دانشگاه الزهرا
سای

فصلنامه علمی-دانشجویی سای

انجمن علمی دانشجویی فیزیک دانشگاه الزهرا(س)
شماره ۴۰/ زمستان ۱۴۰۱

پرونده ویژه این شماره:

- گفت‌وگو با جناب آقای دکتر امیرحسین فتح الهی (عضو هیئت علمی دانشکده‌ی فیزیک دانشگاه الزهرا(س))
- فیزیک و جهان شگفت انگیز بلورهای برف
- دنیای شگفت انگیز انیون‌ها
- سفر به قلب راکتورهای هسته‌ای
- تحول حوت به حمل
- مقدمه‌ای بر فیزیک اعصاب
- نگاهی بر تقویم‌های رایج
- اخبار روز فیزیک
- گاه‌شمار کیهانی
- فراسوی آسمان

بسم الله الرحمن الرحيم

شناسنامه‌ی نشریه

فصلنامه ی علمی -دانشجویی سای / شماره ی 40 / زمستان 1401

- **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، الهام خلیلی، حدیث سلیمانی
- **اعضای هیئت تحریریه:** معصومه محمدی، نفیسه معصومیان، فاطمه مطلبی، رودینا دیسه، فاطمه صادقی، حدیث سلیمانی، سولماز صدرالدینی، صبا الهیاری، پرستو سربازی، مریم قربانی، ملیکا شایق، ریحانه طرقی، فاطمه سادات صوف‌باف، صهبا خان‌احمدی، نرگس رستمی، زهرا شیخانی‌نژاد، آمنه مقدم سلیمی، زهرا بختیاری، فاطمه افشاری‌پور
- **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.

ایتا : @Phi_JournalPhysics

تلگرام: @Phi_JournalPhysics

رایانامه: Phi.JournalPhysics@gmail.com

فهرست

سرمقاله 1

اخبار روز فیزیک

خبر۱: **چگونه نظریه‌ی آشوب،دوحوزه‌ی به ظاهرمتفاوت فیزیک رابه هم مرتبط می‌کند؟** 4

خبر۲: **ریاضیدانان،بی‌نهایت پیکربندی ممکن رابرای سیاه‌چاله پیداکردند.** 7

خبر3: **شکستِ رکورد پرتاب لیزر درر اهروی دانشگاه مریلند** 11

خبر4: **مشاهده‌یاشیا،بدون نگاه کردن به آن‌هابااستفاده از مکانیک کوانتومی** 14

گاه‌شمارکیهان 17

فراسوی آسمان (توضیح رویدادهای نجومی) 20

سفری به قلب راکتورهای هسته‌ای
(با نگاهی به کاربرد حیاتی کروماتوگرافی در حفظ و بهبود عملکرد آن‌ها) 26

مصاحبه با دکتر امیرحسین فتح‌اللهی (عضوهیئت علمی دانشکده فیزیک الزهرا(س)) 34

تحول حوت به حمل 44

نگاهی برتقویم‌های رایج 48

بوزون‌ها، فرمیون‌ها و حالا اِنیون‌ها، به دنیای شگفت انگیز اِنیون‌ها خوش آمدید!(۱) 52

به یاد دکترمسعودعلی‌محمدی (استادفیزیک دانشگاه تهران) 58

فیزیک وجهان شگفت انگیز بلورهای برف 60

مرگ پایان ستاره هانیست. (به یاد دکتر «آلنوش طریان»، مادر نجوم ایران) 72

مقدمه‌ای برفیزیک اعصاب 74

معرفی کتاب: آقای تامپ کینز در سرزمین عجایب،سرگذشت فیزیک 84

جدول فیزیکی 86

پاسخ تمرین وجدول(شماره39) 88

فراخوان دعوت به همکاری 91

سرمقاله

«به نام خداوند لوح و قلم»

باری دیگر،طبیعت رخت سفیدش را به تن کرد و آرمید؛ زمستانی دوباره آغاز شد و دفترچه‌ی سال را به دست گرفت و برگ‌های آخرش را به سرعت ورق زد.

یک سال دیگر، چشم به‌هم‌زدنی با تمام اتفاق‌های خوشایند و ناخوشایندش رو به پایان است و مژده آمدن سالی بهتر را به همگان می‌دهد.

زمستان برای همه فرصتی شد تا برنامه‌های یک‌ساله‌ی خود را تند تند ورق بزنیم و کارهای نیمه‌تمام را به اتمام برسانیم تا با ذهنی آرام به استقبال سال نو برویم و خانه‌ها و دل‌هایمان را از هرغباری پاک کنیم و بهار جدیدی از زندگیمان را آغاز کنیم.

امسال، زمستان میزبان شعبان بود و گویی زمستان و بهار با هم ملاقات کردند و زودتر از آمدن فصل بهار، دل‌هایمان را بهاری کرد و یادآور شد که برای سال نو تلاش کنیم تا خود را برای ظهورش آماده سازیم.

هفت سین امسال را می اندازیم، دور آن جمع می‌شویم، گوی عشق خانواده را باهم روشن می‌کنیم، **یامقلب القلوب...** گویان، در انتظار لحظه‌ی تحویل سال، به امید روزهایی بهتر می‌نشینیم و نوروزمان را به مهمانی خداوند دعوت می‌شویم.

فرخنده باد! سال نو، با سلام به منجی عالمیان، مهدی موعود، حضرت ولی عصر ارواحنا فداه.

نشریه سای، سالی پر از شادی و سلامتی را برای همگان آرزومند است.

اسفند ماه 1401

فاطمه سادات صوف‌باف-مدیرمسئول نشریه سای

لبخند آدم برفی

سکوت دلنشینی، همه‌جا را فرا گرفته‌است؛ سکوتی همراه با شور زمستانی، شوری که مرواریدهای زمستانی هنگام تولد از ابر به زمین به پا کرده‌اند .

صدای خنده‌های ریز مرواریدهای شاد، مرا از دنیای خواب و رویا، وارد دنیای سفید پوش زمستانی کرد.

به کنارِ پنجره‌ی کلبه‌ی کوچکِ جنگلی رفتم، پرده‌ی چشمان کلبه را کنار زدم، لباس سفید طبیعت مرا حیرت زده کرد، گویی این دانه‌های برفی، ساقدوش‌های بازیگوشی هستند که آمده‌اند تا مرا برای جشن عروسی این طبیعت زیبا فرا بخوانند.

جشنی که هر ساله، در انتظارش هستم؛ با شتاب، از کلبه خارج شدم، خودم را در آغوش این عروس زمستانی رها کردم؛ ناگهان، نگاهم به آدم برفی کنار کلبه، گره خورد. آدم برفی، لبخندی بر لب داشت، اما لبخندش از هر ناله و فریادی فراتر بود؛ انگار، چیزی می‌طلبید؛ اما نمی‌دانست، به که بگوید ؟ اصلا چه بگوید؟

توجهم را جلب کرد؛ و همان‌گونه که در این سبد پنبه‌ای زمین، چرخ می‌زدم و می‌خندیدم؛ نزد آدم برفی رفتم؛ به چشمانش نگاه کردم؛ تا لب باز کردم که بپرسم:« قضیه از چه قرار است؟»شروع به گریه کرد؛ اشک‌هایش همانند الماسی درخشان بود؛ مرا به خود جلب کرد و شدم غافل از دل سوخته‌ی آدم برفی .

به سخن درآمد و گفت:«در انتظار خورشیدم ، اما رخ نمی‌نماید.»

خورشـید که صـدای اندوهگین آدم برفی را شـنیده بود؛ از طریق دانه‌های برفی، پیغامی فرستاد.« اگر بیایم، تو نابود می‌شوی .»

آدم برفی فریاد برآورد و این‌چنین گفت:

«چه شد در من ؟ نمی دانم! فقط دیدم پریشانم،

فقط یک لحظه فهمیدم، که خیلی دوستت دارم!»[۱]

خورشید با شنیدن این سخن، به لرزه درآمد و رخ نمود.
آدم برفی، در وصال خورشید با شور و شعف و خوشحالی، شروع به خندیدن و آواز خواندن کرد؛ اما غافل از این‌که گرمای عشق خورشید، سبب نابودی‌اش می‌شود؛ در همین حین، آدم برفی لب به سخن گشود و گفت:

« ای دل، بسوز که سوختنت به یک باره است پرپر شدن برای عشق راه چاره است
آن دم که با تمام وجود عاشقت شدم اینک نگر که این دل من پاره پاره است»[2]

من با دیدن این صحنه، با حیرت و دلسوزی گفتم:

«غبطه همی‌خورم به عشقت، ای بی‌خبر لیک عقل و عشق نباشد به یک جا به سر»[۳]

آدم برفی با ریشخندی به من گفت:

« در نیابد حال پخته هیچ خام پس سخن کوتاه باید والسلام»[۴]

من با ناراحتی به طرف کلبه بازگشتم و از دور، نظاره‌گر آب‌شدن و بخارشدن آدم برفی بودم. آدم برفی نابود شد؛ اما به ظاهر، او به طرف خورشید رفت و این دو به وصال یکدیگر رسیدند؛ در فصل بهار، از عشق خود بارانی ساختند و در هرسرزمینی که عشقشان باریده می‌شد، عشق و محبت در آن‌جا، جوانه می‌زد.
روزی از کنار رودخانه‌ای عبور می‌کردم که صدای آشنای آدم برفی را از درون رودخانه، شنیدم که می‌گفت:

« وین نغمه‌ی محبت بعد از من و تو ماند تا در زمانه باقی ست آواز باد و باران»[۵]

آری! آری، این صدای آشنای آدم برفی عاشقی بود که از نگاه من مرده بود؛ اما با عشق خود زنده ماند و به جاودانگی رسید.

زمستان ۱۳۹۷
نویسنده: فاطمه سادات صوف‌باف-مدیرمسئول

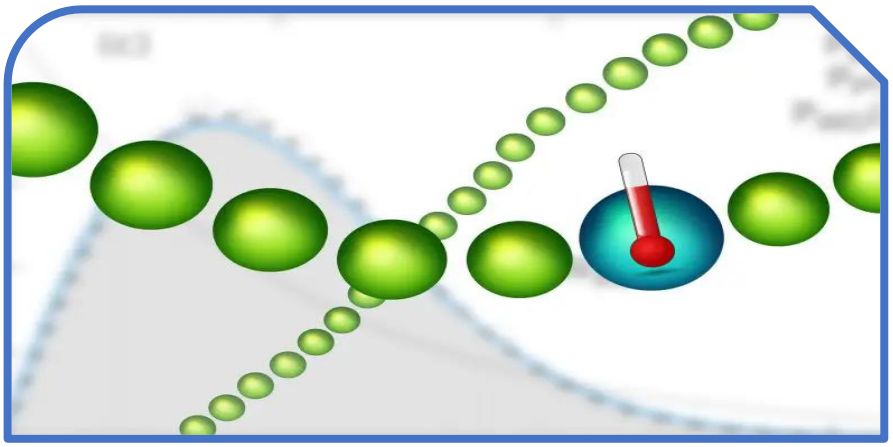
منابع:

1. نجمه زارع
2. نام مستعار: لین‌خوچون-shereno.com
3. فاطمه سادات صوف‌باف
4. مولانا، مثنوی معنوی، دفتر اول

چگونه نظریه‌ی آشوب، دو حوزه‌ی به ظاهر متفاوت فیزیک را به هم مرتبط می‌کند؟

معصومه محمدی، دانشجوی کارشناسی فیزیک، ورودی ۱۴۰۰، دانشگاه الزهرا(س)
ویراستار: حدیث سلیمانی، فارغ‌التحصیل رشته‌ی سیستم‌های پیچیده و فیزیک آماری، دانشگاه الزهرا(س)

یک مطالعه‌ی جدید در TUWien[1] (دانشگاه فنی وین) نشان داده‌است که نظریه‌ی آشوب، چگونه دو نظریه‌ی کوانتوم و ترمودینامیک که دو حوزه‌ی ظاهراً جدا از هم در علم فیزیک هستند را به هم مربوط می‌کند.



تصویر: یکی از ذرات به عنوان «دماسنج» عمل می‌کند. کل سیستم روی کامپیوتر شبیه سازی می‌شود.[۱]

یک ذره‌ی منفرد، دارای دما نیست و فقط انرژی یا سرعت خاصی دارد. تنها زمانی می‌توان یک دمای خوش تعریف به دست آورد که تعداد زیادی از ذرات با توزیع سرعت تصادفی وجود داشته باشند. رابطه‌ی بین ترمودینامیک و فیزیک کوانتومی موضوعی است که در سال‌های اخیر مورد توجه زیادی قرار گرفته‌است. محققان در دانشگاه فنی وین با استفاده از شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای، این رابطه را بررسی کرده و دریافته‌اند که آشوب نقش قابل توجهی در آن ایفا می‌کند. این شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهد، فقط در صورت وجود آشوب، می‌توان قوانین ترمودینامیکی را از فیزیک کوانتومی استنتاج کرد.

[1] به انگلیسی: Vienna University ofTechnology ، به آلمانی: Technische Universität Wien

• بولتزمن: همه چیز ممکن است، اما ممکن است بعید باشد.

مولکول‌های هوا که به طور تصـــادفی در یک اتاق حرکت می‌کنند، می‌توانند تعداد غیر قابل تصـــوری از حالت‌های مختلف را به خود بگیرند؛ برای هر ذره‌ی منفرد مکان‌های مختلف و سـرعت‌های متفاوت مجاز است، اما احتمال وقوع تمام این حالت‌ها یکسان نیست. پروفسور ایوا برزینووا[2] از موسسه‌ی فیزیک نظری درTUWien می‌گوید:«از نظر فیزیکی ممکن اسـت تمام انرژی این فضـا به یک ذره‌ی منفرد منتقل شـود، سـپس با سـرعت بسـیار بالایی حرکت کند در حالی که تمام ذرات دیگر سـاکن هسـتند. اما این موضوع به قدری بعید است که عملاً هرگز مشاهده نخواهد شد.»

احتمال حالت‌های مجاز مختلف را می‌توان براسـاس فرمولی[3] که لودویگ بولتزمن[4]، فیزیکدان اتریشـی، براساس قواعد فیزیک کلاسیک وضع کرده محاسبه کرد و از این توزیع احتمال می‌توان گفت:« دما، فقط برای تعداد زیادی از ذرات تعریف می‌شود.»

• تمام جهان به عنوان حالت کوانتومیِ واحد

زمانی که با فیزیک کوانتومی سروکار داریم، به دلیل وجود تعداد زیادی از ذرات کوانتومی مشکلاتی ایجاد می‌شود. این ذرات کوانتومی، به صورت همزمان در این بازی هستند و معادلات نظریه‌ی کوانتومی آن‌قدر پیچیده می‌شود که حتی بهترین ابررایانه‌های جهان نیز شانسی برای حل آن‌ها ندارند.

در فیزیک کوانتومی، ذرات منفرد را نمی‌توان مانند توپ های بیلیارد کلاسـیک، مسـتقل از یکدیگر در نظر گرفت. هر توپ بیلیارد در هر نقطه از زمان مسـیر و مکان منحصـر به فرد خود را دارد، در حالی که ذرات کوانتومی هیچ فردیتی ندارند. آن‌ها فقط با هم، در یک تابع موج کوانتومی بزرگ توصـــیف می‌شـــوند. پروفسـور یواخیم بورگدورفر[5] (ازTUWien)می‌گوید:« در فیزیک کوانتوم، کل سـیسـتم توسـط یک حالت کوانتومی بس ذره‌ای بزرگ توصیف می‌شود. اینکه چگونه یک توزیع تصادفی و در نتیجه دما باید از این مسئله به‌وجود بیاید، برای مدت طولانی یک معما باقی ماند.»

---

[2] Professor Iva Brezinova

[3] فرمول آنتروپی: $S=k_B \ln W$ که در آن W احتمال بروز ماکروحالت‌های سیستم است.

[4] Ludwig Boltzmann

[5] Professor Joachim Burgdörfer

• نظریه‌ی آشوب به عنوان یک واسطه

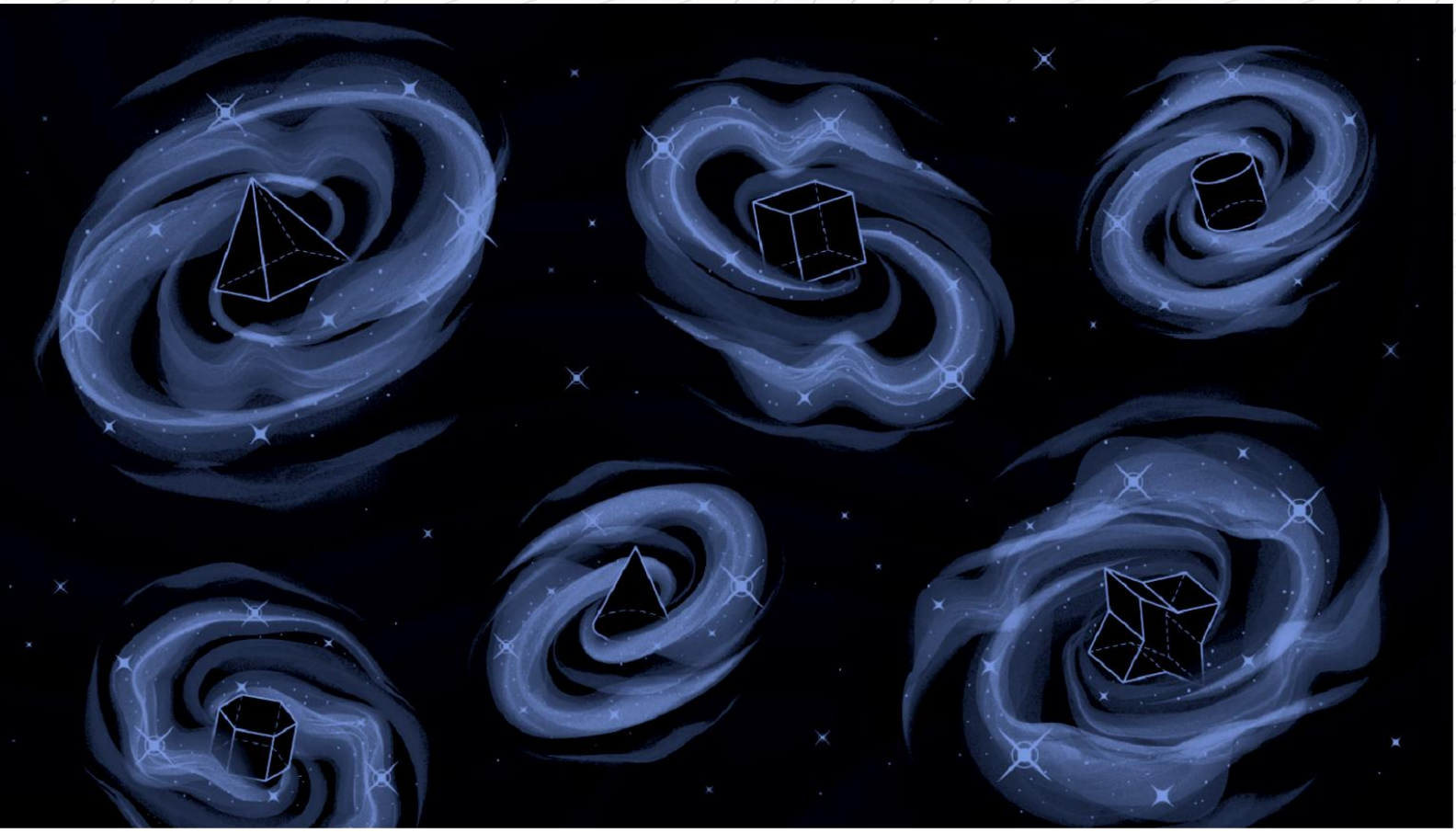
اکنون تیمی درTUWien توانسته است نشان دهد، که آشوب نقش کلیدی دارد. برای انجام این کار، این تیم شبیه‌سازیِ رایانه‌ای از یک سیستم کوانتومی با تعداد زیادی ذرات انجام داد. بسیاری از ذرات تمیزناپذیر به عنوان «حمام گرمایی» و یک ذره‌ی متفاوت «ذره‌ی نمونه» که به عنوان دماسنج عمل می‌کند. هر تابع موج کوانتومی منفردِ سیستم بزرگ، دارای انرژی خاصی است، اما دمای خوش تعریفی ندارد؛ درست مانند یک ذره‌ی کلاسیک. اما اگر ذره‌ی نمونه را از یک حالت کوانتومی واحد انتخاب کنید و سرعت آن را اندازه بگیرید، به طرز شگفت انگیزی می‌توانید توزیع سرعتی را پیدا کنید که متناظر با دمایی باشد که با قوانین محرز ترمودینامیکی مطابقت دارد. ایوابرزینووا می‌گوید:« مطابق بودن یا نبودن آن به آشوب بستگی دارد، این چیزی است که محاسبات ما به وضوح نشان داده‌است. ما می‌توانیم به طور مشخص، برهم‌کنش‌های بین ذرات را روی رایانه تغییر دهیم و در نتیجه یک سیستم کاملاً آشفته ایجاد کنیم یا سیستمی که اصلاً آشوب را نشان نمی‌دهد یا هر چیزی در این بین.» بنابراین با انجام این کار، متوجه می‌شویم که وجود آشوب، تعیین می‌کند که آیا یک حالت کوانتومیِ ذره‌ی نمونه توزیع دمای بولتزمن را نشان می‌دهد یا خیر.

یواخیم بورگدورفر توضیح می‌دهد:« بدون ایجاد هیچ فرضیه‌ای درمورد توزیع‌های تصادفی یا قوانین ترمودینامیکی، اگر سیستمِ ترکیبی از ذره‌ی نمونه و حمام گرمایی، رفتار کوانتومی آشفته‌ای داشته‌باشد، رفتار ترمودینامیکی به خودی خود از نظریه‌ی کوانتومی ناشی می‌شود و اینکه این رفتار چقدر مطابق با فرمول معروف بولتزمن است، توسط قدرت آشوب تعیین می‌شود.»

این یکی از اولین مواردی است که در آن تأثیر متقابل بین سه نظریه‌ی مهم با دقت زیاد توسط شبیه‌سازی‌های رایانه‌ایِ بس ذره‌ای نشان داده شده‌است: نظریه‌ی‌کوانتومی، ترمودینامیک و نظریه‌ی آشوب.

منبع:

۱."Canonical Density Matrices from Eigenstates of Mixed Systems" by Mahdi Kourehpaz, Stefan Donsa, Fabian Lackner, Joachim Burgdörfer and Iva Březinová, 29 November 2022, *Entropy*. DOI:10.3390/e24121740



تصویر۱. اگر سیاه‌چاله‌هایی با اشکال غیرکروی کشف شوند، نشان داده می‌شود که جهان ما بیش از سه بعد دارد.

ریاضیدانان، بی‌نهایت پیکربندی ممکن را برای سیاه‌چاله پیدا کردند

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

ویراستاران: حدیث سلیمانی، نرگس رستمی

سطح سیاه‌چاله در فضای سه بعدی باید به شکل یک کره باشد، اما نتایج جدیدترین تحقیقات نشان می‌دهد که در ابعاد بالاتر، بی‌نهایت پیکربندی امکان پذیر است.

به طور کلی، سیارات و ستارگان تمایل به کروی شکل بودن دارند، زیرا گرانش، ابرهای گاز و غبار را به سمت مرکزِ جرم می‌کشد. همین امر، در مورد سیاه‌چاله‌ها یا به‌طور دقیق‌تر، افق رویداد سیاه‌چاله‌ها نیز

صدق می‌کند. طبق این تئوری، در جهانی با سه بعد فضا و یک بعدِ زمانی، سیاه‌چاله باید کروی شکل باشد.

سوالی که مطرح می‌شود این است که اگر جهان ما ابعاد بالاتری داشته باشد، آیا همان محدودیت‌ها اعمال می‌شود و اثرات ابعادی که ما نمی‌توانیم ببینیم، قابل لمس خواهدبود؟ و آیا در این تئوری پیکربندی‌های دیگری برای سیاه‌چاله امکان پذیر است؟ طبق ریاضیات می‌توان گفت که پاسخ سوال دوم، مثبت است. در طول دو دهه گذشته، محققان برای قاعده‌ای که سیاه‌چاله‌ها را به شکل کروی محدود می‌کند، استثناهایی پیدا کرده اند که اکنون نتایج این تحقیقات فراتر رفته‌است و در یک اثباتِ ریاضی گسترده، نشان داده می‌شود که تعداد نامتناهی پیکربندی در ابعادِ پنجم و بالاتر امکان پذیر است. این مقاله، نشان می‌دهد که معادلات نسبیتِ عام آلبرت انیشتین[6] می‌تواند تنوع زیادی از سیاه‌چاله‌ها را با ابعاد بالاتر ایجاد کند. احتمال دارد که محصولات میکروسکوپی برخورد، در برخورد دهنده‌ی ذرات[7]، به تشخیص این سیاه‌چاله‌ها کمک کنند و نشانگر این که جهان ما ابعاد بالاتری دارد باشند. این تحقیقات به‌صورت کاملاً تئوری می‌باشند و نمی‌توان گفت که آیا چنین سیاه‌چاله‌هایی وجود دارند یا خیر.

• دونات سیاه‌چاله

استیون هاوکینگ[8] در سال ۱۹۷۲ اثبات کرد که سطح یک سیاه‌چاله، در یک لحظه‌ی ثابت در زمان، باید یک کره‌ی دو بعدی باشد. این در حالی است که یک سیاه‌چاله یک جسم سه بُعدی است و سطح آن فقط دو بُعدِ فضایی دارد.

تا دهه‌های ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ یعنی زمانی که اشتیاق به نظریه‌ی ریسمان افزایش یافت، تلاشی برای بسطِ قضیه‌ی هاوکینگ صورت نگرفت. در سال ۲۰۰۲، سه دهه پس از نتیجه‌ی هاوکینگ، فیزیکدانانی به اسم روبرتو امپاران[9] و هاروی ریل[10]، برای معادلات اینشتین در پنج بُعد، یک راه حلِ سیاه‌چاله‌ی بسیار متقارن یافتند. آن‌ها این سطح سه بعدیِ دونات مانند را، «حلقه‌ی سیاه» نامیدند. در واقع، این سیاه‌چاله‌های دونات مانند وقتی شکل می‌گیرند، که با سرعت مناسب بچرخند. راینون گفت: «اگر آن‌ها خیلی سریع بچرخند، از هم می‌پاشند، و اگر به اندازه‌ی کافی سریع نچرخند، دوباره به کره تبدیل می‌شوند.»

با ادامه‌ی تحقیقات، آن‌ها یک نقطه‌ی مطلوب یافتند که در آن نقطه، حلقه به قدری سریع می‌چرخد که به شکل دونات باقی می‌ماند.

---

[6] Albert Einstein

[7] یک برخورددهنده (به انگلیسیCollider) گونه‌ای شتاب‌دهنده ذره‌ای است که پرتوهای مستقیم ذرات را با هم درگیر می‌کند.

[8] Stephen William Hawking

[9] Roberto Emparan

[10] Harvey Reall

دغدغه‌ی جدید

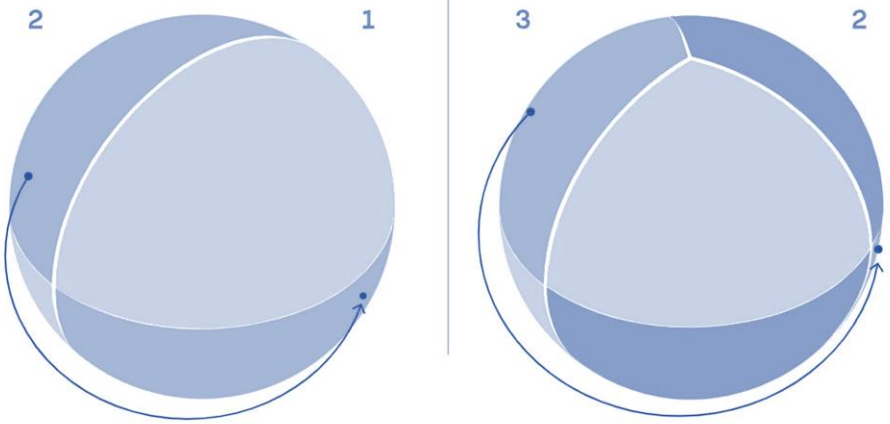
در سال 2006، گرگ گالووی[11] از دانشگاه میامی و ریچارد شوئن[12] از دانشگاه استنفورد، قضیه‌ی هاوکینگ را تعمیم دادند تا تمام پیکربندی‌های ممکن برای سیاه‌چاله را در ابعادی فراتر از چهار بُعد، توصیف کنند. در میان این پیکربندی‌ها کره، حلقه و دسته‌ی وسیعی به نام فضاهای عدسی گنجانده شده‌است.

مارکوس خوری در این باره می‌گوید: «در میان تمام پیکربندی‌های ممکنِ جهان در سه بُعد، کره و سپس فضاهای عدسی، ساده‌ترین پیکربندی ممکن می‌باشند.» فضاهای عدسی نوع خاصی از ساختار ریاضی هستند، که از دیرباز در هندسه و توپولوژی اهمیت داشته‌اند. خوری فضاهای عدسی را «کره‌هایتاشده» تعریف می‌کند. وقتی ریاضیدانان در مورد فضاهای عدسی صحبت می کنند، معمولاً به فضاهای سه بُعدی اشاره می‌کنند.

