
۲. کامپیوتر تصویر ضبط شده را پردازش می‌کند و محاسبات لازم را برای تطابق تصویر ثابت یا ویدئو انجام می‌دهد بنابراین زمانیکه تصویر تابش می‌شود واقعی به نظر می‌رسد.
۳. پروژکتور تصویر تقویت شده را از کامپیوتر دریافت می‌کند و تصویر را از درون یک دریچه به اندازه‌ی سرسوزن به ترکیب کننده تابش می‌کند.
۴. نیمه‌ی نقره‌ای آینه که کاملاً بازتابگر است، تصویر تابش شده را به سمت شخص پوشنده‌ی شل بازتاب می‌کند.
۵. شل مانند یک پرده‌ی فیلم عمل می‌کند، نور را مستقیماً به منبع باز می‌گرداند که در اینجا همان آینه است.
۶. پرتوهای نور بازتاب شده از شل از قسمت شفاف آینه عبور کرده و به چشمان بیننده می‌رسند و به یاد داشته باشید که پرتوهای نور بازتاب شده از شل در بردارنده‌ی تصویر صحنه‌ای هستند که در پشت فرد پوشنده‌ی شل وجود دارد.

شخص پوشنده‌ی شل 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 شل نامرئی تصاویری از ماجراهای خیالی، جاسوسی‌های جادویی و حيله‌های دنیای خیالی را تداعی کند.

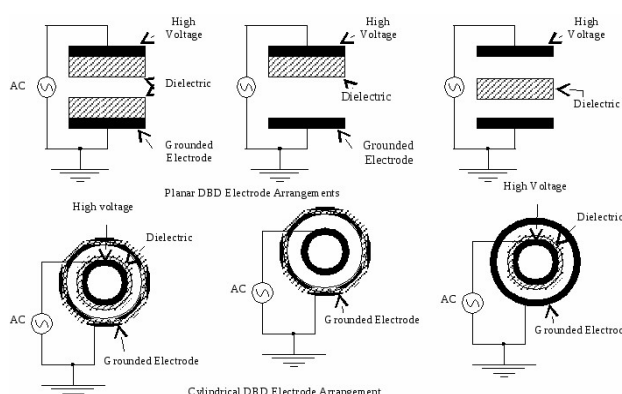
پلازما و برهمکنش آن با مواد



پلازما 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 پلازما 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 کنده‌کاری 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 پلازما 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 تابش‌های UV و VUV را تولید می‌کنند. این ذرات و فوتون‌ها، سطح در تماس با پلازما را، بمباران کرده و مشخصات سطحی آن را تغییر می‌دهند. همین ویژگی منحصر به فرد در پلازما عامل اصلی استفاده از آن در افزایش بازده سلول‌های خورشیدی بوده است.

اولین بررسی‌های آزمایشگاهی بر روی تخلیه الکتریکی با مانع دی الکتریک (DBD) در سال ۱۸۵۷ توسط زمینس انجام گرفت. از ویژگی‌های 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 الکترودها به سطح دی الکتریک می‌رسند، بارهای منفی روی سطح دی الکتریک به دام افتاده و یک میدان الکتریکی مخالف ایجاد می‌کنند. این میدان الکتریکی از تجمع بیشتر الکترودها در همان مکان جلوگیری می‌کند. بنابراین، الکترودها روی سطح دی الکتریک پخش شده و این امر منجر به پهن‌تر شدن تخلیه روی سطح دی الکتریک می‌شود. بدین ترتیب از شکل‌گیری قوس یا جرقه جلوگیری می‌شود.

انرژی الکتریکی منتقل شده به پلاسمای تخلیه، عمدتاً به الکترودهای 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 تخلیه‌ها 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 معمولاً برای کندنه کاری و مواردی که سطوح نیاز به یکنواختی ندارد از قبیل تمیزکاری سطوح مواد و لایه نشانی بخار شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

پلاسماها را می‌توان با توجه به دمای یون‌ها، الکترودها و درجه یونیزاسیون، به دو گروه پلاسمای دما پایین و پلاسمای دما بالا تقسیم کرد. در پلاسمای دما بالا، دمای الکترودها و ذرات اتمی و مولکولی بسیار بالا بوده و تمام الکترودها، یون‌ها و ذرات موجود در آن در حالت تعادل حرارتی قرار دارند. این نوع پلاسماها معمولاً پلاسمای کاملاً 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، الکترودها، 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 الکترودها منتقل می‌شود که باعث تولید الکترودهای 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 کنش‌های 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 بر حسب 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 نسبتاً 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.

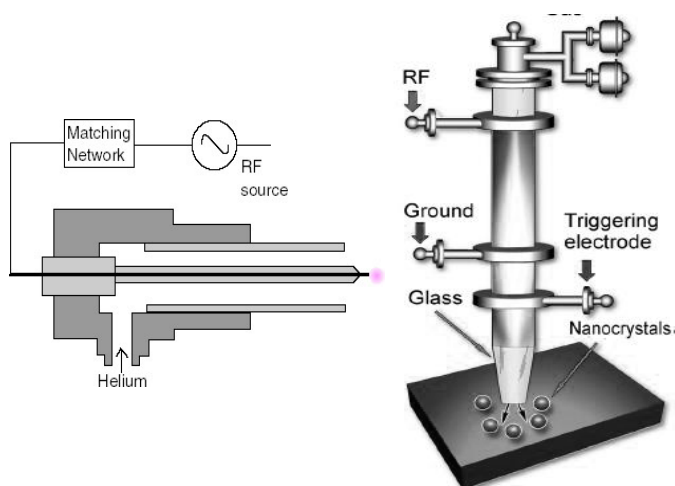
اتمی برانگیخته و یا شامل مولکول‌هایی با واکنش‌پذیری بالا شامل مونومرهای تولیدی در پلاسما هستند.

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 واکنش‌های 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 (الکتروود سوزنی به قطر داخلی ۷۰۰ میکرومتر و با توان ۳۵ W) فیلم‌های سیلیکونی به ضخامت ۳ میکرومتر را کریستالی کردند. این فرآیند به دلیل گرمای سطحی با جایگزینی 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 ترک‌ها 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.

نوع دیگری از تولید پلاسما غیر حرارتی، پلاسمای جت در فشار اتمسفر (APPJ) است. این نوع از پلاسماها علاوه بر کاربردهایی در برهم کنش با سطوح مواد در گندزدایی باکتری‌ها نیز استفاده می‌شود. پیکربندی این پلاسماها شامل ۲ الکتروود محوری است که گاز (ترکیب هلیوم، اکسیژن و دیگر گازها) بین این دو الکتروود 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 الکتروود مرکزی، ولتاژی با توان ۵۰-۱۰۰ وات در فرکانس ۱۳/۵۶ MHz اعمال شده و الکتروود بیرونی به زمین متصل می‌شود. ذرات فعال پلاسما در این حالت با سرعت بالا از دهانه لوله خارج و با ناحیه مورد 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 برهم 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 هستند که علاوه بر شکستن باندهای شیمیایی، در محدوده‌ی مرئی، قادر به تولید بار سطحی مثبت در فوتو الکتریک می‌باشند.

۲- دومین دسته از ذرات واکنش‌پذیر 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 فلئوئورهای تک اتمی، اکسیژن در حالت‌های

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 TiO₂ 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

فاطمه هاشمی فر

دانشجوی کارشناسی فیزیک
hashemifar.f@gmail.com

بیت‌های شگفت‌انگیز

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 محدودیت‌هایی در حل مسئله توسط رایانه‌های کلاسیک وجود دارد، مسئله‌هایی آن‌قدر سخت که اگر تمام رایانه‌های دنیا را برای حل آن جمع کنیم بازهم زمان خیلی زیادی طول می‌کشد تا جوابش پیدا شود. خوب حالا این جاست که قضیه جالب می‌شود و رایانه‌های کوانتومی می‌توانند به درد بخورند. رایانه‌های کوانتومی به وسیله‌ی بیت‌های کوانتومی یا کیوبیت^۲ 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 می‌تواند چهار 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

Classical Bit

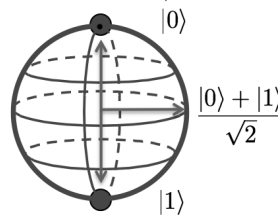
دهند، مسئله‌هایی که حل آن‌ها توسط رایانه‌های امروزی قرن‌ها طول می‌کشد به اندازه‌ی نوشیدن یک فنجان قهوه وقت می‌گیرد. این رایانه‌ها برنامه‌های خیلی دور از ذهن می‌سازند که می‌تواند باعث پیشرفت در زمینه‌هایی مثل: یادگیری ماشین‌ها، پزشکی، شیمی، رمزنویسی، علم مواد و مهندسی شود و همین طور برای درک بخش‌های سازنده‌ی جهان به انسان کمک کند.

منبع

vidoal.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 کجاست؟ رایانه‌های کوانتومی را مثل نقشه‌های تونل‌های زیرزمینی در نظر بگیرید که دارای دو خط قطار، یکی قطار محلی فیزیک کوانتوم 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



Qubit

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 پرندوها و سنگ‌ها به ظاهر قابل پیش‌بینی رفتار می‌کنند ولی در مقیاس نانو نامشخص و به‌طرز تعجب‌آوری دیوانه می‌شوند؛ دراین رابطه کشف شد 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 از یک مکان به مکان دیگه دورنوردی^۱ می‌شوند و همین طور می‌توانند در هم بیچند به طوری که جدا کردن‌شان غیرممکن شود. ذرات در حالت کوانتوم می‌توانند به چیزی که ما آن را برهم‌نهی می‌نامیم برسند. حالتی که در آن واحد ذرات می‌توانند در حالت‌های چندگانه‌ای وجود داشته‌باشند. شما این جمله را زیاد شنیده‌اید؛ می‌دانید که لپ‌تاپ روی میزتان تلفن هوشمند در

۱. Teleportation

۲. Qubit



در یک صبح دلنشین خدمت **دکتر وحیدرضا یزدان پناه** 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 شهید بهشتی برای ادامه تحصیل دکتری، ارکانزاس آمریکا را در رشته جدید میکروالکترونیک-فوتونیک انتخاب می‌کند.

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 کالیفرنیا آمریکا بعنوان مهندس لیتوگرافی و مهندس ارشد IC مشغول به کار شد. ایشان هم اکنون در پژوهشکده الکترونیک دانشگاه علم و صنعت مشغول فعالیت‌های علمی هستند.

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 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 برمی‌گردد چیزی جدیدی را با خودت بیاوری که کار خاصی در آن 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 ۴ مقاله بین‌المللی داشتم که برای آرایه‌ی 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 ایجاد کرد. ابتدا پذیرشی از دانشگاه افسه 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 در سال ۲۰۰۰ شروع شد و من دومین دانشجوی دکتری در این رشته بودم. «کن ویکرز» از شرکت TI (Texas Instrument) به دانشگاه آرکانزاس آمد و با

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

من یادم هست که در سال ۶۹ که انتخاب رشته می‌کردم هفت انتخاب اولم فیزیک بود. آن زمان هم این صورت بود که رتبه‌های بالا اول مهندسی‌ها و بعد علوم پایه و دیگر رشته‌ها را انتخاب می‌کردند.

انتخاب من به این دلیل بود که علاقه‌ی زیادی به درک مفاهیم طبیعت داشتم. علاقه داشتم با تحقیق چیزهای جدید کشف کنم و قوانین حاکم بر طبیعت را بهتر درک کنم.

من دبیرستان هم نرفتم و فقط شهریورماه در امتحان پایانی شرکت می‌کردم. دلیل آن هم این بود که از این که ۲ ساعت در کلاس درس بنشینم بخاطر مطلبی که می‌توانستم در ۱۵ دقیقه بخوانم و بفهمم خسته می‌شدم. بنابراین در منزل درس می‌خواندم و وقت اضافی را به کار یا تحقیق روی مسایل مورد علاقه می‌گذراندم. مثلا، یادم می‌آید که تحقیقی انجام دادم در همان سال‌های دبیرستان که در مجله دانشمند چاپ شد و بعدها آن مقاله در سال دوم دوره‌ی کارشناسی جایزه‌ی دکتر حسابی 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 نهاده‌است. بعد از مدت 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،

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 یاد گرفتم.

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 سرمایه‌گذاری 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 پساکترای 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 کنجکاو می‌شدم را برانگیخت. ۴ واحد پروژه لیسانس را در راه اندازی مجدد این آزمایشگاه برداشتم و ثمره‌ی این کار، سرپاشدن مجدد این آزمایشگاه شد. این علاقه‌مندی به این‌گونه کارها در دوره‌ی دکتری و پساکتری 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 بودجه‌های اقتصادی نبود. وضعیت به گونه‌ای بود که شرکت حتی هزینه خرید لیوان یک بار مصرف کارکنان را هم قطع کرد و هر کارمند باید از منزل لیوان خود را می‌آورد. در این شرایط بد اقتصادی، به چند بحران ساخت چیپ‌های 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 دستگاه‌های جدید با امکانات موجود و کمترین هزینه، جهت رفع معضلات صنعتی یا تکنولوژی لذت می‌بردم.

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

کمک چندتن از اساتید از جمله پروفیسور 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 الکتریسته از موج نوری (لیزر) و به جای سیم از فیبرهای نوری استفاده می‌کند. در این صورت شما پرسرعت‌ترین و کوچک‌ترین چیپ‌های الکترونیکی را خواهید داشت.

