

دلتا

نشریه تخصصی دانشجویان دانشکده فیزیک دانشگاه علم و صنعت ایران

شماره پنجم / زمستان ۱۳۹۵ / ۲۰۰۰ تومان

مصاحبه

گفت‌وگو با دکتر رضا منصوری
از بنیانگذاران پژوهشگاه
دانش‌های بنیادین

صفحه ۲۲

مقاله

حرکت براون و تأثیر آن
در علم فیزیک

صفحه ۶

پژوهش

جادوی علم فیزیک
تکنولوژی شل‌های نامرئی
علم روز

صفحه ۲۶

کاربرد علم

سلاح‌های لیزری
برترین کاربردهای فیزیک
در مبحث لیزر

صفحه ۱۰



نشریه تخصصی فیزیک دلتا

Delta physics magazine

deltamag@iust.ac.ir

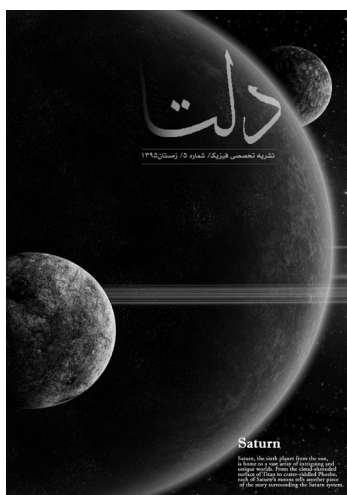
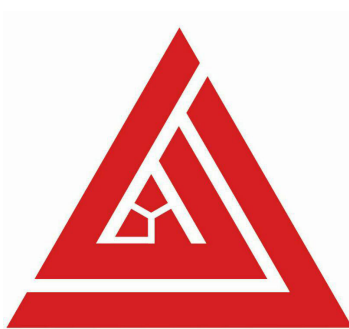
instagram.com/delta.magazine

میدان رسالت- خیابان هنگام- دانشگاه علم و صنعت ایران-
دانشکده فیزیک

بسم الله الرحمن الرحيم

دلتا

نشریه تخصصی فیزیک / شماره ۵ / زمستان ۱۳۹۵



صاحب امتیاز و مدیر مسئول: سعید باقری

سر دبیر: محسن کیایی

مسئولین گروه علمی:

جناب دکتر امیرحسین احمدخان کردبچه، جناب دکتر محمد واحدی

مسئولین گروه آموزشی: سعید باقری، لیلا برغمندی، فاطمه فتاحی،

ملیکا کریمی

همکاران این شماره: ملیکا کریمی، لیلا برغمندی، سعید باقری،

فاطمه فتاحی، آرزو خزائی، ندا افخمی، امیررضا احمدپور، مجید

حاجی باقری

ویراستار ادبی: لیلا برغمندی

طراح جلد و صفحه آرا: فاطمه فتاحی

با تشکر ویژه از جناب دکتر محمدحسین مهدیه، جناب دکتر روح الله

عبدالوهاب، جناب دکتر محسن بابامرادی، جناب دکتر مهدی افشار،

جناب دکتر ادريس فیض آبادی

با تشکر از تمامی کارکنان و مسئولین و اساتید دانشکده فیزیک

فهرست مطالب

- ۴..... سرآغاز
- ۶..... حرکت براونی
- ۱۰..... سلاح‌های لیزری
- ۱۵..... لیزرهای حیات بخش
- ۱۸..... علوم اعصاب
- ۲۲..... گفت‌وگو با دکتر رضا منصوری
- ۲۶..... جادوی علم فیزیک
- ۳۱..... فیزیک در سینما
- ۳۲..... لیزرهای فیبری
- ۳۷..... laser isotope separation
- ۳۸..... معرفی کتاب
- ۳۹..... معرفی نرم افزار
- ۴۰..... فیزیک و تکنولوژی
- ۴۲..... مروری بر گرایش‌های مقطع کارشناسی فیزیک

• نشریه دلتا آماده ی انتشار مقالات و نظرات محققان و

دانشجویان محترم می باشد.

• نقل مطالب نشریه دلتا با ذکر منبع بلامانع است.

• با ما در ارتباط باشید:

deltamag@iust.ac.ir

بسم الله الرحمن الرحيم

«إِنَّ اللَّهَ لَا يُغَيِّرُ مَا بِقَوْمٍ حَتَّى يُغَيِّرُوا مَا بِأَنْفُسِهِمْ»^۱
سوره مبارکه الرعد آیه ۱۱

حمد و سپاس خدایی را که با علم و حکمتش به ما عقل و دانش بخشید تا بزرگترین تفاوتمان با حیوانات و عامل سعادت‌مندی و پیشرفت بشر باشد. خداوندی که به ما عاطفه و احساس عطا کرد تا عاشق شویم و بندگی کنیم... شکر خدا را که الگویی همانند حضرت فاطمه سلام الله علیها را سر مشقمان کرد و بنده ای چون حضرت علی علیه السلام را یاورمان... اما بعد...!

ماجرای ما از آنجایی شروع شد که سدّ کنکور را پشت سر گذاشتیم. دانش آموزانی پرتلاش و با انگیزه که نسبت به جامعه و کشورمان غرور و تعصب داشتیم. هرچه دار و ندارمان بود را در سید «امید» گذاشته و با به برترین دانشگاه فنی مهندسی کشور نهادیم؛ دانشگاه علم و صنعت ایران. حال دیگر دانشجو صدایمان میکردند و انگیزه ای جدید از جنس دانش داشتیم. ورودی این منزل سوم، حک شده بود: «ازدانشگاه همیشه و همه جا این انتظار است که محل جوشش و اوج دو جریان حیاتی در کشور باشد: اول جریان علم و تحقیق؛ دوم، جریان آرمانگرایی ها و آرمانخواهیها و هدفگذاری های سیاسی واجتماعی».^۲ مسیر حرکت برایمان مشخص و هدف روشن بود؛ ما ورودی این جریان بزرگ بودیم. دانشجویان ورودی سال ۹۲. در ذهنمان از این چرخه ی انسان ساز یک خروجی ایده آل نقش بسته بود و همه ی سختی های

۱. خداوند سرنوشت هیچ قوم (و ملّتی) را تغییر نمی‌دهد مگر آنکه آنان آنچه را در خودشان است تغییر دهند.

۲. حضرت آیت الله خامنه ای در جمع دانشجویان دانشگاه

علم وصنعت ایران ۱۳۸۷/۹/۲۴

پیش رویمان را هموار تصور میکردیم.

اما در همان اوایل ترم دریافتیم که این چرخه وزارتخانه ای! اگر خروجی هم داشته باشد، موثر واقع نمیشود و در مسیر مبهمی، رها شدن را برایمان به ارمغان خواهد آورد.

دانشجویان پرانرژی را نظاره میکردیم که ازدانشکده فیزیک فقط کلاس درسش را میشناختند و به جای اینکه بمانند در این پایگاه علم و با مشورت و هم فکری، زمینه پیشرفت خودشان را فراهم کنند، استعدادهایشان را سرکوب و به خانه یا خوابگاه خود فرار میکردند. دانشکده ای که در آن فعالیت علمی موثر و تحرکات امیدبخش به ندرت دیده شود خروجی اش این میشود که توقع رشد علمی و هم افزایی رو به افول میرود، این اتمسفر همه گیر خواهد شد و بعضاً اساتید را نیز در خود حل میکند و کم کم زمزمه های تغییر رشته تحصیلی را بر زبان ورودیها طنین انداز خواهد کرد.

تصمیم براین شد که خودمان دست به کار شویم؛ دیگر چشم و دلمان را از حالت وابستگی خارج کرده و منتظر قضاو قدر نماندیم تا چرخ اهدافمان را دیگران بچرخانند.

کمتر کسی پیدا میشد که تاثیری از جوّ حاکم ندیده باشد و این مسیر را با ما همراه شود؛ قدرت و نیرویی جز توکل بر خدا نداشتیم اما شروع به کار کردیم، با همین مجله علمی کاملاً مستقل دانشجویی که در دستان پر محبت شما قرار گرفته است؛ «نشریه تخصصی فیزیک دلتا». راه حل های زیادی برای ترمیم آسیب ها و یا تحول علمی وجود داشت ولی این مجله تنها کاری بود که در کنار درس خواندن به ذهنمان رسید و کوچکترین کاری بود که از دستان برمی آمد. نامش را از این جهت دلتا نهادیم که قرار و نیتمان برای رسیدن به شرایط مناسب و ایجاد بستری حاصل خیز، برای رشد فردی همه ی آرمانگرایان و

بعد از رفتن ما ۹۲ای ها باید تازه نفس ها جایمان را بگیرند، با همان اهداف روشن و مقدّس. ما وجودمان را برای شکل گیری و ادامه ی حیات این گروه علمی، گذاشتیم...

در پایان اجازه دهید صادقانه، نه از باب نصیحت که بعنوان وصیت، توصیه ای داشته باشیم؛ اگر با هدف و راه مجموعه ای مشکل دارید سعی کنید آنقدر قدرتمند شوید تا گفتمان خودتان را به کرسی بنشانید نه اینکه با اعتراض یا تهمت و دروغ سعی در تضعیف جبهه مقابل کنید که در اینصورت خودتان را خسته کرده اید و آب درهاون کوبیده اید و خُرد شدن خودتان را نظاره خواهید کرد...

قُلْ مَوْتُوا بِغَيْظِكُمْ إِنَّ اللَّهَ عَلِيمٌ بِذَاتِ الصُّدُورِ
سوره مبارکه آل عمران آیه ۱۱۹

سختکوشان، خدمت همگان مشخص شود و هدفی جز اعتلای سطح علمی دانشکده و دانشجویانی که در آینده پرچم دار حرکت به سمت یگانه هدف این انقلاب خواهند بود را، ندارد.

تابه امروز دانشجویان زیادی فعالیت علمی خود را با «دلتا» شروع کرده اند و هرکدام تاثیرگذاری خوبی در راستای تحقق طرح تحول آموزشی داشتند. خداوند را شاکریم که تقریباً همگی موفق و در زمره ی بهترین های این دانشکده قرار گرفته اند.

اما امروز شرایط تغییر کرده است! دیگر نه ما آن دانشجویانی هستیم که چشم امید به آینده ای موهوم دوخته و در انتظارفرجی از این نظام آموزش عالی باشیم و نه دانشکده همان کلبه ی خاموش همیشگی! امروز بعد از ۴۷سال، ما و شما از راه رفته سخن میگوییم. چرخ دلتا نباید از حرکت بایستد و

گفت ای گروه، هرکه ندارد هوای ما

ناداده تَن به خواری و ناکرده ترکِ سر

تا دست و رو نشست به عشق، می نیافت کس

این عرصه نیست جلوه گه روبه و گراز

همراز بزم ما نبود، طالبانِ جاه

برگردد آنکه با هوس کشور آمده

ما را هوای سلطنت مُلک دیگر است

سرگیرد و برون رود از کربلای ما

نتوان نهاد پای به خلوت سرای ما

راه طواف، بر حَرَمِ کبرپای ما

شیرافکن است بادیّه ابتلای ما

بیگانه باید از دو جهان، آشنای ما

سر نآورد به افسر شاهی گدای ما

کاین عرصه نیست در خور قَرّ همای ما

حرکت براونی

دکتر روح الله عبدالوهاب

استادیار دانشگاه علم و صنعت ایران
rabdolvahab@iust.ac.ir

تاریخچه

به حرکت تصادفی ذرات کوچک در اثر گرما، حرکت براونی^۱، گفته می‌شود. تاریخچه‌ی کشف این حرکت دارای نکات قابل تأملی است. با اینکه پس از کشف و بکارگیری میکروسکوپ این حرکت به وفور مشاهده می‌شد، ولی عموماً این حرکات را به موجودات زنده (جانوران کوچک)^۲ منتسب می‌کردند. برای اولین بار رابرت براون (شکل ۱) گیاه شناس اسکاتلندی نشان داد که دانه‌های غیر زنده این حرکات را از خود نشان می‌دهند. پس از انجام این آزمایش‌ها توسط براون و افرادی چون آدلف بروگنیارت، فیزیکدان‌ها فرضیات متعددی مانند: اثرات الکتریکی، پلاریته، کشش سطحی، شیب‌های دما^۳ اثرات حلال و ... را در این مورد مطرح نمودند. حتی در سال ۱۸۹۸، ۷۰ سال پس از کارهای مشهور براون هنوز این حرکات را ناشی از اختلاف دمای بین مایع و محیط اطراف می‌دانستند.

تنها پس از مقاله‌ی معروف ۱۹۰۵ آلبرت اینشتین بود که راه برای انجام آزمایش‌های کمی باز نمود و در پی آن با انجام آزمایش‌های معروف افرادی مانند ژان پرین، اندک اندک دیدگاه ذره‌ای جای دیدگاه ماده پیوسته را گرفت و فرایند براونی، به عنوان ویژگی ذرات کوچک، توسط جامعه‌ی فیزیک به رسمیت شناخته شد.

۱. Brownian motion

۲. Animalcules

۳. Temperature gradients



Source: www.anbg.gov.au

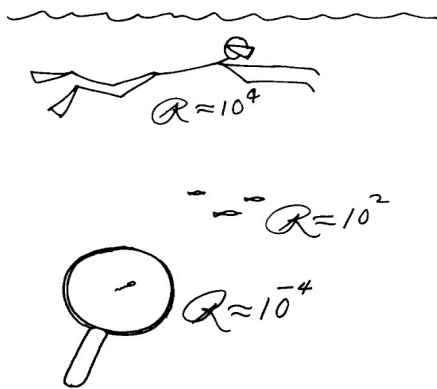


Source: permission kindly granted by Prof. Brian J. Ford
<http://www.brianiford.com/wbbrowna.htm>

شکل ۱: تصویری از رابرت براون و میکروسکوپش



ابعاد پائین تر است. در این ابعاد اینرسی اهمیت خود را از دست می دهد و نیروهای ویسکوز مهم می شوند. برای مقایسه ی نیروی اینرسی و نیروی ویسکوز در یک محیط، از عدد رینولدز که یک عدد بی بعد است استفاده می شود (شکل ۲). چنان که از شکل ۲ پیداست، این عدد به ابعاد و سرعت موجود مورد مطالعه و به $v = \eta / \rho$ که ویسکسیتی جنبشی^۲ نامیده می شود و از مشخصات شاره است، بستگی دارد. ویسکسیتی جنبشی برای آب تقریباً 10^{-2} سانتی متر مربع بر ثانیه است. با توجه به این مقدار برای آب، عدد رینولدز برای انسان، طلا ماهی و یک باکتری در آب به ترتیب در حدود 10^4 ، 10^2 و 10^{-4} بدست می آید (شکل ۳).



شکل ۳: چند مثال از عدد رینولدز (انسان، طلا ماهی و باکتری: مقاله ی پورسل)

در اعداد رینولدز پائین، که در موتورهای براونی با آن ها مواجه ایم، جملات مربوط به اینرسی در معادله ی ناویر-استوکس حذف می شوند. (شکل ۴)

Navier - Stokes :

$$-\nabla p + \eta \nabla^2 \vec{v} = \rho \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \rho (\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v}$$

If $Re \ll 1$:

Time doesn't matter. The pattern of motion is the same, whether slow or fast, whether forward or backward in time.

شکل ۴: ناویر-استوکس در اعداد رینولدز پائین (مقاله ی پورسل)

پورسل در مقاله اش مکانیسم های مختلفی را برای حرکت در این ابعاد معرفی نمود. شکل ۵ دو مورد با اهمیت از آن ها را که در باکتری ها مورد استفاده قرار می گیرد، نشان می دهد. مکانیسم بالائی مارپیچی و مکانیسم پائینی، پاروی انعطاف پذیر نامیده می شوند. این دو مکانیسم دارای تقارن های متفاوتی می باشند. در مکانیسم مارپیچی، در بسامدهای کوچک، با هر دور چرخش مقدار ثابتی حرکت به جلو یا عقب انجام می شود و بنابراین، سرعت با بسامد متناسب است. اگر به طور آشکار در معادله ی ناویر-استوکس ظاهر نمی شود و بنابراین کند و تند انجام دادن مراحل موتور براونی اهمیتی ندارند و تنها توالی آن ها مهم است و حرکاتی که موجوداتی در ابعاد ما به وسیله ی آن در آب حرکت می کنند، در ابعاد پائین تر امکان دارد باعث هیچ گونه حرکتی نشوند.

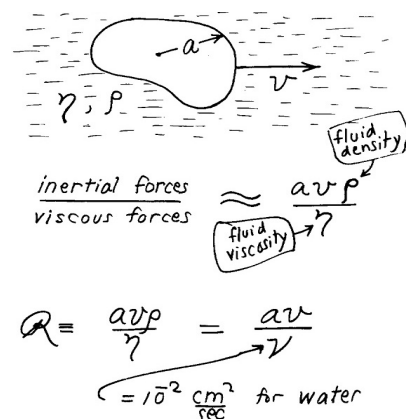
نویز معمولاً به عنوان یکی از مشکلات سر راه، به عنوان مثال انتقال اطلاعات، دیده می شود. این مسأله بویژه در ابعاد پائین به مسأله غیر قابل اجتنابی تبدیل می شود. با توجه به توسعه روبه رشد دانش نانو تکنولوژی، بشر به دنبال دستیابی به ابعاد پائین تر و دستکاری مواد در اندازه های نانومتری است. برای این دست کاری نیاز به ماشین هایی داریم که بتوانند در این ابعاد وارد عمل شوند. یکی از ویژگی های کار کردن در این ابعاد، اهمیت بالای نویز و دما در این ابعاد است. برای مثال یک ماشین مولکولی معمولی در حدود 10^4 تا 10^{10} ATP، در ثانیه مصرف می کند.

این مصرف معادل توان 10^{-16} تا 10^{-17} وات توان مصرفی است. انرژی گرمایی مبادله شونده با محیط در دمای اتاق در حدود 4×10^{-21} J است. این انرژی گرمایی در زمانی در حدود 10^{-12} s با محیط مبادله می شود. در نتیجه توان نویز گرمایی در حدود 10^{-8} W است که به طور مداوم در حال مبادله با محیط اطراف می باشد. این توان ۸ یا ۹ مرتبه ی بزرگی از توان موتور مورد نظر بیشتر است. ضمن این که این توان بر طبق قانون دوم ترمودینامیک غیر قابل تبدیل به کار است. در این میان که نویز گرمایی حرف اول را می زند، موتورهای در ابعاد نانومتری وجود دارند که می توانند از این نویز برای غلبه بر سدهای پتانسیل استفاده و حرکت هدفمند انجام دهند. به این موتورهای مولکولی موتورهای براونی می گویند.

از مکانیسم های مشهوری که امروزه در صنعت نیز مورد استفاده قرار می گیرد مکانیسم تشدید کاتوره ای است. این مکانیسم که در آن همواره نویز بهینه ای برای سیستم وجود دارد که به کمک انجام فعالیت مورد نظر می آید، پس از موتورهای براونی، به طور اجمال و همراه با ذکر چند مثال مورد بررسی قرار خواهد گرفت. گفتیم که اندازه ها در ابعاد نانومتری است. برای این دست کاری نیاز به ماشین هایی داریم که بتوانند در این ابعاد وارد عمل شوند. یکی از ویژگی های کار کردن در این ابعاد، اهمیت بالای نویز و دما در این ابعاد است. برای مثال یک ماشین مولکولی معمولی در حدود 10^4 تا 10^{10} ATP، در ثانیه مصرف می کند.

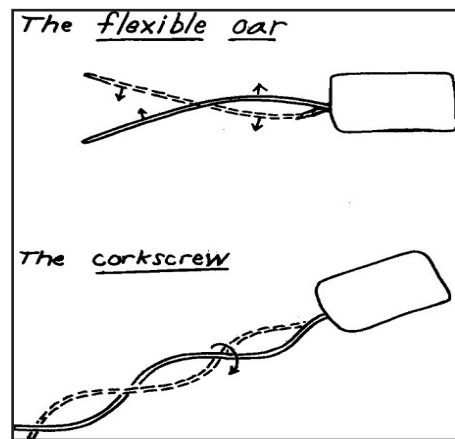
موتورهای براونی

محیطی که موتورهای براونی در آن عمل می کنند با محیط ما متفاوت است. ادوارد پورسل در مقاله ی معروفش «زندگی در رینولدز پائین» تفاوت این محیط ها را با تفاوت شنا کردن یک صدف در آب با حرکت در ابعاد پائین تر، به عنوان «قضیه صدف» بیان می کند.



شکل ۲: عدد رینولدز و نحوه ی محاسبه ی آن (مقاله ی پورسل).

شناخت بیش تر این موتورها وابسته به شناخت در مورد حرکت در



شکل ۵: دو نوع مهم از موتورهای مولکولی (مقاله ی پورسل)

مکانیسم پاروی انعطاف پذیر از طرف دیگر برای حرکت نیاز به واهلش درونی انحنای پارو دارد و در نتیجه این فرایند نمونه‌ای از فرایندهای بادرو^۲ می‌باشد.

برای بررسی اهمیت این فرایند مولد سرعت در برابر فرایند پخش می‌توانیم زمان لازم برای پخش به اندازه‌ی ابعاد موجود را با زمان لازم برای حرکت با سرعت متوسط مقایسه کنیم. اگر ابعاد موجود متحرک را با L ، سرعت را با v و ثابت پخش را با D نمایش دهیم، زمان لازم برای پخش $t_D = L^2/D$ و زمان لازم برای حرکت با سرعت $t_v = L/v$ هستند. نسبت این زمان‌ها عدد بی‌بعدی ست که عدد پکلت نامیده می‌شود و رژیمی که در آن مکانیسم پخش رژیم غالب است را با رژیمی که در آن حرکت جهت مند غالب است، مقایسه می‌کند. عدد پکلت به صورت زیر نوشته می‌شود:

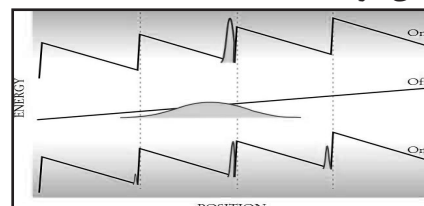
$$Pe = \frac{t_D}{t_v} = \frac{Lv}{D} \quad \text{معادله ۱}$$

محاسبه‌ی این عدد برای باکتری غلبه‌ی رژیم حرکتی جهت مند را نشان می‌دهد. چنان که می‌دانیم ثابت پخش برای یک کره از رابطه‌ی استوکس-اینشتین محاسبه می‌شود:

$$D = \frac{k_B T}{6 \pi \eta L} \quad \text{معادله ۲}$$

که η و شکسانی محیط است. با جایگذاری این معادله در رابطه‌ی ۱ مشاهده می‌کنیم که عدد پکلت با توان ۲ به ابعاد سیستم مرتبط است و با کاهش ابعاد سیستم به سرعت کاهش می‌یابد. در ابعاد چند ده نانومتر که بسیاری از موتورهای زیستی در آن کار می‌کنند، اهمیت نويز گرمایی به شدت مهم می‌شود پخش ناشی از این نويز بر حرکت جهت‌مند غالب می‌شود. یکی از روش‌هایی که در موجودات زنده برای نجات از این مشکل استفاده می‌شود یک بعدی کردن حرکت با محدود کردن مسیر آن به یک ریل است. در این مسیر موتورهای مولکولی از نويز گرمایی برای غلبه بر سدها و چاه‌های پتانسیل استفاده می‌کنند.

انرژی لازم برای حرکت جهت‌مند از کم و زیاد کردن میزان سدوچاه‌های پتانسیل، با استفاده از منابع انرژی شیمیایی و یا دیگر منابع غیر تعادلی تأمین می‌گردد.



شکل ۶: نمایی از یک پتانسیل دندان-اره ای که با روشن و خاموش کردن آن، مطابق شکل یک ذره ی براونی می‌تواند بر شیب پتانسیل غلبه کند.

در این نوع پتانسیل‌ها که برای اولین بار در سال ۱۹۹۲ توسط، آرمند اژدری و جکوس پروس در ضمن یک آزمایش معرفی شد، با روشن و خاموش شدن پتانسیل با بسامد ۱۰۰۰ هرتز، متناسب با مصرف ATP در بسیاری از موتورهای مولکولی، ذره به سرعتی در حدود یک میکرومتر بر ثانیه می‌رسد و حرکت آن با نیرویی از مرتبه‌ی ۱۰ pN متوقف می‌شود. به علاوه به‌جای روشن و خاموش کردن پتانسیل می‌توان از یک پتانسیل نامتقارن ثابت استفاده کرد و با کم و زیاد کردن دما ذره را حرکت داد. در دمای پائین ذرات ثابت می‌شوند ولی در دماهای بالا، شروع به پخش می‌کنند. با توجه به عدم تقارن پتانسیل دندان-اره‌ای ذرات به طور متوسط به سمتی که دارای شیب کمتر است حرکت می‌کنند.

دو ویژگی اصلی برای ماشین‌های براونی ذکر می‌شود: وجود نويز و نوعی شکست تقارن تغذیه‌شده بوسیله‌ی تناوب زمانی.

به علاوه، برای ساختن یک ماشین براونی کارا موارد زیر باید توجه کرد:

۱- اثر تناوب مکانی و زمانی
۲- تمامی نیروها باید در میان گیری زمانی، مکانی و مجموعه‌ی آماری از بین بروند.

۳- نیروهای کاتوره‌ای، با هر منبعی، برای حرکت این موتورها بسیار اساسی هستند.

۴- تعادل جزئی باید در این ماشین‌ها شکسته شود.

۵- مکانیسمی برای شکست تقارن در این سیستم‌ها باید وجود داشته باشد.

از کاربردهای موتورهای براونی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: وسایل دندان-اره‌ای برای کنترل حرکت شار مغناطیسی در ابر رساناها، استفاده از ابزارهای دارای سوراخ‌های دندان-اره‌ای برای جداسازی ذرات با ابعاد میکرومتر، جابجائی ذرات با استفاده از خاموش و روشن کردن پتانسیل‌های نامتقارن و یا کم و زیاد کردن دما، همچنین می‌توان به موتورهای کوانتومی که با استفاده از اثر جوزفسون نقاط کوانتومی و تونل زنی کوانتومی کار می‌کنند، اشاره نمود.

استفاده از خاموش و روشن کردن پتانسیل‌های نامتقارن و یا کم و زیاد کردن دما، همچنین می‌توان به موتورهای کوانتومی که با استفاده از اثر جوزفسون نقاط کوانتومی و تونل زنی کوانتومی کار می‌کنند، اشاره نمود.

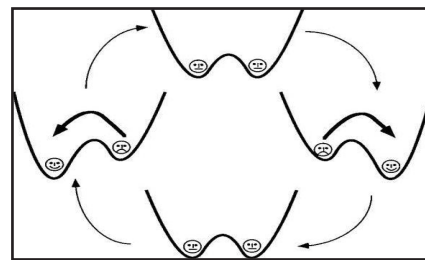
تشدید کاتوره‌ای

مبحث تشدید کاتوره‌ای برای اولین بار توسط فیزیکدان های ایتالیایی، بنزی و همکاران و فیزیک دان های بلژیکی، نیکولیس در سال ۱۹۸۱ در مورد تناوب موجود در دوره های عصر یخ بندان که در حدود هر ۱۰۰۰۰ سال یک بار رخ داده اند مطرح شد.

تنها زمان نجومی موجود که مرتبه ی بزرگی آن در این حدود می باشد، تناوب خروج از مرکز بیضی مدار زمین است. ولی مشکل اینجاست که این اثر بسیار کوچک و در حدود ۱٪ درصد است. برای اولین بار تشدید کاتوره ای، به عنوان یک راه حل برای این مشکل، مطرح شد. تشدید کاتوره ای به سه جزء نیاز دارد:

- ۱- سد انرژی فعالسازی یا یک آستانه^۴.
- ۲- سیگنال ضعیف ورودی.
- ۳- منبع نويز که مربوط به سیستم باشد یا با سیگنال ورودی هم‌دوس اضافه شده باشد.

۴. در برخی سیستم های غیر خطی نوعی از آستانه وجود دارد، برای مثال نورو ن ها پس از رسیدن به یک آستانه ای از اختلاف پتانسیل، نورو ن برانگیخته می شود.



شکل ۷: مکانیسم عملکرد تشدید کاتوره ای.

دو چاه پتانسیل با عمق یکسان مطابق شکل ۷ در نظر بگیرید. نیروهای کاتوره‌ای مطابق رابطه‌ی کرامرز با آهنگ زیر ذره را از یک چاه به چاه دیگر حرکت می‌دهند:

منبع نویز که مربوط به سیستم باشد یا با سیگنال ورودی همدوس اضافه شده باشد.

$$r_K = \frac{f_{\min}}{f_{\max}} 2\pi\gamma \exp\left(-\frac{\Delta V}{D}\right).$$

معادله ۳

که $\Delta V = V''(x_{\max})/m, f_{\min}^2 = V''(x_{\min})/m, f_{\max}^2 = V''(x_{\max})/m$ ارتفاع سد پتانسیل، D قدرت نویز $\gamma = \xi/m$ و در صورتیکه نویز ما نویز گرمایی باشد $D = k_B T$ می‌شود. حال اگر یک نیروی متناوب ضعیف به این ذره وارد شود این دو چاه پتانسیل متناوباً بالا و پائین می‌روند (شکل ۷). حال اگر زمان متوسط انتظار برای یک ذره در یک چاه پتانسیل را از قانون کرامرز $t_w = 1/r_K$ و دوره‌ی تناوب نیرو را T_F بنامیم. وقتی این زمان در حدود نصف دوره‌ی تناوب نیرو باشد نویز باعث تشدید نیرو می‌شود. یعنی تشدید کاتوره‌ای با شرط زیر رخ می‌دهد:

$$T_F = 2t_w.$$

معادله ۴

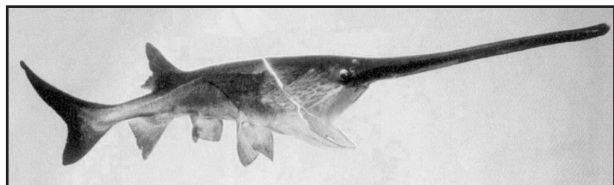
برخه کاربردهای تشدید کاتوره‌ای

این پدیده از زمان کشف در بسیاری از موارد مشاهده شده است. از لیزرهای حلقه‌ای دو حالتی، ابزارهای نیمه رسانا و واکنش‌های شیمیایی گرفته تا عملکرد نورون‌ها در بدن، کاربردهای این پدیده بسیار وسیع است. در اینجا با توجه به موضوع، به چند کاربرد این پدیده در موجودات زنده اشاره می‌شود. مشاهده‌ی این پدیده در زیست‌شناسی به اوائل دهه‌ی نود برمی‌گردد.