در سال 2014، کوندوری[13] و جیمزلوشیتی[14] از دانشگاه ادینبرگ، وجود سیاه‌چاله‌ها را در فضای پنج بُعدی اثبات کردند. راه حل آن‌ها که با عنوان «عدسی سیاه» شناخته می‌شود، دارای چند ویژگی مهم است. این راه حل یک فضا-زمان «تخت مجانبی» را توصیف می‌کند، به این معنی که انحنایِ فضا-زمان، که در مجاورت یک سیاه‌چاله زیاد است، با حرکت به سمت بی‌نهایت، به صفر نزدیک می‌شود. این ویژگی کمک می‌کند تا اطمینان حاصل شود که نتایج از نظر فیزیکی مطابقت دارند. آن‌ها دریافتند که می‌توانند سیاه‌چاله‌ای به شکل هر فضای عدسی ایجاد کنند، که در این‌صورت تعدادِ نامتناهی سیاه‌چاله را در تعداد نامحدودی از ابعاد می‌توان بدست آورد.

برای ساختن فضای عدسی، ریاضیدانان با یک توپ جامد سه بعدی شروع می کنند و مناطق مختلف را به یکدیگر متصل می کنند.

با برش طولی توپ به بخش ها شروع کنید. سپس نقاط نیمه بالایی یک قطاع را به نقاط نیمه پایینی دیگری وصل کنید.



[11] Greg Galloway
[12] Richard Schoen
[13] Kunduri
[14] James Lucietti

فیزیکدانان پیش‌بینی کرده‌اند که روزی می‌توان سیاه‌چاله‌های کوچکی در برخورد دهنده‌ی، هادرونی بزرگ[15] یا یک شتاب‌دهنده ذرات[16] با انرژی بالاتر تولید کرد. به گفته‌ی خوری، اگر بتوان سیاه‌چاله‌ای را که توسط شتاب دهنده تولید شده‌است، در طول عمر کوتاه و کسری از ثانیه شناسایی کرد و توپولوژی غیر کرویِ آن را مشاهده کرد، دلیل بر این خواهد بود که جهان ما بیش از سه بُعدِ فضا و یک بُعدِ زمانی دارد. چنین یافته‌ای می‌تواند یک موضوع دیگر، تا حدودی آکادمیک‌تر را روشن کند. خوری در رابطه با بررسیِ ایده‌ها درباره‌ی سیاه‌چاله‌ها در ابعاد پنج و بالاتر، می‌گوید: «نسبیت عام به طور سنتی یک نظریه‌ی چهار بُعدی بوده است. ما روی این نظریه که نسبیت عام در ابعاد بالاتر معتبر است، شرط می‌بندیم. اگر هر سیاه‌چاله‌ی غیر کروی شناسایی شود، به ما می‌گوید که فرض ما موجه بوده است.»

منابع:

1. Mathematicians Find an Infinity of Possible Black Hole Shapes. Quantamagazin.org
2.VISHNU KAKKAT, MARCUS KHURI, JORDAN RAINONE, AND GILBERT WEINSTEIN.THE GEOMETRY AND TOPOLOGY OF STATIONARY MULTI-AXISYMMETRIC VACUUM BLACK HOLES IN HIGHER DIMENSIONS.

[15] Large Hadron Collider

[16] شتاب‌دهنده، دستگاهی است که در آن ذرات باردار (مانند ذرات بنیادی، هسته‌ی اتم‌ها یا اتم‌های یونیزه شده، مولکول‌ها یا قسمت‌های مولکول) به وسیله‌ی میدان‌های الکتریکی یا مغناطیسی، تا سرعت‌های بسیار زیادی شتاب‌داده می‌شوند.

• شکستِ رکورد پرتاب لیزر در راهروی دانشگاه مریلند •

مریم قربانی دانشجویکارشناسی فیزیک ورودی ۱۴۰۰، دانشگاه الزهرا(س) maryam.ghorbanimay2003@gmail.com
ویراستاران: الهام خلیلی دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیک اپتیک و لیزر دانشگاه یزد، نرگس رستمی

در هر دانشگاهی پالس‌های لیزری که به داخل راهرو فرستاده شود و قدرت آن به اندازه‌ی سوزاندن کاغذ و پوست باشد، وجود ندارد؛ اما این اتفاقی است که در مرکز تحقیقات دانشگاه مریلند، در ساختمانی در پردیس شرقی دانشگاه، رخ داد. محققان آمریکایی در حال بررسیِ «موج‌برهای هوایی»، بودند که این پدیده را مشاهده کردند.

در طی چند شب در سال ۲۰۲۱، پروفسور هوارد میلچبر[17] و همکاران او، راهروی دانشگاه را به یک آزمایشگاه تبدیل کردند. آن‌ها سطوح براق نظیر درها و... را برای جلوگیری از بازتابِ کورکننده‌ی لیزر پوشاندند و راهرو را با استفاده از علائم احتیاط و نصب پرده‌های سیاه به یک محدوده‌ی مخصوصِ جذب لیزر تبدیل کردند.

هدف آن‌ها این بود که به طور موقت هوای رقیق را به یک کابل فیبر نوری[18] یا به عبارتی به یک هدایت کننده‌ی موج (موج‌بر[19] هوا) تبدیل کنند که بتواند نور را تا ده‌ها متر هدایت کند، همانند کابل‌های فیبر نوری اینترنت که مسیر مناسبی را برای جریان داده‌های نوری فراهم می‌آورند. موج‌برِ هوا کاربردهای زیادی در زمینه‌ی جمع‌آوری یا انتقال نور دارد؛ مانند ارتباطات لیزریِ دوربرد و یا حتی تسلیحات لیزری و ... .

تصویرا. در یک آزمایش، لیزر به سمت راهروی UMDفرستاده شد تا نور را در مسیر ۴۵ متری طی کند.

[17] Howard Milchberg ، فیزیکدان دانشگاه مریلند، ایالات متحده آمریکا

[18] fiber optic cable: رشته‌ی باریک و بلندی از یک ماده‌ی شفاف مثل شیشه یا پلاستیک است که می‌تواند نوری را که از یک سر به آن وارد شده، از سر دیگر خارج کند. فیبر نوری دارای پهنای باند بسیار بلندتر از کابل‌های معمولی می‌باشد و با آن می‌توان داده‌های تصویر، صوت و داده‌های دیگر را به‌راحتی با پهنای باند بالا تا ۱۰۰ گیگابیت بر ثانیه و بالاتر انتقال داد.

[19] Waveguide: ساختاری است که موج الکترومغناطیس را با اتلاف بسیار کمی منتقل کرده و هیچ‌گونه تغییری در موج ایجاد نمی‌کند.

تمام کارها برای این بود که بفهمند تا چه اندازه می‌توانند از این تکنیک استفاده کنند. در آزمایشگاه روش مشابه برای فواصل کم‌تر از یک‌متر صادق است، اما محققان برای گسترش آزمایش و دستیابی به فواصل تا ده‌ها متر، به مانعی برخورد کردند؛آزمایشگاه آن‌ها بسیار کوچک بود و حرکت دادن لیزر امکان‌پذیر نبود. پس، آن‌ها برای حل این مشـــکل، یک حفرهدر دیوار ایجاد کردند و پالس لیزر را در راهروی ۵۰ متری پرتاب کردند.این فرایند در طی شـب انجام می‌شـد تا از ایجاد مزاحمت برای سایر کارمندان و دانشجویان جلوگیری کند.

تصـــویر۲. محققان در حال تنظیم حفره بر روی دیوار برای پرتاب لیزر در راهرو هسـتند. خطوط سـفید، نشـان دهنده مسـیر پرتو، قبل و بعد از تغییر مسیر است.

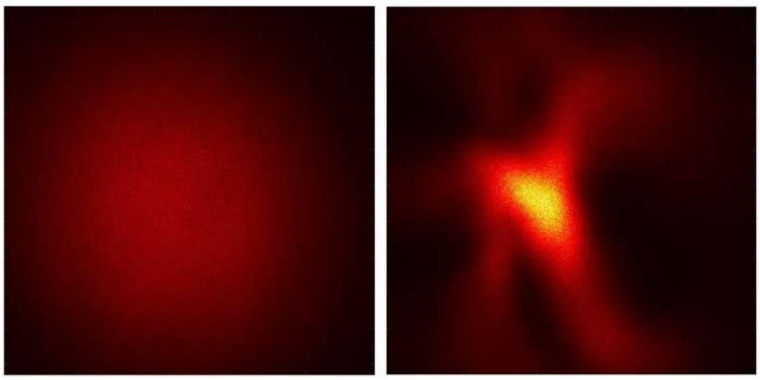
پروفســور میلچبرگ می‌گوید: «چالش‌های زیادی وجود داشـت. افزایش مقیاس تا ۵۰ متر ما را وادار کرد تا در فیزیک اساسیِ تولید موج‌برهای هوایی تجدید نظر کنیم. علاوه بر آن می‌خواسـتیم یک لیزر پرقدرت را بـه داخـل‌یکراهروی عمومی ۵۰ متری بفرسـتیم و طبیعتاً مسـائل ایمنی وجود داشـت. خوشـبختانه، هم با دپارتمان فیزیک و هم با دفتر ایمنی محیط مریلند همکاری بسـیار خوبی داشتیم»

بدون استفاده از کابل فیبرنوری یا موج‌بر هوا، یک پرتو نور (پرتو نور خارج شده از لیزر یا چراغ‌قوه فرقی ندارد) می‌تواند به طور مداوم در طول حرکت به محیط اطراف پراکنده شود. راه حل میلچبرگ برای حلِ چالشِ متمرکز نگه داشتن نور، تبدیل نور اضافی به شکل پالس‌های لیزری کوتاه است.

تکنیکِ پالس کوتاه از توانایی لیزر برای تامین کردن شدت بالا در طول مسیر استفاده می‌کند که پلاسما[20] را به وجود می‌آورد. انرژی‌ای که در مسیر وجود دارد هوا را گرم کرده و به همین علت منبسط می‌شود و مسیری از هوایِ کم چگالی را باقی می‌گذارد. این فرآیند شبیه یک نسخه‌ی کوچک از رعد و برق است که در آن انرژیِ رعد و برق، هوا را به پلاســمایی تبدیل می‌کند که به طور انفجاری هوا را منبســط می‌کند و صدای رعد و برق را به وجود می‌آورد. صدای بلندی که محققان در طول مسیر حرکت پرتو در آزمایشگاه شـنیدند به همین علت بود. اما این مسیرهای رشـته‌ای با چگالی کم همه‌ی نیازهای تیم را برای هدایت لیزر برطرف نمی‌کرد. آن‌ها هسته‌ای با چگالیِ بالا (همانند کابل‌های فیبر نوری اینترنت) می‌خواستند. پس آن‌ها آرایشـی از چندین تونل با چگالی کم ایجاد کردند که در یک خندقی که هسـته‌ای با چگالی زیاد از هوا را احاطه کرده اسـت، ادغام می‌شـوند. آزمایش‌های سـال ۲۰۱۴ از آرایش مجموعه‌ای از چهار رشـته‌ی لیزر استفاده کردند، اما در آزمایشجدید از یک روش جدید بهره بردند که به طور خودکار تعداد رشته‌ها با انرژیِ لیزر افزایش می‌یافت.

[20] **پلاسما**حالت چهارم ماده، که شبیه به گاز است و از اتم‌هایی تشکیل شده است که تمام یا تعدادی از الکترون‌های خود را از دست داده‌اند (یونیزه شده‌اند).

محققان نشـــان دادند که این تکنیک می‌تواند طول موج‌برهای هوا و قدرتی که می‌تواند آن را به انتهای راهرو برســـاند را افزایش دهد. پس از چندین شـــب آزمایش، محققان دریافتند که روش آن‌ها می‌تواند تقریباً ۲۰ درصـــد از نوری را که به طور معمول از طریق هوا پخش (اتلاف) می‌شـــود، حفظ کند؛ که در غیر این صورت بدون حضور یک موج‌بر از بین می‌رفت.این فاصله حدود ۶۰ برابر بیش‌تر از آزمایش‌های قبلی بود.



تصویر۳. شکل پراکندگی نور لیزر جمع آوری شده پس از حرکت در راهرو. بدون موج‌بر (چپ) و با یک موج‌بر (راست)

محققان آزمایش‌هایی در فاصـله‌های کم‌تر، نظیر ۸ متر انجام دادند و در آن‌جا توانسـتند فیزیکِ پروژه را با جزئیات بیش‌تری بررسی کنند. در آزمایش‌های با فواصل کوتاه‌تر، توانستند حدود ۶۰ درصد از نوری که به طور معمول در هوا پخش می‌شد و از بین می‌رفت را به هدف برسانند.

آزمایش‌ها نشـان داد که موج‌بر بسـیار زودگذر اسـت و تنها صـدم ثانیه دوام می‌آورد. با این حال، برای هدایت چیزی که با سرعت نور حرکت می‌کند، آن زمان کافی است. این تحقیق نشان می‌دهد که در چه زمینه‌هایی می‌توان پیشرفت کرد و آزمایش را بهبود داد.

بر اسـاس یافته‌های محققان از آزمایش‌ها و شـبیه سـازی‌ها، این تیم در حال برنامه‌ریزیِ آزمایش‌هایی برای افزایش طول و بهبود کارایی موج‌برهای هوا هسـتند. آن‌ها همچنین قصـد دارند رنگ‌های مختلف نور را هدایت کنند و نحوه‌ی عملکرد آن را مشاهده کنند.

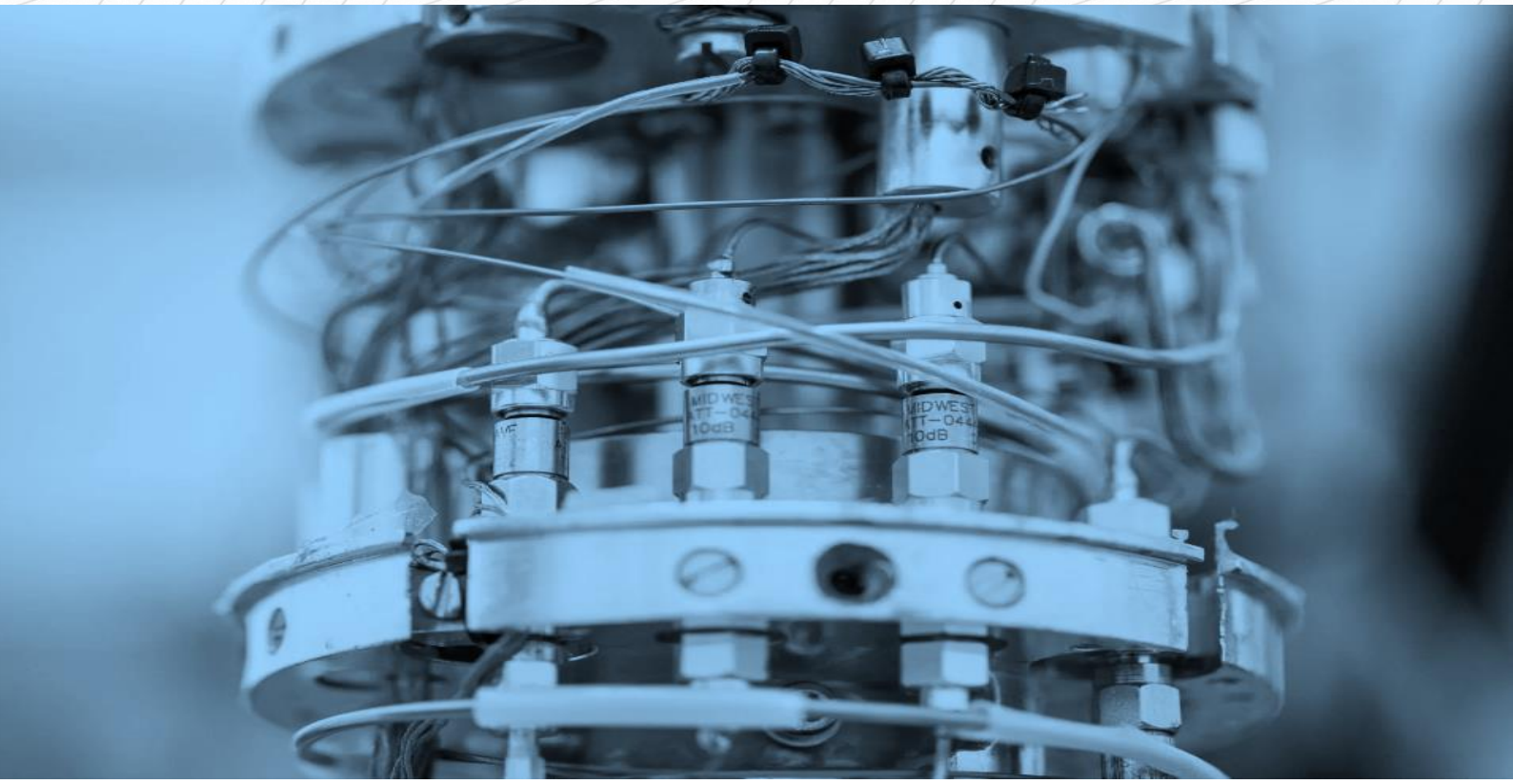
میلچبرگ می‌گوید: «دستیابی به مقیاس ۵۰ متری برای موج‌برهای هوایی به معنای واقعی کلمه مسیر را برای موج‌برهای طولانی‌تر و بسـیاری از کاربردهای دیگر روشـن می‌کند. حال دسـتورالعملی برای هدایت لیزری تا یک کیلومتر و بالاتر از آن داریم.»

منابع:

1. A. Goffin et al, Optical Guiding in 50-Meter-Scale Air Waveguides, Physical Review X (2023). DOI:10.1103

2.https://phys.org/news/2023-01-meter-laser-university-maryland-hallway.html

3.https://umdphysics.umd.edu/about-us/news/research-news/1853-longlaser.html



تصویر.بخشی از دستگاه ترانسمون که اثرات کوانتومی مورد استفاده برای تشخیص پالس‌های میکروویو، بدون برهمکنش با آن‌ها را تولید می‌کند.[۱]

مشاهده‌ی اشیاء بدون نگاه کردن به آن‌ها با استفاده از مکانیک کوانتومی

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

ویراستاران: فاطمه سادات صوف‌باف، نرگس رستمی

روش تازه‌ی توسعه یافته‌ای که جهان‌های کوانتومی و کلاسیک را به هم پیوند می‌زند و ممکن است، اندازه‌گیری‌ها را برای رایانه‌های کوانتومی و کاربردهای دیگر افزایش دهد.

بینایی ما توسط سلول‌های تخصصی شبکیه که نور را جذب می‌کنند ممکن می‌شود. اما آیا بدون هیچ‌گونه جذب نور یا حتی یک فوتون می‌توان دید؟ در کمال تعجب، جواب مثبت است.اندازه‌گیری بدون برهمکنش[21]یک اثر کوانتومی بنیادی است که به موجب آن حضور یک شیء حساس به نور بدون جذب فوتونِ برگشت‌ناپذیر، تعیین می‌شود. آنتون زیلینگر[22]، برنده‌ی جایزه‌ی نوبل۲۰۲۲، اولین کسی بود

21 Interaction-Free Measurement

22 Anton Zeilinger

که ایده‌ی یک آزمایش بدون برهمکنش را با استفاده از اپتیک به صورت تجربی اجرا کرد. اکنون در مطالعه‌ای که ارتباط بین جهان‌های کلاسیک را بررسی می‌کند، شروتی دوگرا[23]، جان جی مک کورد[24] و گئورگه سورین پارائوانو[25] از دانشگاه آلتو، راه جدید و بسیار مؤثرتری را برای انجام آزمایش‌های بدون برهمکنش پیدا کرده‌اند. آن‌ها برای تشخیص وجود پالس‌های میکروویوِ تولید شده از ابزارهای کلاسیک، از دستگاه‌های ترانسمون (مدارهای ابررسانای نسبتاً بزرگی که رفتار کوانتومی از خود نشان می‌دهند) استفاده کردند.

• آزمایشی با لایه‌ای اضافه شده از شرایط کوانتومی[26]

اگرچه دوگرا و پارائوانو مجذوب کار انجام شده توسط گروه تحقیقاتی زیلینگر شدند اما آزمایشگاه آن‌ها به جای لیزر و آینه، حول میکروویو و ابررساناها متمرکز است. پارائوانو توضیح می‌دهد:« ما مجبور بودیم این مفهوم را با ابزارهای آزمایشی مختلف موجود برای دستگاه‌های ابررسانا تطبیق دهیم، به همین دلیل مجبور شدیم پروتکل استاندارد بدون برهمکنش را به روشی خطیر تغییر دهیم؛ ما با استفاده از سطح انرژی بالاتر ترانسمون، لایه‌ی دیگری از شرایط کوانتومی را اضافه کردیم.سپس، از همدوسی کوانتومیِ[27] سیستمِ سه سطحیِ حاصل، به‌عنوان یک منبع استفاده کردیم.»

همدوسی، یکی از ویژگی‌های فیزیکی امواج است. دو منبع موج، کاملاً همدوس است اگر بسامد و شکل دو موج کاملاً یکسان باشد و در عین حال می‌توانند اختلاف فاز داشته باشند. در این ویژگی، توان موج‌ها برای تداخل در همدیگر اندازه‌گیری می‌شود.

در مکانیک کوانتومی، ذراتی مانند الکترون‌ها توسط یک تابع موج (یک توصیف ریاضی از حالت کوانتومی یک سیستم) توصیف می‌شوند. طبیعت احتمالیِ تابع موج باعث به وجود آمدن اثرات کوانتومی مختلف می‌شود. تا زمانی که رابطه‌ی قابل تعریف بین فاز وحالت‌های مختلف یک سیستم وجود داشته باشد، گفته می‌شود که سیستم همدوس است. همدوسی، یک خاصیت بنیادی مکانیک کوانتومی، و برای انجام محاسبات کوانتومی بر روی اطلاعات کوانتومی رمزگذاری شده در حالت‌های کوانتومی ضروری است. اما هنگامی که یک سیستم کوانتومی کاملاً ایزوله نباشد و با محیط خود در تماس باشد، این همدوسی از بین می‌رود که به آن ناهمدوسی کوانتومی[28] می‌گویند.

همدوسی کوانتومی به این امکان اشاره دارد که یک شیء می‌تواند همزمان دو حالت مختلف را اشغال کند؛ چیزی که فیزیک کوانتوم اجازه‌ی آن را می‌دهد. با این حال، همدوسیِ کوانتومی ظریف است و به راحتی از بین می‌رود، بنابراین خیلی واضح نبود که پروتکل جدید کار کند.امادر کمال تعجب، اولین

---

23 Shruti Dogra
24 John J. McCord
25 Gheorghe Sorin Paraoanu
26 Quantumness
27 Quantum Coherence
28 Quantum Decoherence

آزمایش بازده خوبی داشته است.آن‌ها بارها به طراحی خود بازگشتند، مدل های نظری که نتایج آن‌ها را تایید می‌کرد را اجرا کرده و همه چیز را دوباره بررسی کردند. وجود تاثیر، قطعی بود.

دوگرا می‌گوید: «ما همچنین نشـان دادیم که با اسـتفاده از پروتکل‌ها می‌توان حتی پالس‌های میکروویو بسیار کم توان را به طور مؤثر تشخیص داد.»

این آزمایش همچنین روش جدیدی را نشـان داد که در آن دسـتگاه‌های کوانتومی می‌توانند به نتایجی دسـت یابند که برای دسـتگاه‌های کلاسـیک غیرممکن اسـت؛ پدیده‌ای که به عنوان مزیت کوانتومی[29] شـناخته می‌شـود. محققان عموماً بر این باورند که دسـتیابی به مزیت کوانتومی نیازمند کامپیوترهای کوانتومی با کیوبیت‌های زیاد است اما این آزمایش، مزیت کوانتومیِ واقعی را با استفاده از یک چیدمان نسبتاً ساده‌تر نشان داد.

• کاربردهای بالقوه‌ی این روش در فناوری‌های کوانتومی

پیش از این، اندازه‌گیری‌های بدون برهمکنش بر اسـاس روش‌های قدیمی که بازدهی کمتری دارند، کاربردهایی در فرایندهای تخصصی مانند تصویربرداری نوری، تشخیص نویز و توزیع کلیدهای رمزنگاری داشته‌اند؛ اما این روش جدید و توسعه یافته می‌تواند به طور چشمگیری کارایی فرایندها را افزایش دهد. پارائوانو می‌گوید:«در محاسـبات کوانتومی، روش ما می‌تولند برای تشـخیص فوتون‌های میکروویو در حافظه‌ی عناصر خاص به کار گرفته شود. این را می‌توان روشی بسیار کارآمد برای استخراج اطلاعات بدون ایجاد اختلال در عملکرد پردازنده‌ی کوانتومی درنظر گرفت.» این گروه به رهبری پارائوانو، همچنین با اسـتفاده از رویکرد جدیدشـان در حال بررسـی دیگر اشـکالِ مرموزِ پردازش اطلاعات مانند ارتباط خلاف واقع[30](ارتباط بین دو طرف بدون انتقال هیچ ذره فیزیکی) و محاسـبات کوانتومی خلاف واقع[31](که در آن نتیجه‌ی یک محاسبه، بدون اجرای واقعی رایانه به دست می‌آید)، هست.

منابع:

1.Credit: MikkoRaskinen/Aalto University.

2.Coherent interaction-free detection of microwave pulses with a superconducting circuit" by Shruti Dogra, John J. McCord and Gheorghe Sorin Paraoanu, 7 December 2022, *Nature Communications*. DOI: 10.1038/s41467-022-35049-z

29 Quantum Advantage

30 counterfactual communication

31 counterfactual quantum computing

گاه‌شمار کیهانی

زهراشیخانی نژاد دانشجوی کارشناسی فیزیک ورودی ۹۸ دانشگاه الزهر(س) yasi.sh.2648@gmail.com
نرگس رستمی دانشجوی کارشناسی فیزیک ورودی ۹۹ دانشگاه الزهرا(س) n.rostami2001.phy@gmail.com

• فروردین

۱فروردین	اعتدال بهاری ماه نو
۲فروردین	همنشینی ماه و مشتری
۳فروردین	همنشینی ماه و زهره
۸فروردین	همنشینی ماه و مریخ
۹فروردین	ماه در تربیع اول
۱۷فروردین	ماه کامل
۲۲فروردین	عطارد در بیش‌ترین میزان کشیدگی شرقی
۲۴فروردین	ماه در تربیع آخر
۲۷فروردین	همنشینی ماه و زحل ماه در حضیض مداری
۳۱فروردین	خورشید گرفتگی هیبریدی(در نیمکره جنوبی) ماه نو

• اردیبهشت

۲و۳اردیبهشت	بارش شهابی شلیاقی همنشینی ماه و زهره
۴اردیبهشت	بارش شهابی پی‌کشتیدمی
۶اردیبهشت	همنشینی ماه و مریخ
۸اردیبهشت	ماه در تربیع اول
۱۵اردیبهشت	ماه گرفتگی نیمه شبه ماه کامل
۱۶و۱۷اردیبهشت	بارش شهابی اتا دلوی
۲۲اردیبهشت	ماه در تربیع آخر
۲۳اردیبهشت	همنشینی ماه و زحل
۲۷اردیبهشت	همنشینی ماه و مشتری
۲۹اردیبهشت	ماه نو

• خرداد

۲ خرداد	همنشینی ماه و زهره
۳ خرداد	همنشینی ماه و مریخ
۶ خرداد	ماه در تربیع اول
۸ خرداد	عطارد در بزرگ‌ترین کشیدگی غربی
۱۳ خرداد	ورود مریخ به خوشه ستاره‌ای M44
۱۴ خرداد	زهره در بیش‌ترین کشیدگی شرقی ماه کامل
۱۷ خرداد	ماه در حضیض مداری
۱۹ خرداد	همنشینی ماه و زحل
۲۰ خرداد	ماه در تربیع آخر
۲۱ خرداد	بارش شهابی Arietids

"فراسوی آسمان"

توضیح رویدادهای نجومی

پرستو سربازی دانشجوی کارشناسی ارشد اخترفیزیک دانشگاه الزهرا(س) Parastoosky99@gmail.com
ملیکا شایق دانشجوی کارشناسی فیزیک ورودی ۹۹ دانشگاه الزهرا(س) m.shayegh10@gmail.com
نرگس رستمی دانشجوی کارشناسی فیزیک ورودی ۹۹ دانشگاه الزهرا(س) n.rostami2001.phy@gmail.com
ویراستار: فاطمه سادات صوف‌باف

- **اعتدال بهاری**

لحظه عبور خورشید از خط استوای سماوی، از جنوب به شمال را نشان می‌دهد.

- **خورشید گرفتگی هیبریدی (Hybrid solar eclipse)**

در خورشید گرفتگی هیبریدی، خورشید هم به صورت حلقوی و هم به صورت گرفتِ کامل قابل مشاهده است. متاسفانه این پدیده در ایران قابل رویت نیست. این پدیده در غرب استرالیا، تیمور شرقی و شرق اندونزی در 31 فروردین قابل مشاهده است.

تصویرا. خورشید گرفتگی هیبریدی

- **بارش شهابی کَشتی دُم (π-Puppid meteor shower)**

بارش شـــهابی، زمانی به وجود می‌آید که زمین از میان جریان‌هایی از زباله‌هایی که در پی دنباله‌دارها و سـیارک‌ها باقی مانده اند، عبور می‌کند. منشـأ ایجاد این بارش، دنباله‌دار 26P/Grigg-Skjellerup است. کانون این بارش در صورت فلکی کشتی دُم (Puppis) قرار دارد. این پدیده از 26 فروردین تا 8 اردیبهشـــت ماه ادامه دارد و اوایل اردیبهشت به اوج خود می رسـد. معمولاً شـهاب‌های این بارش با بارش شهابی شلیاقی همزمان می‌شوند و چندان چشمگیر نخواهـد بود. اوج بـارش نزدیـک بـه مـاه نو خواهـد بود و نور مهتـاب کم‌ترین تداخل را ایجاد خواهدکرد. در تهران، این پدیده از غروب آفتاب تا حوالی ساعت 20 ادامه دارد.