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 می‌گذرانیدیم 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 نکرده بود. یعنی اگر کسی حل می‌توانست چندمیلیون دلار سود ببرد، چرا که یک چالش تکنولوژی بسیار کاربردی را حل کرده بود. این سوالات را به ما دادند و گفتند که رهیافتی برای حل این مسئله پیدا کنید. یک هفته فرصت می‌دادند برای حل این مساله‌ها و طبیعتا 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 از حل عملا خود می‌توانست یک مقاله شود. بعد از 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 ۲۰۰۲ برای چند سال دچار رکود اقتصادی شد و بازار کار کم رنگ بود، در هر دو زمان من پیشنهاد کار داشتم در صورتی که خیلی از فارغ التحصیلان رشته‌های دیگر پیشنهاد کاری نداشتند.

زمینه‌های پساکترای شما ایجاب می‌کرد یا اینکه واقعا برای ادامه تحقیقات برنامه داشتید و انتخاب شخص شما بود؟

زمینه‌های پساکترای 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 دستگاه‌های 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

جوایز علمی و تخصصی

۱. لوح تقدیر «ویفر طلایی» برای ابداع روش نوین در Wafer-Temporary-Bonding از Keysight Technologies کالیفرنیا آمریکا ۲۰۱۳.
۲. لوح تقدیر «ویفر طلایی» برای بهینه سازی فرایند جدا سازی چیپ های الکترونیکی با لیزر از Keysight Technologies کالیفرنیا آمریکا ۲۰۱۳.
۳. کسب عنوان برترین اختراع و نوآوری از Keysight Technologies کالیفرنیا آمریکا ۲۰۱۰.
۴. لوح تقدیر از کنفرانس 2nd Annual Tech Summit Conference دانشگاه ارکانزاس آمریکا ۲۰۰۲.
۵. لوح تقدیر از کنفرانس 1st Annual Tech Summit Conference دانشگاه ارکانزاس آمریکا ۲۰۰۱.
۶. احراز رتبه اول در اولین سمپوزیوم پروژه های دانشجویی در فیزیک تهران ایران ۱۹۹۴.
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.

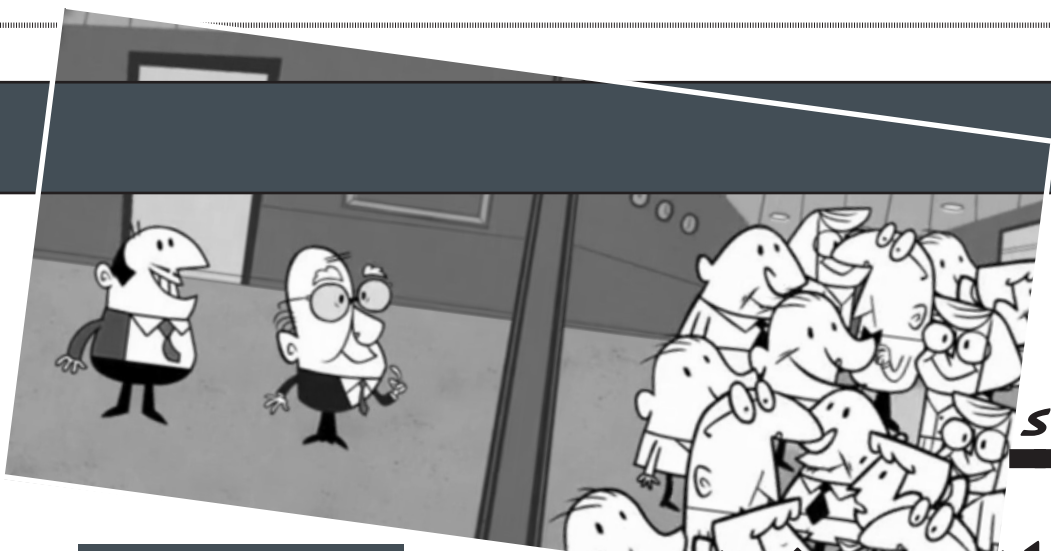
برگزیده‌ای از مقالات

1. "Carbon Nanotube-DNA Nanoarchitectures and Electronic Functionality", Small, 1356, 11, 2, USA, 2006.
2. "Structural Evolution in Strained In_{0.18}Ga_{0.82}As 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 7μm", 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.

به ایران با اجازه ریاست پژوهشکده، آقای دکتر میرزا کوچکی، به تیم راه‌اندازی این دستگاه پیوستم و در کمتر از ۶ ماه موفق به راه‌اندازی آن شدیم که تا کنون ۲ عمل رشد موفق هم داشته ایم. در این مدت، بیش از ۶۰ مورد از مشکلات مربوط به این دستگاه شناسایی و تعمیر شد.

به عنوان آخرین سوال، آینده‌ی علم‌ای این کشور مخصوصاً در زمینه فیزیک و علوم مرتبط را چگونه ارزیابی میکنید؟

من خیلی پیشرفت می‌بینم نسبت به سال‌های گذشته، نسبت به ۱۷ سالی که در ایران نبودم. اگر بخواهم نمونه‌ای را مثال بزنم می‌شود از ساخت دستگاه‌های بسیار متنوع مربوط به فناوری نانو نام برد، مانند دستگاه‌های مشخصه‌یابی که فیزیکدانان و مهندسان از آن‌ها استفاده بسیار می‌کنند مانند STM XRD AFM و SEM. ساخت این دستگاه‌ها در ایران بسیار امیدوارکننده است. اتفاق زیبای دیگری که در یکی دو دهه اخیر روی داده و در جریان است به وجود آمدن شرکت‌های دانش بنیان است. در واقع این جریان در راستای یک شناخت صحیح از توانمندی‌های صاحبان دانش (در راس آن‌ها دانشگاه‌ها) و نیاز صنعتی کشور می‌باشد. طبیعتاً بازتاب نظر داشتن به نیاز جامعه و صنعتی، باعث ارتقای سطح علمی دانشگاه‌ها و صاحبان دانش شده و به این گونه صنعت و دانشگاه‌های ما یکدیگر را تقویت می‌کنند و باعث رشد روز افزون خواهند شد. این تحولات اخیر آینده‌ای روشن را برای فیزیک و دیگر رشته‌های مربوطه پیش‌بینی می‌کند.



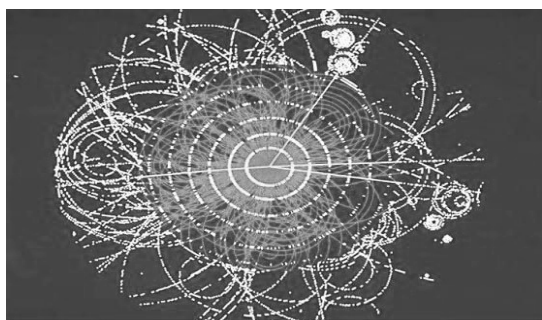
فاطمه هاشمی فر

داستان یک مهمانی بوزونی

حرکت می‌کند. این تجمع مشابه بوزون هیگز است. مهم است که به یاد داشته باشیم که این طور نیست که ذرات سنگین‌تر با میدان هیگز تعامل بیش‌تری داشته باشند. در مقایسه ما در مهمانی تمام ذرات تا زمان ورود به سالن یکسان هستند. هم پترهیگز و هم مامور مالیات هر دو جرم صفر دارند، تعامل با جمعیت است که سبب کسب جرم می‌شود. دوباره می‌گوییم: 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 جمعیتی در میدان است؛ درست شبیه شایعه‌ای که در طول 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 احتمالاً 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^۱ واپاشی می‌کند.



منبع

گروه نشر دانش گمانه

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

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، پترهیگز 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 پتر 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

امواج تلفن همراه و سرطان



DANGER Radiation Risk

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 خلاصه کردن 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.

بازه زمانی معین باشد. مقادیر SAR معمولاً برحسب وات بر کیلوگرم (W/Kg) در یک بافت معین بیان می‌شود. مطابق با اخبار منتشر شده از آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان (IARC)، سازمان بهداشت جهانی مقدار SAR ۲ W/Kg را برای تلفن‌های همراه توصیه می‌کند. کمیسیون ارتباطات فدرال (FCC) تنها مقدار ۱/۶ W/Kg را برای سر مجاز می‌داند. برای مقایسه این مقادیر، یک MRI معمولی سر را در معرض مقدار ۳/۲ W/Kg قرار می‌دهد. البته باید توجه نماییم که تکنولوژی مورد استفاده در MRI بسیار متفاوت از قرار گرفتن 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 ۱۰۰۰۰ نفر تحت تأثیر 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 احتمالی برای این نوع تومور باشد، اما هیچ قطعیتی در داده‌هایشان 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- شاهی

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

بیشتر مردم آگاه نیستند که امواج به کار رفته در ارتباطات تلفنی در دسته امواج مایکروویو قرار دارند. پهنای باند تلفن‌های همراه بین ۸۰۰ MHz (یا 3×10^{-1} eV) و ۱۹۰۰ MHz قرار دارند و دیگر فناوری‌ها نظیر بلوتوث (۲۴۰۰ GHz) یا WLAN (تا ۵۰۰۰ MHz یا 2×10^{-1} 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 10^{-9} eV) کار می‌کند.

تابش مایکروویو یک تابش غیر یونیزان 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 احتمالاً 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 تقریباً 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. معمولاً 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 برهم خوردن تنظیم درجه حرارت موضعی یا عمومی بدن وجود دارد. دکتر Volkow و همکارانش توانستند نشان دهند 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.

نخ 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

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 تأیید می‌کنند. دومین مطالعه عمده دیگر که توسط Carlberg و Hardell انجام شده است، این نتایج را رد می‌کند. Carlberg و Hardell 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 آماده کردند و گروهی از افراد (حدود ۳۵۳۰ نفر) را مورد بررسی قرار دادند 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 ۱۰۰۰۰ 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. نویسندگان نمی‌دانند 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 دنبال کردند. 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 توجهی 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 مجدداً 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 شدت‌های متفاوت قرار دادند. برای نمونه مقادیر $4/0 \text{ W/Kg}$ و $4/0 \text{ W/Kg}$ و $0/4 \text{ W/Kg}$ و 0 W/Kg را انتخاب

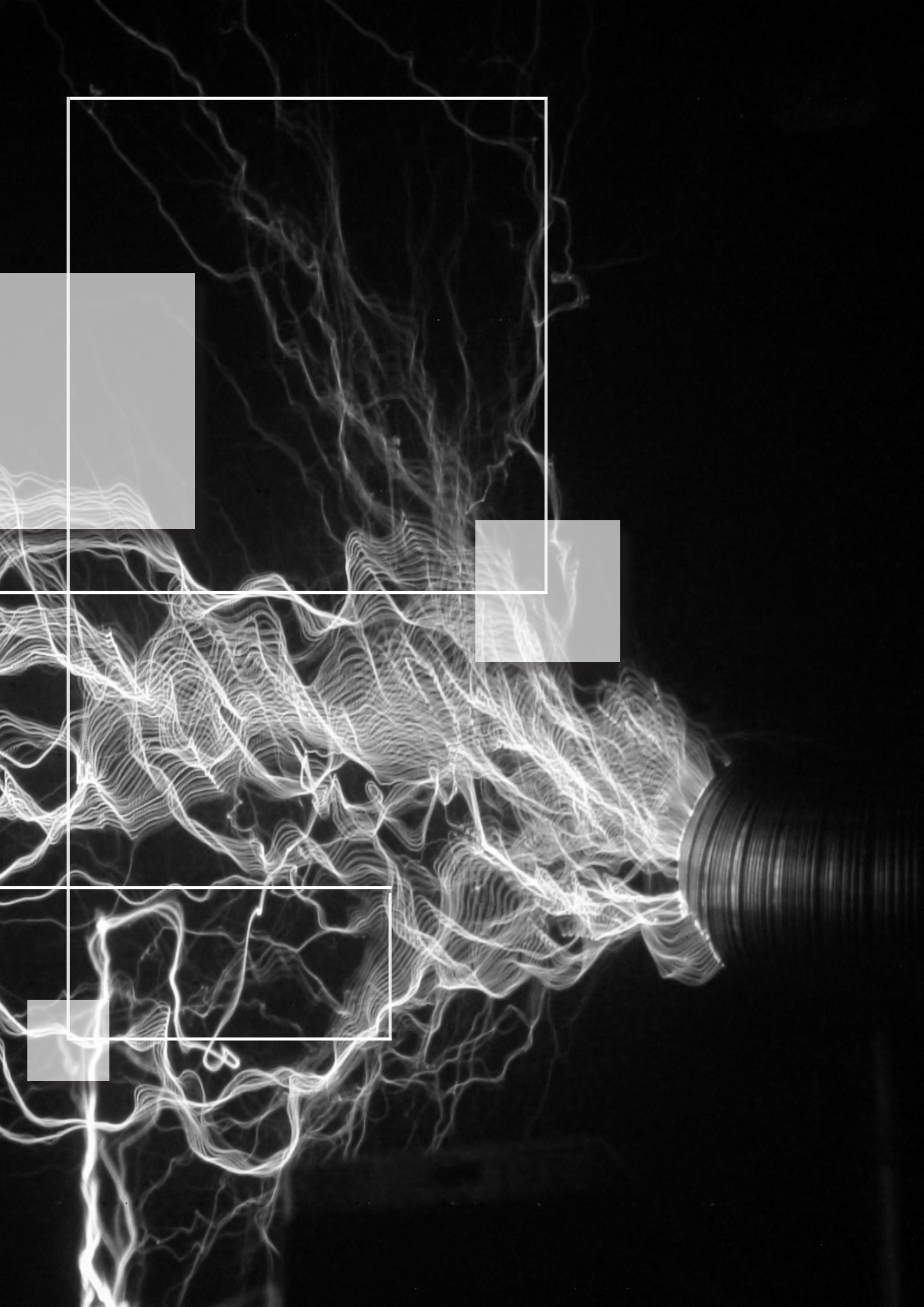
نمودند. به سبب تغییرات ژنتیکی، موش‌ها صرف نظر از این که در معرض تابش قرار دارند، سرنوشت‌شان به داشتن تومور منجر شد. اما از آن میان، موش‌هایی که در معرض تابش‌ها قرار گرفته بودند زودتر تومور گرفتند. این نتایج ابتدا توسط یک تیم آلمانی یافت شده بود. علاوه بر این نتیجه که ارتباط میان تابش و زمان بروز تومور 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 Little و 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.

