دانشگاه الزهرا
سای

فصلنامه علمی-دانشجویی سای

انجمن علمی دانشجویی فیزیک دانشگاه الزهرا(س)
شماره ۴۱/ تابستان ۱۴۰۲

پرونده ویژه این شماره:

- گفت‌وگو با سرکار خانم دکتر نرگس انصاری (عضوهیئت علمی دانشکده فیزیک الزهرا(س))
- معرفی گرایش فیزیک آماری و سامانه های پیچیده
- تاریخچه‌ی آونگ فوکو
- نور، صدا، دوربین ... اوپنهایمر
- فیبرهای بلور فوتونی
- سفری به دنیای زیست شناسی کوانتومی
- اثر و کاربرد امواج الکترومغناطیس در کشاورزی (قسمت اول)
- مدال دیراک سال ۲۰۲۳
- اخبار روز فیزیک
- گاه‌شمار کیهانی
- فراسوی آسمان
- جدول فیزیکی (مسابقه)

بسم الله الرحمن الرحیم

شناسنامه‌ی نشریه

فصلنامه ی علمی -دانشجویی سای /شماره ی ۴۱/ تابستان ۱۴۰۲

صاحب امتیاز: انجمن علمی فیزیک دانشگاه الزهرا(س)

مدیر مسئول: فاطمه سادات صوف‌باف

سردبیر: نرگس رستمی

استاد مشاور: جناب آقای دکتر حسین حکیمی پژوه

طراحی جلد و صفحه آرایی: روناک قزلوند

ویراستاران : نرگس رستمی، فاطمه سادات صوف‌باف

اعضای هیئت تحریریه: حدیث سلیمانی، ملیکا شایق، فاطمه سادات صوف‌باف، معصومه محمدی، زهره عالمی، صبا الهیاری، مریم قربانی، پرستو سربازی، رودینا دیسه، نرگس رستمی.

نشانی: ایران، تهران، خیابان ده ونک، دانشگاه الزهرا (س)

کد پستی:۱۹۹۳۸۹۳۹۳۷

کلیه حقوق مطالب چاپ شده در این نشریه، متعلق به نویسنده اثر است.

https://zil.ink/phi_journalphysics

راه‌های ارتباط با نشریه

فـــــــــــهرست

سرمقاله ۲

اخبار روز فیزیک

خبر۱: اولین ابررسانا در دمای اتاق و فشار محیط. ادعای پوشالی یا تحولی بزرگ در علم؟...۳

خبر۲: سنتز آهن اپسیلون تک بلوری و اندازه‌گیری ثابت‌های کشسانی آن.....۵

خبر۳: یک اندازه‌گیری جدید می‌تواند درک ما از جهان هستی را تغییر دهد.....۹

خبر۴: ویژگی جدیدی از هیدروژن پیش‌بینی شده است.....۱۳

گاه‌شمارکیهان ۱۵

فراسوی آسمان (توضیح رویدادهای نجومی) ۱۷

فیبرهای بلور فوتونی..... ۲۱

نور، صدا، دوربین ... اوپنهایمر..... ۲۹

اثر و کاربرد امواج الکترومغناطیس در کشاورزی (قسمت اول)..... ۳۹

تاریخچه‌ی آونگ فوکو..... ۴۸

گفت‌وگو با سرکار خانم دکتر نرگس انصاری (عضوهیئت علمی دانشکده فیزیک الزهرا(س)) ۵۲

مدال دیراک سال ۲۰۲۳ برندگانش را شناخت..... ۶۳

سفری به دنیای زیست شناسی کوانتومی ۶۷

معرفی گرایش فیزیک آماری و سامانه های پیچیده..... ۷۳

جدول فیزیکی..... ۷۸

پاسخ جدول(شماره۴۰) ۸۰

فراخوان دعوت به همکاری..... ۸۱

سرمقاله

سلامی به زیبایی بهار و به گرمی تابستان.

باردیگر توفیق نصیبمان شد که دست‌دردست هم دهیم و در دریای علم غوطه‌ور شویم و شماره‌ی دیگری از نشریه سای را به ارمغان آوریم.

برای بهار سال جدید فرصت انتشار شماره جدید را نکردیم و شماره ۴۱ حاصل تلاش دوستان عزیز و همکار ما در بهار و تابستان است.

به‌رسم دیگر شماره‌هایی که منتشر کردیم، این سری از نشریه‌مان را نیز با ذکر یاعلی تقدیم نگاه گرمتان می‌کنیم که ان‌شاءالله خود آن حضرت عنایتی بر همه ما کند تا بتوانیم در مسیر علم و معرفت قدم‌های استوار برداریم.

تابستانمان با گرمی غدیر و نور یاعلی گرم و روشن شد و حب ایشان را در دل هایمان تازه‌تر کرد و یاعلی گویان محرم آغاز کردیم و در غم اهل بیت علیهم السلام اشک ریختیم و پای سفره پر برکت امام حسین علیه السلام دعوت شدیم.

امسال از هر که شنیدم، عازم کربلا بود؛ توفیق زیارت نداشتم اما لطف دوستان در دعاهایشان نصیبم شد.

تابستان امسال؛ برای شما را نمی‌دانم، اما برای من پر بود از فراز و نشیب‌ها و اتفاقات تلخ و شیرینی که لحظه لحظه‌اش برایم درس بود. این چند جمله را به پای درد و دل‌هایم بگذارید.

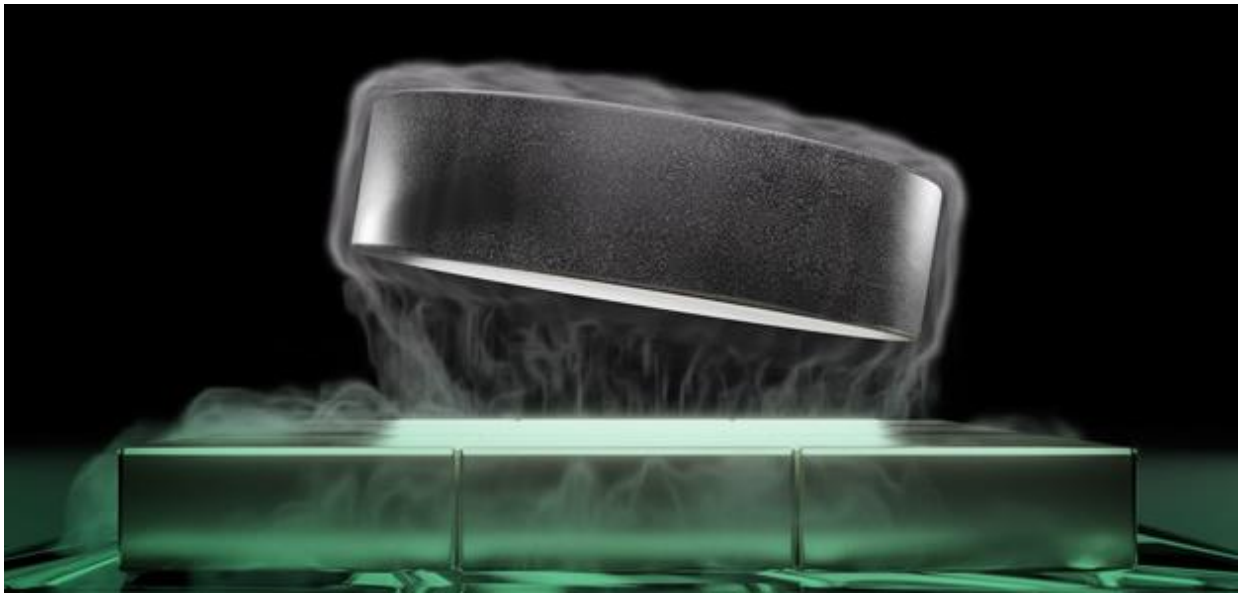
امیدواریم سال تحصیلی جدید برای همگی شما عزیزان پر از اتفاقات خوب و خوش باشد و موفقیت‌های علمی بسیاری کسب کنید و در پیشرفت ایران عزیزمان سهیم باشید.

در آخر، ماه ربیع الاول و اعیاد پیش رو و هم‌چنین سال تحصیلی جدید را به شما دانشجویان با انگیزه و تلاشگر تبریک عرض می‌کنیم.

فاطمه سادات صوف‌باف-مدیرمسئول نشریه سای

اولین ابررسانا در دمای اتاق و فشار محیط
ادعای پوشالی یا تحولی بزرگ در علم؟

مریم قربانی دانشجوی کارشناسی فیزیک ورودی ۱۴۰۰، دانشگاه الزهرا(س) maryam.ghorbanimay2003@gmail.com
ویراستار: نرگس رستمی



تصویرا: یک ابررسانا باید مقاومت دقیقاً صفر و دیامغناطیس کامل(ویژگی دفع شدن توسط آهنربا) از خود نشان دهد. اما این معمولاً فقط در دماهای بسیار پایین (تصویر) به دست می آید.

به گزارش وب سایت های PHYS.ORG و zoomit گروهی از فیزیکدانان وابسته به چند موسسه در کره‌ی‌جنوبی ادعای ساخت ابررسانایی را مطرح کرده‌اند که می‌تواند در دمای اتاق به خوبی عمل کند. کار آن‌ها هنوز مورد بازبینی قرار نگرفته‌است. آن‌ها دو مقاله منتشر کرده‌اند. درعین‌حال، گزارش‌هایی مبنی بر اختلاف نظر در میان پژوهشگران کره‌ای درباره‌ی این موضوع وجود دارد که آیا این پژوهش اصلا باید منتشر می‌شد یا خیر.وقتی جریان الکتریکی در رسانایی معمولی مثل سیم مسی جریان می‌یابد، الکترون‌ها در حین حرکت به اتم‌ها برخورد می‌کنند و در نتیجه با از دست دادن بخشی از انرژی خود سیم را گرم می‌کنند. بیش از یک قرن است که دانشمندان در تلاش‌اند تا به ماده‌ای دست یابند که الکترون‌ها بتوانند بدون هیچ مقاومتی در آن حرکت کنند. این دستاوردی است که می‌تواند تجارت الکترونیک را متحول کند، زیرا مهندسان دیگر نگرانی راجع به اتلاف گرما که می تواند باعث ایجاد مشکلاتی در دستگاه‌ها شود، نخواهند داشت.

تیم تحقیقاتی این مواد جدید را LK-۹۹ نامیده‌اند که می‌توان با ترکیب موادمعدنی لانارکیت[1] و فسفید مس[2] این مواد را تولید کرد. حاصل این واکنش یک ماده‌ی خاکستری رنگ بود که دو ویژگی کلیدی ابررسانایی[3] در فشار عادی و دماهایی تا ۱۲۷ درجه سانتی‌گراد را از خود نشان می دهد:

۱) مقاومت صفر ۲) شناوری مغناطیسی. آن‌ها همچنین ادعا می‌کنند که ماده‌ی تولیدی در طی آزمایشات اثر ماینسر[4] را از خود نشان می‌دهد که باعث شناوری آن در بالای سطح آهنربا می‌شود. تیم تحقیقاتی نمایش ویدیویی از این فرایند را نشان می‌دهند که در آن یکی از لبه‌های دیسک مسطح LK-۹۹ بلند می‌شود اما لبه‌ی دیگر تماس خود را با آهنربا را حفظ کرده است.(تصویر۲) انتظار می‌رود که ابررسانا شناوری کامل و قفل کوانتومی که باعث حفظ موقعیت آن نسبت به آهنربا می‌شود را از خود نشان دهد، که بر این اساس می‌توان به گونه‌ای این برداشت را کرد که ممکن است نقص یا وجود ناخالصی در این نمونه موجب این اتفاق شده باشد، یعنی بخشی از نمونه خاصیت ابررسانایی دارد نه تمام آن. مقالات این تیم تحقیقاتی هیجان و شک و تردیدی زیادی در بین جوامع علمی ایجاد کرده است.

تصویر۲: ابررسانای LK-۹۹ که بر روی آهنربا شناور است.

مشابه این ادعا در سال‌های گذشته هم صورت گرفته بود، اما هیچ کدام از آن ادعاها دقیق نبودند. پژوهشگرها در آزمایشگاه‌های دیگر هم برای بازسازی آزمایش‌های توصیف‌شده در مقاله‌ها تلاش می‌کنند تا دریابند که آیا می‌توانند دوباره به ابررسانای دمای اتاق برسند یا خیر. بنابراین اگر ادعای این تیم کره‌ای صحت داشته باشد بدون شک منجر به انقلابی در صنعت الکترونیک و چه بسا باعث بدست آوردن مدال های نوبل برای دست‌اندرکاران این تحقیقات باشد.

منابع

https://phys.org/news/2023-07-korean-team-room-temperature-ambient-pressure-superconductor.html

ادعای ساخت ابررسانای دمای اتاق؛ آیا تحول بزرگ در علم رقم خورده است؟ - زومیت (zoomit.ir)

[1] Pb_2SO_5.

[2] Cu_3P.

[3] اَبَررسانایی پدیده‌ای است که در دماهای بسیار پایین در برخی از مواد رخ می‌دهد. در ابررسانایی، مقاومت الکتریکی ماده دقیقاً صفر می‌شود و ماده خاصیت دیامغناطیس کامل پیدا می‌کند؛ یعنی میدان مغناطیسی را از درون خود طرد می‌کند.

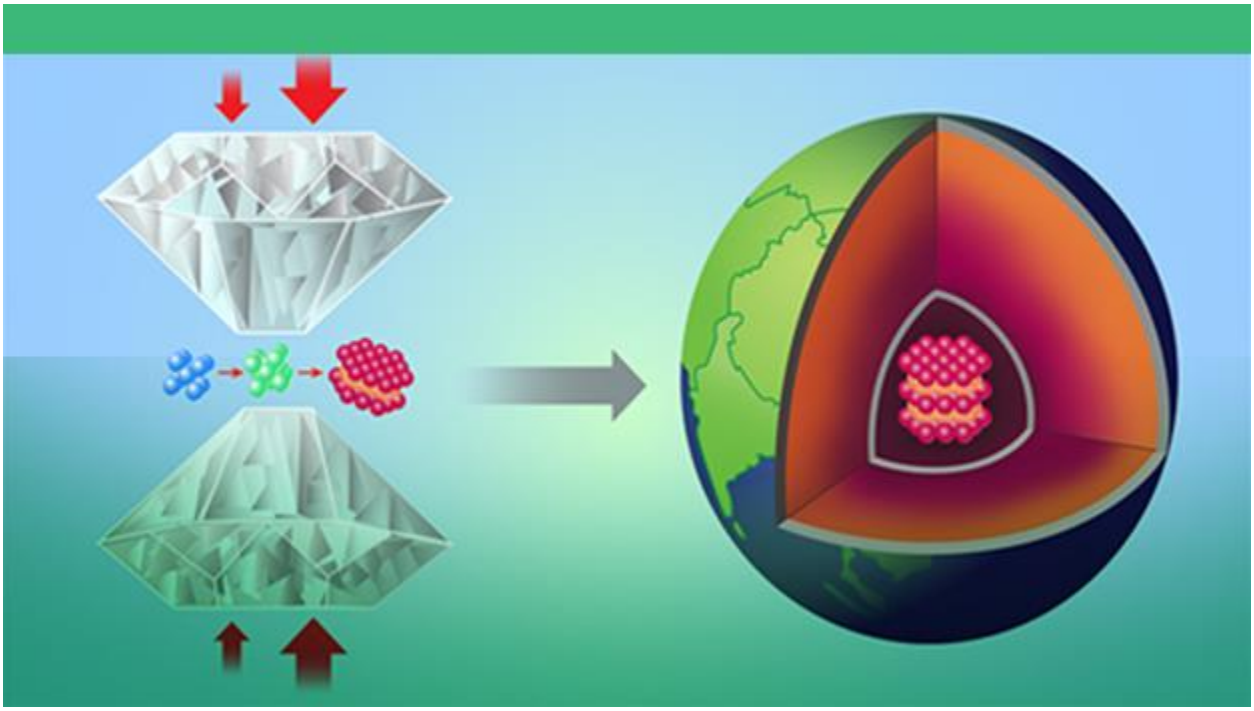
[4] Meissner effect

سنتز آهن اپسیلون[۵] تک بلوری و اندازه‌گیری ثابت‌های کشسانی آن

مطالعه‌ی تجربی که دانشمندان را یک قدم به شناخت بهتر هسته زمین نزدیک‌تر می‌کند.

معصومه محمدی دانشجوی کارشناسی فیزیک ۱۴۰۰ دانشگاه الزهرا(س) m.mohammadi@student.alzahra.ac.ir

ویراستار: فاطمه سادات صوف‌باف



تصویر:گروهی از محققان با متراکم کردن جهتگیری بلوری خاص آهن در یک سلول سندان الماس[۶]، برای اولین بار شکلی از این فلز را در ساختاری که احتمالا در هسته زمین قرار می‌گیرد، ایجاد کردند.

دانشمندان با جستجوی راه‌های ناشناخته در فضای فاز فشار-دما به نقطه عطفی پیشگامانه دست‌یافته‌اند: سنتز آهن تک بلوری در ساختاری که احتمالا در هسته زمین وجود دارد.

[5] $\epsilon - iron$

[۶] سلول سندان الماس (DAC) وسیله ای با فشار بالا است که در آزمایش‌های علمی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این وسیله فشرده سازی یک قطعه کوچک (ابعاد کوچک‌تر از میلی‌متر) را در فشارهای شدید، معمولاً تا حدود ۱۰۰–۲۰۰ گیگاپاسکال امکان‌پذیر می‌کند، اگرچه دستیابی به فشارهای تا ۷۷۰ گیگاپاسکال امکان‌پذیر است. از این وسیله برای بازسازی فشار موجود در سیارات استفاده شده‌است تا مواد و فازهایی که در شرایط عادی محیط مشاهده نشده‌اند، بررسی شوند.

این دستاورد علاوه بر اینکه امکان اندازه‌گیری دقیق خواص کشسانی آهن در جهات مختلف بلوری را فراهم می‌کند، به شناسایی رویکردی نظری نیز کمک می‌کند که می‌تواند مکانیسم‌های اساسیِ عامل ناهمسانگردیِ مشاهده شده در انتشار امواج لرزه‌ای[۷] در سراسر زمین را کشف کند.

درک ما از ترکیب و ساختار زمین متکی بر مطالعات لرزه‌شناسی است که چگونگی انتشار امواج کشسان (الاستیک) در سیارات را تجزیه و تحلیل می‌کند. این پژوهش ها نیازمند اطلاع از خواص مواد در آن چگالی ها است. مدل فعلی که بر اساس تحلیل‌های سر هارولد جفریس[۸] و اینگه لیمان[۹] برای ساختار داخلی زمین در نظر گرفته می‌شود هسته زمین را متشکل از یک هسته داخلی جامد می‌داند که توسط یک هسته خارجی مایع احاطه شده است.

در دهه ۱۹۸۰ محققان کشف کردند که امواج لرزه‌ای رفتار ناهمسانگردی از خود نشان می‌دهند و در جهت قطبی[۱۰] سریع‌تر از جهت استوایی[۱۱] حرکت می‌کنند. یکی از توجیه‌های رایج برای این پدیده فرض می‌کند که هسته داخلی جامد عمدتاً از آهن در یک ساختار بسته شش ضلعی(HCP)[۱۲] به نام آهن اپسیلون یا هگزافروم[۱۳] تشکیل شده است. این ماده متشکل از بلورهایی با جهتگیری‌های ترجیحی[۱۴] است که باعث می‌شوند امواج صوتی در امتداد جهت‌های مختلف، به صورت متفاوت منتشر شوند.

آهن به دلیل فراوانی آن در هسته زمین، بارها تحت فشار بالا مورد مطالعه قرار گرفته است. با این حال، کمبود اساسی از داده‌های تجربی در مورد خواص کشسانی آهن اپسیلون در امتداد جهت‌های مختلف بلوری وجود دارد. تعیین خواص کشسانی جامداتِ ناهمسانگرد مستلزم اندازه‌گیری تانسور الاستیسیته است؛ که نشان دهنده رابطه خطی بین تنش و کرنش در یک ماده و مشخص کننده سرعت انتشار صوت در جهتگیری‌های مختلف بلوری است. اما اندازه گیری تانسور الاستیسیته تحت فشار چالش برانگیز است و

---

[7] seismic waves

[8] sir harold jeffreys

[9] Inge Lehmann

[10] polar direction

[11] equatorial direction

[۱۲] یکی از ساختارهای معمول بسته مواد(Close Packed Structure)،ساختار بسته شش ضلعی HCP یا Hexagonal Close Pack است. این ساختار منشوری با قاعده شش ضلعی دارد و دارای سه لایه اتمی است که شش اتم در شش گوشه قاعده ها و سه اتم در لایه میانی قرار می گیرند.

[۱۳] آهن اپسیلون ($\epsilon - Fe$) یا هگزافروم دگر شکلی (آلوتروپ) از آهن در فشارهای بسیار بالا (بالاتر از تقریباً ۱۰ گیگاپاسکال) و دماهای چند صد کلوین یا کمتر است.

[۱۴] Preferred orientations: در یک مجموعه چند بلوری سامانه مختصات هر دانه ممکن است یک جهت‌گیری اتفاقی نسبت به دیگر دانه‌ها داشته باشد یا اینکه سامانه مختصات همه دانه‌ها منطبق برهم باشد که در این صورت گفته می‌شود ساختار، دارای جهت‌گیری ترجیحی یا بافت است.

به تکنیک‌های اشعه ایکس سنکروترون[۱۵] نیاز دارد که بر روی تک بلورهایِ با کیفیت بالا انجام شود. در فشار اتمسفریک[۱۶] سه دگرشکل از آهن وجود دارد. وقتی آهن مذاب سرد می‌شود، در دمای ۱۵۳۸ درجه سانتی‌گراد به آهن دلتا($\delta - Fe$) که دارای ساختار مکعبی مرکز پر (BCC)[۱۷] است تبدیل می‌شود. با سرد شدن آهن تا دمای ۱۳۹۴ درجه سانتی‌گراد، ساختار بلوری آن به ساختار مکعبی وجوه پر (FCC)[۱۸] تغییر می‌کند که به آن آهن گاما ($\gamma - Fe$) یا آستنیت گفته می‌شود.در دماهای پایین‌تر از ۹۱۲ درجه سانتی‌گراد که به عنوان آهن آلفا ($\alpha - Fe$) یا فریت شناخته می‌شود ساختار آهن به ساختار مکعبی مرکزپر (BCC) تغییر می‌کند. در فشارهای بالاتر از تقریباً ۱۰ گیگاپاسکال و دماهای چند صد کلوین (یا کمتر)، ساختار آهن آلفا به ساختار بسته شش ضلعی (HCP) یا همان آهن اپسیلون تبدیل می‌شود. آهن گاما با دمای بالاتر نیز می‌تواند به آهن اپسیلون تبدیل شود، اما این کار را در فشارهای بالاتر انجام می‌دهد.

متاسفانه هنگامی که آهن با فاز اولیه شبکه مکعبی مرکز پر به آهن $\varepsilon\varepsilon$ فشرده می شود معمولا نمونه به تعداد بسیار زیادی کریستال های بسیار کوچک خرد می شود که دچار تغییر شکل های پلاستیک شده اند.. این اندازه کوچک آن‌ها را برای آنالیز دقیق کریستالوگرافی نامناسب می‌کند و مانعی بزرگ در تعیین دقیق ناهمسانگردی در خواص کشسانی آهن اپسیلون است.

اگنس دوال[۱۹] از دانشگاه پاریس - ساکلی[۲۰] و همکارانش این چالش را با موفقیت پشت سر گذاشتند. آن‌ها یک روش تجربی مبتکرانه را به کار بردند و یک مسیر جایگزین را در نمودار فازی آهن برای سنتز آهن اپسیلون تک بلوری خالص در نظر گرفتند. آن‌ها به جای افزایش فشار فاز α در یک مسیر هم دما، نمونه را در حالی که هنوز در فاز α بود، روی مسیر هم فشار گرم کردند تا به فاز مکعب وجوه پر آهن (فاز γ) برسند. سپس برای گذار به فاز ϵ، فشار فاز γ را طی فرایند هم دما افزایش داده و به دنبال آن طی فرایند هم فشار آن را سرد کردند. در نهایت، با استفاده از پراکندگی غیرالاستیک اشعه ایکس، ثابت‌های کشسانی آهن اپسیلون را در امتداد جهت‌های مختلف بلوری اندازه‌گیری کردند.

بر خلاف مطالعات قبلی که براساس نمونه‌های آهن پودری انجام شده بودند، یافته‌های دوال و همکارانش ارزیابی‌های دقیقی از ناهمسانگردی موجود در ثابت‌های کشسانی آهن اپسیلون ارائه می‌دهند. نتایج این مطالعه از نظر کیفی با کارهای قبلی انجام شده درمورد شناسایی جهتی که امواج در

---

[15] synchrotron x-ray techniques

[۱۶] فشار داخل جو زمین که که برابر 325/101 پاسکال یا ۷۶۰ میلی‌متر جیوه است.

[۱۷] ساختار مکعبی مرکز پر یا مرکز حجمی، BCC یا Body Centered Cubic، که در آن اتم ها در گوشه ها و مرکز مکعب قرار می گیرند و از طریق قطر مکعب با یکدیگر تماس دارند.

[۱۸] ساختار مکعبی وجوه پر یا مرکز سطحی، FCC یا Face Centered Cubic ، که در آن اتم ها در گوشه ها و مراکز وجوه مکعب قرار می گیرند و از طریق قطر مربع های وجوه با هم در تماس هستند.

[19] Agnès Dewaele

[20] University of Paris-Saclay

آن با سرعت بیش‌تری در ساختار آهن اپسیلون منتشر می‌شوند (محور سریع[۲۱] ماده) ، مطابقت دارد. اما از نظر کمّی انحرافات قابل توجهی از داده‌های به‌دست‌آمده قبلی نشان می‌دهد؛ که اهمیت رویکرد تجربی آن‌ها و تأثیر آن بر درک ما از خواص آهن اپسیلون را برجسته می‌کند.

این مطالعه به طور مستقیم تایید می‌کند که امواج طولی در امتداد خطوطی که گره‌های شبکه[۲۲] آهن اپسیلون را در جهتی به نام جهت c به هم متصل می کنند، سریع‌تر منتشر می‌شوند؛ این سرعت تقریبا ۴.۴ درصد بیش‌تر از امواجی است که در صفحه قاعده[۲۳] شبکه حرکت می کنند. همچنین این تحقیق با موفقیت وابستگی فشاریِ تغییرات در خواص کشسانی آهن اپسیلون، که تحت فشار تداوم دارند، را نشان می‌دهد.باید توجه داشت که آزمایش‌های انجام شده در این مطالعه در دمای اتاق و فشار تا ۳۰ گیگاپاسکال انجام شده‌اند، که نسبت به شرایط هسته زمین کم‌تر است. با این حال داده‌های تجربی به دست آمده از این مطالعه یک آزمون مهم برای مدل‌های نظری ارائه می‌دهد. این داده‌های تجربی به محققان این امکان را می‌دهد که درست‌ترین رویکرد نظری را شناسایی کنند؛ یعنی رویکردی که بتواند با قدرت بیش‌تری تانسور کشسانی آهن اپسیلون را محاسبه کند. همچنین امکان توسعه این دانش به شرایطی شبیه به درون هسته را به آن‌ها می‌دهد. بخصوص، دوال و همکارانش نشان می‌دهند که چگونه ناهمسانگردی مشاهده شده می‌تواند با شدتی ثابت، از فشارهای کم تا چگالی‌های بسیار بالا که مشخصه هسته داخلی زمین هستند باقی بماند.

تا زمانی که دانشمندان نتوانند به صورت فیزیکی به هسته زمین دسترسی داشته باشند، اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهیِ خواص مواد در شدیدترین شرایط[۲۴] برای اطمینان از دقت مدل‌ها بسیار مهم هستند. این مطالعه نه تنها درهای جدیدی را برای درک هسته زمین باز می‌کند، بلکه قدرت ترکیب آزمایش و تئوری را در پیشبرد مرزهای درک علمی نشان می‌دهد.

لینک خبر

https://physics.aps.org/articles/v16/109#:~:text=Measuring%20the%20Elasticity%20of%20Pressurized%20Iron

مقاله

Agnès Dewaele et al, Synthesis of Single Crystals of ε -Iron and Direct Measurements of Its Elastic Constants, Physical Review Letters (2023). DOI: 10.1103/PhysRevLett.131.034101

[21] fast axis

[۲۲] lattice nodes : هر گره از شبکه کریستالی نشان دهنده یک نقطه شبکه است که موقعیت یک اتم منفرد یا گروه خاصی از اتم ها را نشان می دهد

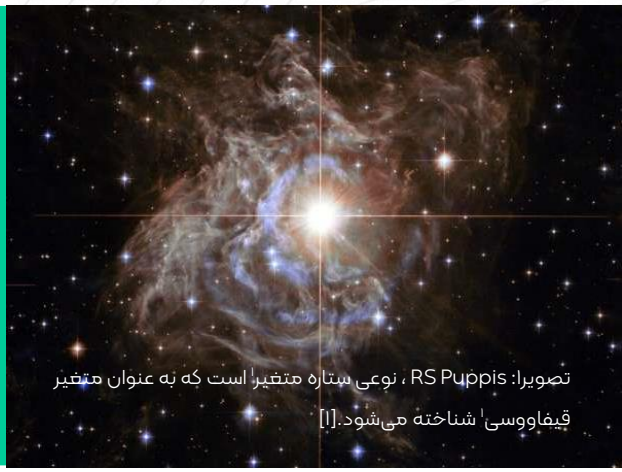
[23] basal plane

[۲۴] Extreme conditions : به دسته‌ای از شرایط فیزیکی گفته می‌شود که نه به طور طبیعی وجود دارند و نه به راحتی می‌توان آن‌ها را از طریق روش‌های مرسوم در زندگی روزمره به دست آورد؛ مانند دماهای بسیار کم، فشارهای بسیار زیاد، چگالی بسیار زیاد ، میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی بسیار زیاد.

یک اندازه‌گیری جدید می‌تواند درک ما از جهان هستی را تغییر دهد

صبا الهیاری دانشجوی کارشناسی فیزیک ۱۴۰۰ دانشگاه الزهرا(س) sabaally03@gmail.com

ویراستار: فاطمه سادات صوف‌باف



تصویرا: RS Puppis ، نوعی ستاره متغیر[1] است که به عنوان متغیر قیفاووسی[1] شناخته می‌شود.[1]

جهان در حال انبساط است، اما دقیقا با چه سرعتی؟

به نظر می‌رسد پاسخ به این بستگی دارد که شما نرخ انبساط کیهان -که به آن ثابت هابل[۲۵] یا H_0 گفته می‌شود- را براساس پژواک انفجار بزرگ[۲۶] (تابش زمینه کیهانی یا CMB[27]) تخمین بزنید یا اینکه آن را مستقیماً بر اساس ستارگان و کهکشان‌های امروزی اندازه‌گیری کنید. این مشکل که به تنش هابل[۲۸] معروف است، اخترفیزیکدانان و کیهان شناسان در سراسر جهان را متحیر کرده‌است.

مطالعه‌ای که توسط گروه تحقیقاتی Stellar Standard Candles and Distance به رهبری ریچارد اندرسون[۲۹] در موسسه‌ی پلی تکنیک فدرال لوزان سوئیس (EPFL)[۳۰] انجام شده، قطعه‌ی جدیدی به این پازل اضافه می‌کند. تحقیقات آن‌ها که درمجله‌ی نجوم و اخترفیزیک منتشر شده‌است، بر اساس داده‌های جمع‌آوری شده توسط ماموریت گایا آژانس فضایی اروپا (ESA)[۳۱] به دقیق‌ترین کالیبراسیون ستارگان قیفاووسی برای اندازه‌گیری فاصله دست یافته‌است. این کالیبراسیون جدید تنش هابل را بیش‌تر تقویت می‌کند.

---

[۲۷] ثابت هابل یا آهنگ گسترش گیتی (به انگلیسی Hubble's Constant) نسبت سرعت دور شدن یک کهکشان (از ما) به فاصله‌ای که آن کهکشان با ما دارد، است.