تصویر۲. صورت فلکی کشتی دُم

- **بارش شهابی شلیاقی (Lyrid meteor shower)**

این بارش شهابی در اثربرخورد ذرات سنگ و غبار باقی مانده از دنباله داری با نام تاچر به جو زمین به وجود آمده است . کانون این بارش شهابی صورت فلکی شلیاق (Lyra) است و از سمت ستاره نَسرواقع سرچشمه می‌گیرد که درخشان‌ترین ستاره در صورت فلکی چنگ یا شلیاق است. این پدیده از ۲۷ فروردین ماه شروع شده و تا ۵ اردیبهشت ادامه دارد. در تهران دیدن این پدیده بعد از حدود ساعت ۲۰، زمانی که در افق شرقی بالا می‌رود، امکان پذیر است و سپس تا طلوع خورشید قابل مشاهده است. البته دیدن این پدیده مستلزم یک آسمان تاریک است.

تصویر۳. صورت فلکی شلیاق

- **بارش شهابی اتا دلوی (η- Aquariid meteor)**

کانون این بارش در نزدیکی ستاره اِتا در صورت فلکی دَلو (آبریز) (Aquarius) منشأ آن دنباله دار هالی است. این پدیده از ۳۰ فروردین تا ۷ خرداد ادامه دارد و بارش شهابی اتا دلوی در میانه اردیبهشت ماه به اوج خود می‌رسد. بهترین زمان برای مشاهده آن قبل از طلوع خورشید در ۱۷ اردیبهشت می‌باشد. در تهران این پدیده از حوالی ساعت ۲ بامداد تا طلوع خورشید ادامه دارد.

تصویر۴. صورت فلکی دَلو

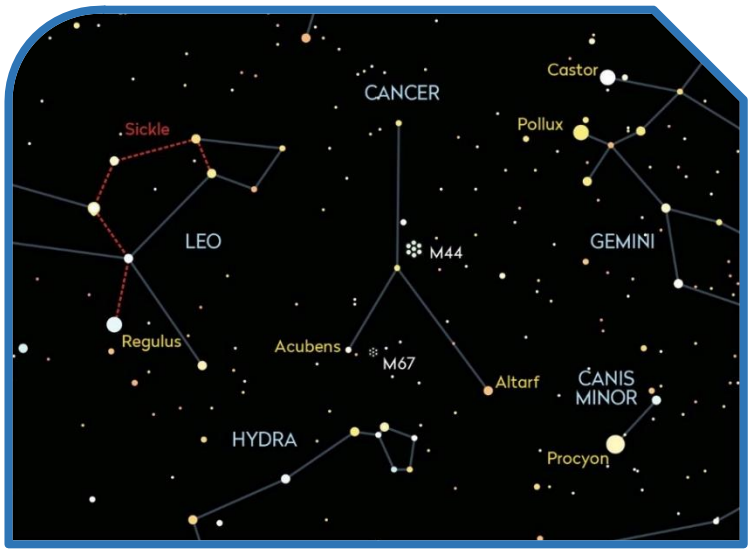
تصویر۵. دنباله‌دار هالی

- **بارش شهابی آریتید (Daytime Arietid meteor shower)**

منبع این بارش ناشناخته است، اما تصور می‌شود که سیارک ۱۵۶۶ ایکاروس (Icarus 1566) منشا این بارش شهابی قوی باشد. با این حال اجرام آسمانی دیگر مانند دنباله دار 96P/Machholz هم می‌تواند منشأ این بارش باشد. این پدیده از اواخر فروردین شروع شده و تا اواخر خرداد ادامه دارد. اوج این بارش، حوالی 20 خرداد می باشد. در تهران این پدیده بعد از حدود ۲ بامداد ، ۱۹ درجه بالای افق قابل مشاهده است و ممکن است فقط ۱۶ شهاب سنگ در ساعت مشاهده می‌شود حتی زمانی که این پدیده به اوج خود می‌رسد، زیرا تابش آن در آسمان نسبتاً کم خواهد بود.

- **خوشه ستاره ای اِم ۴۴ (Messier 44)**

این خوشه که با نام خوشه‌ی کندوی عسل نیز شناخته می‌شود با فاصله ۶۰۰ سال نوری از زمین یکی از نزدیک‌ترین خوشه‌های ستاره‌ای به منظومه شمسی ماست . این خوشه دارای ستاره‌های جوانی با سن حدود ۶۰۰ میلیون سال دارد. این در حالی است که سن خورشید ۴/۵ میلیارد سال است. این خوشه در صورت فلکی خرچنگ واقع شده است . در بهار ۱۴۰۱ این خوشه ستاره‌ای با دو سیاره‌ی زهره و مریخ مقارنه دارد.



تصویر۶. خوشه ستاره ای اِم ۴۴

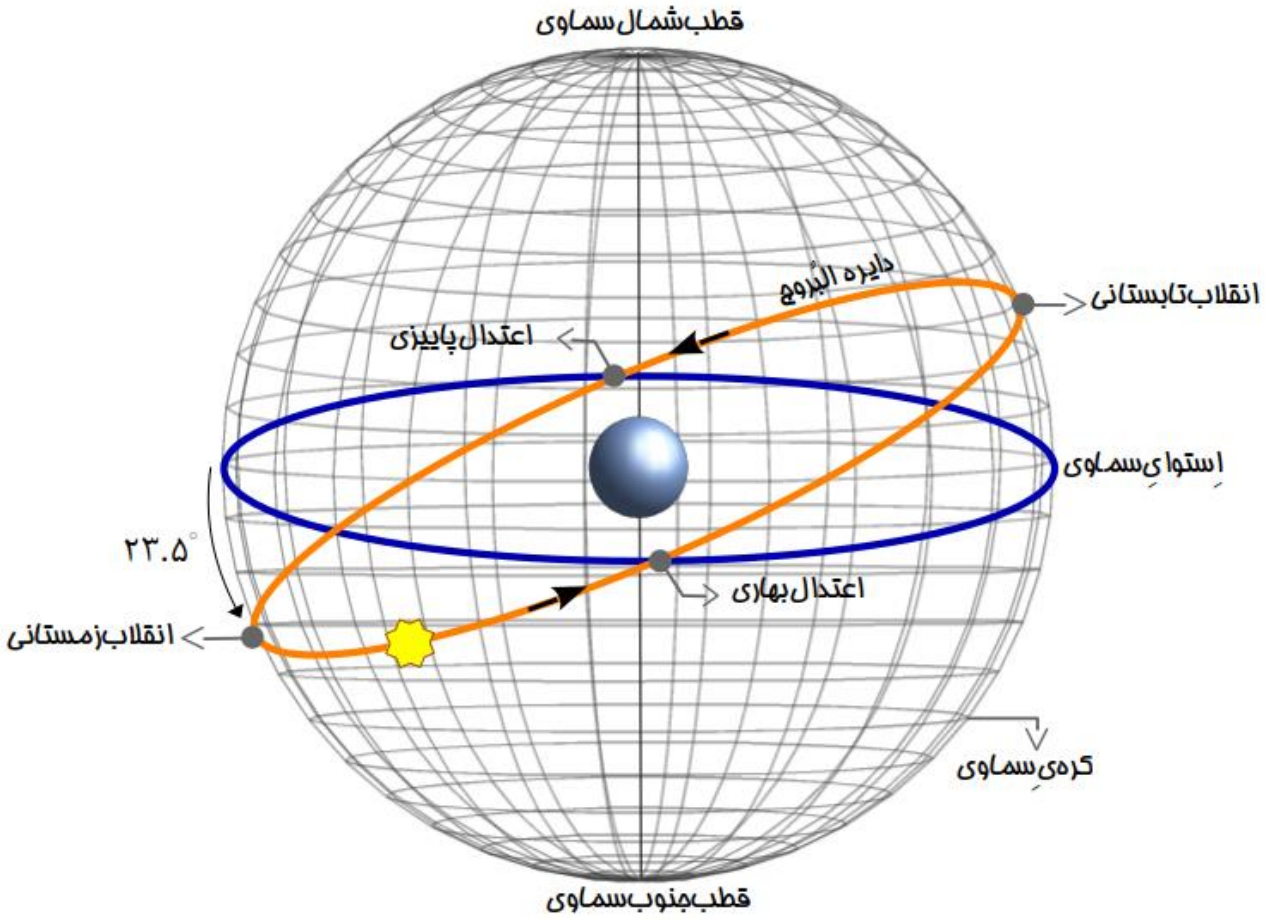
مقارنه‌ی سیاره مریخ و ام ۴۴ در ۱۳خرداد رخ می‌دهد. هر دو در صورت فلکی سرطان و در فاصله ۱۰.۴ دقیقه قوسی از کنار یکدیگر

عبور می‌کنند. این پدیده در تهران حوالی ساعت 20 ،33 درجه بالای افق غربی قابل مشاهده است. آن‌ها به قدری نزدیک هستند که از صفحه‌ی تلسکوپ قابل مشاهده‌اند.

مقارنه‌ی سیاره زهره و ام 44 در 24 خرداد رخ می‌دهد. این دو در فاصله 47.9 دقیقه قوسی از کنار یکدیگر عبور می‌کنند. این پدیده در تهران حوالی ساعت19:30، 30 درجه بالای افق غربی قابل مشاهده است.

- **کره‌ی سماوی**

کره‌ای فرضی و بی‌نهایت بزرگ و بی‌انتها و در برگیرنده‌ی کل کیهان که زمین در مرکز آن قرار دارد و همه‌ی اجرام آسمانی به آن چسبیده‌اند.

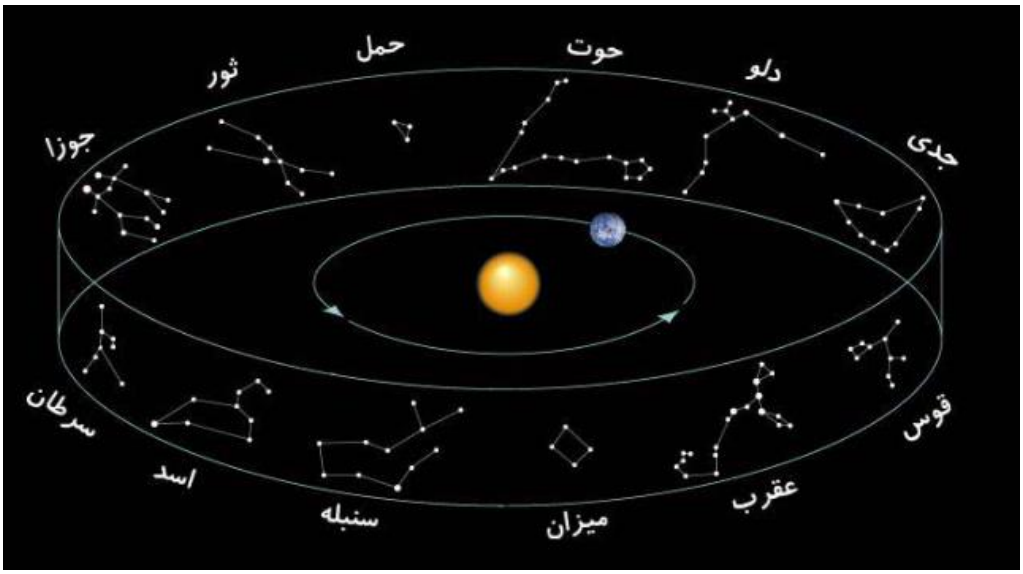


شکل۱: موقعیت استوای سماوی و قطبین بر روی کره‌ی سماوی

اِستوای سماوی : دایره‌ی عظیم است که در واقع امتداد استوای زمین می‌باشد و مانند کمربندی به دور کره‌ی سماوی کشیده شده و آن را به دو نیمکره‌ی سماویِ شمالی و جنوبی تقسیم می‌کند.

- **قطب شمال سماوی** : تصویر و امتداد قطب شمال کره‌ی زمین بر روی کره‌ی سماوی.
- **قطب جنوب سماوی** : تصویر و امتداد قطب جنوب کره‌ی زمین بر روی کره‌ی سماوی.
- **نصف النهار سماوی** : خطی فرضی از قطب شمال سماوی به قطب جنوب سماوی که از استوای سماوی نیز عبور می‌کند.
- **صفحه‌ی افق** : مرزی بین گنبد آسمان و زمین است .
- **دایره البروج** : دایره‌ای فرضی که مسیر حرکت ظاهری خورشید به دور زمین در طول یک سال بر روی کره‌ی سماوی را نشان می‌دهد.

مسیر حرکت فرضی خورشید بر روی دایرة البروج در طی یک سال یا ۱۲ ماه است که در زمان پیمودن قسمتی از کمان دایره در واقع از صورت فلکی خاصی عبور می‌کند که همان برج های دوازده‌گانه سال هستند .



- **صورت فلکی** : اشکال خاصی که ستارگان در آسمان از دید ناظر زمینی کنار هم می‌سازند که توسط پیشینیان نام‌گذاری شده‌اند. نام‌گذاری ستارگان در یک صورت فلکی به ترتیبِ پرنورترین آن‌ها بر اساس حروف الفبای یونانی است. برای مثال پرنورترین ستاره‌ی صورت فلکی اژدها، ستاره‌ی آلفای اژدها نام دارد.

صورت های فلکی فصل بهار

۱ . فروردین : صورت فلکی برّه یا حَمَل (Aries) نماد ♈

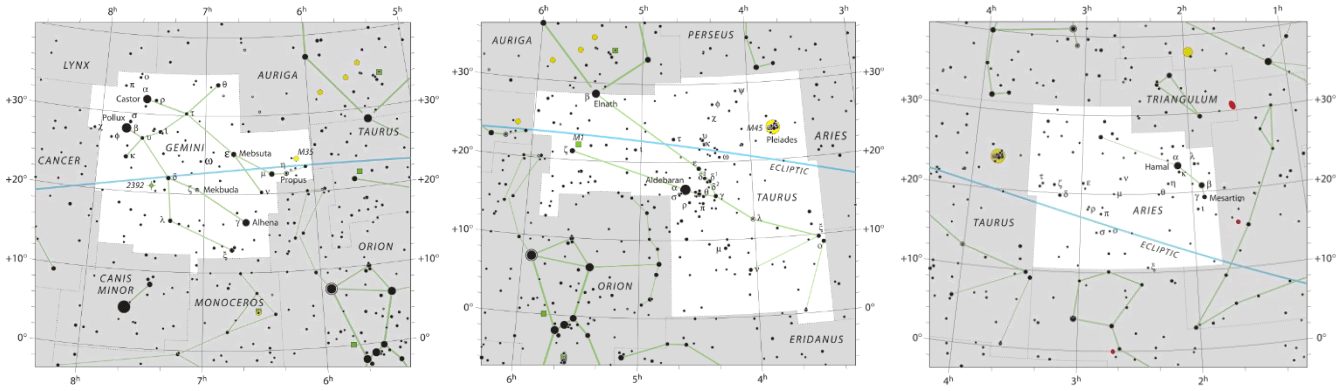
حمل دومين صـورت فلكي از نظر كوچكي در دايرةالبروج اسـت كه فقط داراي 3 سـتاره‌ی اصلي مي‌باشد.

۲. اردیبهشت : صورت فلکی گاو یا ثور (Taurus) نماد ♉

آلفاي ثور، يعني دبران كه در عربي به مفهوم تعقيب كننده‌است، چشم گاو را نشان مي‌دهد. اين ستاره درفاصله 60 سال نوري از زمين است. ستاره‌ی دبران به اندازه‌ی كافي روشن است كه بتواند رنگ نارنجي- قرمز خود را به ما نشان دهد.

۳. خرداد : صورت فلکی دو پیکر یا جوزا (Gemeni) نماد ♊

در ماه‌های سرد زمستانی صورت فلکی دو پیکر را که ستارگان پرنورش، کاستور (آلفا جوزا) و پولوکس(بتا جوزا) حتی در آسمان شب شهرهای بزرگ نیز جلب توجه می کنند به راحتی می توان یافت.



خرداد اردیبهشت فروردین

منابع:

۱. http://www.seasky.org/astronomy/astronomy-calendar-current.html

۲. https://www.nasa.gov/

۳.https://in-the-sky.org//newsindex.php?feed=thesky

۴. کتاب راهنمای ماهانه آسمان شب، نویسنده: یان ردپت - ویل ترین، مترجم : مهندس احمد دالکی

۵.rasekhoon.net

۶.www.iau.org

سفری به قلب راکتورهای هسته‌ای

با نگاهی به کاربرد حیاتی کروماتوگرافی در حفظ و بهبود عملکرد آن‌ها

فاطمه مطلبی (کارشناسی شیمی محض دانشگاه الزهرا(س)) Fatemeh.motallebi139@gmail.com
رودینا دیسه (کارشناسی شیمی محض دانشگاه الزهرا(س)) Rodina.diseh@gmail.com
ویراستاران: فاطمه سادات صوف باف، نرگس رستمی

انرژیِ هسته‌ای به عنوان یک انرژی پاک شناخته شده است و حدود ۱۰ درصد از نیروگاه‌های سراسر جهان از این انرژی برای تولید برق استفاده می‌کنند. [۱] راکتورهای هسته‌ای با شرایط سختی فرایندهای مورد نیاز را انجام می‌دهند. فشار و دمای بالا، قرار گرفتن در معرض انواع تابش‌های هسته‌ای و خورندگی، از جمله این شرایط هستند. بنابراین موادی که در ساخت و فرایند راکتورهای هسته‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند باید عملکرد بالایی داشته باشند، که این عملکرد در گرو خلوص موادِ استفاده شده‌است، بررسی خلوص مواد و سنجشِ کمی و کیفی آن‌ها با روش‌های مختلفی انجام می‌شود، از جمله این روش‌ها که کارایی زیادی دارد؛ استفاده از انواع شیوه‌های کروماتوگرافی[32]، به‌ویژه کروماتوگرافی یونی[33] است. [۱]

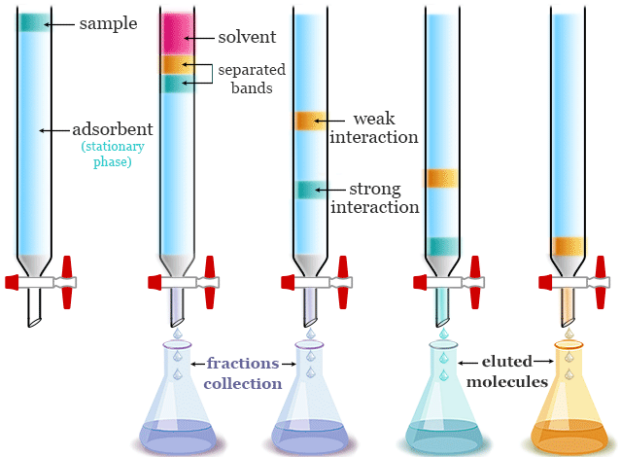
کروماتوگرافی چیست؟[۵]

کروماتوگرافی، یک روش جداسازیِ توانمند است که در تمام شاخه‌های علوم کاربرد دارد. کمی بعد از شروع قرن بیستم میلادی، کروماتوگرافی توسط گیاه‌شناس روسی، میخائیل تسوت[34]، ابداع و نام‌گذاری شد. او این فن را برای جداکردن رنگدانه‌های گیاهی مختلف از قبیل کلروفیل[35] و زانتوفیل[36]، با عبوردادن محلول‌هایی از این ترکیبات از داخل یک ستون شیشه‌ای، که با گرد نرم کلسیم‌کربنات ($CaCO_3$) انباشته

[32] Chromatography
[33] Ion Chromatography
[34] Mikhail Tswett
[35] Chlorophyll
[36] Xantophyll

شده‌بود، به‌کاربرد. از آن‌جا که طی این آزمایش، گونه‌ها به‌صورت نوارهای رنگی در ستون ظاهر شده و از یکدیگر جدا شدند، وی نام کروماتوگرافی را برای این روش انتخاب کرد. (در زبان یونانی "کروما"یعنی رنگ و "گرافی"یعنی نوشتن).

کاربرد کروماتوگرافی به‌دلیل افزایش نیاز دانشـــمندان به شـــناســـایی و به کارگیری روش‌های بهتر برای تشخیص اجزای مخلوط‌های پیچیده، مِن جمله، ترکیبات فلزات سنگین و ناخالصی‌های آن‌ها که در این مقاله با آن سر و کار داریم، به‌طور حیرت‌آوری گسترش یافته است. تاثیر شگفت‌آور این روش‌ها بر علم را می‌توان با اهدای دوازده جایزه نوبل بین سال‌های ۱۹۳۷ تا ۱۹۷۲ به پاس تلاش‌هایی که کروماتوگرافی در آن‌ها نقش حیاتی داشته است، دریافت کرد.



تصویر ۱. یک شکل ساده از آزمایش تسوت و کروماتوگرافی ستونی.[۷]

- **توصیف کلی کروماتوگرافی**[۵]

کروماتوگرافی در برگیرنده‌ی گروهی از روش‌های مهم و گوناگون است که به دانشمندان اجازه می‌دهد تا اجزایی که در یک مخلوط پیچیده، از لحاظ فیزیکی و شـــیمیایی خواص نزدیک به‌هم دارند را از یکدیگر جدا کنند. در تمام جداســـازی‌های کروماتوگرافیک، نمونه‌ی مورد آنالیز در یک فاز متحرک[37](گاز، مایع یا سیال ابربحرانی[38]) حل می‌گردد. سپس این فاز متحرک از درون یک فاز ساکن[39](جامد) که درون ستونی تثبیت شده است، با فشار عبور داده می‌شود. نوعِ دو فاز، به گونه‌ای انتخاب می‌شود که اجزای نمونه با درجات مختلفی میان فاز ساکن و متحرک توزیع شوند. آن اجزایی که با فاز ساکن به‌شدت نگه داشته می‌شوند، با جریان فاز متحرک به سختی حرکت می‌کنند و در نتیجه، جداسازی آن‌ها نیز سخت‌تر و دیرتر صورت می‌گیرد. در مقابل، اجزایی که به‌طور ضعیف به‌وسیله‌ی فاز ساکن نگه داشته می‌شوند، به‌ســـرعت حرکت می‌کنند. در نتیجه‌ی این اختلافات در حرکت، اجزاینمونه به نوارهای مجزا از هم جدا

[37] Mobile Phase
[38] Hyper-Critical Fluid
[39] Stationary Phase

می‌شوند. در انتهای ستون کروماتوگرافی نیز، آشکارساز[40] قرار گرفته که سیگنال و نتایجی را از آنالیز انجام‌گرفته به ما می‌دهد.
کروماتوگرافی به روش‌های مختلفی انجام می‌گیرد اما در بحث کنترل شرایط نگهداری راکتورهای هسته‌ای، کروماتوگرافی یونی، حرف اول را می‌زند.

کروماتوگرافی یونی، یکی از روش‌های کارآمد جداسازی یون‌ها و ذرات باردار است. بر این اساس اگر هدف، جداسازی و اندازه‌گیریِ کاتیون‌ها باشد باید از رزین‌های کاتیونی استفاده کرد که آنیون‌ها را به‌علت داشتن بار الکتریکی مخالف جذب خود کنند، و کاتیون‌ها شارش پیدا کرده و خارج شوند. برعکس، اگر هدف، اندازه‌گیریِ آنیون‌ها بود می‌بایستی که از رزین‌های آنیونی استفاده می‌شد تا کاتیون‌ها جذب شده و آنیون‌ها خارج شوند. آشکارسازهای این نوع از کروماتوگرافی نیز به‌دلیل خواص الکتری‌کیِ ذرات هدف، با اندازه‌گیری میزان رسانایی نمونه‌ها کار می‌کنند. علاوه بر آن از آشکارسازهای UV-Vis، فلورسانس و آمپرومتریک بسته به هدف آنالیز، نیز استفاده می‌شود.
کروماتوگرافی یونی برای نخستین بار در طی پروژه‌ی منهتن[41] برای جداسازی کاتیون‌ها در خاک‌های کمیاب با استفاده از رزین‌های کاتیونی، ابداع و به‌کار گرفته‌شد.

- **بررسی جزئیات به کارگیری کروماتوگرافی یونی در راکتورهای هسته‌ای**[۱]

استفاده از کروماتوگرافی یونی باعث کاهش حد تشخیص[42] و افزایش حساسیت[43] می‌شود، همچنین این روش محدوده‌ی خطیِ[44] بالا (از مزایای شکل نموداره‌ای رسم شده طی آنالیز) ، گزینش‌پذیریِ[45] زیاد و توانایی تخمین ظرفیت فلزات را دارد، علاوه بر این‌ها می‌تواند کاتیون و آنیون‌ها به طور همزمان آنالیز کند. کروماتوگرافی یونی یکی از انواع کروماتوگرافیِ مایع[46] است و در آن از ستون‌های بسیار کوچک‌تری نسبت به روش‌های دیگر استفاده می‌شود. اجزای این سیستم، شامل یک پمپ با فشار زیاد، محل تزریق نمونه، ستون محافظ، ستون اصلی، سرکوبگر[47] و آشکارساز می‌باشد.

---

[40] Detector

[41] پروژه‌ای که در دوران جنگ جهانی دوم با محوریت کشورهای کانادا، آمریکا و بریتانیا تحت سرپرستی و طراحی رابرت اپنهایمر به ساخت نخستین بمب اتم انجامید.

[42] Limit of Detection : پایین‌ترین غلظتی از یک نمونه که یک روش جداسازی مانند کروماتوگرافی با درجه اطمینان مشخصی بتواند آنرا تشخیص دهد.

[43] Sensitivity

[44] Limit of Linearity

[45] Selectivity

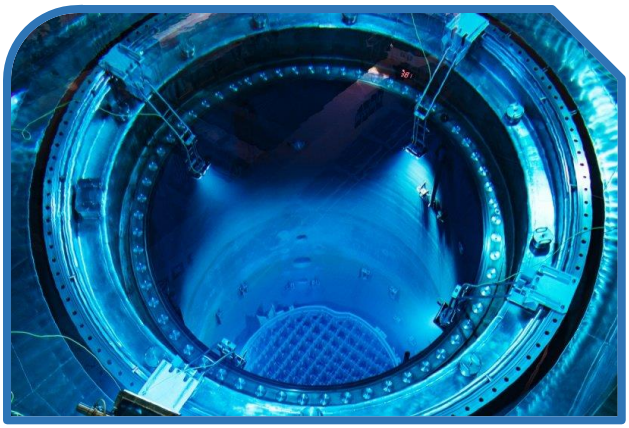
[46] Liquid Chromatography (LC) :نوعی از کروماتوگرافی که فاز متحرک در آن مایع است.

[47] Suppressor

کروماتوگرافی یونی در چه بخش‌هایی از راکتور هسته‌ای کاربرد دارد؟[2]

- **سوخت و قلب راکتور**

در یک راکتور هسته‌ای، بخش‌هایی به نام مجاریِ فشار[48]قلب راکتور را تشکیل می‌دهند. در این مجاری سوخت و خنک‌کننده‌ی اولیه راکتور، یعنی آب، قرار دارد. [3]سوخت استفاده شده در اکثر راکتورها متشکل از اورانیوم و اکسید اورانیوم است. انتظار می‌رود که این سوخت به درستی عمل کند، اما وجود ناخالصی‌هایی که هنگام غنی‌سازی، و استخراج آن به وجود آمده و در فرایندهای سنتزی سوخت از بین نرفته‌اند، می‌تواند مشکل‌ساز باشد. بنابراین باید از تکنیکی حساس استفاده شود که همان کروماتوگرافی یونی است. یکی از مواردی که باید در مورد سوخت بررسی شود، میزان نیتروژن در آلیاژ اورانیوم و اورانیوم اکسید به‌کار گرفته شده‌است که تاثیر بسیار زیادی روی عملکرد سوخت می‌گذارد، و همچنین وجود آن به شکل یونی باعث آسیب رساندن به روکش‌های استفاده شده در مجاری فشار می‌شود. نیتروژن به صورت آنیونی (N^{-3})وجود دارد. در نتیجه سیستم استفاده شده برای بررسی آن کروماتوگرافی کاتیونی است.



تصویر 2. نمایی از داخل قلبِ راکتور بدون

کربنات لیتیم(Li_2co_3)در واکنش همجوشیِ هسته، به عنوان ماده‌ی پیش‌سازِ سنتز سوخت استفاده می‌شود. این ماده خواص ویژه‌ای مانند چگالی بالا، پایداری حرارتی و شیمیایی دارد، بررسی خلوص آن قبل از استفاده بسیار مهم است تا ناخودآگاه در خلوص سوخت تغییری ایجاد نشود.