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 میدان‌های 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، ناراحتی‌های 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، اما 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.

اطراف خود ایجاد می کنند. خطوط انتقال برق فشارقوی، ایستگاه های برق فشارقوی، ایستگاه های مترو، اتوبوس های برقی و... از جمله وسایل و تأسیسات پرانرژی به شمار می روند. اگر بدن به مدت طولانی در برابر تابش پرتوهای این تأسیسات قرار گیرد، دچار آسیب می شود. اثرات سوء میدان های الکترومغناطیسی به ویژه میدان های تلفن همراه به صورت فزاینده نقش تخریبی در بدن، اعضا، بافت ها، سلول ها و ماکرومولکول های حیاتی مانند DNA، پروتئین ها، آنزیم ها خواهد داشت که در شرایطی می تواند منجر به سرطان شود. با توجه به کاربرد امواج الکترومغناطیس در صنایع مختلف، حال به بررسی برخی از این اثرات امواج الکترومغناطیس بر بدن انسان می پردازیم:

۱. اثرات امواج موبایل بر سلامت انسان

در حال حاضر سیستم های 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 می زند. هر نوع طول موجی زمانی که شدتش زیاد باشد می تواند بر روی نازایی تأثیر بگذارد. یکی از انواع این امواج، امواج الکترومغناطیسی است که بر اساس شدت و طول موج متفاوت اند. امواجی که طول موج کوتاه دارند، زیان بارتر و امواجی که طول موج بلندتری دارند، اثر زیان بار کمتری برای می گذارند. 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 سیستم های عصبی، تأثیر بر موج نگاری های مغزی، روی هموگلوبین خون، جذب امواج الکترومغناطیس موبایل از طریق پوست و بافت های مجاور جذب شوند و حرارت به صورت موضعی کمی بالا رود، این بالا رفتن حرارت و افزایش جریان خون موضعی ناشی از آن می تواند باعث افزایش مصرف انرژی و افزایش سوخت و ساز در سلول های مغزی ناحیه شود.

۲. اثرات دکل های برق فشارقوی بر سلامت انسان

در حالی که کابل های برق فشارقوی در حریم شهری قرار گرفته اند، کارشناسان معتقدند عبور این خطوط و عدم رعایت حریم آن ها می تواند موجب بروز بیماری های صعب العلاج و بروز مشکلات مختلف برای شهروندان شود. این خطوط می تواند 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 دکل های

ما در زندگی روزمره در محیط کار و خانه و مدرسه در معرض میدان های الکترومغناطیسی هستیم که این میدان های 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 قرار گرفته اند، تعدادی از پژوهشگران به تحقیق در این مورد پرداخته اند که به شرح آنها می پردازیم:

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 دندان های فردی که در تماس با میدان های 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 می دهد. این مطالعات که در سال ۱۹۸۲ کامل شده است. اولین بار توسط دکتر ساموئل میله ام در سال ۱۹۸۲ کامل شد. همچنین مطالعاتی در مورد ارتباط سرطان سینه و قرار داشتن در

معرض میدان های 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 می کند و باعث ضعف تمرکز و اختلال در یادآوری خاطرات می شود. مطالعه و تحقیقاتی

که در سال ۱۹۹۵ در فنلاند و کالیفرنیا انجام گردیده نشان می دهد کارگرانی که بیشتر در معرض میدان های الکترومغناطیس قرار گرفته بودند بیشتر به این بیماری مبتلا شده اند. طبق گزارش، دکتر لوندون و همکارانش در سال ۱۹۹۴ به این نتیجه رسیده اند که افراد شاغل در صنایع برق و تلفن نسبت به افراد شاغل در دیگر صنایع بیشتر در معرض میدان های الکترومغناطیس قرار دارند.

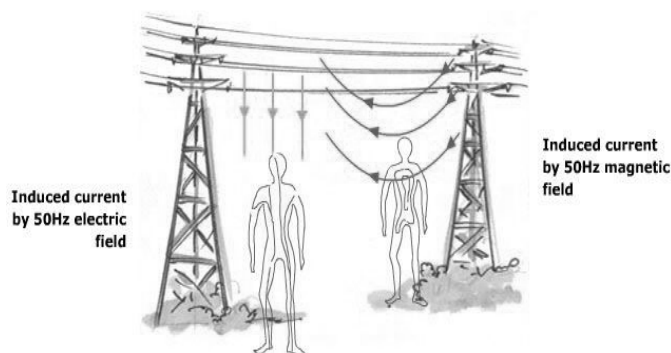
اثرات امواج الکترومغناطیس بر بدن انسان

هرجا الکترون حرکت کند میدان مغناطیسی در اطراف خود ایجاد می کند. این میدان ها حاوی انرژی هستند و انرژی آن ها می تواند به بدن انسان منتقل شود. بسته به مدت پرتوگیری بدن و همچنین فاصله بدن از میدان تابش، آسیب های وارده به بدن متفاوت خواهد بود. میدان های الکترومغناطیس ایجاد شده با حرکت الکترون، متناسب با ولتاژ و آمپراژ وسایل، تجهیزات یا خطوط انتقال و همچنین چگونگی حرکت الکترون، انرژی شان متفاوت است. وسایل سیم پیچ دار در منازل مانند سشوار، ماشین لباسشویی و... از جمله وسایلی هستند که میدان الکترومغناطیسی زیادی حتی بیشتر از یک دکل برق در

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 Physics 4(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 safety levels with respect to human exposure to electromagnetic fields, 0 to 3kHz. New York, NY, IEEE – The Institute of electrical and Electronics Engineers, 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](http://www.who.int/peh-emf/about/en/Static%20and%20ELF%20Fields.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

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.



نتیجه‌گیری

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 تجهیزات که دارای حداقل میزان انتشار امواج الکترومغناطیسی است محیطی مناسب برای کار و فعالیت ایجاد نماییم.

دانشجوی کارشناسی فیزیک
pegahsartipizadeh@gmail.com

است.

فرض کنید فلزی داریم که در وضعیت عادی است و دارای میدان مغناطیسی ثابت (داخلی) است؛ حال آن‌را سرد می‌کنیم تا به دمای بحرانی برسد در این زمان ما شاهد از بین رفتن فوری میدان خواهیم بود؛ که مطابق قانون لنز چنین انتظاری نمی‌رود. اثر مایسنر به کمک دو برادر Fritz و Heinz London مطرح شد که نشان دادند انرژی آزاد الکترومغناطیسی در ابررسانا مینیمم مقدار است.

دسته بندی ابررساناها

ابررساناها را می‌توان به دو نوع مختلف تقسیم کرد. ابررساناهای نوع یک که در آن‌ها خاصیت ابررسانایی در زمان رسیدن میدان به مقدار بحرانی H_c ناگهان از بین می‌رود. وابسته به شکل هندسی فلز مورد آزمایش ممکن است ماده به یک وضعیت دیگری برود که در آن نفوذ شار مغناطیسی با افزایش همراه است ولی همچنان مقاومتی در برابر جریان وجود ندارد تا زمانی که میدان بیش از حد بزرگ شود در میدان بحرانی دوم H_{c2} ابررسانا از بین می‌رود. بیشتر ابررساناهایی که عنصر ساده هستند از نوع یک هستند و تقریباً همه‌ی ابررساناهای ناخالص و ترکیبی از نوع دو هستند.

کاربردهای ابررسانایی در دنیای امروز

دانشمندان معتقدند ابررساناها مسیر آینده‌ی علم هستند و زمانی که مشکلات آن‌ها حل شود، کاربردهای این مواد به‌طور وسیع زندگی ما را دربر خواهد گرفت. در این قسمت مختصری از کاربردهای این مواد را بررسی خواهیم کرد. یکی از پیشرفت‌هایی که دنیای ابررسانایی نوید آن را می‌دهد، قطارهای شناور مغناطیسی^۲ 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 اثر مایسنر 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 قطار شناور مغناطیسی یاماناشی بصورت آزمایشی مورد

ابررسانا به معنی فوق رسانا می‌باشد و در واقع می‌توان گفت که این واژه در مورد رسانایی فوق العاده قوی به کار می‌رود و اجسامی که دارای این خاصیت باشند، اجسام ابررسانا گویند.

مقاومت الکتریکی بسیاری از فلزات و آلیاژها مانند: جیوه، روی، آلومینیوم و... هنگامی که به اندازه‌ی کافی سرد شوند به طور ناگهانی صفر خواهد شد. این پدیده به عنوان مهم‌ترین خاصیت ابررساناها شناخته می‌شود. برای اولین بار این پدیده در سال ۱۹۱۱ توسط فیزیکدان هلندی به نام اونس^۱ در عنصر جیوه و در دمای هلیوم مایع در حدود ۴ 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 اصطلاحاً اثر مایسنر نامیده می‌شود. به دنبال کشف پدیده‌ی ابررسانایی تلاش‌های بسیاری برای توصیف این پدیده انجام شد.

در سال ۱۹۳۴ یک مدل بسیار ساده توسط لاندن برای توصیف آن معرفی شد. این مدل اثر مایسنر را 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 صفر برسد).

زمانی که یک ابررسانا در یک میدان مغناطیسی ضعیف خارجی قرار می‌گیرد، میدان فقط به مقدار ناچیز λ در داخل ابررسانا نفوذ می‌کند که به آن عمق نفوذ لاندن می‌گویند که با گذشت زمان این مقدار به صفر می‌رسد به این پدیده اثر مایسنر می‌گویند و این اثر مشخصه‌ی ویژه‌ی ابررسانا است. برای بیش‌تر ابررساناها عمق نفوذ لاندن تقریباً در حدود ۱۰ نانومتر می‌باشد.

اثر مایسنر در مقابل انتظاری که از یک رسانای الکتریکی ایده آل می‌رود گنج‌کننده می‌باشد. مطابق قانون لنز وقتی که تغییرات میدان بر یک رسانا اعمال می‌شود در هادی جریانی القا می‌شود که جهت این میدان برخلاف جهت میدان به وجود آورنده‌اش است.

در رسانای ایده‌آل جریان بزرگی در هادی القا می‌شود که نتیجه‌اش خنثی کردن میدان اصلی می‌باشد. اثر مایسنر با بحث بالا متفاوت

ابررسانایی

معجزه‌ی



از آن‌ها وتلف شدن مقداری از انرژی به صورت گرما می‌شود. ابررساناها^۱ 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 نخواهد کرد. 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 صفرکلین نشان می‌دهند. همانطور که گفتیم ابررسانایی وقتی روی می‌دهد که مقاومت الکتریکی رسانا به صفر می‌رسد، سال‌ها بعد از کشف این حالت در سال ۱۹۱۱ محققان براین باور بودند که این حالت منحصر به زمانی است که فلز به دماهایی نزدیک به صفر مطلق می‌رسد، اما در سال ۱۹۸۶ بود که ابررسانایی در برخی از سرامیک‌ها هم مشاهده شد. این سرامیک‌ها در دماهایی بسیار بالاتر و نزدیک به دمای نیتروژن مایع (۱۹۶- سلسیوس) ابررسانا می‌شدند. البته این دما، دمای اتاق نیست اما خیلی از صفر کلین بیشتر است. متأسفانه به هر حال خاصیت ابررسانایی مواد به محض این که گرم شوند یا جریان زیادی از آن‌ها عبور کند از بین 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 بسیار زیادی 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.

استفاده‌است. طول مسیر آزمایشی ۱۸,۴ 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 ایمن‌تر هستند، همچنین محیط زیست را آلوده نمی‌کنند.

یکی دیگر از کاربردهای ابررساناها در ابزار جدیدی به نام اسکویید^۲ 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 در حد $1 \times 10^{-14} T$ 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 کلین خاصیت ابررسانایی از خود بروز می‌دهد. البته امروزه ابررساناهای سرامیکی ساخته شده‌اند که تا بیش از ۲۰۰ کلین (منفی ۶۰ 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 کلین) هم از خود خاصیت ابررسانایی نشان دهد. همانطور که از ظاهر امر برمی‌آید، خاصیت ابررسانایی در سرامیک‌ها و فلزات سرشتی متفاوت دارند.

سرامیک‌ها نارسانا هستند و سپس به ابررسانا تبدیل می‌شوند در حالی که فلزات رسانا هستند و ناگهان مقاومت در آن‌ها صفر می‌شود.

دمای گذار ابررسانایی هم در فلزات بسیار پایین‌تر از سرامیک‌ها است. به این ترتیب نظریه‌ی BCS دیگر قادر به توضیح ماهیت ابررسانایی در سرامیک‌ها یا ابررساناهای دمای بالا^۳ نیستند. دانشمندان تاکنون نظریه‌ای رضایت بخش برای توضیح این پدیده نیافته‌اند و این مسئله یکی از مهم‌ترین مسائل حل نشده‌ی تاریخ فیزیک است.

کشف پدیده عجیب فیزیکی که جلوی ابررسانایی را می‌گیرد.