[26] Big Bang

[27] Cosmic Microwave Background

[28] Hubble Tension

[29] Richard Anderson

[30] École polytechnique fédérale de Lausanne

[31] European Space Agency's

ثابت هابل (H_0) به افتخار ادوین پاول هابل[۳۲]، اخترفیزیکدانی که به همراه ژرژ لومتر[۳۳] این پدیده را در اواخر دهه‌ی ۱۹۲۰ کشف کرد، نام‌گذاری شده است. این ثابت با یکای کیلومتر بر ثانیه بر مگاپارسک (km/s/mpc) اندازه‌گیری می‌شود، که در آن ۱ مگاپارسک حدود ۳.۲۶ میلیون سال نوری است.

بهترین اندازه‌گیری مستقیم H_0 از یک نردبان فاصله کیهانی[۳۴] استفاده می‌کند، که اولین پله آن توسط کالیبراسیون مطلق روشنایی قیفاووس تنظیم می‌شود که اکنون توسط مطالعه‌ی EPFL مجددا کالیبره شده‌است. به نوبه خود، قیفاووس پله بعدی نردبان را کالیبره می‌کنند، جایی که ابرنواخترها[۳۵] انبساط خودِ فضا را ردیابی می‌کنند.

این نردبان فاصله، که H_0 برای معادله حالت انرژی تاریک (SH0ES) را توسط ابرنواختر و به رهبری آدام ریس[۳۶]اندازه‌گیری کرد و برنده‌ی جایزه نوبل فیزیک در سال 2011 شد، سرعت H_0 را 1/0 ± 73/0 کیلومتر بر ثانیه بر مگاپارسک اندازه‌گیری کرده‌است.

اولین تابش پس از انفجار بزرگ

H_0 را می‌توان با تفسیر CMB نیز تعیین کرد که همان تابش میکروویو فراگیر باقی مانده از انفجار بزرگ بیش از ۱۳ میلیارد سال پیش است. با این حال، این روش اندازه‌گیری «کیهان اولیه» باید دقیق‌ترین درک فیزیکی را از چگونگی تکامل جهان در نظر بگیرد و آن را به مدل وابسته کند. ماهواره‌ی پلانک آژانس فضایی اروپا (ESA)[۳۷] کامل‌ترین داده‌ها را در مورد CMB ارائه کرده است و بر اساس این روش مقدار اندازه گیری شده H_0، ۰.۵ ± ۶۷.۴ کیلومتر بر ثانیه بر مگاپارسک می باشد.

تنش هابل به این اختلاف ۶.۵ کیلومتر بر ثانیه بر مگاپارسک اشاره دارد، بسته به اینکه از روش CMB (کیهان اولیه) یا روش نردبان فاصله (کیهان متاخر) استفاده می‌شود. نتیجه، مشروط بر اینکه اندازه‌گیری های انجام شده در هر دو روش صحیح باشد، این است که در درک قوانین فیزیکی اساسی حاکم بر جهان، مشکلی وجود دارد. طبیعتاً، این مسئله‌ی مهم تاکید می‌کند که چقدر ضروری است که روش‌های اخترفیزیکدانان قابل اعتماد باشند.

---

[32] Edwin Powell Hubble

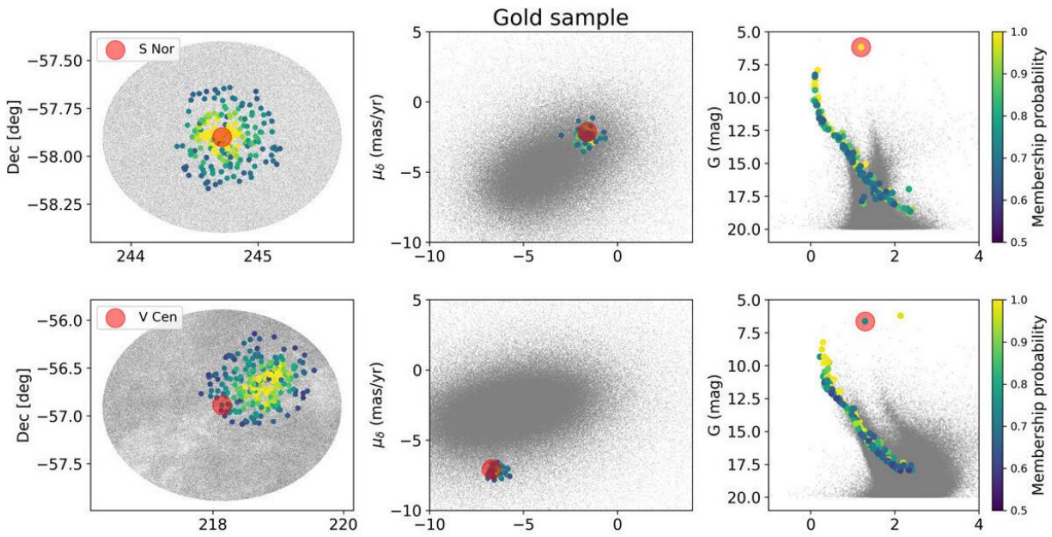
[33] Georges Lemaître

[۳۴] نردبان فاصله کیهانی (به انگلیسی: Cosmic distance ladder) که به نام مقیاس فاصله وراکهکشانی (به انگلیسی: extragalactic distance scale) نیز شناخته می‌شود، یک توالی از روش‌هایی است که اخترشناسان برای تعیین فاصله تا اجرام آسمانی از آن استفاده می‌کنند.

[۳۵] اَبَرنُواَختَر یا سوپِرنوا (به انگلیسی:Supernova) یک انفجار عظیم و درخشان ستاره‌ای است.

[36] Adam Riess

[۳۷] European Space Agency: تنش هابل یکی از معماهای جذاب کیهان شناسی است که شامل اندازه گیری ثابت هابل بوده و با استفاده از آن سرعت انبساط جهان نیز محاسبه می‌شود.



است است. رنگ های روشن نشان دهنده احتمال زیاد است. قیفاووس‌ها با استفاده از دایره‌های بزرگ قرمز نشان داده شده‌اند. قیفاووس‌هایی که توسط HDBSCAN به عنوان اعضای خوشه شناسایی می شوند نیز دارای یک نماد بسیار بزرگ برای نشان دادن احتمال عضویت هستند. [۲]

مطالعه‌ی جدید موسسه پلی تکنیک فدرال لوزان سوئیس بسیار مهم است زیرا با بهبود کالیبراسیون متغیرهای قیفاووسی به عنوان ردیاب فاصله، پله‌ی اول نردبان فاصله را تقویت می‌کند. در واقع، کالیبراسیون جدید به ما اجازه می‌دهد تا فواصل نجومی را تا ۰.۹% اندازه‌گیری کنیم و این، پشتیبانی قوی از اندازه‌گیری کیهان متاخر است. علاوه بر این نتایج به‌دست‌آمده در EPFL، با همکاری تیم SH0ES، به اصلاح اندازه‌گیری H_0 کمک کرد که منجر به بهبود دقت و افزایش اهمیت تنش هابل شد.

اندرسون، نویسنده اصلی مقاله، می‌گوید: «مطالعه ما نرخ انبساط ۷۳ کیلومتر بر ثانیه بر مگاپارسک را تأیید می‌کند، اما مهم‌تر از آن، دقیق‌ترین و قابل اعتمادترین کالیبراسیون قیفاووس‌ها را به عنوان ابزاری برای اندازه‌گیری فواصل تا به امروز ارائه می‌دهد.»

« ما روشی را توسعه دادیم که قیفاووس متعلق به خوشه‌های ستاره‌ای متشکل از صدها ستاره را با آزمایش اینکه آیا ستارگان با هم در کهکشان راه شیری حرکت می‌کنند، جستجو کرد. به لطف این ترفند، می‌توانیم از بهترین دانش اندازه‌گیری‌های اختلاف منظر گایا[۳۸] بهره ببریم و در عین حال از افزایش دقت ارائه شده توسط بسیاری از ستارگان عضو خوشه استفاده کنیم. این به ما این امکان را می‌دهد که دقت اختلاف منظر گایا را به کم‌ترین حد خود برسانیم و مبنایی دقیق را برای استقرار نردبان فاصله داشته باشیم.»

[38] Gaia's parallax

● بازاندیشی در مفاهیم اساسی

چرا با توجه به مقیاس وسیع کیهان، تفاوت تنها چند کیلومتر بر ثانیه بر مگاپارسک اهمیت دارد؟

اندرسون می‌گوید: «این اختلاف اهمیت زیادی دارد. فرض کنید می‌خواهید با حفاری در دو طرف مقابل یک کوه، یک تونل بسازید. اگر نوع سنگ را به درستی تشخیص باشید و محاسبات شما درست باشد، دو سوراخی که حفر می‌کنید در مرکز به هم می‌رسند. اما اگر این اتفاق رخ ندهد، به این معنی است که شما یا در محاسبات اشتباه کرده‌اید و یا نوع سنگ را اشتباه تشخیص داده‌اید. این چیزی است که در مورد ثابت هابل اتفاق می‌افتد. هرچه از دقیق بودن محاسباتمان اطمینان بیش‌تری داشته باشیم، با احتمال بیش‌تری می‌توانیم نتیجه بگیریم که این اختلاف به این معنی است که درک ما از جهان اشتباه بوده است و جهان کاملاً آنطور که فکر می‌کردیم نیست.»

این اختلاف پیامدهای بسیار دیگری دارد. این اصول، مانند ماهیت انرژی تاریک، پیوستگی زمان-فضا، و گرانش را زیر سوال می‌برد. اندرسون می‌گوید: «این بدان معناست که ما باید مفاهیم اساسی را که پایه و اساس درک کلی ما از فیزیک را تشکیل می‌دهند، بازنگری کنیم.»

مطالعه این گروه تحقیقاتی سهم مهمی در زمینه های دیگر نیز دارد. مائوریسیو کروز ریز[39] از دانشجویان دکتری گروه تحقیقاتی اندرسون می‌گوید: «از آنجایی که اندازه‌گیری‌های ما بسیار دقیق هستند، به ما بینشی در مورد هندسه راه شیری می‌دهند. کالیبراسیون بسیار دقیقی که ما ایجاد کردیم به ما این امکان را می دهد که اندازه و شکل کهکشان راه شیری را به عنوان یک کهکشان دیسک تخت و فاصله آن از دیگر کهکشان‌ها را بهتر تعیین کنیم. کار ما همچنین میزان دقیق بودن داده های گایا را در مقایسه با داده‌های گرفته‌شده از تلسکوپ‌های دیگر تأیید می‌کند.»

منابع

۱-اعتبار تصویر: آرشیو میراث هابل، ناسا، ESA

۲-اعتبار تصویر: مجله نجوم و اختر فیزیک (2023)

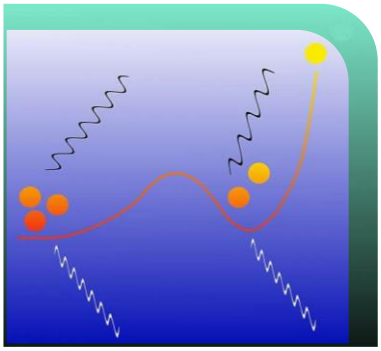
۳-منبع خبر: سارا پرین، یک اندازه‌گیری جدید می‌تواند درک ما از جهان هستی را تغییر دهد، phys.org، منتشر شده آنلاین ۴ آپریل ۲۰۲۳

۴- Mauricio Cruz Reyes et al, A 0.9% calibration of the Galactic Cepheid luminosity scale based on Gaia DR3 data of open clusters and Cepheids, Astronomy & Astrophysics (2023)

[39] Mauricio Cruz Reyes

ویژگی جدیدی از هیدروژن پیش‌بینی شده است

ملیکا شایق دانشجوی کارشناسی فیزیک ورودی ۹۹ دانشگاه الزهرا(س) m.shayegh10@gmail.com
ویراستار: نرگس رستمی



تصویرا: الکترون‌ها بارهای همنام دارند و از این رو یکدیگر را دفع می‌کنند. اما فیزیکدانانی از دانشگاه‌های کیل و درسدن کشف کرده‌اند که الکترون‌ها در شرایط خاصی در هیدروژن، جفت می‌شوند. این پدیده زمانی مشاهده می‌شود که برای مثال آن‌ها با پرتو ایکس پراکنده می‌شوند.

هیدروژن عنصری است که در کیهان بسیار رایج است. این عنصر ویژگی‌های ستارگان و سیارات را تعیین می‌کند و برای زندگی بر روی زمین اساسی است - به ویژه به دلیل نقش آن در تأمین انرژی بدون اثر زیست محیطی. نسل‌هایی از دانشمندان در فیزیک و شیمی به شدت در مورد هیدروژن، هم در آزمایش‌ها و هم با کمک شبیه‌سازی‌های کامپیوتری، تحقیقاتی را انجام داده‌اند. با وجود ساختار بسیار ساده‌اش - یک الکترون و یک پروتون- هنوز بسیاری از ویژگی‌های آن به طور قطعی مشخص نشده‌اند.

حالا، یک تیم تحقیقاتی از دانشگاه کریستین-آلبرشت در کیل[40] (CAU) و مرکز هلمهولتز در درسدن-روسندورف[41] (HZDR) یک ویژگی دیگر غیرمعمول هیدروژن را پیش‌بینی کرده است: این عنصر وقتی در فشار بالا فشرده می‌شود، رفتاری شبیه روتون[42] نشان می‌دهد. برای مثال، این ویژگی، خود را در این حقیقت که پرتو ایکس توسط هیدروژن چگال به شیوه غیرمعمول پراکنده می‌شود، نشان می‌دهد.

در این فرآیند، فوتون‌های پرتو ایکس انرژی را به الکترون‌ها منتقل می‌کنند، که هرچه انتقال تکانه بیشتر باشد این انرژی بیشتر می‌شود. از طرف دیگر، در هیدروژن چگال، انرژی می‌تواند کاهش یابد در حالی که

---

[40] Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

[41] Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf

[42] به یک پدیده در فیزیک اشاره دارد که در برخی سیستم‌های فیزیکی مشاهده می‌شود. اصطلاح « روتون» در اصل به یک نوع برانگیختگی موجود در یک مایع سرد مثل هلیوم مایع اشاره دارد که خواص خاصی دارد.

انتقال تکانه افزایش می‌یابد. این نتایج در شماره فعلی مجله‌ی Physical Review Research منتشرشده و توسط ویراستاران به عنوان پیشنهاد ویراستاران، برجسته شده‌است.

این ویژگی قبلاً تنها در سیستم‌های کاملاً متفاوت مانند سیالات عجیب و غریب بوز[۴۳] نزدیک به دمای صفر مطلق پیدا شده بود. این‌ها ابرشاره[۴۴] هستند، برای مثال، اثرات کوانتومی در آن‌ها رخ می‌دهد و دیگر نمی‌توان از مکانیک آماری کلاسیک برای توصیف آن‌ها استفاده کرد. دکتر مایکل بونیتز[۴۵]، استاد موسسه‌ی فیزیک نظری و فیزیک نجومی دانشگاه کریستین-آلبرشت در کیل توضیح می‌دهد: «این ویژگی هیدروژن به وسیله‌ی الکترون‌هایی ایجاد می‌شود که به اتم‌ها مقید نیستند».

دکتر توبیاس دورنهایم[۴۶] از مرکز هلمهولتز در HZDR رفتار الکترون‌ها را شرح می‌دهد: «اگر هیدروژن با فوتون‌های اشعه‌ی ایکس با طول موج خاصی تابش کند، الکترون‌ها می‌توانند به طور غیرمعمول به هم نزدیک شوند و حتی جفت‌ها[۴۷] را ایجاد کنند، اگرچه یکدیگر را دفع می‌کنند.»

تیم تحقیقاتی در شبیه‌سازی‌های کامپیوتری خود، پیش‌بینی‌های دقیقی را برای پارامترهایی که باید این رفتار روتونی در آن‌ها مشاهده شود، ارائه داده است. حالا این وظیفه به عهده‌ی محققان فیزیک تجربی می‌باشد تا این ویژگی را در عمل اثبات کنند.

منابع

1. "Superfluidity". Encyclopedia of Condensed Matter Physics. Elsevier. 2005. pp. 128–133.

2.Cooper, Leon N. (1956). "Bound electron pairs in a degenerate Fermi gas". Physical Review. 104 (4): 1189–1190. Bibcode:1956PhRv..104.1189C. doi:10.1103/PhysRev.104.1189.

3. Nave, Carl R. (2006). "Cooper Pairs". Hyperphysics. Dept. of Physics and Astronomy, Georgia State Univ.

4.اصل خبر: https://phys.org/news/2023-08-property-hydrogen.html

[۴۵] چگالش بوز-اینشتین (BEC) در حوزه‌ی فیزیک ماده چگال، یک حالت از ماده است که معمولاً زمانی ایجاد می‌شود که گازی از بوزون‌ها با چگالی بسیار پایین به دماهای نزدیک به صفر مطلق (۲۷۳.۱۵- درجه سلسیوس) سرد می‌شود.

[۴۴] ابرشاره یک حالت از ماده است که در آن ماده مانند یک سیال با چسبندگی صفر عمل می‌کند. این ماده، که شبیه به یک مایع عادی به نظر می‌رسد، از هر سطحی بدون اصطکاک و به راحتی از موانع عبور می‌کند و از طریق منافذ در ظروفی که آن را نگه‌داری می‌کنند، جریان می‌یابد. ابرشاره فقط تحت تأثیر لختی خودش قرار می‌گیرد.[۱]

[۴۵] Michael Bonitz

[۴۶] Tobias Dornheim

[۴۷] در فیزیک ماده چگال، یک زوج کوپر یا زوج BCS شامل یک جفت الکترون (و یا فرمیون‌های دیگر) است که در دماهای پایین به صورت مشخصی در قید یکدیگر قرار دارند. این زوج در سال ۱۹۶۵ برای نخستین بار توسط فیزیکدان آمریکایی لئون کوپر معرفی شد.[۲] کوپر نشان داد که یک جاذبه‌ی تصادفی کوچک بین الکترون‌ها در یک فلز می‌تواند باعث یک حالت جفت شده از الکترون‌ها گردد که دارای انرژی کمتری از انرژی فرمی است، و این به معنای مقید بودن این زوج است. براساس نظریه BCS که توسط جان باردین، لئون کوپر، و جان شریفر ارائه شد (و برای آن‌ها جایزه نوبل سال ۱۹۷۲ را به ارمغان آورد)، حالت زوج کوپر باعث بروز ابررسانایی می‌شود.[۲] این زوج شدن از تعامل الکترون‌ها با ارتعاشات شبکه‌ای ماده حاصل می‌گردد. به نوعی، ابررسانایی شبیه به چگالش بوز- انیشتین جفت الکترون‌های مقید است؛ که هر دو اثر (ابررسانایی و چگالش) پدیده‌های کوانتوم مکانیکی‌اند و دارای تفسیر ساده کلاسیک نمی‌باشند.

گاه شمار کیهانی

نرگس رستمی دانشجوی کارشناسی فیزیک ورودی ۹۹ دانشگاه الزهرا(س)
n.rostami2001.phy@gmail.com

۱ مهر	اعتدال پاییزی عطارد در حضیض مداری	**۱۷ مهر**	بارش شهابی اژدهایی
۵ مهر	همنشینی ماه و زحل	**۱۸ مهر**	همنشینی ماه و زهره بارش شهابی ثوری جنوبی
۷ مهر	ماه کامل ، ابرماه	**۲۲ مهر**	ماه نو خورشیدگرفتگی حلقوی (غیرقابل مشاهده در ایران)
۱۰ مهر	همنشینی ماه و مشتری	**۲۶ مهر**	بارش شهابی اپسیلون جوزایی
۱۴ مهر	بارش شهابی زرافه‌ای ماه در تربیع آخر	**۳۰ مهر**	بارش شهابی جباری ماه در تربیع اول

۲ آبان	زهره در بیشترین کشیدگی غربی همنشینی ماه و زحل	**۱۸ آبان**	همنشینی ماه و زهره
۶ آبان	ماه کامل ماه گرفتگی جزئی	**۲۱ آبان**	بارش شهابی ثوری شمالی
۷ آبان	همنشینی ماه و مشتری	**۲۲ آبان**	ماه نو اورانوس در مقابله
۱۲ آبان	مشتری در مقابله	**۲۷ آبان**	بارش شهابی اسدی
۱۳ آبان	اتمام حرکات بازگشتی زحل	**۲۹ آبان**	ماه در تربیع اول همنشینی ماه و زحل

۴ آذر	همنشینی ماه و مشتری	**۱۵ آذر**	اتمام حرکات بازگشتی نپتون
۶ آذر	ماه کامل	**۱۸ آذر**	همنشینی ماه و زهره
۷ آذر	بارش شهابی جباری نوامبر	**۲۲ آذر**	ماه نو
۱۳ آذر	عطارد در بیشترین کشیدگی شرقی	**۲۳ آذر**	همنشینی ماه و عطارد بارش شهابی جوزایی
۱۴ آذر	ماه در تربیع آخر	**۲۷ آذر**	همنشینی ماه و زحل

منبع:https:/in-the-sky.org/index.php

فراسوی آسمان

توضیح رویداد های نجومی

پرستو سربازی دانشجوی کارشناسی ارشد اخترفیزیک دانشگاه الزهرا(س) Parastoosky99@gmail.com
ویراستار: نرگس رستمی

اعتدال پاییزی : لحظه‌ی عبور خورشید از اِستوای سماوی از شمال به جنوب را نشان می‌دهد.

همنشینی : مقارنه یا همنشینی به معنای کنار هم قرار گرفتن دو یا چند جرم آسمانی از منظر زمین است، به‌طوری که از لحاظ واقعی در فاصله‌های دوردستی نسبت به هم قرار دارند.

ابَرماه : زمانی که ماهِ کامل در نقطه‌ی حضیض مداری رخ دهد ماه از حالت عادی ماهِ کامل کمی بزرگ‌تر و درخشان‌تر به نظر می‌رسد که در این حالت ابَرماه صورت می‌گیرد. اندازه‌ی زاویه ای یک ابرماه کامل 5.9 تا 6.9 درصد بزرگ‌تر از یک ماه کامل معمولی. و در حدود 16 درصد درخشان‌تر از یک ماه بدر معمولی به نظر می‌رسد. بهترین زمان برای مشاهده‌ی یک ابر ماه کامل لحظاتی بعد از طلوع ماه است، یعنی زمانی که ماه در نزدیکی افق قرار دارد.

تصویرا: ابرماه 19 مارس 2011 (راست)، در مقایسه با میانگین ماه کامل در 18 ژانویه 2011 (سمت چپ) از زمین.

بارش شهابی زرافه ای : کانون این بارش شهابی در صورت فلکی اژدها واقع شده و هر زمان که در بالای افق قرار گیرد می‌توان شاهد بارش شهاب‌ها بود . این بارش شهابی درتاریخ ۱۳ و ۱۴ ام مهرماه قابل رویت است که اوج فعالیت آن در روز جمعه ۱۴ ام مهرماه خواهد بود.

لازم به ذکر است که برای مشاهده‌ی شهاب‌ها احتیاجی به شناخت کانون بارش در صور فلکی و خیره شدن به ناحیه‌ی خاصی از آسمان نیست زیرا شهاب‌ها معمولاً تا ۳۰ درجه‌ای کانون بارش قابل مشاهده نیستند و در واقع از همه جهات از کانون بارش دور می‌شوند و در تمام نقاط آسمان ظاهر می‌شوند.

بارش شهابی اژدهایی : این بارش بر اثر عبور زمین از میان رد دنباله‌دار 21p /Giacobini Zinner ایجاد می‌شود و بارش نسبتاً ضعیفی محسوب می‌شود به‌طوری که به ندرت می‌توان بیش از پنج شهاب در ساعت دید.

بارش شهابی ثوری : یکی از بارش های سالیانه «بارش شهابی ثوری» است که خود شامل دو بارش مجزا با نام های«ثوری جنوبی» و «ثوری شمالی» می‌شود. این بارش شهابی در صورت فلکی ثور(گاو) واقع شده است از این رو ستاره شناسان آن را بارش شهابی ثوری نامیده‌اند.

بارش شهابی ثوری جنوبی : این بارش در اثر برخورد ذرات برجا مانده از دنباله‌دار انکه (Encke) با جو زمین ایجاد می‌شود. این بارش از ۱۹ شهریورتا ۲۹ آبان فعال است و در روز ۱۸ مهر به اوج فعالیت خود می‌رسد.

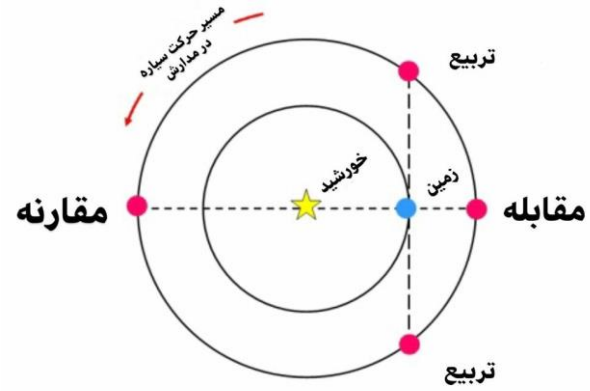
بارش شهابی ثوری شمالی : این بارش در فاصله‌ی زمانی ۲۱ مهر تا ۱۱ آذر فعال است که اوج آن در ۲۱ آبان رخ می‌دهد. نرخ ساعتی سرسویی یا ZHR (تعداد شهاب‌های قابل مشاهده در طول یک ساعت) برای این بارش شهابی ۵ است.

خورشد گرفتگی حلقوی : این نوع گرفت زمانی رخ می‌دهد که ماه نمی‌تواند قرص خورشید را به طور کامل بپوشاند و بنابراین همانند شکل زیر لبه بیرونی خورشید به صورت حلقه‌ای از آتش دیده می‌شود.

خورشیدگرفتگی حلقوی

بارش شهابی اپسیلون جوزایی : کانون این بارش در صورت فلکی جوزا (دو پیکر) قرار دارد. در هر ساعت می‌توان دو شهاب را رصد کرد که سرعت تقریبی آن‌ها در حدود ۷۰ کیلومتر بر ثانیه است. بازه‌ی زمانی این بارش بین ۲۲ مهر تا ۵ آبان است که در ۲۶ مهر به اوج خود می‌رسد.

بارش شهابی جباری : زمانی که زمین در حال عبور از میان بقایای دنباله دار هالی است ما می‌توانیم شاهد بارش شهابی‌ای باشیم با توجه به کانون آن در آسمان که صورت فلکی جبار است به همین نام نیز نامگذاری شده‌است . نرخ ساعتی سرسویی (ZHR) در زمان اوج برای این بارش معمولاً حدود ۳۰ است.



مقابله : اصطلاح مقابله که برای سیارات بیرونی رخ می‌دهد به این معنا است که سیاره‌ی مورد نظر در مقابل خورشید قرار می‌گیرد. در واقع زمانی که خورشید در غرب غروب می‌کند سیاره در شرق طلوع می‌کند. اجرام در مقابله در بهترین زمان رصدی خود هستند.

بارش شهابی اسدی : این بارش یکی از شهاب باران های معروف است که هر ساله در روزهای پایانی آبان ماه رخ می‌دهد و نام آن نیز برگرفته از کانون آن (واقع در صورت فلکی اسد) است. منشا این بارش دنباله دار تمپل- تاتل (Temple – Tuttle) است که دوره تناوب آن ۳۳/۳ سال است و تقریبا هر ۳۳ سال یکبار با بازگشت آن تراکم گرد و غبار در مسیر گردش زمین به خورشید بیشتر می‌شود و رگبار بارشی اتفاق می‌افتد.

بارش شهابی اسدی[۵]

دنباله دار تمپل - تاتل آخرین بار در سال ۱۳۷۸ از مدار زمین عبور کرد و به همین سبب در آن سال شاهد بارش شهابی چشمگیری بودیم. این دنباله دار بار دیگر در ۲۹ اسفند ۱۴۰۹ باز هم در آسمان ظاهر میشود بنابراین می‌توان در این سال انتظار بارش بسیار خوبی را داشت.

بارش شهابی جباری نوامبر : بازه‌ی فعالیت این بارش بین ۲۲ آبان تا ۱۵ آذر است که در تاریخ ۷ آذر به اوج خود می‌رسد. این شهاب باران که دنباله دار منشا آن هنوز مشخص نیست یک جریان شهاب سنگی ضعیف با نرخ ساعتی سرسویی (ZHR) نزدیک به ۳ است.

بارش شهابی جوزایی : این بارش که از جمله پربارترین بارش‌های سال است از معدود شهاب باران‌هایی است که منشا آن دنباله دار نبوده بلکه سیارک است .در واقع در هنگام عبور سیارک از نزدیکی خورشید تکه‌هایی از آن جدا می‌شود و در مدار باقی می‌ماند. این بارش از ۱۳ تا ۲۶ آذر ماه فعال است و در ۲۳ آذر به اوج خود می‌رسد. برای این بارش انتظار می‌رود درزمان اوج ۱۲۰ شهاب در ساعت دیده شود.