- **سیستم گردشیِ[49] آب و بخار**

خلوص یونی آب مورد استفاده در دیگ‌های بخار، منبع، مجاری فشار و دیگر بخش‌ها، ایمنی و بازدهیِ نیروگاه‌های هسته‌ای را تضمین می‌کند. خرابی در دیگ بخار، توربین، سیستم گرم کننده و خنک‌کننده نیروگاه‌ها می‌تواند به‌طور مستقیم با خلوص یونی آب و بخار مرتبط باشد. با درک سطوح آلودگی یونی و برطرف کردن آن، می‌توان تاسیسات و اپراتورها را از آسیب‌های ناشی از خوردگی، پوسته پوسته شدن و رسوب گرفتگی حفظ کرد و یا این چنین آسیب‌ها را به حداقل رساند. [۶]

[48] Pressure Tubes

[49] Circulator

- **میله‌های کنترل** [50]

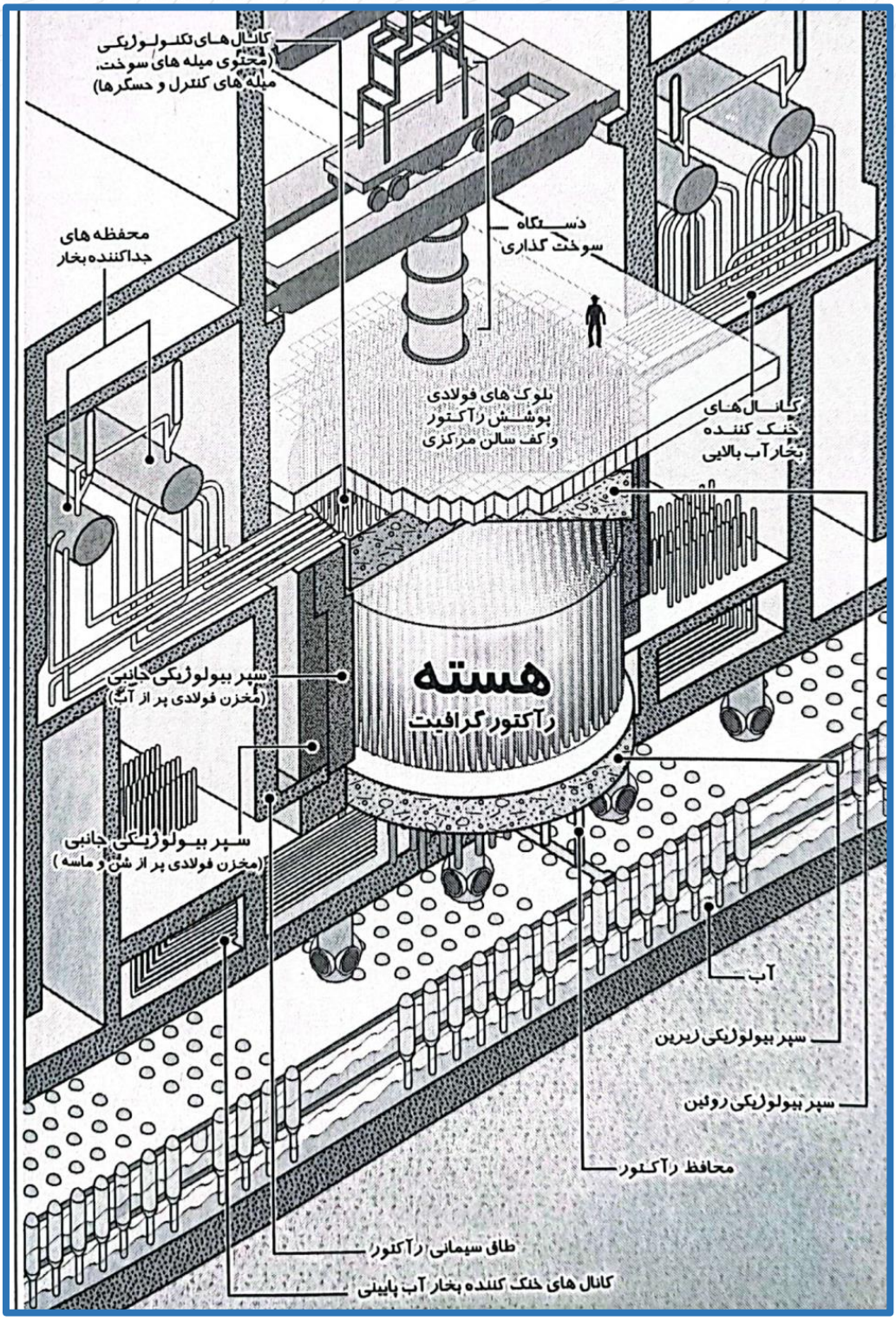
در راکتورهای هسته‌ای، از میله‌ی کنترل برای خاموش کردن راکتور و یا کنترل عمل شکافت هسته‌ای سوخت استفاده می‌شود. جنس این میله از جنس کاربید بور (B_4C) است و از آن‌جا که این میله‌ها وظیفه مهار آهنگ تولید نوترون در فرایندهای مربوط به شکافت سوخت برعهده دارند، بسیار حائز اهمیت می‌باشند. در نتیجه کوچک‌ترین ناخالصی و تخلخل در میله‌های کنترل، با تغییر ظرفیت اندازه‌گیری و مهار نوترون‌های آزاد، برای آن‌ها همراه است و خسارات زیان‌باری را به دنبال خواهد داشت. کروماتوگرافی یونی بهترین روش برای آنالیز و سنجش خلوص بور در میله‌های کنترل می‌باشد.

تصویر ۳. یک میله کنترل مخصوص راکتور هسته‌ای.[۹]

تصویر ۴. مهندسان در حال نصب میله‌های کنترل در یک نیروگاه هسته‌ای.[۱۰]

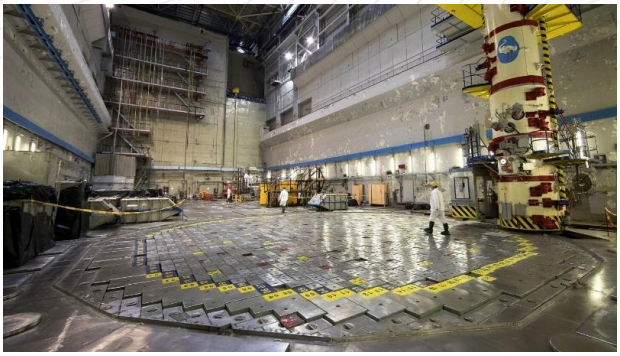
برای درک بیش‌تر از آنچه از بخش‌های راکتور گفته شد شکل ۵ را ببینید. این شکل، نقشه‌ی یک واحد راکتور در یک نیروگاه هسته‌ای را نشان می‌دهد.[۴]در اینتقشه منظور از هسته همان قلب راکتور است که سوخت از یک کانال اصلی به آن وارد شده و سپس وارد میله‌های سوخت در مجاری فش‌ار می‌گردد. در مجاورت میله‌های سوخت همزمان چندین لوله‌ی دیگر نیز وجود دارد که بسته به طراحی مهندس راکتور، هر کدام می‌تواند مربوط به میله‌های کنترل (کاربید بور یا گرافیت)، میله‌های بخار، سنسورهای ظرفیت راکتور (دما، فشار و تابش هسته‌ای) و... باشد

[50] Control

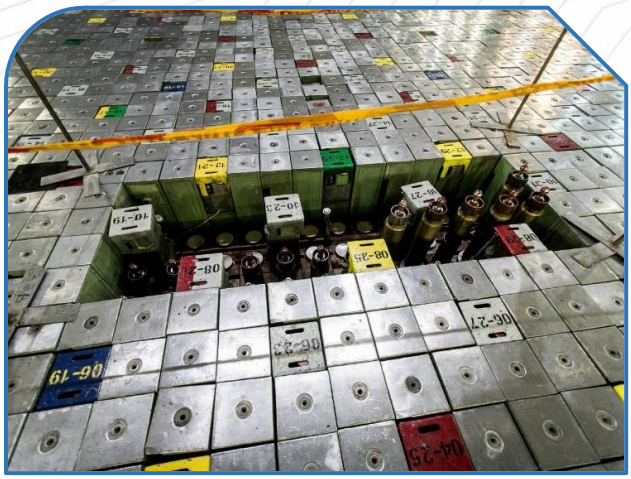


تصویر 5.سالن راکتور یک واحد نیروگاه هسته‌ای.[۱۱]

فعالیت و عملکرد هر یک از اپراتورها، میله‌ها و سنسورها از سیستم‌ها و کامپیوترهای واقع در اتاق کنترل هر واحد راکتور قابل مهار است. [۴]



تصویر۷ و ۸. اتاق کنترل دو واحد هسته‌ای.[۱۳]

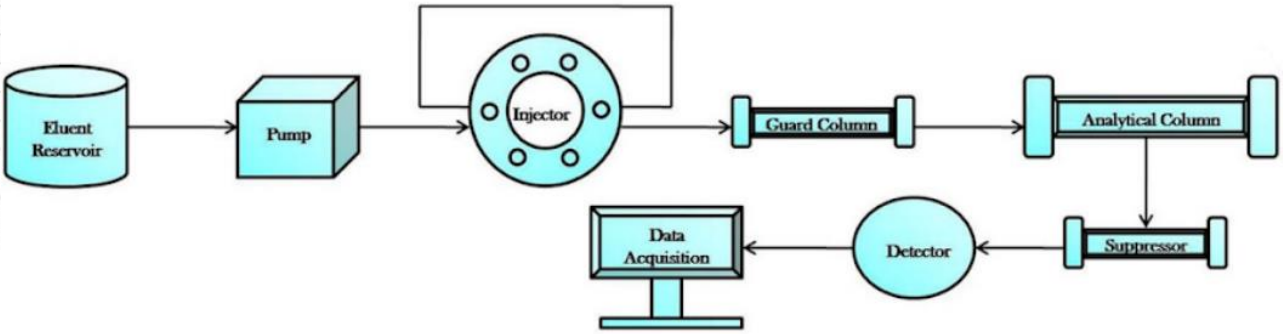


تصویر 6.پوشش بیرون راکتور. در این تصویر هر یک از میله‌های کنترل، سوخت، بخار و بسیاری از مجاری فشار به وضوح قابل رویت هستند. هر کد روی میله‌ها نشان‌دهنده یک عملکرد است[۳] که مهندسان از اتاق کنترل می‌توانند فعالیت راکتور را با توجه به این کدها بررسی کنند.[۱۲]

- **عملکرد کروماتوگرافی یونی در آنالیزهای هسته‌ای** [۱]:

ابتدا فاز متحرک از طریق مخزن وارد ستون می‌شود، سپس نمونه از محل تزریق (خودکار یا دستی) به ستون اضافه می‌شود. به کمک پمپ، فاز متحرک در طول ستون حرکت می‌کند و روی فاز ساکن یون‌های مخالف را به خود جذب می‌کند؛ این امر، وابسته به اندازه و بار یون‌ها است. یون‌های باقی‌مانده به همراه فاز متحرک به سمت "سرکوبگر"حرکت می‌کنند. در این بخش، هدایت الکتریکی و رسانایی فاز متحرک کاهش پیدا کرده و اجزای نمونه رسانایی بالایی پیدا می‌کنند. این مسئله باعث می‌شود که سیگنال مرتبط به فاز متحرک کاهش پیدا کند و سیگنال مربوط به نمونه تقویت شود. این مسئله نسبت سیگنال به نویز[51] را کاهش می‌دهد (هرچه این نسبت کمتر باشد، نتایج حاصل شدهاز آشکارساز قابلیت اتکای بیش‌تری دارد). در نتیجه، تشخیص و تمیز نتایج آسان‌تر می‌شود. به این روش، روش کروماتوگرافی دو ستونی نیز گفته می‌شود. شکل صفحه‌ی بعد شمای کلی این فرایند را نشان می‌دهد.

[51] Signal/Noise



- **جمع بندی:**

در نیروگاه‌های هسته‌ایکه وجود مقدار کمی ناخالصی و خطا می‌تواند فاجعه بار باشد، این مسئله باید به‌طور دقیق و با حساسیت بالا مورد بررسی قرار بگیرد. کروماتوگرافی یونی توانایی تشخیص و جداسازی یون‌هایی را دارد که در هر بخش از راکتورها می‌توانند مشکل‌ساز باشند و غلظت‌های بسیار پایینی در حد میکروگرم بر لیتر($\mu g/L$) دارند. طبق تحقیقات انجام شده این روش بالاترین کارایی را در حفظ کیفیت راکتورهای هسته‌ای دارد.

با تشکر از سرکار خانم دکتر زهرا طالب پور که ما را در تهیه‌ی این تحقیق یاری نمودند.

منابع:

1.Overview of ion chromatographic applications for the analysis of nuclear materials, HarshalaParab, JayshreeRamkumar, AyushiDudwadkar, and Sangita D. Kumar,2021

2.IonChromatographyPower Plant Water Applications Summary Notebook,P.Water 2018

3.Nuclear Physics and Nuclear Reactors, V.E. Levin, Translated from Russion by L. N. Bell, MIR Publishers, Moscow, 1981.

4.Midnight in Chernobyl; The untold story of the world's greatest nuclear disaster, Adam Higginbotham, Simon & Schuster publisher.

5 .اصول تجزیه دستگاهی، جلد دوم، داگلاس ای. اسکوگ، اف. جیمز هالر، تیموتی ای. نیمن، ترجمه عبدالرضا سلاجقه، مرکز نشر دانشگاهی.

۶. آلفا اسپکتروسکوپی ایزوتوپ‌های U,Th، کانسنگ آنومالی 2و بخش سطحی انومالی 1، ساغند.

منابع عکس‌ها :

7.Photo: Column Chromatography – an overview, sciencedirect.com

8.Photo: a filter inside the Olikiluoto 2 reactor vessel. PHOTO VIA TVO

9.Photo: Product spotlight: Control rod blades, Westinghouse Electric Co.

10.Photo: Nuclear Power is a dead end, Thenation.com

11.Photo: RBMK Reactor central hall, 123RF.com

12.Photo: Upper biological shield of the reactor hall, Reddit.com

13,14.Photos: 2 soviet control rooms, science photo library & IAEA.org

گفت‌وگو با جناب آقای دکتر امیرحسین فتح‌الهی

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 جناب آقای دکتر فتح الهی ارسال کردیم. طبق روال نشریه‌ی سای، گفت‌وگو به صورت کتبی انجام، و نگارش آن بدون تغییر منتشر شده‌است.

تنظیم کنندگان: زهرا بختیاری دانشجوی ارشد ماده چگال دانشگاه الزهرا(س)، ریحانه طرقی دانشجوی کارشناسی فیزیک ورودی ۹۸ ، نرگس رستمی دانشجوی کارشناسی فیزیک ورودی ۹۹، فاطمه سادات صوف باف دانشجوی کارشناسی فیزیک ورودی ۹۸، هانیه افشاری پور دانشجوی کارشناسی فیزیک ورودی ۹۹

بخش اول: زندگی حرفه‌ای

۱. لطفاً شرح حالی کوتاه، از زندگی خود برایمان بدهید.

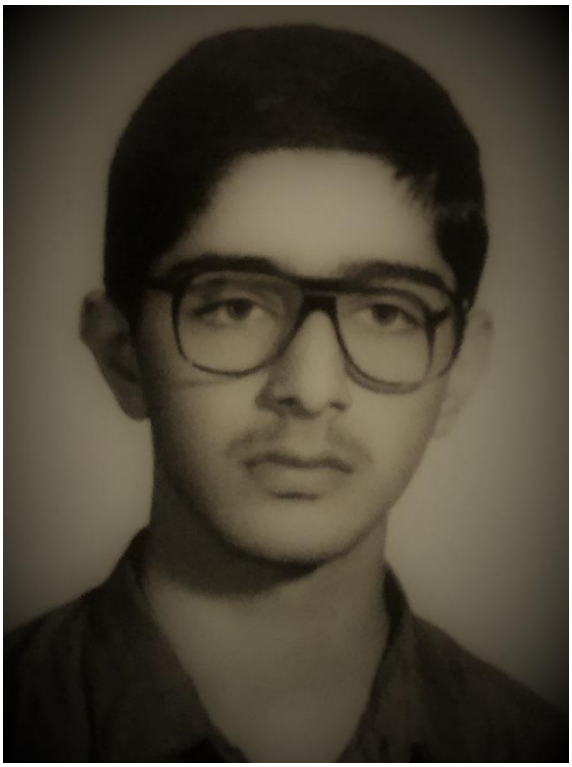
متولد ۴۹ هستم تهران، خیابان شکوفه (نزدیک میدان شهدا فعلی و ژاله سابق). ابتدایی و راهنمای (مجموعا ۸ سال) به مدرسه شهابی رفتم (که تغییر نام داد شد مدرسه امت و بعد از رفتنم عاشوری و بعدتر ادیبی). نزدیک خونه بود و راحت. بعدش چهارسال رفتم دبیرستان مدرس (خیابان ژاله سابق و مجاهدین اسلام فعلی). سال ۶۷ کنکور دادم و رتبه ۱۱۰ آوردم. با توجه به علاقه‌هایی که در خودم میدیدم انتخابم مکانیک شریف بود که قبول شدم. در ابتدای قبولی اردوی یکی دو روزه داخل دانشگاه گذاشتن. در اردو به واسطه‌ی یکی از هم دوره‌ایهای مکانیک‌ام با یک نفر از رشته الکترونیک آشنا شدم که رتبه ۶ کنکور بود و به واسطه‌ی او هم با ۳ نفر دیگه از رشته‌های قدرت، سخت‌افزار و نرم‌افزار. ما ۵ نفر به سرعت فهمیدیم علائق مشترکی داریم. البته شخص تاثیرگذار بین ما دوست الکترونیکی بود. صحبتها و روابط باعث شد ما ۵ نفر تغییر رشته بدیم و برای ترم چهارم رشته فیزیک رفتیم. به قول معروف گفتیم «یه بار که بیشتر زندگی نمیکنیم پس چیزی که واقعا دوست داریم بخونیم». در این اتفاقات صحبتهای دکتر کریمی‌پور (که آن موقع دانشجوی دکتری بود) با دوست الکترونیکی‌مون خیلی تاثیرگذار بود. خود ایشون لیسانس برق خونده بود و بعدش به فیزیک آمده بود. توصیه‌اش این بود که اگر واقعا فیزیک دوست دارید از همین لیسانس بیائید. دوران واقعا خوشی پیدا کردم و مثل یه ماهی بودم که در آب زلال و تازه رها شده و صفا میکنه. قبل از تغییر رشته سه-چهار درس از رشته مکانیک پاس کرده بودم (استاتیک، دینامیک، مقاومت مصالح، نقشه‌کشی صنعتی، ...). اینکه بخوای قوانین فیزیک (در واقع

مکانیک) رو برای کاربردهای صنعتی استفاده کنی با روحیاتم زیاد سازگاری نداشت. اینکه ضخامت ورقه فلزی برای مخزن آب حداقل چقدر باشه تا نترکه! یا اینکه تعداد پرچ‌ها چند تا باشن که هم صفحه دو تکه نشه (تعداد پرچ زیاد) و هم به پرچها زور نیاد (تعداد پرچ کم)! یا اینکه نیروی وارد بر فلان میله در سازه (بهش میگن خرپا) چه قدره! خلاصه این کاره نمیشدم. از استادهای اون موقعم، فیزیک۲ رو با دکتر کاویانی خودمون گذروندم (البته ترم دوم بودم و هنوز تغییر رشته نداده بودم و ایشون هم دانشجوی دکترا بودند). بعد از تغییر رشته، تحلیلی ۱ و ۲ رو با دکتر آقامحمدی، ریاضی‌فیزیک۱ با دکتر خرمی، فیزیک جدید و ترمودینامیک با دکتر کریمی‌پور. سال ۷۱ ارشد و سال ۷۳ دکترا قبول شدم و در شریف ادامه دادم. بهمن ۷۷ فارغ‌التحصیل شدم. گرایش تحصیلی‌ام بنا به علاقه‌م شد فیزیک ذرات بنیادی یا به تعبیری فیزیک انرژیهای بالا. البته بعدش وارد کارهای دیگه هم شدم. خلاصه باید نون در بیاریم.

پس از فارغ‌التحصیلی یک سال از مهر ۷۸ تا شهریور ۷۹ در تحصیلات تکمیلی زنجان شاغل بودم. بعدش برای یک سال پسادکترا رفتم ایتالیا. برای سال دوم میشد ولی نموندم و دوباره برای دو سال و نیم (از مهر ۸۰ تا اسفند ۸۲) تحصیلات تکمیلی زنجان کار کردم. از ابتدای ۸۳ هم که در الزهرا هستم. از ۷۵ تا ۷۹ هم در بخش فیزیک مرکز تحقیقات فیزیک نظری و ریاضیات (IPM) محقق پاره‌وقت بودم.

۲. چرا فیزیک را انتخاب کردید؟ اگربه گذشته برگردید باز هم فیزیک را انتخاب می‌کنید؟ چرا؟

دلیل انتخاب فیزیک رو تا حدی در سوال قبل گفتم. واقعا اگر دوباره برمیگشتم فیزیک رو انتخاب میکردم. چراش اینکه فیزیک صرفا برام یک رشته تحصیلی یا یک زمینه کاری یا پژوهشی نیست. پس از مدتی بخشی از زندگی و عمیق‌ترین لایه‌های ذهنیم شد. تا حدی خودم رو با فیزیک بیان میکنم. وقتی مشغول فیزیک هستم از دنیای بیرون تا حد زیادی قطع میشم. البته در جوانی مشغولیتهای ذهنی کمتره و بیشتر اینطوری بودم. الان تمرکز کم شده!



۳. اولین بار کِی و کجا متوجه شدید به فیزیک علاقه‌مند هستید؟

از کودکی و نوجوانی همیشه مقداری سیم و باتری و لامپ و عدسی و ظرف دارو و کبریت و بعدها خازن و مقاومت و کویل ماشین و ... خرت و پرت داشتم و سرم باهاشون گرم بود. مقداری زیادی اسباب‌بازی و وسایل خونه رو که خراب میشد یا خودم خراب میکردم باز میکردم و دل و روده‌شون رو بیرون میکشیدم تا ببینیم توشون چه خبره و چطوری کار میکنند. از همون موقع هم فیلمها و مسابقه‌های علمی رادیو و تلویزیون رو دوست داشتم. فکر میکنم اینها نشانه بوده. اما به شکل مشخص احتمالا در دبیرستان باید بوده باشه. دبیرستان ما زمینه برای رشته‌ی ریاضی خیلی خوب بود. یکی دو تا دفتر به نسبت بزرگ داشتیم که اسم دقیقش الان یادم نیست (احتمالا انجمن) و جایی بود برای جمع‌شدن و به فیزیک و ریاضی (جبر و هندسه و ...) پرداختن. از خود دانش‌آموزان سال بالایی مسئول دفترها بودن و بچه‌هایی که دوست داشتن به این چیزها بپردازن میتونستن در این دفترها جمع بشن و وقت بگذرونن. مثلا یکی می‌اومد میگفت: این مسئله رو میتونین حل کنین! یا این مسئله کمک میخوام. بچه‌های سال بالایی دلسوزانه کمک میکردن و اگر لازم میشد با حوصله برای یک دانشجوی ضعیف یک مسئله رو توضیح میدادن. در همین دفترها نشریات و جزوه‌های ریاضی و فیزیک داخلی دبیرستان چاپ میشد و در قفسه‌ها در دسترس بود. مجموعه مسئله‌های مکانیک، گرما، نور، الکتریسیته، ... و در ریاضی جبر، هندسه، مثلثات، ... کیفیت چاپ بالا نبود اما پر از مسئله بود برای حل و فکرکردن. هنوز هم تعدادی از این نشریه‌ها رو باید داشته باشم (امیدوارم گم نشده باشن). در همینجاها بود که فهمیدم به حل مسائل ریاضی و فیزیک علاقه دارم. کامل منو مشغول میکرد. خوشبختانه معلمهای خیلی خوبی هم داشتیم. اغلب بسیار بسیار فراتر از وظایف یک معلم برای بچه‌ها زحمت میکشیدن. مایلم در اینجا از آقای صالحی یاد کنم و به احترام‌شون کلاه از سربرمیدارم.

قبلا گفتم چرا رشته‌ی مهندسی بهم نمیساخت. احتمالا فقط مونده بگم که چرا رشته ریاضی نرفتم. واقعش اینه که ریاضی به عنوان حل مسئله رو دوست داشته و دارم. اما وقتی به دقتها و ظرایف مورد نظر ریاضی‌دونها میرسه کم میارم. مثلا در حالی که جواب رو میدونی باید دقیق بگی منظورت از این گزاره چیه! نمیگم اینها ضروری یا مهم نیستن. از حوصله من خارجن. بنابراین نه مهندسی با اون شلوغیش و نه ریاضی با دقت وسواس‌گونه‌ش با روحیات و حوصله‌م نمیخونن. بخشهایی از فیزیک چیزی بین این دوتاست. نه شلوغی مهندسی رو داره و نه دقتهای وسواسی ریاضی رو. با مقدار مناسب از ریاضی و شهود میتونم با مسئله‌های نه چندان شلوغ خودت رو مشغول کنم.

۴. کدام مبحث(های) فیزیک برای شما جذاب‌ترهست؟ چرا؟

جذاب‌ترین بخش فیزیک برام جایی هست که بتونم از خودم چیزی بگم. گاهی حل یک مسئله‌س که خب حس خوبی میده. از اون بهتر این که بتونم یک بینش یا نقطه‌نظر رو معرفی کنم. دلیلش هم کمی خودخواهانه‌س و اینه که «خب مال و در واقع جزئی از خودمه».

از این قسمتهای خودخواهانه که بگذریم، جاهایی از فیزیک که با قوانین عمومی و بنیادی حاکم بر طبیعت سروکار دارن برام جذابن. مثل نیروهای بنیادی طبیعت و نظریه نسبیت خاص و عام. پدیده‌هایی

که قوانین متعدد فیزیک درش حضـور دارند و اونقدر شـلوغن که نمی‌تونم سـروته‌ش رو در ذهنم با هم داشته باشم کمتر جذبم میکنن. شاید چون مغزم حافظه کم میاره.

۵. آیافیزیکدان بودن (یافیزیک خواندن) تاثیری در بهبود وضعیت زندگی شخصی شمانسبت به دیگران داشته است؟

قاعدتا سروکار داشتن با فیزیک رد پاش رو در شخصیت و سبک زندگیم گذاشته. مقداریش خودآگاهه و مقداریش ناخودآگاه. اینکه این تاثیرات لزوما مزیت به حساب بیان بستگی داره به نظام ارزش‌گذاری که انتخاب میشـه. مثلا معمولا افرادی که ریاضـی و فیزیک میخونن مقداری در تفکر منطقی بهتر هسـتن. خب آیا این خوبه یا نه؟ شخصا فکر میکنم تفکر منطقی خوب و بلکه ضروریه، اگرچه در سطحی کارائیش رو از دسـت میده و اصـول دیگری کار میکنن و حیاتین. مثلا هیچ تفکر منطقی به اینجا ختم نمیشـه که موجود جاندار حدود ۳ کیلویی که میگن نوزاد شـماسـت رو دوسـت داشـته باشـید. اگر دکتر یا پرسـتار اشتباهی نوزاد دیگه‌ای هم آورده باشن باز آدم دوستش داره و ازش نگهداری میکنه تا زنده بمونه و بزرگ بشه.

۶. اگرفیزیکدان نبودید، علاقه داشتیددرچه زمینه‌ای فعالیت کنید؟ ودرچه رشته‌ای تحصیل کنید؟

اگر منظورتون شغل هست، بدم نمیومد یک غذافروشی داشته باشم (نه لزوما رستوران)! یک جای خاص که چند غذا با طرز تهیه‌ی خودم رو بفروشـم و مشـتری‌های عمدتاً ثابت داشـته باشـم. اما اگر منظورتون خوندن علوم دیگه هست. در حدود یکی دو دهه‌ی اخیر فهمیدم چقدر علوم انسانی مهمن. دوست دارم از حرفهای حسـاب و نظریه‌ها در این علوم مطلع بشـم. منظورم از حرفهای حسـاب اونهایی هسـت که با معیارهای آکادمیک جهانی اینطورین و توسـط جامعه‌ی جهانی مربوط به این علوم رسـمیت یافتن. بحثهای فلسـفی (غربی و شـرقی) و اخلاقی هم برام جذابیت دارن. البته فکر میکنم هیچکدام طوری نیستن که به عنوان رشته تخصصی بتونم مداوم ادامه بدهم. از نظر ذهنی و روحیات فکر میکنم برای کار حرفه‌ای در این رشته‌ها مناسب نیستم. اگر مجبور بودم رشته تحصیلی غیر از فیزیک بخونم، احتمالا یکی دیگر از رشته‌های علوم‌پایه رو انتخاب میکردم (زیست، شیمی یا ریاضی).

۷. مهم‌ترین درسی که از فیزیک گرفتیدچه بوده است؟

اینکه قوانین جهان برای همه یکسانه!

بخش دوم : دانشکده

۸. نظر شما درباره‌ی گروه فیزیک دانشگاه الزهرا (س) چیست؟ آیا در سطح قابل قبولی هست؟ (از نظر فعالیت اساتید و فعالیت دانشجویان در مقاطع مختلف)

البته الان دیگه باید گفت «دانشکده فیزیک» الزهرا. به نظرم در بخش آموزش وضع‌مان بد نیست. اگر از جایی داخل ایران باخبر بشم که «خیلی» از ما بهتره تعجب میکنم. در مقیاس جهانی هم، اگر آنچه که سر

کلاس اتفاق میفته ملاک بگیریم، فکر میکنم نمره خوبی بیاریم. البته طبیعتا امکانات کلاسی و تجهیزاتی ضعیفی داریم (حتا محل کلاس درست و حسابی نداریم).

در بخش پژوهش اگر تجهیزاتی که در اختیار داریم و اینکه در یک دانشگاه جامع هستیم (که رشته‌های غیرعلوم‌پایه و غیرمهندسی اکثریت هستن) به حساب بیاریم فکر میکنم وضعیت‌مان قابل دفاع هست. اکثریت اعضا هیات‌علمی سعی میکنن با کمک دانشجویان باانگیزه و باتلاش با چنگ و دندون پژوهش رو زنده نگه دارن و کارهای باکیفیت ارائه بدن.

در مقایسه مقاطع، به نظرم بهترین مقطع الزهرا با فاصله لیسانس هست. این فقط حرف من نیست و اکثر همکارا همین نظر رو دارن. بعدش به نظرم مقطع دکترا و احتمالا از همه ضعیف‌تر مقطع ارشد. البته این که میگم در مورد برآیند مقطع هست و منظورم همه دانشجوهای یک مقطع نیست. در همین مقطع ارشد دانشجویانی که با جدیت کار میکنن نتایج بسیار خوبی میگیرن و بعد هم موفق هستن.

۹. با استناد به سطح درسی دانشجویان و مقاله‌های منتشرشده توسط آن‌ها، از نظر شما دانشکده‌ی فیزیک الزهرا (س) رو به پیشرفت هست؟ آیا تدابیر خاصی برای بالاتررفتن سطح دانشکده صورت گرفته (یا خواهد گرفت) ؟

در چهار پنج سال به دلایل مختلف عضو از دست دادیم و به نظرم مقداری افت داشتیم. از دلایل دیگه افت باید به مسئله میانگین سن اشاره کنم و همچنین کاهش انگیزه به دلایل مختلف. با جذب اعضا جدید و جوان و همچنین به سامان شدن امور و افزایش انگیزه‌ها امیدوارم روزهای بهتری داشته باشیم.