موضوع این کارها بررسی حساسیت نورون‌های حسی در برابر تغییر نویز بود. نتیجه‌ی این کار مشاهده‌ی تشدید کاتوره‌ای بود که این موضوع را در برابر دید زیست‌شناسان قرار داد. پس از این برای مثال گروه موس در سال ۱۹۹۳ کاری را در نیچر ارائه نمودند که به کاربرد این پدیده در حساسیت موهای خرچنگ اشاره داشت. آن‌ها نشان دادند که نویز محیط اطراف برای حساسیت سلول‌های موی آن‌ها بسیار مهم است. در واقع نویز به خرچنگ‌ها برای یافتن سریعتر دشمنشان کمک می‌کند. مثال معروف دیگر درباره‌ی جیرجیرک‌هاست. جیرجیرک‌ها می‌توانند اختلالات در نویز را در بسامدهای بین ۸۰ و ۱۵۰ هرتز تشخیص دهند. نکته‌ی جالب این است که فرکانس بال زدن زنبورها دقیقاً در همین حدود بسامد است. شناسایی زنبورها برای جیرجیرک‌ها از آن جهت اهمیت دارد که زنبورها به دنبال شکار تخم‌های جیرجیرک‌ها از داخل بدنشان هستند. نشان داده شده که نویز مناسب می‌تواند به جیرجیرک‌ها برای این شناسایی کمک کند. یکی دیگر از مثال‌های جالب کار دیگری است درباره‌ی یک نوع ماهی به نام پارو ماهی (شکل ۸) که موس و همکاران در سال ۱۹۹۹ در مجله‌ی معروف نیچر به چاپ رساندند.

آن‌ها با اعمال نویزهای الکتریکی متفاوت رفتار پارو ماهی را در قبال

خوراکش که جانوران ریز شناور موجود در سطح دریا هستند، مشاهده نمودند. آن‌ها تابع توزیع فاصله بین تجمعات ریزشناورها و پاروماهی‌ها را بررسی نمودند. این تابع توزیع در صورتی که ماهی قادر به شناسایی ریزشناورهای دورتر باشد پهن‌تر می‌شود. آن‌ها مشاهده نمودند که با افزایش نویز ابتدا تابع توزیع شروع به پهن‌تر شدن و سپس شروع باریک شدن می‌کند. در نتیجه یک نویز بهینه وجود دارد که در آن تابع توزیع پهن‌ترین مقدار است و بنابراین قدرت شناسایی پاروماهی بیشینه است. ضمناً برای این مقدار بیشینه مقدار غذای مصرفی ماهی تا حدود ۵۰ درصد افزایش می‌یابد. از منابع نویز در طبیعت می‌توانند خود این تجمعات ریزشناورها باشند.



شکل ۸: این ماهی از مکانیسم تشدید کاتوره‌ای برای مشخص کردن جانورهای ریز شناور موجود در سطح دریا استفاده می‌کند.

همچنین شواهدی از وجود تشدید کاتوره‌ای در یک مجموعه از کانال‌های یونی آلومینیسین مشاهده شده است.

یکی دیگر از مشاهدات مهم در این زمینه رفتار نورون‌ها و برانگیخته شدنشان نسبت به سطح است. هرچه سطح مورد بررسی بیشتر شود نویز درونی مربوط به آن‌ها نیز بیشتر می‌شود. مشاهده شده است که برای یک سطح مشخص نسبت سیگنال به نویز بیشینه می‌شود و برای سطوح کوچک‌تر یا بزرگ‌تر این نسبت کاهش می‌یابد.

از مواردی که می‌توان از این مسأله استفاده نمود، همین بهینه نمودن حساسیت نورون‌هاست. برای مثال می‌توان دست‌کش‌هایی ساخت که با ایجاد مقادیر مناسبی از نویز حساسیت فرد را بالا برده و می‌توان از این دست‌کش‌ها در موارد حساسی مانند جراحی میکرو و یا مواردی مانند این که نیاز به حساسیت بالا دارند، استفاده نمود.

منابع

۱. Hänggi, Peter. The ring of brownian motion: the good the bad and the good, the bad, and the simply silly. <http://www.physik.uni-augsburg.de/theo/hanggi/History/BM-History.html>, ۲۰۰۱. Power Point Presentation. ۱۵۹
۲. Haw, M D. Colloidal suspensions, brownian motion, molecular reality: a short history. *Journa of Physics: Condensed Matter*, ۲۰۰۲, ۱۶, ۷۷۷۹-۱۴:۷۷۶۹
۳. Nye, Mary Jo. Molecular reality: a perspective on the scientific work of Jean Perrin. Macdonald, London, ۱۹۷۲, ۱۶۱
۴. Astumian, R. Dean and Hänggi, Peter. Brownian motors. *Physics Today*, ۲۰۰۲, ۱۶۲, ۵۵:۳۳
۵. Purcell, Edward M. Life at low reynolds number. *American Journal of Physics*, ۱۹۷۷, ۱۶۳, ۴۵:۳
۶. Peter Hänggi, Peter Talkner and Borkovec, Michal. Reaction-rate theory: fifty years after kramers. *Reviews of Modern Physics*, ۱۹۹۰, ۱۶۴, ۳۴۱-۶۲:۲۵۱
۷. Hänggi, Peter and Marchesoni, Fabio. Artificial brownian motors: Controlling transport on the nanoscale. *Reviews of Modern Physics*, ۲۰۰۹, ۱۶۵, ۴۴۲-۸۱:۳۸۷
۸. Astumian, R. Dean and Bier, Martin. Mechanochemical coupling of the motion of molecular motors to atp hydrolysis. *Biophysical Journal*, ۱۹۹۶, ۷۰:۶۳۷-۷۰:۶۳۷.

مختلف تبدیل شده‌اند. از لیزر همچنین به عنوان یک پدافند دفاعی به ویژه برای گمراه کردن موشک‌های گرمایاب نیز استفاده می‌شود. از این توپخانه لیزری می‌توان برای هدف‌گیری و نابودی قایق‌ها و شناورهای تندرو و هواپیماهای بدون سرنشین استفاده کرد.

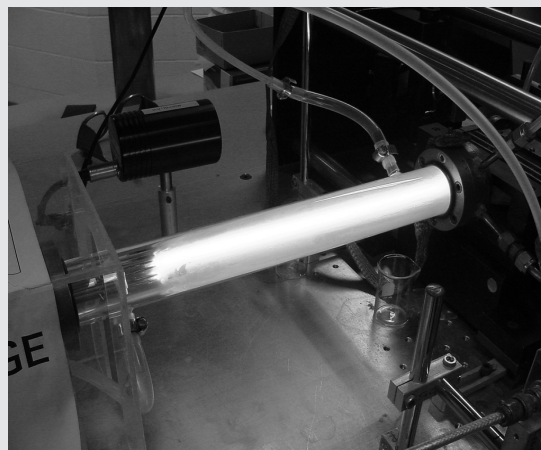
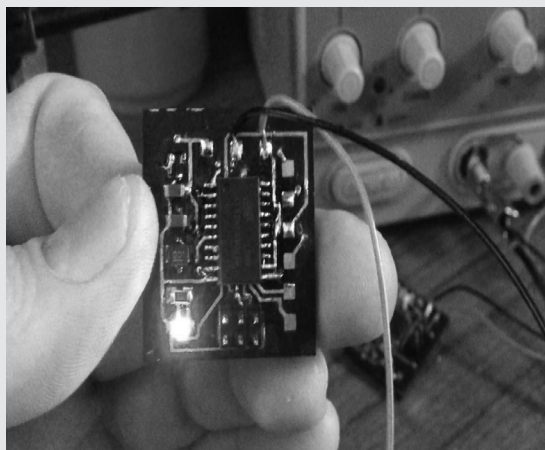
همچنین از این اسلحه می‌توان در کاربردهای زیر نیز استفاده کرد:

- ۱- گلوله‌های مرئی هشداردهنده
 - ۲- ثابت کردن اشعه لیزری بر روی هدف متحرک برای کمک به هدف‌گیری صحیح موشک‌های حرارتی
 - ۳- از کارانداختن سامانه‌های دید در موشک‌ها یا هواپیماهای بدون سرنشین دشمن برای خنثی سازی کارآمدی آن‌ها
 - ۴- نابودی هدف (شناورهای کوچک و هواپیماهای بدون سرنشین) از طریق هدف‌گیری با اشعه لیزر.
- درباره هدف‌گیری شناورهای تندرو گفته می‌شود که اشعه‌های توپخانه لیزری می‌تواند شناور هدف را دنبال کند و شناورها نمی‌توانند با استفاده از تغییر موقعیت خود از گلوله‌های لیزری فرار کنند. هر گلوله لیزری این سلاح جدید تنها یک دلار هزینه خواهد داشت و این در حالی است که برای هدف‌گیری و نابودی شناورها و هواپیماهای بدون سرنشین نیاز به شلیک موشک‌هایی با هزینه‌های بالاست. هر شلیک این سلاح، کمتر از یک دلار هزینه دارد. این سلاح همچنین تا زمانی که به برق متصل است می‌تواند شلیک کند و با مسئله پایان مهمات روبه‌رو نیست.

سلاح لیزری نوعی جنگ‌افزار انرژی هدایت شده‌است که از پرتو لیزر برای تخریب هدف استفاده می‌کند. از دهه ۱۹۷۰ تاکنون سلاح‌های لیزری متعدد و متنوعی طراحی و تولید شده‌اند اما اغلب آن‌ها از مرحله تحقیق و اثبات تکنولوژی فراتر نرفته‌اند. امروزه جنگ‌افزارهای زمینی لیزری توانایی نابودی موشک‌ها، و گلوله‌های توپ و خمپاره در حال پرواز را پیدا کرده‌اند. سلاح‌های لیزری هوابرد نیز آزمایش‌های موفقیت‌آمیزی داشته‌اند و حتی سیستم‌های لیزری فضایی برای نابودی ماهواره‌ها یا موشک‌های بالستیک نیز پیشنهاد شده‌اند. سلاح‌های لیزری در مقایسه با سلاح‌های متعارف مزایای فراوان و در عین حال معایبی جدی دارند که باعث شده تا کاربرد عملیاتی آن‌ها دشوار باشد.

سلاح لیزری زئوس تنها جنگ‌افزار لیزری است که در شرایط جنگی مورد استفاده قرار گرفته‌است. این سلاح لیزری بر روی یک خودروی هاموی نصب شده و از سال ۲۰۰۳ در جنگ افغانستان و سپس عراق حضور داشته است و کار آن انهدام مین‌ها و بمب‌های عمل کرده است.

کاربردهای نظامی لیزر بسیار متنوع است و استفاده مستقیم از لیزر به عنوان سلاح یکی از آن‌هاست. بمب‌های هدایت لیزری که از پرتو لیزر برای نشانه‌گذاری هدف و یافتن آن بهره می‌برند از دقیق‌ترین مهمات هدایت‌شونده محسوب می‌شوند. کاربرد دیگر لیزرها مسافت‌یابی و تعیین دقیق فاصله با هدف است، به طوریکه مسافت‌یاب‌های لیزری امروزه به بخش مهمی از سیستم‌های کنترل آتش جنگ‌افزارهای



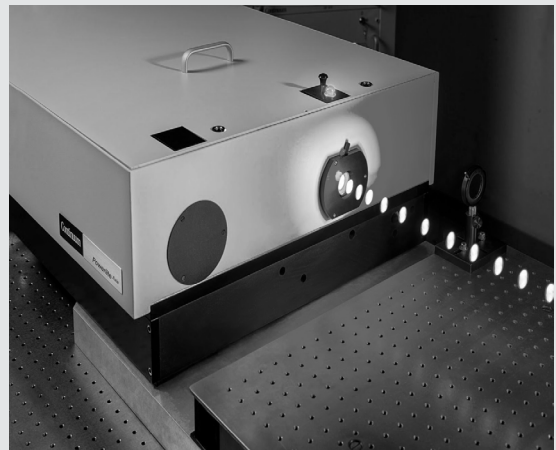
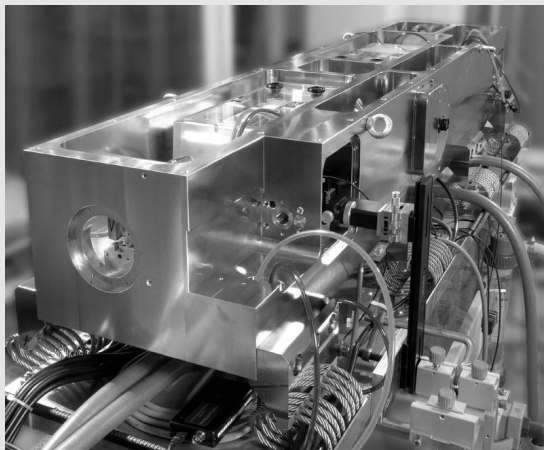
لیزرهای شیمیایی

در لیزرهای شیمیایی پرتو لیزر از طریق واکنش‌های شیمیایی تولید می‌شود. این نوع لیزرها نسبت به بقیه لیزرها بسیار پرقدرت‌تر هستند. لیزرهای شیمیایی در طول موج‌های بلند منتشر می‌شوند و این به آن‌ها امکان می‌دهد تا در شرایط نامساعد جوی توان نفوذ کافی را داشته باشند.

استفاده از لایه دود از گذشته‌های دور مورد توجه نظامیان بوده است. دود در نبردهای زمینی و دریایی مکرراً مورد استفاده قرار می‌گرفته است. در گذشته از دود برای محدود کردن دید بصری دشمن استفاده می‌شد. در جنگ‌های جهانی اول و دوم، این ابزار ساده بارها و بارها کارایی خود را نشان داده است. حتی با پیشرفت تسلیحات و بکارگیری روش‌های متعدد الکترونیکی باز هم این ابزار کارایی مناسبی از خود نشان می‌دهد، چرا که علاوه بر محدود کردن دید دشمن، می‌تواند از عبور امواج مادون قرمز و پرتوهای لیزری جلوگیری کند. سامانه‌های دودزای مورد استفاده در کشورهای مختلف عبارت‌اند: از خمپاره‌ها، گلوله‌های توپخانه‌ای و نارنجک‌اندازهای دودزا، بالگردهای دودزا و... این سامانه‌ها قادرند با توجه به نوع نیاز لایه دودی به عرض دو تا ده‌ها متر را در فاصله‌ی زمانی دو ثانیه تا چند دقیقه تولید کنند. ذرات دود یا گردهای موجود در لایه دود دارای اندازه دو تا هشت میکرومتر و تراکم ده به توان دوازده ذره در مترمربع هستند.

به دام انداختن پرتو لیزر: تکنیک‌های به دام انداختن یا پنهان کردن پرتو لیزر در اصل توسط واحدهای نظامی، جهت پنهان شدن از دید فاصله‌یاب‌های لیزری، علامت‌گذارهای لیزری و لیدار (سامانه اکتشاف لیزری) مستقر در هواپیماها، شناورهای رزمی، موشک‌ها و واحدهای زمینی، بکار می‌رود. هدف اصلی این روش کاهش هرچه بیشتر پرتو لیزر بازتابی به سمت واحد متخاصم است. دو روش عمده به دام انداختن پرتو که معمولاً در واحدهای زرهی زمینی بکار می‌روند عبارت‌اند از: ۱- کاهش پرتو بازتابی و افزایش میزان پراکندگی آن. معمولاً بدنه‌ی تانک‌ها با موادی خاص و ویژه رنگ‌آمیزی می‌شود و این امر سطح فلزی براق تانک را به سطحی کدر و پخش کننده پرتو لیزر تبدیل می‌کند. در نتیجه تراکم انرژی پرتو بازتابی کاهش پیدا می‌کند.

۲- استفاده از تور استتاری جاذب پرتو لیزر. تور را می‌توان توسط رنگ‌های ویژه جاذب پرتو لیزر رنگ‌آمیزی کرد علاوه بر این ساختار آن را می‌توان جاذب لایه لایه ساندویچی طراحی کرد و یا با استفاده از مواد کامپوزیتی از ساختار لانه زنبوری در آن استفاده کرد. در صورت استفاده از ساختار لانه زنبوری پرتو پیش از بازگشت، درون ساختار چندین بار شکسته می‌شود و این امر علاوه بر کاهش انرژی پرتو بازگشتی زمان بازتاب و رسیدن به گیرنده را افزایش داده با ایجاد خطا



لیزرهای حالت جامد

لیزرهای حالت جامد با عبور الکتریسیته از یک محیط کریستالی یا شیشه‌ای تولید می‌شوند. این نوع لیزرها نسبت به لیزرهای شیمیایی قدرت کمتری دارند و در طول موج‌های کوتاه‌تری کار می‌کنند اما امتیاز آن‌ها این است که می‌توانند از منابع الکتریکی موجود در هواپیماها، کشتی‌ها و خودروهای زمینی برای تولید لیزر استفاده کنند.

سلاح هایی مثل لیزرهای حالت جامد، لیزرهای فیبری و لیزرهای شیمیایی هستند که با توان بالا توان ایجاد انفجار و نابودسازی هدف را دارند.

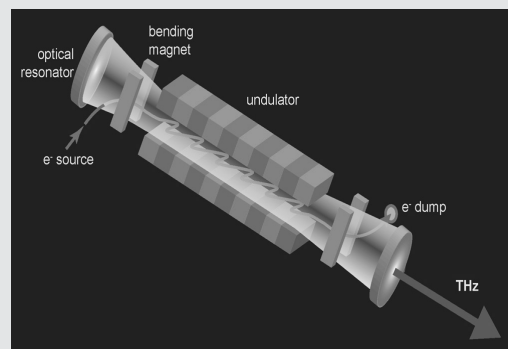
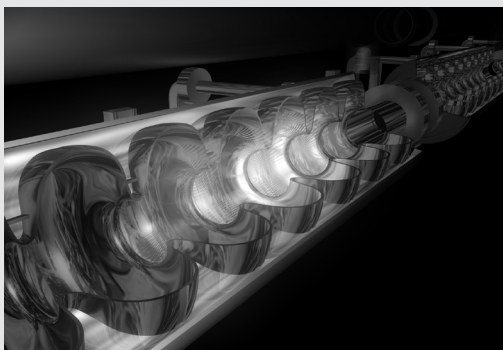
چگونگی هدایت لیزری :

هدایت لیزری روشی است که در آن از پرتو لیزری برای هدایت تسلیحات استفاده می شود. این روش که آن را می توان زیرمجموعه ی روش های هدایت سوار بر پرتو دانست، معمولاً به صورت نیمه فعال به کار گرفته می شود و در آن هدف مورد نظر توسط یک علامت گذار زمینی یا هوایی علامت گذاری می شود. علامت گذاری هدف توسط پالس های لیزری صورت می گیرد، شایان ذکر است پالس های ارسالی توسط واحد علامت گذار کد گذاری می شوند تا بدین وسیله امکان اختلال در هدایت موشک به حداقل ممکن برسد. پردازشگر مستقر در موشک، بمب یا گلوله با دریافت امواج بازتاب شده از هدف به کمک حسگر و پردازش آن دستورات لازم را به باله ها اعمال کرده مسیر حرکت را تصحیح می کند. این روش هدایت سبب می شود بتوان اهداف ثابت یا متحرک را به صورت شبانه روزی مورد هدف قرار داد. البته این روش علی رغم مزایای فراوان مشکلات خاصی نیز دارد. کارایی این روش در آب و هوای نامناسب کاهش پیدا می کند، برد آن محدود است، واحد علامت گذار ممکن است شناسایی شود، انتشار مسقیم پرتو لیزر یک محدودیت مکانی برای علامت گذار ایجاد می کند، در صورت کافی نبودن انرژی پرتو بازتاب شده مازول هدایت کننده دچار خطا می شود.

تسلیحات لیزری کورکننده می توانند با ایجاد آسیب در پریسکوپ ها، دستگاه های نشانه روی، دوربین های دید در شبی که در نور کم کار می کنند، تصویرسازهای مادون قرمز، فاصله یاب های لیزری، سامانه های نشانه گذار لیزری و جستجوگرها، باعث اختلال در آن ها شوند. همچنین به کمک این نوع تسلیحات می توان مستقیماً جستجوگرهای سامانه ی هدایت لیزری را از کار انداخت و یا سربازان دشمن را کور کرد. تکنیک کور کردن یکی از روش های بسیار موثر در سامانه های دفاع لیزری است.

در جنگ خلیج فارس، نیروهای آمریکایی دو نوع تسلیحات کور کننده ی لیزری را مورد استفاده قرار دادند که ساخت شرکت مارتین ماریتا است بر روی خودروهای زرهی برادلی نصب شده بودند. این سامانه با استفاده از تکنیکی که اثر چشم گربه نامیده می شود، اهداف خود را رهگیری و به وسیله یک لیزر گازی CO₂ با توان خروجی ۱ کیلووات، یک لیزر Nd:YAG و لیزر Nd:YAG فرکانس چندگانه با توان خروجی ۱۰۰ میلی ژول سامانه های الکترواپتیکال را تا فاصله ۸ کیلومتری از کار می انداخت، البته این سامانه توانایی کور کردن سربازان در بردی بیش از این نیز دارا بود. روش تخریب به کمک لیزر :

این روش که به هارد کیل معروف است به وسیله تسلیحات انرژی مستقیم و یا موشک های ضد لیزری، مستقیماً نشانه گذار لیزری و تسلیحات هدایت لیزری را نابود می سازد. تسلیحات انرژی مستقیم



لیزرهای الکترون آزاد

لیزرهای الکترون آزاد با استفاده از الکتریسته پرتو لیزر را در طول موج های مختلف که قابل تغییر و هماهنگی با شرایط محیطی است تولید می کنند. نیروی دریایی آمریکا در سال های اخیر علاقه زیادی به این نوع لیزرها نشان داده و معتقد است این نوع لیزرها در مقایسه با لیزرهای حالت جامد که در طول موج ثابت کار می کنند، برای عملیات های دریایی مناسب تر هستند اما چالش های خاصی در استفاده از آن ها وجود دارد. مثلاً اندازه بزرگ آنها سبب می شود که فقط در کشتی های بزرگ قابل استفاده باشند و به روز کردن کشتی های موجود برای نصب آنها بسیار سخت به نظر می رسد.

مزایای تسلیحات لیزری

• سلاح‌های لیزری موجود میزان زیادی از انرژی را به صورت گرما تلف می‌کنند و به همین جهت به تجهیزات خنک‌کننده بزرگی نیاز دارند تا از داغ شدن آنها جلوگیری کند. این مشکل در حالتی که سلاح لیزری در یک موقعیت ثابت دفاعی نصب شده یا بر روی یک کشتی بزرگ قرار دارد کاهش می‌یابد.

• اشعه لیزر وقتی در هوا حرکت می‌کند توسط باران، برف، گردوخاک، دود و مه جذب شده یا پخش می‌شود در حالیکه یک گلوله به راحتی از این موانع گذر می‌کند.

• نور فقط در خط مستقیم حرکت می‌کند در نتیجه نمی‌توان از اشعه لیزر در خط سیر کمانی و به شیوه آتش غیرمستقیم توپخانه‌ای استفاده کرد. در حالیکه توپ‌ها و خمپاره‌ها می‌توانند اهدافی را که پشت یک ساختمان یا یک تپه پنهان شده‌اند را نیز هدف قرار دهند. یکی از راهکارهای جایگزین استفاده هوابرد از لیزر یا بازتابنده‌های لیزر یا نصب آن بر روی سکوها و شلیک فضایی است.

• اثرات زیانبار پرتو لیزر برای چشم انسان یک نگرانی مهم است. البته برخی از لیزرهای شیمیایی در طول موج‌های ایمن برای چشم انسان کار می‌کنند اما تمام لیزرهای حالت جامد با توان بالا به راحتی انسان را نابینا می‌کنند. در نتیجه این لیزرها ممکن است هنگام مأموریت به نیروهای خودی یا غیرنظامیان حاضر در صحنه نبرد آسیب جدی وارد کنند.



• مهمترین امتیاز سلاح‌های لیزری صرفه اقتصادی قابل توجه آن‌هاست. هزینه هر شلیک یک سلاح لیزری فقط هزینه انرژی است که از طریق سوخت شیمیایی یا الکتریسیته به دست می‌آید. در بسیاری از سلاح‌های لیزری هزینه هر شلیک از یک دلار کمتر است، در حالی که گلوله‌ها یا موشک‌هایی با قدرت تخریبی برابر هزاران دلار قیمت دارند که باید هزینه‌های حمل و نقل و نگهداری را نیز به آنها افزود.

• سلاح‌های لیزری قسمت‌های مکانیکی کمی دارند و به سرعت تغذیه یا شارژ می‌شوند و هزینه‌های مربوط به استفاده، تعمیر و نگهداری آن‌ها حتی از مهمات سلاح‌های متعارف نیز کمتر است.

• اشعه لیزر با سرعت نور حرکت می‌کند در نتیجه نیازی به محاسبه جابجایی هدف نیست و فرار کردن از آن برای مدافع غیرممکن است. این ویژگی لیزر را گزینه‌ای عالی برای درگیری با اهداف بسیار سریع همچون موشک‌ها و راکت‌ها، گلوله‌های توپ و خمپاره می‌سازد.

• تأثیر جاذبه زمین بر روی نور بسیار اندک و تأثیر عوامل محیطی دیگر مثل باد نیز معمولاً قابل چشم‌پوشی است به همین جهت در اغلب موارد نیازی به محاسبه تغییر جهت پرتو لیزر بر اثر جاذبه زمین یا باد نیست.

• شیوه تمرکز اشعه لیزر را می‌توان به دلخواه تغییر داد تا منطقه مورد تخریب آن کوچک یا بزرگ باشد. این امکان در مورد سلاح‌های انفجاری وجود ندارد.

• سلاح لیزری با داشتن یک منبع انرژی کافی میزان نامحدودی مهمات در اختیار دارد در حالی که هر سلاح متعارف قابلیت حمل میزان محدودی مهمات را دارد.

• نیروی لگد ناشی از لیزر تقریباً صفر است چون نسبت حرکت به انرژی نور بسیار اندک (دقیقاً $c/1$) است.

• لیزر هیچ صدا یا نوری در محل شلیک تولید نمی‌کند که توسط انسان قابل تشخیص باشد در نتیجه از این طریق نمی‌توان موقعیت سلاح لیزری را پیدا کرد.

معایب سلاح‌های لیزری شامل این موارد می‌شود:

• سلاح‌های لیزری معمولاً اندازه بزرگی دارند که قابلیت جابجایی آن‌ها را بسیار کاهش می‌دهد. با توجه به روش‌های موجود برای ذخیره‌سازی، هدایت، تبدیل انرژی امکان ساخت سلاح لیزری مرگ‌بار قابل حمل توسط نفر وجود ندارد.

شوروی (روسیه) :

• شوروی در سال ۱۹۸۷ سلاح لیزری فضایی پولیوس را روانه فضا کرد اما موشک حامل سلاح نتوانست به مدار زمین برسد. این سلاح برای از بین بردن ماهواره‌های دشمن طراحی شده بود.
• بریف آ-۶۰ یک لیزر گازی دی‌اکسیدکربن ساخت شوروی- روسیه که بر روی یک هواپیمای ایلوشین-۷۶ نصب شده‌است.
• آلماز هل یک سلاح لیزری ساخت روسیه است که بر روی یک کامیون نصب می‌شود.

آمریکا :

• بستر آزمایشی لیزر هواپرد بوئینگ YAL-1 یک سلاح لیزر شیمیایی بود که در یک بوئینگ ۷۴۷ قرار گرفته و در وهله اول به عنوان یک سیستم رهگیر موشک‌های بالستیک تاکتیکی برای نیروی هوایی آمریکا ساخته شد. این پروژه در سال ۲۰۱۱ لغو شد.
• مهندسان نورترپ گرومان در سال ۲۰۰۹ یک لیزر الکتریکی با قدرت ۱۰۰ کیلووات را آزمایش کردند که قادر به انهدام موشک‌های کروز، و گلوله‌های توپ، خمپاره و راکت بود.
• در ۶ آوریل ۲۰۱۱ یک توپ لیزری ساخت نورترپ گرومان توسط نیروی دریایی آمریکا آزمایش شد. جزئیات این آزمایش اعلام نشده، اما گفته شده که این سلاح توانست یک گلوله پرسرعت را تخریب کند و برد آن نیز چندین کیلومتر بوده‌است.
• سلاح لیزری زئوس نخستین سلاح لیزری و نخستین جنگ‌افزار انرژی مستقیم است که به طور عملیاتی استفاده شده‌است. این سلاح لیزری بر روی یک خودروی هاموی نصب شده و قادر به انهدام مین‌ها و بمب‌های عمل نکرده است. این سیستم در جنگ افغانستان و جنگ عراق مورد استفاده قرار گرفته است و ۱۶۰۰ مهمات از ۴۰ نوع مختلف را با ضریب موفقیت ۹۸ درصد منهدم کرده‌است. این لیزر حالت جامد پرتویی به قدرت ۱۰ کیلووات تولید می‌کند و برد مفید آن بین ۲۵ تا ۳۰۰ متر است.

• لیزر شیمیایی پیشرفته فروسرخ (MIRACL) یک لیزر شیمیایی فلوراید دیوتریم نیروی دریایی است که در سال ۱۹۹۷ برای انهدام یک ماهواره استفاده شد.

لیزر تاکتیکی پرانرژی معروف به ناتیلوس یک سلاح لیزر شیمیایی فلوراید دیوتریم برای انهدام راکت‌های کاتیوشا و گلوله‌های توپ و خمپاره بود که در پروژه مشترک آمریکا و اسرائیل ساخته شد. بودجه این پروژه در سال ۲۰۰۵ قطع شد و به جای آن سیستم موشکی گنبد آهنین ساخته شد. دلیل این تصمیم «اندازه بزرگ، هزینه زیاد و پیش‌بینی عملکرد ضعیف در شرایط عملیاتی» اعلام شد. پیش‌نمونه این سیستم تقریباً به اندازه شش اتوبوس شهری بود.