منابع:

1.Earthsky.org

2.Asiac.ir

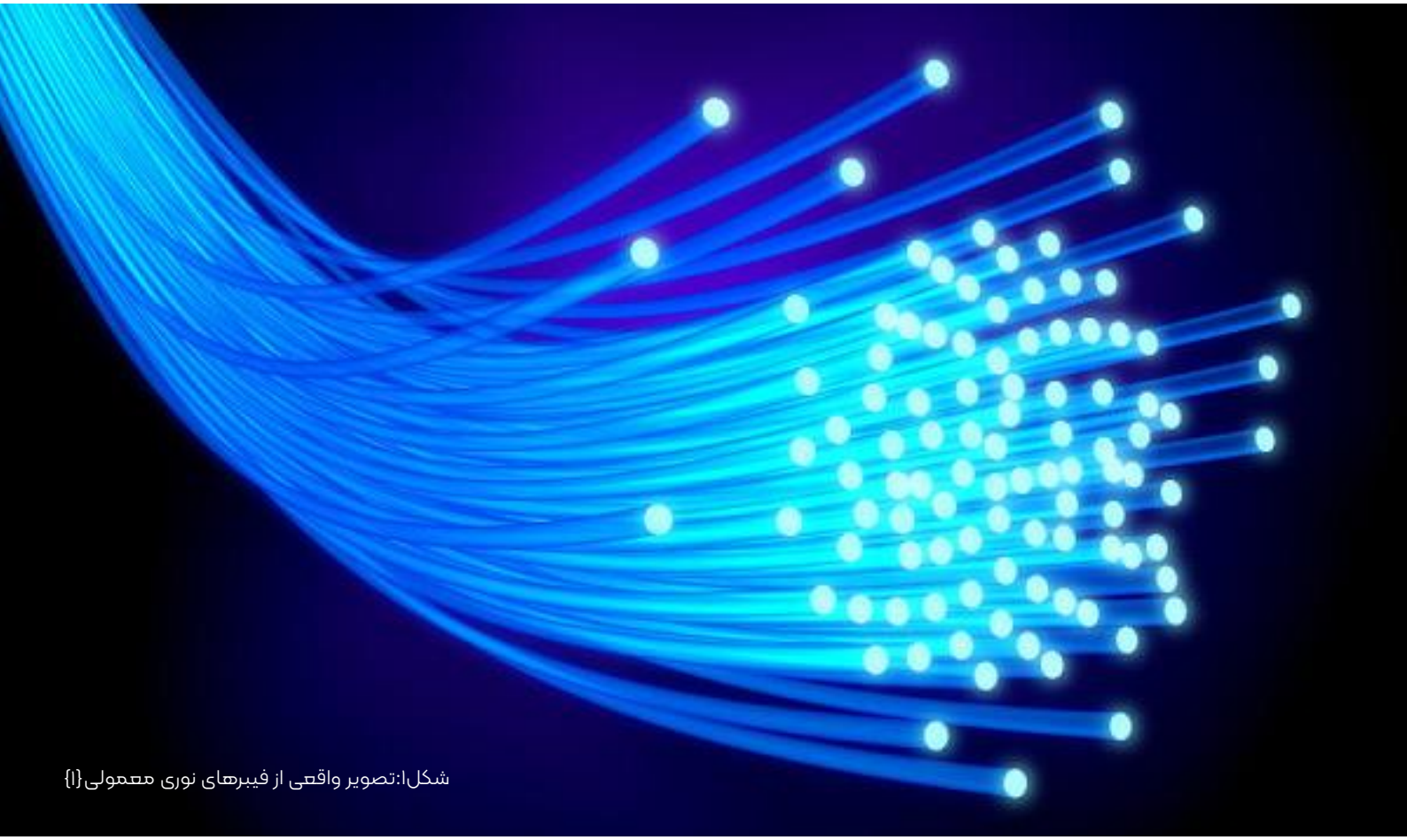
3.Seasky.org

4.https://www.timeanddate.com/astronomy/meteor-shower/geminids.html

5. DR. FRED ESPENAK/SCIENCE PHOTO LIBRARY/GETTY IMAGES

فیبرهای بلور فوتونی

ملیکا شایق دانشجوی کارشناسی فیزیک ورودی ۹۹ دانشگاه الزهرا(س) m.shayegh10@gmail.com
ویراستار: نرگس رستمی



شکل۱:تصویر واقعی از فیبرهای نوری معمولی[۱]

مقدمه

با پیشـــرفت‌های روزافزون علم و فناوری، نیاز به انتقال داده‌ها بیشـــتر می‌شـــود. امروزه یکی از مهم‌ترین و کلیدی‌ترین رسانه‌ها در انتقال داده‌ها، فیبر نوری می‌باشد. از این‌رو این رسانه، موضوع تحقیق و بررسی تعداد کثیری از محققین در سراسر جهان شده است. از ابتدای به وجود آمدن فیبر نوری تاکنون شاهد پیشرفت‌های زیادی در این زمینه بوده‌ایم و هنوز هم این مبحث در حال پیشرفت است. یکی ازجهش‌های بزرگ در این زمینه ابداع فیبر بلور فوتونی اســـت. مکانیزم محبوس‌ســـازی نور در این فیبرها، در نتیجه‌ی بازتاب داخلی نمی‌باشد؛ بلکه از ویژگی‌ها و خواص بلورهای فوتونی برای محبوس‌سازی نور استفاده می‌شود و به همین دلیل به‌طور کلی با فیبرهای معمولی متفاوتند.[۲]

فیبرهای نوری

به‌طور كلي به يك رشته‌ی باريك و انعطاف‌پذير، ساخته شده از يك ماده‌ی شفاف مانند شيشه (سيليكا) يا پلاستيك كه قابليت انتقال امواج الكترومغناطيسي را داشته باشد، فيبر نوري گفته مي‌شود. معمولاً ضخامت اين نوع فيبر كمي بيشتر از ضخامت يك تار موي انسان است.[۱] فیبرهای نوری امروزی که اطلاعات را در غالب پالس‌های کوتاه نوری، با سرعت خیلی زیاد و در مسیری طولانی منتقل می‌کنند، جزء مهم و

لازمی از زندگی در عصر ارتباطات شده‌اند.[۲] این تکنولوژی ستون اصلی اینترنت شده که امروزه حجم غیر قابل باوری از اطلاعات را جابه‌جا می‌کند.[۵]البته کاربردهای غیر مخابراتی نیز برای فیبر نوری وجود دارد، مثلاً انتقال اشعه لیزر در پزشکی، صنعت، آسیب‌شناسی و ساخت حسگرها.[۲]

- **مزایای فیبر نوری نسبت به کابل مسی[۱]**

۱: هزینه‌ی چند کیلومتری کابل نوری نسبت به سیم‌های مسی کمتر است.

۲: قطر فیبرهای نوری به مراتب کمتر از سیم‌های مسی است.

۳: پهنای باند فیبرهای نوری به منظور ارسال اطلاعات به مراتب بیشتر از سیم‌های مسی است.

میزان اطلاعاتی که یک کانال در بازه‌ای از زمان می تواند حمل کند بوسیله‌ی قابلیت آن کانال در کنترل نرخ تغییر سیگنال مشخص می شود.[۵]

۴: تضعیف سیگنال در فیبر نوری به مراتب کمتر از سیم مسی است.

هنگامی که سیگنال در طول کانالِ ارتباطی در حرکت است، به دلیل مقاومت فیزیکی رسانه در برابر جریان انرژی الکترومغناطیسی یا الکتریکی، از شدت آن کاسته می‌شود.

نور هنگامی که از شیشه عبور می‌کند دچار افت می‌شود. انرژی الکترومغناطیسی (نور) به وسیله‌ی خواص طبیعی مقاومت شیشه جذب می‌شود.[۵]

۵: سیگنال‌های نوری در یک فیبر تأثیری بر فیبر دیگر نخواهند داشت.

۶: میزان مصرف انرژی فیبرهای نوری کمتر از سیم‌های مسی است.

با توجه به اينكه سيگنال‌ها در فيبر نوري كمتر ضعيف مي‌گردند، بنابراين مي‌توان از فرستنده‌هايي با ميزان برق مصرفي پايين نسبت به فرستنده‌هاي الكتريكي كه از ولتاژ بالايي استفاده مي‌نمايند، استفاده كرد.

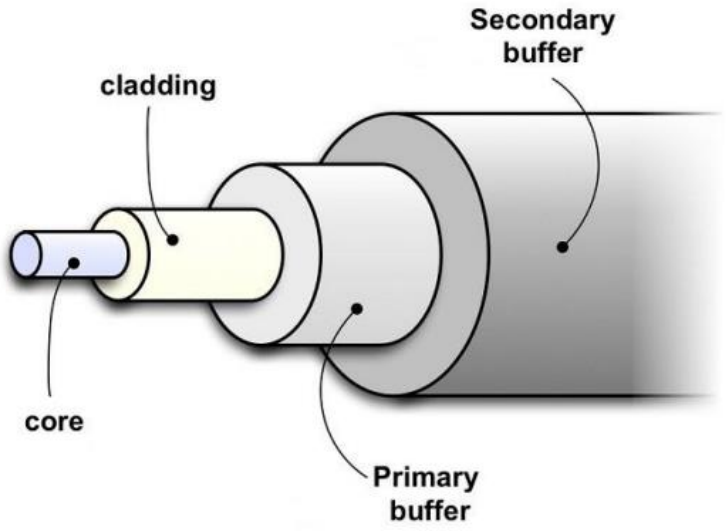
۷: فیبرهای نوری غیر اشتعال‌زا هستند. (با توجه به عدم وجود الکتریسیته، امکان بروز آتش‌سوزي وجود نخواهد داشت.)

۸: وزن یک کابل فیبر نوری به مراتب کمتر از کابل مسی است.

با توجه به مزاياي فراوان فيبر نوري، امروزه از اين نوع كابل‌ها در موارد متفاوتي استفاده مي‌شود. اكثر شبكه‌هاي كامپيوتري و يا مخابرات از راه دور در مقياس وسيعي از فيبر نوري استفاده مي‌نمايند.[۱]پدیده‌ی بازتاب داخلی، پدیده‌ای اپتیکی است و زمانی رخ می‌دهد که پرتوی نور در گذر از محیط غلیظ به محیط رقیق با زاویه‌ای بزرگ‌تر از زاویه‌ی بحرانی (نسبت به خط عمود) به سطح مشترک دو ناحیه برخورد کند. در این صورت نور به محیط رقیق راه نمی‌یابد، بلکه به‌طور کلی به درون محیط غلیظ بازتابیده می‌شود. هر محیطی که زاویه بین پرتو نور با خط عمود کوچک‌تر باشد، تندی نور در آن محیط کمتر و ضریب شکست آن محیط بیشتر است.

ساختار فیبر نوری[۱]

يك فيبر نوري از سه بخش هسته، روكش و بافر رويه تشكيل شده است. هسته شامل يك تار كاملاً شفاف از شيشه است كه در مركز فيبر قرار دارد و سيگنال‌هاي نوري در آن حركت مي‌كنند. هسته در بعضي از انواع فيبرهاي نوري از پلاستيك كاملاً شفاف ساخته شده است كه هزينه‌ی ساخت را پايين مي‌آورد. با اين حال يك هسته پلاستيكي معمولاً كيفيت شيشه را ندارد و بيشتر براي حمل داده‌ها در فواصل كوتاه به كار مي‌رود. قطر هسته معمولاً بين ۵ تا ۵۵۵ ميكرومتر مي‌باشد.

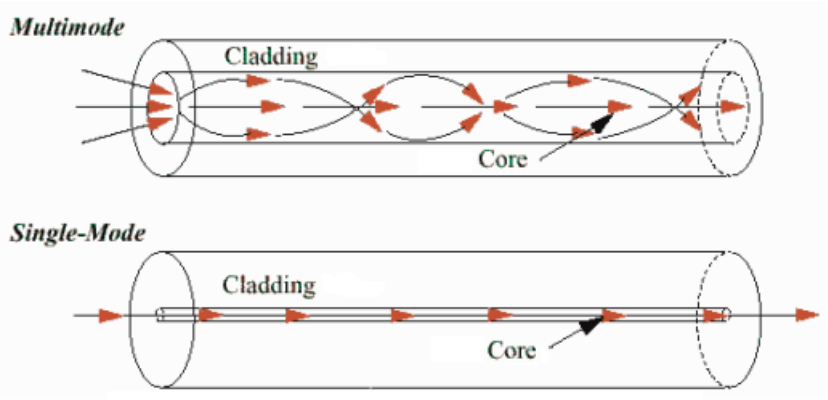


شکل۲: لایه‌های مختلف فیبر نوری.[۱]

در فيبرهاي نوري معمولي روكشي از جنس شيشه يا پلاستيك دور تا دور هسته را فرا مي‌گيرد. ضريب شكست اين روكش كمتر از ضريب شكست هسته است تا امواج الكترومغناطيسي به دليل پديده بازتابش داخلي از هسته خارج نشوند. و در نهايت بافر رويه، روكشي از پلاستيك است كه باعث حفاظت فيبر در مقابل رطوبت و ساير موارد آسيب‌پذير است. صدها نمونه از رشته‌هاي نوري ذكر شده در دسته‌هايي سازمان‌دهي مي‌شوند و كابل نوري را به وجود مي‌آورند.

همانطور که بیان شد بین هسته و روکش در فیبر اختلاف ضریب شکست وجود دارد به‌طوریکه ضریب شکست هسته بیشتر از پوشش اطراف است. همین اختلاف در ضریب شکست پایه و اساس انتشار نور در فیبرهاي نوري است. فرض كنيد مي‌خواهيد يك باريكه نور را به‌طور مستقيم و در امتداد يك تونل يا لوله

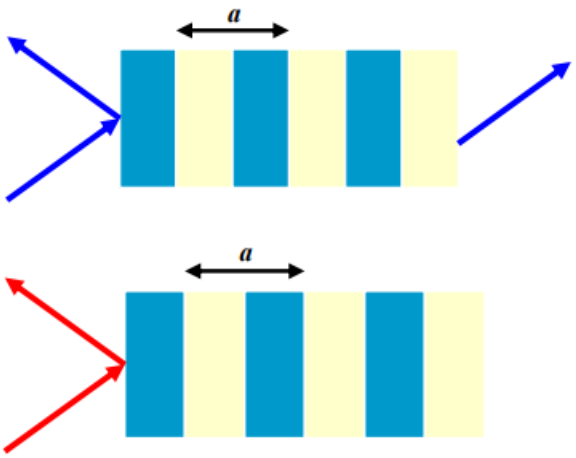
بتابانید. نور به‌راحتي در خطوط راست بدون هيچ مشكلي حركت مي‌كند. حال اگر لوله مستقيم نباشد و در طول خود خميدگي داشته باشد انتقال نور دچار مشكل مي‌شود. براي اين منظور مي‌توانيد از يك آينه استفاده كنيد كه در محل خميدگي راهرو قرار مي‌گيرد و نور را در جهت مناسب منحرف مي‌كند. اگر راهرو خيلي پيچ در پيچ باشد و خم‌هاي زيادي داشته باشد كار سخت‌تر شده و در اين حالت مي‌توانيد ديوارها را با آينه بپوشانيد و نور را به دام بيندازيد به‌طوريكه در طول راهرو از يك گوشه به گوشه ديگر بپرد. اين دقيقا همان چيزي است كه در يك فيبر نوري اتفاق مي‌افتد. نور در يك كابل فيبر نوري، بر اساس قاعده‌اي موسوم به بازتابش داخلي، مرتباً به وسيله‌ی ديواره آينه‌پوش لايه‌اي كه هسته را فرا گرفته، به اين‌سو و آن‌سو پرش مي‌كند و در طول هسته پيش مي‌رود. در يك تقسيم‌بندي كلي فيبرهاي نوري را با توجه به قطر هسته به دو دسته تك‌حالتي و چندحالتی تقسيم مي‌شوند. قطر هسته‌ی كابل تك‌حالته نسبت به كابل چندحالته كمتر بوده و قادر است سيگنال‌هاي نوري را تنها در يك مسير انتقال دهد اما در كابل‌هاي چندحالته به دليل بزرگ‌تر بودن قطر هسته‌ی آن امكان عبور سيگنال‌هاي نوري با طول موج‌هاي مختلف و در چندين مسير متفاوت وجود دارد. با استفاده از فيبرهاي چندحالتي مي‌توان پهناي باند بيشتري را منتقل كرد ولي به دليل بالا رفتن قطر هسته باعث بالا رفتن ميزان اتلاف پالس نوري در طول‌هاي زياد مي‌شوند.



شكل۳: نمايش نحوه‌ی انتشار امواج الكترومغناطيسی در فيبرهای نوری تک و چند حالته.[۱]

علاوه بر مزاياي گفته شده، فيبرهاي نوري داراي معايبي هم هستند. به‌عنوان نمونه، در هنگام كابل‌كشي بايد دقت فراواني به خرج داد زيرا كه امكان شكستن فيبر در صورت گذشتن از يك حد معين وجود دارد و يا اينكه هسته و روكش بايد ضرايب شكست متفاوتي داشته باشند ولي بايد ويژگي‌هاي حرارتي يكساني داشته باشند كه همين موضوع بر محدوديت‌هاي كار با اين دسته از فيبرها مي‌افزايد. همچنين اين دسته از فيبرها به ضربه بسيار حساس مي‌باشند و بايد به شدت از آن‌ها محافظت كرد. با توجه به مطالب گفته شده، و محدوديت‌هاي موجود، محققين در تلاش هستند تا نسل جديد از فيبرهاي نوري با نام فيبرهاي بلور فوتوني را مورد بررسي و آزمايش قرار دهند.[۱]

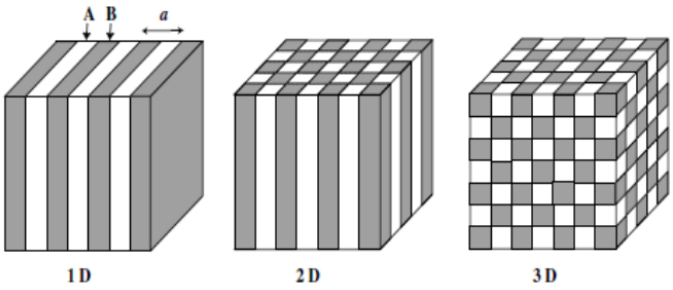
بلورهای فوتونی



شکل۴: بلور فوتونی یک بعدی و پاسخ آن به دو طول موج متفاوت.[۳]

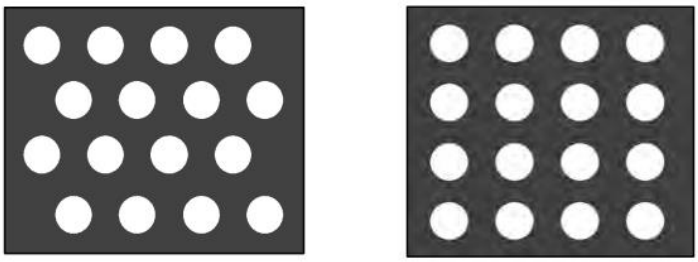
بلور فوتوني را به‌طور ساده مي‌توان يك محيط با خواص اپتيكي متناوب تعريف كرد. مثلاً يك محيط اپتيكي متناوب در شكل (۴) نشان داده شده است كه قسمت‌هاي تيره داراي گذردهي الكتريكي ε و مغناطيسي μ همگن و متفاوت نسبت به قسمت‌هاي روشن هستند. اين سيستم را مي‌توان به‌عنوان يك بلور فوتوني ساده‌ی يك‌بعدي در نظر گرفت. بلور فوتوني بسيار پاشنده است و ميزان گذردهي و انعكاس آن به شدت وابسته به طول موج مي‌باشد. اين ويژگي در شكل زير براي يك بلور فوتوني كه ضريب گذردهي آن براي نور آبي بزرگ‌تر از صفر و براي نور قرمز تقريباً صفر مي‌باشد نمايش داده شده است.

در شكل فوق a ثابت شبكه و يا دورهٔ تناوب ناميده مي‌شود و نمايانگر حداقل طول فضايي است كه ساختار شبكه در آن تكرار مي‌گردد. به بيان ديگر ε(x)= ε(x+a) كه در آن ε(0) تابع مكاني گذردهي الكتريكي است. مي‌توان نشان داد كه مهم‌ترين اثر ناشي از تناوب وجود محدوده‌هايي پيوسته و كراندار در حوزه‌ی بسامد است كه در آن‌ها امكان انتشار موج در ساختار وجود ندارد. به اين نواحي گاف فوتوني يا نوار ممنوع بسامد گفته مي‌شود. بين هر دو گاف فوتوني متوالي يك نوار مجاز بسامد قرار دارد (و برعكس) كه انتشار موج در آن تحت شرايطي امكان‌پذير است.[۳]



شکل۵ :نمایشی از بلورهای فوتونی یک، دو و سه بعدی.[۴]

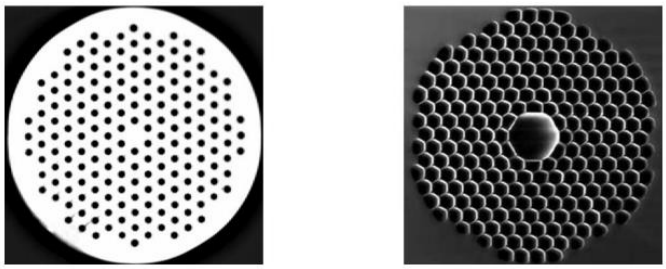
اگر اين تكرار در يك‌بعد باشد به بلور تشكيل شده، بلورهای فوتونی یک‌بعدی می‌گوییم. تكرار ساختار متناوب در دو و سه‌بعد نيز بلورهای فوتونی دو و سه‌بعدی را به وجود خواهد آورد.



شکل۶: شبکه‌ی بلور فوتونی با ساختار مربعی(سمت راست) و مثلثی (سمت چپ).[۲]

بلور فوتونی دوبعدی بیشتر در ساخت فیبر بلور فوتونی کاربرد دارد. دو نوع شبکه بلوری «مربعی» و «مثلثی» از اهمیت بیشتری برخوردار هستند.[۲]

فیبرهای بلور فوتونی

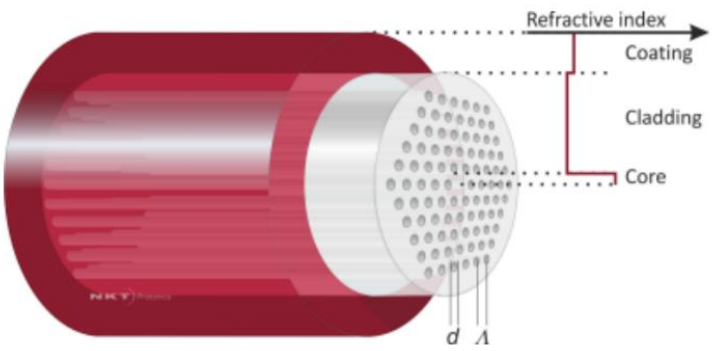


شکل۷: تصویر واقعی از سطح مقطع فیبرهای بلور فوتونی، راست: فیبر توخالی، چپ: فیبر بلور فتونی تو پر.[۱]

فیبرهای بلور فوتونی معمولاً فقط از یک نوع ماده ساخته می‌شوند، یعنی یک استوانه شیشه‌ای با آرایه متناوبی از سوراخ‌های هوا در اطراف هسته می‌باشند و این سوراخ‌های هوا در طول فیبر امتداد دارند. فیبرهاي بلور فوتوني با فیبرهاي معمولي متفاوتند و بر اساس خواص بلورهاي فوتوني ساخته و پرداخته مي‌شوند.[۲]

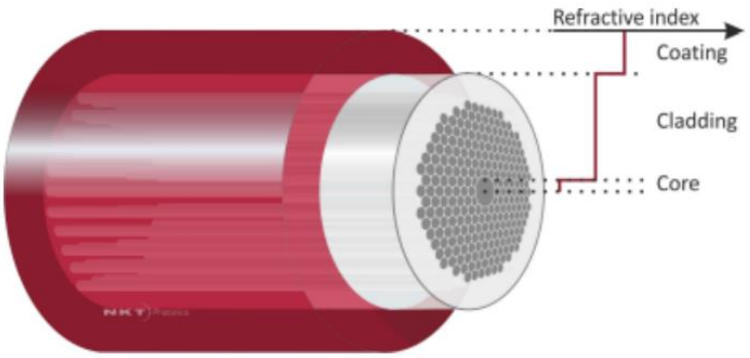
این فیبرها مثل فیبرهاي معمولي داراي هسته و روکش هستند با این تفاوت که روکش در واقع يك بلور فوتوني است. در شکل ۷ سطح مقطع چند نمونه از این فیبرها نشان داده شده است. در يك تقسیم‌بندي کلي این دسته از فیبرها را به دو دسته فیبرهاي بلور فوتوني تو خالي و فیبر بلور فوتوني تو پر تقسیم‌بندي مي‌کنند.[۱]

در بلورهاي فوتوني مرکز پر ضریب شکست هسته از ضریب شکست محیط اطراف بیشتر است. به‌عنوان نمونه همان‌طور که در شکل ۷ نشان داده شده است، مي‌توان يك فیبر بلور فوتوني با هسته‌اي از جنس سیلیکا که اطراف آن را بلور فوتوني با شبکه‌ی مثلثي از حفره‌هاي هوا ساخته شده است را در نظر گرفت. در شکل ۸ این اختلاف ضریب شکست نشان داده شده است. همین اختلاف در ضریب شکست در تشابه با فیبرهاي معمولي باعث انتشار امواج الکترومغناطیسي در طول فیبر مي‌شود. در شکل ۸ مي‌توان دریافت که ضریب شکست مرکز از اطراف آن بیشتر است.[۱]



شکل۸: نحوه‌ی توزیع ضریب شکست در یک فیبر مرکز پر.[۱]

دسته‌اي ديگر از فيبرهاي بلور فوتوني، فيبرهايی هستند كه مركز آن‌ها خالي است يا با ماده‌اي پر شده‌اند كه ضريب شكست آن از ضريب شكست محيط اطراف كمتر است. در اين دسته از فيبرها امكان انتقال امواج الكترومغناطيسي يا استفاده از بازتابش كلي داخلي وجود ندارد. اين فيبرها با استفاده از ناحيه‌ی ممنوعه فركانسي يا همان باند ممنوعه‌ی فوتوني امواج الكترومغناطيسي را منتشر مي‌كنند به‌طوري‌كه اگر نور در ناحيه ممنوعه فركانسي قرار گرفته باشد در درون فيبر به تله افتاده و منتشر نمي‌شود و اگر در ناحيه‌اي غير از ناحيه ممنوعه باشد وارد غلاف شده و از فيبر خارج مي‌شود. در شكل ۹ نحوه‌ی توزيع ضريب شكست در يك فيبر مركز خالي نشان داده شده است.[۱]



شكل۹: نحوه‌ی توزيع ضريب شكست در يک فيبر مركز خالی.[۱]

می‌توان اين فيبرها را بر اساس كاربرد يا ويژگی مهم آن‌ها دسته‌بندی كرد. ولی معروف‌ترين انواع فيبر بلور فوتونی عبارت‌اند از:[۲]

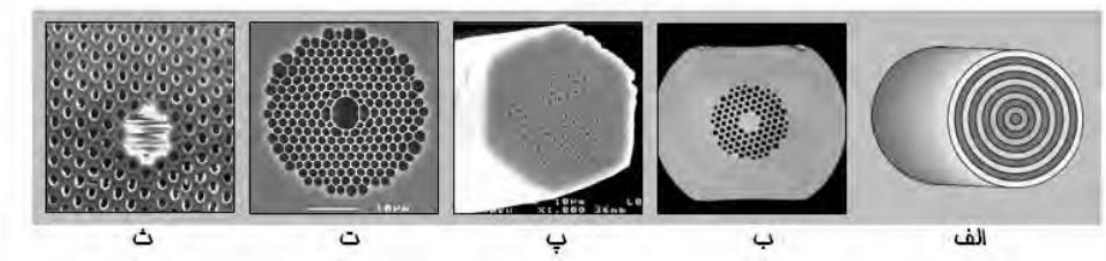
الف) فيبر براگ: فيبری است كه ساختار آن از حلقه‌های نازک هم‌مركز و از دی الكتريک هايی به‌طور يک در ميان تشكيل شده است.

ب) فيبر سوراخ‌دار: فيبرهای بلور فوتونی كه ساختار شبكه‌ی بلور فوتونی آن‌ها با استفاده از سوراخ‌های هوا تشكيل می‌شود.

پ) فيبر شكاف باند فوتونی: فيبرهايی كه مكانيزم محدودسازی نور در آن‌ها با استفاده از شكاف باند فوتونی انجام می‌شود؛ به اين معنی كه ضريب شكست هسته از غلاف كمتر است.

ت) فيبر هسته پر سوراخ‌دار: فيبر نوری كه محدودسازی نور در آن به وسيله مكانيزم بازتاب كلی اصلاح شده انجام می‌گيرد و ساختار آن نيز از سوراخ‌های هوايی تشكيل شده است. تفاوت آن با فيبر سوراخ‌دار اين است كه در اين فيبر هسته تو پر است در حالی كه در فيبر سوراخ‌دار هسته می‌تواند تو خالی نيز باشد.

ث) فيبر هسته تو خالی: يا فيبر با هسته هوايی همان‌طور كه از نامش مشخص است، فيبرهايی با هسته هوايی هستند و مكانيزم محدودسازی نور در آن شكاف باند فوتونی است.



شكل۱۰: نمونه‌هايی از انواع فيبرهای بلور فوتونی. به ترتيب: فيبر براگ-فيبر سوراخ‌دار- فيبر هسته پر سوراخ‌دار- فيبر شكاف باند فوتونی- فيبر هسته تو خالی[۲]

ویژگی‌های فیبرهای بلور فوتونی

- یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های فیبرهای بلور فوتونی، تک مد بودن در همه محدوده طول موج‌ها است. [۲]
- امکان پر کردن سوراخ‌های فیبر با گاز یا مایعات برای داشتن ضریب شکست مناسب‌تر. [۲]
- ویژگی جالب دیگر فیبرهای بلور فوتونی، کنترل‌پذیر بودن پاشندگی آن‌هاست که انتظار می‌رود در زمینه‌های مختلف مخابراتی و غیر مخابراتی مثل حسگرها کاربردهای زیادی داشته باشند. [۲]
- امکان ایجاد پاشندگی ثابت[۴۸] و نزدیک به صفر در بازه‌ی وسیعی از طول موج.
- پاشندگی صفر در هر طول موج دلخواهی (از مادون قرمز تا ماورای بنفش) قابل طراحی است.
- امکان داشتن پاشندگی منفی با اندازه‌ای بزرگ.

فیبرهای جبران پاشندگی با پاشندگی منفی باعث جبران پاشندگی ایجاد شده در فیبر نوری می‌شوند.[٤]

- خواص بسیار غیر عادی پاشندگی، مثلاً پاشندگی منفی در طول موج‌های مرئی.

کاربرد بلورهای فوتونی و فیبرهای بلور فوتونی : بلورهای فوتونی کاربردهای فراوانی در سیستم‌های مخابراتی، مدارهای مجتمع نوری و الکترونیک نوری دارند. با استفاده از فیبرهای بلور فوتونی می‌توان نور را درون هوا هدایت نمود. در این حالت اتلاف به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته و نیاز به تقویت نیست.[٤]

نتیجه‌گیری

گرچه در سال‌های اخیر استفاده از فیبرهای بلور فوتونی زیاد شده است ولی هنوز تعداد زیادی از کاربردهای آن کشف نشده است و این انتظار می‌رود که این شاخه از علم تا سال‌های زیادی پا برجا بماند و فرصت‌های زیادی را هم در زمینه طراحی فیبر و هم در کاربردهای آن برای خلق کارهای جدید ایجاد کند.[2]

منابع

۱-فتح الهی خلخالی، تایماز،، فیبرهای بلور فوتونی، اولین همایش ملی فن آوری در مهندسی کاربردی،تهران،1395

۲-زادعلی محمدکوتیانی، احمد و جوادی نسب، امین و محمدیان، حامد و بهروزیان نژاد، ابراهیم، معرفی فیبرهای بلور فوتونی،دوازدهمین کنفرانس دانشجویی مهندسی برق ایران،تبریز،۱۳۸۸

۳-سینا خراسانی، "مقدمه‌ای بر اپتیک بلورهای فوتونی"، تهران، دانشگاه صنعتی شریف، فروردین ۱۳۸۶

۴-عصمت جعفری، بررسی مهندسی پاشندگی در فیبرهای بلور فوتونی،۱۳۹۳

۵-مهدی شادپور، "فن آوری و کاربردهای فیبر نوری تهران، نظری،۱۳۹۵

[۴۸] Ultra-Flattened Dispersion

نور، صدا، دوربین ... اوپنهایمر

معصومه محمدی دانشجوی کارشناسی فیزیک ۱۴۰۰ دانشگاه الزهرا(س) m.mohammadi@student.alzahra.ac.ir

[۷]

۲۱ژوئیه ۲۰۲۳ آخرین ساخته کریستوفر نولان[۴۹] که بخش مهمی از زندگی جی رابرت اوپنهایمر[۵۰]، فیزیکدان آمریکایی و پدر بمب اتم را به تصویر می‌کشد اکرانش را در سینماهای جهان آغاز کرد. این خبر مثل بمب در رسانه های جهان صدا می‌کند تا اوپنهایمر این بار مرد شماره یک روی پرده سینماهای جهان باشد.

البته فیلم نولان تنها اثر درباره اوپنهایمر نیست که تابستان ۲۰۲۳ به نمایش درآمد؛ ۱۰ ژوئیه، تنها چند روز قبل از اکران فیلم اوپنهایمر، مستند «برای پایان دادن به تمام جنگ‌ها: اوپنهایمر و بمب اتم»[۵۱] به کارگردانی کریستوفر کَسِل[۵۲] منتشر شد، که به روایت زندگی پدر بمب اتم می‌پردازد.