۱۰. به‌نظر شما چه تدابیری باید صورت گیرد تا دانشکده از آموزش محوری به سمت پژوهش محوری برود؟ علت اینکه دانشکده بیش‌تر آموزش محور هست، چیست؟

سوال سخت و البته تا حدی مبهم هست. برای من آموزش و پژوهش دو روی یک سکه هستن. من حتا وقتی برای ارائه‌ی درسی آماده میشم روش‌ام مثل یک کار پژوهشی هست. سعی میکنم مطالب اون درس رو به تدریج کشف کنم و حتا تا حدی به زبون خودم بگم.
شاید منظورتون از سوال این هست که چرا گاهی به نظر میرسه تاکید اصلی بر انتقال خشک و در مواردی به یاد سپردن مطالب است، و کمتر به کاربردها و جذابیت‌های فیزیک پرداخته میشه. اگر این باشه چیزهایی به ذهنم میرسه. این موضوع چند وجه دارد. دانشجو، استاد، نظام آموزشی، دانشگاه و ... از اینها فقط اولی دست شماست، اگرچه تاثیر بقیه واقعا مهمه. مثلا اگر نظام آموزشی به خصوص قبل از دانشگاه نوجوانان رو طور خاصی بار بیاره، بعدها تغییرش خیلی سخته. به هرحال دست شما به بقیه نمیرسه پس به اولی بپردازید. چون جوابم به سوال ۱۶ ربط داره اون رو ببینید.

بخش سوم : دغدغه‌های دانشجویان

۱۱. باتوجه به اینکه بیش از ۲۰ سال سابقه‌ی تدریس دارید، از نظر شما دانشجویان فیزیکِ الان با دانشجویان ۱۰ سال قبل در چه مواردی تفاوت دارند؟ علت این تفاوت‌ها در چیست؟

بی رودربایستی، وضع خیلی خیلی خرابه! من الان حسرت دانشجوهای پانزده، ده و حتا پنج سال پیش رو میخورم. فکر میکنم نظام آموزشی ما نقش اصلی رو داره. وگرنه نمیتونم قبول کنم بچه‌های این مملکت به یکباره خنگ یا بی‌انگیزه شدن، یا قبلیها خودبخودی خیلی باهوش و باانگیزه بودن. این فرضیه‌ها قابل قبول نیست. باید ببینیم به بچه‌هامون چی دادیم که اینطوری شدن.

۱۲. آیا دانشجویان به مرور زمان افت تحصیلی داشته‌اند؟ به‌نظر شما علت این اتفاق چیست؟

هم افت تحصیلی، هم افت انگیزه، هم افت صبر و حوصله! علتش امور عمومی ساری و جاری و حاکم هست. من بچه‌ها رو چندان مقصر نمیبینم، اگرچه فکر میکنم خودشون میتونن مقداری اوضاعی که مقصرش نیستن رو بهتر کنن (دستکم برای حال خودشون).

۱۳. از نظر شما کرونا و دو سال دور بودن دانشجویان از فضای درس و دانشگاه، چه تاثیری در روند یادگیری آن‌ها داشته است؟

شخصا کرونا رو مقصر نمیدونم! اگر شوق یادگیری باشه آموزش مجازی به خصوص در دروس نظری چیزی کمتر از آموزش حضوری نداره، تازه شاید بیشتر هم داشته باشه. مثلا دانشجو لازم نیست وقتش در رفت و آمد تلف بشه. یا حتما شرایط خاص (کلاس گرم و سرد و شلوغ و صندلی ناراحت و لباس رسمی و ...) رو تحمل کنه و میتونه راحت‌تر در خونه بشینه و درس رو بگیره! الان در تمام دنیا آموزش مجازی اوج گرفته و حتا مردم در یوتیوب و یا با فیلمهای ضبط‌شده‌ی درسهای دانشگاههای خارج دارن درس میخونن و یاد میگیرن و بعضا حتا در امتحان شرکت میکنن و گواهی میگیرن. البته در ابتدای ارائه مجازی هم استادها و هم دانشجوها کم‌تجربه بودن ولی بعد از یکی دو ترم تقریبا یاد گرفتیم چکار باید بکنیم.
دلایل و اشکالات اصلی چیزهای دیگری هستن که کرونا فرصت بروز اونها رو داد. وقتی حضوری بود، دانشجو به هر حال مجبور بود کلاس رو تحمل کنه و ناخودآگاه و حتا ناخواسته و شاید توی رودربایستی چیزهایی بره توی گوش و مغزش! کرونا این اجبار رو برداشت. همین! اشکال اصلی کمرنگ‌شدن پاسخ این سوال‌ها است: چرا درس بخونم؟ چرا خوب بخونم؟

۱۴. اکثر دانشجویان درس‌هایی را که به صورت مجازی گذرانده‌اند (که اغلب دروس پایه بودند)، یاد نگرفته‌اند و الان با مشکلات زیادی مواجه‌اند. چگونه می‌توان این افت تحصیلی را جبران کرد؟

دلیلش هر چه بوده علاجش خوندنه. منتها قبلش تصحیح کنم، ما کمتر «فیزیک خوندن» داریم. درستتر اینه که بگیم «فیزیک خوندن و نوشتن». منظورم از نوشتن هم عمدتا محاسبه‌س. تا وقتی محاسبات درس، مثال و تمرینهاش رو خودمون تکرار نکنیم یاد نمیگیریم. یادگیری فیزیک یعنی بشه محاسبه رو شروع کرد

و به اتمام رسوند. این «اتمام» خیلی مهمه، یعنی نگیم اینطوری میشه بعد حل میشه. تا قدم آخر رو بریم. تا وقتی این کار رو تکرار نکنیم فیزیک برامون عادی و خودی نمیشه.
حالا برگردم به سوال. اگر وقت باشه کتاب رو شروع کنن و دو سه ماهه بخونن با مثال‌ها و تمرینها. چون بالاخره درس رو پاس کردن و یه چیزهایی میدونن و حالا در زمان کمتری ولی با دقت و جزییات برگردن و بخونن و بنویسن.
ممکنه در درسی که الان دارن نیاز به اطلاعات درسی که قبلا به خوبی یاد نگرفتن باشه. در این صورت وقت کمتر هست و روش موثر «ساندویچ در تاکسی» هست. مثل فردی که هنوز ناهار نخورده و سریع باید به محل کارش برسه و سر راه ساندویچ میگیره و توی تاکسی میخوره. در اینجا اینطوری میشه که از درس‌های قبلی هر قسمتی که نیاز میشه رو «لقمه» بگیره و درحالی که درسهای فعلیش رو هم داره اون قبلیها رو سریع بخونه (بخوره).

۱۵. چیزی که امروز در کلاس‌های درس شاهد آن هستیم، بی‌علاقگی و بی‌انگیزگی دانشجویان (کارشناسی) فیزیک هست، علت این امر چیست؟

بله درسته. به وجود آمدن انگیزه دلایل متفاوت داره. میتونه پول، تعهد، مدرک، اعتبار، احترام، یا علاقه باشه. از اینها غیر از آخری زیاد دست ما نیست! ایجاد و افزایش علاقه میشه سوال بعدی.

۱۶. دانشجویان چگونه به فیزیک علاقه‌مند بشوند و با آن ارتباط بگیرند؟

اغلب افراد وقتی کاری رو یاد بگیرن و تسلط هم پیدا کنن علاقه‌مند هم میشن. البته استثنا هم هست، ولی اغلب اینطورین. بنابراین قدم اول این هست که بیشتر خودمون رو صرف یادگیری فیزیک کنیم. میتونیم از یک مبحث که بیشتر دوست داریم شروع کنیم. لازم نیست یهو مکانیک و الکتریسیته و کوانتوم و اپتیک و ترمو و سیالات ... رو با هم شروع کنیم. با یکی که برامون باحالتره (و احتمالا درش مقداری هم مهارت پیدا کردیم) شروع کنیم و حسابی بخونیمش.
یک کار خیلی مفید دیگه اینه که سعی کنیم برای خودمون «مشغولیت» فیزیکی پیدا کنیم. پدیده‌های ساده‌ی فیزیکی که جذبمون میکنن دنبال و حتا تجربه کنیم. برای خودمون پروژه باهاشون تعریف کنیم. خیلی پدیده‌ها هست که میتونیم خودمون تجربه‌شون کنیم و بعدش مشاهدات خودمون رو گزارش کنیم و حتا برای دانشجوهای دیگه ارائه بدیم. حتا ممکنه اگر به فکر خودمون نرسه برای پیدا کردن ایده یا پدیده‌ی جالب سراغ استادها بریم. وقتی هم مقداری در مورد اون موضوع اطلاعات جمع کردیم بهتره با یک استاد یا دانشجوی سال بالائی یا ارشد و دکترا مشورت کنیم تا بیراهه نریم و مطمئن بشیم فیزیک مسئله رو خوب فهمیدیم. بعدش وارد تجربه کردن بشیم و انجامش بدیم. پس از اینکه کار به جایی رسید سعی کنیم بنویسیم (مثل یک مقاله دانشجویی) و در جایی مثلا همین مجله سای چاپش کنیم. همچنین یک سمینار دانشجویی نیم تا یک ساعت بذاریم و برای بقیه توضیح و ارائه بدیم. اینها واقعا میتونن حال آدم رو خوب کنن و علاقه و شوق و انگیزه رو زیاد کنن.

۱۷. کلاس‌های درس گاهاً خسته‌کننده است و خیلی سریع مطالب گفته می‌شود، چه راهکارهایی برای اینکه بتوانیم با کلاس‌ها همراه بشویم و مطالب را بفهمیم پیشنهاد می‌کنید؟

از بعضی اثرات که بگذریم (حال موضعی خود آدم یا استاد یا روزگار و ...) به نظرم کلید اصلی در ایجاد علاقه و انگیزه‌س. اینکه سرکلاس یادداشت برداریم (مختصر یا مفصل) میتونه مفید باشه. حتا مقداری در بحث و سوال کلاس شرکت کنیم یا اگر نیست با سوال حتا به وجودش بیاریم و بعد توش شرکت کنیم! نوشتن یادداشت و جزوه باعث میشه آدم در جریان کلاس بمونه و سوال و بحث کلاس رو زنده نگه میداره.

۱۸. چرا امروزه دانشجویان نمی‌توانند در کلاس‌های درس و برای درس خواندن تمرکز کنند؟ (دانشجوها پس از چند دقیقه کوتاه در کلاس‌های درس، تمرکز خودشان را از دست می‌دهند و با تلفن همراهشان مشغول می‌شوند)

تمرکز هم به علاقه مربوطه! شما وقتی فیلم یا کارتونی رو دوست داری از تمام محیط اطرافت جدا میشی. البته همونطور که گفتم یادداشت‌برداری و شرکت در بحث و ... میتونن آدم رو در جریان کلاس نگه دارن. برای تمرکز موقع درس خوندن این میتونه مفید باشه که با یک عامل کمکی ابتدا از محیط اطرافتون جدا بشین. مثلا در حالی که دفتر و کتاب و البته مداتون آماده‌ن در کنار یا در گوشتون یک کانال رادیویی باز کنید. نباید چیزی باشه که خیلی دوستش دارید، وگرنه خودش مشغولتون میکنه! باید چیزی باشه که تا حدی گوشتون رو پر کنه و باعث بشه از بقیه محیط جدا بشید. بعد از مدتی اگر واقعا مشغول درستون بشید، رادیو هم دیگه نمیشنوید! اگر ازتون بپرسن در نیم ساعت گذشته بحث در رادیو چی بود جواب و درست و حسابی ندارید چون اصلا به اون گوش نمیدادید. اینها به تمرکز موقع درس خوندن کمک میکنه.

۱۹. فیزیک را چگونه باید بخوانیم تا آن را یاد بگیریم و بفهمیم؟ چه راهکارهایی برای درک عمیق‌تر و راحت‌تر درس‌ها پیشنهاد می‌دهید؟

فکر کنم تا حدی قبلا جواب دادم. خواندن و نوشتن و پیداکردن موضوعات و فعالیتهایی که علاقه و انگیزه رو زیاد میکنن.

۲۰. پس از گذراندن درس‌ها و با تمام شدن ترم، اکثر مطلب هایی که یادگرفته شده فراموش می‌شوند، چه راهکاری برای فراموش نکردن درس‌ها پیشنهاد می‌دهید؟

تا حد زیادی طبیعیه. اینها واقعا فراموش نمیشن. معمولا در گوشه و کنار مغز هستن و اگر لازم بشه با یک دوره برمیگردن. مطالبی که یادگرفته میشه فقط وقتی حاضر و آماده در ذهن باقی میمونن که مرتب استفاده بشن یا چندین و چند بار دوره شده باشن.

۲۱.شیوه‌ی نمره‌دهی شما به گونه‌ای است که مثلاً نمره‌ی ۱۶.۱ و ۱۶.۹، هر دو را روبه بالا گرد می‌کنید و ۱۷ می‌دهید. از نظر دانشجویان، این شیوه منصفانه نیست. لطفاً در این باره توضیح دهید.

واقع اینه که اگر از بعضی جنبه‌های حاشیه‌ای انسانی و احساسی قضیه بگذریم، نمره نتیجه‌ی یک اندازه‌گیری و سنجش هست. در واقع با امتحان و تصحیح روی مطالب یادگرفته‌شده و کیفیت ارائه اونها اندازه‌گیری میشه و به طور کمی یک عدد (که بهش میگیم نمره) اعلام میشه. اگر اینطوری به قضیه نگاه کنیم، این سنجش (مثل هر سنجش کمّی دیگه‌ای) خطا و دقت داره و از قواعد محاسبه‌ی اونها پیروی میکنه. با این توضیح، سعی میکنم نمره‌ای که میدم دقت معنادار داشته باشه، و عددی ندم که دقت بیمورد توش لحاظ شده باشه.

بذارید یک مثال بزنم. مثلا اگر دو میان‌ترم و یک پایان‌ترم بگیرم و نمره‌ها بشن 14 و 15 و 17، میانگین اینها میشه ...15.3333 . خب حالا چند باید بدم؟ 15، 15.3، 15.33، 15.333 یا عدد دیگه‌ای؟ مبحث محاسبه خطا برای این سوال جواب داره. انحراف معیار این سه نمره هست 1.53 و انحراف‌معیار میانگین هست 0.88. یعنی نتیجه‌ی سنجش باید اینطوری اعلام بشه

$$15.3 \pm 0.9$$

همونطور که میبینید عدم‌دقت حدود یک نمره‌س. تازه در این مثال نمرات نسبتاً نزدیک بودن. اگر مثلا بودند 11، 14 و 18 اونوقت داشتیم

$$14 \pm 2$$

همونطور که میبینید عدم دقت دو نمره‌س. میشه میانگین عدم‌دقت نمرات دانشجوها رو در یک درس حساب کرد و احتمالا چیزی حدود ۱ تا ۲ نمره‌س. تازه این مثال با سه امتحان بود. مثلا با دو نمره‌ی دور یکی 11 و یکی 18 که خطا خیلی زیاد میشه. بر این اساس واقعا دقت نمره‌های شخص من دهم و صدم نیست. اینجا جواب سوال شما معلوم میشه. با امتحانی که من میگیرم بین نمره‌ی 16.1 و 16.9 نمیتونم فرق معنادار بذارم. البته برای اینکه ارفاقی هم شده باشه (که همیشه لازمه و میشه) رو به بالا گرد میکنم. گاهی شده که بعد از اعلام نمرات دانشجویی اعتراض داشته و خواسته که ورقه‌اش رو دوباره نگاه کنم. جالب اینجاست که حتا در موارد معدودی که مثلا یک یا حتا دو نمره در ورقه رو ندیدم (که مربوط به خطای تصحیح هست)، باز نمره نهایی فرق نمیکنه (این هم یک حُسن دیگه‌ی به بالا گرد کردنه که مدیون مردم نشم). دلیلش اینه که نمره‌ای که از ابتدا اعلام شده ارقامش معنادار بودن و تا «حدی» مصون از تغییر و خطا! البته هر کی روش نمره‌دهی خودش رو داره و واقعا هر کی با حجت و دلیل خودش کار میکنه و قانون هم این اجازه رو داده.

۲۲.برای تقویت زمینه‌ی ریاضی، چه پیشنهادهایی دارید؟ تا چه اندازه باید ریاضیات بلد باشیم و به کدام مباحث ریاضی باید تسلط بیش‌تر داشته باشیم؟

واقعا راهی غیر از خوندن نیست. منتها اگر بخوام چیزی اضافه کنم که شاید مفید باشه اینه که کاری کنیم مغزمون به ریاضی خو بگیره. ساده‌ترین روشش اینه که شروع کنیم چهار عمل اصلی رو به کار گرفتن. مثلا

وقتی در اتوبوس نشستیم روی کاغذ چند تا عدد بنویسیم (مثلا ده تا عدد ۲ تا ۵ رقمی)، و جمعشون بزنیم. همینطور ضرب و تقسیم. اینطوری مغز با حساب و ریاضی اخت میشه. یه خوبی دیگه‌ش اینه که ترافیک و طولانی بودن راه رو کمتر حس میکنیم! البته اینکه خودمون رو با مسئله‌های فیزیک مشغول و درگیر کنیم که چه بهتر. مداد و کاغذ و فکر و نوشتن و حل.

۲۳.چه زمانی خواندن و فهمیدن فیزیک راحت‌تر می‌شود؟

اگر علاقه باشه خیلی ساده‌تر میشه! معمولا علاقه هم با آشنایی و همنشینی پیدا میشه (موارد استثنا به کنار).

۲۴.توقع می‌رود دانشجوی کارشناسی چه چیزهایی بلد باشد و در انتهای دوره کارشناسی چه توانایی‌های داشته باشد؟ (لطفا همین مورد را برای ارشد و دکترا هم جواب بدید)

دوره کارشناسی برای این هست که اولا با مبانی آشنا بشن، و ثانیا در دروس اختیاری بعضی کاربردها و گرایشها رو مزه‌مزه کنن. مبانی منظورم ریاضی، مکانیک، الکترومغناطیس، کوانتوم، ترمودینامیک، اپتیک و ... اینهاست. در دروس اختیاری کاربردهای اونها رو با تمرکز بر پدیده‌های مرتبط اون درس یاد میگیرن. در ارشد هدف اینه که مبانی رو پیشرفته‌تر یاد بگیرن و در یک گرایش خاص عمیق بشن (در لیسانس گرایش خیلی معنی نداره). در دکترا باز هم عمیق‌تر با هدف حل یک مسئله.
چیزی شبیه جوک هست که شاید جاش باشه بگم. میگن شخصی که به این نقطه رسید که در رشته‌ی خودش افرادی هستن که همه چیزو میدونن ولی خودش هم خدا رو شکر چیزهای خوب و مناسبی یاد گرفته وقتش هست که بهش لیسانس بدن. وقتی به این مرحله رسید که فکر میکنه افراد دانشمند و باسواد هستن ولی خودش واقعا خیلی کم میدونه وقتش هست که ارشد بگیره. وقتی به این مرحله رسید که فهمید نه تنها خودش واقعا کم میدونه، بلکه بقیه هم هنوز خیلی خیلی چیزها رو نمیدونن وقتش هست دکترا بگیره! اگرچه جوک هست، ولی رگه‌هایی از حقیقت رو داره.

۲۵.دغدغه اکثر دانشجویان کارشناسی فیزیک، آینده کاری و شغلی‌شان هست. پس از فارغ‌التحصیلی (در هر سه دوره)، دانشجویان در چه زمینه‌هایی می‌توانند فعالیت کنند؟ توصیه شما برای افرادی که دغدغه شغل و بازار کار پس از فارغ‌التحصیلی دارند چیست؟

شغل و آینده مهمه و واقعا چیز زیادی در موردش ندارم بگم. فقط میتونم بگم فعلا سعی کنین خوب بخونین تا ببینیم چی میشه.

۲۶. از نظر شما خواندن فیزیک برای چه افرادی مناسب هست؟ چه کسانی می‌توانند در فیزیک موفق بشوند؟

عمده چیزی که برای فیزیک لازمه پیگیری و مداومت هست. استعداد معمولی واقعا کافیه! پشتکار و حوصله اصل هست.

تحول حوت به حمل

صبا الهیاری دانشجوی کارشناسی فیزیک ۱۴۰۰ دانشگاه الزهرا(س)sabaally03@gmail.com
ملیکا شایق دانشجوی کارشناسی فیزیک ورودی ۹۹ دانشگاه الزهرا(س)m.shayegh10@gmail.com
آمنه مقدم سلیمی- کارشناسی فیزیک ورودی ۹۹ دانشگاه زنجان 02amiinam@gmail.com

• تحویل سال نو[52]

همه‌ی ساکنان سیاره‌ی زمین سال نو ایرانی را در یک لحظه و در یک زمان مشترک آغاز می‌کنند و قدم از سال کهنه به سال نو می‌گذارند. به همین دلیل است که نو شدن سال به تجربه‌ای جهانی و میراثی، فارغ از مکان زیستنِ انسان تبدیل می‌شود. این روند برخلاف تحویل سال در تقویم‌های رایج دیگر است. برای مثال در تقویم میلادی آغاز سال کاملاً وابسته به محل جغرافیایی فرد است. در حالی که افرادی در شرق ژاپن آخرین ساعت اولین روز سال نو را می‌گذرانند، در غرب ایالات متحده، آخرین روز سال قبل آغاز می‌شود. در سال قمری نیز آغاز سال با آغاز ماه قمری جدید و یا به عبارت دیگر در هنگام غروب آفتاب تحویل می‌شود. در نتیجه حلول سال قمری نیز وابسته به مکان شخص است. سال چینی که بر مبنای تقویمی قمری – شمسی است، به همین شیوه تغییر می‌کند. همه‌ی این‌ها دلیلی می شود تا تقویم پارسی یکی از معدود تقویم‌های زنده جهان باشد که آغاز سال نو در آن به گونه‌ای جهانی جشن گرفته می‌شود. علت یکسان بودن لحظه‌ی تحویل سال ایرانی در تمام جهان به این نکته‌ی ساده بر می‌گردد، مبنایی که ایرانی‌ها برای آغاز سال انتخاب کرده‌اند رویدادی نجومی است. این رویداد نجومی **اعتدال بهاری** می‌باشد.

• اعتدالین[53]

برای بررسی اعتدالین ابتدا فرض می‌کنیم کره‌ی زمین در مرکز عالم است و سایر اجسام آسمانی به دلیل فاصله‌ی زیاد، همگی بر روی کره‌ای قرار دارند که به آن کره، کره‌ی سماوی می‌گویند. اگر استوای زمین را ادامه بدهیم تا این کره را قطع کند مداری داریم که به آن استوای سماوی می‌گویند. به مدار چرخش

[52] زمان تحویل سال نوی شمسی ۱۴۰۲ روز سه شنبه مصادف با یکم فروردین ماه در ساعت ۵۴:۱۲ بامداد (۲۱ مارچ ۲۰۲۳) می‌باشد.

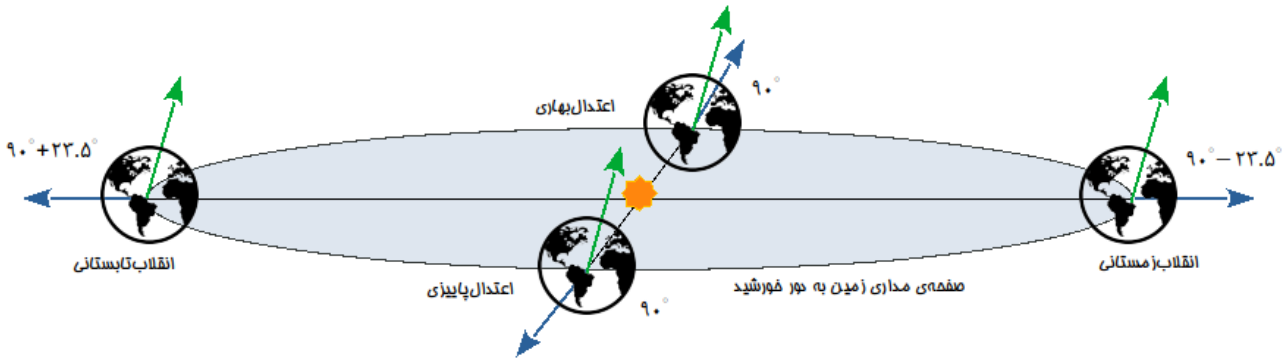
[52] Equinox (این واژه از زبان لاتین گرفته شده و به معنای شب های برابر است.)

خورشید به دور زمین یا به عبارتی مسیر حرکت ظاهری سالانه‌ی خورشید نسبت به زمین بر روی کره‌ی سماوی، **دایره‌البروج** می‌گویند. دایره‌البروج با استوای آسمانی زاویه ۵.۲۳ می‌سازد. (به شکل کره‌ی سماوی در **فراسوی آسمان** مراجعه شود)

به هر یک از دو لحظه در سال که خورشید دقیقاً بالای خط استوا است و طول شب و روز برابر است، و هر یک از دو نقطه‌ی آسمان که دایره‌البروج و خط استوای سماوی با هم برخورد می‌کنند، **اعتدالین** گفته می‌شود. در این میان چهار نقطه از مدار فرضی گردش خورشید به دور زمین بسیار مهم می‌شود، دو اعتدال بهاری و پاییزی، که محل تلاقی دو مدار دایره‌البروج و دایره‌ی استوای سماوی است، و دو انقلاب تابستانی و انقلاب زمستانی، که به نظر می‌رسد خورشید در بیش‌ترین فاصله‌ی زاویه‌ای نسبت به استوای سماوی قرار گرفته‌است.

اعتدالین بسته به نیمکره، آغاز نجومی بهار یا پاییز را مشخص می‌کند. فصل بهار با اعتدال بهاری شروع می‌شود. هنگامی که در نیمکره‌ی شمالی در اول فروردین اعتدال بهاری اتفاق می‌افتد؛ در آمریکای شمالی، اروپا، بخش‌های زیادی از آسیا و آفریقای شمالی فصل بهار آغاز می‌شود. همزمان در نیمکره‌ی جنوبی اعتدال پاییزی رخ می‌دهد.

سیاره‌ی زمین در تجربه‌ی اعتدالین و اتفاق آن تنها نیست. در حقیقت هر سیاره‌ای در منظومه‌ی شمسی که دارای مدار و شیب نسبت به خورشید است، اعتدالین را تجربه می‌کند و باعث می‌شود در زمان اعتدالین هر دو نیمکره مقدار تقریبی یکسانی از نور را دریافت کنند.



شکل۱. وضعیت زمین نسبت به خورشید در هنگام شروع هر فصل. بردار سبز نمایش دهنده‌ی محور زمین و زاویه‌ی آن نسبت به صفحه‌ی مداری زمین به دور خورشید، هست.

- **اعتدال بهاری**

اعتدال بهاری[54] (در نیمکره‌ی شمالی) در ستاره‌شناسی به لحظه‌ای گفته می‌شود که خورشید از دید ناظر زمینی از صفحه‌ی استوای سماوی می‌گذرد و حرکت خود را در مدار دایره‌البروج به سمت شمال آسمان در پیش می‌گیرد. در روز اول فروردین(20 یا 21 مارس) تقریباً طول روز و شب در نقاط مختلف دنیا برابر می‌شود و مرکز خورشید دقیقا ۱۲ ساعت بالای افق قرار دارد و قابل رؤیت است. دلیل تقریبی بودن طول روز و شب این است که خورشید از روی زمین قطر زاویه‌ای قابل توجهی دارد (حدود ۰.۵ درجه) و در

[54]vernal equinox

هنگام طلوع، مرکز خورشید هنوز زیر خط افق محلی است، ولی پرتوهای نور از قسمت‌های بالایی خورشید به ما می‌رسند. همچنین نور خورشید در جو زمین کمی پراکنده می‌شود و نور آن زودتر از آن‌که خورشید از افق بالا بیاید به ما می‌رسد. به این دو دلیل، طول روز کمی بیش‌تر از طول شب می‌شود.

- **سال نجومی**

زمانی که لازم است تا خورشید دایره‌البروج را به طور کامل دور بزند، سال نجومی خوانده می شود. بدین ترتیب، سال نجومی بازه‌ی زمانی میان عبور خورشید از هر نقطه ثابت روی دایره‌البروج و عبور بعدی آن از همان نقطه است. سال نجومی ۳۶۵.۲۵۶ روز است.

- **سال اعتدالی**

سال اعتدالی[55] (سال خورشیدی اعتدالی) فاصله‌ی زمانی دو عبور متوالی خورشید از نقطه‌ی اعتدال بهاری است که مبنای گاه‌شماری خورشیدی قرار می‌گیرد. سال اعتدالی به دو صورتِ سال اعتدالی متغیر یا حقیقی، و سال اعتدالی متوسط یا میانگین، می‌باشد.

- **سال اعتدالی متغیر**

زمان سال اعتدالی به‌علت برخی تاثیرات نجومی از جمله جاذبه‌ی ماه، تغییر سرعت دورانی زمین، تقویم اعتدالین و حرکت حضیض دوران زمین، در هر سال متغیر است و سال اعتدالی متغیر یا حقیقی نام دارد. سال اعتدالی متغیر با محاسبه‌ی نسبتاً پیچیده‌تری بدست می‌آید و مبنای آغاز هر سال در گاه‌شماری هجری خورشیدی است؛ در درازمدت میانگین آن (یعنی سال اعتدالی متوسط یا میانگین)، مبنای واحد سال تقویمی در همه گاه‌شماری‌های خورشیدی است. حداکثر اختلاف سال اعتدالی متغیر با متوسط آن حدود ۲۰ دقیقه می‌باشد.