• سیستم تسلیحاتی لیزری ساخت شرکت کراتوس در سال ۲۰۱۴ برای آزمایش‌های عملیاتی بر روی یک کشتی نیروی دریایی آمریکا نصب شد. این لیزر حالت جامد برای هدف قرار دادن پهپادها و قایق‌های تندرو ساخته شده‌است.

• Personnel Halting and Stimulation Response یک لیزر غیرکشنده قابل حمل توسط نفر است که در نیروی هوایی آمریکا طراحی شده و قابلیت ایجاد نابینایی موقت و سرگیجه در نفرات دشمن را دارد. پروتکل ممنوعیت لیزرهای کورکننده سازمان ملل

در سال ۱۹۹۵ این نوع سلاح‌ها را ممنوع کرده و آمریکا نیز از سال ۲۰۰۹ این پروتکل را امضا کرده‌است اما نابینایی ایجاد شده توسط این سلاح کاملاً موقت است.

• بوئینگ لیزر اونجر یک سلاح لیزری هواپرد ساخت شرکت بوئینگ است که بر روی یک خودرو AN/TWQ-۱ نصب می‌شود.

• سیستم دفاع منطقه‌ای لیزر مایع پرانرژی یک سیستم پدافند هوایی با قدرت ۱۵۰ کیلووات است که در آژانس پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته وزارت دفاع آمریکا در حال توسعه است. نمونه‌های اولیه سیستم در قرارگاه‌های ثابت زمینی نصب شده‌اند اما هدف طرح ساخت یک سیستم با حداکثر ۷۵۰ کیلو وزن و ۲ متر مکعب حجم است که در هواپیما قرار گیرد.

تسلیحات لیزری همواره تهدیدی مهم برای کشورهای دارای نیروی هوایی ضعیف تر نسبت به مهاجمین محسوب می‌شوند. این شرایط به ویژه برای کشور ما صادق است. در بحبوحه تبلیغات و مانور دشمن بر روی تسلیحات لیزری خود بر آن شدیم در حد وسع مان و مطابق نیاز نیروهای مسلح کشور وارد عمل شده روش‌های تقابل با این نوع تسلیحات را در قالب اطلاعاتی قابل فهم برای عموم ایرانیان ارائه کنیم. باشد که این مقاله مقدمه ارائه‌ی طرح‌ها و ابتکارات نوین اخلاص تسلیحات لیزری از سوی هموطنان عزیزمان گردد.

• سیستم تسلیحاتی لیزری ساخت شرکت کراتوس در سال ۲۰۱۴ برای آزمایش‌های عملیاتی بر روی یک کشتی نیروی دریایی آمریکا نصب شد. این لیزر حالت جامد برای هدف قرار دادن پهپادها و قایق‌های تندرو ساخته شده‌است.

• Personnel Halting and Stimulation Response یک لیزر غیرکشنده قابل حمل توسط نفر است که در نیروی هوایی آمریکا طراحی شده و قابلیت ایجاد نابینایی موقت و سرگیجه در نفرات دشمن را دارد. پروتکل ممنوعیت لیزرهای کورکننده سازمان ملل در سال ۱۹۹۵ این نوع سلاح‌ها را ممنوع کرده و آمریکا نیز از سال ۲۰۰۹ این پروتکل را امضا کرده‌است اما نابینایی ایجاد شده توسط این سلاح کاملاً موقت است.

• بوئینگ لیزر اونجر یک سلاح لیزری هواپرد ساخت شرکت بوئینگ است که بر روی یک خودرو AN/TWQ-۱ نصب می‌شود.

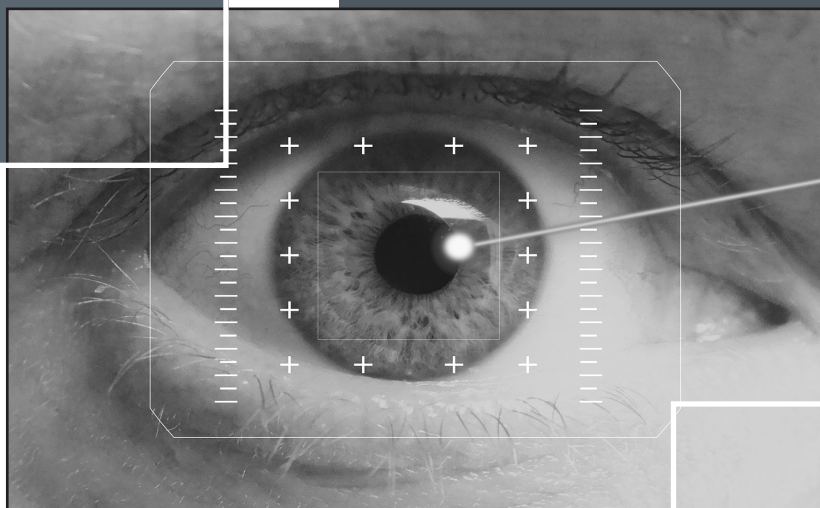
• سیستم دفاع منطقه‌ای لیزر مایع پرانرژی یک سیستم پدافند هوایی با قدرت ۱۵۰ کیلووات است که در آژانس پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته وزارت دفاع آمریکا در حال توسعه است. نمونه‌های اولیه سیستم در قرارگاه‌های ثابت زمینی نصب شده‌اند اما هدف طرح ساخت یک سیستم با حداکثر ۷۵۰ کیلو وزن و ۲ متر مکعب حجم است که در هواپیما قرار گیرد.

منابع

۱. List of laser applications. (۲۰۱۴, November ۸). In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved ۲۲:۵۸, November ۲۰۱۴, ۲۱, from http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=List_of_laser_applications&oldid=۶۳۲۹۳۷۵۸۲

۲. عباس خارا باف. «نبرد پرتوهای آتشین»، دانستنیها، ۱۷ فروردین

۱۳۹۲، شماره ۷۶، صفحه ۵۲-۵۷



لیزرهای حیات بخش

قرن بیستم میلادی را می‌توان قرن پیشرفت‌های شگفت‌انگیز در علم فیزیک دانست. بسیاری از اکتشافات و اختراعات علمی در زمان پیدایش به‌هیچ‌وجه به نظر نمی‌رسید که روزی بتوانند بصورتی گسترده در بین سایر علوم جایگاهی بیابند از جمله این اکتشافات، اشعه لیزر است.

لیزر کاربردهای بی‌شماری در زندگی روزمره دارد. از خواص بی‌شمار این اشعه مشخص شد که می‌توان از آن بصورتی گسترده در تشخیص و درمان بیماری‌ها و حتی تغییر وضعیت‌های بیولوژیک طبیعی به سمت وضعیت مطلوب (مثلاً استفاده‌های زیبایی) از آن استفاده کرد. لیزر امروزه در بسیاری از دستگاه‌های اندازه‌گیری و تشخیص بکار گرفته شده‌است و موجب شده که با تشخیص دقیق‌تر، هزینه‌های درمان کاهش یابد، همچنین به‌علت مزیت نفوذ قابل تنظیم این اشعه در بافت‌های مختلف بدن بعنوان چاقوی جراحی بسیار دقیق برای برداشت بافت در حد میلی‌متر از آن استفاده می‌شود.

بدین ترتیب امروزه درمان اصلی سوراخ‌های ریز در شبکیه، جداشدگی شبکیه و یا اختلالات عروقی و تشکیل رگ‌های جدید ناشی از بیماری دیابت در شبکیه، لیزر درمانی است؛ در واقع می‌توان گفت لیزر بسیاری از بیماران را از نابینایی حتمی نجات داده‌است. در اینجا کاربرد علم لیزر به طور خاص در چشم‌پزشکی را باهم مرور میکنیم.

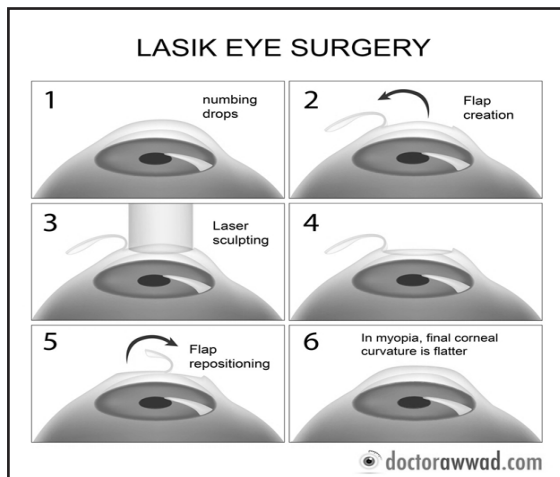
ملیکا کریمی

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

با تغییری در متد جراحی‌ها آن را مطابق استاندارد درآوردند. این روش به طور کامل با نسل قبل متفاوت بود، در اینجا با استفاده از یک تیغه برشی نازک در قرنیه ایجاد می‌کند. با این وجود این روش هم مشکلات زیادی را برای بیماران ایجاد کرده بود.

(سال ۱۹۹۵) PRK «کراتکتومی»: این شیوه جایگزین روش ALK شد؛ در این روش به جای یک تیغه برای برداشتن تکه‌ای از قرنیه از یک لیزر استفاده می‌شد، یعنی برای اصلاح چشم به طور مستقیم رو سطح قرنیه به کار می‌رفت و نیازی به برداشتن یک برش از قرنیه نداشت؛ اما در این روش مدت بهبود بیمار طولانی‌تر و ناخوشایند بود.

(سال ۱۹۹۹) LASIK: فرآیندی بود که بیماران مجاز میشدند تا اصلاح بینایی را بدون نیاز به طولانی شدن بهبودی حاصل از جراحی دارا



باشند. در این نسل، تکنولوژی به جراحان اجازه داد تا بیماران آستیگماتیسم را نیز درمان کنند.

(سال ۲۰۰۵) PHAKIC:

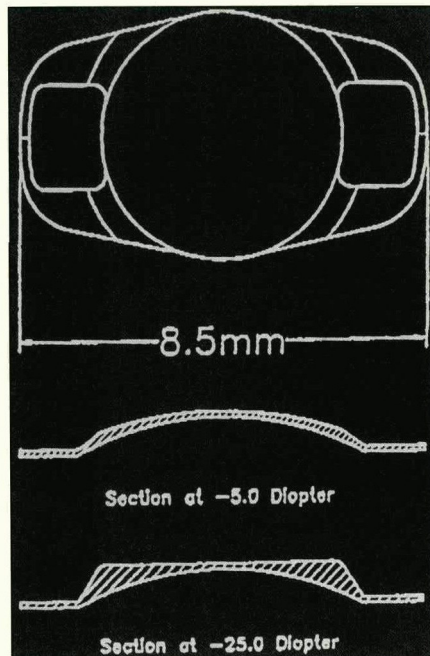


Figure 1: Schematic drawing of the convex-concave iris claw minus power phakic IOL. The optic is 5 mm in diameter.

لنزهایی که درون چشم قرار می‌گیرند و با لنز طبیعی کار میکنند به طور موفقیت آمیزی برای درمان اختلالات استفاده شدند؛ این روش برخلاف نسل های قبلی ساختار چشم را تغییر نمیدهد.

لیزیک (LASIK)

کلمه لیزیک به معنی لیزر در ضخامت قرنیه می‌باشد. در لیزیک دوره بهبودی کوتاه است و این عمل در افرادی که نزدیک بین، دور بین و آستیگماتیسم دارند، موثر بوده و باعث

کاهش وابستگی فرد به عینک و لنز تماسی می‌شود.

فوتورفکیتیو کراتکتومی (PRK)

کراتکتومی نوعی جراحی لیزری است که برای اصلاح عیوب انکساری در افراد نزدیک بین، دور بین و آستیگمات استفاده می‌شود. در این عمل برای شکل دهی قرنیه و اصلاح عیوب انکساری، مشابه لیزیک از لیزر اگزایمر استفاده می‌شود؛ اما PRK در افرادی که قرنیه نازک و یا

عیوب انکساری چشم به سه شکل می‌باشند: نزدیک بینی، دور بینی و آستیگماتیسم

نزدیک بینی: در این حالت تصاویر در جلوی پرده شبکیه تشکیل می‌شوند و در نتیجه اشیاء تار دیده می‌شوند. این حالت زمانی اتفاق می‌افتد که چشم نسبتاً طویل باشد و یا قدرت انکساری قرنیه و لنز نسبتاً زیاد باشد.

دور بینی: زمانی ایجاد می‌شود که تصاویر در پشت پرده شبکیه تشکیل می‌شوند و در نتیجه اشیاء تار دیده می‌شوند. در این حالت، یا چشم نسبتاً کوتاه است و یا قدرت انکساری قرنیه و لنز نسبتاً کم است (بسته به شدت دور بینی و سن فرد)؛ بعضی از افراد دور بین ممکن است با کمک تطابق عدسی، هم دور و هم نزدیک را واضح ببینند. این وضع منجر به خستگی شدید چشم می‌شود و به هرحال با افزایش سن تدریجاً قدرت تطابق کم می‌شود.

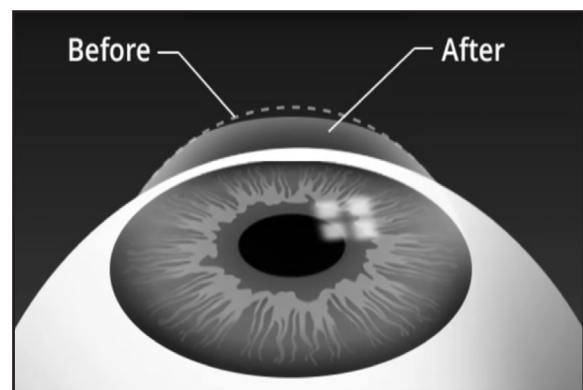
آستیگماتیسم: در یک چشم طبیعی، انحنا قرنیه در سطوح مختلف (افقی و عمودی) مثل یک توپ فوتبال مشابه هم می‌باشند. لذا در این حالت وقتی نور از قرنیه عبور می‌کند در یک نقطه واحد متمرکز می‌گردد؛ ولی وقتی آستیگماتیسم وجود داشته باشد، انحنا قرنیه در جهات مختلف مشابه هم نیستند؛ مثل یک تخم مرغ که در یک طرف انحنا بیشتر دارد و در طرف دیگر مسطح‌تر است؛ لذا باعث می‌شود نوری که از قرنیه عبور می‌کند در یک نقطه واحد متمرکز نگردد و یک تصویر بهم ریخته و نامنظم ایجاد می‌شود.

بسیاری از افراد نزدیک بین یا دور بین درجاتی از آستیگماتیسم نیز را همراه دارند.

تاریخچه عمل های جراحه چشم

تقریباً در مدت زمان طولانی که مردم به مشکلات بینایی بودند، تلاش‌هایی برای اصلاح نزدیک بینی و دور بینی انجام شد. پیش از قرن ۱۲، در آن سوی پیشرفت عینک‌ها و لنزهای تماسی، پیشرفت کمی انجام شد. با ظهور و ورود جراحی اصلاح چشم بصورت مدرن، تاریخچه جراحی لیزر چشم، به صورت جدی آغاز شد و دیگر جراحی‌های اصلاح چشم به مردم اجازه داده اند تا از عینک‌ها و لنزهای تماسی دست بردارند.

(سال ۱۸۹۸) RK «برش قرنیه با اشعه»: اولین نوع جراحی اصلاح چشم بود که مشهور شد. این روش برای اصلاح نزدیک بینی یا دور بینی طراحی شد و به وسیله ایجاد چندین شکاف کوچک در سطح



قرنیه انجام می‌شود که مانند پره‌های چرخ یک دوچرخه، ب ه بیرون پرتو افکنی می‌کند. یکی از مشکلات این روش این بود که نتایج آن برای ارزیابی به سختی پایدار و قابل پیش بینی بودند، در نتیجه نسل جدید جراحی‌ها ابداع شد.

(اواسط سال ۱۹۹۰) ALK _ Keratoplasty «لایه لایه خودکار»: محققان

از لیزر اگزایمر از سال ۱۹۸۷ برای عمل PRK استفاده می‌شد و در سال ۱۹۹۵ استفاده از این لیزر در PRK مورد تأیید انجمن دارو و غذایی آمریکا (FDA) قرار گرفت. تاکنون لیزر های اگزایمر خاصی برای لیزیک تأییدیه گرفته‌اند.

این لیزر، لیزر سرد (عدم تولید حرارت) بوده و اجازه می‌دهد که با برداشت دقیق بافت (به منظور شکل دهی مجدد سطح قرنیه)، بافت‌های مجاور آسیب حرارتی نبینند.

لیزر اگزایمر، لیزری بسیار دقیق بوده که با استفاده از امواج نوری با انرژی زیاد و غیر قابل رویت، سطح قرنیه را تراش می‌دهد. پس می‌توان سطح قرنیه را کم‌شیب‌تر یا پرشیب‌تر کرد. دقت لیزر اگزایمر به حدی است که با هر پالس طی ۱۲ بیونیوم ثانیه ۰/۲۵ میکرون از بافت را تراش می‌دهد که معادل یک دویستم ضخامت موی انسان و یا ۳۹ میلیونیوم اینچ است!

اختلالات قرنیه‌ای خاص دیگری دارند، مناسب‌تر است؛ همچنین PRK در افراد ارتشی، ورزشکاران بخصوص رزمی کاران و یک‌سری مشاغل دیگر مناسب‌تر است.

در PRK با برداشتن بافت از مرکز قرنیه، شیب انحنای آن کم‌تر شده و نزدیک‌بینی اصلاح می‌شود؛ برای اصلاح دوربینی، با برداشت بافت از قسمت‌های محیطی قرنیه، شیب انحنا مرکزی آن بیش‌تر شده و دور بینی اصلاح می‌شود؛ برای اصلاح آستیگماتیسم، قرنیه طوری تراش داده می‌شود که به شکل کروی درآید.

لازک (LASEK)

تکنیک نسبتاً جدیدی است که در واقع شکلی از PRK می‌باشد. این تکنیک بیش‌تر برای افرادی که ضخامت قرنیه پایین دارند و یا شیب انحنای قرنیه کم است، پیشنهاد می‌شود.

لازک با هدف کاهش شانس بروز عوارض ناشی از لایه برداری لیزیک ابداع شد.

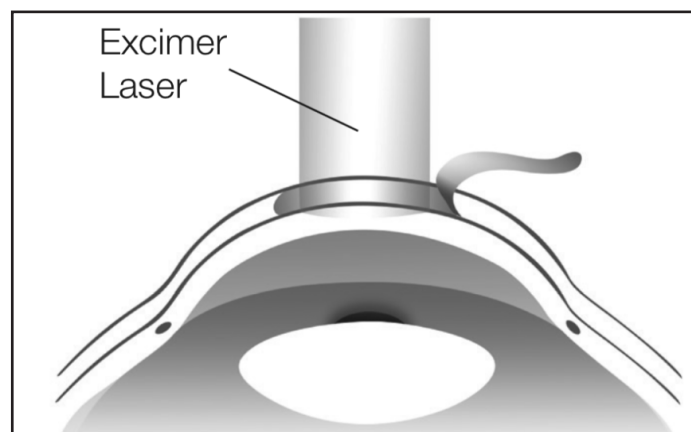
اپی- لیزیک (Epi Lasik)

اپی- لیزیک عمل لیزری جدیدی است که با هدف برطرف کردن بعضی از عوارض بالقوه LASIK و LASEK ابداع شده است. این تکنیک شباهت‌هایی به هر دو تکنیک ذکر شده دارد، اما در چند نکته کلیدی با آن‌ها متفاوت است؛

به طور مثال در لیزیک با استفاده از یک تیغ تیز و یا لیزر، لایه‌ای از قرنیه (به ضخامت ۱۶۰ میکرون) برش داده می‌شود که ممکن است ضخیم‌تر از حد مورد نظر بریده شود. در لازک نیز لایه سطحی نازک از قرنیه یعنی اپیتلیوم آن بلند شده و با لولایی به سطح قرنیه چسبیده باقی می‌ماند. این مرحله در اپی لیزیک نیز انجام می‌شود، اما بجای تیغ ظریف لیزیک، جراح از تیغ لرزشی پلاستیکی کندی استفاده می‌کند.

لیزر اگزایمر (Excimer Laser)

لیزر اگزایمر وسیله‌ای است که از آن امروزه برای اصلاح جراحی عیوب



انکسار استفاده می‌شود. اعمال جراحی رایجی که از این لیزر استفاده می‌کنند شامل:

لیزیک، لازک، پی آر کی و ... است.

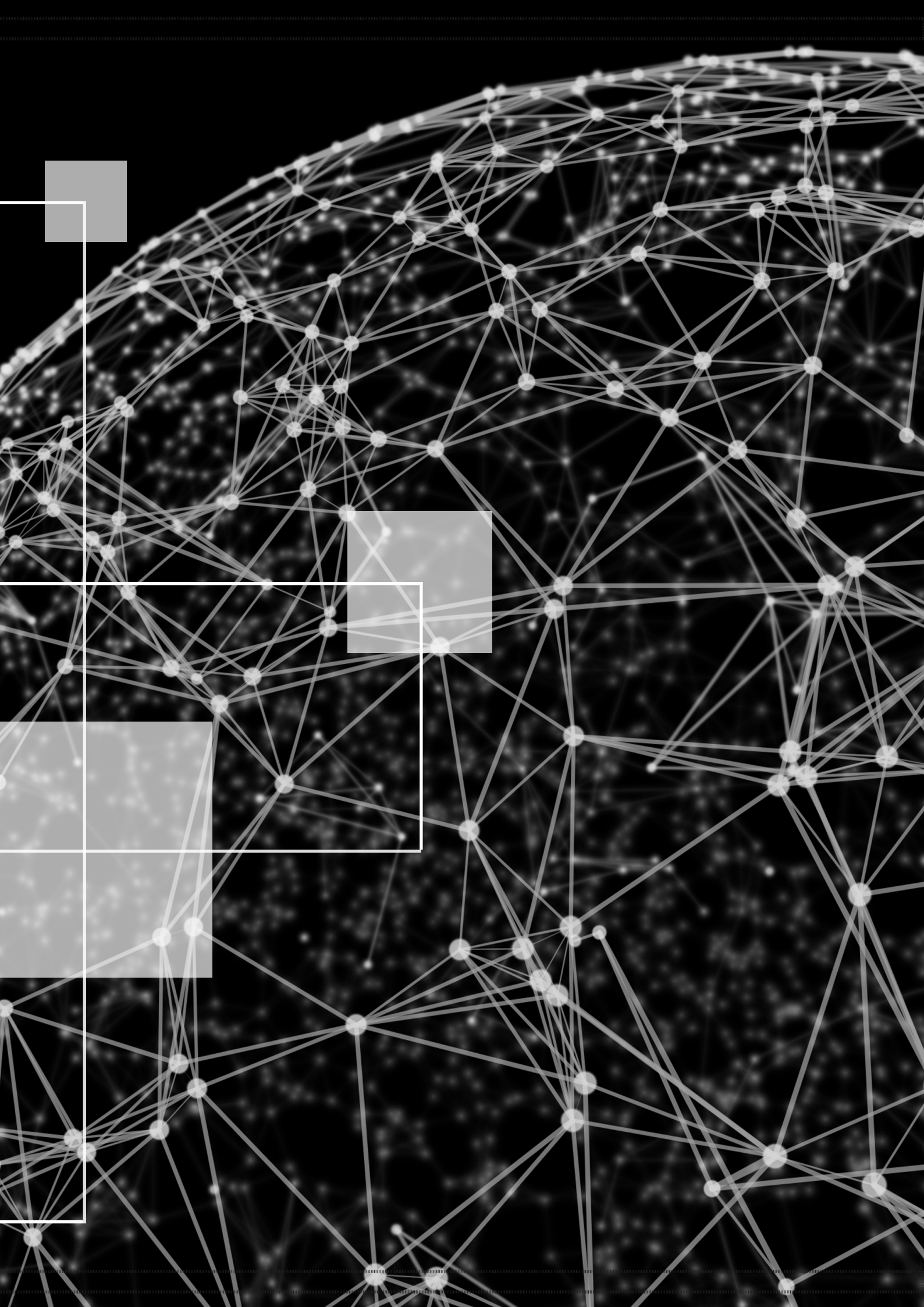
منابع:

[۱] <http://www.bme711.ir>

[۲] <http://www.oloomsara.com>

[۳] <http://mag-iran.com>

[۴] <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>



علوم اعصاب Neuroscience

آرزو خایه وند افخمه

دانشجویان کارشناسی فیزیک



نوروساینس مطالعه‌ی سیستم عصبی و به طور سنتی شاخه‌ای از بیولوژی بوده اما امروزه علمی بین رشته‌ای است که با سایر رشته‌ها مثل شیمی، کامپیوتر، مهندسی، زبان‌شناسی، ریاضی، فیزیک، پزشکی و روان‌شناسی همکاری می‌کند. در برخی موارد واژه‌ی نوروبیولوژی به جای نوروساینس به کار می‌رود، در حالی که نوروبیولوژی به طور خاص به

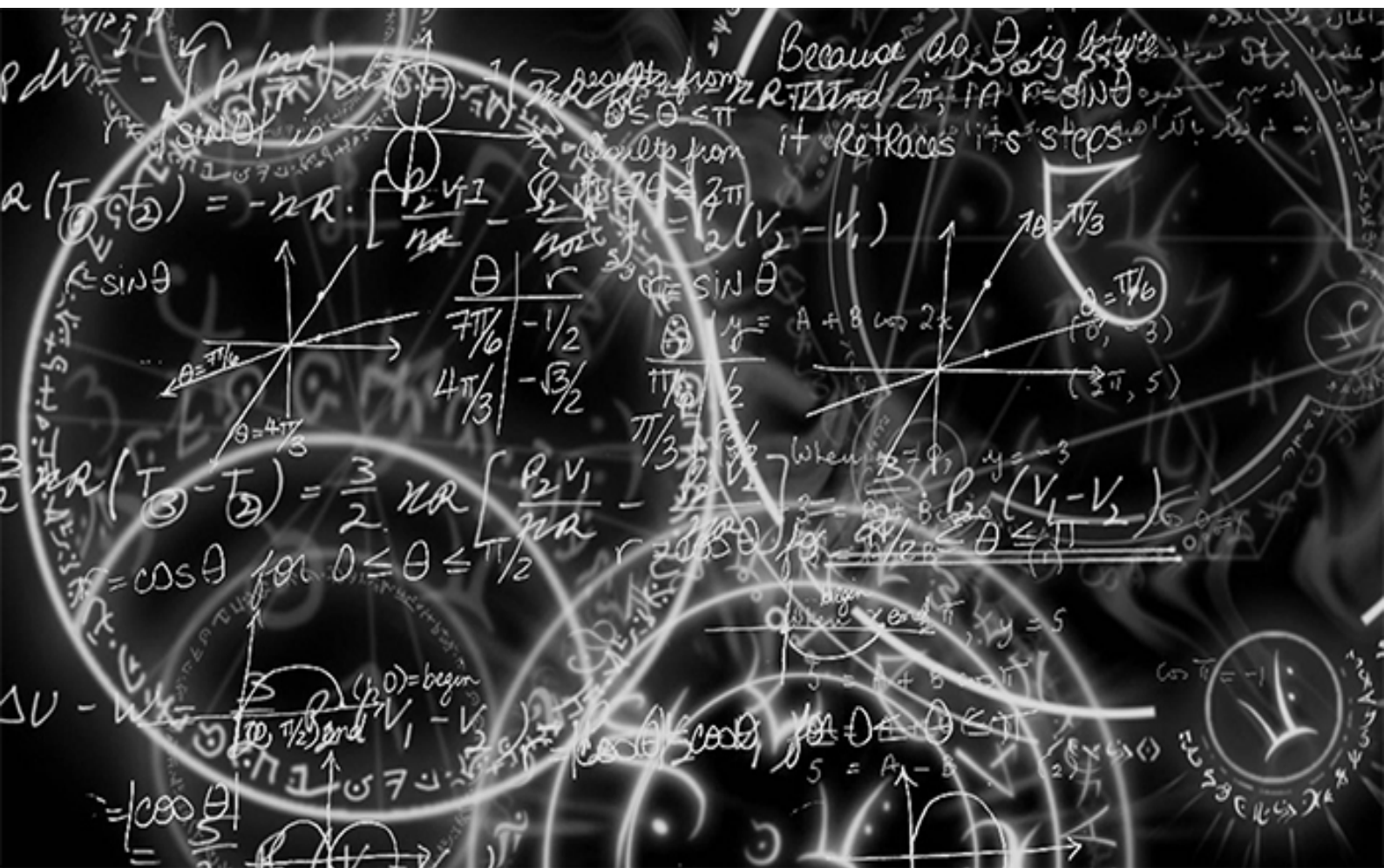
بیولوژی سیستم عصبی می‌پردازد ولی نوروساینس کل مطالعات سیستم عصبی را در بر می‌گیرد.

حوزه‌ی مطالعاتی نوروساینس بسیار وسیع بوده و شامل مفاهیم و جنبه‌های مولکولی، سلولی، رشدی و توسعه، ساختاری، عملکردی (فیزیولوژی)، تکاملی، محاسبه‌ای و پزشکی می‌شود.

تکنیک‌های مورد استفاده توسط نوروساینست‌ها نیز بسیار رشد کرده و از مطالعات سلولی و مولکولی سلول‌های عصبی تا تصویرسازی سنسورهای مغزی گسترش یافته است.

بی تردید از آن‌جا که انسان و جامعه وابسته به کارکردهای مغزی اوست، شناخت ما از مغز و ذهن می‌تواند تأثیر بسزایی بر همه‌ی ابعاد حیات انسان داشته باشد. در این میان هوش مصنوعی و ساخت رایانه‌هایی که بتوانند وظایف انسان را انجام دهند، پزشکی و جبران آسیب‌های مغزی شناختی، آموزش و پرورش، سلامت روانی و اجتماعی، سیاست و افکار عمومی، امنیت و دفاع، اقتصاد و بهزیستی، مهندسی و رابطه‌ی انسان و فناوری از اهمیت بیشتری برخوردارند.