بعد از تماشای این دو اثر فکر کردم بهتر است یادداشتی را درمورد آن‌ها بنویسم. به هر حال آنچه که امروز روی پرده سینما است و آنچه که روایت می‌شود زندگی فیزیکدانی است که به عنوان یکی از پایه گذاران فیزیک

---

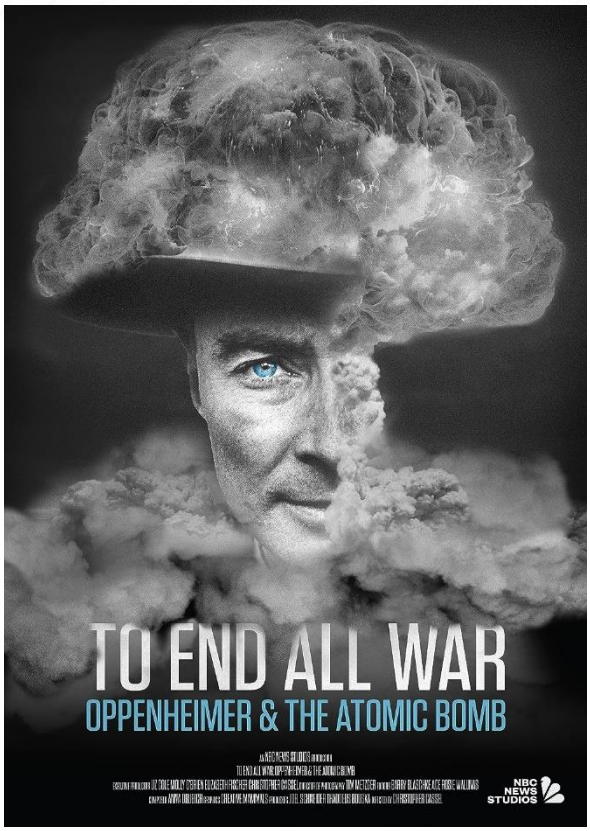
[49] Christopher Nolan

[50] J. Robert Oppenheimer

[51] To End All War: Oppenheimer & the Atomic Bomb

[52] Christopher Cassel

آخرین ساخته کریستوفر نولان روایتی ۱۸۰ دقیقه‌ای بر اساس کتاب «پرومته آمریکایی، پیروزی و تراژدی جی رابرت اوپنهایمر»[۵۳] از ۴ دهه‌ی زندگی رابرت اوپنهایمر (از دوران دانشجویی‌اش در کمبریج تا دادگاهی که منجر به لغو مجوز امنیتی وی می‌شود) با بازی «کیلین مورفی»[۵۴] است. دوربین نولان با تصویربرداری آی‌مکس[۵۵] زندگی پر-التهاب پدر بمب اتم را در دل دراماتیک‌ترین لحظات قرن بیستم به تصویر می‌کشد و در این روایت مخاطبش را با انبوهی از اطلاعات رو به رو می‌کند. این اطلاعات به قدری زیاد است که گاهی ممکن است بیننده را سردرگم کند.



پوستر مستند «برای پایان دادن به تمام جنگ ها: اوپنهایمر و بمب اتم» / اعتبار تصویر: NBC

اگر شما هم مثل من اطلاعات کافی درباره شخصیت اوپنهایمر و نیز جزئیات جنگ جهانی دوم و ساخت بمب اتم ندارید پیشنهاد می‌کنم قبل از تماشای فیلم «اوپنهایمر» مستند «برای پایان دادن به تمام جنگ ها: اوپنهایمر و بمب اتم» را ببینید.

این مستند ۸۷ دقیقه‌ای روایت دقیقی از زندگی رابرت اوپنهایمر را با حضور چهره‌های مختلف از جمله چارلز اوپنهایمر[۵۶] (نوه جی رابرت اوپنهایمر)، دکتر میچیو کاکو[۵۷] (فیزیکدان نظری آمریکایی ژاپنی تبار)، بیل نای[۵۸](آموزگار علم آمریکایی) و کای بیرد[۵۹](یکی از دو نویسنده کتاب پرومته آمریکایی، پیروزی و تراژدی جی رابرت اوپنهایمر) ارائه می‌کند و ذهنیت درستی را قبل از تماشای فیلم سه ساعته نولان به شما می‌دهد. البته حضور خود کریستوفر نولان نیز در این مستند و اظهار نظراتش درباره

---

[۵۳] American Prometheus: The Triumph and Tragedy of J. Robert Oppenheimer؛ کتابی به نویسندگی «مارتین شروین» و «کای بیرد» که زندگینامه جی رابرت اوپنهایمر را روایت می‌کند و توسط انتشارات آلفرد ای. کناف سال ۲۰۰۵ منتشر شد نگارش این کتاب ۲۵ سال به طول انجامید و سال ۲۰۰۶ برنده جایزه پولیتزر شد.

[54] Cillian Murphy

[۵۵] IMAX (Image Maximum) ؛ آی‌مکس یک سیستم اختصاصی از دوربین‌های با وضوح بالا، فرمت‌های فیلم، پروژکتورهای فیلم و سالن‌هایی با صفحه نمایش بسیار بزرگ با نسبت ابعاد بلند است. آی‌مکس دارای ظرفیت ضبط و نمایش تصاویر با اندازه و وضوح بسیار بیشتری نسبت به سیستم‌های سنتی و قدیمی فیلم است.

[56] Charles Oppenheimer

[57] Michio Kaku

[58] Bill Nye

[59] Kai Bird

پخش‌هایی از زندگی اوپنهایمر از نکات جالب توجه است. کسل برای نمایش بسیاری از صحنه‌ها از تصاویر و فیلم‌های آرشیوی استفاده کرده است و قسمت‌هایی که آرشیوی از آن‌ها وجود ندارد، مانند اوایل جوانی اوپنهایمر یا حتی دیدار او با هری ترومن[۶۰] (رئیس جمهور وقت آمریکا) را با انیمیشن بازسازی کرده کرده است.

بعد از تماشای این مستند اجازه دهید برویم سراغ رابرت اوپنهایمر، زندگینامه‌اش و فیلم «اوپنهایمر» :

جولیوس رابرت اوپنهایمر، فیزیکدان نظری آمریکایی و معروف به پدر بمب اتمی، ۲۲ آویل ۱۹۰۴ (یک سال قبل از سال جادویی فیزیک که اینشتین چهار مقاله تاریخی خود را منتشر کند) در خانواده‌ای یهودی - آلمانی که به آمریکا مهاجرت کرده بودند، در نیویورک متولد شد. او در مدرسه جامعه فرهنگ اخلاقی[۶۱] تحصیل کرد که آزمایشگاه فیزیک آن از آن زمان به نام او نامگذاری شده است. در سال ۱۹۲۲ وارد هاروارد شد و شروع به تحصیل در رشته شیمی کرد اما خیلی زود با گذراندن درسی در ترمودینامیک که پرسی بریجمن[۶۲] آن را درس می‌داد، به فیزیک تجربی علاقه‌مند شد. سال ۱۹۲۵ با درجه ممتاز از هاروارد فارغ التحصیل شد و برای انجام تحقیقات در آزمایشگاه کاوندیش[۶۳] دانشگاه کمبریج به انگلستان رفت که تحت نظر جی جی تامسون کار می‌کرد.

[۷]

داستان فیلم نولان از همین سال‌های زندگی اوپنهایمر در کمبریج آغاز می‌شود. جایی که خودش می‌گوید برای یاد گرفتن فیزیک جدید آمریکا را ترک می‌کند و راهی اروپا می‌شود؛ چرا که در این سال‌ها فیزیک کوانتوم در اروپا به شدت در حال رشد و توسعه است.

اوپنهایمر در کمبریج سال‌های سختی را از لحاظ روحی می‌گذراند. در نامه‌ای که به یکی از دوستانش نوشته بود می‌گوید: "من دوران بسیار بدی را می‌گذرانم.کار در آزمایشگاه بسیار خسته کننده است و من آنقدر در آن بد هستم که احساس نمی‌کنم دارم چیزی یاد می گیرم."

این حال بد او در کمبریج به خوبی در فیلم نولان به تصویر کشیده شده است. در دقایق ابتدایی فیلم، سر کلاس پاتریک بلاکت[۶۴]، اوپنهایمر آزمایشی را اشتباه انجام می‌دهد و بلاکت با انجام دوباره آزمایش، او را تنبیه

---

[60] Harry S. Truman

[61] Ethical Culture Fieldston School (ECFS)

[۶۲] Percy Williams Bridgman ؛ پرسی ویلیام بریجمن فیزیک‌دان آمریکایی و استاد دانشگاه هاروارد بود که در سال ۱۹۴۶ به خاطر اختراع دستگاه تولید فشار بسیار زیاد و کشف در زمینه فیزیک فشارهای زیاد، موفق به دریافت جایزه فیزیک نوبل گردید.

[۶۳] Cavendish Laboratory ؛ آزمایشگاه کاوندیش بخشی از دانشکده فیزیک دانشگاه کمبریج است که در سال ۱۸۷۴ به عنوان یک آزمایشگاه آموزشی زیرنظر جیمز کلرک ماکسول بنیان شد.

[۶۴] Patrick Blackett ؛ فیزیکدان تجربی بریتانیایی که به دلیل کارهایش در زمینه اتاقک ابر، پرتوهای کیهانی و دیرینه‌مغناطیس‌شناسی برنده جایزه نوبل فیزیک در ۱۹۴۸ شد. او در سال ۱۹۲۵ اولین شخصی بود که اثبات کرد رادیو اکتیویته قادر است منجر به ایجاد جهش هسته‌ای یک عنصر شیمیایی به عنصر دیگری شود.

می‌کند و از حضور به موقع در کنفرانس نیلز بور باز می‌دارد. خودش اعتراف می‌کند که به درد کار آزمایشگاهی نمی‌خورد.

پس به پیشنهاد بور به دانشگاه گوتینگن[65] آلمان که یکی از مراکز پیشرو در فیزیک نظری جهان بود می‌رود تا زیر نظر ماکس بورن[66] فیزیک‌نظری را یاد بگیرد. اوپنهایمر در اروپا با افرادی آشنا شد که هر کدام از آن‌ها به موفقیت‌های بسیار بزرگی در فیزیک دست یافتند، از جمله ورنر هایزنبرگ، پاسکوال جردن[67]، ولفگانگ پائولی، انریکو فرمی و ادوارد تلر[68].

اوپنهایمر مدرک دکترای خود را در سال ۱۹۲۷ از گوتینگن دریافت کرد. او زمانی که در اروپا بود بیش از ده مقاله منتشر کرد که مهم‌ترین آن‌ها مقاله معروفی در مورد تقریب بورن–اوپنهایمر[69] بود که او و بورن با هم منتشر کردند. این تقریب، حرکت هسته‌ای را از حرکت الکترونی در رفتار ریاضی مولکول‌ها جدا می‌کند و اجازه می‌دهد حرکت هسته‌ای برای ساده سازی محاسبات نادیده گرفته شود. این مقاله پر استنادترین اثر اوست.

اوپنهایمر در سپتامبر ۱۹۲۷ به عضویت شورای تحقیقات ملی ایالات متحده آمریکا[70] در موسسه فناوری کالیفرنیا (کلتک) درآمد. از طرفی بریجمن نیز در هاروارد خواهان او بود، بنابراین توافقی حاصل شد که به موجب آن او در سال تحصیلی ۲۸-۱۹۲۷ همکاری خود را بین هاروارد در سال ۱۹۲۷ و کلتک در سال ۱۹۲۸ تقسیم کرد.

در پاییز ۱۹۲۸، اوپنهایمر از موسسه پاول ارنفست[71] در دانشگاه لیدن[72] هلند دیدن کرد و با وجود اینکه تجربه کمی از زبان هلندی داشت، تحت تاثیر سخنرانی به این زبان قرارگرفت. در آنجا به او لقب "اوپی" داده شد که بعدها توسط شاگردانش به عنوان "اوپی" شناخته‌شد. او از لیدن به موسسه فناوری فدرال سوئیس(ETH)[73] در زوریخ رفت و تا سال ۱۹۲۹، درست زمانی که جامعه فیزیک، از جمله دیراک و هایزنبرگ، در حال دست‌وپنجه نرم‌کردن با الکترودینامیک کوانتومی(QED) بودند، با ولفگانگ پائولی در در زمینه مکانیک کوانتومی و طیف پیوسته همکاری می‌کرد.

---

[65] University of Göttingen

[66] Max Born ؛ فیزیکدان و ریاضی دان آلمانی – بریتانیایی که نقش اساسی در توسعه مکانیک کوانتومی داشت. او در سال ۱۹۵۴ جایزه نوبل فیزیک را به خاطر «تحقیقات بنیادی در مکانیک کوانتوم، به ویژه در تفسیر آماری تابع موج» دریافت کرد.

[67] Pascual Jordan

[68] Edward Teller

[69] Born–Oppenheimer approximation

[70] United States National Research Council

[71] Paul Ehrenfest

[72] University of Leiden

[73] Swiss Federal Institute of Technology (ETH)

در تابستان ۱۹۲۹، اوپنهایمر تجربه خود با الکترودینامیک کوانتومیِ اروپا را به آمریکا آورد و به پایه‌گذاری و شکوفایی آن در آمریکا کمک کرد. او بعد از بازگشت به کشورش به عنوان استادیار فیزیک در دانشگاه کالیفرنیا، برکلی و کلتک مشغول به کار شد. در برکلی او با ارنست لارنس[۷۴]، فیزیکدانان تجربی برجسته و مخترع سیکلوترون، آشنا شد و دوستی عمیقی بین آن‌ها شکل گرفت.

همچنین با تاسیس مدرسه ملی فیزیک نظری در دانشگاه برکلی، اوپنهایمر به عنوان بنیان گذار مکتب فیزیک نظری آمریکا شناخته شد. اولین کلاس او در برکلی فقط با حضور یک شاگرد (جیووانی روسی لومانیتز[۷۵]) در فیلم به تصویر کشیده می‌شود و سپس به زودی کلاس‌هایش مملو از دانشجوهای مشتاق فیزیک کوانتوم می‌شود.

اوپنهایمر شیفتگی طولانی مدت خود به اخترفیزیک را در دهه ۱۹۳۰ دنبال کرد و مجموعه‌ای از موضوعات از جمله پرتوهای کیهانی و ستاره‌های نوترونی را منتشرکرد. او با همکاری هارتلند اسنایدر[۷۶] از معادلات نسبیت عام برای ردیابی جرم در حال فروپاشی یک ستاره نوترونی استفاده کرد. این کارِ نظری به پیش بینی سیاه چاله‌ها می‌انجامید. نوه‌ی اوپنهایمر در بخشی از مستند «برای پایان تمام جنگ‌ها: اوپنهایمر و بمب اتم» می‌گوید تلاش‌های پدربزرگش در زمینه سیاهچاله‌ها باید جایزه‌ی نوبل را برای او به ارمغان می‌آورد.

درسال ۱۹۳۶ اوپنهایمر باحضور در جلسات و دورهمی‌های کمونیستی به اهداف چپ سیاسی علاقه‌مند شد. هرچند که خودش هرگز به صورت رسمی عضو حزب کمونیست نبود اما فعایت‌های کمونیستی افراد نزدیک به او از جمله برادرش فرانک (که او نیز فیزیکدان بود) و همچنین ارتباط اوپنهایمر با جین تتلاک[۷۷] (دانشجوی دانشکده پزشکی استنفورد و عضو حزب کمونیست)، سال‌ها بعد در دوران مک کارتیسم[۷۸] از دلایلی بود که منجر به لغو مجوز امنیتی وی شد.

فیلم نولان نشان می‌دهد که چگونه دولت آمریکا در ابتدا با وجود آگاهی از وابستگی‌های کمونیستی اوپنهایمر در طول پروژه منهتن که مشخص می‌شود او فرد مناسبی برای رهبری این پروژه است، تصمیم گرفت پیشینه او را نادیده بگیرد. اما بعد از سال‌ها در اوج دوران ضدکمونیستی آمریکا، لویس استراوس[۷۹]، رئیس هیت مدیره کمسیون انرژی اتمی آمریکا، که شواهدی بر جاسوسی شوروی از برنامه اتمی آمریکا داشت و به‌سبب پیشینه چپ‌گرایانه اوپنهایمر و مخالفت‌هایش با توسعه اتمی آمریکا، به‌ویژه توسعه بمب

---

[74] Ernest Lawrence

[75] Giovanni Rossi Lomanitz

[76] Hartland Snyder

[77] Jean Tatlock

[78] McCarthyism؛ مک‌کارتیسم اصطلاحی است برای اشاره به فعالیت‌های ضدکمونیستی سناتور جوزف مک‌کارتی در آغاز دوره جنگ سرد که موجب شد موجی از عوام‌فریبی، سانسور، فهرست‌های سیاه، گزینش شغلی، مخالفت با روشنفکران، افشاگری‌ها و دادگاه‌های نمایشی و تفتیش عقاید، فضای اجتماعی دهه ۱۹۵۰ آمریکا را دربرگیرد. بسیاری از افراد به ویژه روشنفکران، به اتهام کمونیست بودن شغل خود را از دست دادند و به طرق مختلف آزار و اذیت شدند.

[79] Lewis Strauss

هیدروژنی، به او مشکوک بود، یک دوره بازجویی یک‌ماهه از اوپنهایمر ترتیب داد و سرانجام، مجوز امنیتی او را لغو کرد. نولان زندگی اوپنهایمر را با رفت و برگشت‌های زمانی متعدد به این جلسات بازجویی و دادگاهی روایت می‌کند. او برای تصویربرداری این قسمت‌ها برای نخستین بار از تصویربرداری آنالوگ سیاه‌وسفید آی‌مکس استفاده کرده است.

سال ۱۹۳۹، خبر شکافتن هسته اتم اورانیوم با بمباران نوترونی آن توسط اتو هان[۸۰] و فریتس اشتراسمان [۸۱] در آلمان همه جا می پیچد. این خبر را لارنس و لوئیس والتر آلوارز[۸۲] به اوپنهایمر می‌دهند، او پای تخته سیاه می‌رود و محاسباتی را انجام می‌دهد. نتیجه؟ این کار از نظر تئوری نشدنی است! اما آلوارز در آزمایشگاه‌شان با بازسازی آزمایشی که در آلمان انجام شده است شکافت هسته‌ای را مشاهده می‌کند.

همه فیزیکدان‌ها اکنون می‌دانند چه اتفاقی در حال رخ دادن است ... آلمان نازی در راه رسیدن به بمب اتم...!

نامه‌ای توسط لئو زیلارد[۸۳] نوشته شده، به امضای آلبرت اینشتین رسیده و به دست فرانکلین روزولت[۸۴]، رئیس جمهور وقت آمریکا، می‌رسد. آن‌ها در این نامه از فعالیت‌های هسته‌ای آلمان نازی برای تولید بمب اتم اظهار نگرانی کرده و پیشنهاد می‌کنند ایالات‌متحده نیز فعالیت‌های هسته‌ای خود را آغاز کند. مقدمات تشکیل یک تیم پژوهشی برای ساخت سلاح هسته‌ای در آمریکا فراهم می‌شود: «پروژه منهتن»! تحت نظارت ژنرال لسلی گروز[۸۵] از ارتش ایالات متحده، پروژه منهتن آغاز می‌شود. او رابرت اوپنهایمر را به رهبری این پروژه انتخاب می‌کند.

اوپنهایمر پیشنهاد ساخت آزمایشگاه مخفی وسط ناکجا آباد را می‌دهد که قرار است شهری کوچک با همه امکانات باشد تا بهترین دانشمندان جهان برای ساخت بمب اتم در آنجا گرد هم آیند. «اوپی» درجایی گفته است بیابان‌های نیومکزیکو و فیزیک دو عشق بزرگ او هستند. لس آلاموس، آزمایشگاهی در قلب بیابان‌های نیومکزیکو، ساخته می‌شود. تعداد زیادی از نوابغ بزرگ جهان که بسیاری از آن‌ها برندگان جایزه نوبل به شمار می‌آیند در این آزمایشگاه گرد هم می‌آیند. هدف ساخت بمب اتم است، قبل از آنکه هیتلر و نازی‌ها موفق به انفجار آن شوند.

دو عشق بزرگ اوپنهایمر اکنون در کنار یکدیگر: فیزیک و لس آلاموس... .

---

[۸۰] Otto Hahn؛ شیمی‌دان آلمانی که به خاطر کشف شکافت هسته‌ای جایزه نوبل شیمی در سال ۱۹۴۴ را بدست آورد. او در ایجاد اولین نیروگاه هسته‌ای نقشی مؤثر داشت.

[81] Friedrich Wilhelm Strassmann

[82] Luis Walter Alvarez

[83] Leo Szilard

[84] Franklin D. Roosevelt

[85] Leslie Groves

اوپنهایمر و رابرت سربر[۸۶] مشکلات انتشار نوترون (چگونگی حرکت نوترون‌ها در یک واکنش زنجیره‌ای هسته-ای) و هیدرودینامیک (چگونگی رفتار انفجار تولید شده توسط یک واکنش زنجیره‌ای) را بررسی کردند.

اوپنهایمر و فرمی برای بررسی این اثر و نظریه کلی واکنش‌های شکافت، جلساتی را با حضور فیزیکدانان نظری هانس بته[۸۷]، جان وان ولک[۸۸]، ادوارد تلر، امیل کونوپینسکی[۸۹]، رابرت سربر، استن فرانکل[۹۰] و الدرد سی.(کارلایل)نلسون[۹۱]، و نیز فیزیکدانان تجربی امیلیو سگره[۹۲]، فلیکس بلوخ[۹۳]، فرانکو راستی[۹۴]، جان هنری مانلی[۹۵] و ادوین مک میلان[۹۶] در ماه ژوئن در دانشگاه شیکاگو و در ژوئیه ۱۹۴۲ در دانشگاه کالیفرنیا تشکیل دادند و به طور آزمایشی تایید کردند که یک بمب شکافت از لحاظ تئوری امکان پذیر است. خواص اورانیوم ۲۳۵ خالص مانند خواص پلوتونیوم که به تازگی توسط گلن سیبورگ[۹۷] و تیمش کشف شده بود نسبتا ناشناخته بود. دانشمندان در کنفرانس ژوئیه ۱۹۴۲ برکلی، ایجاد پلوتونیوم در راکتورهای هسته‌ای که در آن اتم‌های اورانیوم ۲۳۸ نوترون‌های ساطع شده از شکافت اورانیوم ۲۳۵ را جذب می‌کردند، پیش‌بینی کردند. در این مرحله هیچ راکتوری ساخته نشده بود و تنها مقادیر کمی پلوتونیوم از سیکلوترون‌ها در دسترس بود. حتی تا دسامبر ۱۹۴۳، فقط دو میلی گرم از آن تولید شده بود.روش های زیادی برای قرار دادن مواد شکافت پذیر در یک جرم بحرانی[۹۸] وجود داشت. ساده ترین آن ها پرتاب یک «پلاگ استوانه‌ای»[۹۹] به کره‌ای از «ماده فعال» با یک «ماده متراکم» بود که نوترون ها را به سمت داخل متمرکز می‌کرد و جرم واکنش دهنده را در کنار هم نگه می‌داشت تا کارایی آن را افزایش دهد. آن‌ها همچنین طرح‌های کروی، شکل ابتدایی

لحظه‌ی انفجار بمب اتم در فیلم[۷]

[86] Robert Serber
[87] Hans Bethe
[88] John Van Vleck
[89] Emil Konopinski
[90] Stan Frankel
[91] Eldred C. (Carlyle) Nelson
[92] Emilio Segrè
[93] Felix Bloch
[94] Franco Rasetti
[95] John Henry Manley
[96] Edwin McMillan
[97] Glenn Seaborg

[98] Critical mass ؛ جرم بحرانی در فناوری هسته‌ای کمترین مقدار مواد شکاف پذیر مورد نیاز برای رخ دادن یک واکنش زنجیره‌ای هسته‌ای پایدار است. جرم بحرانی یک ماده شکافت پذیر بستگی به خواص هسته‌ای آن ماده از جمله چگالی، شکل، غنای ماده و درجه حرارت دارد. این مفهوم در طراحی و ساخت تسلیحات هسته‌ای از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

[99] cylindrical plug

«انفجار» که توسط ریچارد سی. تولمن[100] پیشنهاد شده‌بود، و نیز امکان استفاده از روش‌های اتوکاتالیستی که کارایی بمب را هنگام انفجار افزایش می‌دهد، بررسی کردند.

از آنجایی که ایده بمب شکافت هسته‌ای از لحاظ تئوری حل شده بود، ادوارد تلر به بحث در مورد یک بمب قوی‌تر پرداخت: «سوپر بمب» یا «بمب هیدروژنی»، که از نیروی یک بمب شکافت هسته‌ای منفجر شده برای شعله‌ور کردن واکنش همجوشی هسته‌ای در دوتریوم و تریتیوم استفاده می‌کند. تلر طرح‌های دیگری را نیز پیشنهاد کرد، اما بته هریک از آن‌ها را رد کرد. ایده همجوشی برای تمرکز بر تولید بمب های شکافت کنار گذاشته شد. تلر همچنین این احتمال را مطرح کرد که یک بمب اتمی ممکن است به دلیل واکنش همجوشی فرضی هسته‌های نیتروژن، باعث اشتعال اتمسفر شود. این به معنای نابودی کل دنیاست...!

اما محاسبات بته نشان داد که این احتمال تقریبا صفر است و گزارشی که تلر داده بود نشان داد که به احتمال زیاد هیچ زنجیره خود انتشاری از واکنش‌های هسته‌ای آغاز نخواهد شد.

نتیجه سه سال تلاش مداوم برترین ذهن‌های جهان و ۲ میلیارد دلار هزینه منجر به ساخت اولین سلاح هسته‌ای جهان می‌شود. ساعت ۵:۲۹ بامداد روز ۱۶ ژوئیه ۱۹۴۵، طی آزمایش ترینیتی[101] اولین بمب هسته‌ای جهان با موفقیت منفجر می‌شود.

اوپنهایمر سال‌ها بعد می‌گوید در آن لحظه یاد قطعه‌ای از بهگود گیتا[۱۰۲] افتاده:«خود مرگ شده‌ام، ویران‌گر دنیاها.»

کریستوفر نولان استاد فیلم سازی عملی است، او در بیشتر آثارش جلوه‌های عملی را به جلوه‌های ویژه رایانه-ای ترجیح داده است؛ نمونه‌هایی از آن را در سکانس انفجار واقعی هواپیمای بوئینگ ۷۴۷ در فیلم «تنت»، چپ کردن واقعی کامیون در «شوالیه تاریکی» را می‌توان دید. حالا او در اوپنهایمر با بازسازی عملی و واقعی صحنه آزمایش ترینیتی به جای استفاده از جلوه‌های ویژه رایانه‌ای بار دیگر یکی از شاهکارهای بصری سینما را به نام خود ثبت می‌کند. نولان در گفتگویی با توتال فیلم در این باره می‌گوید: «فکر می‌کنم که بازسازی آزمایش ترینیتی بدون استفاده از گرافیک رایانه‌ای، واقعا چالش بزرگی بود. اندرو جکسون که سرپرست جلوه های بصری من است در حال بررسی این بود که چگونه می‌توانیم بسیاری از عناصر بصری فیلم را به طور عملی انجام دهیم؛ از نشان دادن دینامیک کوانتومی و فیزیک کوانتومی گرفته تا خود آزمایش ترینیتی و بازسازی آن. ...»

چند ماه از سقوط آلمان نازی می‌گذرد، دیگر تهدید نازیسم وجود ندارد؛ اما ژاپن به هیچ عنوان حاضر به تسلیم و باخت جنگ نیست. با این حال هری ترومن که بعد از مرگ ناگهانی روزولت به عنوان رئیس جمهور آمریکا

---

[100] Richard C. Tolman

[101] Trinity

[۱۰۲] مهم‌ترین و اسرارآمیزترین بخش حماسه هندی موسوم به مهابهاراتا

انتخاب شده است، برای اینکه ژاپن را مجبور به تسلیم کند، سه هفته بعد از آزمایش ترینیتی به ترتیب در ۶ و ۹ اوت، دستور انفجار دو بمب اتمی بر فراز شهرهای هیروشیما و ناکازاکی ژاپن را صادر می‌کند و به جنگ پایان می‌دهد. این بمب گذاری‌ها در مجموع بین ۱۱۰،۰۰۰ تا ۲۱۰،۰۰۰ تن را کشتند که اغلب آن‌ها غیرنظامی بودند. بزرگترین تراژدی قرن بیستم ...

اوپنهایمر در دیدار با ترومن، همانطور که در فیلم نشان داده می‌شود،به او می‌گوید:«آقای رئیس‌جمهور،احساس می‌کنم دستم به خون مردم آلوده شده‌است.» همین باعث می‌شود ترومن او را با خشم از دفترش بیرون کند. با این حال، او توسط بسیاری به عنوان یک قهرمان ملی مورد ستایش قرارگرفت و در سال ۱۹۴۶، مدال شایستگی دریافت کرد.

پس از جنگ، اوپنهایمر به کلتک بازگشت اما پس از مدتی توسط لوئیس استراوس به عنوان مدیر موسسه مطالعات پیشرفته (IAS)[۱۰۳] در پرینستون منصوب شد و تا ۱۹۶۶ آنجا بود. او همچنین به عنوان رئیس کمیته مشاوره عمومی کمیسیون انرژی اتمی آمریکا (AEC)[۱۰۴] که به تازگی تاسیس شده بود منصوب شد و از سال ۱۹۴۷ تا ۱۹۵۲ در آنجا مشغول به کار بود.

زمانی که تنش های جنگ سرد بین ایالات متحده و اتحاد جماهیر شوروی شروع شد، او به عنوان رئیس این کمیته مخالفت شدید خود را با توسعه بمب هیدروژنی که توسط ادوارد تلر ساخته شده بود و هزار برابر قوی تر از بمب اتمی بود اعلام کرد. او در این سال‌ها تلاش بسیاری در راستای کنترل بین‌المللی انرژی هسته‌ای و جلوگیری از گسترش سلاح‌های هسته‌ای و مسابقه تسلیحات هسته‌ای با اتحاد جماهیر شوروی کرد. همین اقدامات اوپنهایمر در کنار پیشینه سیاسی چپ گرایانه‌اش باعث شد در سال ۱۹۵۴، با پرونده امنیتی که لوئیس استراوس برای او درست کرده بود، مجوز امنیتی‌اش لغو گردد.

ایزیدور ایزاک رابی[۱۰۵] که از دوستان نزدیک اوپنهایمر بود بعدها گفت: "اوپنهایمر مرد صلح بود و آن‌ها او را نابود کردند. او مرد علم بود و آن‌ها این مرد را نابود کردند. یک گروه کوچک و پست." ۹ سال بعد، در سال ۱۹۶۳، جایزه معتبر انریکو فرمی برای اعاده حیثیت به اوپنهایمر اعطا شد. سرانجام در سال ۲۰۲۲، پنجاه و پنج سال پس از مرگ اوپنهایمر، دولت ایالات متحده تصمیم سال ۱۹۵۴ را باطل و وفاداری او به آمریکا را تصدیق کرد. اوپنهایمر در سال ۱۹۶۶ از موسسه مطالعات پیشرفته در پرینستون بازنشسته شد و در ۱۸ فوریه ۱۹۶۷ براثر سرطان گلو درگذشت.

---

[103] Institute for Advanced Study

[104] United States Atomic Energy Commission

[105] Isidor Isaac Rabi

در صحنه‌ای از فیلم نیلز بور به اوپنهایمر می‌گوید باید به سیاستمداران دنیا نشان دهیم که این یک سلاح جدید نیست و یک دنیای جدید است ....! در صحنه دیگری نیز خودش می‌گوید وقتی دنیا رازهای وحشتناک لس آلاموس را بفهمد، کار ما صلحی را به ارمغان می‌آورد که دنیا به خود ندیده...!

دنیای بمب‌ها وحشتناک و غم انگیز است، بمب اتمی هزار برابر وحشتناک‌تر، و بمب‌های قوی‌تر، وحشت‌ها و تراژدی‌های بزرگتر...، چیزی جز نابودی در دنیای آن‌ها وجود ندارد... . از طرفی علم به هر دنیایی راه دارد، هم به دنیای صلح و نجات و هم دنیای جنگ و نابودی... چیزی که معلوم است این است که نمی‌توان جلوی علم و پیشروی آن را گرفت، نمی‌توان علم ساخت سلاح-های جدید را نابود کرد، اما شاید بتوان با یادآوری رازهای وحشتناک لس آلاموس، با یادآوری نابودی و تراژدی که بمب اتم رقم زد، تلاش کرد که دیگر روی از ویرانگر علم استفاده نکرد ...

سکانس پایانی فیلم نولان دیدار آلبرت اینشتین و رابرت اوپنهایمر و صحبت‌های آن‌ها با هم است. من درباره آن چیزی نمی‌نویسم و پیشنهاد می‌کنم این فیلم ۱۸۰ دقیقه‌ای پر دیالوگ را که با شکستن رکورد فروش به پرفروش‌ترین فیلم زندگینامه‌ای جهان تبدیل شد را تا آخر و بادقت تماشا کنید.