رساناترین فلزات در طبیعت دارای مقداری مقاومت الکتریکی هستند که باعث گرم شدن آن‌ها در هنگام عبور جریان برق

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>.

Squid. ۳

Hig TC. ۴



ریحانه نبی زاده

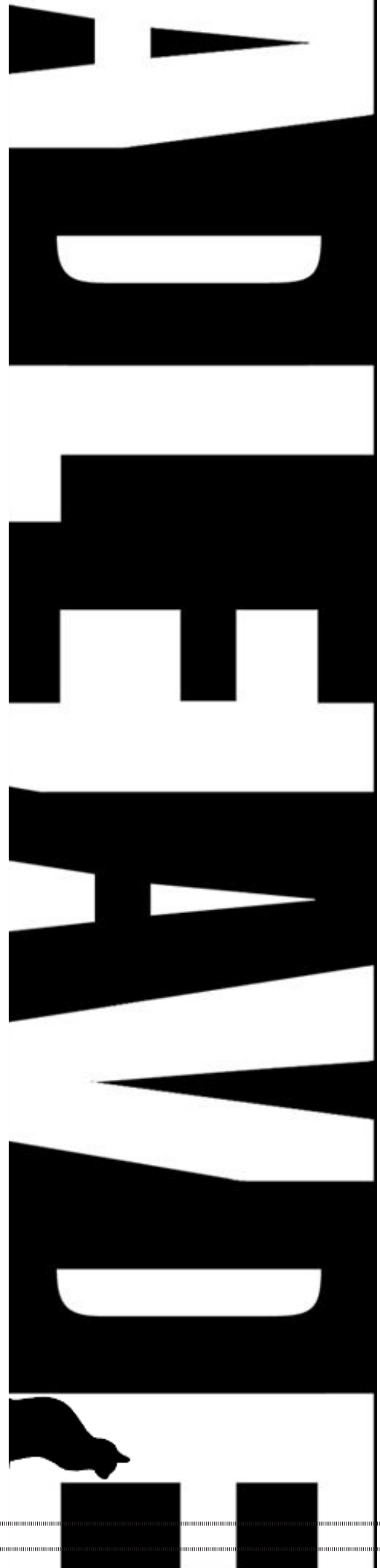
دانشجوی کارشناسی فیزیک
nabizadeh00@yahoo.com

گره‌ی شرودینگر زنده یا مرده؟

نظریه کوانتومی بیان می‌کند برای هر جسم یک تابع موج وجود دارد 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 (اندازه‌گیری) 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 قرار دارد 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 حتماً $aX+bY$ 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 شرودینگر ما می‌توانیم با جمع هر تابع دلخواه از حالت‌های خالص دوباره به یک جواب خالص دست پیدا کنیم. این جواب‌ها عمود برهم خواهند بود و این جواب خود یک معادله شرودینگر است.

فیزیک‌دان آلمانی ورنر هایزنبرگ چارچوبی نظری مبتنی بر اشیاء ریاضی نسبت ناشناخته‌ای موسوم به ماتریس‌ها ارائه کرد. در ماتریس‌ها خاصیت جابه‌جایی در ضرب وجود ندارد و این 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 خواهید داد. برعکس، اگر بخواهید اطلاعاتی درباره تکانه ذره کسب کنید یعنی اگر عدم



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 نشده است، 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 خواهد کشت 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 علی و معلولی بین آن‌ها پی‌ببرد.

چنان‌که انیشتین تذکر می‌دهد، نقص ظاهری موجبیت تنها ناشی از ناقص بودن توصیف کوانتومی است پس نباید نظریه کوانتومی را- در عین حال که موفقیت‌های شگرفی به دست آورده است- نظر نهایی دانست.

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 ۱۰۰ درصد 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.

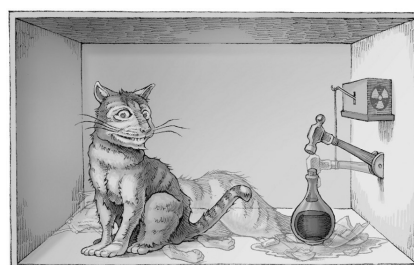
شرودینگر برای این که نشان دهد این مفهوم غیرقابل انکار برهم‌نهی تا چه اندازه احمقانه است آزمایش ذهنی را ترتیب داد.



شرودینگر یک گربه ی خیالی را در جعبه ای محصور فرض نمود. گربه رویه 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 این که 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 این که 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 طبیعتاً 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؟



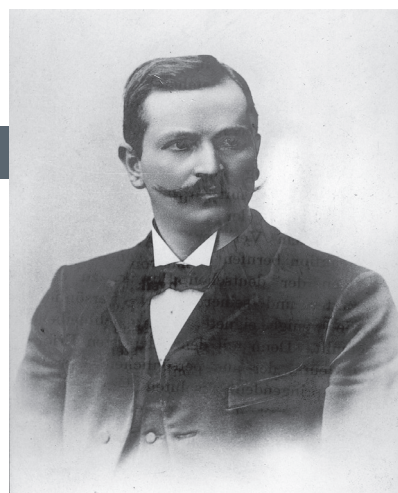
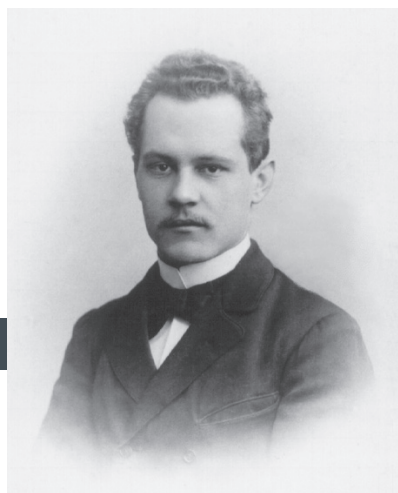
منابع

1. <http://www.bigbangpage.com>
2. <http://www.hawzah.net>

پیش اسب الکترونی از موانع تاریخی

فاطمه هاشمی فر

دانشجوی کارشناسی فیزیک
hashemifar.f@gmail.com



مدل درود درباره فلزات

کشف الکترون توسط تامسون تاثیر بسیاری بر تئوری های مطرح شده در مورد ساختار مواد، خصوصا مفهوم رسانش در فلزات داشت. در این میان مدل هدایت الکتریکی درود - لورنتس که دربارهی خواص حرکت الکترون ها در مواد خصوصا در فلزات بحث می کند، در سال ۱۹۰۵ ارائه گردید. این مدل در واقع، کاربردی از نظریه ی جنبشی گازهاست و توصیف خوبی از رسانندگی حرارتی در فلزات و اثر هال ارائه می کند. بنابر نظریه ی جنبشی گازها، مولکول های گاز به شکل کره های صلب شبیه به هم توصیف شده اند که حرکت مستقیم الخط دارند و در این مسیر با یکدیگر برخورد می کنند. در این نظریه از زمان بین برخوردها صرف نظر می شود و فرض می شود. در برخوردها هیچ نیرویی رد و بدل نمی شود.

Drude .۱

۳- فرض می‌کنیم الکترون برخوردش (به عبارت دیگر تغییر ناگهانی در سرعتش) را با احتمال $1/T$ در واحد زمان تجربه می‌کند. منظور از این گفته این است که احتمال این که یک الکترون در بازه‌ی زمانی بسیار کوچک dt برخوردی انجام دهد برابر dt/T است. زمان T ، بنابه موقعیت، زمان واهلش، زمان برخورد یا زمان آزاد میانگین نامیده شده و نقشی اساسی در نظریه‌ی رسانش فلزات ایفا می‌کند. این نام گذاری بر این فرض مبتنی است که یک الکترون که به صورت کاتوره‌ای انتخاب شده، در یک لحظه‌ی معین، تا برخورد بعدی‌اش به طور میانگین زمان T را می‌گذراند و به طور میانگین از آخرین برخوردش نیز زمان T را گذرانده است. در ساده‌ترین کاربرد مدل درود، زمان T از مکان و سرعت الکترون مستقل است.

۴- الکترون‌ها فقط از طریق برخورد با محیط اطراف خود به تعادل گرمایی می‌رسند.^۱ بنابراین فرض، این برخوردها تعادل ترمودینامیکی موضعی را با روش ویژه و ساده‌ای برقرار می‌کنند. بلافاصله بعد از هر برخورد چنین فرض می‌شود که الکترون با سرعتی که 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 جایی که برخورد در آن اتفاق می‌افتد داغ‌تر باشد، یک الکترون سریع‌تر از محل برخورد دور می‌شود. با ابداع نظریه کوانتومی و ارائه اصل طرد پاولی 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 انجام شد.

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:

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

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

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

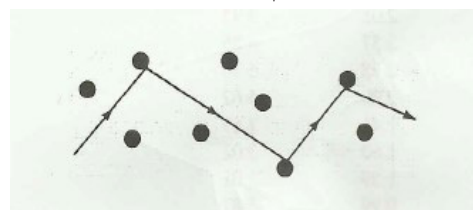
۱. با فرض قبول تقریب الکترون مستقل و آزاد، این تنها ساز و کار ممکن است که باقی‌ماند.

اگر همین نظریه‌ی جنبشی را در مورد فلزات به کار ببریم باید در نظر بگیریم که فلزات برخلاف گازها از یک نوع ذره تشکیل نشده‌اند و در مورد فلزات حداقل دو نوع ذره باید در نظر گرفته شود. درود ساختار فلزات را به شکل مجموعه‌ای از الکترون‌ها با بار منفی و متحرک فرض کرد و آن را گاز الکترونی نامید و برای جبران مسئله خنثی بودن فلزات به لحاظ الکتریکی، بارهای مثبتی را به صورت ذرات بسیار سنگین‌تر و ساکن در نظر گرفت. بدین ترتیب درود با توصیف یک ساختار فلزی فرض کرد که الکترون‌های ظرفیت در عنصر فلزی رها شده و آزادانه در حال حرکت باشند و یون‌ها، بارهای مثبت غیر متحرک آن عنصر فلزی باشند. درود نظریه‌ی جنبشی گازها را در مورد گاز الکترونی که در ساختارهای فلزی توصیف کرده بود به کار گرفت یعنی از توزیع آماری ماکسول-بولتزمن برای گاز الکترونی استفاده نمود. فرضیات مدل درود عبارتند از:

۱- از برهم کنش‌های 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 هر الکترون به طور یکنواخت بر یک خط راست حرکت می‌کند. در حضور میدان‌های اعمال شده‌ی خارجی فرض می‌شود که هر الکترون به گونه‌ای که قانون‌های حرکت نیوتن برای حرکت در حضور میدان‌های خارجی تعیین می‌کنند، حرکت می‌کند و میدان‌های پیچیده‌ی ناشی از سایر الکترون‌ها و یون‌ها نادیده گرفته می‌شود. نادیده گرفتن برهم کنش‌های الکترون-الکترون بین برخوردها اصطلاحاً به تقریب الکترون مستقل و نادیده گرفتن برهم کنش‌های الکترون-یون به تقریب الکترون آزاد معروف است.

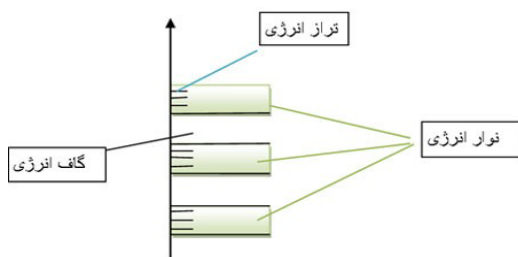
۲- برخوردها در مدل درود، همچون نظریه جنبشی، وقایعی لحظه‌ای هستند که به طور ناگهانی سرعت الکترون را تغییر می‌دهند. درود آن‌ها را (به جای برخوردهای الکترون-الکترون که در یک گاز معمولی، ساز و کار برخورد غالب است) مربوط به الکترون‌هایی دانست که توسط مقرهای غیر قابل نفوذ پس زده می‌شوند.

تصویر ساده مکانیکی‌ای (شکل ۱-۱) که در آن یک الکترون در مسیرش به یون‌ها برخورد می‌کند خیلی دور از واقعیت است. خوشبختانه این موضوع برای مقاصد بسیاری مسئله‌ای ایجاد نمی‌کند، زیرا درکی کیفی از رسانش فلزات را می‌توان به سادگی با فرض وجود نوعی سازوکار پراکندگی به دست آورد، بدون این که نیاز باشد در مورد این که این سازوکار دقیقاً 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 واقعاً چه طور رخ می‌دهد اجتناب کنیم.



شکل (۱-۱)

شکاف باند اساساً محدوده‌ی باقی مانده از سطوح انرژی است که توسط هیچ باندهی پوشش داده نشده، که این نتیجه‌ی محدود بودن عرض باندهای انرژی است. باندها عرضهای مختلفی دارند، وابسته به درجه‌ی همپوشانی در اوربیتال اتمی که باندها از آنها به وجود 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 باندهی در انرژی بالا وجود ندارد.



ساختار نوار در فلزات، نارساناها و نیمه‌رساناها

ویژگی‌های اَبَتیکی 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، نارساناها و نیمه‌رساناها. در فلزات نوار ظرفیت تکمیل است و قسمتی از نوار رسانش نیز توسط الکترون‌ها پر شده است. اما قسمت خالی نوار رسانش این اجازه را به الکترون‌ها می‌دهد که با به دست آوردن 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 می‌شود، الکترون‌ها نمی‌توانند به باند رسانش بروند و آزادانه حرکت کنند. در نیمه‌رساناها باند ظرفیت (در دمای صفر کلوین) پر است، اما به علت کم بودن پهنای نوار ممنوعه، الکترون‌ها با به دست آوردن کمی انرژی (مثلاً از طریق حرارت) می‌توانند به باند رسانش بروند و آزادانه حرکت کنند. نیمه‌رساناها با بالا رفتن دما به رسانا تبدیل می‌شوند.