همه‌ی این حوزه‌ها با علوم مربوط به مغز رابطه‌ای تنگاتنگ دارند و به همین دلیل رشته‌هایی چون هوش مصنوعی، آموزش و پرورش شناختی، روان درمانی شناختی، شناخت اجتماعی و روان‌شناسی سیاسی، روان‌شناسی تحلیل اطلاعات و رسانه‌های گروهی، علوم دفاعی شناختی، اقتصاد شناختی، مهندسی شناختی و... پدید آمده‌اند تا با استفاده از یافته‌های علوم شناختی درباره‌ی مغز و ذهن، زمینه‌ی استفاده‌ی بهینه از این ودیعه‌ی الهی را فراهم آید و کاستی‌های آنرا جبران و از بروز خطاهای ذهنی انسان جلوگیری نمایند.



هوش مصنوعی

به هوشی که یک ماشین در شرایط مختلف از خودش نشان می‌دهد گفته می‌شود که می‌تواند واکنش‌هایی مشابه رفتارهای هوشمند انسانی از جمله درک شرایط پیچیده، شبیه‌سازی فرآیندهای تفکری و شیوه‌های استدلالی انسانی، یادگیری و توانایی کسب دانش و استدلال برای حل مسائل را داشته باشد. هوش مصنوعی را باید عرصه‌ی پهناور و تلاقی بسیاری از دانش‌ها، علوم و فنون قدیم و جدید دانست.

ریشه‌ها و ایده‌های اصلی آن را باید در فلسفه، زبان‌شناسی، ریاضیات، روان‌شناسی، عصب‌شناسی، فیزیولوژی، تئوری کنترل، احتمالات و بهینه‌سازی جستجو کرد و کاربردهای گوناگون و فراوانی در علوم رایانه، علوم مهندسی، علوم زیست‌شناسی و پزشکی، علوم اجتماعی و بسیاری از علوم دیگر دارد.

هنوز تعریف دقیقی برای هوش مصنوعی که مورد توافق دانشمندان این علم باشد ارائه نشده است و این به هیچ وجه مایه‌ی تعجب نیست؛ چرا که مقوله‌ی مادر و اساسی‌تر از آن، یعنی خود هوش هم هنوز به‌طور همه‌جانبه و فراگیر تن به تعریف نداده است. در واقع می‌توان نسل‌هایی از دانشمندان را سراغ گرفت که تمام دوران زندگی خود را صرف مطالعه و تلاش برای یافتن جوابی به این سؤال عمده نموده‌اند که: هوش چیست؟

اما اکثر تعریف‌هایی که در این زمینه ارائه شده‌اند بر پایه‌ی یکی از ۴ باور زیر قرار می‌گیرند:

- ۱- سیستم‌هایی که به طور منطقی فکر می‌کنند.
- ۲- سیستم‌هایی که به طور منطقی عمل می‌کنند.

کاربرد پزشکی

محققان حیطة‌ی مغز علی‌رغم نتایج امید بخش در یافته‌های فعالیت‌های عصبی، همچنان از کاربرد یافته‌های خود در درمان با مشکل روبرو هستند؛ اما دستاوردهای اخیر در فناوری عصب‌شناسی را نباید دست کم گرفت. افراد نابینا دوباره می‌توانند بخش‌هایی از محیط اطراف خود را ببینند، افرادی که فلج بودند، می‌توانند از بازوی رباتی استفاده کنند.

مثال دیگر کارکرد دستگاه ایمپلنت بیونیک چشم است، به این صورت که تصویر گرفته شده توسط دوربین متصل به عینک، به ایمپلنت ۶۰ پیکسلی کار گذاشته شده در شبکیه‌ی چشم منتقل می‌شود.

همچنین می‌توانیم به کاربرد علوم اعصاب در پیشگیری و درمان بیماری‌های پیش رونده مثل آلزایمر و پارکینسون اشاره کرد.

تحریک عمیق مغزی منجر به درمان افسردگی می‌شود، این تحریک‌کننده در مغز بیش از ۱۰۰ هزار فرد در دنیا کار گذاشته شده که در بیشتر موارد، این درمان به طور سیار، همواره همراه افراد مبتلا به بیماری پارکینسون بوده است. محققان دریافته‌اند که این ابزار می‌تواند برای بسیاری از بیماری‌های عصب‌شناختی دیگر نیز کاربرد داشته باشد.

درباره‌ی کاربرد دیگر علوم اعصاب می‌توان گفت که با استفاده از دانش ریاضی و کامپیوتر (هوش مصنوعی) در مدل‌سازی مغزی، می‌توان به دنیای اسرارآمیز مغز و شبکه‌های پیچیده‌ی آن پی برد.

۳- سیستم‌هایی که مانند انسان فکر می‌کنند.

۴- سیستم‌هایی که مانند انسان عمل می‌کنند.

شاید بتوان هوش مصنوعی را این‌گونه توصیف کرد:

هوش مصنوعی عبارت است از مطالعه‌ی این‌که چگونه کامپیوترها را می‌توان وادار به کارهایی کرد که در حال حاضر انسان‌ها آن‌ها را صحیح یا بهتر انجام می‌دهند.

کاربردهای هوش مصنوعی

هدف هوش مصنوعی نزدیک نمودن رفتار و پاسخ یک سیستم کامپیوتری به الگوهایی است که انسان بر اساس آن‌ها رفتار می‌کند و پاسخ می‌دهد. گاه سیستم‌هایی طراحی می‌شوند که قدرت تجزیه و تحلیل آن‌ها از انسان بیشتر است ولی باز از الگوهای انسانی استفاده می‌کنند.

در مورد شاخه‌ها و کاربردهای هوش مصنوعی این واقعی است که بیشتر افراد با شنیدن عبارت «هوش مصنوعی» به یاد ربات‌های فیلم‌های علمی تخیلی و بازی‌های کامپیوتری می‌افتند. در حالی که هوش مصنوعی در مدت زمان کوتاهی از عمر خود، توانسته است از حد توسعه‌ی بازی‌ها به سوی دنیایی از مسائل شگفت‌آور برسد. امروزه ردپایی از هوش مصنوعی را می‌توان در علوم مختلفی اعم از پزشکی، علوم هوا فضا، اکتشافات، تسلیحات نظامی، پیش‌بینی وضع هوا، نقشه‌برداری و شناسایی عوارض، تشخیص صدا، تشخیص گفتار و در بازی‌ها و نرم‌افزارهای رایانه‌ای مشاهده کرد. از این‌رو متخصصان هوش-مصنوعی، با توجه به کاربردهای گوناگون این علم، آن‌را در شاخه‌های متنوعی دنبال نمودند.

اقتصاد عصبی

اقتصاد مبتنی بر عصب‌شناسی نام یک شاخه‌ی جدید از دانش است که نقطه‌ی تلاقی روان‌شناسی، اقتصاد و عصب‌شناسی است و هدف از آن بررسی تصمیمات انسان از دید این علوم می‌باشد.



در این مباحث رفتار انسان تحت لوای شاخه‌بندی‌های ریسک و ثمر، و اندرکنش‌های آنان ارزیابی می‌شود. مهم‌ترین ره‌آورد این شاخه‌ی علم اقتصاد را می‌توان در بررسی صحت و سقم فرضیه‌ی دانست که به عنوان مبنا، در علم اقتصاد مورد استفاده قرار می‌گیرد. از این‌رو این برنامه‌ی پژوهشی نه در پی رد نظریات پیشین اقتصادی، بلکه در پی تکمیل آن‌ها قدم بر می‌دارد.

آنچه که هم اکنون مورد توجه پژوهشگران این حوزه قرار دارد، به‌کارگیری روش‌های موجود در اقتصاد رفتاری و اقتصاد آزمایشگاهی با تأکید بر علوم عصب‌شناختی و ابطال و یا تأیید نتایج پیشین و نیز طراحی آزمایش‌های جدید است. با توجه به روند رو به رشد مطالعات میان رشته‌ای در علوم، از جمله علم اقتصاد می‌توان انتظار اقبال عمومی مراکز علمی به این حوزه را داشت.

ذکر این نکته ضروری است که با توجه به ظرفیت‌های موجود در این شاخه، امکان بهره‌گیری از آن با هدف نظریه‌پردازی بومی در این حوزه وجود داشته و هم‌راستا با شکل‌گیری مراکز تحقیقاتی علوم-شناختی در کشور، می‌توان به طراحی دوره‌ها و برنامه‌های میان رشته‌ای اقدام کرد.

نقطه‌ی شروع این مطالعات می‌تواند انجام برخی مطالعات و آزمایش‌های حوزه‌ی اقتصاد مبتنی بر عصب‌شناسی باشد. تفاوت تصمیم‌گیری مردان و زنان در مواجهه با موقعیت‌های مخاطره‌آمیز، انتخاب گزینه‌ای خاص یا درک مفاهیمی چون نوع دوستی و انصاف -که در فرهنگ و شرایط اجتماعی رشد می‌یابد- در قالب تجربه و بسیاری از مسائل مشابه، می‌تواند گام اول در این نظریه باشد.

از آنجایی که علوم‌ی مثل اقتصاد از نبود محیطی به منظور انجام آزمایش و تجربیاتی تکرارپذیر برای درک اعتبار نظریات خود محروم هستند، اقتصاد آزمایشگاهی و به‌ویژه اقتصاد عصبی می‌تواند گام‌هایی هر چند نامطمئن اما مفید برای حل این مسأله بردارد. این شاخه تا حد بسیاری نیز می‌تواند در مورد اختلافاتی که در فروش برخی مکاتب اقتصادی با یکدیگر وجود دارد، به‌عنوان مرجع تشخیص صحت و سقم مفروضات رفتاری مورد استفاده قرار گرفته و صحت ادعای فروش را بررسی کند. استفاده از این‌گونه مطالعات موجب

باورپذیری زیستی مدل‌های اقتصادی، هموار شدن مسیر برای ایجاد زبان مشترک بین سایر رشته‌های علمی و علم اقتصاد و نیز افزایش کارایی مطالعات اقتصاد رفتاری می‌شود. به بیان دیگر تفاوتی میان اقتصاد عصبی و علم اقتصاد وجود ندارد.

علوم و فناوری‌های شناختی از حوزه‌های نوین و پیشرو در دانش بشری است که نقش تعیین‌کننده‌ای در آینده‌ی رفاه بشری بر عهده دارد.

هوش مصنوعی در کشور ما جایگاه خوبی دارد؛ چهل نفر متخصص در این رشته داریم و چند نفر از آن‌ها در پژوهشکده‌ی علوم اعصاب شناختی مشغول به کار هستند. البته در قسمت مدل‌سازی عصبی و علوم اعصاب محاسباتی دچار ضعف هستیم که در حال حاضر افراد نخبه‌ای داریم که ریشه در این آب و خاک دارند و در خارج از کشور مشغول تحصیل در این رشته هستند که در صورت بازگشت به پژوهشکده بر می‌گردند و خدمات ارزنده‌ای را ارائه می‌دهند.

منابع

[۱] درک رفتار اقتصادی براساس کارکرد اعصاب و علوم شناختی و

تحقیقات اقتصادی. دوره ی ۷۴

[۲] هوش مصنوعی، رهیافتی نوین نوشته اس.راسل و پی. نوروینگ

[۳] Kenning P, Plassmann H (November ۲۰۰۵).

«Neuroeconomics: an overview from an economic perspective». Brain Res. Bull. ۲۰۴-۳۴۳: (۵) ۶۷

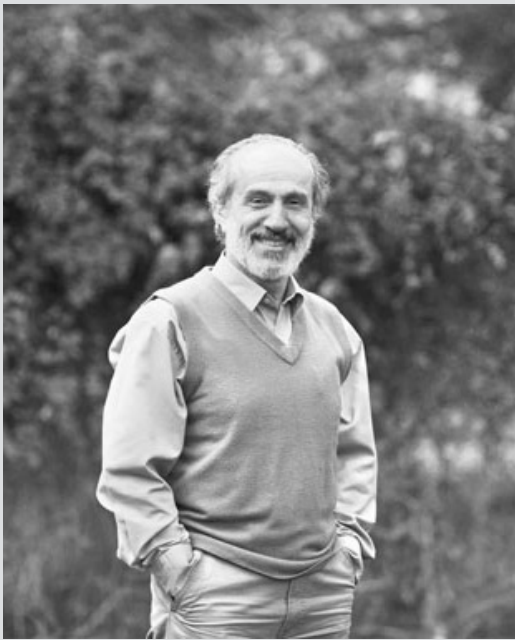
[۴] Howard Gardner (۲۰۰۴). Changing minds: The art and science of changing our

own and other's minds, Harvard Business School Press, Boston, MA. P. ۲۰۰.

[۵] <http://www.technologyreview.com/news/۵۱۹۵۳۶/struggling-to-translate-neurosciencegains-into-treatments/>

[۶] http://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_intelligence

[۷] <http://www.academist.ir/?p=۶۴۸>



در یکی از روزهای تابستان خدمت جناب آقای دکتر رضا منصوری در پژوهشکده دانش‌های بنیادین (IPM) رسیدیم. علی‌رغم مشغله‌های زیادی که داشتند، لطف کردند و ساعتی را برای مصاحبه به مجله دلتا اختصاص دادند. در ابتدا از ایشان به خاطر لطفی که کردند تشکر می‌کنیم.

دکتر رضا منصوری، فیزیک‌دان ایرانی و استاد دانشکده فیزیک دانشگاه صنعتی شریف است. زمینه پژوهشی او نسبیت و کیهان‌شناسی است و دوره ای معاون پژوهشی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری بود. وی دیپلم خود را در سال ۱۹۶۵ از دبیرستان رهنمای تهران گرفت و در همان سال برای تحصیل در رشته فیزیک به دانشگاه وین رفت و در سال ۱۹۷۲ دکتری خود را در رشته فیزیک اخذ کرد. رضا منصوری تا سال ۱۹۷۷ (به مدت ۵ سال) استادیار دانشگاه وین بود و پس از انقلاب به ایران بازگشت و در دانشکده فیزیک دانشگاه شریف مشغول فعالیت شد.

او یکی از بنیان‌گذاران پژوهشگاه دانش‌های بنیادی و مرکز تحصیلات تکمیلی در علوم پایه زنجان و مرکز نشر دانشگاهی است. همچنین فعالیت‌هایی هم در فرهنگستان زبان و ادب فارسی داشته‌است. او از بنیان‌گذاران انجمن فیزیک ایران پس از انقلاب است و چند دوره ریاست آن را نیز برعهده داشته‌است.

رضا منصوری از سال ۱۳۶۱ و به مدت ۲۵ سال مدیر مسؤول مجله فیزیک مرکز نشر دانشگاهی و از آغاز انتشار ماهنامه نجوم در سال ۱۳۷۰، تاکنون مدیر مسؤول این ماهنامه بوده‌است. همچنین منصوری یکی از پیشگامان همکاری ایران با سرن (سازمان اروپایی پژوهش‌های هسته‌ای) در پروژه ال‌اچ‌سی بوده‌است. او هم اکنون مجری طرح رصدخانه ملی ایران است.

عظیمی هست که طراحی آن پانزده سال طول کشیده‌است. روش‌هایی که در فلسفه مرسوم است. به این می‌گویند کیهان‌شناسی این معنای خیلی عام است ولی موضوع، موضوع کل کیهان است.

بالاخره چند سال پیش کارش را رسماً شروع کرد. یک پروژه جهانی است یک مجموعه ی آن درآفریقای جنوبی و مجموعه ی دیگر در استرالیا قرار دارد. این کشورها برای این انتخاب شدند که فضای بیشتری دارند و به لحاظ مخابراتی در آنجا سکوت وجود دارد و اینکه این کشورها اعلام آمادگی کردند. این پروژه یکی از بزرگترین پروژه های علمی جهان است که تا ۵۰ سال آینده به ما داده می‌دهد. هفته پیش نمونه داده های آزمایشی را گرفته بودند که آن را به صورت رسانه ای اعلام کردند ولی کار رسمی و داده گیری علمی آن از چهار سال آینده شروع خواهد شد.

• منظورتان از داده های علمی چیست؟

چندین سوال کیهان‌شناسی؛ این پروژه بزرگ بر آنست که به آن سوالها پاسخ دهد. مثلاً انرژی تاریک چیست؟ یا اینکه ساختار کیهان در ابعاد بزرگ چه فرقی با ساختار آن در ابعاد کوچک دارد؟ این از مجموعه سوال‌هایی است که این پروژه قرار است به آن‌ها پاسخ دهد. این یکی از چندین پروژه ای است در حال حاضر وجود دارد. پروژه دیگر stss پروژه رصدی کیهان‌شناسی است که در حال حاضر در حال انجام است. این پروژه‌ها زیر نظر چندین کشور است چون یک کشور به تنهایی نمی‌تواند همه کارها را انجام دهد.

• شخصی که بخواهد وارد این چنین پروژه‌هایی شود و فعالیت کند چه اقداماتی باید انجام دهد؟

آنها از خدایشان است! اول اینکه باید توان علمی آن را داشته باشید. توان کار عملی یا توان ریاضیاتی یا هرچیز دیگر فرقی نمی‌کند. پروژه

• به عنوان اولین سوال می‌خواهم از علت ورود شما به رشته فیزیک بپرسم. چرا فیزیک را انتخاب کردید؟

توضیح کمی سخت است. بنده از سال دوم دبیرستان امروزی یا همان سال هشتم به نجوم علاقه پیدا کردم و یکی از دلایل آن این است که وقتی در آن زمان شب‌ها در پشت بام می‌خوابیدیم، در تهران کهکشان کامل پیدا بود و ستارگان را نگاه می‌کردیم. به نجوم علاقه پیدا کردم و می‌خواستم نجوم بخوانم بنابراین دیپلم را که گرفتم از ایران رفتم که نجوم بخوانم. نجوم را از دانشگاه وین شروع کردم اما بعد از یک سال دیدم که نجوم آن‌طور که باید قوی و فراگیر نیست؛ چون فیزیک و نجوم با هم خیلی تفاوت نداشتند، لذا فیزیک رو انتخاب کردم.

بعد از آن در فیزیک وارد شاخه کیهان‌شناسی شدم که نجوم بخوانم. در واقع از نجوم شد که من وارد فیزیک شدم.

• لطفاً در مورد رشته ی کیهان‌شناسی برای دانشجویان توضیح دهید، این رشته به چه موضوعاتی می‌پردازد؟

کیهان‌شناسی بخشی از علوم فیزیکی است که به شناخت کیهان به معنای عام آن می‌پردازد. یعنی هر سوالی که مرتبط با کیهان باشد و هر استنباطی که هر شخصی از واژه کیهان داشته باشد.

• آیا کیهان‌شناسی صرفاً یک رشته ی نظری است؟

خیر، همه ی زمینه‌های رشته‌های علوم فیزیکی را دارد. مثل آزمایش، تجربه، رصد، نظریه ریاضی، مدلسازی مجموعه‌ها و غیره.

• ممکن است در این زمینه‌هایی که فرمودید مثال بزنید؟

مثلاً پروژه ska یعنی آرایه کیلومتر مربعی. یک مجموعه بزرگی است که چندین کیلومتر مربع وسعت دارد و در آنجا رادیو تلسکوپ‌های

آنقدر بزرگ است و کار آنقدر زیاد است که از هر نوع توانایی‌هایی که نیاز داشته باشند استفاده می‌کنند. مثلاً اگر شما توان الکترونیکی‌تان بالا باشد، در بخش و یا اگر توان ساخت ابزار و کار با آنها را داشته باشید، در ساخت ابزار کمک می‌کنید.

هر کسی یک جایگاهی در پروژه دارد یا کاری انجام می‌دهد. هم‌چنین یک بخش از پروژه کار نظری دارد که عده‌ای در آن مشغول به کار نظری اند و کارهای نظری خیلی سنگینی انجام می‌دهند. ایران چون نیروی کمی دارد، هنوز به طور گسترده به چنین پروژه‌های وصل نشده‌است.

• سوالی که می‌خواهم از شما بپرسم شاید کمی جسورانه و دور از خرد به نظر برسد. فایده‌ی این همه مطالعه وسیع علمی کیهان‌شناسی چیست؟ آیا واقعاً لازم است این همه بودجه صرف این تحقیقات شود؟ مثلاً پاسخ به سوال اینکه کیهان چگونه به وجود آمده است و چگونه می‌توانند باعث پیشرفت علم شود؟ یک عده آدم کم خرد در گوشه‌ای از این دنیا جمع شده‌اند و این تحقیقات را انجام می‌دهند آدم اگر مثل ما ایرانی‌ها عاقل باشد به دنبال پاسخ چنین سوال‌های بنیادی نمی‌رود و بساز بفروش راه می‌اندازد.

• یعنی این تحقیقات عملاً باعث پیشرفت تکنولوژی (احتیاج تر شدن زندگی انسان‌ها) نمی‌شوند؟

این پیشرفتی که شما می‌گویید، به طور مستقیم اتفاق نمی‌افتد. به عنوان مثال، همین اینترنتی که شما از آن به عنوان یک پیشرفت تکنولوژی یاد می‌کنید، به طور غیرمستقیم به وجود آمده است. اگر با دید مهندسی می‌خواستیم پیش برویم، ممکن بود اصلاً اینترنت به وجود نیاید. برای پاسخ به سوالات بنیادین روش‌هایی که پیش می‌گیرند به بن‌بست‌هایی می‌خورند که برای حل این مشکلات راه‌حل‌هایی ارائه می‌کنند. این راه‌حل‌ها در جامعه به عنوان تکنولوژی استفاده می‌شود و کاربرد دارد. این روشی است که بشر این صد سال یا شاید بیشتر به خود دیده‌است و راه دیگری هم نیست. یعنی اگر منظورتان از پیشرفت همین معنای عمیق باشد، تنها راهش همین است. یعنی بشر سوال‌هایی می‌کند که هیچ ربطی به کاربرد ندارند و برای پاسخ به سوالات، کارهایی می‌کنند که از آنها کاربرد به وجود می‌آید. مثلاً اگر تاریخ همین تکنولوژی موبایل را نگاه کنید، می‌یابید که از سوال‌های بنیادین به این کاربردها رسیده‌اند. حتی اگر سوال‌های مهندسی هم بیرون بیاید، به سوالات بنیادی منتهی می‌شود، که در آنجا به آن‌ها جواب داده شده و دوباره به مهندسی باز می‌گردد. به طور کلی اگر بخواهم بگویم، ما روش بررسی سوال پیچیده را در دنیای مدرن آموختیم (منظورم در همین ۲۰۰ سال اخیر است) از زمان نیوتون به بعد بشر روشی را یاد گرفته که بتواند به سوالات بنیادین جواب دهد. تا قبل از این طور نبود مثلاً اگر ابو علی سینا سوالی مطرح می‌کرد، این سوال فقط با ترکیب کلمات پاسخ داده می‌شد. ولی الان این‌گونه نیست. الان سوال که می‌شود تبدیل می‌شود به ابزار، تبدیل می‌شود به مدل ریاضی و این دو به هم کمک می‌کنند و شما از آن‌ها یک درس جدید یاد می‌گیرید. هیچ سوالی را هم نمی‌توان فقط با بخش تجربی یا فقط با بخش نظری پاسخ داد. این دو باید هر دو باهم باشند. به همین سادگی! منتهی ما این را در ایران ۵۰ سال دیگر خواهیم آموخت. متأسفانه دانشکده‌های فیزیک در ایران چنین چیزهایی را به دانشجویان یاد نمی‌دهند. کیهان‌شناسی کلاً به هر سوالی که در مورد کیهان باشد پاسخ می‌دهد. البته با

روش‌های فیزیکی نه روش‌های فلسفی.

دنیای مدرن آن روش را به عنوان روش علمی قبول ندارد. در قدیم، قبل از دوره مدرن، از این روش استفاده می‌شد. مثلاً کیهان‌شناسی ارسطو و کیهان‌شناسی ابوریحان بیرونی داشتیم ولی در دنیای مدرن به سوالات به روش‌های فیزیکی که می‌شناسیم جواب می‌دهیم و این جواب در جای دیگر تأثیر می‌گذارد اگر غیر از این باشد دیگر به آن کیهان‌شناسی نمی‌گوییم.

• اگر در ایران دانشجویی وارد رشته یا شاخه کیهان‌شناسی شود، در آینده خود در چه زمینه‌هایی می‌تواند (به عنوان شغل) فعالیت داشته باشد؟

شغل یک مسئله است و کمی جواب به سوال را پیچیده تر می‌کند. اگر شخصی، همانطور که شما می‌گویید، در این زمینه فعال و حرفه‌ای شود، معنی‌اش این است که شغل پیدا می‌کند. اگر بخواهد در ایران کار کند، باید ابتدا ببیند با چه گروهی می‌تواند کار کند و از آن طریق چگونه می‌تواند به کل دنیا و به پروژه‌های دیگری که در دنیا انجام می‌شود وصل شود. اگر این دو را با هم نبیند اشتباه می‌کند و ضرر می‌کند. وقتی دانشجویی در ایران است، مهم نیست که در چه دانشگاهی است. ممکن است تأثیر کمی بگذارد ولی مثلاً اگر در دانشگاهی کیهان‌شناسی نباشد، دانشجو می‌تواند با دانشجویان دانشگاه‌های دیگری که این رشته در آن‌ها وجود دارد تعامل علمی و گفتگو داشته باشد یا این‌که در سمینارهای مختلف شرکت کند. یعنی یک دانشجو باید زمینه فعال و حرفه‌ای شود، معنی‌اش این است که شغل پیدا می‌کند.

• آیا هم‌اکنون در رابطه با این زمینه، در ایران، فعالیت در زمینه کیهان‌شناسی در حال انجام است؟

بله؛ مثلاً در دانشگاه شریف سمینارها کیهان‌شناسی را من ۳۵ سال پیش راه انداختم که بدون وقفه چه در تابستان، چه در زمستان در هفته سه روز فعالیت دارند.

• آیا در ایران هیچ شرکت دولتی یا خصوصی یا مثلاً در رصدخانه‌ها شخصی را به اسم کیهان‌شناس استخدام می‌کنند؟

در ایران خیر؛ رصدخانه‌های ایران رصدخانه‌های حرفه‌ای نیستند و در حد آماتور هستند. ولی در دنیا رصدخانه‌های حرفه‌ای بسیار است که افرادی را به اسم کیهان‌شناس استخدام کنند. مثلاً اگر شما رصدخانه‌های قدیمی پاریس را نگاه کنید، یک رصدخانه ۳۰۰ ساله است که ۷۰۰ نفر را استخدام می‌کند و از این ۷۰۰ نفر، ۵۰ نفر کیهان‌شناس اند و بقیه‌شان متخصص بخش‌های دیگر اخترفیزیک هستند. تازه این فقط یکی از رصدخانه‌های آن جاست! ایران هم ظرفیت ساخت این چنین رصدخانه‌های حرفه‌ای را دارد؛ ولی متأسفانه ما در تصورات واهی خود هستیم و برای خود خیال‌پردازی می‌کنیم. ولی اگر ایران بخواهد رشد کند، باید همین‌گونه شود.

• آیا رشته کیهان‌شناسی وارد حوزه‌های بین رشته‌ای هم می‌شود؟

در عمل هیچ رشته‌ای نیست که بر رشته‌های دیگر تأثیر نگذارد. زمینه‌هایی که کاملاً میان رشته‌ای است، مثل مغز و اعصاب یا علوم شناختی (که ریشه آن در مغز و اعصاب است) یعنی در آن‌ها ریاضی، کامپیوتر، برق، پزشکی، اعصاب، فلسفه و... وجود دارد. همین پژوهشکده علوم شناختی آی پی ام، ریاضیدان دارد، فیزیکدان

• آیا ما هنوز هم دانشجویان سرن می‌فرستیم؟ آن‌ها چگونه انتخاب می‌شوند؟

در سال چند نفر برای فرستادن به آن‌جا انتخاب می‌شوند؛ به گونه‌ای که در سایت آی پی ام برای آزمون دادن آگهی می‌شود و یا دانشجویان ممتاز به گونه‌های مختلفی انتخاب می‌شوند. البته آزمون به معنای این نیست که چند تا سوال تستی را جواب دهند؛ عملکرد آن‌ها در طول دوران دانشجویی‌شان بررسی می‌شود تا نشان دهند کدام دانشجو برای این کار مناسب است. مهم این است که دانشجو چه کارهایی انجام داده است. با امتحان نمی‌توان این چیزها را فهمید. مثلاً شما با امتحان نمی‌توانید بفهمید که یک نفر کوزه گری بلد است یا نه؛ باید چند تا کوزه ساخته باشد تا بتوان قضاوت کرد. مثلاً دانشجویی که در هیچ سمینار کیهان‌شناسی یا سمینار علمی شرکت نکرده یا در سمینارهای هفتگی شرکت نکرده و با کسی بحث نکرده، معلوم است که دانشجویی مناسب فرستادن به سرن نیست. وقتی یک دانشجو در چنین فعالیت‌هایی حضور داشته باشد، بالاخره در طول چند سال شناخته و دیده می‌شود؛ به این کار رابطه نمی‌گویند. در کار علمی، دیده‌شدن خیلی مهم است. اگر شما هزار تا مقاله نوشته باشید ولی حضور نداشته باشید و حرف نزده باشید، کمتر کسی است که شما را قبول کند.