- **سال اعتدالی متوسط**

سال اعتدالی متوسط که میانگین زمانی سال اعتدالی متغیر و مبنای واحد سال در گاه‌شماری‌های خورشیدی است براساس مقیاس بین‌المللی صفر ژانویه ۱۹۰۰ میلادی، ۲۴۲۱۹۸۷۹.۳۶۵ روز (۳۶۵ روز و ۵ ساعت و ۴۸ دقیقه و ۹۷۵۴۵۶.۴۵ ثانیه) است. متوسط سال اعتدالی هر قرن ۵۳۰۴۹۶.۰ ثانیه کاهش می‌یابد. باتوجه به این کاهش در دهه‌ی اخیر سال اعتدالی متوسط حدود ۲۴۲۱۹.۳۶۵ روز (۳۶۵ روز و ۵ ساعت و ۴۸دقیقه و ۲.۴۵ ثانیه) می‌باشد. به طور معمول سال خورشیدی تقویمی یا قراردادی، به‌صورت ۳۶۵ روز در قالب ۱۲ ماه تشکیل شده‌است که برای تعدیل کسر روز آن معمولاً هر چهار و به‌ندرت پنج سال یکبار بصورت ۳۶۶ روز کبیسه درنظر گرفته می‌شود.محاسبه با دقت بالای سال خورشیدی اعتدالی، اولین بار توسط گروهی ریاضیدان و اخترشناس که نامدارترین‌شان حکیم عمر خیام نیشابوری، ریاضیدان و شاعر ایرانی، در طراحی و اصلاح تقویم ایرانی مرسوم به جلالی به سفارش ملکشاه سلجوقی برای تعیین اعتدال بهاری جهت محاسبه‌ی نوروز در گاه‌شماری جلالی، دقیق‌ترین گاه‌شماری جهان و درپی آن توسط دانشمندان بعدی از جمله خواجه نصیرالدین طوسی انجام شد.

---

[55] Equinox year

- **پیشروی اعتدال بهاری**

تفاضل 20 دقیقه ای سال نجومی و سال اعتدالی، پیشروی اعتدال بهاری نام دارد. زمین علاوه بر چرخش به دور خودش و خورشید، به‌علت گشتاوری که از سوی ماه و خورشید به آن وارد می‌شود، دچار حرکت تقدیمی[56] شده و هر ۲۶۰۰۰ سال یک‌بار محور چرخش زمین می‌چرخد. پس به علت حرکت تقدیمی نقطه‌ی اعتدال بهاری هر سال ثابت نیست و سال به سال تغییر می‌کند. برای محاسبه این ختلاف:

$$\frac{\text{سال ۱}}{\text{سال ۲۶۰۰۰}} = \frac{۳۶۵\ d \times ۶۰\ h \times ۶۰\ min}{۲۶۰۰۰} = ۲۰\ min$$

پس اعتدال بهاری در هر سال ۲۰ دقیقه زودتر رخ می‌دهد و ۲۶۰۰۰ سال بعد دوباره در همین نقطه رخ می‌دهد.

- **تحول حوت به حمل**

منجمان باستان برای آنکه راهنمایی برای پیدا کردن ستاره‌ها در آسمان شب داشته باشند، گروهی از ستاره‌های روشن را به شکل مجموعه‌ای در آسمان تصویر کرده‌اند. آن‌ها ستاره‌های روشن را چون نقاطی به هم وصل کرده و تصویری به آن نسبت داده و نام آن‌ها را صورت‌های فلکی نهاده‌اند. اگرچه این صورت‌های فلکی در حوزه‌های مختلف تمدنی به شکل‌های گوناگون تصویر شده‌اند، اما برخی از آن‌ها نیز بین فرهنگ‌های مختلف منتقل شده و به طور مشترک اساس نجوم امروز را شکل داده‌اند. از مهم‌ترین صورت‌های فلکی در طول تاریخ آن‌هایی بودند که دایره‌البروج از میان آنها عبور می‌کرده‌است. این صور فلکی عبارت از حَمَل، ثور، جوزا، سرطان، اسد، سنبله، میزان، عقرب، قوس، جَدّی، دلو، حوت هستند. مرزهای این صورت‌های فلکی با یکدیگر در طول تاریخ جابه‌جا شده است. براساس تقسیم‌بندی جدید چیزی حدود ۲۰۰۰ سال پیش نقطه‌ی اعتدال بهاری دقیقاً در مرز دو صورت فلکی حوت و حمل قرار داشت و خورشید با عبور از نقطه اعتدال بهاری عملاً از این دو صورت فلکی نیز گذر می‌کرد. اما اکنون به دلیل حرکت و جابه‌جای محور زمین که به حرکت تقدیمی معروف است، دیگر این نقطه در مرز این دو صورت فلکی قرار ندارد و جایی درون صورت فلکی حوت واقع شده و هر سال نیز در درون آن جابه‌جا می‌شود. بنابراین تحویل حوت به حمل این روزها انطباق نجومی خود را از دست داده اما به عنوان اصطلاحی که به اعتدال بهاری اشاره دارد هنوز به کار می‌آید. حتی جامعه‌ی جهانی نجوم نیز این اصطلاح را به کار می‌برد و به نقطه‌ی اعتدال بهاری نقطه‌ی اول حمل نیز می‌گویند.

منابع :

۱. پوریا ناظمی، سال نو به روایت یک منجم، منتشر شده آنلاین 24مِی2013.
۲. دبورا برد، همه آنچه درباره اعتدال بهاری باید بدانید، منتشر شده آنلاین 1 ژانویه 2023.
۳. گاه‌شماری ایرانی، موسی اکرمی، تهران: دفتر پژوهش‌های فرهنگی، چاپ اول (1380).
4. و.م اسمارت، نجوم کروی.

[56] حرکت تقدیمی عبارت است از تغییر تدریجی در جهت محور یک جسم در حال چرخش. حرکت تقدیمی محوری، یکی از حرکات ویژه‌ی محور چرخش زمین است که به موجب خم بودن محور زمین نسبت به مدار خود ایجاد می‌شود و در نتیجه‌ی کشش گرانشی خورشید، ماه و سیاره‌ها بر برآمدگی استوای زمین به‌وجود می‌آید.

نگاهی بر تقویم‌های رایج

سهده سولماز صدرالدینی کارشناسی ارشد ژئوفیزیک دانشگاه تهران solmaz.sadraddini2016@gmail.com
ویراستار: نرگس رستمی

- تقویم چیست؟(تعریف کلی از تقویم)

گاهنامه، سالنما، سالنامه یا تقویم[57] به محاسبه و نمایش یک‌دوره یا یک سال گفته می‌شود. لغت نامه‌ی دهخدا تقویم را محاسبه کردن وقت‌ها تعریف کرده است. در قرآن کریم نیز در جزء سی‌ام، به واژه‌ی تقویم اشاره شده است: « **لقد خلقنا الانسان فی احسن تقویم (۱)**». به تفاسیر مختلف، این کلمه در قرآن به معنی اندازه، تناسب، تعدیل و ترکیب است. تقویم در اصطلاح نجومی، مجموعه‌ای از اصول و قوانین است که برای تنظیم زمان و تطبیق سال حقیقی (مدت زمان یک دور کامل زمین به دور خورشید) با سال مجازی (مدت زمانی که انسان‌ها در محاسبه‌ی سال و تقسیمات آن در تقویم به‌کار می‌برند) و چگونگیِ تقسیم آن به بخش‌های کوچک‌تر، جهت انجام امور، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

- برخی از مشهورترین و پرکاربردترین تقویم‌های جهان و تعاریف کلیِ آن‌ها:

- **تقویم میلادی**: یک گاه‌شماری با ریشه‌ی مسیحی است که هم‌اکنون در بیش‌تر از ۹۵درصد کشورهای جهان استفاده می‌شود و یک تقویم بین‌المللی است. این تقویم برگرفته از گاه‌شماری ژولینی با مبدأ میلاد حضرت عیسی(ع) است و ابتدا از سوی آلویسیوس لیلیوس که پزشکی از اهالی کالابریا بود، پیشنهاد شد. تعدیل کبیسه‌گیری این گاه‌شماری در ۲۴ فوریه ۱۵۸۲ از سوی پاپ گریگوری سیزدهم پذیرفته شد و از آن پس به **گاه‌شماری گریگوری (گِرِگوری)** مشهور شد؛ ولی در ایران و کشورهای عربی به آن **تقویم میلادی** می‌گویند.
- **کاستی‌ها** :این نوع تقویم با وضعیت فصل‌ها و موقعیت خاص زمین مانند اعتدالین و... هم‌خوانی ندارد و شمار روزهای هر ماه نیز نامنظم است. سرآغاز سال و سرآغاز ماه‌ها در تقویم مسیحی کلاً قراردادی هستند و به مسائل نجومی یا حرکت انتقالی زمین مربوط نیستند و با بروج سروکاری ندارند. برای بهره‌گیری از این روش هیچ دلیل منطقی وجود ندارد، از سوی دیگر در طول تاریخ بسیاری به دلخواه دخل و تصرفی در این تقویم کرده‌اند. همچنین این گاه‌شماری پایه‌ی دقیق مذهبی ندارد و مشکلات مذهبی مسیحیان را

[57] به انگلیسی: Calendar

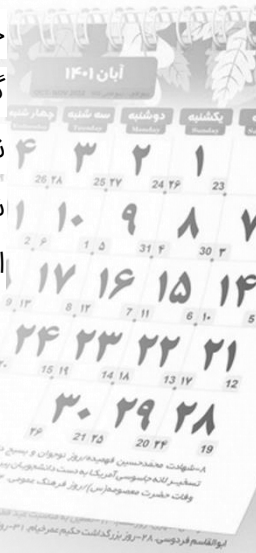
برطرف نکرده‌است و ایام مذهبی را به‌طور دقیق مشخص نمی‌کند و برای تعیین این ایام باید از تقویم قمری کمک گرفت. منجمین ناچارند هر سال با کمک گرفتن از روش اپاکت (Epacte) محل آن را در ماه‌های قمری پیدا کنند؛ در نتیجه عید پاک در فاصله‌ی ۲۲ مارس تا ۲۵ آوریل دائماً در تغییر است، مانند سایر اعیاد و روزهای مذهبی مسیحیان و مسلمانان.(۲)

- **تقویم هجری یا اسلامی:** تقویمی است که مسلمانان برای ذکر تاریخ از آن استفاده می‌کنند که بر دو نوع است: هجری قمری و هجری خورشیدی.

مبدأ این تقویم هم سال هجرت پیامبر اسلام، حضرت محمد(ص) از مکه به مدینه می‌باشد که در زمان خلافت عمر بن الخطاب خلیفه دوم مسلمانان وضع گردید است. البته لازم به ذکر است که گاه‌شماری هجری قمری از همان ابتدای مهاجرت مسلمانان از مکه به مدینه معمول نشده‌است بلکه ۱۵ سال بعد از تاریخ هجرت حضرت محمد(ص) و در زمان خلافت عمر بن خطاب، خلیفه‌ی دوم به رسمیت شناخته شد. در کتب تاریخی آمده است که مسلمانان صدر اسلام بنابر پیشنهاد حضرت علی بن ابی طالب(ع) و تصویب خلیفه‌ی وقت، هجرت سرنوشت ساز پیامبر اسلام(ص) از مکه به مدینه را مبدأ سال قمری قرار داده‌اند. بدین جهت، تاریخ قمری را تاریخ هجری قمری نامیده‌اند.(۳)

- گاه‌شماری هجری قمری: براساس اندازه‌گیری حرکت **ماه** به دور **زمین** تنظیم می‌گردد. (شروع سال روز اول محرم)
- گاه‌شماری هجری خورشیدی: براساس اندازه‌گیری حرکت **زمین** به دور **خورشید** تنظیم می‌شود. (شروع سال 1 فروردین یا همان 29 شعبان یک سال پیش از هجرت)

- **تقویم هجری خورشیدی** در اصطلاح نجوم همان سال خورشیدی[58] است، بر پایه‌ی گاه‌شماری جلالی با مبدأ هجری است. آغاز سال خورشیدی برابر است با نخستین روز بهار. گاه‌شماری هجری خورشیدی، اکنون در کشورهای ایران و افغانستان گاه‌شمار رسمی است. این نوع تقویم در ایران با تصویب مجلس شورای ملی در ۱۱ فروردین ۱۳۰۴، تقویم رسمی ایران اعلام شد. نام دوازده ماه تقویم خورشیدی در ایران، نام‌های باستانی ساسانی امشاسپندان و دیگر ایزدان کیش زرتشتی استکه در ادامه به تفضیل توضیح داده خواهد شد.
- **تقویم چینی:** تقویمی است شمسی قمری که به آن تقویم روستایی نیز گفته می‌شود. این تقویم بر پایه پدیده‌های نجومی شکل گرفته ودوره‌ی اوج آن به عصر سلسله سونگ بازمی‌گردد و امروزه نیز در کنار تقویم میلادی در جشن‌های آیینی چینیان کاربرد دارد.
- **تقویم هندی:** اصطلاحی است که به سامانه‌های گاه‌شماری رایج در هند گفته می‌شود که دیرینگی آن‌ها به هزار سال پیش از میلاد می‌رسد. این تقویم‌ها قمری بوده و سال را



[58] هم‌ارز : solaryear

به ۱۲ چرخه‌ی کامل ماه تقسیم می‌کند. این تقویم‌ها همگی از یک مفهوم مشترک برای شمارش زمان استفاده می‌کنند اما تفاوت‌شان از نظر تأکید بر روی ماه یا خورشید و نام ماه‌ها است و اینکه سال با چه ماهی آغاز شد.(۴)

از دیگر تقویم‌های مشهور و پرکاربرد جهان می‌توان تقویم‌های کره‌ای، بودایی، حیوانی، قطبی، بربری، ارمنی، کردی نیز نام برد. البته امروزه تقویم میلادی رایج ترین است اگرچه گاها در بعضی از کشورها تقویم‌های باستانی آن مناطق هم بین مردم کوچه و بازار وجود دارند اما رسمی نیستند.

تقویم ایرانی

- **مقدمه:** استفاده از تقویم در ایران پیشینه‌ای بسیار کهن دارد. در گذر زمان تقویم‌های ایرانی دگرگونی‌های زیادی کرده‌است. در ایران از روش‌های گاه‌شماری متفاوت مانند گاه‌شماری خورشیدی و گاه‌شماری قمری، با مبداهای متفاوت مانند تاج‌گذاری یزدگرد سوم یا هجرت حضرت محمد(ص) استفاده شده و می‌شود.امروزه نیز این گاه‌شماری همچنان دقیق‌ترین گاه‌شماری تاریخ بشر شناخته می‌شود. گمان نمی‌رود که هیچ مردم و تمدنی به اندازه ایرانیان تا این اندازه به بررسی و پژوهش در گاه‌شماری پرداخته باشند.
- **تاریخچه:** فهرست نسخه‌های خطی احمد منزوی، خود به تنهایی نشان‌دهنده‌ی بیش از دو هزار نسخه سالنامه خطی منتشر نشده به زبان فارسی است. بیش‌ترین کتیبه‌های باستانی در زمینه اخترشناسی و گاه‌شماری که در بین‌النهرین به‌دست آمده‌اند، به دوران فرمانروایی کاسیان و هخامنشیان منسوب هستند. کوشش و پیگیری دانشمندان ایرانی، منجر به پیدایی دقیق‌ترین گاه‌شماری جهان در ایران شده‌است.(۵)

تقویم ایرانی تقویم خورشیدی برگرفته از تقویم بابلی بوده که خود متأثر از تقویم مصری بوده‌است. این تقویم در زمان هخامنشیان بومی شده و در زمان ساسانیان متأثر از تقویم ژولینی بود. از زمان ورود اسلام به ایران تقویم هجری قمری تا زمان مشروطیت، تقویم رسمی گردید و تقویم خورشیدی (از جمله خراجی و یزدگردی) نیز برای امور زراعی-مالی کاربرد داشت. در سال ۴۷۱ قمری، تقویم خورشیدی جلالی تدوین گردید اما چندان رواج نیافت. لازم به ذکر است که غیاث‌الدین ابوالفتح عمر بن ابراهیم خیام نیشابوری معروف به خیام، خالق تقویم خورشیدی است. او در سال‌های ۴۲۷ تا ۵۱۰ هجری شمسی زندگی می‌کرده است.خیام، فیلسوف، ریاضی دان، ستاره‌شناس و رباعی‌سرای ایرانی در دوره‌ی سلجوقی است. گرچه پایگاه علمی خیام برتر از جایگاه ادبی اوست، ولی آوازه وی بیش‌تر به خاطر رباعیاتش است که شهرت جهانی دارد. یکی از برجسته‌ترین کارهای وی را می‌توان سر و سامان دادن و سرپرستی محاسبات گاه‌شماری ایران در زمان وزارت خواجه نظام‌الملک، که در دوره پادشاهی ملک‌شاه سلجوقی بود، دانست؛ محاسبات منسوب به خیام در این زمینه، هنوز معتبر است و دقتی به مراتب بالاتر از گاه‌شماری میلادی دارد. تقویم جلالی در سال ۱۲۶۴ خورشیدی با تغییراتی در قالب گاه‌شماری هجری خورشیدی برجی مجدداً رایج شد و در سال ۱۲۸۹ خورشیدی در زمان مشروطیت تقویم ملی ایران شد. بر

همین اساس در آغاز سال ۱۳۰۴ خورشیدی با تغییراتی در محاسبات و عناوینِ ماه‌ها، به عنوان تقویم رسمی ایران درآمد که تاکنون رایج است.

در این گاه‌شماری معیار شروع سال، ۱ فروردین و معیار **لحظه‌ی تحویل سال** اعتدال بهاری است، ولی مکانی که باید مبدأ محاسبه‌یتقویم قرار گیرد مشخص نشده‌است. بعضی (از جمله ایرج ملکپور) نصف‌النهار ۵۲/۵ درجه شرقی را مرجع محاسبات این تقویم گرفته‌اند و برخی دیگر (از جمله راین‌گولد و درشوویتز درCalendrical Calculations) شهر تهران را. این دو مبدأ تا حدود سال ۱۴۶۹ هجری شمسی اختلافی در گاه‌شماری ایجاد نمی‌کنند ولی برای تعیین کبیسه بودن یا نبودن سال ۱۴۶۹، لازم است مبدأ این گاه‌شماری مشخص شود.پس از اصلاح و تعیین نام ماه‌های سال و تصویب دقیق زمان ابتدا و انتهای هر ماه و فصل‌های سال، مجلس شورای ملی تقسیم‌بندی سالیانه را به این صورت ابلاغ کرد: یک سال رسمی ایران، یک سال خورشیدی است که تشکیل شده‌است از ۱۲ ماه، که شش ماه اول ۳۱ روز، پنج ماه دوم ۳۰ روز و ماه آخر ۲۹ روز می‌باشد. هر ۴ یا به ندرت ۵ سال یکبار طول ماه آخر ۳۰ روز است که آن سال به **سال کبیسه** معروف است. طول سال و فصل‌ها در ایران و افغانستان و کردستان یکسان هستند ولی ماه‌ها در هر زبان و گویشی نام خاصی دارند.

- مرکز تقویم : موسسه ژئوفیزیک

بر اساس مصوبه‌ی هیأت محترم وزیران در جلسه مورخ ۲۲ تیر ۱۳۷۹ و به استناد اصل یکصد و سی و هشتم قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران، مؤسسه‌ی ژئوفیزیک دانشگاه تهران موظف است تا پایان تیر ماه هر سال نسبت به استخراج و تنظیم تقویم کشور برای سال بعد اقدام نماید. در تهیه‌ی تقویم کشور بر اساس اعلام شورای فرهنگ عمومی، مناسبت‌های ایرانی بر مبنای تقویم ایران و مناسبت‌های خارجی بر مبنای تقویم‌های معتبر خارجی تعیین و تنظیم می‌شود. این مصوبه به امضای آقای دکتر حسن حبیبی، معاون اول محترم رئیس جمهور، با شماره‌ی ۱۷۶۰۳/ت ۲۲۲۳۷ه مورخ ۳ مرداد ۱۳۷۹ به وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی ابلاغ شده است.

بر اساس مصوبه‌ی مذکور، جهت بهره‌گیری از کلیه‌ی ظرفیت‌های موجود در استخراج و تنظیم تقویم کشور و انجام پژوهش در زمینه‌های تقویم و اوقات شرعی، مؤسسه‌ی ژئوفیزیک طی نامه‌ی شماره‌ی ۲۲۹۸/۹۳ مورخ ۱۳ مرداد ۱۳۸۱ به معاون پژوهشی دانشگاه تهران پیشنهاد داد تا استخراج تقویم رسمی کشور شورایی صورت گیرد. معاون پژوهشی دانشگاه تهران در تاریخ 17 مرداد 1381 با پیشنهاد تشکیل مرکز تقویم دانشگاه تهران و معرفی اعضای شورای مرکز تقویم موافقت کرد.

سایت مرکز تقویم موسسه ژئوفیزیک : calendar.ut.ac.ir

منابع:

۱. سوره تین- آیه 4

۲.گاهشماری در تاریخ، ابوالفضل نبئی، انتشارات سمت، ۱۳۸۱، صص ۲-۲۶۱

۳. کتاب: «روز شمار تاریخ اسلام (ماه محرم)»، نوشته: سید تقی واردی، انتشارات: دارالثقلین

۴. B. Richmond (1956). Time Measurement and Calendar Construction. Brill Archive. pp. 80–82. Retrieved 2011-09-18.

۵. گاه‌شماری ایرانی، موسی اکرمی، تهران: دفتر پژوهش‌های فرهنگی، چاپ اول (۱۳۸۰)،

بوزون‌ها، فرمیون‌ها و حالا اِنیون‌ها

به دنیای شگفت انگیز اِنیون‌ها خوش آمدید!(۱)

نویسنده: نفیسه معصومیان فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشدفیزیک ذرات بنیادی nafy.masumian@gmail.com
ویراستاران: نرگس رستمی،فاطمه سادات صوف‌باف

بخش نخست

با وجود این که قرن‌ها از کاوش و جست‌وجوی بشر در طبیعت سپری شده است؛ اما هنوز پرسش‌های بی‌پاسخ زیادی وجود دارد که پاسخ دقیقی برای آن‌ها در دست نداریم و به نظر می‌رسد طبیعت پر رمز و راز، بخشی از خود را با ترفند پنهان کرده است و ما به دنبال کنار زدن این پرده‌ها همچنان به کنجکاوی خویش ادامه می‌دهیم. یکی از مفاهیم بنیادی فیزیک که همواره ذهن ما را درگیر خود کرده است؛ تعریف مفهوم ذره است. اصلاً ذره چیست؟ همان‌طورکه هنگام مشاهده کردن یک شیء یا رخدادی، افراد مختلف به جوانب متفاوت آن نگاه می‌کنند و تمام آن نگرش‌ها صحیح است، درباره‌ی برخی مفاهیم نیز این موضوع صدق می‌کند.تعاریف متعددی برای یک ذره وجود دارد که برخی از آن‌ها کاملاً انتزاعی و ریاضی وار هستند و در این‌جا به طور خلاصه به برخی از آن‌ها اشاره می‌کنیم.

۱.جسم نقطه‌ای

ساده‌ترین پاسخ، همانی است که از دوران ابتدایی تحصیل با آن روبه‌رو شدیم و آن این است که ذره، یک جسم نقطه‌ای است و دارای تعدادی خواص ذاتی، مانند جرم و بارالکتریکی هست. این تعریف در فیزیک کلاسیک رایج است. همچنین اطلاعات درباره‌ی مکان یک ذره را در طی زمان با قطعیت می‌دانیم و می‌توانیم تحول و رفتار آن را در بازه‌ی زمانیِ مشخص با دقت پیش‌بینی کنیم.

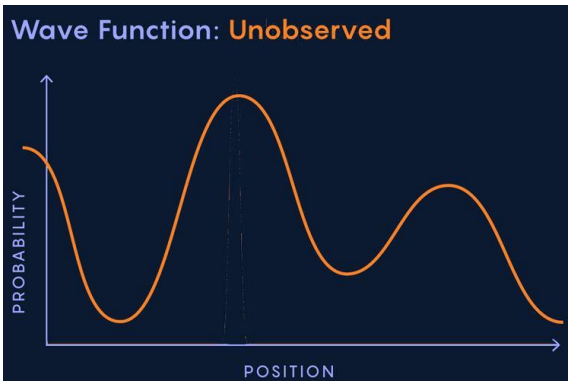
۲.تابع موج فروپاشیده

وقتی درک ما از طبیعت با توسعه‌ی مکانیک کوانتومی دچار تحولات بس عظیمی شد؛ به نوعی یک طوفان بزرگ ذهن ما را درنوردید، واضح است که تعاریف ما نیز دچار تغییرات گسترده‌ای شد. در نتیجه تعریف ذره نیز کاملاً دگرگون شد.

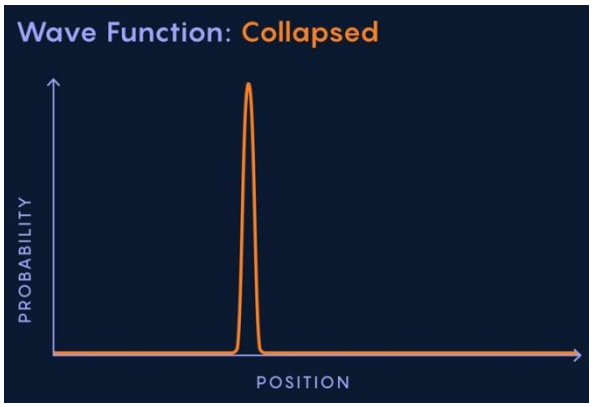
با ظهور مفهوم تابع موج در مکانیک کوانتومی، دیگرجایی برای قطعیتی که در فیزیک کلاسیک داشتیم باقی نماند و احتمالات جایگزین قطعیت محض شد. یافتن مکانِ دقیق یک ذره در یک لحظه یا یک بازه‌ی زمانی، با احتمال حضور هر ذره در هر نقطه از فضا، جایگزین شد. این احتمال، توسط مجذور دامنه‌ی تابع موج ذره حاصل می‌شود. یکی از اصول مهم در مکانیک کوانتومی مفهوم اندازه‌گیری است که طبق آن، تا پیش از اندازه‌گیری احتمال حضور ذره در همه‌ی نقاط فضا وجود دارد اما بعد از اندازه‌گیری، اصطلاحاً گفته

می‌شـــود:«تابع موج دچار رُمبش می‌شـــود[59] و در نتیجه، ذره در آشکارساز مشخص خواهدشد.»

به همین دلیل، گاهی ذره یک **تابع موج فروپاشیده شده** نیز نامیده می‌شود که در شکل‌های زیر دیده می‌شود:



شکل ۱-۱: تابع موج ذره قبل اندازه‌گیری



شکل ۱-۲:تابع موج ذره پس از اندازه‌گیری

۳.ذره‌ی حالت برانگیخته‌ی کوانتومی یک میدان است!

نظریه‌ی میدان‌های کوانتومی در اوایل دهه193مبه منظور ایجاد یک ارتباط بین نسبیت خاص و مکانیک کوانتوم، که دو طیف متفاوت از پدیده‌های فیزیکی را شامل می‌شدند، توسعه یافت و کارهای اولیه‌ی آن توسط پائول دیراک فیزیک‌پیشه‌ی مشهور انگلیسی پایه گذاری شد.

ابتدا باید تعریفی از میدان ارائه دهیم، منظور از میدان چیست؟

برای میدان، هم یک تعریف ساختارمند ریاضی و هم یک تعریف فیزیکی وجود دارد، برای هدف ما تعریف فیزیکی نیاز است. از فیزیک مقدماتی، ما با میدان‌های مختلفی ازجمله میدان گرانشی، میدان الکتریکی و مغناطیسی آشنا هستیم و مشاهده کردیم برای توصیف مفهوم نیروی بین ذرات و اثرگذاری آن نیاز به تعریف میدان داریم. در نتیجه، میدان را به عنوان ناحیه‌ای از فضا که به هر نقطه‌ی آن یک مقدار نسبت می‌دهیم تعریف کردیم؛ این مقدار لزوماً فقط یک اسکالر نیست و می‌تواند بردار یا تانسور نیز باشد.

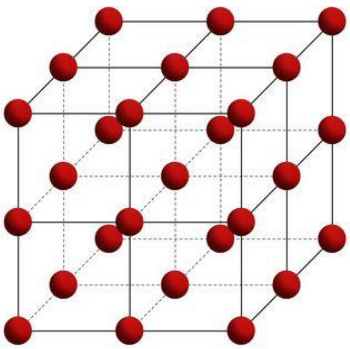
نکته‌ی مهم این است که در فیزیک کلاسیک در هر لحظه، به هر نقطه، فقط یک مقدار نسبت می‌دهیم؛ اما در نظریه‌ی میدان کوانتومی این مفهوم کمی متفاوت است. میدان را موجودی در نظر می‌گیریم که تمام فضا را پر کرده است حتی اگر ذره‌ای وجود نداشته باشد!

در این‌جا به نقطه‌ای می‌رسیم که می‌خواهیم ببینیم چگونه یک ذره از دلِ مفهوم میدان بیرون می‌آید، برای این کار کمکی از فیزیک ماده چگال که برای ما ملموس‌تر استمی‌گیریم.

ابتدا یک شبکه‌ی بلوری مانند شکل ۱ـــ۳ را در نظر بگیرید. می‌دانیم یک ساختار بلوری از تکرار یک سلول پایه به‌دست می‌آید، و اتم‌ها در نقاط شبکه قرار می‌گیرد. حال اگر یکی ازاین اتم‌ها را کمی جابه‌جا کنیم باعث می‌شود که اتم مجاور آن و سایر اتم‌ها نیز جابه‌جا شوند و در قیاس با ساختار اولیه، یک ارتعاش یا یک برانگیختگی ایجاد

59 Wavefunction Collapse

شود.در نتیجه یک سری مُدهای نوسانی به‌وجود آمده است. این مدهای نوسانی ایجاد شده فونون[60] نامیده می‌شوند که مانند فوتون‌های کوانتوم انرژی، اما در یک شبکه‌ی بلوری هستند.البته این گونه از ذرات را شبه‌ذره[61] می‌نامیم و در ادامه توضحیات بیش‌تری می‌دهیم. اما به‌طور کلی، این ذرات با ذرات بنیادی متفاوت هستند؛ زیرا ناشی از یک رفتار جمعی است، در حالی‌که یک الکترون به تنهایی وجود دارد و در ضمن دارای ساختار داخلی هم نیست.