سامرفلد با ادغام نظریه‌ی کلاسیک درود و مکانیک کوانتوم و توزیع آماری فرمی دیراک در مدل الکترون آزاد، پایه‌های مدل ساختار نواری در حالت جامد را بنا نهاد که کمک شایانی به توصیف پدیده‌های آزمایشگاهی نظیر ظرفیت گرمایی و قانون ویدمن-فرانتز می‌کند. بنا به قانون ویدمن-فرانتز نسبت رسانندگی حرارتی به رسانندگی الکتریکی 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 قرار دارند. 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 دهنده اش 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 زیاد از حد اوربیتال‌ها، اوربیتال‌های پیوندی نوار ظرفیت و اوربیتال‌های ضد پیوندی نوار رسانش را به وجود می‌آورند.

این اوربیتال‌ها با سطوح انرژی مجزا، در جامد تبدیل به یک نوار پیوسته می‌شوند که شامل N سطح انرژی است. N از مرتبه 10^{23} است. در کریستال یا جامدات حالت‌های الکترونیکی مکان خاصی ندارند و به علت تقارن، کریستال نسبت به حرکت انتقالی ناورد است.

رخ دادن باند و شکاف باند

یک تک الکترون 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، اوربیتال اتمی آنها به هم می‌پیوندند تا اوربیتال مولکولی تشکیل شود، که هر کدام در سطح انرژی گسسته‌ای هستند. هرچه اتم‌های بیشتری گرد هم آیند، اوربیتال مولکولی بزرگ‌تر و گسترده‌تر می‌گردد، و سطوح انرژی مولکولی به طور فزاینده متراکم‌تر خواهد شد. در نهایت، مجموعه‌ی اتم‌ها به تشکیل یک مولکول غول پیکر؛ یا به عبارتی دیگر، یک جامد خواهد انجامید. برای این مولکول غول پیکر، سطوح انرژی آنقدر به هم نزدیک‌اند که می‌توان آنها را به شکل یک زنجیره در نظر گرفت.

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.ir> دانشگاه ارومیه، دانشکده علوم، گروه فیزیک // مطالعه‌ی خط برگشت ناپذیری مغناطیسی ابررسانا

ارئه دهنده: سونای نشانی/ استاد راهنما: دکتر حسن صادقی

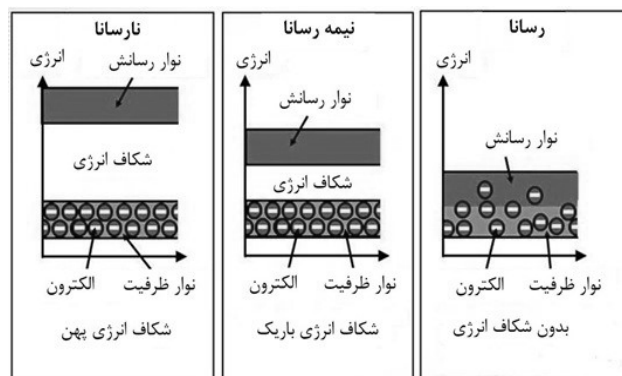
3. Introduction to solid state physics / Charles Kittel / Solid state physics/ Physics, Solid, State physics, Basic Physics, University, University Physics, Dynamics / 2005

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

5. <https://fa.wikipedia.org>

6. <http://www.comphys.ir>

7. <http://article.tebyan.net>



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 الکترون های آزاد را تعیین کند یا اینکه سهم الکترونی گرمای ویژه در دماهای پایین را توجیه کند. بنابراین تقریب الکترون مستقل نمی توانست توصیف خوبی از برخی خواص فلزات ارائه دهد. بروز ابررسانایی از دیدگاه تقریب الکترون مستقل بسیار غیرعادی می نمود.

فهم نظری پدیده ابررسانایی و خواص مربوط به آن از چند دیدگاه میسر شد. برخی نتایج حاصل از مطالعات ترمودینامیکی است و بسیاری از معادلات از پدیده های شناختی حاصل شد؛ نظیر معادلات لندن و تئوری گینزبورگ-لانداو.

بدین ترتیب پایه های اولیه برای ارائه تئوری میکروسکوپی و تئوری های بعدی با استفاده از نظریه کوانتومی غیرنسبیتی در ابررسانایی شکل گرفت.

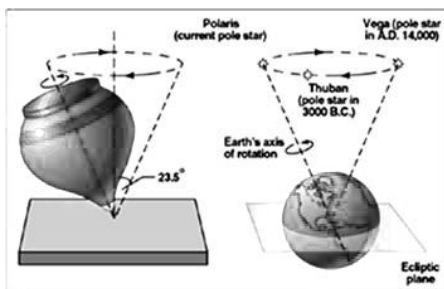
بشر به آسمان احترام می‌گذارد چون هنوز به آن دست نیافته‌است.

•• فردریش شیلر ••

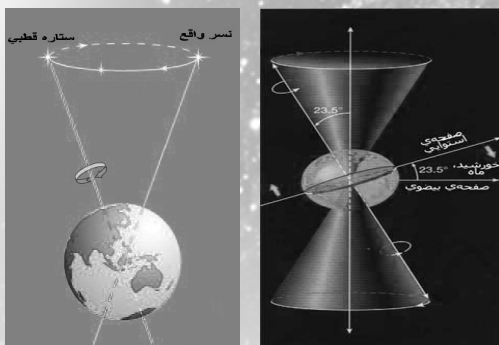
فرزانه حبیبی

دانشجوی کارشناسی فیزیک
f.habibi36@gmail.com

می‌رسد ستارگان در هر ۲۳ ساعت و ۵۶ دقیقه یک بار به دور ما می‌چرخند. به این بازه زمانی که برای مدت‌های زیادی ثابت است روز نجومی گفته می‌شود. علاوه بر حرکت روزانه، حرکت تقدیمی زمین نیز چهره آسمان را تغییر می‌دهد. می‌دانیم محور چرخش زمین دارای زاویه انحرافی معادل ۲۳٫۵ درجه است. چرخش محور زمین به دور خودش را حرکت تقدیمی می‌نامند. زمین در این حرکت هر ۲۶۰۰۰ 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 ژيروسکوپی (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 خواهد شد.



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

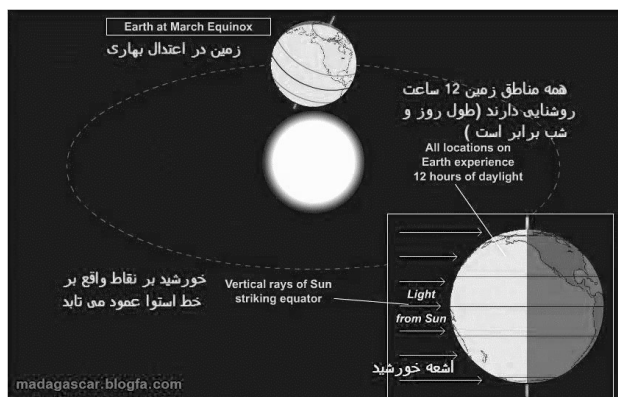
آسمان از هزاران سال پیش تاکنون، بشر را به کنجکاو و تحسین وادار کرده‌است. در زمانی که خبری از اینترنت و سرگرمی‌های رایج امروزی نبود؛ اجدادمان شب‌ها را با تماشای آسمان و داستان‌پردازی درباره خدایان به صبح می‌رساندند و روز را با طلوع نزدیک‌ترین ستاره به زمین آغاز می‌کردند. کنجکاوای آنان درباره آسمان و ستارگان 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 پیدا کرد 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 معتقد بودند موقعیت این اجرام نسبت به هم شرایط زندگی آن‌ها را تعیین خواهد کرد. 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 مجدداً بر تخت نشست.

به طور کلی می‌توان گفت نجوم در قدیم به صورت دو علم پیگیری می‌شده‌است. 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 نسبتاً طولانی به سراغ برخی از قدیمی‌ترین مفاهیم نجومی می‌رویم و آن‌ها 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 کارایی آن را با مشکل مواجه نکند. به سبب حرکت روزانه زمین به نظر

عنوان مرجع قرار داده شده است و این مختصات بر مبنای مکان طول سماوی نقطه صفر، در آن سال قرار گرفته است. طول سماوی بر حسب درجه اندازه گیری می شود و قوسی از استوای سماوی است که به سمت شرق جهت داده شده است. اندازه آن از صفر درجه در نقطه اعتدال بهاری تا ۳۶۰ درجه تغییر می کند. با این تعاریف هم اکنون یک دستگاه مختصات برای یافتن مکان ستارگان داریم. نکته دیگری که ما را در یافتن موقعیت ستارگان یاری می دهد آشنایی با مسیر عبور ظاهری سالیانه خورشید از درون کره سماوی یا «دایره البروج» است.

می دانیم زمین در مداری بیضی شکل که خورشید در یکی از کانون های آن واقع است به دور خورشید می گردد. این حرکت را به صورت تقریبی دایره فرض می کنیم. ما حرکت زمین را نمی بینیم آنچه می بینیم حرکت ظاهری خورشید به سوی شرق است. (تقریباً یک درجه در روز) این مدار ظاهری حرکت خورشید «دایره البروج» نامیده می شود. نواری به عرض ۸ درجه در هر سوی دایره البروج را «منطقه البروج» می خوانند. 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 می شود و علت نامگذاری آن به این نام برابر شدن طول شب و روز در زمان قرارگیری خورشید در این دو نقطه است.

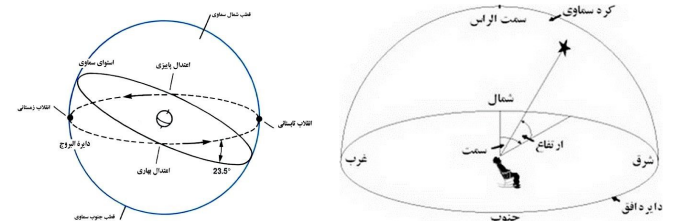


فصل بهار در لحظه عبور خورشید از نقطه اعتدال بهاری آغاز می گردد. گرچه می توان نقطه اعتدال بهاری بر روی کره سماوی را نقطه ثابتی در نظر گرفت، اما محل آن بر روی دایره البروج سالیانه به اندازه ۵۰٫۲۶ ثانیه قوسی به طرف مغرب تغییر می دهد و در نتیجه این تغییر خود موجب تغییر مختصات ستارگانی که نسبت به این نقطه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

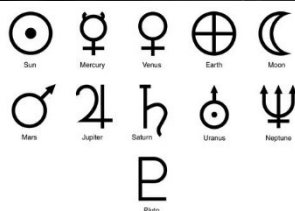
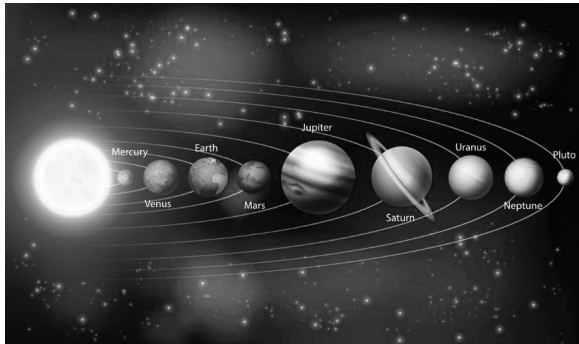
گرفت. اخترشناسان از گذشته تاکنون آسمان را به صورت یک گنبد کروی در نظر می گیرند که ستارگان و سایر اجرام سماوی مانند پونز به آن چسبیده اند و همگی به یک اندازه از زمین فاصله دارند. «کره سماوی» یا کره آسمان یک کره فرضی با شعاع بی نهایت در فضا است که با زمین هم مرکز است و شما می توانید با نگاه کردن به آسمان بالای سرتان بخشی از آن را ببینید.

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

به همین ترتیب اگر خط استوای زمین را در امتداد همین کره فرضی ادامه دهید و دایره ای استوا را بر روی کره سماوی رسم کنید، استوای سماوی را پیدا کرده اید. عرض های شمالی و جنوبی استوا به ترتیب با علامات مثبت و منفی مشخص می شوند. عرض سماوی هر ستاره، میل (declination) آن نامیده می شود. میل یک جسم در کره سماوی در واقع زاویه ی مابین استوای سماوی و جسم مورد نظر می باشد. (در شکل زیر با نام ارتفاع مشخص شده است.)