• شما چه نوع مطالعه‌ای را به دانشجویان رشته فیزیک با بطور کلی رشته‌های علوم پایه پیشنهاد می‌کنید؟ چه کتاب‌هایی پیشنهاد می‌کنید که آن‌ها حتماً بخوانند؟

جواب به این سوال سخت است؛ ولی به طور کلی نکته‌ای که من همیشه به دانشجویان می‌گویم این است که مستقل از این که ما مدرسان فیزیک، خوب یا بد درس می‌دهیم، سعی کنند با علاقه مطالعه کنند و خودشان را همیشه با دانشجویانی که در جاهای دیگر دنیا هستند مقایسه کنند. خوشبختانه اینترنت این اجازه را می‌دهد. مثلاً ببینند که درس‌های ما را در دانشگاه‌های برتر دنیا چگونه درس می‌دهند و چگونه امتحان می‌گیرند و سوال‌های امتحانی آن‌ها چیست. حتی در بعضی از درس‌ها می‌توانند مشارکت کنند و حتی به صورت آنلاین امتحان دهند این راهی است که دانشجو می‌تواند از طریق آن متوقف نشود و خوب رشد کند. در مورد کتاب هم فقط می‌توانم بگویم (و بهتر است بگویم) چه کتاب‌هایی نخوانید. چون هر دانشجو می‌تواند خودش متوجه شود که یک کتاب خوب است یا نه. مثلاً ببینند که در آن منطقی وجود دارد یا در آن استدلال علمی وجود دارد یا خیر. مثلاً من می‌گویم به شما که کتاب هاوکینگ را نخوانید. چرا شما آن را می‌خوانید و لذت می‌برید؟ چون خیال می‌کنید یک دانشمند بزرگی است و حرف مهمی دارد می‌زند ولی اگر این مسئله را کنار بگذارید و فقط متن کتاب را بخوانید بدون اینکه نام نویسنده‌ی آن را بدانید و در مورد نوشته‌های آن از خودتان سوال کنید، متوجه می‌شوید که در آن هیچ منطقی وجود ندارد و پوچ است. شما مغلوب اسم هاوکینگ می‌شوید. هر وقت کتابی را می‌خواهید بخوانید، به نویسنده آن نگاه نکنید و فقط متنش برایتان مهم باشد. آن وقت است که دیگر خوب را از بد تشخیص خواهید داد. به طور کلی اگر بخواهید از من سوال کنید، می‌گویم کتاب پوانکاره (چاپ جدیدش) را هر فیزیکدانی بخواند خوب است.

دارد، فیلسوف دارد و حتی زبان‌شناس دارد. رشته کیهان‌شناسی در گذشته این‌گونه نبوده، اما الان می‌بینیم که در یک سری از زمینه‌ها رشته‌های دیگر نیز در آن وارد می‌شود. به این معنی که به عنوان مثال در کیهان‌شناسی قسمت‌هایی است که وقتی در آن‌ها عمیق می‌شویم، متوجه می‌شویم که با ماده چگال مرتبط است یا در قسمت‌هایی ترمودینامیک کار دارد و در قسمت رصد، تجهیزات الکترونیک، مکانیک، برق، کامپیوتر و... کاربرد دارد. به پروژه‌ای که انجام می‌شود بستگی دارد. مثلاً اگر به پروژه s k a نگاه کنید، از همه‌ی زمینه‌ها در آن‌جا کار می‌کنند. اگر منظورتان این است که به اندازه علوم شناختی یا پزشکی یا فلسفه ارتباط داشته باشد، قطعاً در آن قسمت‌ها ارتباطش نسبت به علوم شناختی کمتر است. بنابراین ارتباط دارد، اما خیلی ارتباطش کمتر است.

• چالش‌های جدیدی که امروزه علم کیهان‌شناسی با آن مواجه شده است چیست؟

مهمترین مسئله انرژی تاریک است. البته مسئله‌های مهم دیگری هم هست؛ مثلاً چگونگی بیگ بنگ یا چگونه بودن تکینگی اولیه و غیره. ولی مسئله‌ی انرژی تاریک سوالی است که به وجود آمده و باید حل شود؛ تا حل نشود، نمی‌توانیم عملاً کاری انجام دهیم و خیلی از مسائل دیگر در گرو پاسخ به سوال چپستی انرژی تاریک است. نمی‌شود هم گفت که از لحاظ نظری به نتیجه رسیده یا نرسیده. شاید بیش از صدها مدل ریاضی برای تئوری‌های انرژی تاریک موجود است.

• لطفاً از فعالیت‌هایی که ایران در سرن انجام داده است بگویید.

ورود ایران به پروژه‌های سرن از سال ۱۳۷۹ شروع شد. بعد از سال‌هایی که تلاش می‌کردیم تا دولت را متقاعد کنیم که ایران وارد پروژه سرن شود، موقعیتی را پیش آوردیم که این اتفاق افتاد. ایران وارد پروژه آشکار ساز cms شد و مسئولیت علمی آن به عهده‌ی آقای دکتر ارفع‌ی بود. در این پروژه چند مسئولیت مهم بردوش ایران بود. یکی این که ایران موظف بود بعضی از قطعات آشکارسازی را بسازد و ما ساختیم و سال ۸۳ تحویل دادیم. به لحاظ مهندسی هم بسیار کار پیچیده‌ای بود. چیزی که ما در ایران ساختیم، طراحی‌اش در آزمایشگاه فرمی (Fermi lab) در آمریکا انجام شده بود. طراحی مهندسی ساخت آن قطعه بسیار پیچیده بود و حدود ۱۱۰ تن وزن داشت که از یک میز و یک استوانه تشکیل شده بود و ساخت آن نیاز به دقت بسیاری داشت و صنعت ما تا آن زمان با این دقت چیزی را تولید نکرده بود. نقشه‌های مهندسی آن در آمریکا طراحی شده و در سرن مورد بررسی قرار گرفته بود و مهندسان سرن به ایران آمدند و از کارخانه‌های ایران بازدید کردند و یکی را انتخاب کردند. قطعه‌ای که ایران ساخت ابتدا دقت لازم را نداشت و این‌جا بود که مهندسان ایرانی با کار علمی به طور جدی آشنا شدند و با تلاش خود بالاخره توانستند آن چیزی را که می‌خواستند بسازند و مهم این است که دقیقاً ما قطعه را در مدت زمان پیش‌بینی شده تحویل دادیم. این بخشی از تعهدات ما به سرن بود. بخش دیگر این بود که دانشجو به آن‌جا بفرستیم و در آن‌جا بود که دانشجویان دکترای ما وارد شدند و الان ۲۰ نفر فارغ التحصیل از آن‌جا هستند. ما در سال ۸۰ هیچ چیزی در مورد ذرات بنیادین نمی‌دانستیم اما خوشبختانه الان همین تیمی که به آن‌جا رفتند، جزو بهترین‌های ایران در زمینه ذرات بنیادین هستند.

• نظر شما درباره با تحصیل در خارج از کشور چیست؟

این یک مسئله کاملاً شخصی است. هرکسی زندگی‌اش دست خودش است. وقتی کسی ممکن است بخواهد از ایران برای تحصیل برود اما کشور نباید جوانانش را تشویق کند که به خارج بروند و جلوی کسی را هم نباید بگیرد. کشور هم باید به گونه‌ای سیاست‌گذاری کند که جوانانش اصلاً علاقه‌ای به رفتن نداشته باشند. منظور این است که بروند و دیگر بازنگردند.

اوایل انقلاب به گونه‌ای بود که مثلاً از هر ۱۰ نفر سه نفر برمی‌گشتند، ولی در ۲۰ سال اخیر وضعیت به گونه‌ای شده است که از هر ۱۰ نفر تقریباً هیچ کدام باز نمی‌گردند! از هر ۱۰۰ نفر شاید دو یا سه نفر بازگردند. چنین چیزی برای کشوری مثل ما خطرناک است.

• به عنوان حسن ختام مصاحبه از شما می‌خواهم اگر توصیه‌ای به دانشجویان دارید که فکر می‌کنید می‌تواند چراغ راهشان باشد، بفرمایید.

متأسفانه دانشجویان خودشان را کوچک می‌بینند؛ خودشان را فقط در حیطه‌ی خانواده یا دانشکده نبینند. دنیا خیلی وسیع‌تر از این‌هاست. سعی کنند عمق تاریخی پیدا کنند؛ یعنی سعی کنند دینامیک تحولات را ببینند. واضح‌تر بگویم، این‌ها چیزهایی است که انسان با تجربه کسب می‌کند نه آموزش داده می‌شوند و نه دانشجویان در معرض نیازش قرار می‌گیرند و این ضعفی است که در ایران داریم. این ضعف فقط در ایران است در آمریکا و اروپا این‌گونه نیست و جوانان با آن دینامیک تحولات اجتماعی‌شان آشنا می‌شوند. زندگی آن‌ها این‌گونه است که از دبستان آرام آرام آشنا می‌شوند. متأسفانه ما در ایران همچین چیزی را نداریم. باید سعی کنیم که این کمبودهایی که در ایران است (در تمام زمینه‌ها) را دانشجویان و همگی برطرف کنیم تا بتوانیم در آینده پیشرفت کنیم.

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

تالیفات دکتر رضا منصوری:

۱. معماری علم در ایران: نشر دیبایه، تهران ۱۳۸۹ (مشاهده جلد کتاب PDF)
۲. نسبیّت خاص: در دست چاپ (همکار: شهرام خسروی)
۳. ایران آینده از نگاه سه اندیشمند ایران امروز: حسن عشایری، موسی غنی‌نژاد، رضا منصوری: نشر دیبایه، تهران ۱۳۸۶.
۴. ایران را چه کنم؟ سامان‌دهی و نابسامانی‌های توسعه علمی: انتشارات کویر، تهران ۱۳۸۴
۵. توسعه علمی ایران، ویراست دوم: انتشارات اطلاعات، تهران، ۱۳۸۲
۶. فیزیک بی‌فیزیک: انتشارات انجمن فیزیک ایران، تهران، ۱۳۸۰
۷. فلک را سقف: طرح نو، تهران ۱۳۷۸
۸. ایران ۱۴۲۷: عزم ملی برای توسعه علمی و فرهنگی: طرح نو، تهران ۱۳۷۷، ویراست دوم، چاپ سوم، طرح نو، تهران ۱۳۸۲
۹. واژه‌نامه علوم و تکنولوژی: مرکز نشر دانشگاهی، تهران، ۱۳۷۳
۱۰. توسعه علمی ایران: انتشارات یونسکو، ۱۳۷۳؛ چاپ دوم، انتشارات اطلاعات، ۱۳۷۸
۱۱. واژه‌نامه فیزیک: مرکز نشر دانشگاهی، تهران ۱۳۶۶، ویرایش دوم: ۱۳۷۷
۱۲. واژه‌نامه دریانوردی: مرکز نشر دانشگاهی، تهران، ۱۳۶۴
۱۳. حل المسائل حساب استدلالی برای سال ششم ریاضی و داوطلبان متفرقه: انتشارات کتابفروشی سعدی، تهران، ۱۳۴۴، (همکار: حسن مولایی)
۱۴. حل المسائل ترسیمی و رقومی برای سال ششم ریاضی و داوطلبان متفرقه و کنکور دانشکده‌ها: انتشارات کتابفروشی سعدی، تهران ۱۳۴۴، (همکار: حسن مولایی)
۱۵. حل المسائل جبر برای سال پنجم ریاضی و طبیعی: انتشارات کتابفروشی سعدی، تهران، ۱۳۴۴، (همکار: حسن مولایی)
۱۶. حل المسائل مثلثات برای سال پنجم ریاضی و طبیعی: انتشارات کتابفروشی سعدی، تهران، ۱۳۴۳، (همکار: حسن مولایی)
۱۷. حل المسائل جبر برای سال چهارم ریاضی و طبیعی: انتشارات کتابفروشی سعدی، تهران، ۱۳۴۳، (همکار: حسن مولایی)
۱۸. حل المسائل هندسه برای سال چهارم ریاضی: انتشارات کتابفروشی سعدی، تهران، ۱۳۴۳، (همکار: حسن مولایی)
۱۹. حل المسائل جبر برای سال سوم دبیرستان‌ها: انتشارات کتابفروشی سعدی، تهران، ۱۳۴۳، (همکار: حسن مولایی)
۲۰. حل المسائل جبر برای سال دوم دبیرستان‌ها: انتشارات کتابفروشی سعدی، تهران، ۱۳۴۳، (همکار: حسن مولایی)

جادوی علم فیزیک

سعید باقری

دانشجوی کارشناسی فیزیک

saeed_bagheri092@yahoo.com

Invisible cloaks
شنل‌های نامرئی



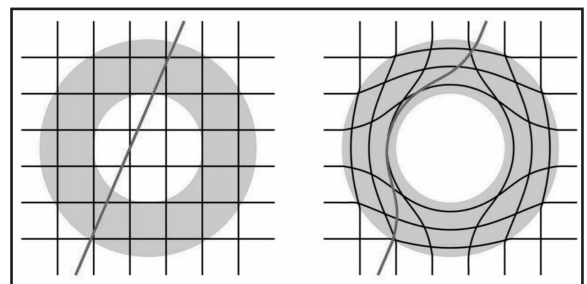
*The magic of
Physics*

ایده ابزاری که بتواند اشیا را نسبت به دید انسان نامرئی کند، تاریخ طولانی دارد که شروع آن را می‌توان در افسانه‌های ملل مختلف جست‌وجو کرد؛ اما آیا چنین ابزاری در واقعیت قابل دستیابی است؟ حتی در یک محدوده فرکانسی خاص؟ آیا یک جسم فیزیکی با ابعاد محدود را می‌توان نسبت به تشعشعات الکترومغناطیسی نهان ساخت؟ مدت زمان زیادی است که دانشمندان به دنبال پاسخ چنین سؤالاتی هستند.

در سال ۱۹۶۱، دالین مقاله‌ای را منتشر کرد که در آن به معرفی یک ساختار مگنتو دی‌الکتریک ناهمسانگرد و ناهمگن می‌پرداخت، به گونه‌ای که وقتی یک موج صفحه‌ای به این ساختار برخورد می‌کرد، بدون اعوجاج از آن عبور رد می‌شد؛ کرکر نیز در سال ۱۹۷۵ مقاله‌ای تحت عنوان «اجسام نامرئی» منتشر کرد که منادی یک سری از مقالات توسط دکتر انقطاع در زمینه ساختارهای نامرئی بر مبنای حذف پراکندگی بود. در دهه ۶۰ قرن بیستم ولاسگو، مقاله‌ای در مورد ویژگی موادی با ضریب گذردهی الکتریکی و ضریب نفوذپذیری مغناطیسی منفی ارائه کرد و کاربردهای لنزی آن‌ها را مورد بررسی قرار داد؛ این نظریه تا اوایل قرن بیست و یکم در حد تئوری باقی ماند. اولین بار جان پندری در اوایل قرن بیست و یکم ماده متامتریالی (شبه ماده) به نام SRR را معرفی کرد که در پهنای باند فرکانسی محدود ضریب نفوذپذیری مغناطیسی منفی داشت. در ادامه این کار محیط‌هایی که هم‌زمان ضریب گذردهی الکتریکی و ضریب نفوذپذیری مغناطیسی منفی داشتند، ایجاد شدند.

جان پندری چندی بعد به عنوان یک کاربرد، پوششی را معرفی کرد که به صورت یک استوانه‌ی توخالی در اطراف جسم قرار می‌گرفت و آن را از دید یک موج صفحه‌ای نامرئی می‌کرد. این پوشش که با مواد متامتریال ایجاد شده، باعث می‌شود مسیرهای مستقیم حرکت موج در داخل پوشش خم شوند و جسم را دور بزنند و در طرف دیگر پوشش مانند حالت قبل از برخورد به پوشش، همگرا شوند. در این صورت گویی جسمی در مقابل حرکت موج وجود نداشته است. از ویژگی‌های جالب این پوشش این است که موج پس از برخورد به آن بازتابشی ندارد و از این رو آن را پوشش کامل و ایده‌آل می‌گویند. پس از ارائه این طرح، موجی از تحقیقات و پژوهش‌ها در این زمینه صورت گرفت و با استفاده از نرم‌افزارهای قدرتمندی که مسیر حرکت موج تابش و بازتابش را به صورت جداگانه نمایش می‌دادند، شبیه‌سازی‌های مختلفی صورت گرفت که عملکرد این پوشش را تصدیق می‌کرد.

در سال ۲۰۰۶ بود که برای اولین بار در دانشگاه دوک آمریکا یک پوشش با در نظر گرفتن تقریب‌هایی، با متامتریال ساخته و آزمایش شد و نتایج نزدیکی به شبیه‌سازی‌ها به دست آمد که علاقه پژوهشگران را در این زمینه بیشتر کرد.

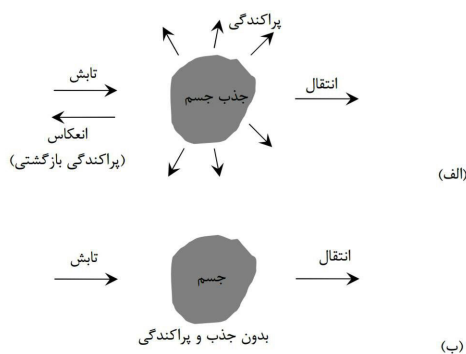


پژوهش‌ها در زمینه‌ی نهان‌سازی در چند حوزه طبقه‌بندی می‌شود. یکی زمینه ریاضی و تئوری مسئله است که از فرمول‌های پیچیده نسبت به عام سرچشمه می‌گیرد، اما با تلاش‌های صورت گرفته روابطی نسبتاً ساده و مهندسی برای ایجاد پوشش، به دست آمده است. زمینه دیگر بررسی روش‌های ساخت پوشش انواع متامتریال‌هایی است که می‌توان به کارگرفت و فرکانس کار را بالا برد. پس از انجام مطالعات اولیه و شبیه‌سازی‌های کامپیوتری، مشخصه‌های مختلفی برای یک نهان‌ساز مطرح شد. مشخصه‌هایی که برخی از آن‌ها به صورت ایده‌آل

و برخی دیگر با تقریب‌هایی توانایی ساختن اجسام در برابر امواج الکترومغناطیسی را دارند؛ اما موضوعی که در چند سال اخیر توجه‌ها را به خود جلب کرده است چگونگی ساخت و پیاده‌سازی ساختارهای مطرح شده است؛ زیرا طراحی‌های انجام شده معمولاً به مواد ناهمگن، ناهمسانگرد و در حالت کلی به متامتریال‌ها منجر می‌شوند که فرآیند ساخت آن‌ها با توجه به فناوری روز جهان بسیار دشوار بوده و بدون استفاده از تقریب‌هایی خاص عملاً غیر ممکن است. بنابراین مطالعات جدید در زمینه‌ی نهان‌سازی غالباً به چگونگی ساخت آن‌ها معطوف شده است. تاکنون روش‌های مختلفی از جمله استفاده از ساختارهای چند لایه‌ی همگن و همسانگرد، عناصر فشرده‌ی سلف و خازن، تئوری خطوط انتقال، استوانه‌های عایقی، مواد پلاسمونیک و... برای ساخت نهان‌سازها ارائه شده و در این جا سعی شده است که مجموعه‌ای از آن‌ها مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد.

تئوری نهان‌سازی (cloak)

همانطور که در شکل مشاهده می‌کنید، پراکندگی (scattering) و انعکاس (reflection) دو عامل اصلی در مرئی و قابل‌رؤیت بودن یک جسم هستند؛ بنابراین، تلاش برای نامرئی‌سازی یک جسم راهی به جز کاهش این دو پدیده نخواهد داشت.



در طول سال‌ها تلاش‌های زیادی برای کاهش این دو پدیده صورت گرفته است که بهتر است قبل از پرداختن به روش‌های نوین تبدیل مختصات و نهان‌سازی، نگاهی گذرا به برخی از این تلاش‌ها داشته باشیم:

• **استفاده از مواد جاذب رادی:** واضح است که اگر قسمت عمده موج تابیده شده به یک جسم جذب شود، حداقل دستاوردی که ایجاد می‌شود این است که انعکاس بازگشتی از آن جسم کاهش چشم‌گیری خواهد داشت. چنین حالتی در پنهان‌سازی جسم از دید رادارهای مونواستاتیک بسیار مطلوب است. از این رو استفاده از مواد جاذب راداری به عنوان یکی از روش‌های مؤثر پنهان‌سازی اجسام سال‌هاست که مورد توجه قرار گرفته است؛ اما فراموش نکنیم که بزرگ‌ترین عیب این روش، عدم امکان استفاده از آن در سیستم‌های راداری بایاستاتیک است.

• **نهان‌سازی پلاسمونیک نانوذرات:** یکی از روش‌هایی که در سال‌های اخیر برای نهان‌سازی نانوذرات پیشنهاد شده، استفاده از پوشش‌های پلاسمونیک است که در محدوده فرکانس‌های نوری دارای ضریب گذردهی الکتریکی منفی هستند. بزرگ‌ترین مشکل این نوع نهان‌سازی این است که چنین روشی تنها برای اجسام با اندازه کوچک کاربرد دارد.

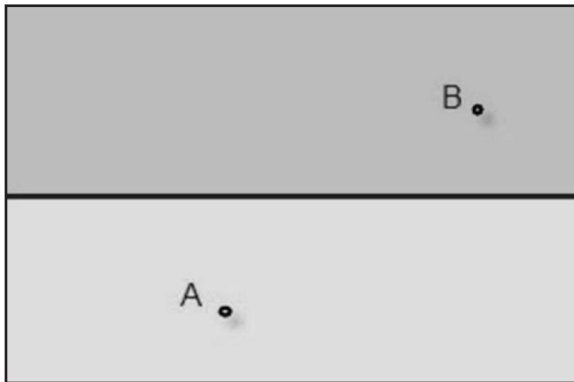
• **استفاده از حس‌گرهای غیرمحله:** در این روش، تعداد زیادی

در این جا این طول، طول نوری است که به صورت زیر تعریف می شود:

$$s = \int_A^B n dl = \int_A^B n \sqrt{dx^2 + dy^2 + dz^2}$$

اگر نقاط A و B متعلق به يك محیط باشند، در این صورت $n(r)$ در طول بازه انتگرال گیری ثابت بوده و با کمینه کردن مسیر محدود می شود. به کمینه کردن عبارت $\int_A^B dl$ نسبت داده می شود که این همان طول فیزیکی مسیره های متفاوت بین A و B است. بدیهی ست که این عبارت زمانی کمینه می گردد که مسیر بین A و B به خط مستقیم باشد، در نتیجه نور درون يك محیط همگن یک خط مستقیم سیر را می کند.

حال فرض کنیم نقاط A و B درون دو محیط با مشخصات الکتریکی و مغناطیسی متفاوت باشند؛ یا به عبارت دیگر A و B مطابق شکل در دو طرف يك مرز ناپیوستگی قرار داشته باشند در این حالت مسیر کمینه دیگر منطبق به مسیر مستقیم بین A و B نیست. بلکه مطابق شکل، با يك مسیر شکسته روبرو خواهیم شد.



حال تفسیرهای (الف) و (ب) که در ابتدای مطلب گفته شد را در اینجا به کار می بریم:

(الف) می توان گفت که دستگاه مختصات ثابت است (هندسه ثابت است) و $d\mathbf{x}$ با تغییر $d\mathbf{l}$ به وجود آمده است (مثلاً $d\mathbf{x}$ ناشی از دوران $d\mathbf{l}$ است).

(ب) می توان گفت که دستگاه مختصات (هندسه مسئله) تغییر کرده است و $d\mathbf{x}$ در حقیقت همان $d\mathbf{l}$ است، اما در مختصاتی دیگر.

اگر از تفسیر (ب) استفاده کنیم، به این نتیجه می رسیم که تغییر خواص ماده، باعث تغییر هندسه حرکت نور می شود. این عبارت، مطلب بسیار مهمی ست چرا که زیربنای تکنیک تبدیل میدان با استفاده از تبدیل مختصات است. دیدیم که نظیر به تغییر $n(r)$ تغییر خواص الکترومغناطیسی ماده يك تغییر در هندسه حرکت نور وجود دارد. حال مسئله پیش رو این است که چگونه می توان نظیر به يك تغییر هندسه نور، تغییری در خواص الکترومغناطیسی محیط پیدا کرد که تغییر مطلوب به روی هندسه را نور انجام دهد؟ تکنیک تبدیل مختصات، به این سؤال پاسخ می گوید. مثلاً اگر بخواهیم که تغییر هندسه مطابق شکل باشد، به راحتی می توان چگونگی تغییر ماده را بر اساس قانون اسنل - دکارت محاسبه کرد.

روش انتقال مختصات

در اینجا می خواهیم رابطه ای پیدا کنیم که متناسب با تغییر هندسه مسئله بتوان ویژگی های محیط مورد نظر را پیدا کرد.

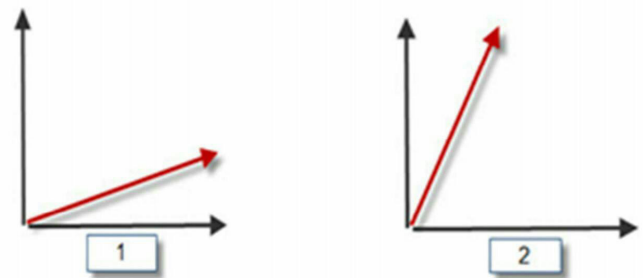
حسگر در جلو جسم قرار داده شده تا اثر موج انعکاسی تا حد امکان خنثی شود. علاوه بر این، استفاده از این روش مستلزم نصب منابع فعال بر روی سطح جسم است. در این روش، به محض این که حس گر ها تابش يك موج به جسم را احساس می کنند، سیگنال های کنترلی مناسب به منابع فعال ارسال می شود تا با ایجاد موج مناسب، اثر موج انعکاسی را خنثی کنند. مهم ترین مشکل این روش این است که سیگنال های ارسال شده از سنسورها برای منابع فعال بایستی سریع تر از موج تابشی حرکت کنند؛ بنابراین پیاده سازی این روش برای امواج الکترومغناطیسی کار دشواری است.

از مباحث فوق می توان استنباط کرد که هیچ يك از روشهای فوق ایده آل نبوده و هریک از آن ها دارای محدودیت های قابل توجهی هستند. برای مثال، در روش اول، نهان سازی تنها در يك جهت محقق می شود؛

روش دوم هم تنها قادر به نهان سازی اجسام كوچك است؛ و نهایتاً پیاده سازی روش سوم برای امواج الکترومغناطیسی دشوار است. از این رو در سال های اخیر به دلیل غلبه بر این ها محدودیت روش تبدیل مختصات به عنوان يك روش قدرتمند و کاملاً مؤثر برای نهان سازی اجسام با اندازه دلخواه و در تمام جهات ارائه شده است.

آنچه در نهان سازی به صورت ایده آل مطرح می شود، در حقیقت نامرئی کردن جسم از دید امواج الکترومغناطیسی است. یعنی در اینجا بحث جذب حداکثر یا پراکندگی حداقل مطرح نمی شود؛ در نهان سازی، خصوصاً در روش انتقال مختصات، به دنبال راهی هستیم که بتوانیم بر اساس آن مسیر حرکت امواج الکترومغناطیسی را به گونه ای دلخواه تغییر داده و به طور کلی مانع از برخورد امواج با جسم شویم.

در مبحث تبدیل میدان یا تغییر مسیر حرکت امواج، مثل مسائلی که با تکنیک تبدیل مختصات سروکار دارند، عبارت تغییر هندسه حرکت نور بسیار پرکاربرد است.



در مورد این شکل دو تفسیر می توان ارائه داد (که این دو تفسیر هم ارز يك دیگرند):

(الف) دستگاه مختصات ثابت است و بردار به θ اندازه دوران کرده است.

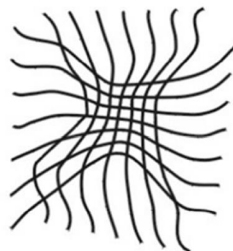
(ب) بردار ثابت است و دستگاه به اندازه θ - دوران کرده است. عبارت (ب) معادل این است که بگوییم: دستگاه مختصات تغییر کرده است یا هندسه ای که بردار می بیند، تغییر کرده است.

بر طبق قانون فرما می دانیم که نور در حرکت از نقطه A به B کوتاه ترین مسیر را می پیماید، به عبارت دیگر نور طوری حرکت می کند که طول مسیر کمینه شود. طول مسیر در اینجا با مفهوم معمولی طول که در مکانیک سراغ داریم، متفاوت است.

$$\nabla \times E = -\mu_0 \mu \frac{\partial H}{\partial t}$$

$$\nabla \times H = +\epsilon_0 \epsilon \frac{\partial E}{\partial t}$$

که ϵ و μ می‌توانند وابسته به مکان باشند. حال به یک دستگاه مختصات که لزوماً متعامد نیست می‌رویم و آن را با مشخصه‌های (q_1, q_2, q_3) تعیین می‌کنیم و طبق تعریف خطوطی، که در آن‌ها q_2 و q_3 ثابت اند محور q_1 را توصیف می‌کنند.



بنابراین اگر در امتداد محورهای (q_1, q_2, q_3) یک مجموعه نقطه با افزایش مساوی در طول سه محور تعیین کنیم به ساختار مش در مختصات جدید می‌رسیم که این مش وقتی در دستگاه (x, y, z) رسم شود لزوماً به شکل متعارف نیست. فرم معادلات ماکسول در مختصات جدید به صورت زیر خواهد بود:

$$\nabla_q \times \hat{E} = -\mu_0 \hat{\mu} \frac{\partial \hat{H}}{\partial t}$$

$$\nabla_q \times \hat{H} = +\epsilon_0 \hat{\epsilon} \frac{\partial \hat{E}}{\partial t}$$

سه بردار (u_1, u_2, u_3) را تعریف می‌کنیم که راستای آن‌ها در امتداد محورهای (q_1, q_2, q_3) باشد. سپس با تعریف کمیات و بردارهای جدید سعی می‌کنیم عبارتهای $\nabla \times H$ و $\nabla \times E$ را در دستگاه جدید محاسبه کنیم تا بتوانیم روابط جدید را از معادلات استخراج کنیم. بعد از محاسبات نسبتاً طولانی داریم:

$$\begin{cases} \hat{\epsilon} = \frac{A \bar{\epsilon} A^T}{\det(A)} \\ \hat{\mu} = \frac{A \bar{\mu} A^T}{\det(A)} \end{cases}$$

که در آن A ماتریس ژاکوبین تغییرات است و به صورت زیر به دست می‌آید:

$$A = \begin{bmatrix} \frac{\partial q_1}{\partial x} & \frac{\partial q_1}{\partial y} & \frac{\partial q_1}{\partial z} \\ \frac{\partial q_2}{\partial x} & \frac{\partial q_2}{\partial y} & \frac{\partial q_2}{\partial z} \\ \frac{\partial q_3}{\partial x} & \frac{\partial q_3}{\partial y} & \frac{\partial q_3}{\partial z} \end{bmatrix}$$

بیان دیگری از روش انتقال مختصات، روش انتقال نوری است.