شکل ۱-۳ساختار بلوری مکعبی

درباره‌ی میدان نیز می‌توانیم از این استدلال کمک بگیریم. یک نکته شایان ذکر است، از مکانیک کوانتومی می‌دانیم که حالتِ دارای کم‌ترین انرژی را حالتِ پایه می‌نامیم، سپس با اثر دادن عملگرهای خلق و فنا، روی این حالت می‌توانیم حالت‌های برانگیخته را به نوعی خلق، و فنای ذرات را شاهد باشیم. درباره میدان نیز ما یک حالت با کم‌ترین انرژی داریم که آن را **خلاء**[62] می‌نامیم و مقدار آن لزوماً صفر نیست!

این صفر بودن یا نبودن مقدار چشم‌داشتیِ خلاء منجر به ظهور نتایجی شگفت انگیز می‌شود که بحث درباره‌ی آن را به بعد موکول می‌کنیم.

در نتیجه، حالت کم‌ترین انرژی یا خلاء یک میدان را می‌توانیم به صورت زیر نمایش بدهیم:

شکل ۱-۴: میدان کوانتومی بدون حضور حالت برانگیخته یا ذره

حالا اگر مانند مثال ساختار بلور، یک برانگیختگی دراین میدان ایجاد شود، که منظور از برانگیختگی افزایش انرژی است، این افزایش انرژی و برانگیختگی در حالتِ خلاء سبب ظهور و پیدایش ذرات مختلف می‌شود. (شکل۱ـ۵)

شکل ۱-۵:برانگیختگی حالت خلاء و ظهور ذرات

معمولاً برای ایجاد این کار از وجود یک میدان دیگر استفاده می‌شود؛ یعنی یک ذره را وارد فضا می‌کنیم. این کار باعث به‌وجود آمدن اختلال در فضا و در نتیجه‌ی آن،ظهورذرات می‌شود. این کاری است که ما در مکانیزم هیگز برای توصیف چگونگی جرم‌دار شدن ذرات انجام می‌دهیم؛ یعنی با ورود یک میدانِ جدید به فضا به نام میدان هیگز[63] و اندرکنش آن با میدان‌های دیگر، ذرات دارای جرم می‌شوند!

---

[60] Phonon: فونون یک کوانتوم انرژی است. نوسان‌های هماهنگ همه‌یِ اتم‌ها در یک ساختار بلوری را فونون می‌گویند.

[61] Quasiparticle

[62] Vacuum

[63] Higgs Field

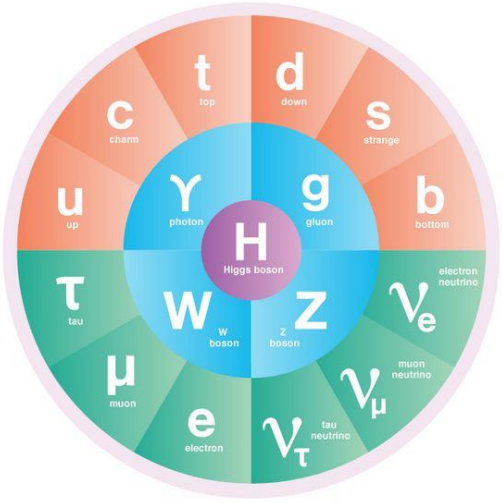
حال توجه خود را به دسته‌بندیِ ذرات معطوف خواهیم کرد.

بلوک‌های سازنده‌ی طبیعت[64]

تمام طبیعت یا کیهان قابل رویت، همانند یک ساختمان که در پایین‌ترین حد خود از تعدادی بلوک‌های سیمانی تشکیل شده است، دارای بلوک‌های بنیادی (ذرات) هستند که براساس یک سری ویژگی‌ها به دو قلمروی کاملاً مجزا از هم تقسیم می‌شوند.

از زمان کشف الکترون در سال ۱۸۹۷ تا کشف بوزون هیگز در سال ۲۰۱۲ مدت زمان زیادی طول کشید تا جدولی مشابه با جدول تناوبی مندلیف برای این بلوک‌های پایه یا ذرات بنیادی شکل بگیرد که در آخر، تحت عنوان مدل استاندارد **فیزیک ذرات**[65] شناخته شد.

ذرات سازنده‌ی این طبیعت به لپتون‌ها، کوارک‌ها، بوزون‌های پیمانه‌ای[66] یا حامل‌های نیرو و بوزون هیگز تقسیم می‌شوند.



شکل ۱-۶:مدل استاندارد فیزیک ذرات [۴]

برای اطلاعات بیش‌تر و بررسی اطلاعات هر ذره به مرجع ۴ مراجعه شود.

اکنون تمرکز خود را بر فرمیون و بوزون بودن قرار می‌دهیم. در بخش قبل، به تفاوت‌های ذره‌ی کلاسیکی و کوانتومی اشاره کردیم، حالا باید کمی بیش‌تر به آن بپردازیم و برای این کار به سراغ مفهوم**تمیز ناپذیری**[67] **ذرات** می‌رویم.

در فیزیک کلاسیک وقتی یک سیستمی از ذرات داشته باشیم هر ذره را می‌توانیم با قطعیت از دیگری تشخیص دهیم و به آن‌ها یک برچسب، که می‌تواند هرچیزی از جمله رنگ باشد، بزنیم و آن را درطی زمان دنبال کنیم و مکان هر کدام از ذرات به طور دقیق مشخص کنیم، اما در مکانیک کوانتومی داستان کاملاً متفاوت است!

در مکانیک کوانتوم، برای ذرات یکسان با انجام کاری مشابه آنچه که گفته شد، غیرممکن است بتوانیم آن‌ها را از همدیگر تشخیص دهیم؛ مثلاً الکترون‌ها که برچسب‌هایی مانند جرم و بار الکتریکی یکسانی دارند، همچنین به‌علت اصل عدم قطعیت[68] ردیابی و تشخیص ذرات یکسان از یکدیگر عملاً وجود ندارد.

اگر یک سیستم Nذره‌ای داشته باشیم می‌دانیم تابع حالت آن به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\psi(r_i, \dots, r_N) \quad (۱)$$

اگر آن‌ها را ذرات یکسان در نظر بگیریم تحت جابه‌جایی دو ذره، تابع حالت به اندازه‌ی یک فاکتور Cتغییر می‌کند:

$$\psi(\dots r_j, \dots r_i, \dots) = C\psi(\dots r_i, \dots r_j, \dots) \quad (۲)$$

[64] Nature Bulding Blocks
[65] Standard Model Of Particle Physics
[66] Gauge Bosons
[67] Indistinguishability
[68] Uncertainty principle

و اگر یک جابه‌جایی دیگر داشته باشیم خواهیم داشت:

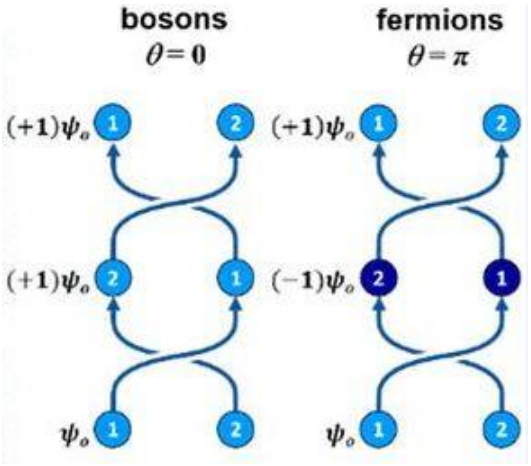
$$C^2 = 1 \Rightarrow C = \pm 1 \qquad (۳)$$

که علامت این فاکتور با اسپین ذرات ارتباط پیدا می‌کند. در حالت مثبت که تابعِ حالت دچار تغییری نمی‌شود، ذرات بوزون هستند و اسپین آن‌ها مقدار صحیحی را می‌گیرد. در حالت منفی، تابع حالت منفی می‌شود وفرمیون‌ها را خواهیم داشت که اسپین نیم صحیح را می‌گیرند.

در حالت کلی این فاکتور را با نماد $e^{i\theta}$ نشان می‌دهیم و برای دو حالت بالا داریم:

$$C = \pm 1 \rightarrow \theta = 0, C = -1 \rightarrow \theta = \pi \qquad (۴)$$

شکل ۱ـ۷ توضیحات بالا را به خوبی نشان می‌دهد.



شکل ۱-۷:رفتار بوزون‌ها و فرمیون‌ها تحت جابه‌جایی

با اینکه این تفاوت ناشی از یک محاسبه‌ی ریاضی است، اما مفاهیم عمیقی را در دل خود دارد .می‌دانیم که این دو گونه ذرات از آمار مخصوص خود تبعیت می‌کنند. به طور کلی این مفهوم، **آمار کوانتومی**[69] نامیده می‌شود.

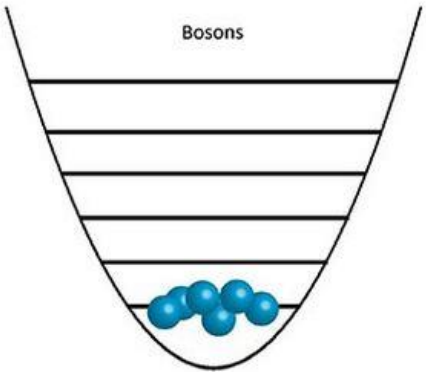
به گفته‌ی فرانک ویلچک[70] فیزیکدان برنده‌ی جایزه نوبل سال ۲۰۰۴: «آمار کوانتومی یک موضوع اساسی در درک طبیعت برای ماست.»

در بخش‌های بعدی خواهیم دید، چگونه این موضوع منجر به ظهور ذرات جدید و جالبی می‌شوند که بحث اصلی این گزارش است.

نکات دیگری درباره بوزون‌ها و فرمیون‌ها شایان ذکر است.

بوزون‌ها را به اصطلاح ذراتی اجتماعی و سازش‌پذیر می‌نامند و تمایل به ارتباط‌شان با دیگرذرات بالاست و به زبان دقیق‌تر احتمال بیش‌تری برای اشغال یک حالت کوانتومی توسط بوزون‌ها وجود دارد.

در شکل ۱ـ۸ مشاهده می‌کنید تعداد زیادی بوزون می‌توانند یک تراز انرژی را اشغال کنند.



شکل ۱-۸: رفتار بوزون‌ها در اشغال یک حالت کوانتومی

یکی از معروف‌ترین بوزون‌ها، فوتون است. برای درک آن باید به نظریه‌ی میدان‌های کوانتومی برگردیم که در آن مفهوم نیرو دچار تغییرات اساسی می‌شود و نیرو بین دو ذره، به صورت تبادل یک ذره بین آن دو تفسیر می‌شود.

[69] Quantum Statistical

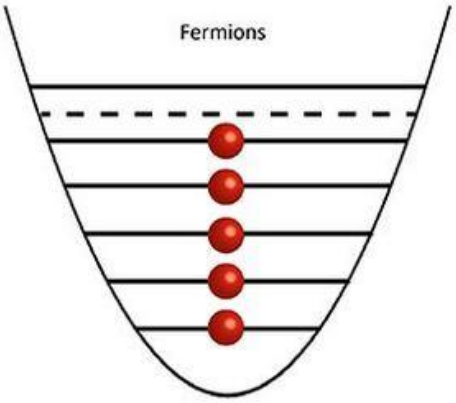
[70] Franck Wilczek

آمار کوانتومی‌ای که این ذرات از آن‌ها تبعیت می‌کنند را به پاس کارهای ساتیندرا بوز[71] و آلبرت انیشتین[72] آمار بوز-انیشتین نامیده شد، که در آن نشان داده می‌شود، تعداد ذراتی که می‌توانند یک تراز انرژی را اشغال کنند بی‌نهایت است!

در یک باریکه‌ی لیزر تعداد بسیاری از این ذرات بدون برخورد با یکدیگر در حال انتشار هستند.

برخلاف این ذراتِ اجتماع دوست، فرمیون‌ها ذراتی اهلِ گریز، تک‌رو و فردگرا هستندکه علاقه‌ای به تجمع با یکدیگر ندارند و یک حالت کوانتومی یکسان را اشغال نمی‌کنند. این بیان‌کننده‌ی اصل مهم حاکم بر این ذرات یعنی اصل **طرد پائولی**[73] است.

شکل ۱-۹ نمایش‌دهنده‌ی رفتار الکترون‌هاست.



شکل ۱-۹: اصل طرد پائولی و رفتار الکترون‌ها

در نتیجه الکترون‌ها که خود فرمیون هستند، ترازهای اتمی متفاوتی را اشغال می‌کنند. همین موضوع سبب پدیدارشدن تمام عناصر متفاوت موجود در جدول تناوبی می‌شود و شکل گرفتن شیمی را نتیجه می‌دهد.

همچنین آن‌ها از **آمار فرمی-دیراک**[74] تبعیت می‌کنند که در آن نشان داده می‌شود ذرات نمی‌توانند حالت کوانتومی یکسانی داشته باشند.

تا به حال با این دو دسته از ذرات آشنایی پیدا کردیم و برخی ویژگی‌های آن‌ها را به‌طور خلاصه مطرح کردیم؛ اما تمام این مطلب مقدماتی، برای درک بهتر ظهور شبه ذرات جدید لازم است اما هنوز هم برای ورود به بحث اِنیون‌ها به پیش زمینه‌هایی نیاز است.پیش‌نیازهایی جدید و جذاب!

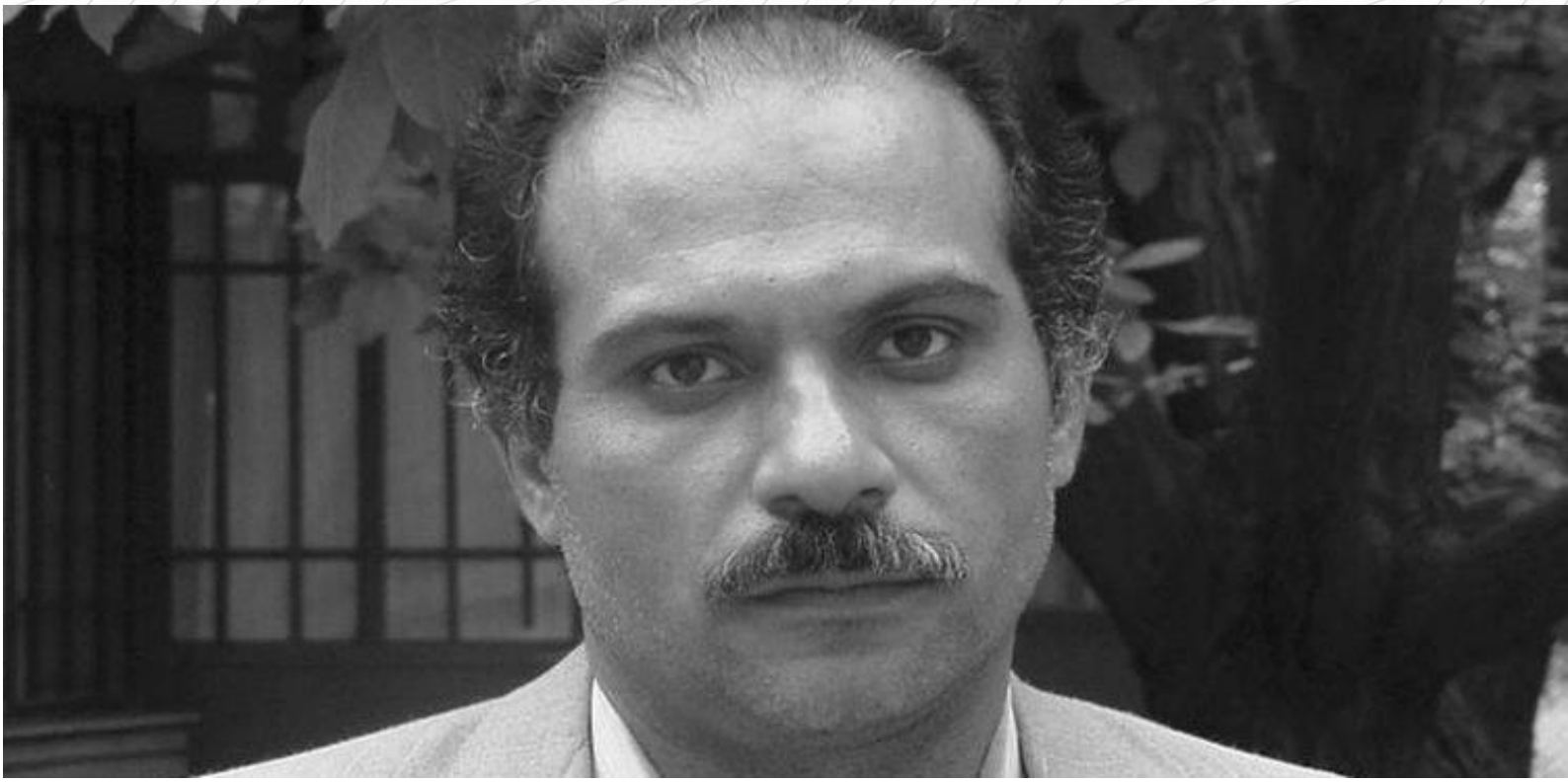
توپولوژی یا دانش شکل‌شناسی از جذاب‌ترین موضوعات ریاضیات است که کابردهای فراوانی در فیزیک دارد.

مطلب بعدی که باید به سراغ آن برویم توپولوژی است اما برای آشنایی با این موضوع جالب لازم است تا بخش بعدی صبر کنیم!

منابع:

1. Natalie Wolchover, What is a particle?,Quantamagazine, November 2020
2. Dana Najjar,'Milestone' Evidence for Anyons, a Third Kingdom of Particles, Quantamagazine, May 2020
3. Franck Wilczek, Inside the Knotty World of 'Anyon' Particles, Quantamagazine, February 2017
4. The Standard Model of Particle Physics, Symmetrymagazine

[71] Satyendra Bose
[72] Albert Einstein
[73] Pauli exclusion principle
[74] Fermi-Dirac Statistics



به یاد دکتر مسعود علی‌محمدی

استاد فیزیک دانشگاه تهران

صهبا خان احمدی دانشجوی کارشناسی فیزیک ورودی ۹۹ دانشگاه الزهرا(س)
Sahbakhanahmadi2002@gmail.com
ویراستار: فاطمه سادات صوف‌باف

صبح روز ۲۲ دی ماه ۱۳۸۸ دکتر مسعود علی‌محمدی جلوی درب منزل‌شان در یک بمب گذاری به شهادت رسیدند. شهید مسعود علی‌محمدی، سوم شهریور ۱۳۳۸ در تهران به دنیا آمدند. ایشان تحصیلات ابتدایی و متوسطه را در همان شهر گذراندند. دکتر علی‌محمدی از هوش و استعداد قابل توجهی برخوردار بودند. وجود روحیه حساس، گشاده‌رویی و خوش‌خلقی، از ایشان شخصیتی دوست داشتنی ساخته بود و همین امر سبب جذب دوستان زیادی شد.

شهید علی‌محمدی، مدرک کارشناسی را از دانشگاه شیراز در ۱۳۶۴، کارشناسی ارشد را در ۱۳۶۷ و دکتری فیزیک با گرایش ذرات بنیادی را از دانشگاه صنعتی شریف در ۱۳۷۱ ، کسب کردند. ایشان از دانشجویانِ اولین دوره دکتری فیزیک در داخل ایران و نخستین دانشجوی فارغ‌التحصیل دکتری فیزیک در ایران بودند. تخصص اصلی ایشان ذرات بنیادی، انرژی‌های بالا و کیهان‌شناسی بوده‌است. با پژوهشگاه دانش‌های بنیادی نیز طی سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۰ خورشیدی همکاری داشتند.

دکتر مسعود علی‌محمدی از زبان دوست و همشاگردی‌شان:

اولین باری که من او را دیدم تابستانِ سالِ ۱۳۵۶ بود.کت وشلوارِ کرم رنگی پوشیده بود و یک کیف سامسونت هم دستش بود. دوستی ما از همان‌جا شروع شد. همه دوران تحصیل، یعنی ۸ سال دوره لیسانس در دانشگاه شیراز، ۳ سال فوق لیسانس و ۴ سال دکتری در دانشگاه صنعتی شریف را باهم بودیم. مسعود از همان اول فیزیک را دوست داشت و با علاقه این رشته را انتخاب کرده بود. البته تصویری هم که از فیزیک داشت بیش‌تر مکانیک بود. بحث مکانیک دوران دبیرستان او را به فیزیک علاقه‌مند کرده‌بود.

قبل از انقلاب، دانشجوهای درس‌خوانی نبودیم، البته محیط اطراف ما محیط درس خواندن نبود. اما اوایل انقلاب و به خصوص بعد از بازگشایی دانشگاه‌ها، پس از تعطیلات دوران انقلاب فرهنگی، شروع کردیم به درس خواندن. ما خیلی درس‌ها را باهم می‌خواندیم، فکر می‌کنم این تیمی خواندن یکی از ویژگی‌های دوران ما بود. بعد از دکتری، هرکدام به دانشگاه‌های مختلف رفتیم، اما همه‌ی ما کارهای پژوهشی‌مان را در پژوهشگاه دانش‌های بنیادی که آن موقع اسمش مرکز تحقیقات فیزیک نظری بود، دنبال می‌کردیم. بعد از مدتی اوضاع مرکز عوض شد و تعدادی به پیشنهاد مسعود آنجا را ترک کردیم.

مسعود ۵۵ مقاله پژوهشی که حاصل فعالیت‌های پژوهشی متنوعش در زمینه فیزیک نظری بود را در مجلات معتبر بین المللی فیزیک به چاپ رساند. بسیاری از مقالاتِ او در زمینه‌ی فیزیک انرژی بالا در hep-th آرشیو شده‌اند، تعدادی هم در زمینه‌ی ماده چگال نرم در cond-mat و تعدادی هم در زمینه‌ی گرانش و کیهان‌شناسی در gr-qc آرشیو شده‌اند. او مدتی رئیس گروه فیزیک دانشگاه تهران، معاون پژوهشی دانشکده علوم و عضو هیئت ممیزه دانشگاه تهران بود. علاوه بر این‌ها مدتی هم نماینده ایران در شورای سزامی، شتابگر منطقه خاورمیانه تحت نظر یونسکو بود. سال ۱۳۸۶ هم برنده جایزه خوارزمی شد.

مسعود علاوه بر اینکه پژوهشگر پرتلاشی بود، معلم خوبی هم بود. شنیده‌ام که جزوه‌هایی که دانشجویان‌اش سر کلاس می‌نوشتند بین دانشجوها دست به دست می‌گردد. همه کسانی که مسعود را می‌شناختند، چه آن‌هایی که دوستش بودند و چه دیگران، بر نقش او در دوره‌ای از فیزیک ایران اتفاق نظر دارند. او از موفق‌ترین فیزیک‌پیشه‌های نسل خودش بود. در راه‌اندازی اولین دوره‌ی دکتری فیزیک سهم داشت. او انسانی آرمان گرا بود. اگر کاری را شروع می‌کرد در حد بضاعت خود تلاش می‌کرد تا آن را به بهترین نحو به سرانجام برساند. در دوران دانشجویی یا زمانی که استاد شده بود هیچگاه کیفیت را فدای چیزِ دیگری نمی‌کرد. حتماً در میان نسل جوانِ جامعه‌ی امروز کسانی با استعداد او کم نیستند، یا کسانی که مثل او به کشورشان عشق بورزند، یا آن‌هایی که مثل او سرشار از انرژی باشند، اما کسانی که همه‌ی این ویژگی ها را داشته‌باشند نادرند.

روحش شاد و راهش پررهرو باد.

برگرفته از مجله‌ی آموزشی فیزیک گاما، شماره‌ی ۲۳، تابستان ۱۳۸۹- به یاد مسعود علیمحمدی ، نوشته‌ی جناب آقای دکتر امیر آقامحمدی

فیزیک و جهان شگفت انگیز بلورهای برف

معصومه محمدی، دانشجو کارشناسی فیزیک ورودی ۱۴۰۰ دانشگاه الزهرا(س) m.mohammadi@student.alzahra.ac.ir
فاطمه صادقی، دانشجو کارشناسی فیزیک ورودی ۱۴۰۰ دانشگاه الزهرا(س) F81.sadeghi1987@gmail.com
ویراستاران: فاطمه سادات صوف باف، نرگس رستمی

شکل(1) چند نمونه از انواع مختلف بلورهای برف. [1]

آب، چه در ظرف سینی فریزر باشد چه در سطح دریاچه در زمستان، هنگام انجماد شکل ظرف را به خود می‌گیرد؛ اما زمانی که پای دانه‌های برف به میان می‌آید همان عمل ساده‌ی انجماد آب نتیجه‌ی کاملاً متفاوتی دارد و تنوع خیره‌کننده‌ای از اشکال متقارنِ پیچیده ایجاد می‌کند. تنوع این شکل‌ها به قدری هست که به راحتی این ضرب‌المثل قدیمی که می‌گوید:«هیچ دو دانه‌ی برف، دقیقاً شبیه هم نیست» را تایید می‌کند.

در واقع حتی توضیح کیفی، درمورد رشد این شاهکارهای یخیِ کوچک بسیار دشوار است. چرا که رشد دانه‌های برف پدیده‌ای غیرخطی و غیرتعادلی است. فرآیندهای ظریف، در مقیاس نانو می‌توانند تاثیر عمیقی بر گسترش الگوهای پیچیده در تمام مقیاس‌ها بگذارد. درک ساختار آن‌ها نیازمند تلفیق غنی دینامیک مولکولی، فیزیک سطح، ناپایداری‌های رشد، شکل‌گیری الگو و مکانیک آماری است.

اگرچه تعداد دانه‌های برفی که از ابرهای زمستانی می‌بارند بسیار زیاد است؛ اما ما اکنون می‌توانیم درک کنیم که چرا آن‌ها اشکال منحصر به فرد خود را می‌سازند.[۲]

• تفاوت بلور برف و دانه‌ی برف

بلور (کریستال) برف[75]، بلور منفردی از یخ است که در آن تمام مولکول‌های آب در یک آرایش شش ضلعی دقیق قرار گرفته‌اند.

در حالی که دانه‌ی برف[76] یک اصطلاح هواشناسیِ کلی است که برای توصیف انواع بارش‌های زمستانی به کار می‌رود: از بلورهای برف منفرد گرفته تا خوشه‌ای از بلورها که با هم تشکیل می‌شوند، یا حتی توده‌های بزرگ‌تری از بلورها که هنگام پایین افتادن با هم برخورد می‌کنند و به هم می‌چسبند. معمولاً تک بلورهای برف را همان **دانه‌های برف** می‌نامند.[۲]

• بلورهای برف چگونه تشکیل می‌شوند؟

تشکیل بلورهای برف، معمولاً زمانی آغاز می‌شود که به وسیله‌ی باد، توده‌ای از هوای گرم و مرطوب با توده‌ی متفاوتی از هوا برخورد کند و در سطح مشترک آن‌ها یک جبهه‌ی هوا[77] تشکیل شود. اگر این برخورد، توده‌ی هوای گرم را به سمت بالا هل دهد، بعد از بالا رفتن سرد می‌شود.

هنگامی که هوا به اندازه‌ی کافی سرد شد، مقداری از بخار آب موجود در آن متراکم شده و به بی‌شمار قطره‌ی کوچکِ آب تبدیل می‌شود. برای اینکه یک بلور بتواند تشکیل گردد باید در وهله‌ی اول هسته‌ی آن بسته شود، بنابراین هر یک از این قطرات نیاز به هسته‌ای دارند که بر روی آن متراکم شوند؛ این هسته‌ها توسط ذرات گرد و غبار موجود در هوا تامین می‌شوند.

تراکم تعداد زیادی از این قطره‌های کوچک (اغلب در اندازه‌های میکرون)، منجر به تشکیل ابر می‌شود. (یک ابر ممکن است حاوی یک میلیون تن آب باشد که همگی به شکل قطراتآبِ معلق هستند.)

زمانی که دما به زیر صفر درجه سلسیوس می‌رسد قطرات آب بلافاصله یخ نمی‌زنند، بلکه طی فرآیند **فراسرمایش**[78]، در حالتی که **فوق سرد**[79] نامیده می‌شود، در حالت مایع باقی می‌مانند. بنابراین وقتی ابرهای تازه تشکیل شده به سرد شدن ادامه می‌دهند گرد و غبار، یک سطح جامد را برای شروع فرآیند انجماد فراهم می‌کند و قطراتِ مَملو از گرد و غبار، در حدود ۶- درجه شروع به یخ زدن می‌کنند. از آن‌جایی که همه‌ی ذرات گرد و غبار متفاوت هستند، قطرات ابر همگی در یک دمای یکسان منجمد نمی‌شوند، پس طی این فرآیند یک گذار تدریجی وجود دارد.

وقتی قطره‌ای منجمد شود به ذره‌ی کوچکی از یخ تبدیل می‌شود که توسط قطرات آب، که به صورت مایع در ابر باقی مانده‌اند، احاطه شده است. با متراکم شدن بخار آب بر روی سطح خود یخ رشد کرده و

---

[75] Snow Crystal

[76] Snowflake

[77] Weather Front: جبهه‌ی هوا مرزی است که توده‌های هوا را از هم جدا می کند و ویژگی‌های مختلفی، مانند تراکم هوا، باد، دما و رطوبت برای آن متفاوت است.