منابع

1.https:/en.wikipedia.org/wiki/J._Robert_Oppenheimer

2.https:/en.wikipedia.org/wiki/Manhattan_Project

3.https:/en.wikipedia.org/wiki/Oppenheimer_(film)

4.https:/www.gamesradar.com/oppenheimer-zero-cgi-shots-christopher-nolan/

5.https:/www.theguardian.com/film/2023/sep/18/oppenheimer-overtakes-bohemian-rhapsody-to-become-biggest-biopic-of-all-time

6.https:/time.com/6295760/oppenheimer-true-story/

7. اعتبار تصویر: Universal Pictures

قسمت اول

اثر و کاربرد امواج الکترومغناطیس در کشاورزی

فاطمه صادات صوف باف-دانشجوی کارشناسی فیزیک دانشگاه الزهرا(س)f.s.soufbaf135@gmail.com

ویراستار: نرگس رستمی

تصویرا: تاثیر امواج بر گیاهان [۱۳]

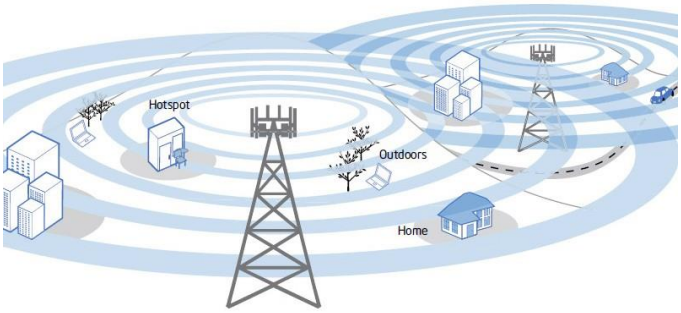
صنعت کشاورزی از صنایع مهم محسوب می‌شود که در تامین خوراک جامعه، توسعه اقتصادی، خودکفایی کشور، حفظ محیط زیست و حفظ منابع طبیعی نقش بسزایی دارد. از این رو، در جنبه‌های مختلف در این صنعت پژوهش‌هایی انجام شده است؛ برای مثال در آبیاری، آفت کشی، رشد و نمو گیاهان و... . امواج الکترومغناطیس به‌صورت تدریجی روی انسان، جانوران، گیاهان، آب و خاک تأثیر می‌گذارند. از آنجایی که امروزه همه چرخه‌های زیستی در طبیعت به‌علت وجود این پرتوها آسیب دیده‌اند، برآن شدیم تا چگونگی تاثیر این امواج در حوزه‌ی کشاورزی را مورد بررسی قراردهیم.

این تحقیق، در دو شماره‌ی نشریه منتشر می شود که در این قسمت، تاثیر آن بر رشد و نمو گیاهان، آب و خاک آورده شده و همچنین به طور خاص تاثیرات امواج الکترومغناطیس روی چند گیاه به خصوص مانند سویا، دان سیاه، درمنه کوهی و گیاه گندم تحقیق شده‌است.

اثر امواج الکترومغناطیسی بر گیاهان

بررسی‌های زیادی روی آثار ناشی از امواج الکترومغناطیسی بر گیاهان انجام شده است. در چندین بررسی روی جوانه‌زنی بذرها، قرارگرفتن در معرض امواج الکترومغناطیسی، سبب افزایش سرعت و تعداد جوانه‌زنی شده‌است و گیاهانی که در معرض این پرتوها قرارگرفته‌اند دارای طول و قطر بیش‌تری شده‌اند. [۱] پژوهش‌های دیگری نشان دادند که امواج الکترومغناطیسی بر رشد و نمو گیاهان تأثیر مثبت دارد و از طرف دیگر امواج الکترومغناطیسی عملکرد بازدارنده را نشان می‌دهند. [۱]

وجود آب در پیکره‌ی همه موجودات زنده سبب جذب امواج می‌شود که خود امواج نیز سبب تشدید در مولکول‌های آب شده و با این فرایند بسیاری از فرایندهای زیستی سلول‌ها دستخوش تغییر می‌شوند. به‌نظر می‌رسد که میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی تأثیر معکوس بر خوشه‌بندی آب دارند.زمانی که مولکول‌های آب در معرض میدان الکتریکی یا مغناطیسی یا هر عامل دیگری که سبب کاهش خاصیت پیوند هیدروژنی شود قرار گیرند؛ واکنش‌پذیری آب افزایش می‌یابد. [۷]



تصویر۲: آلودگی امواج الکترومغناطیس[۱۲]

امروزه درختان و دیگر موجودات زنده چند میلیارد بار بیش‌تر از حد طبیعی در معرض پرتوهای خطرناک مایکروویو[۱۰۶] قرار دارند. بررسی‌ها در محیط‌های جنگلی پاک و عاری از آلودگی نشان داده است که به‌رغم فقدان رسوبات شیمیایی، طبقه‌بندی زیرین درختان اسیدی است. ایجاد این شرایط مستلزم وجود یک جریان الکتریکی و الکترولیز یون‌هاست. در برخی مناطق، رادارهای مخابراتی و جاسوسی، تأثیرهای مخربی بر جنگل‌های نزدیک گذاشته است. بررسی آسیب‌های ناشی از رادارها در جنگ‌های آلمان در طی چند سال نشان داد که مناطقی که امواج مایکروویو بیش‌تری دریافت کرده‌اند، آسیب‌های جدی‌تری متحمل شده‌اند. احتمالاً این پرتوها باعث ایجاد تشدید در غشای سلولی گیاهان می‌شود که در نتیجه سبب اختلال یا توقف در گردش آب در سلول‌ها و تغییر تعادل ذرات باردار می‌شود. گیاهان و به‌ویژه درختان این امواج را دریافت و به امواج الکتریکی تبدیل می‌کنند. این امواج الکتریکی به زمین جریان می‌یابند. به ویژه برگ‌های گیاهان جایگاه جذب این امواج‌اند و

[106] Microwave

سبب انتقال این امواج از طریق تشدید می‌شوند. این فرایند باعث القای جریان ذرات باردار در برگ‌ها می‌شود. جریان از طریق تشدید به ریشه می‌رسد و از طریق ریشه در خاک منتشر می‌شود و نوعی الکترولیز ایجاد می‌کند که به اسیدی شدن خاک می‌انجامد. تغییر در تعادل یونی خاک می‌تواند در تعادل مواد معدنی و فعالیت موجودات زنده خاک تغییر ایجاد کند. [۱]

امواج الکترومغناطیسی می‌تواند گرما تولید کند. به دلیل این گرما ، میکروارگانیسم های موجود در سطح فوقانی خاک زمین از بین می‌روند. [۴]

در طبیعت، پرتوهای الکترومغناطیسی در محدوده‌ی مرئی دارای قابلیت نفوذ محدودی روی مواد هستند و به همین علت تأثیر امواج الکترومغناطیسی در محدوده مرئی در لایه‌های سطحی دانه‌های گیاهان توزیع می‌شود و بخش اصلی دانه در معرض این پرتو قرار نمی‌گیرد. اما پرتوهای الکترومغناطیسی با بسامد پایین روی ویژگی‌های الکتریکی غشا و آب دانه تأثیر می‌گذارد و سبب تسریع فرایندهای زیستی و تبادل مواد در سلول‌های تخم می‌شود. این تشدید سبب می‌شود که مواد مغذی به همه‌ی حجم دانه وارد شوند و به موجب این عمل دانه‌ای با جوانه‌زنی سریع و گیاهی با ریشه قوی تولید شود.[۱]

امواج مایکروویو، به‌صورت تدریجی روی انسان، جانوران، گیاهان، آب و خاک تأثیر می‌گذارند. امروزه همه‌ی چرخه‌های زیستی در طبیعت به‌علت وجود این پرتوها آسیب دیده‌اند. وجود این امواج سبب تخریب بافت درونی خاک می‌شود و تارهای کشنده گیاهانی را که در این منطقه قرار گرفته‌اند از بین می‌برد. گیاهانی که در بالای سفره آبی قرار دارند از بی‌آبی نابود می‌شوند. از طرف دیگر از بین رفتن تمایز بالقوه‌ی الکتریکی در آب و در گیاهان در دستگاه گردش مواد، از توانایی لوله‌های مویین جهت کشش آب به سمت بالا در گیاهان جلوگیری می‌کند و سبب کند شدن جریان شیره‌ی گیاهی و حتی توقف آن می‌شود. در نتیجه گیاهان و به ویژه درختان از رأس به سمت قاعده پژمرده و در نهایت خشک می‌شوند. [۱]

بررسی‌ها نشان می‌دهند که امواج الکترومغناطیسی بر جنبه‌های مختلف زندگی گیاهان از جمله نمو رویشی، زایشی و عملکرد و ساختار سلول‌های گیاهی تأثیر می‌گذارند و با بسامد پایین سبب سریع‌تر شدن جوانه‌زنی دانه‌ها می‌شوند و فقط می‌توانند روی توان زیستی دانه‌ها تغییر ایجاد کنند و برای ایجاد جهش قدرت مناسبی ندارند، ولی افزایش میزان پرتو و انرژی منتقل‌شده به گیاه سبب ایجاد جهش در گیاه می‌شود.[۱]

تابش های غیر یونیزان آسیب هایی را موجب می شوند که وابسته به قدرت، شدت، میزان فرکانس و نیز ویژگی‌های بافت تحت تاثیر می باشد. [۲]

میدان مغناطیسی متغیر سبب القای میدان الکتریکی در بافت می‌شود. برخی مولکول‌های حیاتی خاصیت مغناطیسی دارند و پاسخ زیستی مضاعف نشان می دهند. اینطور به نظر می‌رسد که میدان‌های مغناطیسی

اثرگذاری بیش‌تری نسبت به میدان‌های الکتریکی روی بافت زنده دارند. بدین مفهوم که میدان‌های الکتریکی از درون سلول گذر نموده و سلول در مقابل آن مانند یک خازن عمل می‌نماید. اما میدان‌های مغناطیسی به درون سلول نفوذ کرده و زمان اثرگذاری آن‌ها طولانی‌تر است . میدان مغناطیسی متغیر طبق قانون القای فارادی در بافت، تولید میدان الکتریکی می‌نماید و در نتیجه جریان گردابی[۱۰۷] در مسیر حلقوی عمود بر جهت میدان مغناطیسی تولید خواهد نمود . تحقیقات نشان می‌دهند که اثرات میدان‌های الکترومغناطیس کم فرکانس، ناشی از تاثیر این میدان‌ها بر نفوذپذیری غشاء سلول است. انواع متفاوتی از کانال‌های یونی در غشاء سلول یافت می‌شوند. عملکردهای کانال‌های یونی مبتنی بر اثر اختلاف غلظت و رانش یون‌ها بر اثر اختلاف پتانسیل است. اختلاف پتانسیل القا شده توسط میدان مغناطیسی کم فرکانس، کانال های یونی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. فعالیت یون‌ها در سلول‌ها دارای توازن طبیعی است، بنابراین، درصورت تداخل با اثرات میدان‌های مغناطیسی، پدیده‌ی رزونانس(تشدید) اتفاق می‌افتد که می‌تواند رفتار سلول را تغییر دهد و به دلیل ارتباطات بین سلولی، بر کل فعالیت ارگانیسم تاثیر گذارد.[۲]

گیاه سویا[۱۰۸]

گیاهان از اجزای ضروری اکوسیستم‌ها هستند و نقش‌های مهمی را در زندگی به عنوان تولیدکنندگان اولیه و اصلی غذا و اکسیژن ایفا می کنند. لقاح از فرایندهای بنیادی برای تولید محصول و بقای نسل در گیاهان است که به شدت به سلامت دانه‌های گرده، قابلیت زیست و رویش آن‌ها وابسته است. تنش‌های زیستی و غیرزیستی که سلامت و توان رویش دانه‌های گرده و رشد لوله‌های گرده را مختل سازند موجب کاهش شدید محصول و عملکرد گیاهان می‌شوند. برخی پژوهش‌ها اثرات مثبت و گاهی منفی میدان‌های الکترومغناطیسی بر پدیده‌های زیستی گیاهان از جمله جوانه زنی بذرها و تکوین دانه رست‌ها را نشان داده‌اند؛ اما در مورد اثر میدان‌های‌مغناطیسی بر رویش دانه‌های گرده و رشد لوله‌های گرده، پژوهش‌ها بسیار اندک هستند و آگاهی‌های علمی کافی وجود ندارد. در پژوهش حاضر اثر میدان‌های‌الکترومغناطیسی بر تغییرات اندام‌های رویشی، تکوین دانه‌های گرده، رویش گرده‌ها و رشد لوله‌های گرده در گیاه سویا که از نظر اقتصادی مهم می‌باشد مورد بررسی قرار گرفته است.[۲]

میدان‌های الکترومغناطیسی حتی در شدت‌های کم می‌توانند بر پدیده‌های زیستی گیاه سویا موثر بوده و به عنوان یک عامل تنش زا موجب القای ژن های درگیر در تشکیل بافت‌های استحکامی باشند که نتیجه‌ی

[107] Eddy current

[108] Glycine max

عملکرد آن‌ها به صورت افزایش بافت کلانشیم[۱۰۹] و اسکلرانشیم[۱۱۰] در ساقه‌ها دیده می‌شود. از طرف دیگر تخریب زود هنگام و سریع تر پارانشیم[۱۱۱] مغز می‌تواند نوعی پاسخ به تنش ناشی از اثر میدان الکترومغناطیس باشد؛ زیرا این سلول‌ها که اغلب بیش از سلول‌های پارانشیم پوستی واکوئلی شده‌اند، با تحلیل رفتن سریع، موجب کاهش مصرف انرژی زیستی و تغییر مسیرهای بیوسنتزی برای تشکیل هر چه بیش‌تر بافت‌های ضروری از جمله بافت‌های استحکامی می‌شوند. [۲]

تغییر در سیستم آوندی و افزایش قطر دهانه آوندهای چوبی نیز پاسخی در همین جهت و برای جریان سریع‌تر و مناسب‌تر آب و نمک‌های کانی به بخش‌های فعال گیاه می‌باشد. میدان الکترومغناطیسی به کار گرفته شده در پژوهش حاضر توانسته‌است به عنوان یک عامل تنش‌زا بخش‌های حساس‌تر گیاه سویا از جمله برگ‌ها، اندام‌های زایشی و به ویژه پرچم‌ها را که نسبت به بخش مادگی با محیط خارج تماس بیش‌تری دارند، تحت تاثیر قرار دهد و موجب اختلالاتی چون کاهش تعداد دانه های گرده، افزایش تعداد گرده های غیر عادی، کاهش توان رویش آن‌ها و اختلال در رشد لوله‌های گرده باشد. این تغییرات بی‌تردید می‌توانند موجب کاهش کلی در مقدار و کیفیت محصول (عملکرد) گیاه باشند که موضوعی برای پژوهش‌های آینده خواهد بود.[۲]

تصویر۲: گیاه سویا[۱۱]

تأثیر امواج الکترومغناطیسی بسامد بالا بر سازواره‌های گیاهی

موراجی و دیگران (1998) گزارش داده‌اند که یک میدان مغناطیسی با بسامد کم تقریباً 10 هرتز باعث انگیزش در رشد ریشه‌های غلات شده است. در حالی که درمورد بسامدهای بالا یعنی بالای 240 هرتز رشد متوقف شد.[۳]

الکساندر و دیگران (1995) متوجه شدند که جوانه‌زنی بذر پیاز و برنج در صورتی که در معرض میدان الکترومغناطیسی ضعیف به مدت 12 ساعت و بیش‌تر قرار بگیرند، تسریع می‌شود. جوانه‌ها افزایش قابل توجه در وزنِ تَر و خشک نشان دادند.[۳]

یانو و دیگران (۲۰۰۴) نشان دادند که تأثیر اصلی میدان‌های مغناطیسی با بسامد کم بسامد ۶۰ هرتز بر فعالیت فوتو سنتزی در جوانه‌های گیاه با اختلال نسبی رشد زودهنگام گیاهچه‌های روباز (گیاهچه‌هایی

---

[۱۰۹] Collenchyma : بافت چسب آکنه

[۱۱۰] Sclerenchyma : سخت آکنه

[۱۱۱] Parenchyma : نرم آکنه

که در معرض پرتو هستند) همخوانی دارد که در این مورد جذب کربن دی اکسید (CO_2) فوتوسنتزی دستخوش تغییر شد. [۳]

تشعشعات یونیزان فرکانسی از ۱ پتاهرتز[۱۱۲] تا ۱۰ زتاهرتز [۱۱۳] دارند که شامل اشعه X و اشعه گاما است. تشعشعات غیر یونیزه دارای فرکانسی از (۱ تا ۱۰۰۰ تراهرتز[۱۱۴]) هستند. از مایکروویو (مگاهرتز) ، مادون قرمز [۱۱۵]، نور مرئی[۱۱۶] و نور ماورا بنفش [۱۱۷]با تشعشع بسیار کم فرکانس تشکیل شده است. تابش یونیزه توانایی ایجاد تغییر در ساختار اتم‌ها یا مولکول‌ها توسط یونیزاسیون را دارد، به همین دلیل است که تابش یونیزه کننده می‌تواند به اتم‌ها مولکول‌های زنده آسیب برساند و همچنین تمایل به ایجاد تغییراتی در ساختار دی ان ای [۱۱۸] در ارگانیسم زنده دارد .[۵]

گیاه دان‌سیاه[۱۱۹]

در نتیجه پژوهش‌ها بذرهایی که از یک میدان مغناطیسی عبور داده می‌شوند، دچار تورم شده و احتمالا در نتیجه فعالیت هورمون اکسین [۱۲۰]در این بذرها افزایش می‌یابد. همچنین میزان تنفس در آن‌ها افزایش یافته و دارای انرژی و فعالیت زیادتری شده که نتیجه‌ی آن جوانه‌زنی سریع و یکنواخت‌تر و ایجاد گیاهان مقاوم به تنش‌ها است. در تحقیق حاضر اگرچه با افزایش شدت تنش خشکی تأثیرات منفی بر خصوصیات جوانه‌زنی مشاهده شد اما میدان مغناطیسی تحت این شرایط سبب بهبود برخی خصوصیات جوانه‌زنی گردید. به‌طور کلی برای بهبود جوانه‌زنی و تخفیف شرایط تنش خشکی برای پتانسیل‌های صفر، ۵- و ۷- بار شدت میدان ۵۰ میلی‌تسلا و برای پتانسیل‌های ۴- و ۶- بار تنش خشکی شدت میدان ۱۵۰ میلی‌تسلا پیشنهاد می‌شود. [۶]

جنبه‌های نوآوری:[۶]

۱. اثر میدان مغناطیسی بر جوانه‌زنی بذر چند منظوره گیاه دان‌سیاه.

۲. اثر تنش خشکی بر جوانه‌زنی بذر چند منظوره گیاه دان‌سیاه با توجه به موقعیت ایران در کمربند خشک.

۳. تأثیر مثبت میدان مغناطیسی بر جوانه‌زنی بذر دان‌سیاه برای بهبود اثرات منفی تنش خشکی.

---

[112] PHz (10^{15})

[113] ZHz(10^{21})

[114] THz(10^{12})

[115] Infrared (IR)

[116] Visible (VL)

[117] Ultraviolet

[118] DNA

[119] نام علمی: Guizotia abyssinica

[120] Auxin

اثر اشعه‌ی گاما بر برخی از شاخص‌های فیزیولوژیکی و آنتی‌اکسیدانی گیاه درمنه کوهی[۱۲۱]

طبق نتایج حاصل شده در این تحقیق، پرتو گاما سبب افزایش میزان وزن تر و خشک گیاهان گردید. به طور کلی نتایج نشان داد با توجه به افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی ترکیبات فنلی، گیاه توانایی لازم را برای مقابله با استرس اکسیداتیو [۱۲۲]و اثرات بیومولکولی اشعه گاما بدست آورده است.[۸]

اشعه‌ی گاما یکی از مهمترین موتاژن های فیزیکی با پرتوهای الکترومغناطیسی با طول موج کوتاه‌تر از اشعه X است، از این‌رو دارای انرژی بالایی می باشد و میزان نفوذ این پرتوها در مواد مختلف از جمله بافت‌های موجودات زنده بسیار زیاد است و توانایی ایجاد انواع جهش‌ها را در مولکول‌های مهم زیستی دارد. [۸]

با تابش اشعه‌ی گاما بر گیاهان، مولکول‌هایی که بر سر راه تابش قرار گرفته‌اند با اشعه واکنش داده و در زمانی کمتر از 10^{-10} ثانیه چندین مولکول برانگیخته شده، و تعدادی یون و رادیکال آزاد بسیار فعال در مسیر تابش به وجود می‌آید. بنابراین تولید گونه‌های اکسیژنی فعال سبب افزایش فعال شدن سیستم های آنتی اکسیدانی از جمله ترکیبات فنلی که خود شامل تانن‌ها، فلاونوئیدها، لیگنین‌ها و ترکیبات فنلی ساده است، می‌شود. [۸]

تصویر۳: درمنه کوهی [۱۰]

با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش، تابش دُزهای ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ گری[۱۲۳] پرتو گاما با تولید رادیکال های آزاد به عنوان یک سیگنال عمل کرده که سبب فعال سازی سیستم های دفاعی و عوامل آنتی اکسیدان شده‌است.[۸]

برهم‌کنش میدان الکترومغناطیسی با نانوذرات فریتین و سیستم آنتی اکسیدانی گیاه گندم در مرحله زایشی

تیمار گیاهان گندم در مرحله‌ی زایشی بامیدان الکترومغناطیسی باعث کاهش معنی‌دار نسبت پروتئین‌های آهن‌دار به کل پروتئین‌ها (۱۹ درصد) در اندام هوایی شده و افزایش معنی‌دار این نسبت در دانه این گیاهان (0س3/1 برابر) در مقایسه با گیاهان شاهد، شده‌است. مقدار آهن در ریشه و اندام هوایی گیاهان تیمارشده نسبت به گیاهان شاهد به ترتیب ۲/۱ و ۴/۱ برابر افزایش معنی‌دار یافت؛ هر چند تغییر این میزان در دانه‌ها معنی‌دار نبود. [۹] مقدار فرّیتین اندام هوایی و دانه گیاهان تیمار شده با میدان الکترومغناطیسی نسبت به گیاهان شاهد به طور معنی‌داری کاهش یافت (به ترتیب: ۳۲ و ۶۶ درصد)

---

[۱۲۱] نام علمی: Artemisia aucheri Boiss

[۱۲۲] Oxidative stress - عدم تعادل رادیکال های آزاد و آنتی اکسیدان ها

[۱۲۳] واحد دوز جذبی در فیزیک پزشکی(انرژی جذب شده از پرتو بر جرم ماده جذب کننده)- دستگاه SI (1Gy=1J/Kg)

شواهدی وجود دارد که میدان‌های مغناطیسی تغییراتی را در نفوذپذیری غشا و میزان رشد سلول ایجاد می‌کنند، همچنین موجب برهم‌کنش با یون‌ها و مولکول‌های آلی مانند پروتئین‌ها و نوکلئیک اسیدها می‌شوند اربابیان و همکاران(۲۰۱۰).

گیاهان سبز برای رشد خود به منبع پیوسته‌ای از آهن نیاز دارند زیرا آهن از برگ‌های پیر به برگ‌های جوان حرکت نمی‌کند. در شرایطی که غلظت آهن کافی و زیاد باشد، توسط گروه بزرگی از ناقل‌های فلز جذب می‌شوند که این ناقل‌ها توانایی انتقال کادمیم، کبالت، مس، منیزیم، نیکل و زینک [۱۲۴]را دارند.

محتوای آهن ریشه و اندام هوایی گیاهان تیمارشده با میدان به طور معنی‌داری بیش‌تر از گیاهان شاهد بود ولی این میزان در دانه‌ها تحت تأثیر قرار نگرفت. این نتایج پیشنهاد می‌کند که میدان الکترومغناطیسی باعث افزایش جذب آهن به وسیله‌ی ریشه‌ها شده‌است، به همین سبب محتوای آهن کل گیاهان تیمار شده با میدان الکترومغناطیسی بیش‌تر از گیاهان شاهد بود. با وجود داده‌های فراوان راجع به تأثیر کاربرد میدان الکتریکی خارجی بر کانال‌های یونی در گیاهان، اطلاعات کافی در مورد مکانیسم دقیق تأثیر میدان مغناطیسی بر جذب یون‌ها از این کانال‌ها وجود ندارد.

پژوهش‌ها نشان داده است که هر گاه یک نانوکریستال فرّو مگنتیک (نظیر فرّیتین) به یک کانال متصل شود، پتانسیل تأثیرگذاری مستقیم بر انتقال یون را دارد و می‌تواند حرکت یون‌ها را از خلال غشا تغییر دهد .

گیاهان به شیوه‌های مختلف از سمّیت آهن انباشته شده اجتناب می‌ورزند و تعادل آهن را به شدت کنترل می‌کنند. یکی از پروتئین‌های مهم که هنگام بررسی تأثیرات میدان مغناطیسی در سطح مولکولی مورد توجه قرار می‌گیرد، پروتئین ذخیره‌کننده آهن یعنی فرّیتین است؛ زیرا این پروتئین در میان تمام پروتئین‌ها

بیش‌ترین خاصیت مغناطیسی را دارد. فرّیتین از رسوب مستقیم کلوئیدهای هیدروکسیدفریک با اکسیدکردن Fe^{+2} و ذخیره‌ی آن در هسته آهنی خود جلوگیری می‌کند.

با وجود افزایش محتوای آهن در اندام هوایی گیاهان گندم تیمارشده با میدان الکترومغناطیسی ، مقدار نانوذرات فرّیتین و همچنین پروتئین‌های آهن‌دار آن‌ها در مقایسه با گیاهان شاهد به طور معنی‌داری کاهش یافته است. البته شایان ذکر است که در کنار فرّیتین، واکوئل‌های زیادی درون سلول‌های گیاهی وجود دارند که قادر به انباشته‌سازی و سمّ‌زدایی زیادی آهن در درون خود هستند.[۹]

یکی از نقش‌های مهمی که معمولاً به فرّیتین نسبت داده می‌شود ذخیره آهن به شکل Fe^{+3} و در نتیجه جلوگیری از ایجاد گونه‌های فعال اکسیژن ناشی از به راه افتادن واکنش فنتون است. ظاهراً کاهش فرّیتین در بذر گندم‌های تیمارشده با میدان الکترومغناطیسی دو پدیده را به همراه داشته است:

---

[124] Zn, Ni, Mn, Cu, Co, Cd

الف) گسیل شدن آهن به سوی مولکول‌های پروتئینی آهن‌دار دیگر (که نتیجه آن افزایش نسبت پروتئین‌های آهن‌دار به کل محتوای پروتئین بذر است) .

ب) محول شدن وظیفه جمع‌آوری گونه های فعال اکسیژن به سایر آنتی‌اکسیدان‌ها نظیر کاتالاز

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تیمار میدان الکترومغناطیسی (۱۰ کیلوهرتز) به مدت ۴ روز، هر روز ۵ ساعت از طریق ایجاد تغییر معنی‌دار در میزان آهن و پروتئین‌های آهن‌دار به ویژه فرّیتین، اندازه و ساختار آن و تحریک سیستم آنتی‌اکسیدانی بر گیاهان گندم در مرحله زایشی تأثیر می‌گذارد.[۹]

در این قسمت از پژوهش به اثرات مثبت و منفی امواج الکترومغناطیس بر رشد گیاهان پرداختیم؛ با ما همراه باشید تا در قسمت بعد درباره آفت کشی به روش فیزیکی با این امواج و تصفیه آب به روش باریکه الکترونی و موارد دیگری صحبت کنیم.

منابع

1)مجله رشد آموزش زیست‌شناسی دوره بیست‌ودوم شماره 1، پاییز ۱۳۸۷.

2)صدیقه اربابیان[1].Ph.D*، احمد مجد[1].Ph.D، سالومه سالاری پور [2]M.Sc، تاثیر میدان‌های الکترومغناطیسی بر اندام‌های رویشی، تکوین دانه‌های گرده، رویش و رشدلوله‌های گرده گیاه سویا Glycine max L. ، مجله علمی پژوهشی سلول و بافت، جلد 1، شماره 1، پاییز 1389، 42-35

3)Russello, C. Tamburello, A. Scialabba, Microwave effects on germination and growth of drepanensis seed, Proceedings of 3rd Internat. Congress of the European Bioelectromagnetics Association, 89, 1996.

4) sivani s, sudarsanaM d. Impacts of radio-frequency electromagnetic field (RF-EMF) from cell phone towers and wireless devices on biosystem and ecosystem-a review. J Int Med Res 2012; 4: 202-216

5) MaHaJan a, singH M. Human health and electromagnetic radiations. Inter J Eng Innova Tech (IJEIT) 2012; 1: 95-97.

6) سمانه حسینی، محمد رفیعی الحسینی*، پرتو روشندل، تأثیر میدان مغناطیسی بر جوانه‌زنی دان‌سیاه (Guizotia abyssinica) تحت تنش خشکی،پژوهش های بذر ایران، سال۱۳۹۷، جلد۵ شماره ۱ صفحات ۳۳-

7) Nelson thornes, vibrations and waves(M.I.T.introductory physics series) French A.P.(1971)ISBN (0-393-09936-9)

8) شبنم جلیلی[1]، علی اکبر احسانپور[1*]، غلامرضا اصغری[2] و محمد رضا عبدی[3] ، دانشگاه اصفهان، مقاله پژوهشی، اثر اشعه گاما بر برخی از شاخص‌های فیزیولوژیکی و آنتی‌اکسیدانی گیاه درمنه کوهی، مجله پژوهشهاي گیاهي (مجله زیست شناسي ایران) جلد 29 ،شماره 4 ،1395

9) 3 و مهرداد بهمنش 1 پرویز عبدالمالکي ،*9 فائزه قناتي ،9 عاطفه پایز ایران ، گروه علوم گیاهي، دانشکده علوم زیستي، دانشگاه تربیت مدرس، تهران 9، زیست 931 شماره نوزدهم، بهار ، سال ششم ، شناسي گیاهي ایران 963-959 صفحه، 3

10) https://fa.parsiteb.com

11) https://padiab.com

12) https://nanosina.ir/read/393811

13) https://fantricks.com

تاریخچه‌ی آزمایش آونگ فوکو

حدیث سلیمانی، فارغ التحصیل رشته‌ی فیزیک آماری و سیستم های پیچیده، دانشگاه الزهرا(س) h_soleimani1993@yahoo.com
ویراستار: نرگس رستمی

تعریف کلی آزمایش:

آونگ فوکو[۱۲۵] نام نوعی آونگ نمایشی است که به منظور نشان دادن چرخش کره‌ی زمین بکار می‌رود. این آونگ به خاطرِ نشان دادن حرکت وضعی زمین مورد توجه قرار گرفت.

برای اولین بار این آونگ از گنبد مرکزی پانتئون[۱۲۶] در شهر پاریس آویزان شد، و توسط لئون فوکو[۱۲۷] مورد آزمایش قرار گرفت. او یک وزنه‌ی آهنی ۳۰ کیلوگرمی را به طناب نازکی به ارتفاع ۶۷ متر از گنبد پانتئون آویزان کرد. فوکو به گوی، یک سوزن گرامافون وصل کرده بود و روی زمین (زیرِگوی) حلقه‌ای از شن‌های مرطوب قرار داد. در مقابل حیرت همه نشان داد، با وجودی که حرکت پاندول به جلو و عقب هدایت شده بود، برخلاف قانون اول نیوتن (اینرسی) پاندول حرکتی دوار انجام داد. در واقع کفِ پانتئون در حال گردش بود یا به عبارت بهتر زمین در حال چرخیدن حول محور خود بود.

تصویرا: ژان برنار لئون فوکو.

زندگی‌نامه‌ی ژان برنار لئون فوکو[۱۲۸]

ژان برنار لئون فوکو در سال ۱۸۱۹ در پاریس به دنیا آمد. از آنجا که پدر و مادرش متمکن بودند معلم سرخانه برای لئون فوکو آوردند و تحصیلات اولیه را در خانه انجام داد. در اوایل جوانی لئون فوکو علاقه و استعداد زیادی به ساختن وسایل مکانیکی نشان داد، از جمله او یک قایق و یک دستگاه تلگراف و موتور بخار ساخت.

لئون فوکو در دانشگاه پاریس به تحصیل پزشکی پرداخت. چون تحمل دیدن خون را نداشت طب را رها کرد. لئون فوکو در دانشکده‌ی پزشکی

---

[125] Foucault's Pendulum

[۱۲۶] پانتئون بنایی در محله ی لاتن پاریس است، این بنا در آغاز با کاربری کلیسا به دستور لویی پانزدهم ساخته شده بود. هم اکنون مقبره ی مشاهیر فرانسوی است.