روش انتقال نوری به عنوان یک ابزار قابل اعتماد برای کنترل میدان‌های الکترومغناطیسی، به گونه‌ای که مطلوب ما باشد استفاده می‌شود.

در واقع انتقال نوری یک روش طراحی ماتریال‌ها محسوب می‌شود که در سال‌های اخیر پیشرفت‌های زیادی به دست آمده است. این نظریه بر مبنای ثابت بودن فرم معادلات ماکسول است. روش انتقال نوری، طراحی مواد مصنوعی (ماتریال‌ها) را بر مبنای نیازهای موجود به دست می‌دهد و کاربرد‌های بسیاری دارد و تنها برای طراحی نهان ساز به کار نمی‌رود.

این روش در مقایسه با روش انتقال دستگاه مختصات مزایا و معایبی دارد که می‌توان آن‌ها را در موارد زیر برشمرد:

- مهم‌ترین عیب روش انتقال، ناهمگن و ناهمسانگرد بودن محیط و وجود مقادیر تکین در پروفایل نهان‌ساز است و در نتیجه بدون استفاده از تقریب، قابلیت ساخت آن‌ها وجود ندارد؛ اما در روش پلاسمونیک محیط همگن و همسانگرد خواهد بود و به آسانی قابل پیاده‌سازی است.

- در روش انتقال مختصات، هدف ایجاد پوش‌دهی کامل است و امواج، جسم را دور می‌زنند و در حالت ایده‌آل میدان بازگشتی از جسم وجود نخواهد داشت. ولی در روش پلاسمونیک اساس از بین بردن پراکندگی است و مقداری از انرژی امواج در جسم نفوذ می‌کند و تلف می‌شود.
- در روش انتقال هنگامی که امواج جسم را دور می‌زنند باید شرط علیت را برآورده سازند و در نتیجه پهنای باند فرکانسی به شدت محدود خواهد شد اما در روش پلاسمونیک برآورده کردن این شرط لازم نیست و در نتیجه پهنای باند نیز بیش‌تر خواهد بود.

- ساختار استفاده شده در روش انتقال از ماتریال است که ساختارهای رزونانسی هستند، ولی مواد پلاسمونیک رزونانس نیستند و به همین جهت نسبت به تغییرات جزئی در شکل و فرکانس، مقاوم‌تر می‌باشند.

- برای پیاده‌سازی ساختارهایی که با روش انتقال مختصات طراحی می‌شوند ناچاریم از تقریب‌هایی استفاده کنیم که عملکرد مناسب آن‌ها را نسبت به پلاریزاسیون موج تابشی حساس می‌کند، در حالی که روش پلاسمونیک به جهت تابش و پلاریزاسیون حساس نیست.

- مهم‌ترین عیب روش پلاسمونیک، محدود بودن استفاده از آن تنها برای اجسامی که ابعادشان نسبت به طول موج خیلی کوچک‌تر است، می‌باشد. این روش به مشخصات جسم بستگی خواهد داشت.

روش استفاده از مواد پلاسمونیک در سال ۲۰۰۵ توسط نادر انقطاع و آندره‌آلو مطرح شد و قسمت اعظم میدان بازگشتی توسط موادی با ضریب گذردهی الکتریکی نزدیک به صفر از بین می‌رفت. دکتر انقطاع و همکارانشان در سال ۲۰۰۵ این روش نهان‌سازی را برپایه خاصیت خنثی‌سازی پراکندگی مواد پلاسمونیک همگن و همسانگرد با ضریب گذردهی الکتریکی کوچک‌تر از واحد پیشنهاد کردند.

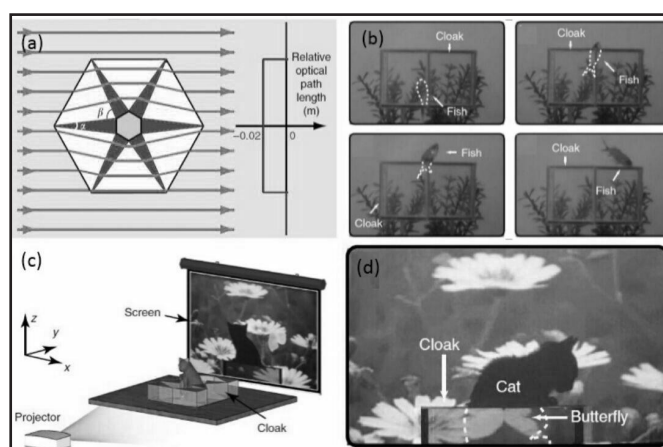
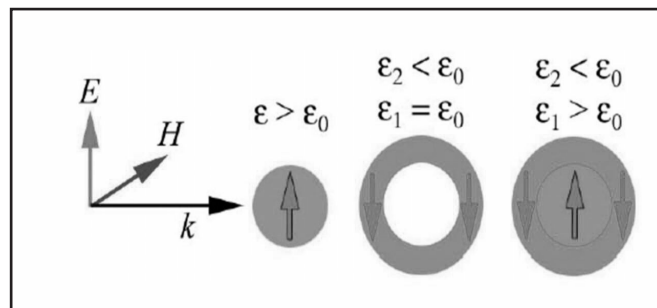
یک جسم کوچک نسبت به طول موج، میدان را از خود پراکنده می‌سازد که متناسب با دوقطبی‌های الکتریکی‌اش است. یک ماده با ضریب گذردهی الکتریکی کوچک‌تر از واحد یا منفی، قابلیت قطبی‌شدگی منفی دارد. بنابراین می‌توان گفت یک پوشش پلاسمونیک، میدان دوقطبی الکتریکی با علامت مخالف القاء می‌کند که اگر به صورت دقیق طراحی شود، می‌تواند میدان دوقطبی ناشی از جسم مورد نظر را خنثی کند.

منابع

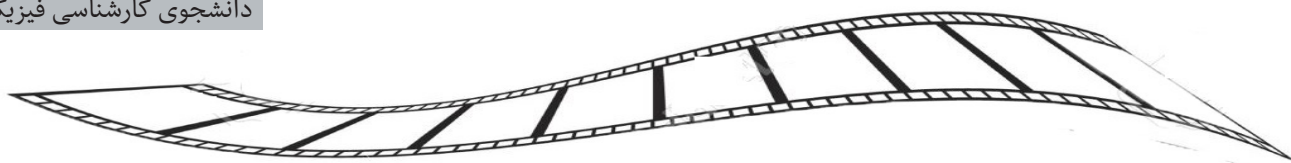
[۱] درس کامپلکس مدیا، دکتر عبدالعالی، دانشکده مهندسی برق دانشگاه علم و صنعت ایران

- [۲] A. Ward, J. Pendry, Refraction and geometry in Maxwell's equations, J. Mod. Opt. ۷۷۳ (۱۹۹۶) (۴) ۴۳.
 [۳] J.B. Pendry, D. Schurig, D.R. Smith, Controlling electromagnetic fields, Science ۱۷۸۰ (۲۰۰۶) (۵۷۸۱) ۳۱۲.
 [۴] U. Leonhardt, T.G. Philbin, General relativity in electrical engineering, New J. Phys. ۲۴۷ (۲۰۰۶) (۱۰) ۸.
 [۵] D. Schurig, J. Pendry, D.R. Smith, Calculation of material properties and ray tracing in transformation media, Opt. Express ۱۴ (۲۰۰۶) (۲۱) ۹۷۹۴.
 [۶] U. Leonhardt, Optical conformal mapping, Science ۳۱۲ ۱۷۷۷ (۲۰۰۶) (۵۷۸۱).
 [۷] U. Leonhardt, Notes on conformal invisibility devices, New J. Phys. ۲۰۰۶ (۷) ۸) ۱۱۸.
 [۸] D. Schurig, J. Pendry, D. Smith, Transformation-designed optical elements, Opt. Express ۱۴۷۷۲ (۲۰۰۷) (۲۲) ۱۵.

طراحی‌ها در حوزه نهان‌سازهای پلاسمونیک بیش‌تر بر اساس بهینه‌سازی و حذف حداکثری میدان پراکنده شده و با استفاده از مدل پاشندگی درود برای مواد پلازما صورت می‌پذیرد.



در دانشگاه علم و صنعت نیز این تئوری در دست مطالعه می‌باشد و دانشجویان دکتری مهندسی مخابرات دانشکده برق موفق به ساخت نهان‌سازهایی با کارایی مناسب شدند. با توجه به زمینه‌های کاربردی این علم تازه شکوفا شده، انتظار ساخت تجهیزات پیشرفته‌ای را در صنایع مختلف به ویژه نظامی در سال‌های پیش رو داریم.



انفجار در چاه آسانسور و تونل

انواع متفاوتی از فرار از انفجارها، مانند چاه آسانسور آتشین، موضوع فیلم‌های بسیاری شده‌است. قهرمان داستان از چاه آسانسور بالا می‌آید در حالی که گوی آتشین از پایین به سمت بالا به سرعت در حال نزدیک شدن است. او درست در لحظه‌ای که آتش از زیر پایش می‌گذرد، بدون اینکه مشکلی برایش پیش آید، خودش را بیرون می‌کشد. به هر حال او قهرمان است.

همچنین فرارهایی وجود دارد که در آن قهرمان فیلم با مهارت موتوری را می‌راند و از یک گوی آتش یا یک موج انفجاری عظیم سریع‌تر حرکت می‌کند. اگر او صد متر از انفجار فاصله داشته باشد و با سرعت ۱۶۱ کیلومتر در ساعت حرکت کند، $\frac{1}{3}$ ثانیه زمان برای گریختن خواهد داشت. مسلماً این مقدار زمان برای اینکه چند بار به عقب برگردد و به سرنوشت شوم قریب‌الوقع خود بنگرد و سپس درست به موقع از موتور پایین بیاید و خود را به گودالی مناسب برساند، تا اینکه انفجار از بالای سرش بگذرد، بدون اینکه به او صدمه‌ای برساند، کافی نیست.

«خسارت جانبی» [۱۳-PGP] انفجار در یک تونل و گریز با موتورسیکلت را در یک صحنه با هم ترکیب می‌کند. در این صحنه دو آدم شرور، در حالی که سوار موتور هستند، یک منبع گاز طبیعی را منفجر می‌کنند و به سرعت از تونل می‌گریزند و در حین فرار با تفنگ هایشان به سمت قهرمان فیلم تیراندازی می‌کنند. مسلماً قهرمان نه تنها در برابر گلوله‌ها به راحتی جاخالی می‌دهد، از موج انفجاری هم جلو می‌زند و درست قبل از اینکه موج انفجاری به او برسد به سرعت پشت پناهگاهی می‌رود و آدم‌های شرور بدشانس به همراه موتورهایشان مغلوب انفجار می‌شوند. به هر حال آن‌ها آدم‌های بدی بودند!

به این ترتیب تنها با یک معادله‌ی سینماتیک ساده می‌توان متوجه دروغ‌های فیزیکی فیلم‌ها شد. معادله‌ای که به محاسبه سرعت می‌پردازد و اغلب در اول دبیرستان با آن آشنا شده‌ایم. پس چرا فیلم‌سازان بر این فرض‌اند که تماشاچیان متوجه نخواهند بود؟ همانطور که در شماره قبل بیان شد، آن‌ها روی قدرت فیلم‌ها حساب می‌کنند. ترکیب هیجان‌انگیز موسیقی با نمایش فوق‌العاده تصاویر در صحنه‌هایی را که همچون آدرنالین به بدن تماشاچی تزریق می‌شود در نظر بگیرید، آن‌گاه احمقانه‌ترین نقض فیزیک در صحنه می‌تواند بدون اعتراض به مغز بیننده وارد شود و به صورت یک منطق جلوه کند.

نقض قوانین سینماتیک در فیلم‌ها

برخورد اخترواره و زمین

در صحنه آغازین فیلم «آرماگدون» [RP] برخورد یک اخترواره را با زمین می‌بینیم که در عرض چند ثانیه ۹۷۰۰ کیلومتر اطراف کره‌ی خاکی را دربر می‌گیرد و آتش‌هرچیزی که سر راهش باشد به کام مرگ می‌کشد؛ درختان، حشرات و دایناسورها. شواهد امروزی حاکی از آن است که در گذشته برخوردی با زمین وجود داشته و باعث مرگ دایناسورها شده‌است. اما به نظر، آن رخداد اصلاً شبیه نسخه سینمایی اش نبوده‌است.

اولین مشکل این است که شعله آتش حرکت رو به جلویی با سرعت حدود ۱۱۶۰۰۰ کیلومتر بر ساعت دارد. این سرعت تقریباً ۲۹ برابر سریع‌تر از حداقل سرعت نیاز برای گریز یک جسم از جاذبه زمین و ۹۵ برابر سریع‌تر از سرعت صوت است. برای ثابت ماندن چنین سرعتی، کل زمین باید با یک ورقه از مواد انفجاری پوشیده شده باشد، یعنی یک منبع سوخت و همچنین توانایی سریع مصرف آن مورد نیاز است. اگر این صحنه‌ی سوختن زمین را از فضای خارج از جو ببینیم، گسترده شدن شعله آتش بیشتر شبیه روبانی پهن خواهد بود، نه اینکه شعله هم‌زمان تمام سطح کره‌ی زمین را دربرگیرد. البته اگر دود حاصل از سوختن، جلوی دیدن شعله‌ها را نگیرد.

سیاره‌ی در حال انفجار

اگرچه انفجار کل یک سیاره از نظر علم فیزیک باورکردنی نیست، اما اگر چنین اتفاقی رخ دهد آیا شبیه آن چیزی خواهد بود که در «جنگ ستارگان» [NR] به تصویر کشیده شد؟ مسلماً این انفجار باید مانند یک انفجار اتمی بسیار عظیم باشد و طبق برآورد کلی حدود نصف انرژی چنین انفجاری به حرارت و باقی به انرژی جنبشی تبدیل شود. انرژی جنبشی یک کیلوگرم از خرده‌ریزهای منفجر شده با سرعتی که در فیلم به تصویر کشیده شده‌است معادل ۲۰ کیلو تن تی‌ان‌تی خواهد بود. این مقدار انرژی تا حدی با انرژی حاصل از انفجار بمب ۱۲/۵ کیلو تنی که روی شهر هیروشیما افکنده شده، برابر است. حرارت تولید شده فقط از یک کیلو قطعه کافی است که شهری را بخار کند. مقدار انرژی موجود در چنین قطعه‌ای معادل ۸۰۰ قرن انرژی متصاعد شده از خورشید آن هم در چند ثانیه است. پس آیا چنین انفجاری می‌تواند شبیه چیزی باشد که در فیلم نشان داده شد؟

لیزرهای فیبری

ملیکا کریم

لیزرهایی که در آن‌ها محیط فعال، فیبر آلاییده (با برخی عناصر) است

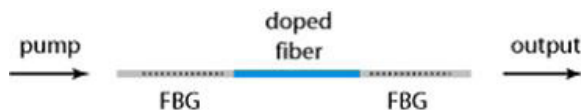
یا لیزرهایی که مشدد آن از فیبر ساخته شده است

لیزرهایی با فیدبک توزیع شده (DFB) وجود دارند که در آن‌ها فقط از یک توری براگ ساخته شده بر روی ماده فعال با یک شیفت فازی در وسط آن، استفاده شده است.

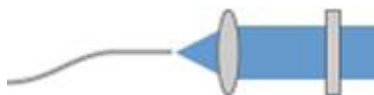
- در چیدمان‌های آزمایشگاهی ساده، آینه‌های دی الکتریک معمولی به طور عمودی، در نزدیکی انتهای فیبر برش داده شده قرار می‌گیرند. این رویکرد خیلی عملی نبوده و پایداری بالایی ندارد.

- انعکاس فرنل از انتهای فیبر لخت غالباً برای تزویج نور خروجی از لیزر فیبری کافی بوده و شکل این مطلب را نشان می‌دهد.

- لایه‌های دی الکتریک را می‌توان با روش تبخیر، بر انتهای فیبر نشانند. چنین لایه‌هایی می‌توانند موجب انعکاس در محدوده وسیعی از طول‌موج‌ها شوند

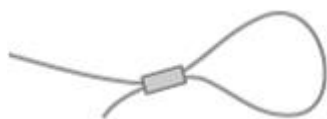


شکل ۲: لیزر فیبری DBR کوتاه با گسیل پهنای خطی نازک.



شکل ۳: انعکاس دهنده انتهایی با عدسی و آینه.

- با موازی سازی پرتو خروجی فیبر با یک عدسی و انعکاس پرتو رو به عقب، با استفاده از یک آینه دی الکتریک، قابلیت بهتری برای دستیابی به توان، به دست می‌آید (شکل ۳). شدت بر روی آینه، تا حد زیادی، به دلیل بزرگ شدن سطح پرتو کاهش می‌یابد. اما به هم خوردن تنظیمات هرچند به مقدار کوچک، موجب اتلاف قابل توجه در نور انعکاسی می‌شود. علاوه بر این، انعکاس‌های فرنل اضافی در انتهای فیبر، می‌تواند منجر به اثرات فیلتر و شبیه آن شود. اثر مذکور با استفاده از فیبرهایی با انتهای برش داده شده رفع می‌شود، که البته خود می‌تواند موجب اتلاف وابسته به قطبش باشد.



شکل ۴: آینه حلقوی فیبر

- گزینه دیگر ساخت یک آینه حلقوی فیبری (شکل ۴) با استفاده از یک تزویج گر فیبری و مقداری فیبر غیرفعال است. بسیاری از لیزرهای فیبری با یک یا چند لیزر دیودی تزویج شده به فیبر دمش می‌شوند.

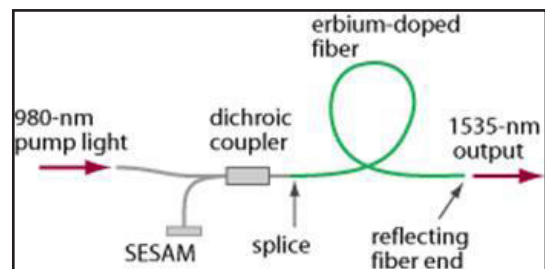
لیزرهای فیبری آن دسته از لیزرها هستند که محیط بهره در آن‌ها از فیبرهای اپتیکی تشکیل شده است. اگرچه برخی از لیزرها با محیط بهره نیمه هادی (یک تقویت کننده اپتیکی نیمه هادی) و یک مشدد فیبری نیز لیزر فیبری نامیده (یا لیزرهای فیبری نیمه هادی) می‌شوند، دستگاه‌هایی شامل نوعی از لیزر (به عنوان مثال لیزرهای دیودی فیبردار) و یک تقویت کننده فیبری نیز غالباً لیزر فیبری (یا سیستم‌های لیزر فیبری) نامیده می‌شوند.

در بسیاری از موارد محیط بهره، فیبری با یون‌های عناصر خاکی کمیاب مانند اربیوم (Er^{3+})، نئودیمیوم (Nd^{3+})، ایتربیوم (Yb^{3+})، تولیوم (Tm^{3+})، پراسئودیمیوم (Pr^{3+}) است که در فیبر تزریق شده و از یک یا چند لیزر دیودی نیز برای دمش کردن استفاده می‌شود. بنابراین بسیاری از لیزرهای فیبری، لیزرهایی با دمش دیودی هستند.

اگرچه محیط بهره لیزرهای فیبری، شبیه لیزرهای نیمه هادی است، اما اثر موجبری و سطح موثر مدی معمول منجر به ویژگی‌های اساساً متفاوتی در این لیزرها می‌شود. به عنوان مثال لیزر با بهره بسیار بیشتری کار کرده و اتلاف کمی در مشدد دارند.

مشددهای لیزر فیبری

برای ساخت مشدد لیزر با فیبر، نیاز به نوعی منعکس کننده (آینه) است که مشدد خطی تشکیل شود یا می‌توان یک لیزر حلقوی فیبری ساخت. انواع مختلفی از آینه‌ها در لیزرهای فیبری با مشدد خطی استفاده می‌شود:



شکل ۱: یک لیزر ساده فمتوثانیه با تزریق اربیوم که انعکاس فرنل از انتهای فیبر برای تزویج نور خروجی استفاده می‌شود.

- برای محصولات تجاری از توری‌های براگ فیبری استفاده می‌شود که یا به طور مستقیم روی فیبر فعال ساخته می‌شود و یا بر روی فیبر غیرفعال ساخته شده و به فیبر فعال جوش داده می‌شود. شکل ۲ یک لیزر با انعکاس دهنده براگی توزیع شده (DBR)، با دو توری براگ فیبری را نشان می‌دهد.

لیزرهای فیبری با پهنای خط نازک

لیزرهای فیبری می‌توانند به گونه‌ای ساخته‌شوند که در یک تک مد طولی عمل کنند طوری که پهنای طیفی آن چندین کیلوهرتز و یا حتی کمتر از یک کیلوهرتز باشد. به‌منظور دستیابی به عملکرد تک‌مد با پایداری طولانی مدت و بدون نیاز به ملزوماتی جهت پایداری درجه حرارت لیزر، نیاز به مشددی با طول نسبتاً کوتاه (به‌طورمثال از مرتبه ۵ سانتی‌متر) است، ولو اینکه یک مشدد بلندتر در اصل نویز فازی کمتری داشته و متناظراً منجر به پهنای طیفی کوچک‌تری می‌شود. در دو انتهای فیبر توری‌های براگ فیبری وجود دارند که یک تک مد از مشدد را انتخاب می‌کنند. توان‌های خروجی نوعی از چندین میلی‌وات تا ده‌ها میلی‌وات است. هرچند لیزرهای فیبری تک مدی نیز ساخته شده‌اند که توان تقریبی آن‌ها به یک وات هم می‌رسد. حد نهایی لیزر فیبری تک فرکانس، لیزرهایی با فیدبک توزیع شده است که کل مشدد از یک توری براگ فیبری با یک شیفت فازی در وسط تشکیل شده است. در اینجا طول مشدد به قدری کوتاه است که توان خروجی و پهنای طیفی می‌تواند به خطریافتد، اما ویژگی تک فرکانس بودن بسیار پایدار است. البته تقویت بیشتر برای رسیدن به توان‌های بالاتر، در یک تقویت‌کننده فیبری، امکان پذیر است.

لیزرهای فیبری Q سوئیچ شده

با روش‌های مختلف Q سوئیچ فعال یا غیرفعال، لیزرهای فیبری می‌توانند برای تولید پالس‌هایی در محدوده ده‌ها تا صدها نانو ثانیه استفاده شوند. انرژی قابل دستیابی برای هر پالس توسط فیبرهایی با سطح مدی بزرگ، می‌تواند از چندین میلی‌ژول تا حد نهایی آن یعنی چند ده میلی‌ژول باشد و اساساً به وسیله انرژی اشباع (حتی برای فیبرهای با سطح میدان بزرگ) و آستانه‌ی آسیب (به‌ویژه برای پالس‌های کوتاه‌تر) محدود می‌شود. کلیه چیدمان‌های تمام فیبری (بدون وجود اپتیک فضای آزاد) کاملاً به‌وسیله انرژی قابل دستیابی برای هر پالس محدود می‌شوند به طوری که آن‌ها به‌صورت طبیعی، توسط فیبرهای با سطح میدان مدی بزرگ و Q سوئیچ‌های موثر قابل تحقق نیستند.

به دلیل بهره بالا، در لیزرهای فیبری، جزئیات کیفیت Q سوئیچ با لیزرهای حجمی متفاوت بوده و بسیار پیچیده‌تر است. غالباً یک ریزساختار زمانی، همراه با چندین اسپایک تیز را می‌توان به‌دست آورد و امکان تولید پالس‌های Q سوئیچ‌شده با پهنای زمانی کمتر از زمان رفت‌وبرگشت کامل در مشدد (نوعاً طولانی) وجود دارد. چیدمان دقیقاً مانند لیزر قفل مدی نشان داده‌شده در شکل ۱ است، اما پارامترهای SESAM متفاوت هستند.

لیزرهای فیبری قفل مدی

برای ساخت لیزرهای فیبری قفل مدی، چیدمان مشدد بسیار پیچیده‌ای (لیزرهای فیبری فوق سریع) جهت تولید پالس‌های

نور دمش می‌تواند مستقیم به مغزی فیبر یا در توان‌های بالا، به مقدار زیاد، در غلاف فیبر تزویج شود.

انواع مختلفی از لیزرهای فیبری وجود دارند که برخی از آن‌ها در زیر مورد بحث قرار می‌گیرند:

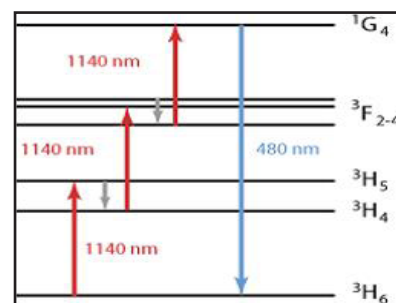
لیزرهای فیبری پرتوان

درواقع اولین لیزرهای فیبری فقط چندین میلی‌وات توان داشتند. اما هم‌اکنون لیزرهای فیبری پرتوانی وجود دارند که از یک تک فیبر توانی معادل با چند صدوات و گاهی چندین کیلووات تولید می‌کنند. این قابلیت ناشی از نسبت بزرگ سطح به حجم در فیبر (که موجب اجتناب از گرم شدن بیش‌ازحد فیبر می‌شود) و اثر موجبری آن است که حتی در گرم‌شدگی قابل توجه از مشکلات ترموپاتیکی اجتناب می‌شود.

لیزرهای فیبری تبدیل بالا

مبحث لیزر فیبری، برای درک لیزرهای تبدیل بالا بسیار مناسب است. این لیزرها، غالباً باید در گذارهای لیزری نسبتاً پیچیده، عمل کنند و نیاز به شدت دمش بالا دارند. یک لیزر فیبری، چنین شدت‌های دمش بالا را به راحتی، در طول بلند ایجاد می‌کند. بنابراین با توجه به این ویژگی و بازده بهره‌ی بالا قابل دستیابی در طول‌های بلند، استفاده از لیزرهای فیبری، در گذارهای با بهره پایین، مناسب است. در بسیاری از موارد، شیشه سیلیکا، برای لیزرهای فیبری تبدیل بالا مناسب نیست، زیرا پدیده‌ی تبدیل بالا نیاز به طول عمر نسبتاً طولانی ترازهای الکترونی میانی داشته و چنین طول عمری در فیبرهای سیلیکا به دلیل انرژی فونون بالا، بسیار کوچک است. بنابراین غالباً از فیبرهای فلوئوراید با فلزات سنگین مانند ZBLAN (یک فلوروزیرکونات) استفاده می‌شود.

لیزرهای فیبری تبدیل بالای معروف، بر اساس فیبرهای تزریق شده با تولیوم برای تولید نورآبی (شکل ۵)، پراسئودیوم (که می‌تواند با تزریق ایتربیوم نیز باشد) برای تولید نورقرمز، نرنجی یا آبی و اربیوم برای تولید نور سبز می‌باشند.



شکل ۵: شماتیک از ترازهای یون‌های تولیوم (Tm^{3+}) در فیبر ZBLAN که نشان می‌دهد چگونه تحریک شدگی با لیزری به طول موج ۱۱۴۰ نانومتر منجر به فلوروسانس آبی و گسیل لیزری می‌شود.

لیزرهای فیبری

جاذبه‌های ویژه فیبرها به عنوان محیط بهره لیزری

• به‌عنوان مثال فیبرها می‌توانند حلقه شوند و انتشار پرتو در فیبر از عوامل محیطی (مانند گردوغبار) محافظت می‌شود. لیزرهای فیبری می‌توانند چیدمان محکم و فشرده‌ای داشته‌باشند. کل مشخصه لیزر می‌تواند از المان‌های فیبری (چیدمان تمام فیبری)، مانند توری‌های براگ فیبری و تزویج‌گرهای فیبری، ساخته‌شود (یعنی از اپتیک فضای آزاد و تنظیمات مربوطه اجتناب می‌شود).

• محیط بهره فیبری، به‌دلیل گذارهای به‌شدت پهن‌شده در شیشه، دارای پهنای باند وسیعی بوده که اجازه تنظیم طول موجی گسترده و تولید پالس‌های فوق کوتاه را می‌دهد. همچنین لیزرهای فیبری ناحیه طول‌موجی وسیعی برای جذب خوب نور دمش دارند، به گونه‌ای که نیاز به طول‌موج دقیق نبوده و تثبیت دمای دیودهای دمش غیرضروری می‌باشد.

• کیفیت باریکه محدود به پراش، در صورت استفاده از فیبرهای تک مد و حتی گاهی با فیبرهای چند مدی به راحتی قابل دستیابی است. • به دلیل بازده بهره‌ی بالای فیبرهای تزریق شده، لیزرهای فیبری، پتانسیل کار با توان‌های دمش کوچک را دارا می‌باشند. همچنین به‌دست‌آوردن بازده توان بالا امکان‌پذیر است. • در سال‌های اخیر به‌طور متقاعد کننده‌ای، پتانسیل ساخت لیزرهای بسیار پرتوان نشان داده‌شده‌است.

• علاوه‌بر موجبری که اجازه دمش شدت‌های بالا در طول بلند را می‌دهد، لیزرهای فیبری می‌توانند حتی برای گذارهای لیزری مشکل (به‌عنوان مثال لیزرهای تبدیل بالا) مورد استفاده قرار گیرند.

از سوی دیگر، لیزرهای فیبری، می‌توانند معایبی نیز داشته‌باشند:

• هنگامی که نور دمش از فضای آزاد به مغزی فیبر تک مد تزویج می‌شود، تنظیمات بسیار حساس است. این مساله می‌تواند با استفاده از دیودهای فیبردار رفع شود.

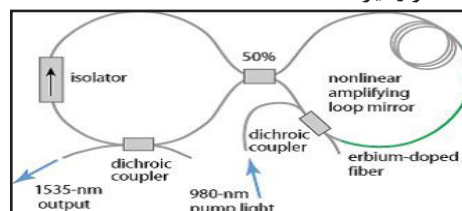
• در بسیاری از فیبرها قطبش، وابستگی پیچیده‌ای به دما دارد مگر اینکه از فیبرهای حفظ‌کننده قطبش یا چرخنده‌های فارادی استفاده شود. البته چنین اقداماتی با چرخش پلاریزاسیون غیرخطی در سیستم‌های قفل‌مدی سازگار نیست.