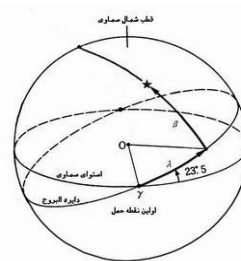


طول کره سماوی را نمی توان به شیوه طول جغرافیایی زمین تعریف کرد؛ زیرا خطوط طولی زمین با آن می چرخند و موقعیت آنها هر روز در حال تغییر است. مختصات واقع بر روی کره سماوی باید در فضا ثابت باشد و با زمین حرکت نکنند، زیرا باید محل ستارگان ثابت را توضیح دهند. ستاره شناسان بر انتخاب یک نقطه ثابت روی استوای سماوی 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 رفته است. 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 می کند و در هر ۷۶۰۰۰ سال مداری را کامل خواهد کرد. به همین سبب سال به خصوصی به

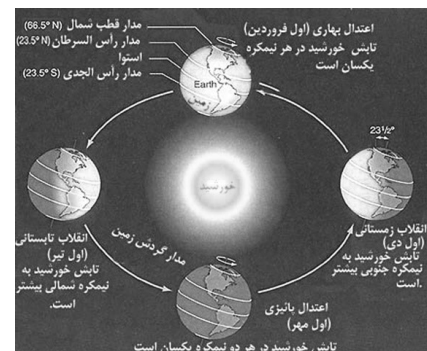


پیش از این گفتیم یکی از اقدامات منجمان باستان، تعیین زمان فرارسیدن بهار و کشت محصول و پرداخت مالیات بود. منجمان برای تشخیص فصل‌های مختلف سال و زمان برداشت محصول، مجبور به تنظیم تقویم یا گاه‌شمار بودند. یکی از رایج‌ترین انواع گاه‌شماری بر مبنای گردش ماه و تغییرات مختلف آن در طول سال بود. از آن‌جا که هر دوره‌ی گردش زمین به دور خورشید، تقریباً 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 هر کدام حدود ۳۰ درجه اند تقسیم و هریک را با نام یک صورت فلکی شناسایی می‌کردند. امروزه پس از دو هزار سال به علت حرکت تقدیمی زمین، برج‌ها دیگر با صورت‌های فلکی همنام خود کاملاً منطبق نیستند و هر صورت فلکی تقریباً 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 ۰۴:۰۷:۳۱) همزمان با خرداد ماه
برج سرطان (خرچنگ): (اقامت خورشید ۰۲:۱۰:۳۱) همزمان با تیر ماه
برج اسد (شیر): (اقامت خورشید ۰۵:۰۷:۳۱) همزمان با مرداد ماه
برج سنبله (خوشه): (اقامت خورشید ۰۴:۲۱:۳۰) همزمان با شهریور ماه



دقیقاً برعکس است. از آن‌جا که تمام سیارات کم و بیش در صفحه‌ای هم‌خوان با زمین حرکت می‌کنند همگی در درون نوار دایره البروج هستند. علاوه بر خورشید موقعیت ظاهری سایر ستارگان نیز با حرکت انتقالی زمین در طول یک سال تغییر می‌کند.



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 زمینه‌ی 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 معمولاً جانوری تشبیه شده‌اند. منجمان باستان برای این که بتوانند ستارگان و موقعیت آن‌ها را به راحتی به خاطر بسپارند آن‌ها را در گروه‌هایی چندتایی دسته‌بندی 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 می‌کنند. 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 می‌گفتند: 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، آن‌هیتا (ونوس) یعنی الهه‌ی عشق و زیبایی نام گرفت. بهرام (مریخ)، به دلیل رنگ سرخش لقب خدای جنگ را به دوش می‌کشد. هرمز (مشتری) به دلیل درخشندگی زیاد و حرکت آرام و با وقار خدای خدایان است و بالاخره کیوان (زحل)، سیاره‌ی شوم لقب گرفت.

برج میزان (ترازو)؛ (اقامت خورشید ۲۳: ۰۹: ۳۰) همزمان با مهر ماه
 برج عقرب (عقرب)؛ (اقامت خورشید ۳۶: 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: ۱۴: 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، ۵۰-۵۴
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>

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 دوژن 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 فعال منجر شده‌اند.

این ششمین بار است که جایزه معتبر پی‌یر-ژیل دوژن 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 پروفیسور گلستانیان اهدا شود.

پیشتر و در رویدادی مشابه در سال ۲۰۱۴، به دلیل نقش پیشروی دکتر گلستانیان در زمینه مواد نرم فعال و به خصوص شناگران میکروسکوپی و ذرات کولوئیدی 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 باربارا کالیفرنیا به اتمام رسانده و در حال حاضر استاد دانشگاه آکسفورد انگلستان است. حوزه‌های پژوهشی مورد علاقه او فیزیک آماری غیرتعادلی (nonequilibrium statistical physics)، ماده نرم (soft matter) و فیزیک زیستی (biological physics) است.

در دنیای فیزیک دانان چه می‌گذرد؟

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 معمولاً 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 پروفیسور «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 تأثیر 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 دوبعدی در اختیار محققان می‌گذارد بلکه ابزاری جدید نیز برای کنترل ویژگی‌های پیچیده تشعشع نوری در مقیاس‌های زیرطول موج ارائه می‌دهد. گرافن و مواد دوبعدی 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، کارایی آن‌ها به خاطر وجود ناخالصی محدود می‌شود و یافتن نارسایی‌های اتمی نیازمند تکنیک‌های میکروسکوپی پیشرفته است که استفاده از آن‌ها گاهی غیرعملی است.

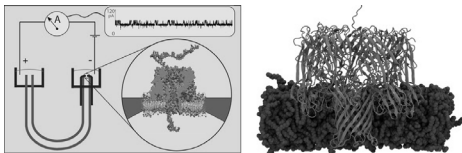
تحقیق تیم دانشگاه فلوریدای مرکزی، شیوه‌ای کارآمدتر را برای شناسایی این نارسایی‌ها ارائه می‌دهد و به پیشرفت‌های جدیدی در علم فیزیک خواهد انجامید.

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.

شناسایی برهمکنش نور و ماده در لایه منفرد اتم با همکاری فیزیک‌دان ایرانی

در بین سال های ۱۹۴۰ تا ۱۹۵۰ میلادی، 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. در سال ۱۹۹۴ بزروکف (Bezrukov) و همکارانش توانستند نشان دهند که از روی جریان عبوری از داخل یک کانال، می توان تعداد پلیمرهای بزرگ را شمارش کنند و طولی نکشید که در سال ۱۹۹۶، کازیانویچ (Kasianovic) 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 غیر از توالی یابی نیز دارد.



شکل ۳: شکل راست: نانو حفره زیستی آلفا همولایزین، شکل چپ: شکل شماتیکی عبور پلیمر 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 نانوحفره 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.

$$U_{FENE} = -\frac{1}{2} kR^2 \ln \left(1 - \frac{r^2}{R^2} \right) \quad (1)$$

$$U_{LJ} = \begin{cases} \epsilon \left[\left(\frac{\sigma}{r} \right)^{12} - \left(\frac{\sigma}{r} \right)^6 \right] + \epsilon, & r \leq r_{cut} \\ 0, & r > r_{cut} \end{cases} \quad (2)$$

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.

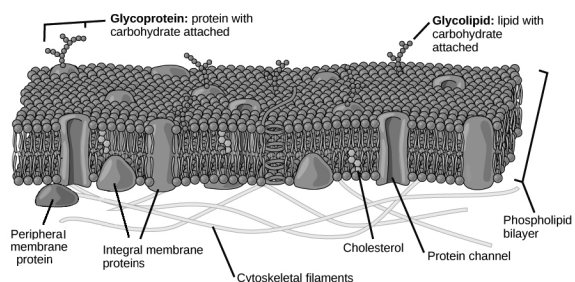
برای مدل سازی نانو حفره از پتانسیل لئونارد جونز (رابطه ۲) استفاده می گردد بدین گونه که شعاع مؤثر برای اتم های درون نانو حفره با سایر اتم های دیواره متفاوت می باشد. برای شبیه سازی از روش دینامیک لانژون استفاده شده است. در این روش برای هر مونومر می توان رابطه زیر را نوشت:

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

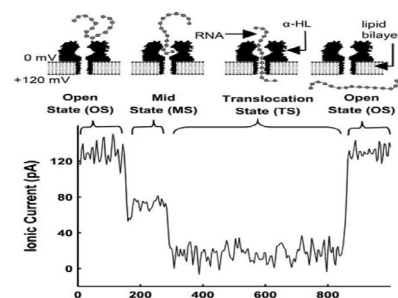
روایتی از سوراخ در سقف یک چادر نا تشخیص جهش ژنتیکی

ایده اصلی عبور پلیمر از نانو حفره بسیار زیبا و ساده است. فرض کنید در دشتی می خواهید چادر بزنید و متوجه می شوید که به زودی هوا بارانی می شود. هنگام برپا کردن چادر، متوجه سوراخی در سقف آن می شوید، اولین اقدام احتمالا پرکردن سوراخ سقف با پلاستیک و یا شی دیگری می باشد (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 به خوبی سوراخ را پر کنید، 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 می کند. حال به شباهت چادر و سوراخ در سقف آن باین 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 نانوکanal را پر می کند، بر جریان گرفته شده از کانال تاثیر دارد و این سرآغاز ماجرای ورود عبور پلیمر از نانوحفره (Polymer translocation) به توالی یابی DNA می باشد.



شکل ۱: غشای سلول و کانال های پروتئینی



شکل ۲: شکل شماتیکی عبور از نانو حفره زیستی آلفا-همولایزین و تاثیر عبور بر جریان عبوری

عبور از تنگنای نانوحفره

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

$$\frac{k_B T}{\sigma N^v} \leq F \leq \frac{k_B T}{\sigma} \quad (4)$$

که در رابطه ۸، v نمای فلوری و N تعداد مونومرها می باشند. اندازه نیروهای استفاده شده در ناحیه نیروهای ضعیف و متوسط به ترتیب $3/5$ pN و $6/5$ pN 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 $\sigma^{1/3}$ می باشد. برای پارامتر انرژی، $k_B T = 1/0.14$ (غیر از برهمکنش پلیمر و نانوحفره) در نظر گرفته شده است. طول های بکار گرفته شده از مرتبه آنگستروم می باشند. ضریب اصطکاک برابر 0.7 می باشد. برای پتانسیل FENE مقدار ثابت فنر برابر $40 \text{ } \epsilon/\sigma^2$ و R برابر با $1/5\sigma^2$ در نظر گرفته شده است و برای هر مونومر میزان جرم 70 amu در نظر گرفته شده است.

نتیج

در حالت تعادلی و غیر تعادلی و در بازه نیروی ضعیف ($3/5$ 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).

که در آن m جرم مونومر i ام، 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:

$$F_i^c = -\nabla(U_{LJ} + U_{FENE}) + F_{external} \quad (5)$$

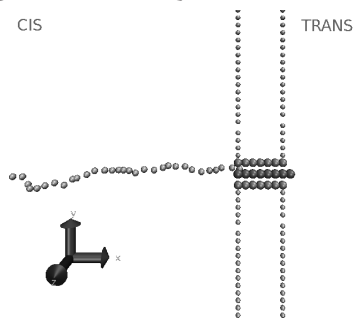
در رابطه بالا (رابطه ۵)، عبارت آخر، نیروی خارجی وارد بر پلیمر در محدوده نانوحفره می باشد که بصورت زیر تعریف می گردد:

$$F_{external} = F_i \quad (6)$$

که در آن جهت نیرو منطبق بر محور نانوحفره 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_p و اندازه دهانه هایی به طول σ_p ، σ_e و σ_e قرار 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 فرایند 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 مونومرها (دم پلیمر) اجازه حرکت آزادانه تا رسیدن به تعادل می دهیم و هنگامی که به تعادل رسیدند، فرایند عبور آغاز می گردد.

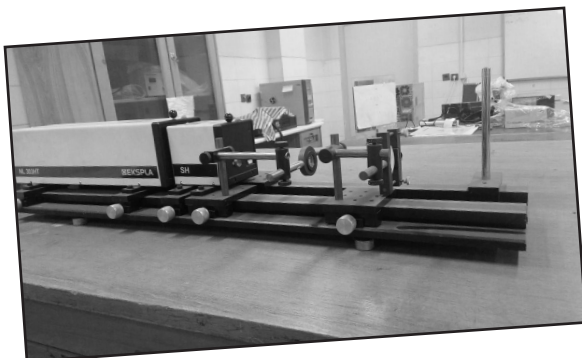


شکل ۴: پیکربندی شماتیک شبیه سازی جهت رسیدن پلیمر به حالت تعادل

برای پلیمری به طول 50 مونومر و اندازه دهانه σ_e مقیاس زمانی سیستم شبیه سازی را با استفاده از رابطه زیر محاسبه می نمایم:

$$t_{ij} = \left(\frac{m \sigma^2}{\epsilon} \right)^{1/2} \quad (7)$$

در رابطه ۷، مقیاس زمانی محاسبه شده، از مرتبه 10^{-15} fs می باشد.



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 برهم کنش 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 برهم کنش 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 برهم کنش لیزر و ماده، برهم کنش 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 حالت کلی در برهم کنش 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 برهم کنش پرتو لیزر نانوثانیه با هدف نیمه رسانا (سیلیکون) از اهداف این آزمایشگاه تحقیقاتی در سال‌های اخیر است و اثر 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

در این آزمایشگاه برهم کنش لیزر و مواد رسانا، نیم‌رسانا و دی‌الکتریک با لیزر پالسی مورد بررسی قرار می‌گیرند. از یک لیزر Nd:YAG (همه‌هنگ Q-switched) با طول پالس ns^{-۱۰}، طول موج nm^{۱۰۶۴} (همه‌هنگ اول) و بیشینه انرژی J^{۸۰۰} m در طول موج اصلی برای ایجاد برهم کنش استفاده می‌شود. همچنین، طول موج‌های همه‌هنگ‌های دوم (nm^{۵۳۲})، سوم (nm^{۳۵۵}) و چهارم (nm^{۲۶۶}) نیز با استفاده از بلورهای KDP قابل دسترس است. برهم کنش 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^۴، تولید نانوذرات^۵ و ترمیم یا برداشتن بافت^۶ اشاره کرد. مشخصات ماده هدف (رسانا، نیم‌رسانا و دی‌الکتریک)، محیط برهم کنش (خلا، گاز و مایع) و مشخصات پرتو لیزر (زمان پالس، طول موج، انرژی، قطر پرتو لیزر در ناحیه برهم کنش، تعداد پالس و نرخ تکرار پالس) بر فرآیندهایی که هنگام برهم کنش لیزر و ماده اتفاق می‌افتند، تأثیر می‌گذارند.