[127] Léon Foucault

[128] Jean Bernard Léon Foucault

به عنوان تکنیسین وسایل آزمایشگاهی مشغول کار شد. پیشرفت روش‌های عکس برداری که لوئی ژاک داگر[۱۲۹] در سال ۱۸۳۹ عرضه کرد اشتیاق لئون فوکو را به فیزیک نور و دستگاه‌های نوری، برانگیخت. لئون فوکو به زودی متوجه شد که مهارت فنی به تنهایی برای پیشرفت او کافی نیست. از این رو به مطالعه ریاضیات پرداخت و دامنه‌ی دانش و معلومات خود را وسعت داد.

فوکو، شیوه‌های جالبی برای اندازه‌گیری سرعت نور به کار برد. اما به علت عدم دقت کافی در آزمایش و نقص دستگاه‌های فنی، به نتیجه‌ی درستی نرسید. فوکو اصل مهمی را در فیزیک بنیاد نهاد و ثابت کرد که سرعت نور در آب، کمتر از هواست. این نظریه به او کمک کرد تا به دانشمندان بفهماند که نور برخلاف آنچه تصور می‌شود، ذره‌ای نیست و از امواج نورانیِ انرژی‌دار تشکیل شده‌است. فوکو درباره‌ی رابطه بین انرژی مکانیکی گرما و انرژی مکانیکی و مغناطیس، مطالعات ارزنده‌ای انجام داد. او با کشف جریان گردابی، معروف به جریان‌های فوکو، که با چرخش در یک حلقه‌ی مسی در میدان مغناطیسی نیرومند به وجود می‌آید، بانی یکی از مسائل فیزیک جدید گردید.

آونگ فوکو دلیل برجسته‌ای است از قانون نیوتن که می گوید: «هرگاه جسمی به حرکت درآید حرکتش همواره در همان مسیر خواهد بود مگر این که تحت تأثیر نیرویی از خارج واقع شود» و نیز نمونه‌ی بارزی است از گردش زمین به دور محورش. این پاندول به وسیله‌ی یک گوی بدون اصطکاک بر روی تکیه گاه خود معلق مانده‌است.

هنگامی که کره نوسان می‌کند زمین در زیر آن می‌چرخد.

ناظر چنین تصور می‌کند که آونگ تغییر جهت می‌دهد، این نظر خطای دید است که مردم تصور می‌کنند خورشید از مشرق به مغرب در حرکت است در حالی که در واقع زمین از مغرب به مشرق حرکت می‌کند.

تمام اختراعات و اکتشافات لئون فوکو خدمت بزرگی به دانش بشری کرده است. اما شاید مهم‌ترین اختراع او یک اسباب بازی بود. این اسباب بازی چرخ فلزی کوچکی است با طوقه‌ی سنگین. وقتی این دستگاه می چرخد همان چرخ به طور عجیبی محور خود را در همان جهت نگاه می دارد. این یک «ژیروسکوپ» است.

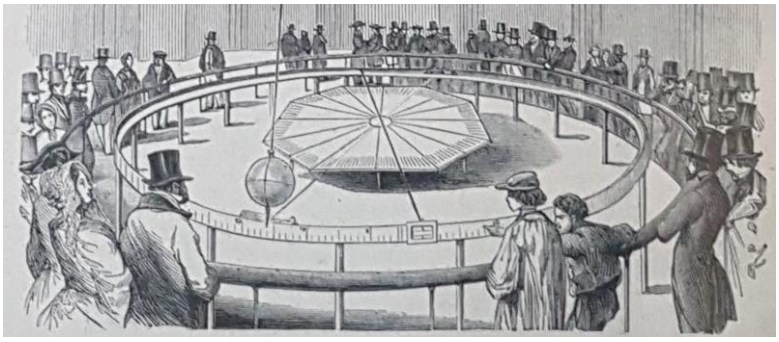
آونگ فوکو چگونه چرخش زمین را ثابت می‌کند؟

در ۳ فوریه ۱۸۵۱، یک فرانسوی ۳۲ ساله - که دانشکده‌ی پزشکی را رها کرده بود و به عکاسی مشغول بود - به طور قطع نشان داد که زمین واقعاً می‌چرخد و مؤسسه‌ی علمی پاریس را شگفت‌زده کرد.

لئون فوکو تصمیم گرفته بود که می‌تواند از یک آونگ برای نشان دادن تأثیر حرکت زمین استفاده کند. او گروهی از دانشمندان را گرد هم آورد و آن‌ها را با یادداشتی مجذوب کرد که در آن اعلام کرد: «شما دعوت شده‌اید تا چرخش زمین را ببینید.» فوکو آونگی را از سقف اتاق مریدین رصدخانه‌ی پاریس آویزان کرد. همانطور

[129] Louis Jacques Daguerre

که در هوا حرکت می‌کرد، الگویی را ترسیم کرد که به طور موثر ثابت کرد که زمین حول یک محور می چرخد. یک ماه بعد، فوکو آزمایش خود را با تمام پاریس در ساختمان باشکوه پانتئون به اشتراک گذاشت. به گفته‌ی انجمن فیزیک آمریکا، او یک گوی برنجی ۶۱ پوندی را روی یک کابل ۲۲۰ فوتی از گنبد بلند ساختمان پانتئون آویزان کرد. همانطور که به جلو و عقب می چرخید، انتهای نوک تیز گوی خطوطی را در ماسه ای که روی یک سکوی چوبی ریخته شده بود نشان داد. با گذشت زمان، زاویه این خطوط تغییر کرد، و به مخاطبان نشان داد که جهت حرکت آونگ تحت تأثیر یک حرکت چرخشیِ درک نشده - حرکت چرخشی زمین - در حال تغییر است. ربکا سی. تامسون[۱۳۰] رئیس بخش عمومی APS[۱۳۱] می‌گوید: فوکو توانست یک مفهوم علمی را به گونه‌ای نشان دهد که یک فرد معمولی بتواند به راحتی درک کند. . برای قرن‌ها، این یک باور رایج بود که زمین بر روی یک محور می‌چرخد.



تصویر۳: تصویرسازی اولین نمایش عمومی آونگ فوکو در ساختمان پانتئون پاریس، ۵ آوریل ۱۸۵۱.

اما این فوکو بود که یک بار برای همیشه شک و تردیدهای طولانی را برطرف کرد و این پدیده را محکم در قلمرو واقعیت تثبیت کرد. تامپسون می‌گوید: «این واقعاً تغییر فرهنگی را برای درک اساسی جهان ما به گونه‌ای متفاوت آغاز کرد.» این آزمایش موفقیت‌آمیز بود، گروهی از پاریسی‌های مشتاق را جذب کرد و فوکو را به شهرت رساند. آونگ‌های مبتنی بر محاسبات فوکو در سرتاسر جهان ظاهر شدند - و هنوز هم ویژگی‌های نمادین بسیاری از موزه‌های علمی در ایالات متحده و سایر کشورها هستند.

تصویر۲: آونگ فوکو در پانتئون پاریس.[۵]

[130] Says Rebecca C.Thompson

[131] American Physical Society: انجمن فیزیک آمریکا

از آنجایی که تمام نقاط روی سطح زمین به صورت یک واحد می چرخند، در واقع می توان نتیجه گرفت که حرکت ظاهری آونگ فوکو بستگی به عرض جغرافیایی نقطه‌ی مورد نصب دارد. بدین معنی که آونگ در قطب ها سریع‌تر می‌چرخد و هر چه به استوا نزدیک‌تر می‌شویم، سرعت آن کمتر می‌شود.

از آنجایی که هر نوسان آونگ آن را از نقطه ای دورتر از استوا به نقطه ای نزدیک‌تر به استوا و بالعکس می‌برد و سرعت در این نقاط متفاوت است، مسیر آونگ با هر نوسانی به طور ظریفی منحرف می‌شود و به تدریج از استوا دور می‌شود. جهت اصلی آن میزانِ این اثر، بستگی به این دارد که آونگ در کجای زمین در حال نوسان است. تامپسون توضیح می‌دهد که در قطب شمال - جایی که تغییرات کوچک در عرض جغرافیایی پیامدهای بزرگی دارد - مسیری که یک آونگ ردیابی می‌کند تنها در عرض ۲۴ ساعت ۳۶۰ درجه تغییر می‌کند. در همین حال، در خط استوا، حرکت آونگ به هیچ وجه منحرف نمی‌شود. فوکو با استفاده از قانون سینوسی خود پیش‌بینی کرد که مسیر آونگ او در پاریس در هر ساعت ۱۱.۲۵ درجه یا ۲۷۰ درجه در روز تغییر می‌کند. و این کار را کرد. قانون سینوس او به هر کسی که دارای پایه‌ی مناسب در مثلثات است اجازه می‌دهد تا از آونگ برای تعیین عرض جغرافیایی خود استفاده کند. اما عمدتاً در موزه‌های سراسر جهان، آونگ به شیئی تبدیل شده‌است که شگفتی را بر می‌انگیزد.

آونگ فوکویِ دانشگاه کاشان شامل سیمی به ارتفاع ۱۲ متر و گلوله‌ای سربی به جرم ۴۸ کیلوگرم و قطر ۱۷ سانتی‌متر توسط یاسر شاپوری، صادق باصری ، الناز جابر الانصار و مریم ابدالی ، دانشجویان فیزیک ۸۷ طراحی، ساخته و به نمایش گذاشته شده‌است. دانشگاه کاشان از معدود دانشگاه‌های ایران است که از این وسیله به‌عنوان یک نماد فیزیکی برخوردار است و قبل از آن دانشگاه‌های شریف (آونگ فوکو به طول ۱۵متر) و فردوسی مشهد اقدام به ساخت این وسیله کرده‌اند.

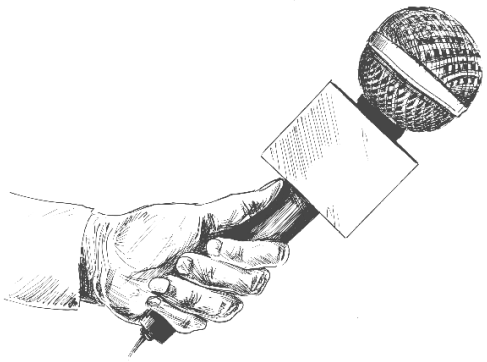
گلوله‌ی این آونگ به یک کابل بوکسل به قطر ۴ میلی‌متر با تحمل کششی در حد سیم «فا» پیانو آویزان شده و خود کابل هم به یک بلبرینگ کف‌گرد(افقی‌گرد) قائم به سقف بسته شده‌است که وظیفه‌ی روان کردن چرخش صفحه‌ی نوسان را بر عهده دارد. هرچه طول ریسمان بیشتر باشد، دقت آزمایش بیشتر خواهد بود نمونه‌های این آونگ در دانشگاه‌های مطرح دنیا با ارتفاع‌های بیش از ۵۰ متر نصب شده.

منابع

1. Smithsonianmag.com [Smithsonian Magazine]
2. Uko.kashanu.ac.ir
3. Britannica.com/biography
4. Wikimedia Commons
5. Ella's Design/Shutterstock.com

گفت‌وگو با سرکار خانم دکتر نرگس انصاری

عضو هیئت علمی دانشکده‌ی فیزیک دانشگاه الزهرا(س)



با همفکری تعدادی از اعضای نشریه، سعی کردیم دغدغه‌های امروزه‌ی دانشجویان را در قالب سوال مطرح کنیم و آن‌ها را برای سرکار خانم دکتر نرگس انصاری ارسال کردیم. طبق هماهنگی‌های انجام شده، طی گفت‌وگویی آنلاین با ایشان صحبت کردیم.

تنظیم کنندگان: فاطمه سادات صوف‌باف، نرگس رستمی، معصومه محمدی

خانم دکتر اگر اجازه می‌دهید ابتدا از خودتان شروع کنیم.

لطفا شرح حالی از خودتان برایمان بدهید.

من متولد سال ۱۳۵۸ در تهران هستم. دبیرستان را در یک مدرسه‌ی عادی دولتی تحصیل کردم، به‌طوری که در هرسال شاید بیش از ۴ یا ۵ قبولی دانشگاه دولتی نداشتیم. مدرسه کاملاً معمولی بود. الان که به گذشته فکر می‌کنم به نظرم تحصیل در چنین مدرسه‌ای مزیت‌هایی داشت؛ برای مثال از همان زمان متوجه شدم که برای یادگیری نیازی نیست حتماً معلم به من خوب درس بدهد. یادگرفتم برای آموختن مباحث از روش‌های دیگری مانند مطالعه‌ی کتاب، جزوه و یا کلنجار رفتن با مسئله، استفاده کنم. البته این‌ها برای زمانی بود که مثل الان اینترنت در دسترس نبود. من با همین روش‌ها درس‌هایی مثل جبر و هندسه را یاد گرفتم.

هنگامی که وارد دانشگاه شدم این شیوه بسیار به من کمک کرد. به عنوان مثال هنگامی که مباحث جوری بودند که درس استاد را خوب متوجه نمی‌شدم، سعی می‌کردم با روش‌های دیگری خودم یاد بگیرم. درواقع این فرق بین دانش‌آموز و دانشجوست، به دانش‌آموز باید آموزش داده شود ولی به دانشجو آموزش هم داده نشود باید بداند که چگونه مبحث و مسئله را با روش‌های مختلف یادبگیرد.

اکنون اکثر دانشجویان انتظار دارند که برای یادگیری خوب مباحث، استاد به آن‌ها خوب درس بدهد. درحالی که جزو روش‌های نوین این نیست که استاد فقط درس بدهد، بلکه باید آموزش دهد افراد با استفاده از چه روش‌هایی خودآموز یادبگیرند. گاهی اوقات بچه‌ها به من می‌گویند که فلان درس را فلان استاد داد و ما درس را یاد نگرفتیم؛ درحالی که خودشان هم می‌دانند آن استاد در آن مبحث واقعاً جزو برترین اساتید به حساب می‌آید. مشکل از اینجاست که تغییر از دانش‌آموزی به دانشجویی اتفاق نیفتاده است.

برخلاف درس‌های عمومی‌ام درس‌های تخصصی‌ام خوب بود و توانستم دانشگاه شهید بهشتی قبول بشوم. لیسانس، فوق لیسانس و دکتری در دانشگاه شهید بهشتی بودم. بعد از آن هم چند سالی، دو-سه سال آخر دکتری و دو سال بعد از دکتری، ایران نبودم و در دانشگاه KTH استکهلم دوره‌ی پسادکتری گذراندم. از آن زمان تا به الان هم در دانشگاه الزهرا(س) هستم.

آیا بجز دانشگاه الزهرا(س) دانشگاه دیگری هم تدریس کردید؟

درس دادن از من خیلی زمان می‌گیرد. من می‌توانم بگویم هر درسی که بار اول تدریس می‌کنم، حداقل دو ، سه روز کامل در هفته از من وقت می‌گیرد. درس دادن فقط اینکه در کلاس چه چیزی بگویی مهم نیست، اینکه چگونه بیان کنی و از چه طریقی مطالب را به یکدیگر مرتبط کنی مهم هست. من تمام سعی‌ام را می‌کردم، نمی‌دانم موفق بودم یا نه. یادم هست سال اولی که بخاطر کرونا مجازی شده بود، شب‌ها 3 ساعت بیشتر نمی‌خوابیدم و مدام پاور درست می‌کردم. برای همین هیچ وقت سعی نکردم جای دیگری تدریس کنم، دانشگاه خودمان هم بیشتر از موظفی‌ام درس نمی‌دادم.

چه شد که فیزیک را انتخاب کردید؟ اگر به گذشته برگردید انتخاب‌تان باز هم فیزیک است یا دوست داشتید مسیر دیگری را انتخاب می‌کردید؟ به چه دلیل؟

کلاً ذهن تحلیل‌گری دارم و ذهنم همیشه نظم ریاضی داشته‌است، همان‌قدر که یک‌سری دروس را هیچ وقت دوست نداشتم و نمی‌خواندم، ریاضی را خیلی دوست داشتم. از سال سوم-چهارم دبستان، درس‌دادن را خیلی دوست داشتم و وظیفه‌ی تدریس فیزیک و ریاضی به خواهر و برادر کوچک‌تر، دوستان و بچه های فامیل به عهده‌ی من بود.

سال اول دبیرستان، معلم فیزیک‌ام اولین سال تدریس‌اش بود و اختلاف سنی خیلی کمی داشتیم، من درس دادن‌اش را خیلی دوست داشتم. شروع علاقه‌ی اولیه‌ی من به فیزیک از همان‌جا بود. به همین دلیل زمان انتخاب رشته بین رشته‌های علوم پایه فقط فیزیک را انتخاب کرده بودم. از بین رشته‌های مهندسی هم رشته‌هایی را انتخاب کرده بودم که با فیزیک مرتبط بود.

بعلاوه من ریاضی‌ای که در حل مسائل فیزیک استفاده می‌شود را بیشتر از ریاضی محض دوست دارم. الان هم همین جوری هستم، یعنی وقتی بچه‌ها می‌گویند ریاضی فیزیک درس بده، اصلاً نمی‌توانم باور کنم که یک روزی ریاضی فیزیک درس بدهم. شاید خیلی از آن مباحث ریاضی را بلد باشم، ولی درس دادن آن‌ها را به صورت ریاضی محض دوست ندارم.

فیزیک خواندن و در فیزیک صاحب نظر شدن، نسبت به رشته‌های دیگر زمان بیشتری از فرد می‌گیرد. نه تنها فیزیک بلکه رشته‌های دیگر علوم پایه هم همین‌طور هستند. واقعا درس خواندن، کار کردن و صاحب نظر شدن در این رشته‌ها کار دشوار و وقت گیری هست.

بد نیست خاطره‌ای را تعریف کنم. زمانی که دانشجوی لیسانس بودم، تصمیم گرفتم با حذف کردن یک درس تعداد واحدهای کمتری بردارم تا در پنج سال درس‌ها را خیلی بهتر بخوانم. استادم نگاهی بهم انداخت و گفت، ببین این یک سالی که اینجا بگذاری، بعداً در عمرت کم می‌آوری، هرچقدر هم زمان پیش برود کارهای تو بیشتر می‌شوند که کمتر نمی‌شوند. این جزو مواردی بود که با تمام وجود به آن رسیدم، هرسال از سال قبل کارها و دغدغه‌ام بیشتر و زمان‌ام پرتر هست.

در دوره‌های تحصیل و بعد از آن، زمان‌هایی که می‌خواستم چندتا کار را باهم انجام بدهم، هم‌زمان با خواندن رشته‌ی فیزیک، مجبور بودم از خیلی کارهای دیگر مانند استراحت و خواب بگذرم. شاید تنها وقت‌هایی که گفته باشم وای فیزیک! در آن زمان‌ها بوده.

اگر برگردم همچنان فیزیک را انتخاب خواهم کرد. می‌دانی چرا ؟! بعضی از آدم‌ها علایق متضادی دارند، اما من اینطور نبودم، بعنوان مثال من می‌دانستم به هیچ عنوان زیست را نخواهم خواند. دلیل‌اش هم این بود که اصلاً نمی‌توانستم اسم‌های سخت زیست را به ذهن بسپارم. در مورد هنر نیز خودم علاقه‌ای به آن‌ها نداشتم، شاید خیلی دوست داشته‌باشم دخترم این رشته‌ها را بخواند، اما استعداد و توانایی انجام کارهای هنری را در خودم نمی‌بینم. چون چیزهایی که دوست داشتم محدود و خاص بود، الان هم برگردم هنوز هم همان جوری‌ام، پس راهم متفاوت نخواهد بود. اما شاید یک سری کارها را با روش‌های دیگر انجام بدهم. من از اشتباهات‌ام ناراضی نیستم. اشتباه کردن را دوست دارم، نه اینکه فقط دوست داشته باشم بلکه بنظرم باید باشد، حتی توی تربیت فرزند نیز لازم است بچه زمین بخورد تا خیلی چیزها را یاد بگیرد. برای همین اگر برگردم همچنان دوست دارم بعضی اشتباهات‌ام را انجام دهم. به دلیل اینکه تجربه‌های مهمی از آن‌ها بدست آوردم

اگر فیزیک را انتخاب نمی‌کردید، دوست داشتید چه رشته‌ای را انتخاب کنید و یا در چه زمینه‌ای فعالیت می‌کردید؟

من عاشق لوازم التحریر هستم و اگر چهارتا مغازه بگذارند اول می‌روم لوازم‌التحریری، دوم گل فروشی، سوم و چهارمین انتخاب‌ام آن‌هایی هستند که بقیه انتخاب می‌کنند. اگر درس نمی‌خواندم سراغ لوازم‌التحریری، کتاب فروشی و گل فروشی می‌رفتم.
از بین رشته‌های علوم انسانی فلسفه را دوست دارم. ادبیات را هم بعنوان رشته‌ی اصلی‌ام دوست نداشتم انتخاب کنم، اما جزء رشته‌هایی هست که به آن علاقه‌مند هستم.

کدام مبحث(های) فیزیک برای شما جذاب‌تر هست؟ چرا؟

من بیشتر با ذرات بنیادی و نگاه فلسفی عاشق فیزیک شدم. اما در حال حاضر ماده‌چگال و اپتیک را بیشتر دوست دارم.

فیزیک تئوری یا تجربی؟ دوست داشتید در کدام زمینه کار کنید؟ به چه دلیل؟

هر دو را انجام می‌دهم و دوست دارم. فیزیک تجربی بدون تئوری نمی‌تواند باشد و در آن شبیه‌سازی و برنامه نویسی نیز وجود دارد.

آیا فیزیکدان بودن (یا فیزیک خواندن) تاثیری در بهبود وضعیت زندگی شخصی شما نسبت به دیگران داشته است؟

من عاشق فیزیک‌ام، خیلی وقت‌ها از انتخابم راضی‌ام. یکی از دلایل انتخاب‌ام این بود که فیزیک چارچوب ذهنی خوبی برای من ایجاد کرد. دید من رو نسبت به جهان هستی و زندگی‌ام تغییر داد و در برنامه‌ریزی‌هایم تاثیرگذار بود. من معتقدم رشته‌ای که آدم‌ها می‌خوانند در زندگی‌شان اثر می‌گذارد، حتی اگر آن رشته جزء علوم اجتماعی نباشد.

برای مثال فیزیک نیوتونی ذهن من را به علت و معلول اتفاق‌ها خیلی مرتبط کرد. یعنی اگر اتفاقی بیفتد، این اتفاق یک کنش یا واکنش نسبت به اتفاق دیگری بوده‌است. نهادینه شدن این موضوع در ذهنم، باعث تغییرات عمیقی در نگاهم به اتفاق‌های اطراف‌ام شد. فیزیک خواندن روی جهان بینی من بسیار تاثیر گذاشت.

بعضی اوقات به بچه‌های دوره‌ی کارشناسی می‌گویم، اگر نتوانستید با فیزیک خیلی هم کار کنید حداقل سعی کنید ذهن‌تان علت و معلول را یاد بگیرید. یک مسئله را باید خوب ببینید و به آن فکر بکنید سپس دنبال راه حل برای آن بگردید. وقتی می‌خواهید حرکت یک وسیله را بررسی کنید باید بتوانید خوب نیروهایی که به آن وارد می‌شود را پیدا کنید، اگر این کار را انجام ندهید مسئله را اشتباه حل می‌کنید. این در زندگی من خیلی اثر داشت. حیف هست که آدم‌ها از ترکیب این رشته با فلسفه استفاده نکنند و یاد نگیرند که هر معلولی علتی دارد.

کوانتوم را هم به‌خاطر اصل عدم قطعیت خیلی دوست دارم. من با کوانتوم خواندن یکی از معضلات ذهنی‌ام که جبر و اختیار بود کاملاً حل شد. من این معضل را با هیچ بحث و آدمی نتوانستم حل کنم.

آمریکا و اروپا و حتی MBA خودمان در شریف در زمان جذب نیرو، باورشان این هست که افرادی که فیزیک و ریاضی می‌خوانند آدم های تحلیلگر و دقیقی می‌شوند؛ پس فیزیک خواندن ناخودآگاه روی آدم تاثیر می‌گذارد. شاید اول آدم‌ها این را حس نمی‌کنند ولی الان خود شما بعد از چهار سال احساس می‌کنید فیزیک خواندن نوع رفتارتان را تغییر داده؟ و روی مسائل دقیق‌تر نگاه می‌کنید؟ حالا اگر باهشیاری و دقت به تاثیر رشته بر نگرش فرد، توجه شود سرعت و عمق این تغییرات بیشتر می‌شود. بعنوان مثال خواندن کتاب‌های عرفان ، فیزیک کوانتوم و فلسفه برای بچه‌های فیزیک لازم هست. مباحث فلسفی که بعد از فیزیک کوانتوم بین دانشمندان درجه یک دنیا اتفاق افتاد مباحث بسیار خوبی است.

یکی از مهم‌ترین معیارهای دانشجویان در انتخاب گرایش آینده شغلی و امکان ارتباط با صنعت در حوزه‌های مختلف است. در حال حاضر در ایران کدام یک از گرایش‌های فیزیک ارتباط بیش‌تری با صنعت دارند؟

متاسفانه مشکل صنعت به شدت وجود دارد. الان اگر بخواهی کاری را صنعتی کنی لازم هست کفش آهنین به پا داشته باشی. بحث این نیست که اساتید ارتباط با صنعت ندارند، بیشتر بحث این است که صنعت ما احساس نیاز به دانشگاه و پژوهش نمی‌کند. اما بین گرایش‌های فیزیک حالت جامد، اتمی و پلاسما ارتباط بیشتری نسبت به بقیه گرایش‌ها با صنعت دارند. البته رشته به رشته هم متفاوت هست، مثلاً برای شیمی و زیست مشکل ارتباط با صنعت به شدت فیزیک نیست؛ چون برای فیزیک ساخت دستگاه و طراحی آن،

هزینه‌های خیلی بالاتری دارد، اما بچه‌های شیمی نسبت به فیزیک خیلی راحت‌تر با صنعت ارتباط برقرار می‌کنند.

شما دوره فوق دکتری تان را در دانشگاه KTH سوئد سپری کرده اید. این دوره چه تاثیرات مهمی در زندگی حرفه ای شما داشته است؟ چه ویژگی‌های مثبت و برتری‌هایی در این دانشگاه وجود دارد که فکر می‌کنید در دانشگاه های ایران باید وجود داشته باشد؟

می‌گویند دنیا دیده بهتر از دنیا خورده است. من به شدت این حرف را قبول دارم. مثل این می‌ماند که از پایین یک موضوعی را ببینی بعد بیایی بالا و از آنجا به آن نگاه کنی. رفتن به محیط متفاوت خیلی در در وسیع شدن دید فرد موثر هست. یکی از حسرت‌های من این است که هر سه مقطع تحصیلی‌ام را در یک دانشگاه گذراندم و دانشگاه‌های دیگری به غیر از دانشگاه شهید بهشتی را برای تحصیل تجربه نکردم.

اینکه در یک جایی غیر از ایران حضور داشته باشی، در سیستمی که نظم، مواد و دستگاه‌هایی که استفاده می‌شود، نوع نگاهی که به مسئله هست و ارتباطی که با صنعت وجود دارد، متفاوت هست، این‌ها دید را وسیع می‌کند و اجازه می‌دهد که فکرکنی چگونه می‌توانی محیطی که در آن فعالیت انجام می‌دهی را بهتر کنی. وقتی می‌خواهی تغییر ایجاد کنی، یک روش این هست که فقط خودت فکر کنی، راه دیگر این است که از تجربه‌های دیگران هم استفاده بکنی. برای من مهم بود که حضور در این محیط را تجربه کنم تا بتوانم با چیزهایی که یاد می‌گیرم در محیطی که بعداً حضور دارم مفید واقع بشوم. به همین علت خیلی مهم هست که بچه‌ها از دوره‌های فرصت مطالعاتی و دوره‌های آموزشی در دانشگاه یا کشورهای دیگر استفاده کنند.

در شرکت دانش بنیان شما چه محصول یا فناوری ای ارائه می‌شد؟ کار شما با چه مشکلات و موانعی مواجه بود؟

کار من به شرکت نرسیده بود، در مرحله‌ی قبل از شرکت بودم .کار ما ساخت وسیله‌ي بیضی سنج (دستگاهی که با اندازه‌گیری تغییر قطبشِ نور بازتابی از ماده، مشخصات ماده را بدست می‌آورد) بود، که قیمت خرید آن هم چند میلیاردی هست. به همین علت ساخت آن نیاز به پول زیاد دارد. بعنوان مثال می‌خواستیم پلاریزور و آنالیزور را برای دستگاه خریداری کنیم، با وجود تحریم‌ها ۳ برابر قیمت باید خریداری می‌کردیم. برای طراحی نگهدارنده نیاز به دیدن نگهدارنده‌ی مشابه آن داشتیم، اینکه چطور آن را تهیه و به ایران بیاوریم مشکل بود. ساخت دستگاه اولیه سه سال طول کشید و بیشتر از دوسال فقط درگیر سفارش وسایل بودیم.

طرحی که پولش را گرفته بودیم خودم و دانشجو بعنوان دست‌مزد یک قرون برنداشتیم، همه‌ی پول صرف خرید وسایل شد، حتی از جیب هم گذاشتم. بودجه‌ای که به دانشگاه‌ها برای خرید دستگاه می‌دادند کم بود و هیچکس نمی‌توانست این وسیله را بخرد و مشتری پیدا نمی‌کردیم. بعد از یک جایی نه می‌توانستم پول بگذارم و نه توان کلنجار رفتن با سیستم های معیوب اداری را داشتم، برای همین تقریباً دوسال پیش موضوع را بستم و کار دستگاه را ادامه ندادم. شاید یکی دوسال دیگر با تجربه‌ای که این مدت پیدا می‌کنم جور دیگری به مسئله فکر کنم.

در حال حاضر خودتان روی چه موضوعات پژوهشی کار می‌کنید؟ آیا در انجام پژوهش‌ها دانشجویان هم با شما همکاری دارند؟

ابزار کار پژوهشی دانشجو هست، بدون دانشجو نمی‌شود. اگر دانشجو اهل کارکردن باشد با او کار می‌کنم. درس‌دادن به آدم‌ها را دوست دارم. معتقدم به شرطی در درس دادن خوب بوده‌ام که دانشجوی من بهتر و بالاتر از من بشود، اگر قرار باشد هم سطح من باشد اصلاً موفق نبوده‌ام. برای همین وقتی با بچه‌های کارشناسی کار می‌کنم اگر خودشان اهل کار کردن باشند در حدی که بخواهند یاد بگیرند، حتی تا دکتری، به آن‌ها یاد می‌دهم. به نظرم تربیت آدم‌ها باقیات صالحات هست، برای من خیلی مهم هست که بتوانم همه‌ی چیزهایی که بلدم را به دیگران منتقل کنم.

با وجود اینکه کمک هزینه‌ای به شما پرداخت نمی‌شود، برای دانشجویان کارشناسی که با شما پروژه انتخاب می‌کنند پروژه‌های جدی و مفصلِ تجربی تعریف می‌کنید و از آن‌ها می‌خواهید که در نهایت مقاله تحویل دهند. این جدیت در پروژه‌های کارشناسی بیشتر به چه علت است؟ چقدر دانشجویان کارشناسی در انجام پروژه‌ها می‌توانند موفق عمل کنند؟

بابت پروژه‌ای که بچه‌های کارشناسی می‌گیرند مبلغی به استاد داده نمی‌شود، به همین علت هزینه‌ی پروژه‌های کارشناسی را خودم پرداخت می‌کنم. قبلاً می‌توانستم انجام بدهم ولی از الان به بعد را نمی‌دانم، هزینه‌ها زیاد شده‌است.

به شدت به بچه‌های کارشناسی برداشتن پروژه را تاکید می‌کنم. گاهی اوقات آدم در مورد خودش شناخت اشتباه دارد، برای مثال فکر می‌کند تجربی کار یا محاسباتی کار خوبی است، ولی وقتی تجربه کند متوجه

می‌شود که شاید آدم وقت گذاشتن روی کار پژوهشی نیست و تصمیم بگیرد کارشناسی‌ارشد رشته دیگری بخواند. اغلب بچه‌های فیزیک که کارشناسی‌ارشد رشته دیگر می‌خوانند آدم‌های موفقی می‌شوند.