• آثار غیرخطی معمولاً کارایی لیزر را محدود می‌کنند، به‌عنوان مثال در توان قابل دستیابی برای عملکرد تک مد و کیفیت پالس در لیزرهای قفل‌مدی این محدودیت را می‌توان دید. برای نمونه باندهای کناری Kelly غالباً قابل مشاهده هستند، درحالی که در لیزرهای قفل‌مدی حتمی، به ندرت چنین اثری دیده می‌شود.

• در توان‌های بالا خطر آسیب به فیبر حتی در زیر آستانه‌ی آسیب فیبر وجود دارد (فایبر فیوز).

• فیبرها، میزان بهره و جذب دمش محدودی در واحد طول دارند و این امر امکان ساخت مشخصه‌های بسیار کوتاه را به‌عنوان مثال برای لیزرهای تک مد یا لیزرهای قفل‌مدی چندین گیگاهرتزی مشکل می‌نماید. به هر حال توسعه فیبرهای با تزریق بالا معمولاً با شیشه‌های فسفات موجب پیشرفت خوبی در حل این مسئله شده‌است.

فتموثانیه یا پیکوثانیه مورد استفاده قرار می‌گیرند. در اینجا مشخصه لیزر ممکن است شامل مدولاتور فعال یا نوعی جاذب اشباع-پذیر باشد. یک جاذب اشباع‌پذیر مصنوعی با استفاده از اثر چرخش قطبش غیرخطی یا یک آینه حلقوی فیبری، می‌تواند ساخته‌شود. به‌عنوان مثال یک آینه حلقوی غیرخطی، همان طور که در شکل ۶ نشان داده‌شده‌است، در ساختار هشت لیزری مورد استفاده قرار می‌گیرد. مشخصه اصلی در طرف چپ قرار می‌گیرد و یک حلقه‌ی فیبری غیرخطی عمل تقویت، شکل‌دهی و تثبیت پالس‌های فوق کوتاه چرخان را انجام می‌دهد. به‌ویژه برای قفل مدی هماهنگ، المان‌های بیشتری مانند ریز کاواک‌ها که به عنوان فیلترهای اپتیکی عمل می‌کنند، می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.



شکل ۶: چیدمان ساختار هشت لیزری، که با جزئیات در مقاله‌های مرتبط بالیزرهای فیبری قفل مدی توضیح داده شده‌است.

لیزرهای فیبری رامان

نوع خاصی از لیزرهای فیبری، لیزرهای رامان فیبری هستند که بر اساس بهره‌ی رامان، و بر پایه‌ی ویژگی غیرخطی، در فیبر کار می‌کنند. در چنین لیزرهایی معمولاً از فیبرهای نسبتاً بلند، که گاهی ویژگی‌های غیرخطی آن‌ها افزایش یافته‌است، و توان‌های دمش، از مرتبه‌ی یک‌وات استفاده می‌شود. با استفاده از جفت توری‌های براگ متعدد، تبدیل رامان در چندین مرحله می‌تواند انجام شود که مانند یک پل چند صد نانومتری، بین نور دمش و طول‌موج خروجی است. به‌عنوان مثال لیزرهای فیبری رامان در ناحیه میکرومتر دمش می‌شوند و نور ۴/۱ میکرومتر تولید می‌کنند که خود برای دمش تقویت‌کننده‌های اریبوم ۵/۱ میکرومتری مورد نیاز است.

لیزرهای فیبری با تقویت‌کننده‌های اپتیکی نیمه‌هادی

برخی از لیزرها وجود دارند که دارای یک تقویت‌کننده اپتیکی نیمه‌هادی (SOA) بوده و محیط بهره در مشخصه لیزر تشکیل یافته‌است. اگرچه فرایند واقعی لیزردهی در فیبر اتفاق نمی‌افتد با این وجود چنین فیبرهایی، گاهی لیزر فیبری نامیده می‌شوند. آن‌ها نوعاً توان کوچکی از مرتبه‌ی میلی‌وات یا حتی کمتر تولید کرده و از ویژگی‌های بسیار متفاوت محیط بهره نیمه‌هادی به‌ویژه انرژی اشباع کمتر و طول عمر تراز بالایی کمتر در مقایسه با فیبر تزریق‌شده با عناصر خاکی کمیاب استفاده می‌کنند. چنین لیزرهایی گذشته از تولید نور همدوس، می‌توانند برای پردازش اطلاعات در سیستم‌های ارتباطی فیبر اپتیکی به‌عنوان مثال در تبدیل طول‌موجی کانال‌های دیتا بر اساس اثرات اشباع عرضی مورد استفاده قرار گیرند.

همچنین توجه کنید که در بسیاری از موارد، طراحی لیزرهای فیبری اساساً از لیزرهای حجمی بسیار سخت‌تر است. این نتایج، بنا به دلایل متفاوتی به دست آمده، که شامل اثرات اشباع قوی ایجاد شده به علت شدت‌های اپتیکی بالا، رفتار شبه سه-ترازی تقریبی در همه‌ی گذارهای لیزر فیبری و مکانیسم پیچیده‌ی تولید پالس در لیزرهای قفل‌مدی می‌باشد. لذا پروژه‌ی طراحی لیزر می‌تواند بسیار هزینه‌بر باشد.

مدلسازی لیزر فیبری

بنا به دلایل متعددی جنبه‌های تکنیکی در لیزرهای فیبری نسبت به لیزرهای حجمی بسیار پیچیده‌تر است.

- لیزرهای فیبری، نوعاً با بهره‌ی بالاتر و اتلاف مشدد بیشتری کار می‌کنند.
- شدت‌های اپتیکی در لیزرهای فیبری، غالباً بسیار بیشتر از شدت اشباع می‌باشند که منجر به اثرات اشباع قوی (حتی برای نور دماش) می‌شوند.

- بسیاری از فیبرهای فعال، سیستم شبه سه‌ترازه دارند و ویژگی‌های عملکرد آنها بسیار پیچیده‌تر از لیزرهای چهارترازه می‌باشد.
- سیستم‌های لیزر فیبری غالباً بسیار پیچیده‌اند، به عنوان مثال می‌توان به طراحی تقویت‌کننده‌ی توان با اسیلاتور اصلی اشاره کرد. بنابه این دلایل، جزئیات عملکرد یک لیزر فیبری (یا سیستم لیزر فیبری) غالباً با محاسبات تحلیلی ساده قابل فهم نیست. شبیه‌سازی‌های عددی که به وسیله‌ی نرم‌افزار شبیه‌سازی فیبر انجام می‌شود، برای محاسبه‌ی کارایی لیزر، تحلیل اثرات مخرب و بهینه نمودن نمونه‌ی اولیه و طراحی‌های محصول می‌باشد. چنین شبیه‌سازی‌هایی، جنبه‌های تکنیکی بسیاری را مشخص می‌کنند.

مدل‌سازی معادلات نرخ برای محاسبه‌ی رفتار یون‌های فعال یا ترکیب یون‌ها شامل فرآیندهای انتقال انرژی می‌توانند به کار روند.

- یک تحلیلگر مد، یعنی یک محاسبه‌کننده‌ی مدهای فیبری، می‌تواند ورودی، برای محاسبات بعدی، به‌ویژه برای پروفایل‌های شدت مدی را تولید کند.

- در برخی از موقعیت‌ها، انتشار باریکه‌ی عددی مورد علاقه است. به عنوان مثال این عمل غالباً در فیبرهای دارای مدهای زیاد، شامل غلاف دماش، در فیبرهای دو غلافه، انجام می‌شود.

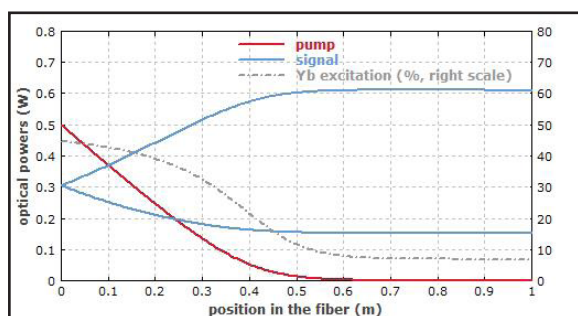
- الگوریتم‌های اصلاح شده برای محاسبه حالت پایدار در لیزرها و تقویت‌کننده‌ها با یک راه‌حل خودسازگار برای شدت‌های اپتیکی و چگالی‌های تحریک یون‌های فعال لیزر در سراسر فیبر مورد نیاز است. (توجه شود که شدت‌های اپتیکی و چگالی‌های تحریک به‌طور متقابل برهم اثر می‌گذارند.)

به عنوان مثال مدل‌های دینامیکی، برای محاسبه‌ی تقویت پالس و Q سوئیچ استفاده می‌شوند.

- انتشار پالس‌های فوق کوتاه در فیبرها به‌طور عددی تحت تأثیر اثراتی نظیر بهره، پهنای باند بهره‌ی محدود شده، پاشندگی رنگی، آثار غیرخطی مختلف و غیره شبیه‌سازی می‌شوند.

به عنوان یک مثال برای طرح‌های شگفت‌انگیز، حتی برای لیزرهای فیبری ساده، شکل ۷ توان‌های اپتیکی و چگالی‌های تحریک، در طول فیبر یک لیزر فیبری تک مد، با تزریق Yb، را نشان می‌دهد. یک توری براگ فیبری با بیشترین انعکاس ۲۵ درصدی در طول موج ۱۰۳۰ نانومتر در طرف راست، به عنوان تزویج گر خروجی عمل می‌کند، در حالی که یک توری براگ با انعکاس بالا، در طرف چپ مورد استفاده قرار می‌گیرد. نور دماش (در ۹۷۵ نانومتری) به این توری تزویج می‌شود. یک نقصان تقریباً خطی (تا حدودی نمایی) در توان دماش از سمت چپ، در نتیجه‌ی اشباع دماش قوی، ایجاد می‌شود. فیبر تا حدی طولانی است، به گونه‌ای که منجر به جذب مجدد اندکی از سیگنال در طرف راست می‌شود. علی‌رغم تمام شدن نور دماش، جذب مجدد، موجب تحریک قابل توجهی

از یون‌های ایتربیوم و کاهش اندکی در توان سیگنال خروجی می‌شود. اتلاف ناشی از ASE (که در اینجا نشان داده نشده است) قابل چشم‌پوشی است.



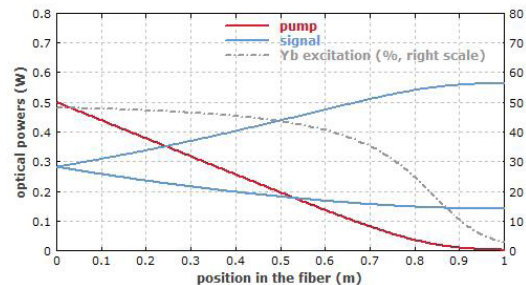
شکل ۷: توان‌های اپتیکی و چگالی‌های تحریک در طول فیبر لیزر فیبری تک مد Yb، دماش شده از مغزی در طول موج ۹۷۵ نانومتر.

توجه شود که توان سیگنال داخل کاواک می‌تواند از توان دماش بیشتر باشد و تنها بخشی از این توان می‌تواند خارج شود.

شبیه‌سازی با نرم افزار RP Fiber Power انجام شده است.

در شکل ۱۰، از توری براگ ۱۰۸۰ نانومتر استفاده شده است. سطح مقطع گسیل پایین‌تر در ۱۰۸۰ نانومتر منجر به درجه‌ی بیشتری از برانگیختگی Yb و بنابراین جذب دماش ضعیف‌تری می‌شود. این موضوع نشان می‌دهد که طول فیبر مورد نیاز نه تنها به ویژگی‌های جذب طول موج دماش بستگی دارد، بلکه به جزئیات سیگنال مانند طول موج سیگنال و اتلاف مشدد نیز وابسته است.

لیزرهای فیبری



شکل ۸: همان شکل ۷، با این تفاوت که از توری براگ با طول موج ۱۰۸۰ نانومتر استفاده شده است.

اگر طول فیبر در مورد آخری به ۷/۰ متر کاهش یابد، می‌توان انتظار کاهش توان خروجی به دلیل جذب دممش ناقص را داشت. به هر حال یک شبیه‌سازی (که در اینجا نشان داده نشده است) نشان می‌دهد که لیزردهی کاملاً متوقف می‌شود و ۹۴٪ از توان دممش در طرف راست، فیبر را ترک می‌کند. چگالی تحریک نمودن ۵۰٪ از یونهای Yb در سرتاسر فیبر برای آستانه‌ی لیزردهی کافی نخواهد بود. برای طول موج دممش کاهش یافته ۹۴۰ نانومتر، علی‌رغم کم شدن سطح مقطع جذب دممش به دلیل ضعیف شدن اثرات اشباع دممش، مجدداً لیزردهی غیر ممکن خواهد بود.

منابع

- [۱۰] A. C. Tropper et al., «Thulium-doped silica fiber lasers», Proc. SPIE ۱۹۹۱) ۱۵۲, ۱۳۷۳)
- [۱۱] R. B. Smart et al., «CW room temperature تبدیل lasing at blue, green and red wavelengths in infrared-pumped Pr-+۳doped fluoride fibre», Electron. Lett. ۲۷ (۱۴) ۱۳۰۷) ۱۹۹۱)
- [۱۲] H. M. Pasket et al., «Ytterbium-doped silica fiber lasers: versatile sources for the ۱,۲-۱ μm region», IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron. ۱۹۹۵) ۲, (۱) ۱)
- [۱۳] P. Xie and T. R. Gosnell, «Room-temperature تبدیل fiber laser tunable in the red, orange, green, and blue spectral regions», Opt. Lett. ۱۹۹۵) ۱۰۱۴, (۹) ۲۰)
- [۱۴] R. Paschotta et al., «۲۳۰ mW of blue light from a Tm-doped تبدیل fiber laser», IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron. ۱۹۹۷) ۱۱۰۰, (۴) ۳)
- [۱۵] Y. Takushima et al., «Polarization-stable and single-frequency fiber lasers», J. Lightwave Technol. ۱۶ (۴) ۶۶۱, (۴) ۱۶) ۱۹۹۸)
- [۱۶] V. Dominic et al., «۱۱۰ W fibrelaser», Electron. Lett. ۳۵) ۱۱۵۸, (۱۶) ۲۴)
- [۱۷] S. D. Jackson et al., «Diode-pumped ۱,۷ W erbium -۳μm fiber laser», Opt. Lett. ۱۹۹۹) ۱۱۳۳, (۱۶) ۲۴)
- [۱۸] M. Pollnau and S. D. Jackson, «Erbium -۳μm fiber lasers», IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron. ۲۰۰۱) ۳۰, (۱) ۷)
- [۱۹] Y. Jeonget et al., «Ytterbium-doped large-core fiber laser with ۱,۳۶ kW continuous-wave output power», Opt. Express ۲۰۰۴) ۱۲, (۲۵) ۶۰۸۸)
- [۲۰] A. Polynkin et al., «Single-frequency fiber ring laser with ۱ W output power at ۱,۵ μm», Opt. Express ۳۱۷۹, (۸) ۱۳) ۲۰۰۵)
- [۲۱] A. Tünnermann et al., «Fiber lasers and amplifiers: an ultrafast performance evolution», Appl. Opt. ۲۵) ۴۹, FV۱) ۲۰۱۰)
- [۲۲] M. J. F. Digonet, Rare-Earth-Doped Fiber Lasers and Amplifiers, ۲nd edn., CRC Press, Boca Raton, FL (۲۰۰۱)
- [۲۳] R. Paschotta, tutorial on «Modeling of Fiber Amplifiers and Lasers»
- [۲۴] R. Paschotta, Field Guide to Optical Fiber Technology, SPIE Press, Bellingham, WA (۲۰۱۰)

- [۱] E. Snitzer, «Proposed fiber cavities for optical masers», J. Appl. Phys. ۱۹۶۱) ۳۶, (۱) ۳۲)
- [۲] E. Snitzer, «Optical maser action in Nd+۳ in a Barium crown glass», Phys. Rev. Lett. ۱۹۶۱) ۴۴۴, (۱۲) ۷)
- [۳] C. J. Koester and E. Snitzer, «Amplification in a fiber laser», Appl. Opt. ۱۹۶۴) ۱۱۸۲, (۱۰) ۳)
- [۴] C. A. Burrus and J. Stone, «Nd+۳ doped SiO₂ lasers in an end-pumped fiber geometry», Appl. Phys. Lett. ۳۸۸, (۷) ۲۳) ۱۹۷۳)
- [۵] J. Stone and C. A. Burrus, «Neodymium-doped fiber lasers: room temperature CW operation with an injection laser pump», Appl. Opt. ۱۹۷۴) ۱۲۵۶, (۶) ۱۳)
- [۶] R. J. Mears, L. Reekie, S. B. Poole, and D. N. Payne, «Neodymium-doped silica single-mode fibre lasers», Electron. Lett. ۱۹۸۵) ۷۳۸, (۱۷) ۲۱)
- [۷] L. Reekie et al., «Diode-laser-pumped Nd-+۳doped fibre laser operating at ۹۳۸ nm», Electron. Lett. ۱۹۸۷) ۸۸۴, ۲۳)
- [۸] W. L. Barnes et al., «Er-+۳Yb+۳ and Er+۳ doped fiber lasers», J. Lightwave Technol. ۱۹۸۹) ۱۴۶۱, (۷)
- [۹] D. C. Hanna et al., «A -۱ watt thulium-doped cw fibre laser operating at ۲ μm», Opt. Commun. ۱۹۹۰) ۵۲, ۸۰)

laser isotope separation

امیررضا احمدپور

دانشجوی کارشناسی فیزیک

amirreza_ahmadpoor@physics.iust.ac.ir

است:

۱- جداسازی اتمی

۲- جداسازی مولکولی

لیزرهای با فرکانس قابل تنظیم برای تمام مناطق طیف اورانیوم وجود دارد. در منطقه طول موج های مرئی لیزر رنگی به طور پیوسته قابل تنظیم است و پایداری زیاد و قدرت لازم را دارد، قطر پرتو این لیزر را می توان تا ۱۰۰ فمتومتر کاهش داد. همچنین یونش اورانیوم باید در چند مرحله صورت گیرد، زیرا لیزرهای قابل تنظیم با بازدهی خوب تنها ۲ الکترون ولت انرژی تأمین می کنند، در صورتی که انرژی لازم برای یونش ۶/۲ الکترون ولت است. لیزرهای رنگی برای ۲ الکترون ولت مناسب هستند ولی بازدهی آنها برای انرژی بالاتر به تدریج کم می شود. اولین مراحل به دلیل پدیده رزونانس دارای بازده خوبی هستند و آخرین مرحله ی گذار بین حالت پیوندی و حالت آزاد الکترون است که سطح مقطع آن پایین است. برای این منظور از لیزر CO₂ با قدرت بالا استفاده می شود، همچنین کالکتورهای برای جمع آوری اورانیوم یونیده شده طراحی شده است که پس از جمع آوری باید با روش های مناسب اورانیوم ۲۳۵ را از صفحات کالکتور جدا کرد. اگرچه در روش های غنی سازی و آزمایشات انجام شده درصد غنی شده بالایی بدست آمده است، ولی امکان افزایش این مقدار وجود دارد، بصورتی که موقعیت ایده آل زمانی است که هر اتم اورانیوم ۲۳۵ که از ناحیه ی واکنش با لیزر می گذرد، یونیزه شود. انجام کارهایی از قبیل افزایش شدت لیزر سوم به کار رفته در روش اتمی یا افزایش سرعت تکرار پالس لیزرها در بهینه کردن غنی سازی مؤثر است. برای جداسازی ایزوتوپ اورانیوم با استفاده از لیزرها سه رهیافت وجود دارد:

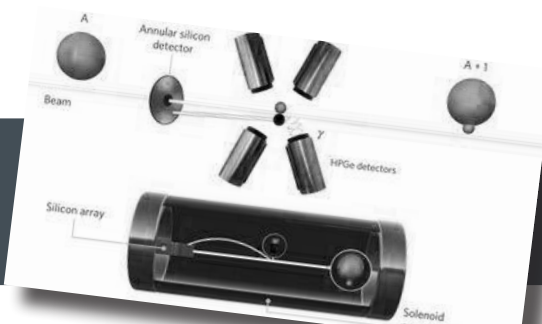
۱- روش مولکولی با استفاده از لیزر و مولکول حاوی اورانیوم مناسب

۲- روش دیگر مولکولی استفاده از لیزر ۱۶ میکرونی و UF₆

۳- روش اتمی با استفاده از بخار اورانیوم و لیزر رنگی تنظیم شده در روش اتمی بخار اورانیوم در دمای ۲۸۰۰ درجه کلین ایجاد میشود و اتم های اورانیوم با سه لیزر یونیده می شوند. گزینش ایزوتوپ مد نظر در آزمایشات فوتو یونی ۱۰۰ درصد بوده است. در روش لیزر CO₂ نکته مهم یافتن ترکیبات اورانیوم دار دارای طیف در محدوده ۹/۵ تا ۱۰/۵ میکرومتر است. در روش UF₆ اساس کار بر خنک سازی گاز UF₆ و استفاده از لیزر مادون قرمز می باشد. اورانیوم در مقیاس آزمایشگاهی تا چندین مرتبه نسبت به هدف از ۲/۵ تا ۳ درصد غنی شده است.

مزایای تکنولوژی LIS

یکی از مزایای استفاده از این تکنولوژی داشتن کمترین میزان ضایعات ممکن است. دیگر مزیت این طرح این است که ضایعات ایجاد شده در واقع همان سوخت مورد نیاز نیروگاه های هسته ای قدیمی است که تقریباً ۶۰ درصد این ضایعات توانایی تولید تقریباً ۴۰ گیگا وات برق است که این ۸ درصد میزان برق مورد نیاز کشور ایالات متحده آمریکا است.



مقدمه

ابتدا در آمریکا در خلال جنگ جهانی دوم تلاش هایی برای غنی سازی اورانیوم برای ساخت سلاح های هسته ای صورت گرفت. پروژه LIS در دهه ۷۰ میلادی به عنوان پروژه ای کم هزینه، سازگار با محیط زیست و مؤثر ارائه شد تا اورانیوم غنی شده مورد نیاز رآکتورهای هسته ای و مصارف نظامی آمریکا تأمین گردد. توسعه ی این تکنولوژی برای غنی سازی اورانیوم در طی سال های اخیر منجر به کاربرد آن در جداسازی انواع گوناگون ایزوتوپ هایی به مانند نیتروژن-۱۵، کربن-۱۲ و سولفور-۳۳ در مصارف پزشکی و زیست محیطی شده است.

طرز کار سیستم LIS

این فناوری بر اساس این واقعیت است که با وجود این که ایزوتوپ های مختلف یک عنصر از نظر شیمیایی یک خاصیت دارند ولی انرژی های الکتریکی متفاوتی دارند و هر کدام طول موج خاصی از لیزر را جذب می کنند که می توان ایزوتوپ های مختلف یک عنصر را با فرایندی لیزری از هم جدا کرد. بهترین ماده برای این فرایند اورانیوم است؛ زیرا اورانیوم ۲۳۵ تنها ایزوتوپی می باشد که شکافت پذیر است و می تواند زنجیره مورد نیاز برای غنی سازی را تأمین کند. فرایند غنی سازی به این منظور صورت می گیرد که غلظت اورانیوم ۲۳۵ را که به طور طبیعی ۰/۴٪ است به حدود ۴٪ برساند تا جواب گوی نیاز نیروگاه باشد. در مرحله اول فلز اورانیوم در یک واحد جدا کننده که در یک محفظه ی خلأ قرار دارد تبخیر می شود. سپس نور لیزر با طول موج مشخص که در آن طول موج فقط اورانیوم ۲۳۵ انرژی جذب می کند به بخار فلز اورانیوم تابانده می شود، این لیزر اول از یک دیود لیزری حالت جامد که طول موج کوتاهی با شدت بالا تولید می کند، منتشر می شود. رنگ نور لیزری در ابتدا سبز است ولی با عبور از المنت های اپتیکی رنگ آن تغییر می کند. در غنی سازی اورانیوم این نور به سه طول موج از طیف قرمز- نارنجی تبدیل می شود که فقط توسط اورانیوم ۲۳۵ جذب می شود. هر کدام از طول موج ها انرژی لازم را جهت یونیزه کردن یا کندن یک الکترون خاص تأمین می کند و در عین حال ایزوتوپ مادر را تحت تأثیر قرار نمی دهد، حال چون اتم های یونیزه شده دارای بار الکتریکی مثبت شده اند به راحتی می توان آنها را توسط یک سطح جمع آوری کننده با بار الکتریکی منفی جمع آوری کرد، ایزوتوپ های اضافی نیز چون نور لیزر بر آنها اثر نمی کند از طرف دیگر محفظه به عنوان ضایعات خارج می شوند.

جداسازی ایزوتوپ مولکول ها و اتم ها

جابجایی هایی در طیف اتمی و مولکولی ایزوتوپ های یک عنصر دیده می شود که به تفاوت جرم ایزوتوپ ها و اسپین هسته بستگی دارد، این جابجایی های طیفی پایه روش های فتوشیمی را برای جداسازی ایزوتوپ ها تشکیل می دهند. جابجایی های طیفی ایزوتوپ های اورانیوم در شکل های اتمی و مولکولی شناسایی شده و این جابجایی ها اساس روش جداسازی با لیزر را تشکیل می دهد. دو فرایند مختلف برای جداسازی ایزوتوپی با لیزر توسعه پیدا کرده

جهان‌های موازی

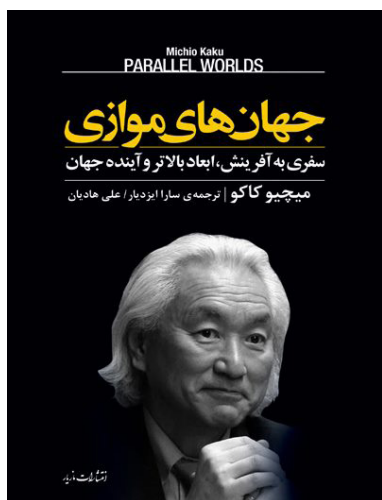
سفری به آفرینش، ابعاد بالاتر و آینده جهان

Parallel Worlds: A Journey Through Creation, Higher Dimensions, And The Future Of The Cosmos

نویسنده: میچیو کاکو (Michio Kaku)

ترجمه: سارا ایزدیار و علی هادیان

موضوع: کیهان‌شناسی، انفجار بزرگ، نظریه ابررسمان‌ها، ابرگرانش



لیلا برغم‌دی

کیهان‌شناسی عبارت است از مطالعه کامل کائنات، شامل تولد و سرشت احتمالی آن. تعجب ندارد که سیر تکاملی کیهان‌شناسی، در سایه عقاید تعصب آمیز و خرافاتی، دستخوش دگرگونی‌های بسیاری شده باشد. اولین انقلاب در کیهان‌شناسی در قرن شانزدهم پدید آمد. گالیله، پیرو تلاش‌های ستاره‌شناسان بزرگی همچون نیکولاس کپرنیک و یوهان کپلر، با کمک تلسکوپ توانست برای اولین بار شکوه و جلال افلاک را به محدوده تحقیقات علمی وارد کند.

دومین انقلاب در کیهان‌شناسی، با ظهور تلسکوپ‌های بزرگ قرن بیستم، مثل تلسکوپ مونت ویلسون، با آینه انعکاسی بزرگ ۲٫۵ متری، به وقوع پیوست. در دهه ۱۹۲۰، ستاره‌شناسی بنام ادوین هابل، از این تلسکوپ عظیم الجثه برای براندازی قرن‌ها اعتقادات تعصب آمیز، مبنی بر اینکه جهان ساکن و فناناپذیر است، استفاده کرد. او نشان داد که کهکشان‌ها در آسمان با سرعت قابل توجهی در حال دور شدن از زمین هستند، به این معنی که جهان در حال انبساط است. این موضوع، نتایج نظریه نسبیت عام اینشتین را تأیید میکرد، که در آن ساختار فضا-زمان، به جای اینکه تخت و خطی باشد، دینامیک و خمیده است. این یافته‌ها، اولین توصیف محتمل از منشاء کیهان را ارائه کرد، با این شرح که جهان با انفجار عظیمی به نام بیگ بنگ آغاز شده است.

هم اکنون انقلاب سوم در راه است. این انقلاب به مدد تجهیزات جدید با فناوری بالا، مثل ماهواره‌های فضایی، لیزرها، آشکارسازی‌های امواج گرانشی تلسکوپ‌های پرتو X و ابر کامپیوترهای پر سرعت به وقوع پیوسته است. در این کتاب، به سومین انقلاب پرداخته شده است. کتاب موجود به جای تمرکز بر فضا-زمان، بر روی پیشرفت‌های انقلابی کیهان‌شناسی در سال‌های اخیر متمرکز شده است که براساس یافته‌های جدید آزمایشگاه‌ها و از دورترین نقاط فضا و همچنین جدیدترین یافته‌های فیزیک نظری گردآوری شده است.

برایان گرین استاد فیزیک نظری ذرات در دانشگاه کلمبیا و نویسنده کتاب‌های جهان زیبا و ساختار کیهان در مورد این کتاب می‌گوید: این کتاب را چون سفری شگفت‌انگیز مطالعه کنید. سفر در کیهانی که نیروهای واقعی آن، ما را مجبور می‌سازند تا به سمت مرزهایی که حتی در رؤیا هم نمی‌توان به آن فکر کرد، کشیده شویم. میچیو کاکو در این کتاب، استعداد شگرف خود را به خدمت گرفته تا به یکی از عجیب‌ترین و هیجان‌انگیزترین دستاوردهای احتمالی فیزیک مدرن بپردازد. اینکه ممکن است جهان ما تنها جهانی در بین جهان‌های متعدد باشد. شاید بی‌نهایت جهان در یک شبکه گسترده کیهانی وجود داشته باشد که کل جهان ما فقط یکی از آن‌هاست. کاکو، با استفاده استادانه از شوخ‌طبعی و تمثیل، صبورانه خواننده را با نظریات متفاوت موجود در مورد جهان‌های موازی آشنا می‌سازد. نظریاتی که همگی از مکانیک کوانتومی، کیهان‌شناسی و تئوری جدید M، نشأت می‌گیرند.