۱. Micromachining

۲. Pulsed laser deposition

۳. Material identification

۴. Surface texturization

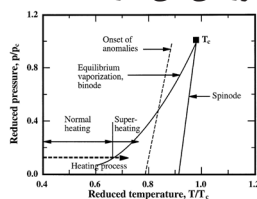
۵. Nano- particle production

۶. Tissue removal

۷. Double pulse

آزمایشگاه اندازه‌گیری‌های دقیق لیزری

پدیده انفجار فاز^{۱۳} نیز یکی از فرآیندهای مهم در برهم‌کنش پرتو لیزر نانو ثانیه 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 ۱۰۰۰ ns)، و شار لیزری به اندازه کافی زیاد باشد (بزرگ‌تر از شار آستانه انفجار فاز)، نرخ گرمایش زیاد خواهد بود. 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) 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 نانو ثانیه) و اندازه‌گیری عمق و قطر حفره‌های ایجاد شده بر سطح هدف آلومینیومی ضخیم بررسی می‌شود.

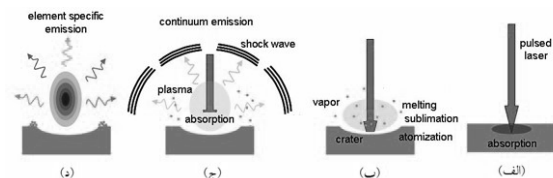


شکل ۲: منحنی فشار بر حسب دمای یک ماده نوعی

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 نانو ثانیه) بررسی می‌شود. فرآیند ماده‌برداری لیزری در مایعات، فرآیندی ساده و تک مرحله‌ای برای تولید نانو ذرات (نانوذرات کلئیدی) 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 نانو ذرات و امکان تولید ساختارهای نانومقیاس دیگر از نمونه‌های نانو ذرات کلئیدی اولیه می‌باشد. علاوه بر این، به این روش می‌توان نانو ذرات 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 نانو ذرات می‌شود را نشان می‌دهد. برهم‌کنش در محیط مایع باعث محصورشدگی توده پلاسمایی و

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 نانو ثانیه 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^{۱۶}) (شکل ۱-ج). بطور همزمان با فرآیند ماده‌برداری، فشار پس زننده مواد برداشته شده سبب ایجاد و انتشار یک موج ضربه‌ای^{۱۷} 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 ضربه‌ای درون محیط برهم‌کنش 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 آن‌ها را یونیزه کنند (یونیزاسیون برخوردی^{۱۸}). 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^{۱۹}) و پلاسما تشکیل می‌شود. به این ترتیب، ماده به صورت یک توده پلاسمایی^{۲۰} 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 نانو ثانیه با هدف



جامد. الف) جذب پرتو لیزر توسط ماده هدف، 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 تشکیل دهنده پلاسما.

۸. Plasma shielding

۹. Shockwave

۱۰. Impact ionization

۱۱. Avalanche ionization

۱۲. Plasma plume

۱۳. Phase explosion

۱۴. Superheating

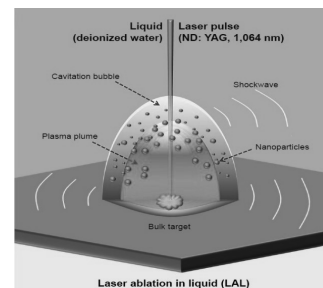
۱۵. Critical temperature

برهم‌کنش لیزر و پلاسما

برهم‌کنش لیزر و پلاسما 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^{۱۸} ماده کافی نباشد، ماده نمی‌تواند توسط جذب خطی فوتون یونیزه شود. در این حالت، سه نوع فرآیند غیرخطی یونیزاسیون تونلی^{۱۹}، چندفوتونی^{۲۰} 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 پلاسما 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. پلاسما 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 پلاسما ناشی از شکست اپتیکی در محیط هوا (در فشار

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 می‌شود. 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^{۱۱} 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^{۱۲} و همچنین اثرات سطحی تاثیر می‌پذیرند. از جمله تحقیقات دیگر این آزمایشگاه در زمینه تولید نانوذرات، تولید نانوذرات کلئیدی TiO_2 ، Al_2O_3 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.

- ۱۸. Band gap
- ۱۹. Tunnel ionization
- ۲۰. Multi-photon ionization

- ۱۶. Photoluminescence
- ۱۷. Quantum confinement effect

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. Vipparthy, 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

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 قرار می‌گیرد. 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 غیر مخرب 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

در سال ۱۸۷۹ فیزیکدان انگلیسی سرویلیام کروکس، هنگام بررسی ویژگیهای ماده در تخلیه الکتریکی، پیشنهاد کرد که گازهای یونیزه حالت چهارم ماده هستند. 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 الکتریسته 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 کاربردی هستند.

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 (۳۰۰-۳۰ مگاهرتز) و VHF (۳۰-۳۰۰ مگاهرتز) تولید کنند.

معیار استاندارد IEEE آنتن را به عنوان وسیله ای برای تشعشع یا دریافت امواج رادیویی تعریف کرده است. در سال ۱۹۱۹ آقای هتینگر پیشنهاد داد که گازهای یونیزه (پلاسما) می توانند برای دریافت و تشعشع سیگنال بی سیم 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 الکتریسته تبدیل کرده و پلاسما رفتاری مشابه یک فلز میتواند از خود نشان دهد. همان طور که برای فلز، الکترون آزاد نقش عامل تشعشع کننده 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 می توان به بهبود حساسیت و جهت دارنگی^۱، امپدانس ورودی قابل کنترل، قابلیت پنهان سازی^۲، 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 ثنوری 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^۳ در خصوص آنتن های پلاسمایی در سال ۱۹۹۷ بابت اختراعی با عنوان « آنتن RF با لوله گازی^۴ » آغاز گردید. در سال ۲۰۰۲ طرحی با نام آنتن پلاسمایی به ثبت رسید که در آن

اولین و مرسوم 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 (کمتر از ۱۰۰KHz) به فضای خالی بین دو الکتروفلزی 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^۴، تشدید الکترونی سیکلوترون^۵ و تشدید یونی سیکلوترون^۶. این روش معمولاً نیاز به یک میدان مغناطیسی هم مرکز برای انتشار موج دارد.

عبارت آنتن های پلاسما، به طور کلی به مجموعه ای 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 در نظر گرفت. پژوهش در زمینه آنتن پلاسما به صورت عمده از سال ۱۹۹۳ در آمریکا و استرالیا آغاز شد؛ 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 از قابلیت های فشردگی، تغییر سریع فرکانسی، سطح مقطع راداری محدود و بسیار کم، برقراری لینک ارتباطی با قابلیت اطمینان بالا و قابلیت شکل گیری سریع، میتوانند جایگزین ارزشمندی برای فلزات در کاربردهای فعلی محسوب شوند. با استفاده از ستون پلاسما به عنوان آنتن،

۱. Glow Discharge Plasma

۲. Non-Thermal

۳. Wave Heated Plasma

۴. Helicon Discharge

۵. Electron Cyclotron Resonance (ECR)

۶. Ion Cyclotron Resonance (ICR)

۷. Directivity

۸. Stealth

۹. Conceptual Design

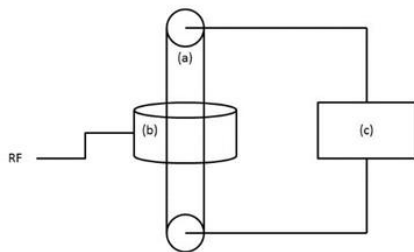
۱۰. Gas Tube RF Antenna

است. رابطه نهایی برای فرکانس برخورد نیز به صورت زیر خواهد بود:

$$v = n_e \sigma \sqrt{\frac{kT_e}{m_e}}$$

طراحی مفهومی آنتن پلاسمایی

اولین گام در طراحی آنتن پلاسمایی انتخاب یک محفظه پلاسمایی است. مرسومترین محفظه پلاسمایی لامپهای فلورسنت و نئون می‌باشند. برای طرح‌های اجرایی به طور عمده از لامپ‌های 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 آنتن‌ها 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. ساده‌ترین راه استفاده از یک واریاک (اتوترانس) و یک ترانس است. هم‌چنین 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 اندازی نقطه ای

ویژگی‌های منحصر به فرد آنتن پلاسما

وجه تمایز اصلی آنتن پلاسما با آنتن معمولی فلزی آن است که فرآیند یونیزاسیون گاز می‌تواند مقاومت آنتن را تحت الشعاع 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 میکروویو توان بالا را دریافت می‌نماید. به علاوه، چنانچه پس از ارسال سیگنال مورد نظر مجدد غیر یونیزه 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 پوشش دایروی با سرعت بالا بدون هیچ عنصر مکانیکی، قابلیت تحمل توان بالاتر نسبت به هادی فلزی، بهره و راندمان بالاتر به دلیل تلفات اهمی کم‌تر اشاره نمود.

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

تئوری پایه و پارامترهای پلاسما

محیط پلاسما از لحاظ خواص الکترومغناطیسی غیرهمگن غیرخطی و پاشنده^۱ به حساب می‌آید. 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 یا عبور داده میشوند. با تغییر پارامترهای 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 در بازه وسیعی از فرکانس برای کاربردهای رادارگریزی استفاده میشود.

$$\epsilon_r = \epsilon'_r - j\epsilon''_r = 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega(\omega - j\nu)} \quad (1)$$

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

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

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_e جرم الکترون و ϵ قابلیت گذردهی در خلا است. اما فرکانس کاری ما بسته به کاربرد ما متغیر خواهد بود. 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 خواهد کرد، در حالی که اگر $\omega > \omega_p$ باشد ثابت انتشار حقیقی میشود و این به این معناست موج از داخل محیط پلاسمایی عبور نخواهد کرد و محیط پلاسما مشابه فلز عمل می‌کند.

$$\gamma = \alpha + j\beta = jk_0 \sqrt{\mu_r \epsilon_r} \quad (3)$$

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

$$n_e = \frac{J}{e \sqrt{\frac{kT_e}{m_e}}} \quad (4)$$

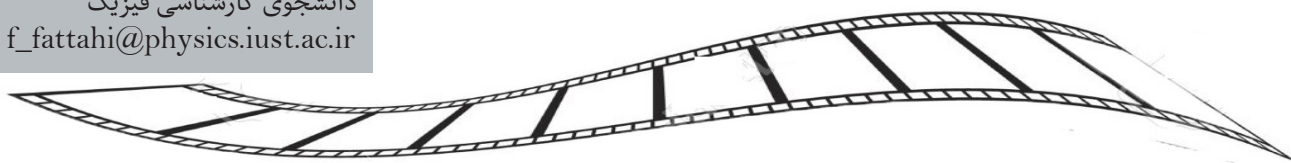
در این رابطه J چگالی جریان، K ثابت بولتزمن و T_e دمای الکترون

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, February, 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.

آنتن پلازما دارای ویژگی‌های منحصر به فردی است و با انواع رایج فلزی آنتن‌ها قابلیت رقابت دارد. در کاربردهای 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 پلازما 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 به جای 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
- ه. تجهیزات جمینگ پهن باند شامل فرستنده‌های طیف گسترده
- و. جانمایی به عنوان عناصر آرایه فازی
- ز. کاهش تداخلات الکترومغناطیسی EMI
- ح. شناسایی و رهگیری موشک‌های بالستیک
- ط. کاهش گلبرگ فرعی یا گلبرگ پشتی آنتن

هم‌اکنون این تکنولوژی در دانشکده برق دانشگاه علم و صنعت توسط اساتیدی از جمله دکتر فرخ کاشانی مورد بررسی قرار گرفته و مقالاتی هم‌نمره‌ی این تلاش‌ها بوده است.



نقض قانون دوم نیوتون در فیلمها

تصادف یک کشتی تفریحی

دارد و مقاومت هوا را هم در نظر نگیریم. قهرمان فیلم باید با سرعت عمودی ۱۵۲ کیلومتر در ساعت با آب برخورد می‌کند 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 در نظر گرفته شده است، خم می‌شود؛ درست در جهتی 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 لوله کوتاه 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 بی‌هوش 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 کاملاً ایمن است.

منبع

کتاب «فیزیک در سینما» -تام راجرز

در یکی از صحنه‌های 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 هیجان‌انگیز 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 ساخته شده و در برابر امواج دریای طوفانی مقاوم است، می‌تواند گوشت بدن هر موجود بدشانشی 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 تقریباً به‌طور ناگهانی، مثلاً در عرض ۰/۱ 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 ۲۰۰ (g) بوده که این شتاب درمورد کشتی چیزی حدود ۰/۱ (g) خواهد بود. اگر افرادی که در خودرو یا کشتی هستند، دقیقاً شتابی برابر با وسیله نقلیه‌شان داشته باشند، در همان محل باقی خواهند ماند.

در وضعیت راننده خودرو، برخورد به شیشه جلوی خودرو و پرتاب شدن 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 XXXX 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

رادیوگرافی یکی از روش‌های تصویربرداری پزشکی است که با استفاده از آن می‌توان به نحوی درون بدن انسان را دید و از بعضی 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 بیمار را که قصد بررسی آن را دارند بر روی فیلم قرار داده سپس به آن اشعه ایکس تابیده می‌شود. اشعه ایکس از پوست و عضلات عبور کرده و به صفحه حساس برخورد می‌کند. رنگ این قسمت‌ها بعد از ظاهر شدن سیاه دیده می‌شود. برعکس، استخوان مانع عبور اشعه ایکس شده و چون به زیر قسمتی که استخوان قرار دارد اشعه نمی‌تابد بعد از ظاهر شدن به رنگ سفید دیده می‌شود.