وقتی دانشجو می‌خواهد با من پروژه بردارد، اول هدف‌اش را می‌پرسم. اگر هدف‌اش فقط سه واحد پاس کردن هست به او کار برنامه نویسی، تحقیق و یا جمع آوری موضوع می‌دهم که هرجا برود به‌کارش می‌آید. وقتی قبول می‌کنند که پروژه‌ی تجربی و سنگین بردارند من در حد دانشجوی ارشد و دکتری به آن‌ها یاد می‌دهم و خیلی از آن‌ها هم واقعا فوق العاده هستند، من راضی بوده‌ام. پروژه درسی لزومی ندارد تجربی باشد، اگر دانشجو هدف‌اش را بداند پروژه‌ی فیزیک می‌تواند برایش مفید باشد، به شرطی که وقت و انرژی بگذارد؛ من جزء آدم‌هایی بودم که اگر دانشجو علاقه‌مند بود حاضربودم همه جور کاری برایش انجام بدهم.

برای دانشجویان شما همیشه جالب و عجیب است که چگونه با وجود داشتن 4 فرزند کوچک همزمان کار تدریس، کار پژوهشی و پروژه‌های دانش بنیان را انجام می‌دهید. واقعا چگونه برنامه ریزی می‌کنید که به تمام این فعالیت‌ها برسید؟

شاغل بودن و مادر بودن خیلی سخت هست، مخصوصاً در جامعه‌ای که برای مادران شاغل برنامه ریزی نشده‌است و هرطور که بخواهند برنامه‌ریزی لحظه‌ای‌شان را تغییر می‌دهند. برای مثال بعد از کرونا هنگامی که ناگهان مدارس و دانشگاه‌ها را بعد از تعطیلات عید باز کردند، تا ساعت ۵ کلاس داشتم اما مهدِ دانشگاه تا ساعت ۴ بیشتر باز نبود و مجبور بودم وسط آزمایشگاه بچه را از مهد بیاورم. حتی روزی که در دوره‌ی دکتری ازدواج کردم؛ استاد من تاکید کردند در زمان دانشجویی و انجام کار پژوهشی نباید بچه دار بشوم. در حالی که در تمام دنیا این حق شخص هست که انتخاب کند می‌خواهد مادر بشود یا خیر؛ اینکه شرط ادامه‌ی تحصیل نیاوردن بچه باشد چیز عجیبی است. اما من انسان حرف گوش کنی نبودم و در همان دوره‌ی دکتری اولین بچه‌ام را آوردم. در زمان استخدام من در دانشگاه شهید بهشتی (من بورس دانشگاه شهید بهشتی بودم)، با وجود آنکه از لحاظ تعداد مقالات و کارهای تحقیقاتی‌ام قابل مقایسه و یا بالاتر از افراد دیگر بودم، تنها به دلیل آنکه تعداد فرزند زیادی دوست داشتم به من گفتند که ترجیح ما این است آقا، یا خانمی که نخواهد فرزند زیادی داشته باشد را استخدام کنیم. به خودشان اجازه دادند که این ریسک را انجام ندهند و ترجیح دادند فردی را استخدام کنند که علاقه‌ای به داشتن تعداد فرزند زیاد نداشته باشد. به هر حال این دید وجود دارد که یک خانم نمی‌تواند از لحاظ شغلی در جایگاه استاد دانشگاهی باشد، هم‌زمان پژوهشگر خوب و مادر هم باشد؛ این کار سخت اما امکان پذیر هست. آدم‌ها شرط موفق بودن و داشتن وجه اجتماعی خوب در جامعه‌ی ما را اینگونه می‌بینند که خانم در انجام یکی از وظایف‌اش کم بگذارد.

این واقعاً ایراد بزرگی در جامعه‌ی ما هست. الان در کشورهای اروپایی زمان استخدام میان خانم و آقای دارای شرایط یکسان، خانم را انتخاب می‌کنند و بین کسی که دارای فرزند هست یا خیر، باز فردی که فرزند دارد برای استخدام انتخاب می‌شود. البته ۴ تا بچه داشتن حتی در سوئد هم عجیب هست. چون سوئد از کشورهایی هست که تمام قوانین به گونه‌ای هست که برای پدر و مادر شاغل مناسب است. حتی در این محیط با این برنامه‌ریزی، عجیب است که کسی با داشتن ۴ فرزند شاغل باشد و در کارهایش هم ادعا داشته‌باشد. می‌توانم بگویم هرجا گفتم ۴ تا بچه دارم همه تعجب کرده‌اند.

من با توجه به اهدافی که دارم می‌خواستم به دختران نشان بدهم که می‌توان یک بعدی نبود، شما می‌توانی همسر و مادر باشی و در عین حال از لحاظ اجتماعی هم موفق باشی. من همسر دارم، تعداد فرزندان زیادی هم دارم و همزمان استاد دانشگاه هستم. باورم این نبود که درس‌ام تمام شود و بعد ازدواج کنم، الان هم فکر می‌کنم تصمیم درستی گرفتم. با وجود مخالفت‌ها در دوران دانشجویی اولویت‌ام بچه‌دار شدن بود. سختی کشیدم. یادم نمی‌رود شبی که فردای آن روز دفاعیه دکتری‌ام بود، بچه‌ام مریض شد، تا سه نصف شب بچه‌ام روی پایم و لپ‌تاب جلوی‌ام بود و پاور درست می‌کردم. اصلا کار راحتی نبود، ولی انتخابش کرده بودم. الان هم به شدت راضی هستم.

یکی از دلایلی که توانستم تمام این کارها را انجام بدهم حضور همسری همراه بود. فکر نکنید توانستم ۴ تا بچه داشته باشم چون خودم خواستم. من یک همسری داشتم که حتی در کارهای خانه با من همراه بود. ازدواج کردن قبل اینکه معیارهایت را بدانی، خودت را بشناسی و مهارت‌های زندگی را یاد بگیری اشتباه هست. مگر اینکه شانس بیاوری درست ازدواج کنی. درباره‌ی بچه آوردن هم همینطور هست. خیلی‌ها بچه می‌آورند و می‌گویند بچه نگذاشت پیشرفت کنم. بچه می‌تواند باعث پیشرفت بشود اگر مهارت‌هایش را بلد باشی.

یکی از مواردی که در تحمل سختی‌ها کمک‌ام می‌کند، این هست که بچه‌ها متوجه بشوند با ازدواج و داشتن فرزند هم می‌توان به این مرحله رسید. با خون جگرخوردن شده ولی شده. از دلایلی که سعی کردم در کار و پژوهش موفق باشم این بود که نشان بدهم با وجود ۴ فرزند می‌توانم پژوهشگر برتر جوان و پژوهشگر برتر دانشکده بشوم. البته قبول دارم درصد زیادی از موفقیت‌های من رزق خدا هست، من تلاش کردم و به آن برکت داده شده است.

واقعاً چگونه توانستم این کار را انجام دهم؟ یک مورد برنامه ریزی هست، اینکه ما بدانیم با این مشغله‌ها چطور به کارهایمان برسیم. بعنوان مثال من در یک بازه‌ای این کار را انجام می‌دادم:

- هفته اول تمرین‌ام این بود که کارهای هر روز را بنویسم و در آخر روز جمع بندی داشته باشم که تا چه میزان از زمان‌ام استفاده کرده‌ام.

- هفته بعد، قبل از شروع روز لیست کارهایی را که باید در طول روز انجام می‌دادم را می‌نوشتم و در آخر شب بررسی می‌کردم که چه کارهایی انجام شده و کدام یک از آن‌ها انجام نشده است. بررسی اینکه انجام ندادن آن کارها به دلیل نداشتن زمان کافی بوده یا تنبلی کردن، باعث می‌شد که در روزهای بعد، با توجه به توانمندی‌های خودم، برنامه ریزی واقع گرایانه‌تری داشته باشم. البته دقت کنید قراردادن استراحت و تفریح جزء برنامه ریزی است.

وقتی کارهایم را نوشتم متوجه شدم در بهترین حالت ۵۰ درصد تلاش‌ام را برای انجام کارها، به‌کار گرفته‌ام، در حالی که با تلاش و برنامه‌ی بهتر می‌توانستم به تمام کارها و اهداف‌ام برسم. استمرار چندماهه در این کار باعث شد، زندگی‌ام زمین تا آسمان فرق کند.

باید یادبگیرید چطور برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی داشته باشید. بعد از برنامه‌ریزی، پایان آن بازه‌ی زمانی، بسته به برنامه که روزانه، ماهانه یا سالیانه است، جمع‌بندی داشته باشید که چه کارهایی انجام داده‌اید. ارزیابی برنامه خیلی مهم هست. همان‌طورکه در دین توصیه شده خودتان را سنجش کنید، در برنامه‌ریزی هم همین طور هست. هدف بزرگ می‌گذارید، هدف را ریز می‌کنید و در آخر به برنامه‌ی روزانه می‌رسید. همان روز ببینید چه کاری انجام دادید، چه کاری را نه و چرا؟ شاید این برنامه‌ی من اشتباه بوده، شاید لازم بوده کار بیشتری از خودم بخواهم، یا نه فهمیدم فلان کار را نباید می‌گذاشتم. این ارزیابی آخر برنامه‌ریزی‌ها مهم هست.

برای مثال من هزارتا کار دوست دارم انجام بدهم، باید انتخاب کنم که از آن هزار کار اولویت‌های من کدام هست. بعنوان مثال اولویت من انجام وظایف همسری، مادری و تدریس بود و سعی داشتم کارهایم را درست انجام بدهم و براساس این انتخاب‌ها برنامه‌ریزی کردم. من که تا ۵ بعد از ظهر سرکار هستم مطمئناً نوع پخت و پزم متفاوت می‌شود. یک سری کارها که فکر کردم اولویت دوم هست را حذف کردم. مطمئناً زمان گشتن در اینترنت و خرید کردن و ... را نداشتم و چون در اولویت انتخاب‌ام نبود این موارد را حذف یا به میزان زیادی کاهش دادم.

در نهایت چه توصیه هایی به دانشجویان برای موفقیت در فیزیک دارید؟

بنظرم تمام کسانی که معلم هستند این حس را دارند، تمام بچه‌ها برای ما مهم می‌شوند و دوست‌شان داریم. یک بعدی بودن خوب نیست؛ آدم‌ها وقتی چند بعدشان را تقویت می‌کنند رضایت‌شان از خودشان بالاتر می‌رود. برای اینکه تک بعدی نباشی و با توجه به علایق و شخصیت‌ات در ابعادی که انتخاب می‌کنی موفق باشی، شناختن شخصیت مهم است. بنظرم لازم هست انسان‌ها هر چهار-پنج سال یکبار نیازها، باورها و خودشان را بازنگری کنند و این اجازه را به خودشان بدهند تا در انتخاب‌هایشان تغییر ایجاد کنند و مجدد هدف، اولویت و مسیرشان را تعیین کنند. خیلی وقت‌ها تغییر لازم است. من این کار را برای خودم هر ۷ یا ۸ سال یکبار انجام می‌دهم و الان دارم اجازه‌ی تغییر را به خودم می‌دهم. اگر اهداف‌ات را متناسب با معیارها و مسیر خودت انتخاب کنی، حتی تحمل سختی‌ها هم سهل می‌شود. زندگی راحت به معنای زندگی موفق نیست و اگر موفقیت خاصی را می‌خواهی باید به ازای آن تلاش کنی. زندگی سخت هم به معنای زندگی بد نیست. در انتخاب راه به خودتان اجازه‌ی اشتباه کردن بدهید و اگر کاری انجام دادید و فهمیدید علاقه‌ای به آن ندارید، ایرادی ندارد، جزء شکست محسوب نمی‌شود بلکه باعث می‌شود شناخت بیشتری از خودت و علایق و اهداف‌ات پیدا کنی.

مدال دیراک[۱۳۲] سال ۲۰۲۳ برندگانش را شناخت

تداوم درخشش کاوشگران نظریه ریسمان[۱۳۳]

رودینا دیسه (کارشناسی شیمی محض دانشگاه الزهرا(س)) Rodina.diseh@gmail.com

مدال دیراک ICTP[۱۳۴] را بهتر بشناسید.[۱]

مدال دیراک ICTP که از مهم‌ترین و ارزنده‌ترین جوایز فیزیک دنیا به شمار می‌رود، برای نخستین بار در سال ۱۹۸۵ توسط مرکز بین‌المللی فیزیک تئوری عبدالسلام بنیان‌گذاری شد و پس از آن همه ساله در هشتم ماه آگوست، سالروز تولد پل دیراک[۱۳۵] -فیزیکدان برجسته قرن بیستم- به دانشمندانی که اثرگذارترین پژوهش‌ها در زمینه‌های فیزیک تئوری، شیمی محاسباتی و ریاضیات را داشته باشند اهدا می‌گردد. مدال دیراک ICTP به برندگان جوایز نوبل، فیلدز و وولف اهدا نمی‌شود، هرچند که دانشمندانی بوده‌اند که ابتدا برنده‌ی مدال دیراک و سپس برنده‌ی جوایز مذکور شدند.

[132] Dirac Medal

[133] The String Theory

[134] International Centre for Theoratical Physics

[135] Paul Adrien Maurice Dirac

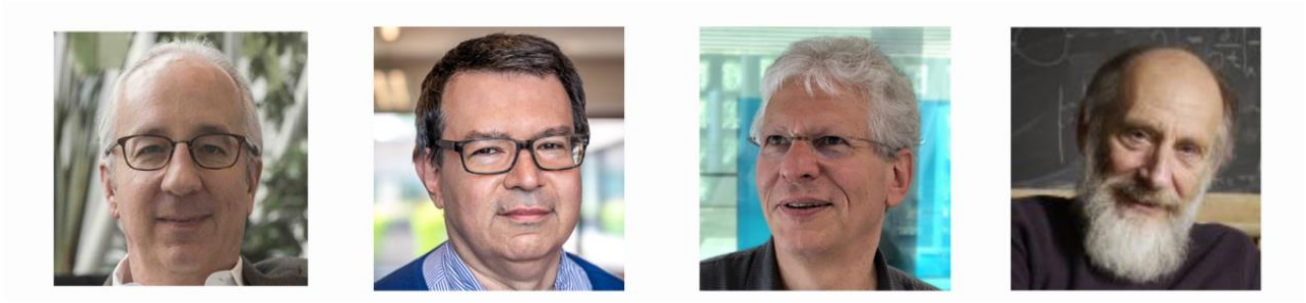
متقاضیان می‌توانند با پیگیری از وبسایت[۱۳۶] ICTP در صورت داشتن شرایط، با بارگزاری مدارک خود در این سایت، اعلام کاندیداتوری نمایند. پس از تایید صلاحیت، یک کمیته‌ی بین‌المللی متشکل از سرشناس‌ترین دانشمندان حال حاضر دنیا (الساندرا بونانو[۱۳۷]، آتیش دبولکار[۱۳۸]، مایکل گرین[۱۳۹]، دیوید گروس[۱۴۰]، جیورجیو پاریسی[۱۴۱]، خوان مالداسنا[۱۴۲] و سابیر ساچدو[۱۴۳]) از میان لیست اسامی کسانی که تایید صلاحیت شده‌اند، برندگان مدال دیراک آن سال را انتخاب می‌کنند.

توجه کنید که جوایز افتخاری متعددی تحت عنوان جایزه/مدال دیراک از سوی موسسات مختلف اهدا می‌شود اما مدال دیراک ICTP معتبرترین آنهاست.

برندگان سال ۲۰۲۳

مدال دیراک امسال، به چهار فیزیکدان از آمریکا به پاس مشارکت گسترده‌ی‌شان در نظریه‌ی ریسمان رسید.

برندگان عبارتند از (به ترتیب تصویر از چپ به راست) : جفری هاروی[۱۴۴] از دانشگاه شیکاگو، ایگور کلبانوف[۱۴۵] از دانشگاه پرینستون، استیون شنکر[۱۴۶] و لئونارد ساسکایند[۱۴۷] از دانشگاه استنفورد. [۵]



[136] ictp.it
[137] Alessandra Buonanno
[138] Atish Dabholkar
[139] Michael Green
[140] David Gross
[141] Giorgio Parisi
[142] Juan Maldacena
[143] Subir Sachdev
[144] Jeffrey Harvey

[146] Stephen Shenker
[145] Igor Klebanov [147] Leonard Susskind

قرن بیست و یکم: عصر نظریه‌ی ریسمان

هاب‌پیج[۱۴۸] می‌نویسد: « نظریه‌ی ریسمان، آئین پرستش دانشمندان امروزی است.» بی‌راه هم نمی‌گوید. ایده‌ی نظریه‌ی ریسمان، ایده‌ی هیجان‌انگیزی بنظر می‌آید. این نظریه مطرح می‌کند که جهان همواره در ابعاد و اشکال مختلف در حال بسط است و با اثبات ریاضی می‌توان چارچوبی برای تمامیت جهان تعیین و توصیف کرد.

حال با پژوهش‌های مدالیست‌های دیراک، امسال به این بحث می‌پردازیم. سهم این دانشمندان از نظریه‌ی ریسمان در مبحث نظریه‌ی ریسمان و گرانش کوانتومیِ اختلالی و غیراختلالی، به‌ویژه در حوزه‌ی ناهنجاری‌ها،

دوگانگی، سیاهچاله‌ها و هولوگرافی بوده‌است. نتایج حاصل از این پژوهش‌ها بازتاب گسترده‌ای از چارچوب ریاضی است که پیش‌تر به آن اشاره کردیم.

جفری هاروی نظریه‌ی ریسمان هتروتیک را کشف کرد. این کشف هاروی با تمرکز روی اوربیفولدها[۱۴۹] منجر به یکپارچگیِ نظریه‌های بزرگی از گذشته می‌شود که درباره‌ی مدل استاندارد فیزیک ذرات ارائه شده‌اند. هاروی پیشگام مطالعه‌ی سالیتون‌ها[۱۵۰] و شامه‌ها[۱۵۱] بود که نقش مهمی در درک تقارن‌های دوگانه داشته‌اند. همچنین کار او و تیمش روی جریان ناهنجاری[۱۵۲] سبب گسترش کاربردهای مهمی در حوزه‌ی فیزیک ماده‌ی متراکم شده است.

ایگور کلبانوف و تیمش با پژوهش‌های مفصلی که روی دوگانگی‌های گرانشی هولوگرافیک داشتند، در یک مقاله‌ی اساسی موفق به چند امر شدند: ۱.آن‌ها نمونه‌هایی از دوگانگی‌های گرانشی هولوگرافیک ساخته بودند که در مدل‌سازی کارآمد بود. ۲.با نتایج نمونه‌های ساخته شده، دایره‌ی لغاتی از اصطلاحات هولوگرافیک ایجاد و مطرح کردند. (نتایج جدیدی که تا پیش از این دستیابی و کشف نشده بودند درنتیجه اسم مشخصی هم برای آن‌ها وجود نداشت.)

استفن شنکر و لئونارد ساسکایند اولین فرمول غیراختلالی را برای نظریه‌ی M[۱۵۳] و نظریه‌ی ریسمان با ارائه‌ی یک روش محدودکننده که ماتریس S[۱۵۴] را توصیف کند، توسعه دادند.

---

[۱۴۸] discover.hubpages.com : گونه‌ای از فضاهای توپولوژیکی در ریاضیات.

[149] Orbifolds

[۱۵۰] Solitons : امواجی که تمایل به حفظ شکل خود دارند. [۳]

[۱۵۱] branes : اجسامی که در یک یا چند بعد گسترش یافته باشند. [۲]

[152] anomaly inflow

[۱۵۳] نظریه ابر ریسمان‌ها که بیان می‌کند نظریات مختلف ابرریسمان‌ها در واقع نگاه‌های مختلفی به یک نظریه اصلی هستند. [4]

[۱۵۴] ماتریکس‌های پراکندگی

از دیگر تحقیقات شنکر می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد: تجزیه و تحلیل ساختار فاز نظریه‌های پیمانه‌ای شبکه[۱۵۵]، ارائه‌ی فرمول هموردای[۱۵۶] نظریه‌ی ابرریسمان[۱۵۷]، ارائه‌ی فرمول‌های غیراختلالی نظریه‌ی ریسمان در ابعاد کم، کشف ارتباطات جدیدی میان آشوب و سیاه‌چاله‌ها.

ساسکایند یکی از نخستین افرادی بود که تشخیص داد مدل‌های دوگانه را می‌توان بر حسب ریسمان‌ها تفسیر کرد. سایر تحقیقات تاثیرگذار او شامل کار او بر روی نظریه‌های هامیلتونی پیمانه‌ای شبکه، باریون‌زایی یا باریوژنز[۱۵۸] و تکنی‌کالر[۱۵۹]، هولوگرافی و ارتباط بین نظریه‌ی پیچیدگی[۱۶۰] و سیاه‌چاله‌ها است.

بطور کلی می‌توان گفت سال ۲۰۲۳ سال امیدوارکننده ای برای نظریه‌پردازان ریسمان بود و کشف‌های به عمل آمده نوید از آینده‌ای غنی تر در علوم تئوری و محاسباتی را می‌دهند.

منابع

1. Ictp.it , Dirac Medallists 2023.
2. Britannica.com , Brane: Definition & Explanation.
3. physics.stackexchange.com , M branes/D branes are solitons?.
4. AllTheScience.org , What is M-Theory?.
5. psi.ir , مدال دیراک سال 2023 , شانت باغرام , 1402.05.17.

[155] lattice gauge theories

[156] covariant formulation

[۱۵۷] Superstring theory : نظریه ابرریسمان تلاشی در زمینه توضیح همه ذرات و نیروهای بنیادی طبیعت در قالب یک نظریه‌ی یکتا، از طریق مدل کردن آن‌ها به صورت لرزش‌های ریسمان‌های ریز ابرمتقارن، می‌باشد.

[۱۵۸] baryogenesis : فرایند برهم‌زدن تقارن (تعادل) میان باریون‌ها (گروهی از ذرات زیراتمی با تعداد فرد کوارک) و پادباریون‌های تولید شده در لحظات آغازین پیدایش گیتی.

[۱۵۹] Technicolor : تئوری‌هایی در فیزیک ذرات بنیادی که با کرومودینامیک کوانتومی مدل‌سازی می‌شوند

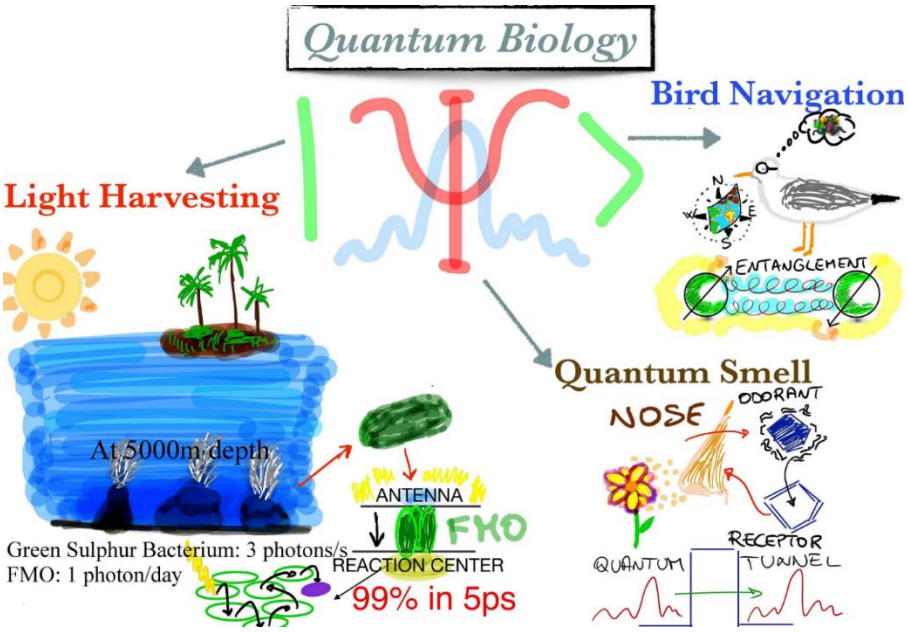
[160] complexity theory

سفری به دنیای زیست‌شناسی کوانتومی[۱۶۱]

ضحی عالمی، دانشجوی کارشناسی زیست‌فناوری دانشگاه علم و فرهنگ Zohaalemi1400@yahoo.com

ویراستار: نرگس رستمی

مقدمه



زیست‌شناسی کوانتومی نهال نوپای علم شیمی، فیزیک و مکانیک کوانتومی است. دست‌یابی به ابعاد مختلف آن؛ به ما کمک می‌کند تا بتوانیم در مصرف انرژی، صرف جویی داشته‌باشیم. همچنین بتوانیم با تولید مواد زیستی و زیست‌تقلید، پیشرفت بزرگی در صنعت و علوم گوناگون؛ از جهت کارایی و هزینه‌ی تولید، ایجادکنیم. برای این کار، ابتدا باید به چگونگیِ سازوکارهای موجودات زیستی پی‌ببریم. محققین در سراسر دنیا، بر روی این علم کار می‌کنند؛ اما چالشی که در این حوزه وجود دارد این است که هنوز در مورد دستاوردها و اکتشافات علمی آن نمی‌توان با قطعیت صحبت‌کرد؛ محققین هنوز پیرامون ابعاد مختلف این علم به یک نظر واحد نرسیده‌اند.

[161] Quantum biology

البته به این نکته هم باید اشاره کرد که فهم نظریات کوانتومی آسان نیست! شاید به خاطر این باشد که برای این نظریات خیلی نمی توان از قوه‌ی عینی بودن استفاده نمود؛ بر خلاف نظریه‌های فیزیک کلاسیک که با مشاهده، بدست می‌آیند!

ریچارد فاینمن[۱۶۲] گفته‌است:« گمان می‌کنم با اطمینان بتوان گفت که هیچ‌کس مکانیک‌کوانتومی را نمی‌فهمد ».

در ادامه با عینک کوانتومی، به چگونگی برخی از این سازوکارهای زیستی نگاه خواهیم‌کرد:

تونل‌های کوانتومی[۱۶۳]

فرض کنید می‌خواهید از تپه‌ای بالا بروید، شما برای بالا رفتن از تپه نیاز به انرژی دارید. انرژی شما باید متناسب باشد با مسافت و ارتفاعی که طی می‌کنید. اگر انرژی جنبشی شما بیشتر از انرژی پتانسیلی سد (تپه) مقابل شما باشد، شما آن را رد کرده و به مسیر خود ادامه می‌دهید. اما اگر انرژی جنبشی شما کمتر از انرژی پتاسیلی سد باشد، قطعا نمی‌توانید آن را رد کنید و باز خواهیدگشت. اما صبر کنید! هنوز راه دیگری وجود دارد! دانشمندان معتقدند شما به عنوان یک ذره‌ی متحرک می‌توانید زمان بدهید و انرژی بگیرید!

در مکانیک کوانتومی، در برخی از مواقع، اگر ذره‌ای که از نظر کلاسیک انرژی‌اش کافی نیست؛ بتواند به سرعت خود را از این سد انرژی پتانسیلی، عبور دهد، می تواند برای این مدت کوتاه انرژی لازم را دریافت کند و پس از عبور از سد، باید انرژی دریافتی را سریعاً پس بدهد. به‌طوری که گویا ذرّه از این سر تپه تا آن سرش، تونل زده‌است؛ که دانشمندان این عمل را تونل‌زنی کوانتومی نام نهادند.

معمولاً با استفاده از نظریه‌ی عدم قطعیت[۱۶۴] هایزنبرگ[۱۶۵] که در مورد مکان‌ها و تکانه‌ها می‌باشد؛ در مورد ارتباط بین زمان و انرژی در تونل‌زنی، آن را اثبات می کنند. همچنین تونل‌زنی کوانتومی وابسته به خاصیت دوگانگی موجی/ذرّه‌ای[۱۶۶] در مکانیک کوانتومی نیز می‌باشد.

---

[162] Feynman, Richard

[163] Quantum tunneling

[164] Uncertainty Principle

[165] Heisenberg, Werner

[166] Dave-Particle duality

حال می خواهیم این پدیده‌ی کوانتومی را در فرآیندهای زیستی بررسی کنیم. برخی از محققین معتقد هستند که می‌توان رفتار آنزیم‌ها[۱۶۷] را در واکنش‌های شیمیایی با این تونل‌زنی کوانتومی تحلیل کرد. آنزیم‌ها در واقع پروتئین‌هایی هستند که یک واکنش شیمیایی (زیستی) منحصر به فرد را، کاتالیز می نمایند. این فرآیند را می توانند بر روی یک پیش‌ماده[۱۶۸] و یا چند پیش‌ماده مربوط به هم، انجام دهند. آنزیم ها در نهایت بعد از کاتالیز کردن واکنش، به حالت اولیه‌ی خود بازمیگردند؛ و می توانند به سمت کاتالیز کردن واکنش دیگری بروند. انگار نه انگار اتفاقی افتاده است و انرژی‌ای تلف شده باشد. آنزیم یعنی سرعت، چرا که علت حضور آنزیم در واکنش‌ها سرعت بخشیدن است. سرعت یعنی گذر زمان در کوتاه‌ترین حالت ممکن. حالا همه چیز برای یک تونل‌زنی کوانتومی آماده‌است! وقتی آنزیمی بتواند سریع عمل کند، پس می‌تواند انرژی دریافت کند (الکترون‌های درون آنزیم با دریافت انرژی تونل می‌زنند و با سرعت زیادی مواد غذایی را به انرژی تبدیل می‌کنند) و بعد از انجام کاتالیز کردن به سرعت انرژی دریافتی را، باید پس بدهند. در نهایت تنفس سلولی[۱۶۹] اتفاق افتاده و منجر به زنده‌مانی و رشد سلول‌ها می‌شود. انگار نه انگار اتفاقی افتاده‌است و انرژی‌ای تلف شده‌باشد. می‌توان گفت هم در فیزیک کلاسیک و هم در فیزیک کوانتومی، انرژی پایستار[۱۷۰] است. و باید به این نکته توجه کرد که سرعت وانرژیِ به موقع، یکی از مهم‌ترین عوامل رشد سامانه‌های زنده است!

مورد بعدی در فرآیندهای زیستی، نقش تونل‌زنی کوانتومی در جهش‌های ژنتیکی است. در مولکول دو رشته‌ای دی‌ان‌ای[171] دو رشته‌ی پلی‌نوکلئوتیدی با تشکیل پیوندهای هیدروژنی بین بازهای تشکیل‌دهنده، به دور هم می‌پیچند.

این بازها در هر ژن خاص، ترتیب مشخصی دارند؛ به طوری که اگر جای یک بازآلی هم تغییر یابد، ممکن است باعث ایجاد اختلالات ژنتیکی در فرد بشود. به این تغییرات درون مولکول دی‌ان‌ای، جهش ژنتیکی می‌گویند. به تازگی محققین یکی از علل اصلی این تغییرات را کشف کرده‌اند. آنها معتقداند که جهش‌های دی‌ان‌ای مربوط به

[167] Enzyme
[168] Substrate
[169] Cellular respiration
[170] Conserved
[171] DNA

ذراتی است که تونل کوانتومی می‌زنند، این ذرات، پروتون های موجود در اتم هیدروژن هستند که می توانند از یک طرف به سمت دیگرِ پیوند هیدروژنی، بجهند. از آنجایی که ذرات زیراتمی (الکترون، پروتون، پوزیترون[۱۷۲] و...)

برای تونل‌زنی باید سرعت بالایی داشته‌باشند؛ می‌توانند قبل از قرار گرفتن بازآلی اصلی، با بازآلی دیگری پیوند برقرار کنند.

احتمال این فرآیند در جهش دی‌ان‌ای قبلاً مطرح شده‌بود، اما در مورد نحوه‌ی وقوع آن حرفی بیان نشد. زیرا تصور بر این بود که محیط زیستیِ آن برای وقوع تونل‌زنی کوانتومی، بسیار گرم و پیچیده باشد. اما در پژوهش جدید محققان پی‌برده‌اند؛ نه تنها این فرآیند در محیط مورد نظر اتفاق می‌افتد بلکه در اصل، گرما، پروتون‌ها را وادار به جهش می‌کند.