پل دیویس از مرکز آستروبیولوژی استرالیا و نویسنده کتاب چگونه ماشین زمان بسازیم، در مورد این کتاب گفته است: سفری هیجان‌انگیز به درون جهان و فراتر از آن، به کمک یکی از بهترین نویسندگان علمی جهان. میچیو کاکو نشان می‌دهد که ظاهر آشنای جهان فیزیکی، سرزمین عجایبی پر از شگفتی‌ها را پنهان می‌سازد. ماده و انرژی تاریک، ابعاد مخفی فضا و حلقه‌های کوچک ریمان‌های لرزان که کیهان را می‌سازند. به گفته کاکو، واقعیت جهان همان قدر حیرت‌انگیز است که خارق‌العاده‌ترین داستان علمی تخیلی.



اپلیکیشن Mathway بصورت رایگان در فروشگاه‌های اپل و گوگل در دسترس قرار دارد. با استفاده از نوار بالای اپلیکیشن که شامل دسته‌بندی انواع حوزه‌های محاسبات در ریاضی است، می‌توان حوزه‌ی مورد نظر خود را یافت. این گزینه‌ها شامل آمار، مثلثات، جبر خطی، محاسبات پایه‌ی ریاضی و موارد دیگر است. در صورتی که یکی از گزینه‌ها را انتخاب کنید، در قسمت پایین عملگرها و عبارات از پیش تعریف شده‌ای نمایش داده می‌شود که می‌توان با جاگذاری اعداد و کلیک روی کلید Answer پاسخ را مشاهده کرد. در صورت عضویت در سیستم، نتیجه‌ی نهایی به‌همراه روش حل نمایش داده می‌شود، اما در صورتی که عضو این سرویس نباشید، فقط نتیجه‌ی نهایی نمایش داده می‌شود.

مسائل ریاضیات پایه و کلیه توابع

حساب دیفرانسیل و انتگرال

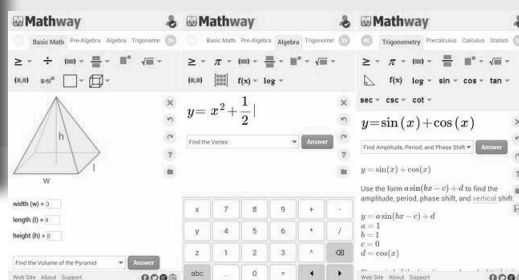
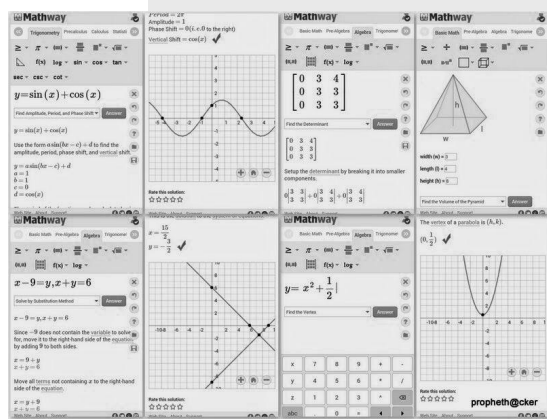
آمار

المان های محدود

جبر خطی

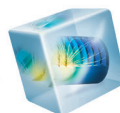
شیمی

رسم گراف



آشنایی با نرم افزار

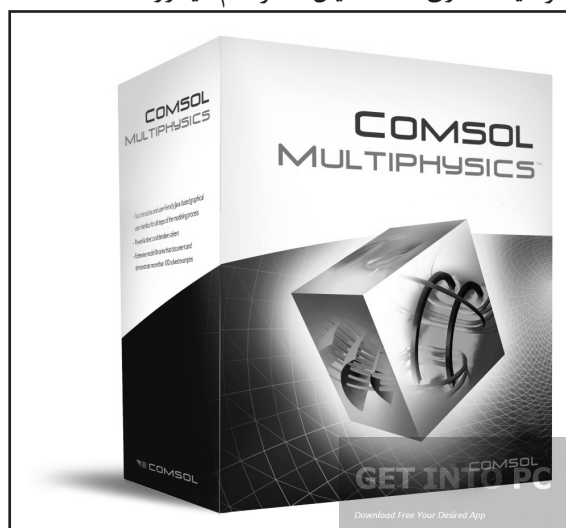
COMSOL
MULTIPHYSICS®



سعید باقری

از روشهای حل عددی پیشرفته اقدام به مدلسازی و شبیه سازی مسائل فیزیک محور می کند. با استفاده از این نرم افزار شما قادر خواهید بود که پدیده های شامل چند فیزیک و یا پدیده های جفت شده به هم (coupled) رابه کمک بیش از ۳۰ ماژول موجود در این نرم افزار تحلیل کنید. همچنین قادر خواهید بود که پلتفرم شبیه سازی را با استفاده از ابزارها و رابطهای اختصاصی برای کاربردهای الکتریکی، مکانیکی، شیمیایی و جریان سیال توسعه دهید. افزونه های (Add-Ons) این نرم افزار امکان اتصال شبیه سازی های شما در محیط COMSOL Multiphysics را با سایر روش های محاسباتی و نرم افزارهای طراحی دو بعدی و سه بعدی (CAD) و نرم افزارهای طراحی قطعات الکترونیکی (ECAD) به صورت همزمان (real-time) فراهم میآورد.

هر سه مرحله ی پیش پردازش، پردازش و پس پردازش در محیط کامسول قابل انجام است. جهت سهولت در طراحی و شبیه سازی امکان برقراری ارتباط هم زمان (Live Link) با سایر نرم افزارها نظیر متلب (MATLAB)، اکسل (Excel)، اتوکد (AutoCAD)، سالدورک (SolidWorks)، سالد اج (Solid Edge)، رویت (Revit)، کتیا (CATIA) و اینونتور (Inventor) وجود دارد که به هنگام نصب نرم افزار در صورت موجود بودن نرم افزارهای ذکرشده، پلاگین های (plug in) نرم افزار به صورت خودکار در نرم افزارهای مقصد بارگذاری می



شود.

محیط کار (Desktop) نرم افزار COMSOL به صورت یکپارچه می باشد که سبب سهولت در انجام شبیه سازی های مابین رشته های می شود. ماژول های افزودنی به نرم افزار نیز این یکپارچگی را حفظ نموده و نحوه تعامل شما با نرم افزار حتی در حضور این ماژولها به هیچ عنوان تغییر نمیکنند. با استفاده از این نرم افزار به راحتی می توانید با قابلیت اطمینان بالایی مدلهایی از یک نوع فیزیک را در محیط و بستری با چند فیزیک توسعه دهید تا چندین پدیده به

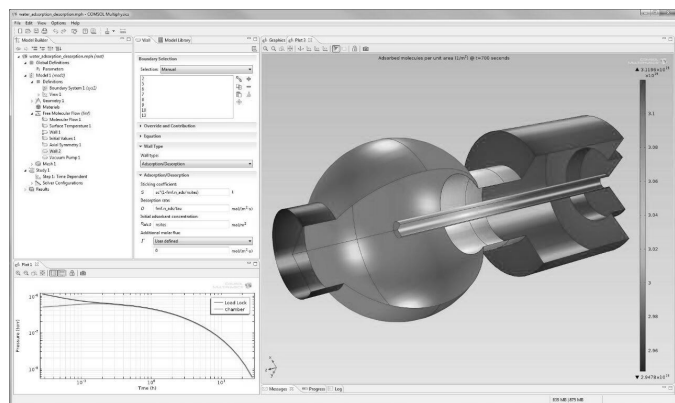
در سال ۱۹۸۶، اسوانت لیت مارک (Svante Littmarck) که در آن زمان دانشجوی دکترا در زمینه ی آنالیز عددی و علوم کامپیوتری در مؤسسه سلطنتی فناوری استکهلم سوئد (KTH) بود، به همراه دو هم دانشگاهی خود به نام های فرهاد سعیدی و سعید زهرای (Said Zahrai) که بعدها از تیم جدا شد، شروع به دریافت و انجام سفارشات برنامه نویسی نمودند. آنها پس از مدتی اقدام به تاسیس شرکت، بازاریابی و فروش تولیدات خود در زمینه ی آنالیز عددی گرفتند. عقد قرارداد با شرکت آمریکایی MathWorks (شرکت صاحب امتیاز MATLAB) سبب شکوفایی و توسعه ی شرکت آنها گردید. پس از اتمام همکاری با شرکت Mathwork، اسوانت و سعیدی تصمیم گرفتند که سود عاید از قرارداد های قبلی خود را در زمینه ی توسعه ی محصول نرم افزاری به نام FEMLAB سرمایه گذاری کنند. این

طرح با موفقیت رو به رو شد و FEMLAB توانست جایگاهی در میان سایر نرم افزار های حل عددی پیدا کند. امروزه دفتر اصلی شرکت در استکهلم سوئد واقع گردیده و در کشورهای نظیر امریکا و هند نیز دارای نمایندگی فروش و توسعه است.

از سال ۲۰۰۵، نام FEMLAB به COMSOL Multiphysics تغییر داده شد. در حال حاضر کاربرد این نرم افزار با سرعت چشمگیری در میان طرفداران تکنولوژی های سطح بالا (High Tech) در حال گسترش بوده و دانشگاه های معتبری نظیر Stanford و MIT از این محصول در

آزمایشگاه های خود استفاده می کنند. هم چنین بزرگ ترین مشتری تجاری این نرم افزار سازمان فضایی امریکا (NASA) می باشد. از دیگر مشتریان مطرح کامسول می توان به شرکت های General Electric و شرکت Millipore اشاره نمود. شرکت General Electric از این نرم افزار جهت طراحی و شبیه سازی باتری های هیبریدی و شرکت Millipore به منظور توسعه محصولات بیوتکنولوژی خود از این محصول استفاده می کنند.

نرم افزار COMSOL Multiphysics همه منظوره بوده و با استفاده



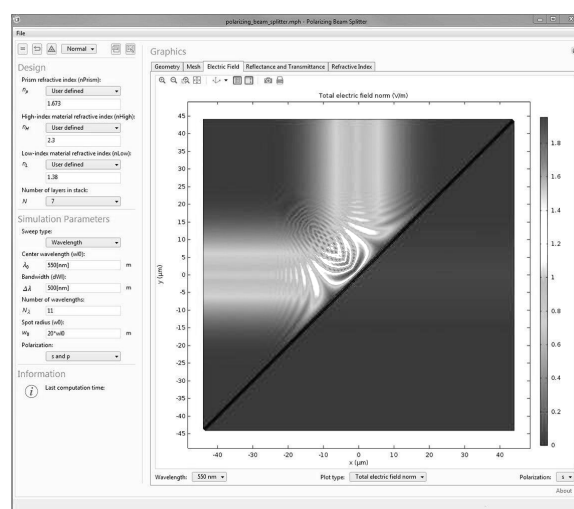
سامانه‌های مکانیک سیالات محاسباتی، میکسر، میکروفولوییدیک، جریان‌های زیر سطحی، لوله‌های حامل سیال و جریان‌های مولکولی است.

شیمیایی (Chemical): این بخش شامل ماژول‌هایی جهت شبیه‌سازی سامانه‌های واکنش‌های شیمیایی، باتری و پیل سوختی، رسوب‌دهی الکتروشیمیایی، خوردگی و الکتروشیمی است.

علاوه بر موارد فوق، کامسول امکان تحلیل و شبیه‌سازی و بهینه‌سازی هر نوع ساختاری در قالب یک معادله دیفرانسیل دلخواه ریاضی یا فیزیکی (با انتخاب یک یا چند مدل فیزیکی) را به شکل وابسته به زمان، پایا و ویژه مقداری، به کاربر می‌دهد.

در کنار فیزیک‌های ارائه شده در نرم‌افزار کامسول، ماژول‌های دیگری نیز امکانات بیشتری در اختیار کاربر قرار می‌دهد. به عنوان مثال ماژول بهینه‌سازی (Optimization) برای بهینه‌سازی نتایج طراحی و شبیه‌سازی و بررسی میزان حساسیت نسبت به شرایط را می‌توان نام برد. ماژول ردیابی ذره (Particle Tracing) برای شبیه‌سازی مسیر حرکت سامانه‌های ذرات در سیالات یا تحت میدان‌های الکترومغناطیسی استفاده می‌شود. به‌علاوه کتابخانه مواد کامسول به طور نسبی اطلاعات کاملی را از مواد در خود جای داده است که می‌توان در فیزیک‌های مورد شبیه‌سازی آن را بکار گرفت.

صورت همزمان در حل مساله لحاظ شوند. دستیابی به این امکان حتی این قدرت را به شما می‌دهد که بدون دانستن معلومات عمیق از مدل ریاضی مساله و روش‌های حل عددی، مسایل خود را حل نمایید.



به عنوان مثال، شما در COMSOL Multiphysics قادر خواهید بود که معادلات دلخواه خود را که می‌تواند شامل خواص ماده، مرزها، ترمهای مربوط به منبع و چاه (sink and source) و یا یک جفت معادلات دیفرانسیل جزئی (PEDs) باشد را وارد مساله کنید.

الکتریکی (Electrical): این بخش شامل ماژول‌هایی جهت شبیه‌سازی سامانه‌های الکتریکی و مغناطیسی، الکترومغناطیسی در ناحیه رادیویی و نوری، اپتیک هندسی، میکرو الکترومکانیکی (MEMs)، پلاسما و نیمه‌هادی است.

مکانیکی (Mechanical): این بخش شامل ماژول‌هایی جهت شبیه‌سازی سامانه‌های انتقال حرارت، مکانیک جامدات خطی و غیر خطی، ژئومکانیک، خستگی، دینامیک بس ذره‌ای و آکوستیک است. سیالات (Fluid): این بخش شامل ماژول‌هایی جهت شبیه‌سازی

مروری بر گرایش‌های مقطع کارشناسی رشته‌ی فیزیک (از زبان اساتید رشته)

دکتر دویلو در معرفی این گرایش می‌گوید: «انرژی هسته‌ای و رادیوایزوتوپ‌ها مسائلی هستند که در فیزیک هسته‌ای مورد بررسی قرار می‌گیرد.»

• گرایش هواشناسی:

دو گرایش نجوم و هواشناسی بسیار محدودتر از سه گرایش اتمی مولکولی، هسته‌ای و حالت جامد ارائه می‌شود. برای مثال در سال تحصیلی ۷۸-۷۹ گرایش هواشناسی تنها در دانشگاه هرمزگان ارائه شده و گرایش نجوم اصلاً ارائه نشده است.

سامان مقیمی عراقی در معرفی این گرایش می‌گوید: «گرایش هواشناسی، اطلاعات پایه‌ای و متنوعی درباره انواع پدیده‌های جوی و برخورد علمی با آن‌ها ارائه می‌دهد و همچنین با مطالعه دینامیک وضعیت هوا می‌توان بررسی کرد که شرایط هوا چگونه تغییر کرده و چه پارامترهایی برای ایجاد این تغییر لازم است.»

• گرایش نجوم:

سه بخش اصلی این گرایش را نجوم رصدی، اخترشناسی و کیهان‌شناسی تشکیل می‌دهد.

سامان مقیمی عراقی در ادامه می‌گوید: «در بخش نجوم که جنبه‌ی مشاهداتی دارد، پدیده‌های مختلف نجومی را رصد و ثبت کرده و سپس از آن‌ها عکس گرفته و طیف آن‌ها را می‌سنجند.

در اخترشناسی که جنبه‌ی نظری دارد، وضعیت ستارگان مورد مطالعه قرار می‌گیرد، یعنی بررسی می‌شود که هر ستاره در چه مرحله‌ای قرار دارد و چه اتفاقی برایش رخ می‌دهد.

بخش کیهان‌شناسی نیز با اینکه زیاد جنبه‌ی نجومی ندارد اما به هر حال پیشرفت را مدیون علم نجوم است. به این معنی که مدل‌های مختلف علم کیهان‌شناسی به صورت کلاسیک به چگونگی ایجاد جهان و تشکیل ساختارهای کهکشانی مانند خوشه‌ها و ابرخوشه‌ها می‌پردازد.»

• آینده شغلی، بازار کار و درآمد:

امروزه اگر کشوری بخواهد پیشرفت کند، باید پژوهش کند و چیزهای جدیدی بسازد. اگر بخواهد پژوهش کند باید به آزمایشگاه‌ها برود و اگر بخواهد در آزمایشگاه‌ها کار کند، احتیاج به تیم علمی دارد و در یک تیم علمی نیز همیشه متخصصان شاخه‌های مختلف فیزیک حضور دارند، چون هر کاری که بخواهیم انجام بدهیم باید بنیان فیزیکی داشته باشد.

منبع:

دانشنامه‌ی رشته‌های مهندسی

رشته فیزیک در دوره کارشناسی دارای ۵ گرایش اتمی مولکولی، هسته‌ای، حالت جامد، هواشناسی و نجوم است؛ (البته فیزیک دارای گرایش دبیری نیز می‌باشد که ما در اینجا به بررسی آن نمی‌پردازیم زیرا این گرایش به عنوان یک گرایش تخصصی در فیزیک مطرح نمی‌شود.) که تعداد واحدهای تخصصی هریک از گرایش‌ها محدود است و به همین دلیل گرایش‌های فوق در این دوره تفاوت محسوسی با یکدیگر ندارند.

برای اطلاع هرچه بیشتر به معرفی اجمالی هریک از گرایش‌های این دوره می‌پردازیم.

• گرایش اتمی مولکولی:

فیزیک اتمی مولکولی که مربوط به فیزیک جدید است از زمانی متولد شد که دانشمندان متوجه شدند کوچکترین جزء طبیعت اتم نیست بلکه اتم از اجزای کوچکتری به نام الکترون‌ها و هسته تشکیل شده است که الکترون‌هایی در اطراف آن می‌گردند.

دکتر منیژه رهبر استاد فیزیک دانشگاه تهران درباره این گرایش می‌گوید: «در این میان فیزیک اتمی به بررسی نقل و انتقال الکترون‌های اطراف هسته می‌پردازد و خواص آن‌ها را مورد بررسی قرار می‌دهد. یعنی ما در فیزیک اتمی کاری به این نداریم که هسته از چه تشکیل شده است بلکه هسته برایمان مرکزی با بار مثبت است و بیشتر توجه ما جلب الکترون‌های اطراف هسته می‌شود.»

دکتر هوشنگ روحانی‌زاده استاد فیزیک دانشگاه تهران نیز در معرفی فیزیک اتمی می‌گوید: «اگر ما بپذیریم که در کل، علم فیزیک به دو بخش دنیای بزرگ و دنیای کوچک تقسیم می‌شود. دنیای بزرگ فیزیک، مربوط به دنیای روزمره است و در آن حرکت اتومبیل‌ها، موشک، ماهواره و در کل تمام حرکاتی که می‌بینیم مورد بررسی قرار می‌گیرد، فیزیک اتمی به دنیای بی‌نهایت کوچک‌ها برمی‌گردد چرا که ما در فیزیک اتمی به بررسی ساختار ذره‌ای به نام اتم می‌پردازیم و این که اتم چگونه تشکیل شده و چه ویژگی‌هایی دارد.»

• گرایش حالت جامد:

این گرایش مخصوص سیستم‌های بس ذره‌ای مخصوصاً جامدات است. سامان مقیمی عراقی می‌گوید: «ابتدایی‌ترین کار در این گرایش بررسی بلورهای جامدات و خواص اپتیکی، مکانیکی، الکتریکی و صوتی امواجی است که در آن منتشر می‌شود که این بررسی منجر به پدیده‌های مختلفی مثل ابررسانایی، نیم‌رسانایی و یا پخش و انتقال گرما می‌گردد.»

دکتر پروین نیز می‌گوید: «مطالعه دانش مربوط به کریستال‌ها و ویژگی‌های فیزیکی آن‌ها به گرایش حالت جامد برمی‌گردد.»

• گرایش فیزیک هسته‌ای:

دکتر رهبر در معرفی فیزیک هسته‌ای می‌گوید: «در فیزیک هسته‌ای، خود هسته مورد مطالعه قرار می‌گیرد یعنی متخصصان و دانشمندان بررسی می‌کنند که هسته از چه تشکیل شده و چه نیروهایی بین اجزای هسته حکمفرما است و در نتیجه واکنش‌های انجام شده، چقدر انرژی آزاد می‌گردد.»

THE PLANET SATURN

The farthest planet from the Sun that can be observed with the naked eye, the existence of Saturn has been known for thousands of years. And much like all celestial bodies that can be observed with the aid of instruments – i.e. Mercury, Venus, Mars, Jupiter and the Moon – it has played an important role in the mythology and astrological systems of many cultures. Saturn is one of the four gas giants in our Solar System, also known as the Jovian planets, and the sixth planet from the Sun. Its ring system, which is it famous for, is also the most observable – consisting of nine continuous main rings and three discontinuous arcs.

Saturn's Size, Mass and Orbit:

With a polar radius of 10 ± 54364 km and an equatorial radius of 4 ± 60268 km, Saturn has a mean radius of 6 ± 58232 km, which is approximately 9.13 Earth radii. At 1026×5.6846 kg, and a surface area, at 1010×4.27 km², it is roughly 95.15 as massive as Earth and 83.703 times it's size. However, since it is a gas giant, it has significantly greater volume – 1014×8.2713 km³, which is equivalent to 763.59 Earths.

The sixth most distant planet, Saturn orbits the Sun at an average distance of 9 AU (1.4 billion km; 869.9 million miles). Due to its slight eccentricity, the perihelion and aphelion distances are 1,353.6) 9.022 million km; 841.3 million mi) and 10.053 AU (1,513,325,783 km; 940.13 million mi), on average respectively.

With an average orbital speed of 9.69 km/s, it takes Saturn 10,759 Earth days to complete a single revolution of the Sun. In other words, a single Cronian year is the equivalent of about 29.5 Earth years. However, as with Jupiter, Saturn's visible features rotate at different rates depending on latitude, and multiple rotation periods have been assigned to various regions. The latest estimate of Saturn's rotation as a whole are based on a compilation of various measurements from the Cassini, Voyager and Pioneer probes. Saturn's rotation causes it to have the shape of an oblate spheroid; flattened at the poles but bulging at the equator.

Saturn's Composition:

As a gas giant, Saturn is predominantly composed of hydrogen and helium gas. With a mean density of 0.687 g/cm³, Saturn is the only planet in the Solar System that is less dense than water; which means that it lacks a definite surface, but is believed to have a solid core. This is due to the fact that Saturn's temperature, pressure, and density all rise steadily toward the core. Standard planetary models suggest that the interior of Saturn is similar to that of Jupiter, having a small rocky core surrounded by hydrogen and helium with trace amounts of various volatiles. This core is similar in composition to the Earth, but more dense due to the presence of metallic hydrogen, which as a result of the extreme pressure.

Saturn has a hot interior, reaching 11,700 °C at its core, and it radiates 2.5 times more energy into space than it receives from the Sun. This is due in part to the Kelvin-Helmholtz mechanism of slow gravitational compression, but may also be attributable to droplets of helium rising from deep in Saturn's interior out to the lower-density hydrogen. As these droplets rise, the process releases heat by friction and leaves Saturn's outer layers depleted of helium. These descending droplets may have accumulated into a helium shell surrounding the core.

In 2004, French astronomers Didier Saumon and Tristan Guillot estimated that the core must 22-9 times the mass of Earth, which corresponds to a diameter of about 25,000 km. This is surrounded by a thicker liquid metallic hydrogen layer, followed by a liquid layer of helium-saturated molecular hydrogen that gradually transitions to a gas with increasing altitude. The outermost layer spans 1,000 km and consists of gas.

Saturn's Moons:

Saturn has at least 150 moons and moonlets, but only 53 of these moons have been given official names. Of these moons, 34 are less than 10 km in diameter and another 14 are between 10 and 50 km in diameter. However, some of its inner and outer moons are rather large, ranging from 250 to over 5000 km.

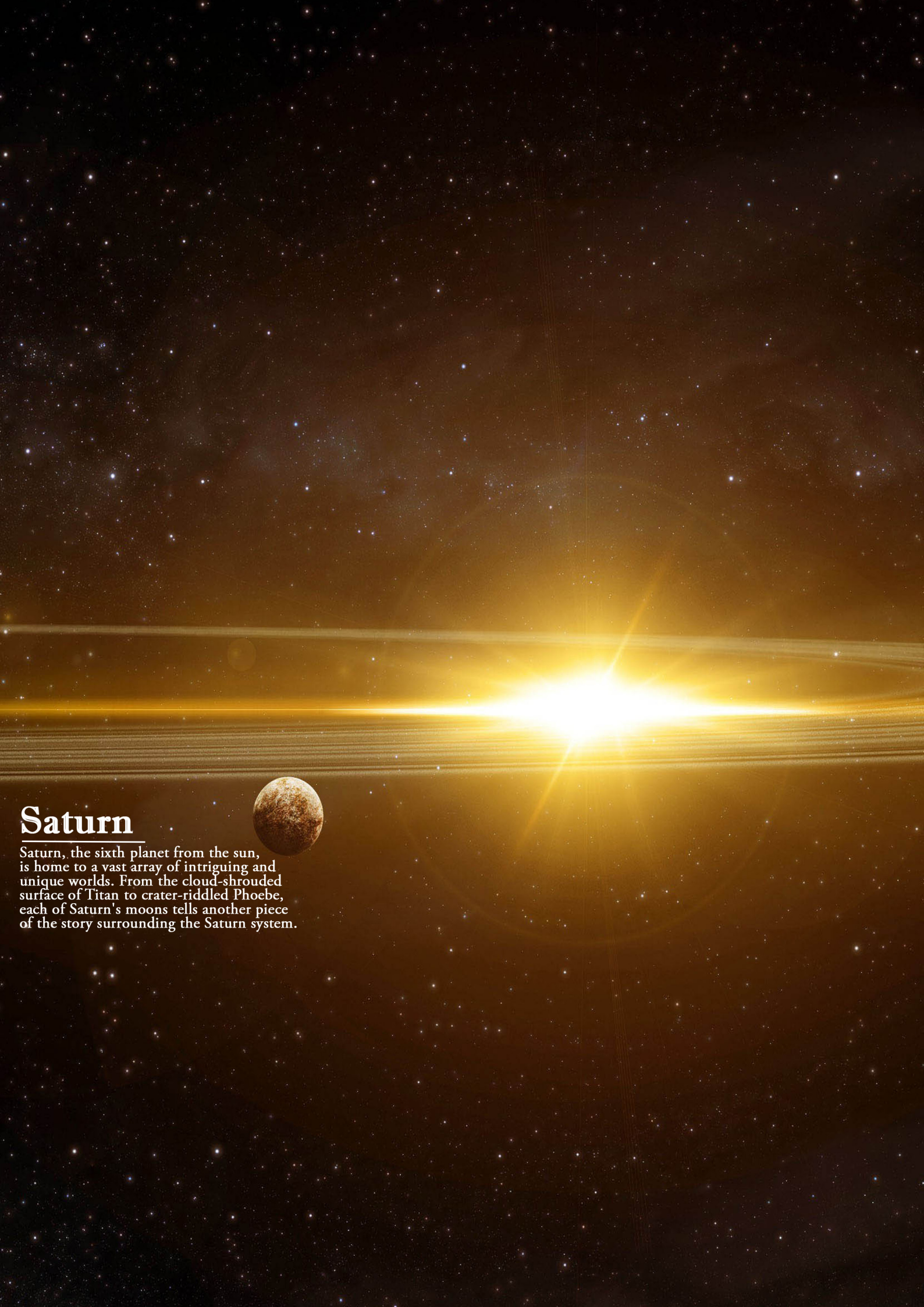
Traditionally, most of Saturn's moons have been named after the Titans of Greek mythology, and are grouped based on their size, orbits, and proximity to Saturn. The innermost moons and regular moons all have small orbital inclinations and eccentricities and prograde orbits. Meanwhile, the irregular moons in the outermost regions have orbital radii of millions of kilometers, orbital periods lasting several years, and move in retrograde orbits.

The Inner Large Moons, which orbit within the E Ring (see below), includes the larger satellites Mimas, Enceladus, Tethys, and Dione. These moons are all composed primarily of water ice, and are believed to be differentiated into a rocky core and an icy mantle and crust. With a diameter of 396 km and a mass of 1020×0.4 kg, Mimas is the smallest and least massive of these moons. It is ovoid in shape and orbits Saturn at a distance of 185,539 km with an orbital period of 0.9 days.

Enceladus, meanwhile, has a diameter of 504 km, a mass of 1020×1.1 km and is spherical in shape. It orbits Saturn at a distance of 237,948 km and takes 1.4 days to complete a single orbit. Though it is one of the smaller spherical moons, it is the only Cronian moon that is endogenously active – and one of the smallest known bodies in the Solar System that is geologically active. This results in features like the famous “tiger stripes” – a series of continuous, ridged, slightly curved and roughly parallel faults within the moon's southern polar latitudes.

Large geysers have also been observed in the southern polar region that periodically release plumes of water ice, gas and dust which replenish Saturn's E ring. These jets are one of several indications that Enceladus has liquid water beneath it's icy crust, where geothermal processes release enough heat to maintain a warm water ocean closer to its core. With a geometrical albedo of more than %140, Enceladus is one of the brightest known objects in the Solar System.

At 1066 km in diameter, Tethys is the second-largest of Saturn's inner moons and the 16th-largest moon in the Solar System. The majority of its surface is made up of heavily cratered and hilly terrain and a smaller and smoother plains region. Its most prominent features are the large impact crater of Odysseus, which measures 400 km in diameter, and a vast canyon system named Ithaca Chasma – which is concentric with Odysseus and measures 100 km wide, 3 to 5 km deep and 2,000 km long. Some of the larger moons even have moons of their own, which are known as Trojan moons. For instance, Tethys has two trojans – Telesto and Calypso, while Dione has Helene and Polydeuces.



Saturn

Saturn, the sixth planet from the sun, is home to a vast array of intriguing and unique worlds. From the cloud-shrouded surface of Titan to crater-riddled Phoebe, each of Saturn's moons tells another piece of the story surrounding the Saturn system.