فاطمه فاتح‌پاک

دانشجوی کارشناسی فیزیک
fatehpak75@gmail.com

یک تصویر رادیوگرافی ساده معمولاً به صورت 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 معمولاً این ورقه را در مقابل نور قرار داده و تصویر را نگاه می‌کند. به دستگاهی که نور لازم را برای این کار فراهم می‌کند نگاتوسکوپ می‌گویند. تقریباً از هر نقطه‌ای از بدن می‌توان فیلم رادیولوژی تهیه 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 و درواقع موجب می‌شود خون هم مانع عبور اشعه شده و در نتیجه سایه ورید حاوی خون مانند استخوان بر روی فیلم دیده شود. از این روش برای تشخیص لخته شدن خون در وریدهای عمقی استفاده می‌شود. استفاده از این روش امروزه تقریباً 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 در نتیجه سایه نخاع و ریشه‌های عصبی بر روی فیلم دیده شود. از این روش برای تشخیص فشار دیسک بر نخاع و ریشه‌های عصبی استفاده می‌شود. البته استفاده از این روش امروزه تقریباً جای خود را به ام آر آی داده است.



آرتروگرافی Arthrography

در این روش ابتدا ماده خاصی را به همراه هوا به درون مفصل (معمولاً 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 در زانو و یا تاندون روتاتور کتف در شانه بر روی فیلم دیده شود. از این روش برای تشخیص آسیب‌های منیسک و رباط‌های صلیبی در زانو و پارگی‌های روتاتور کاف در شانه استفاده می‌شود. البته استفاده از این روش امروزه جای خود را به ام آر آی داده است.



منبع

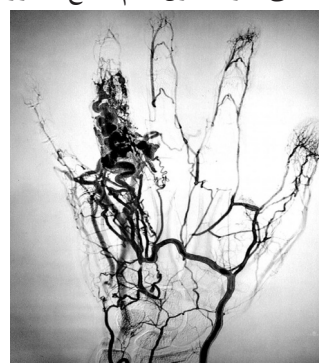
<http://www.iranorthoped.com>

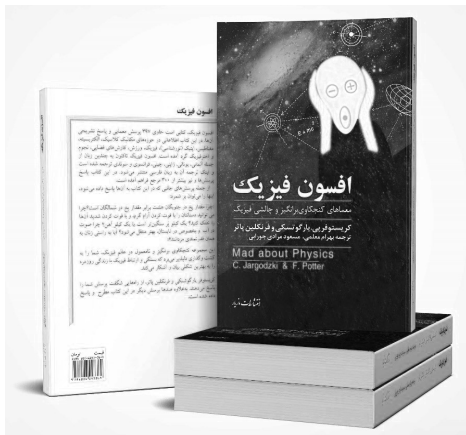
در سال‌های اخیر نوع جدیدی از رادیوگرافی استفاده می‌شود که به آن رادیوگرافی دیجیتال می‌گویند. در این نوع از عکس برداری به جای فیلم از یک صفحه الکترونیکی استفاده می‌شود. بر روی این صفحه میلیون‌ها نیمه‌هادی کوچک قرار دارد که به اشعه ایکس حساس هستند. تابش اشعه ایکس به نیمه‌هادی‌ها موجب ایجاد بار الکتریکی می‌شود. هر کدام از نقاط مختلف صفحه یا پیکسل‌های آن میزان مشخص و متفاوتی از اشعه ایکس را دریافت کرده و بر حسب میزان اشعه، بار الکتریکی تولیدی هم متفاوت است. این بارها جمع‌آوری شده و به کامپیوتر ارسال می‌شود تا پیکسل‌ها در کنار هم قرار گرفته و تصویر تشکیل شود. تصویر تهیه شده از بیمار بر روی صفحه مانیتور قابل دیدن است. با این حال می‌توان این تصاویر را هم بر روی 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 تصویر رادیوگرافی به محض تهیه آن و در نقطه‌ای دیگر
- امکان نگهداری تمام تصویرها مانند رادیوگرافی ساده، سی‌تی‌اسکن، ام آر آی، سونوگرافی در یک 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 خورنده 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 عکس برداری 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 بر روی فیلم دیده شود. از این 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.





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

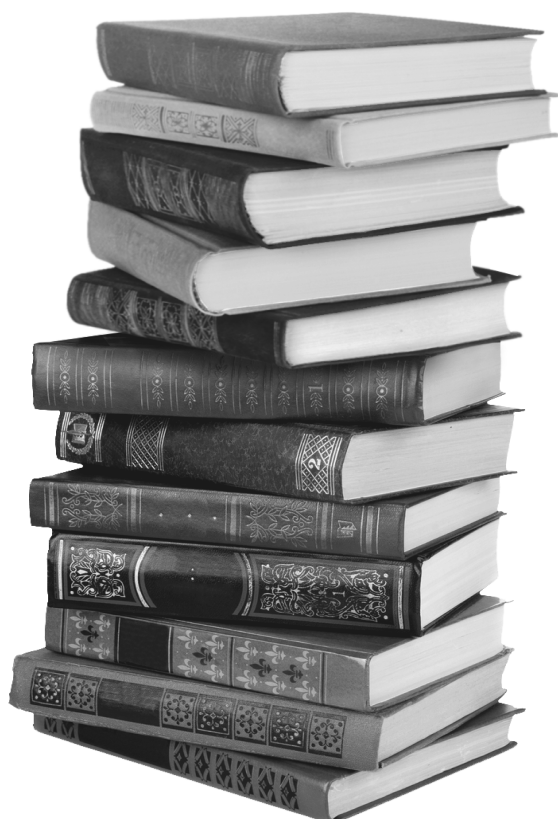
خواندن این کتاب، بار دیگر من را پرتاب کرد به روزهای نوجوانی، باز هم همان تقلایهای ذهنی برای رسیدن به پاسخها در ذهنم شکل گرفت.

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 حوزه‌ی فیزیک مرئی را، یعنی پدیده‌هایی که می‌توانیم آن‌ها را بدون ابزار تخصصی تحقیقاتی مشاهده کنیم، در بر می‌گیرد. 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 مسیرگوی گلف، امواج ساحلی، آذرخش و تندر، بار منفی زمین، مسیر حرکت ماه به دور خورشید و اکتشاف‌های سیاره‌ای و بسیاری مباحث دیگر پرداخته می‌شود.



گستره‌ی معماها از سوال‌های ساده (مثلاً 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 (مثلاً: 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 بیرون زده شود؟) دشوار می‌شود.

فهرست مطالب:

فصل ۱: تغییرات دما

فصل ۲: دنیایم را رنگین کن

فصل ۳: اسپیلیش (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 [جدا شده] از خورشید

فصل ۱۲: در پهنه‌ی جهان هستی



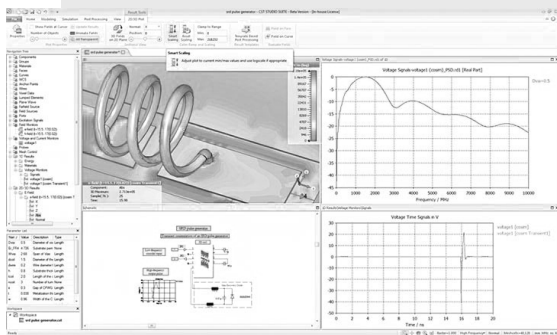
CST Studio Suite

نرم افزار شبیه ساز الکترومغناطیسی یا همان CST Studio Suite به گفته شرکت CST نقطه اوج سال ها تحقیق و توسعه همراه با دقت فراوان و راه حل های کارآمد برای طراحی الکترومغناطیسی می باشد.

CST Studio Suite شامل ابزارهای شرکت CST برای طراحی و بهینه سازی دستگاه های عملیاتی در محدوده وسیع فرکانسی-استاتیکی در زمینه بصری است. به وسیله ی این نرم افزار شما می توانید به طراحی، مدل سازی، مونتاژ دستگاه ها و مدارات و سیستم های الکترومغناطیسی در محیط سه بعدی و همچنین شبیه سازی عددی در میدان های الکترومغناطیسی بپردازید.

CST STUDIO SUITE از محیط طراحی یک پارچه ای برخوردار است و سهولت در مونتاژ و مدل سازی سیستم، چند عملکردی و امکان شبیه سازی در سطح حرفه ای در تمام سیستم ها و مدارهای الکترومغناطیسی از مزایای این نرم افزار می باشد.

این نرم افزار می تواند مزایای قابل توجهی به بازار عرضه کند؛ مزایایی مثل: چرخه توسعه کوتاه تر، نمونه سازی مجازی پیش از آزمایش عملی و بهینه سازی محصول بدون نیاز به آزمایش های متعدد.



امکانات و ویژگی های نرم افزار CST STUDIO SUITE:

- رابط کاربری گرافیکی محلی براساس ویندوز
- ابزارهای متغیر، پارامترها و پنجره ی پیام ها
- انتقال پارامترها
- بهینه سازی اتوماتیک
- متحرک سازی طرح خروجی
- ایجاد خودکار اسلاید power point
- مدیریت پروژه ها

اجزای شامل مجموعه ی CST STUDIO SUITE:

- CST MWS - CST MICROWAVE STUDIO: لبه ابزار برجسته جهت سرعت و دقت بخشیدن به شبیه سازی سه بعدی دستگاه ها با فرکانس بالا.
- CST EMS - CST EM STUDIO: ابزاری ساده برای طراحی و آنالیز دستگاه های استاتیکی و با فرکانس پایین مانند: موتور ها، سنسورها، ترانسفورمرها و ...
- CST PS - CST PARTICLE STUDIO: برای شبیه سازی تماماً استوار و یا حرکت ذرات باردار استفاده می شود. این قسمت شامل: تفنگ الکترونی، لوله پرتو کندی 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 همه کاره است که به شبیه سازی و ترکیب مدارهای الکترومغناطیسی کمک می کند.

Nonlinear Optics

اپتیک 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 تراز 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

$$k_1 + k_2 = k_3$$

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

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

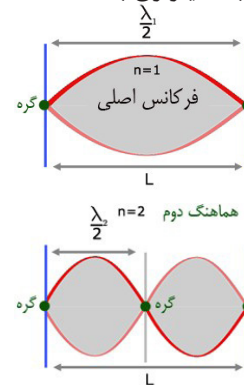
سمت چپ تساوی همواره عددی مثبت است و سمت راست عبارتی منفی. پس در محیط های با پاشندگی نرمال هیچ موقع تطبیق فازی برقرار نیست و فرآیند غیر خطی مشاهده نمیشود. محیط هایی با پاشندگی نرمال محیط هایی هستند که با افزایش فرکانس موج فرودی، محیط ضریب شکست بیشتری از خود به نمایش میگذارد.

در شماره 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؟

« 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 میکند 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:

$$P = \epsilon_0 X^{(1)} E + \epsilon_0 X^{(2)} E^2 + \epsilon_0 X^{(3)} E^3 + \dots = P^{(1)} + P^{(2)} + P^{(3)} + \dots$$

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، $E_a = \frac{e}{(4\pi\epsilon_0 a^2)}$ که e بار الکتریکی و a شعاع هیدروژنی بور است. به صورت عددی: $E_a = 5.14 \times 10^{11} V/m$ اگر $X^{(2)} = 1.94 \times 10^{-12} m/V$ بگیریم مقدار $X^{(3)} = 3.78 \times 10^{-24} m^2/V^2$ 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

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 توقف بالستی است؛ این من را نگران میکند، این را نمیخواهم اینجا بگویم که مطالبه‌ی عمومی باشد،

من از مسئولین امر به طور جدی درخواست میکنم به این مسائل بپردازند. این طرحها، طرحهای بسیار مهمی است؛ حتی بعضی از طرحهای تحقیقاتی مربوط به انرژی هسته‌ای همین طور است. اینها ذنبیستی مطلقاً توقف پیدا کند؛))
سید علی خامنه‌ای
بیانات در دیدار نخبگان علمی جوان
۱۳۹۵/۰۷/۲۸

قرارداد ساخت ماهواره ناهید ۲ به عنوان یکی از برنامه‌های راهبردی
دستیابی به ماهواره‌های مخابراتی زمین آهنگ، در آستانه دهه مبارک فجر
۹۵/۱۱/۰۹ شنبه
و با حضور وزیر ارتباطات و فناوری اطلاعات و جمعی از معاونین و مدیران وزارت
به امضای دکتر بهرامی رئیس سازمان فضایی ایران و حلالیور رئیس پژوهشگاه فضایی ایران رسید.

در مراسم روز فناوری فضا با حضور رئیس جمهوری، ماهواره مخابراتی ناهید 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 ۲۵ سال آینده در مدار قرار می‌گیرد
چهارشنبه ۹۵/۱۱/۱۳
و برای ماهواره مخابراتی هم مذاکرات فنی انجام شده است و در آینده نزدیک به نتیجه می‌رسد.

اعلام غرض از علم و صنعت

ماهواره نوید علم و صنعت که به اختصار ماهواره نوید نیز نامیده می‌شود،
سومین ماهواره پرتاب شده ایرانی و نخستین ماهواره ساخت مرکز تحقیقات ماهواره‌ای دانشگاه علم و صنعت است
که در ۱۴ بهمن ۱۳۸۸ مصلاف باروز فناوری فضایی رونمایی شده بود.

مأموریت این ماهواره تصویربرداری از زمین با وضوح تصویر ۷۵۰ متر مبنی بر روش جالویی 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.

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

۱۳۹۵/۰۱/۱۱
سید علی خامنه‌ای

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