اگر ذراتِ خورشید کوانتومی نبودند، خورشید می‌درخشید؟

خورشید از ذرات متنوعی مثل هیدروژن، هلیوم، اکسیژن، کربن، نیتروژن و... درست شده‌است. گاز هیدروژن با فراوانی ۹۲% ، بیشترین حجم خورشید را تشکیل می‌دهد. این گازها به دلایل مختلفی از جمله نیروی گرانشی بالا، شکل و حالات خاصی به خود گرفته‌اند. بسیاری از ما احتمالاً بر این باور هستیم که در اثر سوختن این گازها، نور و گرما از خورشید ساطع می‌شود. اما باید فهمید که دقیقاً این اتفاق چگونه رخ می‌دهد؟!

بله، درست است! این فرآیند به خاصیت کوانتومی ذرات زیراتمی برمی‌گردد! می‌خواهم بروم به سراغ فراوان‌ترین گاز تشکیل‌دهنده‌ی خورشید، یعنی هیدروژن. هیدروژن سبک‌ترین عنصر جهان است. این گاز از مولکول‌های دو اتمی بوجود آمده است. و در هسته‌ی خود دارای یک پروتون می‌باشد. فرض کنید قرار است این مولکول‌های دو اتمی با یکدیگر ترکیب بشوند و انرژی خود را به صورت تابش الکترومغناطیسی[۱۷۳] منتقل کنند؛ هر کدام از آن دو هسته، یک پروتون با بار مثبت دارند؛ طبیعتاً از یک حدی بیشتر نباید بتوانند به هم نزدیک شوند. چرا که بارهای همنام همدیگر را دفع می‌کنند. اما صبر کنید! داستان هنوز ادامه دارد.

اینجاست که خاصیت کوانتومی خود را نشان می‌دهد. برای اینکه آن‌ها بتوانند با یکدیگر ترکیب شوند؛ باید از دیواره‌ی نفوذ ناپذیر میان خود، عبور کنند. اینکار جز با تونل‌زنی کوانتومی ممکن نیست. هسته‌ی اتم هیدروژن

[172] Positron

[173] Electromagnetic Radiation

به شکل یک فوتون[۱۷۴] به آن طرف دیواره نشت می‌کند تا زمانی که دو هسته با هم ادغام شوند و بسوزند و در نهایت انرژی خود را ساطع کنند.

قطعا با قوانین فیزیک کلاسیک، نمی‌توان این واکنش‌ها را اثبات کرد. یا بهتر است بگویم در فیزیک کلاسیک خورشید نمی‌تواند تابان و گرمابخش باشد؛ این خاصیت خورشید فقط از دل کوانتوم‌ها بیرون می‌آید!

جهت‌یابی پرندگان[۱۷۵]

پرندگان و حشرات‌بالدارِ زیادی هستند که از شهرها یا کشورهای مختلف هر ساله کوچ می‌کنند و دوباره به محل تولد خویش بازمی‌گردند؛ بدون آنکه گم شوند و یا راه را اشتباه بروند. این شگفتی، ذهن محققین زیادی را به خود معطوف کرده‌بود، که چگونه ممکن است آن‌ها در مسیر سفر خود دچار خطا نشوند؟ و اصلاً چگونه می‌توانند جهت‌های جغرافیایی را تشخیص بدهند؟! هر چند تعدادی مولفه وجود دارد که به پرندگان در تشخیص جهت حرکت کمک کند، از جمله خورشید و ستارگان در آسمان؛ اما دانشمندان با استفاده از نقشه‌برداری و ابزارهای به‌روز ماهواره‌ای توانسته‌اند کمی از این سازوکار سردر بیاورند. آنان بیشتر بر این باورند مولفه‌ی اصلی‌ای که موجب جهت‌یابی صحیح پرندگان می‌شود، میدان مغناطیسی زمین است!

دو نظریه وجود دارد در مورد چگونگی این جهت‌یابی. اول اینکه این حس همانند یک قطب‌نمای مغناطیسی معمولی عمل می‌نماید. و دوم اینکه حس‌گیرایی مغناطیسی به‌وسیله‌ی قطب‌نمای شیمیایی القا می‌شود. در ادامه به بررسی هر دو مورد می‌پردازیم.

۱. مکانیسم قطب‌نمای معمولی

این قطب‌نما در جایی از بدن یک جانور قرار دارد که کریستال‌های مگنتیت[۱۷۶] (ماده‌ی معدنی اکسید آهن مغناطیسی طبیعی می‌باشد) وجود دارد. در بسیاری از جانورانی که دارای حس مغناطیسی هستند این ماده موجود می‌باشد. این کریستال‌های کوچک، در سلول‌ها به میدان مغناطیسی پاسخ داده و به شکل مکانیکی کانال‌های یونی را باز می‌کند و باعث تغییر در دستورات عصبی می‌شود و در نهایت شبیه یک حس مغناطیسی عمل می‌کند. از جمله پرندگانی که در راه تشخیص جهت‌یابی در هر دو نظریه، کمک‌کننده هستند، پرندگان سینه‌سرخ می‌باشند.

---

[۱۷۴] Photon : ذراتی که هم خاصیت موجی دارند و هم ذره‌ای. در واقع می‌توانند در یک زمان هم ذره‌گونه عمل کنند و هم به صورت موج.

[175] Bird Navigation

[176] Magnetite

۲. حس‌گیرایی مغناطیسی/ شیمیایی

پژوهش دانشمندی به نام کلوس شولتن[۱۷۷]، در مورد یک مکانیسم شیمیایی که نور را با حس‌گیرایی مغناطیسی پیوند می‌داد، را بررسی می‌کنیم. در واقع، مکانیسم پیشنهادی وی و همکارانش آن بود که قطب‌نمای شیمیایی-ای در بعضی از پرندگان وجود دارد که یک مکانیسم جفت الکترون رادیکالی می‌باشد که بوسیله‌ی نور ایجاد شده-است. و همچنین یک گسست در ترکیب جفتی در نتیجه‌ی اثرات میدان مغناطیسی، موجب ایجاد تفسیر و شناخت در دستگاه عصبی پرنده می‌شود. پروتئینی به نام کریپتوکروم درون شبکیه‌ی چشم پرنده‌ی سینه‌سرخ وجود دارد که مکان قطب‌نمای جفت رادیکال است. این پروتئین به نور، به ویژه نور آبی، حساس است. نور وارد شده به چشم پرنده می‌تواند انرژی خود را به یکی از جفت الکترون‌ها در کریپتوکروم بدهد و موجب شود که این الکترون برانگیخته شده و باعث شود جفت الکترونی که از لحاظ فضایی جدا بوده ولی از لحاظ اسپین[۱۷۸] همبستگی دارد، ساخته شود. به این الکترون، جفت‌رادیکالی می‌گویند. در واقع این اتفاق در نتیجه‌ی خاصیت اسپینی ذرات است. اسپین خاصیت ذاتی ذرات است.

نتیجه گیری

زیست‌شناسی کوانتومی علمی بین رشته‌ای است؛ علمی که باعث شده‌است دانشمندان و محققین علوم فیزیک، مکانیک، شیمی، زیست‌شناسی، سلولی و مولکولی، بیوشیمی و... در کنار هم جمع شوند و تمام اندیشه‌ها و یافته‌های خود را روی هم بریزند؛ بلکه بتوانند یکبار برای آن محیط‌های پیچیده، گرم و دمدمیِ سامانه‌های زنده‌ی طبیعت بشری، مکانیسمی توصیف کنند که بیش‌ترین شباهت را به آن داشته‌باشد.

منابع

۱. دوستی مطلق، سیدنصیب اله، و اشراقی، امیر. فرآیند های کوانتومی در علوم زیستی. نشاء علم، ۱۲(۱(پیاپی ۲۳))،۱۴۰۰، ۸۸-۹۷. SID. https://sid.ir/paper/1039977/fa

۲. پاکینگ هرن، جان. نظریه کوانتومی. ترجمه معصومی همدانی، حسین. تهران: فرهنگ معاصر، ۱۳۸۷.

۳. مهدیه، نجات و فراشی،سمانه و حسینی، معصومه. فرهنگ اصطلاحات ژنتیک و زیست‌شناسی سلولی‌مولکولی. تهران: برای فردا، ۱۳۸۹.

۴. مک‌فادن، جوانجو و الخلیلی، جیم. زیست‌شناسی کوانتومی. گردآوری و ترجمه نبی‌پور، ایرج. بوشهر: دانشگاه علوم‌پزشکی بوشهر، ۱۴۰۰.

۵. Tuszynski J. A. (2020). From quantum chemistry to quantum biology: a path toward consciousness. Journal of integrative neuroscience, 19(4), 687–700. https://doi.org/10.31083/j.jin.2020.04.393

۶. https://www.lindau-nobel.org

[177] Klaus Schulten

[178] Spin

معرفی گرایش فیزیک آماری و سامانه های پیچیده

حدیث سلیمانی، فارغ التحصیل رشته‌ی فیزیک آماری و سیستم های پیچیده، دانشگاه الزهرا(س) h_soleimani1993@yahoo.com

ویراستار: نرگس رستمی

سیستم پیچیده چیست؟

سیستم های پیچیده نگاهی نو به پدیده‌های است که به علت ارتباط بین اجزای آن و همچنین ارتباط با دیگر پدیده‌ها، از پیچیدگی بالایی برخوردارند و رفتار جمعی متفاوتی بروز می‌دهند. بدین معنی که با مطالعه‌ی تک‌تک اجزای یک سیستم پیچیده نمی‌توان به رفتار جمعی آن دست یافت. به عبارت دیگر، سیستم پیچیده معرف پارادایم پیچیدگی است که عناصر سازنده‌ی آن تشکیل شبکه‌ای را می‌دهند که اجزای شبکه دارای برهم‌کنش هستند و از اندیشه‌ی کل نگر بهره می‌گیرند. پارادایم کلاسیک که بخشی‌نگر است، بر این فرض

استوار است که اگر اجزای سیستمی را دقیقاً شناسایی کنیم و از عملکرد آن اطلاع یابیم، قادر خواهیم بود به خواص کلیِ پدیده و سیستم دست یابیم. مطالعات کیهان شناسی، ساختارهای بی نظم در مواد، زیست شناسی، جامعه شناسی و اقتصاد محدودیت کاربرد این مسئله در مقالات و کتب متعدد را به نمایش گذاشته اند.

نیاز و پیدایش

اغلب پدیده‌های طبیعی و بسیاری از ساخته‌ها و آفرینش‌های امروزیِ انسانی را باید تحت رده‌ی عام سامانه‌های پیچیده به بررسی و مطالعه نشست. هر چند انسان صدها سال است که بررسی سیستم‌های پیچیده را آغاز کرده است. اما بررسی این سیستم‌ها در شاخه های مختلفی برداشت مدرن از آن را ایجاد کرده است. در ریاضیات با کشف آشوب در سیستم‌های تعینی و همچنین بررسی دینامیکی شبکه‌های عصبی. در شیمی و فیزیک، بررسی سیستم‌های خود سامانده در قالب مباحث فیزیک آماری و ترمودینامیک غیرتعادلی آغاز شد. مدل سازی تلاطم، سیستم‌های فِرو مغناطیسی و همچنین پدیده‌های بحرانی، گام‌های مهم بعدی در بسط این مباحث شد. با مطرح شدن مسائل زیست شناختی و انسان شناختی در حوزه‌ی مدل سازی ریاضیاتی و فیزیکی، تکنیک‌های سیستم‌های پیچیده رشد روزافزونی پیدا کرده‌اند. امروزه سیستم‌های پیچیده نگاهی کلی‌نگر بر پدیده دارد و بر پایه‌ی تئوری‌های شبکه‌های پیچیده، آشوب، پدیده‌های بحرانی، هندسه‌ی فرکتال، تئوری مقیاسی، تئوری اطلاعات و دینامیک غیرخطی بنا شده‌است.

این علم چه زیرشاخه‌هایی دارد؟

سیستم‌های پیچیده یک شاخه‌ی بین رشته‌ای است که امروزه دامنه‌ی وسیعی از مقولات علمی تئوری و کاربردی علم فیزیک و ریاضیات را با دیگر رشته‌ها از جمله شیمی، علوم زیستی، شاخه‌های مهندسی و زمین‌شناسی، اقتصاد، جامعه‌شناسی و رشته های دیگر مرتبط ساخته است. این گرایش در دو دهه‌ی گذشته در تمام مراکز تحقیقاتی و دانشگاه‌های معتبر دنیا (آمریکا، ایتالیا، فرانسه، آلمان، انگلیس ... حتی برخی از کشورهای آسیایی ژاپن، کره، هند...) مورد توجه وسیع قرارگرفته است و درحال حاضر از مهم‌ترین شاخه‌های علوم نوین هم از دیدگاه شناخت طبیعت و هم از رهیافت کاربردهای وسیع آن در حوزه‌های دیگر دانش و فناوری به شمار می‌رود.

اگر بخواهیم به زیر شاخه‌های رشته‌ی سیستم‌های پیچیده اشاره کنیم، می‌توان از علم اعصاب شروع کرد؛ این علم چند رشته‌ای است و به مطالعه‌ی ساختار و عملکرد سامانه‌های عصبی می‌پردازد که شامل قسمت‌های مختلفی مانند: تکاملِ توسعه‌ی زیست شناسی سلولی و مولکولی، فیزیولوژی، کاربرد شناسی، دارو شناسی و مهم‌ترین آن‌ها علم اعصاب محاسباتی رفتاری و شناختی است. زیست فیزیک یا بیوفیزیک که بعد از علم اعصاب زیر شاخه‌ی دیگر این رشته محسوب می‌شود، یک علم میان رشته‌ای بوده که به مطالعه‌ی پدیده‌ها و فرایندهای فیزیکی موجودات زنده در مقیاس مولکولی، سلولی بافت و اندام‌ها می‌پردازد؛ زیست فیزیکدان‌ها اصولاً از روش‌های فیزیکی برای فهم سامانه‌های زیستی استفاده می‌کنند و به این روش‌های فیزیکی در سامانه‌های پیچیده پرداخته می‌شود.

ضرورت و اهداف

هدف این گرایش توسعه‌ی ابزارهای ریاضی، محاسباتی و یا شبیه‌سازی با تکیه بر فهم رفتارهای فیزیکی حاکم بر آن‌ها، به منظور توصیف و پیش‌بینی این گونه پدیده‌هاست. قدرتِ روش های سیستم های پیچیده در تحلیل سیستم های بس عاملی و همچنین امکان دسترسیِ آسان به حجم روز افزون داده‌ها، امروزه این امکان را ایجاد کرده است که هر روز شاهد تولد روشی نوین در زمینه‌های گوناگون بر پایه‌ی تفکر سیستم‌های پیچیده باشیم. کشورهای صاحب قدرت با سرمایه گذاری رویِ چنین روش‌هایی تعریف ابزار قدرت را در دنیای چند بعدی امروز تغییر داده‌اند و برای عقب نماندن از قافله‌ی جهانی و همچنین دسترسی به منابع انسانی، اطلاعاتی، نرم افزاری و سخت افزاریِ وسیع، نیاز به پرداختن به این جنبه از علوم در کشور ما نیز حس می‌شود. مثال های مهم اطراف ما که اکنون توسط سیستم‌های پیچیده می‌توانند توصیف شوند عبارتند از: تلاطم، آشوب، زلزله، فیزیک اقتصاد و بازار سهام، نفت و خیز جمعیت در اکوسیستم‌ها، ژنتیک جوامع، رشد و گسترش اپیدمی‌ها، ماده چگال نرم، بیوفیزیک، جامعه شناسی، علوم شناختی، اطلاعات کوانتومی و ... . تنوع عناوین فوق، خود نشانگر کاربرد این رشته است.

سیستم های انسانی مانند علوم روانشناختی، اجتماعی و اقتصادی، در عصر حاضر که سرعت و حجم ارتباطات و اطلاعات به طور باورنکردنی افزایش یافته است با مسائل پیچیده ای دست و پنجه نرم می‌کند. روش های کلاسیک در پاسخ به این دست از پرسش‌ها بسیار ناتوان است. چنین دلایلی باعث حرکت به سمت گرایش های میان رشته‌ای و جلب توجه فراوان به آن‌ها شده است. دراین رویکردها معمولا از روش‌های معمول در یک رشته، اغلب روش‌های ریاضی، برای توصیف و درک بهتر پدیده‌ها و مدل سازی آن‌ها در رشته‌ای دیگر استفاده

می‌شود. با استفاده از چنین روش‌هایی مفاهیم کلاسیک در رشته‌ها دگرگون می‌شود و مفاهیم جدیدی از دل آن‌ها زاده می‌شود. همچنین مرز بین سیستم‌ها از بین رفته و به طبع آن علوم میان رشته‌ای اصالت بیشتری می‌یابند.در حال حاضر علم سیستم‌های پیچیده به عنوان یکی از گرایش های رشته‌ی فیزیک در مقطع تحصیلات تکمیلی در دانشگاه‌های مهم کشور تدریس می‌شود.

بر اساس دفترچه‌ی انتخاب رشته‌ی کارشناسی ارشد سال ۱۴۰۲ دانشگاه های: الزهرا(س) (دوره‌ی روزانه و شبانه)، شهید بهشتی، شیراز، صنعتی اصفهان(دوره‌ی روزانه و شبانه) و دانشگاه زنجان در این گرایش پذیرش دانشجو داشته‌اند. همچنین در مقطع دکتری دانشگاه شهید بهشتی و دانشگاه شیراز پذیرش دانشجو داشته‌اند.

برنامه‌ی درسی و تعداد واحدهای کارشناسی ارشد فیزیک آماری و سامانه های پیچیده:

دروس الزامی مشترک: ۹ واحد		دروس تخصصی الزامی: ۶ واحد
دروس تخصصی اختیاری: ۹ واحد	سمینار و روش تحقیق: ۲ واحد	پایان نامه: ۶ واحد

جدول دروس تخصصی لازم	
اسم درس	تعداد واحد
مبانی شبیه سازی عددی	۳
پدیده‌های بحرانی	۳

جدول دروس تخصصی اختیاری	
اسم درس	تعداد واحد
مبانی هواشناسی دینامیکی	۳
فیزیک سامانه‌های پیچیده	۳
دینامیک غیرخطی و آشوب	۳
علوم اعصاب	۳
فیزیک آماری غیرتعادلی	۳
فیزیک سامانه‌های نامنظم	۳
موضوعات ویژه۱	۳
موضوعات ویژه۲	۳

جدول دروس تخصصی اختیاری	
اسم درس	تعداد واحد
فیزیک سامانه‌های زیستی	۳
فرایندهای تصادفی	۳
شبکه‌های عصبی	۳
نظریه‌ی گراف و شبکه‌های پیچیده	۳
نظریه‌ی میدان آماری	۳
مدل‌های گسسته و معادلات پیوسته‌ی رشد سطح	۳
روش‌های بهینه سازی در فیزیک	۳
هواشناسی عمومی	۳

دوره‌ی دکتری فیزیک دارای دو مرحله آموزشی و پژوهشی (تدوین رساله) است. در مرحله آموزشی دوره‌ی دکتری فیزیک، گذراندن ۱۲ واحد درسی مطابق آیین نامه دوره‌ی دکتری از دروس دوره‌ی دکتری (علاوه بر واحد های گذرانده شده در مقطع کارشناسی ارشد) اجباری است، و دانشجو باید در پایان مرحله‌ی آموزشی، علاوه بر واحدهایی که طبق مقررات در دوره‌ی کارشناسی ارشد گذرانده است، در سطح دروس تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکتری) واحدهایی از گرایش اصلی و خارج از آن به مقدار زیر اخذ نماید.

تعداد واحدهای درسی و پژوهشی این دوره ۳۶ واحد به شرح زیر است:

دروس تخصصی اختیاری ۱۲ واحد

رساله ۲۴ واحد

عناوین دروس دوره‌ی دکتری همان عناوین دروس تخصصی اختیاری ارائه شده برای دوره‌ی کارشناسی ارشد هستند، که در جدول بالا ذکر شده است. دانشجویان در طول دوره‌ی تحصیل خود و پیش از ارزشیابی جامع آموزشی و پژوهشی می توانند با نظر استاد راهنما دروسی را تحت عنوان موضوعات ویژه، که ارائه و بررسی پیشرفته‌ترین مطالب و مباحث جدید در زمینه‌های تحقیقی است را بگذرانند. ضمناً دانشجویان در مقطع دکتری نباید درس‌هایی را اخذ نمایند که در دوره‌ی کارشناسی ارشد خود آن‌ها را گذرانده‌اند.

مسابقه

جدول فیزیکی(شماره‌ی ۴۱)

بعد از حل جدول، پاسخ خود را برای ما ارسال کنید.Phi.journalPhysics@gmail.com

*هدیه: کد تخفیف ثبت نام کارگاه‌های انجمن علمی فیزیک دانشگاه الزهرا(س)

۱. تغییر دما و فشار بر روی یک گاز، چه مفهوم فیزیکی آن را تغییر میدهد؟

۲. یک جسم ایده‌آل فیزیکی که تمامی تابش الکترومغناطیسی برخوردی را در هر فرکانس یا زاویه‌ای جذب می‌کند.

۳. واحد انرژی

۴. کمیت فیزیکی که میزان گرمی و سردی را مشخص می‌کند.

۵. "اگر به سیستمی گرما داده شود یا از آن گرما گرفته شود، انرژی درونی سیستم تغییر خواهد نمود که حاصل آن کار انجام شده توسط سیستم یا کار مورد نیاز سیستم برای تغییر انرژی درونی خواهد بود" بیانگر کدام قانون ترمودینامیک است؟

۶. چرخه..... یک چرخه ترمودینامیکی بازگشت پذیر است که بیشترین کارایی را دارد. این چرخه متشکل از چهار فرآیند برگشت پذیر است.

۷. وقتی حجم سیستمی نسبت به حالت اولیه افزایش داشته باشد یعنی آن سیستم ..... شده است.

۸. اصطلاحی فیزیکی است که به کاهش حجم ماده بر اثر فشار اشاره دارد.

۹. یکای استاندارد بین المللی برای دما.

۱۰. یکی از حالات ماده که اتم ها با نظم خاصی کنار هم قرار میگیرند مانند بلورها.

۱۱. گذار حالت ماده از جامد به گاز.

۱۲. با داشتن تابع ..... یک سیستم می‌توان تمامی کمیتهای ترمودینامیکی آن سیستم را مانند انرژی آزاد، آنتروپی، فشار و انرژی درونی محاسبه کرد.

۱۳. کدام گزینه زیر درست است؟

معادله حالت PV=nRT مربوط به کدام گزینه است؟

۱)واندروالس

۲)کلاسیوس

۳)گازکامل

۱۴.تابع ..... کمیتی است که آنتالپی، آنتروپی و دما را به یکدیگر ربط می دهد.

۱۵. موتور ..... یک موتور رفت و برگشتی است که با گرم کردن و خنک کردن سیال کاری محبوس شده در داخل سیلندر، انرژی حرارتی سوخت را به نیروی مکانیکی تبدیل می‌کند.

۱۶. نام انرژی آزاد روبه رو چیست؟ A=U-TS

۱۷. قضیه‌ای در مکانیک آماری است که بیان می‌دارد، انرژی در تعادل گرمایی، مستقل از درجه آزادی به همه اقسام خود به صورتی مساوی تسهیم می‌شود.

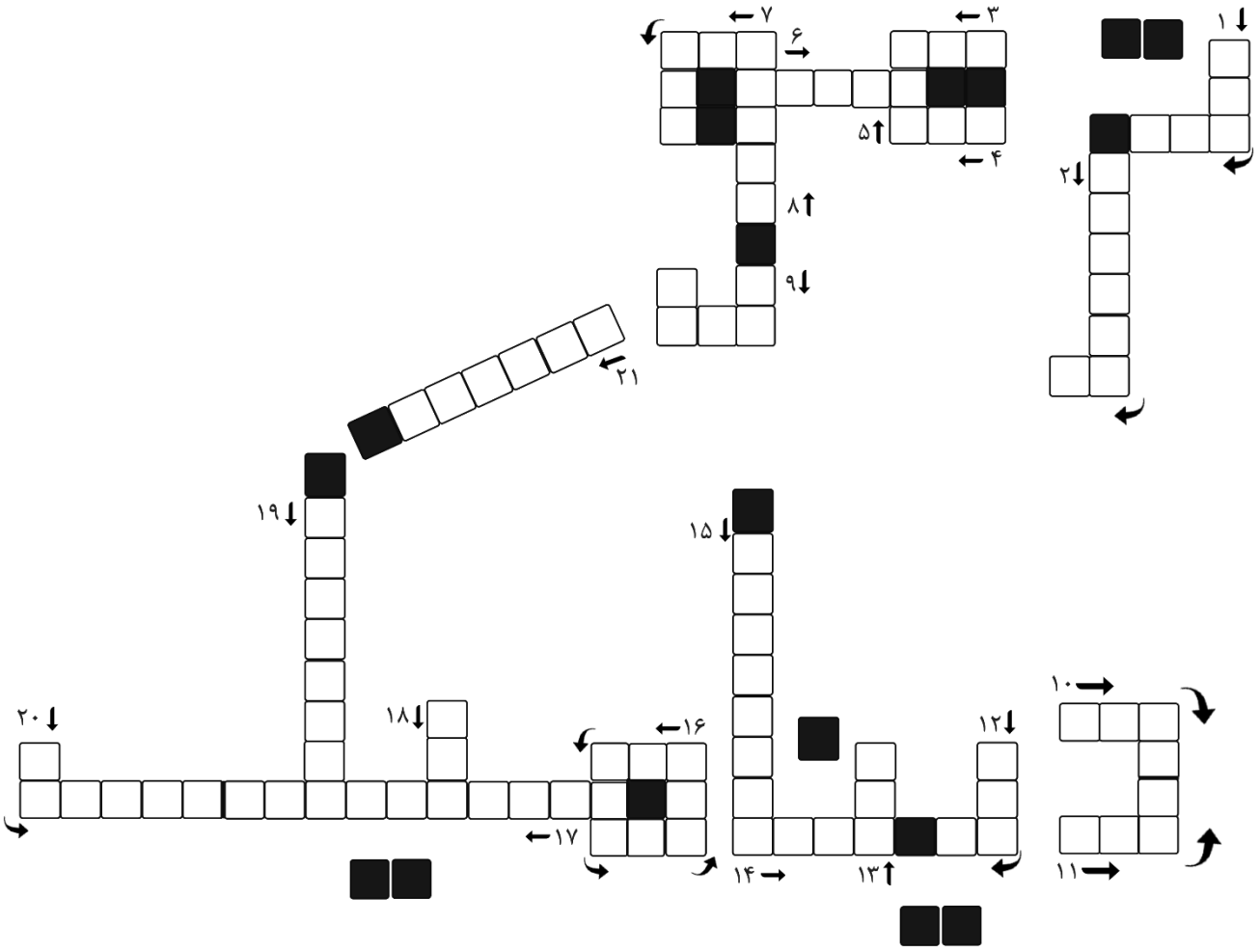
۱۸. دمای ۲۷۳- درجه سلسیوس به .... مطلق معروف است.

۱۹. نام ثابت k در رابطه زیر چیست.

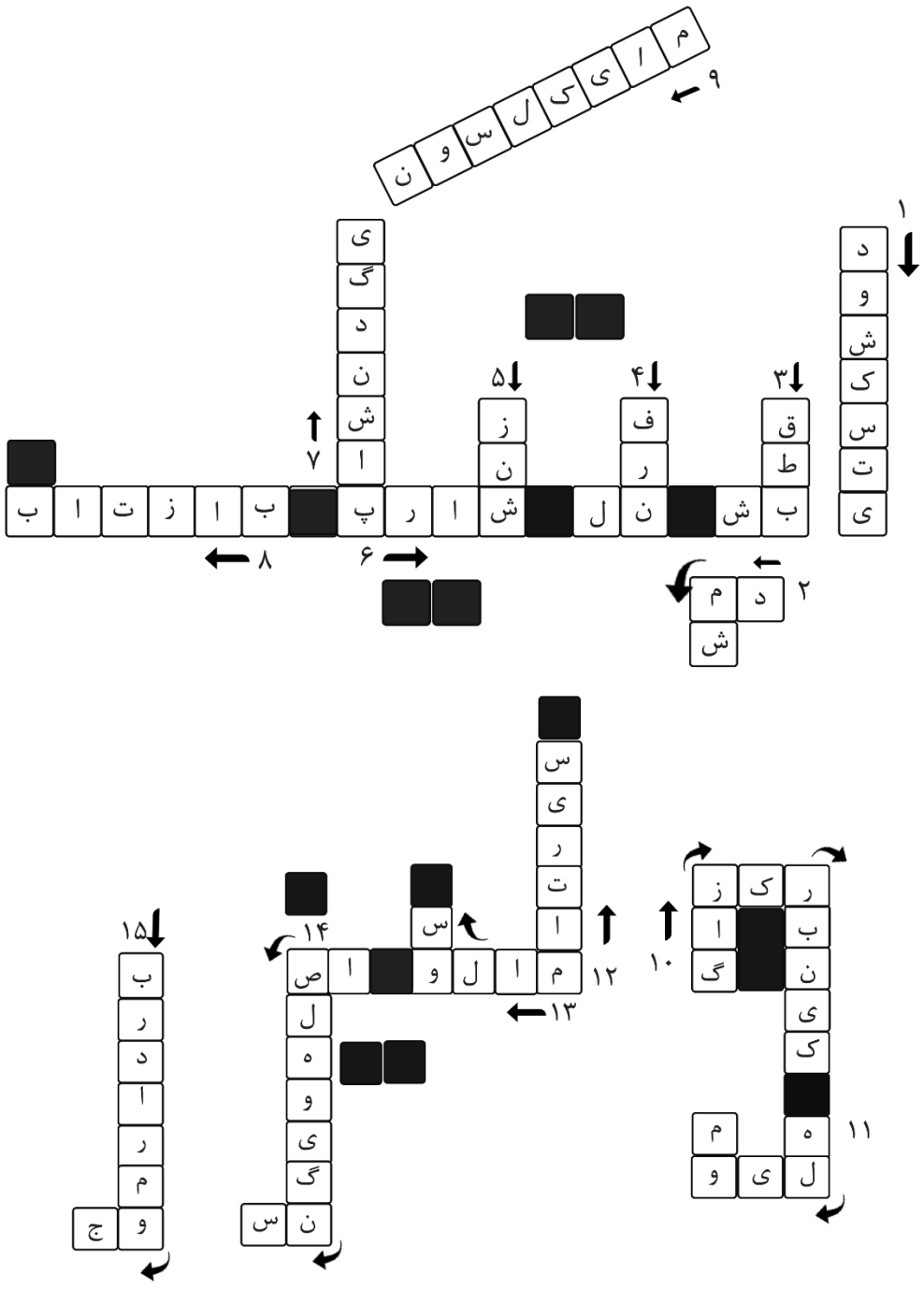
PV=NkT

۲۰.برای هر ماده دمایی است که در بالاتر از آن دما نمی‌توان در آن با افزایش فشار یا کاهش حجم تغییر فاز ایجاد کرد. این دما،دمای..... است.

۲۱. نام دیگر ترمومتر که دما را اندازه می‌گیرد.



پاسخ جدول شماره‌ی ۴۰



فـــــراخوان دعـــــوت به همـــکاری

اگه اهل تحقیق و پژوهشی، اگه مترجمی بلدی و یا هر فعالیت دیگه‌ای در زمینه‌ی فیزیک داری، جات تو نشریه‌ی ما خالیه .

بیا و خودت بگو چه فعالیتی دوست داری داشته‌باشی؟!

منتظرت هستیم...

برای کسب اطلاعات بیش‌تر با ما در ارتباط باشید:

https:/zil.ink/phi_journalphysics

راه‌های ارتباط با نشریه

تصویر جلد: آونگ فوکو در موزه‌ی علم Principe Felipe در والنسیا، اسپانیا. همانطور که مسیر آونگ به دلیل چرخش زمین تغییر می کند، شاقول به تدریج تمام میله های عمودی اطراف دایره را خواهد کوبید.

Journal Of Alzahra Physics Society

No.41 September 2023