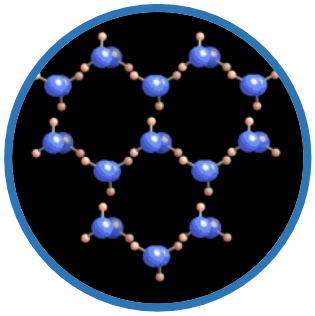
[78] Supercooling: فراسرمایش، فرآیندی است که در آن مایعات طی سرد شدن سریع، بدون هسته زایی به دمایی پایین‌تر از نقطه انجماد معمولی خود می‌رسند. به عبارتی، فراسرمایش اختلاف بین دمای شروع انجماد و دمای انجماد تئوریک است. مهم‌ترین مثال فرآیند فراسرمایش آب است. قطرات آب خالص را می‌توان قبل از یخ زدن تا 40- درجه فراسرمایش کرد.

[79] Supercooled State

طی این فرآیند یک دانه برف را تشـکیل می‌دهد. با بزرگ‌تر شـدن یخ، قطرات آب باقی مانده به آرامی تبخیر می‌شوند و بخار آب بیش‌تری را وارد هوا می‌کنند.
توجه داشـته باشـید که چه اتفاقی برای آب می‌افتد: قطرات آب تبخیر می‌شـوند و به هوا می‌روند و با متراکم شـدن بر روی بلورهای برفِ در حال رشـد از هوا خارج می‌شـوند. بنابراین بلورهای برف، بیش‌تر از بخار آب تشکیل می‌شوند نه آب مایع، و مستقیماً در یک ساختار شبکه‌ی بلوری، متبلور می‌شوند.
تقریباً یک میلیون قطره ابر باید تبخیر شود تا بخار آب کافی برای تشکیل یک بلور برف بزرگ فراهم شود.
هنگام بارش برف یک جریان خالص آب از حالت مایع (قطرات ابر) به حالت جامد (دانه‌های برف) وجود دارد. این زنجیره نسبتاً پیچیده‌تر از فرآیندهایی است که منجر به انجماد آبِ مایع در یک ابر می‌شود.
ساختارهای پیچیده‌ی شش ضلعی و متقارن که هیچ کدام شبیه یکدیگر نیستند!

• چرا تقارن شش وجهی؟

بلورهایی که دانه‌های برف را می‌سازند متقارن(یا دارای الگو) هستند؛ زیرا نظم داخلی مولکول‌های آب در بلورِ یخ را منعکس می‌کنند که طی فرآیند «**تبلور**[80]» خود را در اطراف ذرات گرد و غبار مرتب می‌کنند تا یک دانه‌ی برف شش وجهی را تشکیل دهند. از این رو تقارن شش وجهیِ بلورهای برف، از تقارن شش وجهی شبکه‌ی بلور یخ ناشی می‌شود.[۳]



شکل(۲). ساختار شبکه شش ضلعی مولکول‌های آب . همانطور که در شکل(۲) می‌بینید؛ کره های آبی بزرگ، نشـان دهنده‌ی اتم‌های اکسـیژن و کره های کوچک‌تر نشـان دهنده اتم‌های هیدروژن هستند.[۱]

سوال بعدی که مطرح می‌شود این است که نیروهای بین مولکولی که در مقیاس مولکولی شبکه‌ی بلوری یخ را به وجود می‌آورند، چگونه می‌توانند شکل یک بلور برف را که حدود ده میلیون برابر بزرگ‌تر است را کنترل کنند؟

یک بلور برف ستاره ای، با تشکیل یک صفحه شش ضلعی کوچک آغاز میشود و هنگامی که بلور بزرگتر میشود، شاخه ها از شش گوشه شروع به جوانه زدن میکنند.

پاسخ به این سوال، به چگونگی شکل‌گیری بلورها مربوط می‌شود. شکل هر بلور برف، با فرآیندهای مختلفی که رفتار رشد آن را کنترل می‌کنند، مشخص می‌شود؛ از جمله فرآیند«**تشکیل وجوه**[81]» و فرآیند«**انشعاب**[82]».

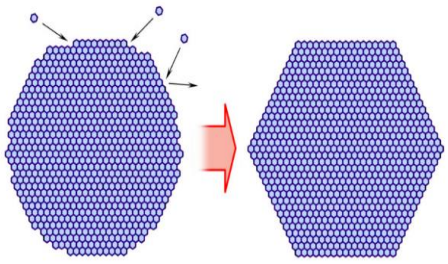
---

[80] Crystallization:بلورش یا بلوری شدن یا تبلور، فرآیندی است که طی آن، یک بلور جامد از یک محلول، بخار یا مذاب ماده‌ای ایجاد می‌شود.
[81] Faceting
[82] Braching

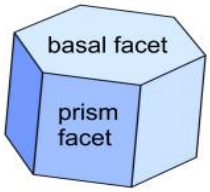
• فرآیند تشکیل وجوه

بلورهای برف، سطوح صاف و وجه‌دار را نشان می‌دهند؛ مانند آنچه که در سنگ‌های قیمتی و یا وسایل شیشه‌ای بلوری دیده می‌شود. درخششی که هنگام تابش خورشید بر یک ساحل برفی دیده می‌شود انعکاسی از وجه‌های کوچک بی‌شمار در بلورهای یخ است. وجه‌ها هنگام رشد بر روی بلورهای برف ظاهر می‌شوند.

مولکول‌های آب در هوا به سطح بلور برخورد می‌کنند و به آن می‌چسبند. آن‌ها به نقاط زبر و ناهموار روی سطح، جایی که پیوندهای شیمیایی زیادی وجود دارد، بیش‌تر و راحت‌تر از مناطق صاف (با پیوندهای کمتر) می‌چسبند. در نتیجه، سطوح صاف آهسته‌تر از سطوح ناهموار رشد می‌کنند. بخش‌های ناهموار خیلی زود پر شده و رشد می‌کنند و در نهایت آنچه باقی می‌ماند فقط سطوح صاف و وجه‌دار است.در نتیجه شکل اولیه‌ی هر بلور یک منشور شش ضلعی است.



شکل(۳). برخورد و چسبیدن مولکول‌های آب به نقاط ناهموار روی سطح بلور[۱]



شکل(۴). منشورهای شش ضلعی، ساده‌ترین شکل بلورهای برف هستندکه دارای دو وجه پایه (قاعده) و شش وجه منشوری هستند.[۱]

بنابراین، فرآیند تشکیل وجوه، باعث می‌شود سطوح صاف روی بلورها ظاهر شوند؛ سطوحی که تقارن مولکولی زیربنایی بلور را منعکس می‌کنند.

نکته‌ای که در مورد بلورهای برف وجود دارد این است که آن‌ها اغلب اشکال بسیار پیچیده‌ای را می‌سازند. این پیچیدگی از کجا ناشی می‌شود؟ به هر حال بلورهای برف چیزی بیش از یخ که از بخار آب متراکم شده باشد نیستند. پس چگونه عمل ساده‌ی انجماد بخار آب در یخ چنین طرح‌های پیچیده‌ای را ایجاد می‌کند؟

• فرآیند انشعاب

این فرآیند باعث می‌شود ساختارهای پیچیده‌ای از یخ رشد کنند.

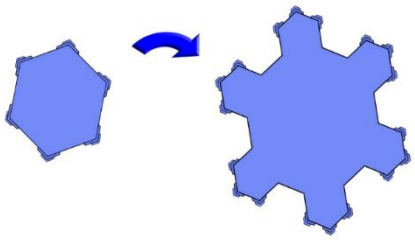
تغییر شکلی که یک منشور یخیِ وجه‌دار را به یک **دندریت**[83] ستاره‌ای با شاخه‌های پیچیده تبدیل می‌کند، نمونه‌ای بارز از **ریخت زایی**[84] فیزیکی است.

---

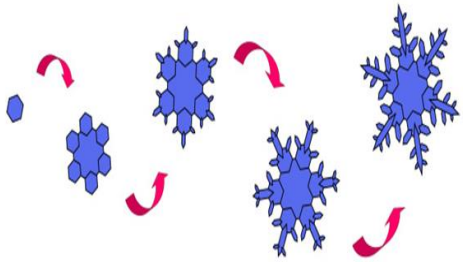
[83] Dendrite :بلور شاخه‌ای

[84] Morphogenesis: در یک تعریف کلی، ریخت زایی یا مورفوژنز به معنای قابلیت زیست شناختی یک موجود زنده در پروراندن شکل ظاهری خود است. در معنای فیزیکی، ریخت زایی عبارت است از ایجاد خود به خودی الگو و شکل توسط مواد بی‌جان، فرآیندی که طی آن نظم از آشوب به وجود می‌آید. جلوه‌های بسیاری از ریخت زایی فیزیکی وجود دارد که می‌توانید در اطراف خود پیدا کنید، مانند موج بر روی دریاچه‌ها یا الگوهای نواری بر روی دانه‌های برف و تپه‌های شنی و...

هنگامی که بلور برف (منشور شش وجهی) رشد می‌کند، سرعت رشد گوشه‌های آن کمی بیش‌تر است، زیرا آن‌ها بیش‌تر به هوای مرطوب می‌چسبند و باعث جوانه زدن شاخه‌ها می‌شوند. با بزرگ‌تر شدن بلور، همین اثر باعث می‌شود از گوشه‌های هر شاخه، شاخه‌های جانبی جوانه بزنند. این فرآیند مسئول اشکال پیچیده‌ی بلورهای برف است.



شکل(۵). انشعاب یک بلور برف[۱]



شکل(۶). مراحل تشکیل یک بلور برف[۱]

انشعاب، نمونه‌ای از ناپایداری رشد[85] است. اتفاقی که می‌افتد این است: گوشه‌های یک صفحه‌ی شش ضلعی کمی بیرون می‌زنند، بنابراین کمی سریع‌تر رشد می‌کنند و دوباره همین اثر باعث بیرون زدگی بیش‌تر آن‌ها و رشد سریع‌ترشان می‌شود.

به عنوان یک قاعده‌ی کلی، زمانی که بلورهای برف کوچک هستند یا زمانی که به آرامی رشد می‌کنند، «تشکیل وجوه» غالب می‌شود و بلورهای بزرگ‌تر با رشد سریع‌تر،«منشعب» می‌شوند.

بلور با عبور از میان ابرها تغییر دما و رطوبت را تجربه می‌کند و هر تغییر باعث می‌شود که بازوهای آن کمی متفاوت رشد کنند.

شکل دقیق نهایی بلور برف با مسیر دقیقی که از میان ابرها طی کرده است تعیین می‌شود. اما شش بازوی آن همگی مسیر یکسانی را طی کرده‌اند، پس هر یک از آن‌ها تغییرات یکسانی را تجربه کرده‌اند. بنابراین این شش بازو، همزمان رشد می‌کنند و شکل پیچیده و در عین حال متقارنی به خود می‌گیرند.[۱]

اما چرا هیچ دو دانه برفی دقیقاً شبیه هم نیستند؟

به دلیل اینکه همه‌ی دانه‌های برف، تا از آسمان به زمین برسند، مسیرهای کمی متفاوت را دنبال می‌کنند و در طول مسیر با شرایط جوی کمی متفاوت روبه‌رو می‌شوند. از این رو، همه‌ی آن‌ها تمایل دارند منحصر به فرد به نظر برسند. بنابراین شبیه همه چیز از منشور و سوزن گرفته تا الگوی های ستاره‌ای معروف هستند.[۴]

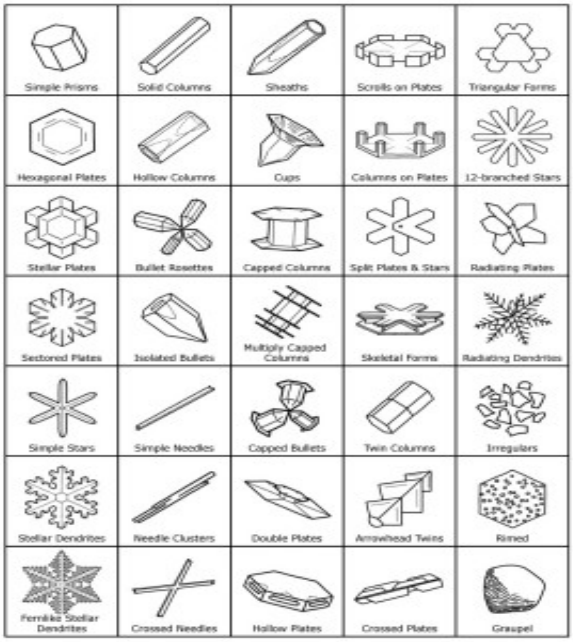
---

[85] growth instability

• شکل‌های مختلف بلورهای برف

همه‌ی دانه‌های برف، شبیه ستاره‌های شش پَر نیستند. البته، خیلی از آن‌ها از این نوع هستند، اما بلورهای عجیب و غریبی نیز وجود دارند که از ابرهای زمستانی می‌بارند. اینکه چند نوع دانه‌ی برف وجود دارد تعداد دقیق و مشخصی ندارد؛ بستگی به این دارد که چند نوع برای آن تعریف کنیم.

در اینجا برخی از انواع رایج آن‌ها را بررسی می‌کنیم:

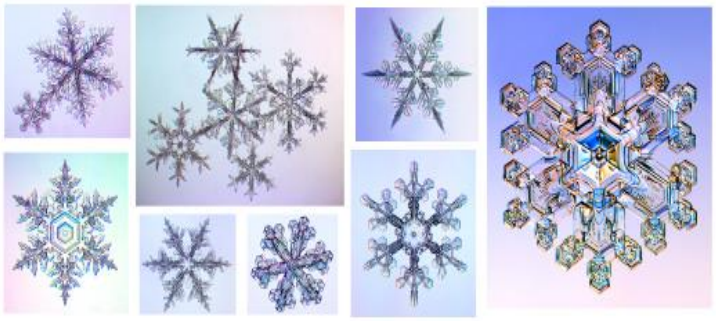


شکل(7). 35نوع از رایج ترین دانه‌های برف[۱]

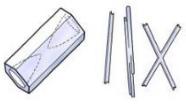
• دندریت‌های ستاره‌ای[86]

همان‌طور که در نمونه‌های شکل 8 نیز می‌بینید، این‌ها قابل تشخیص‌ترین بلورهای برف هستند. نام آن‌ها از ظاهر ستاره مانند آن‌ها به همراه شاخه‌های اصلی و جانبی‌شان گرفته شده است (dendriteبه معنی درخت مانند). آن‌ها رایج و نسبتاً بزرگ هستند؛ معمولا 4-2میلی‌متر قطر دارند و به راحتی با چشم غیر مسلح دیده می‌شوند.

شما به راحتی می‌توانید آن‌ها روی لباس خود ببینید، مخصوصا اگرپارچه‌ی تیره‌تر بپوشید. بهترین نمونه از آن‌ها معمولاً زمانی که هوا کاملاً سرد باشد ظاهر می‌شوند؛ در دمای حدود ۱۵- درجه سانتی‌گراد.



شکل (8). نمونه‌هایی از دندریت‌های ستاره‌ای[۱]



• ستونی‌ها و سوزنی‌ها[87]

بلورهای ستونی برف، زمانی ظاهر می‌شوند که دما در حدود 6- درجه سانتیگراد (21درجه فارنهایت) باشد و می‌توانند بسیار رایج باشند.

ستون‌های شش ضلعی که اغلب با نواحی توخالی مخروطی (و متقارن) در انتهای خود تشکیل می‌شوند ستون‌های توخالی نامیده می‌شوند.گاهی اوقات انتهای آن‌ها رشد کرده و یک جفت حباب را در یخ محصور می‌کند. این بلورها کوچک هستند و برای مشاهده آن‌ها نیاز به یک ذره‌بین خوب هست.

---

[86] Stellar Dendrites

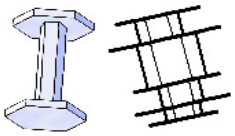
[87] Columns and Needles

سوزنی‌ها نیز بلورهای ستونی و باریکی هستند که در دمای حدود ۵- درجه سانتیگراد(۲۳ درجه فارنهایت) رشد می‌کنند.این بلورها روی آستین لباس شما شبیه تکه‌های کوچکی از موهای سفید هستند.

یکی از نکات جالب در مورد بلورهای برف این است که با تغییر اندک دما، رشد آن‌ها از صفحات نازک و تخت به سوزن‌های بلند و باریک تغییر می‌کند؛ و علت این اتفاق هنوز یک معماست.

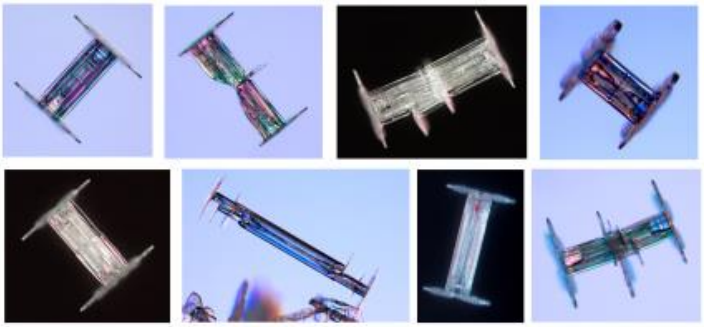
شکل(9). نمونه‌هایی از دانه‌های برف ستونی و سوزنی[۱]

- ستون‌های کلاهدار[88]



این نوع از دانه‌های برف زیاد رایج نیستند اما اگر به دنبال آن‌ها بگردید، پیدا کردن آن‌ها، آسان است. این بلورها ابتدا ستونی مانند رشد می‌کنند و سپس، به منطقه‌ای از ابرها وارد می‌شوند که در آن‌جا رشدشان صفحه مانند می‌شود. در نتیجه دو بلور نازک و صفحه مانند در انتهای یک ستون یخی رشد می‌کنند. ستون‌های کلاهدار چندگانه دارای صفحات اضافی بین دو صفحه بیرونی هستند.

در واقع یک ستون کلاهدار زمانی شکل می‌گیرد که در حین رشد در دماهای مختلف حرکت کند. ابتدا در دمای حدود 6- درجه سانتیگراد (21درجه فارنهایت) یک ستون تشکیل می‌شود، سپس در دمای حدود 15- درجه سانتیگراد(یا 5درجه فارنهایت) صفحات در انتهای ستون‌ها رشد می‌کنند.



شکل(10). نمونه‌هایی از ستون‌های کلاهدار[۱]

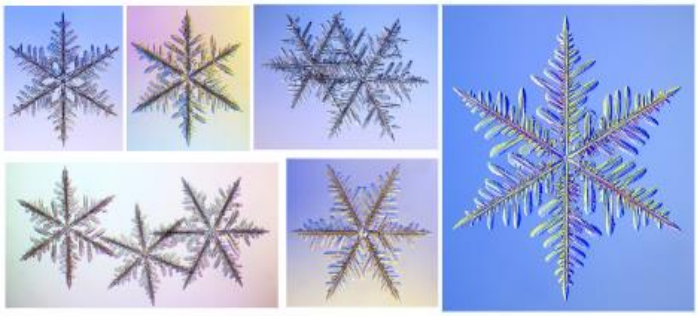
- دندریت‌های ستاره‌ای سرخس مانند[89]

این بلورها مانند دندریت‌های ستاره‌ای هستند، اما بزرگ‌تر و پر برگ‌تر از آن‌ها و دارای شاخه‌های جانبی زیاد، که باعث می‌شود شبیه شاخه‌های یک سرخس به نظر برسند. اگر با دقت نگاه کنید، خواهید دید که شاخه‌های جانبی اغلب موازی با شاخه‌های مجاور خود قرار گرفته‌اند. همچنین مشاهده می‌کنید که این بلورها کاملا متقارن نیستند و شاخه‌های جانبی یک بازو با دیگر بازوها یکسان نیست.

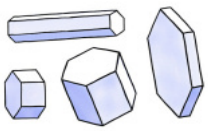
---

88 Capped Columns

89 Fernlike Stellar Dendrites



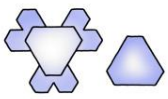
این‌ها بزرگ‌ترین بلورهای برف هستند که اغلب با قطر ۵ میلیمتر یا بیش‌تر به زمین می ریزند. اما با وجود اندازه‌ی بزرگشان، بلورهای منفرد یخ هستند. آن‌ها می‌توانند بسیار نازک و سبک باشند، بنابراین یک توده‌ی برف با چگالی کم می‌سازند.



- بلورهای گرد الماس[90]

این بلورهای ریز برف شبیه به جرقه زدن گرد و غبار زیر نور خورشید هستند و نام خود را از همین‌جا گرفته‌اند. آن‌ها کوچک‌ترین بلورهای برف هستند.(بسیاری از آن‌ها بزرگ‌تر از قطر موی انسان نیستند.) و اغلب در هوای بسیار سرد دیده می‌شوند. شکل اصلی بلورهای یخ، یک منشور شش ضلعی است که بسته به رشد وجه‌های مختلف می‌تواند به شکل صفحات شش ضلعی نازک، ستون‌های شش ضلعی باریک (مانند مدادهای چوبی) یا هر چیز دیگری در این بین ظاهر شود.

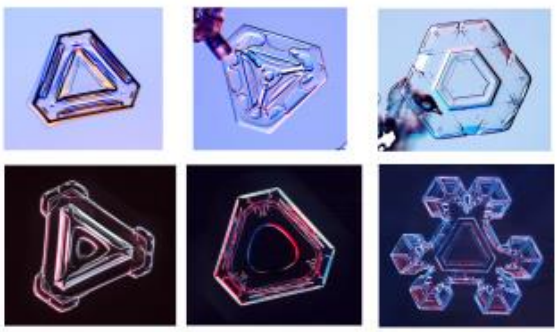
شکل(11).نمونه‌هایی از منشورهای شش وجهی[۱]



- بلورهای مثلثی[91]

گاهی اوقات زمانی که دما نزدیک به ۲- درجه سانتیگراد (۲۸ درجه فارنهایت)باشد، صفحات به صورت مثلث‌های کوتاه رشد می‌کنند. اگر گوشه‌های صفحات جوانه بزنند، نتیجه یک نسخه‌ی عجیب از بلور صفحه ستاره‌ای است. به نظر می‌رسد که اثرات آیرودینامیکی به تولید این بلورهای برف غیرمعمول کمک می‌کند؛ اما هنوز هیچ کس نمی‌داند که دقیقاً چرا بلورهای برف به این شکل‌های متقارن سه وجهی تبدیل می‌شوند.

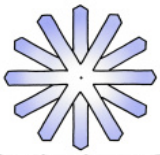
توجه داشته باشید که ساختار مولکولی بلورهای مثلثی تفاوتی با کریستال های شش وجهی معمولی ندارد و زاویه‌های وجه همه آن‌ها یکسان است!



شکل(۱۲).نمونه‌هایی از بلورهای مثلثی[۱]

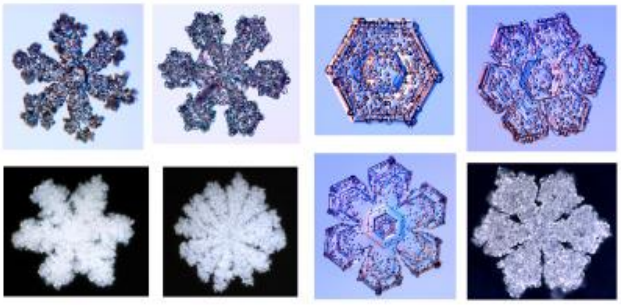
[90] Diamond Dust Crystals

[91] Triangular Crystals

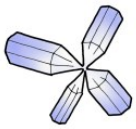


- دانه‌های برف دوازده شاخه[92]

اگر دو بلور برف شش شاخه کوچک در میانه هوا با هم برخورد کنند ممکن است به هم بچسبند و به یک دانه برف دوازده شاخه تبدیل شوند.در حقیقت گاهی اوقات ستون‌های کلاهدار با یک پیچش شکل می‌گیرند؛ یک پیچش ۳۰ درجه‌ای خاص.صفحات انتهایی هر دو بلور، شش وجهی هستند، اما یکی از آن ها نسبت به دیگری ۳۰ درجه چرخانده می‌شود. این نوعی از دوقلویی شدن بلورها است که در آن دو بلور در جهت خاصی به هم متصل می‌شوند. این بلورها بسیار نادر هستند، اما گاهی بارش برف تعداد کمی از آن‌ها را به همراه خواهد داشت.



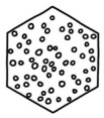
شکل(31).نمونه‌هایی از دانه‌های برف دوازده شاخه[۱]



- گل سرخ گلوله‌ای[93]

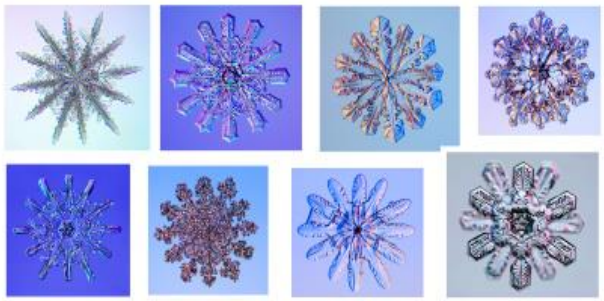
گاهی هسته‌ی یک دانه یخ، بلورهای متعددی تولید می‌کند که همگی در جهت‌های تصادفی با هم رشد می‌کنند. هنگامی که قطعات مختلف به شکل ستونی رشد می‌کنند، نتیجه، یک گل سرخ گلوله‌ای نامیده می‌شود. این پلی کریستال‌ها اغلب تجزیه می‌شوند تا بلورهای گلوله مانند مجزایی باقی بمانند. گاهی اوقات یک گل گلوله‌ای می‌تواند به یک گل گلوله‌ای کلاهدار تبدیل شود.

شکل(۱۴).نمونه‌هایی از گل سرخ‌های گلوله‌ای[۱]



- دانه‌های برف یخ پوشه مات‌دار و تگرگ ریز[94]

بلورهای برف، درون ابرهایی که از قطرات آب ساخته شده‌اند رشد می‌کنند. اغلب یک بلور برف با چند قطره آب که روی یخ منجمد می‌شوند، برخورد می‌کند؛ این قطرات را «**یخ پوشه مات**»[95]می‌نامند.یک بلور برف ممکن است یخ پوشه مات نداشته باشد یا چند قطره یخ پوشه مات داشته



شکل(۱۵).نمونه‌هایی از دانه‌های برف یخ پوشه مات‌دار و تگرگ ریز[۱]

---

[92] Twelve-branched Snowflakes

[93] Bullet Rosette

[94] Rimed Snowflakes and Graupel

[95] Rime :یخ پوشه مات وقتی شکل می‌گیرد که اشیایی با دمای زیر نقطه انجماد در داخل مه قرار گیرند. در چنین حالتی ذرات کوچک مه یخ می‌زنند و به سطح سرد جسم می‌چسبند.

باشـد و یا گاهی اوقات بلورها کاملا با یخ پوشـه مات پوشـانده می‌شـوند. حباب‌های یخ پوشـه مات را «**تگرگ ریز**[96]» می‌نامند.[۱][۵]

• تاریخچه‌ی مطالعه‌ی بلورهای برف

بر اسـاس تحقیقات کنت جی لیبرشـت[97]، اولین گزارش‌های ثبت شـده در مورد این اشـکال ظریف به 135قبل از میلاد، در چین برمی‌گردد. محقق چینی، هان یین[98] می‌نویسـد: «گل‌های گیاهان و درختان عموماً پنج وجهی هستند، اما گل‌های برفی که «**ینگ**[99]» نامیده می‌شوند، همیشه شش وجهی هستند.» اما اولین دانشمندی که سعی کرد دلیل این اتفاق را بفهمد، احتمالاً یوهانس کپلر[100] بود.

در سـال ۱۶۱۱، کپلر هدیه‌ای را به حامی خود رودلف دوم[101]،امپراتور مقدس روم، تقدیم کرد؛ این هدیه مقاله‌ای به نام «**دانه برف شش گوشه**» بود. کپلر می‌نویسد که هنگام عبور از پل چارلز پراگ[102] متوجه دانه برفی روی یقه‌اش شد و چاره‌ای جز آنکه به هندسه آن بیندیشد نداشت. او می‌نویسد:«**باید دلیلی وجود داشته باشد که برف به شکل یک ستاره شش گوشه است. این نمی‌تواند تصادفی باشد.»**

او نامه‌ای از توماس هریوت[103] را به یاد می‌آورد که به عنوان دریانورد برای سـر والتر رالی[104] خدمت می‌کرد. در حدود سال ۱۵۸۴، هریوت به دنبال کارآمدترین راه برای انباشتن گلوله‌های توپ بر روی عرشه کشتی رالی بود. هریوت دریافت که برای بسته‌بندی کره‌ها از نزدیک به هم، الگوهای شش ضلعی بهترین راه به نظر می‌رسند. او در مورد آن با کپلر مکاتبه کرد. کپلر به این فکر کرد که آیا چیزی مشابه در دانه‌های برف اتفاق می‌افتد، و آیا می‌توان شـش ضـلع آن‌ها را به آرایش «کوچک‌ترین واحد طبیعی مایعی مانند آب» مرتبط کرد.

این یک بینش اولیه قابل توجه در فیزیک اتمی بود،بینشی که تا ۳۰۰ سال رسمیت نیافت. مولکول های آب تمایل دارند با دو هیدروژن و یک اکسیژن به هم متصل شده و آرایش‌های شش ضلعی را تشکیل دهند. کپلر و معاصرانش نمی‌توانستند بدانند که این موضوع چقدر اهمیت دارد. ناتلسون[105] گفت:«به دلیل پیوند هیدروژنی و جزئیات نحوه برهمکنش مولکول‌ها با یکدیگر، شما این ساختار بلوری نسبتاً آزاد را دارید.» این ساختار شش ضلعی علاوه‌بر کمک به رشد دانه‌های برف، باعث می‌شود یخ چگالی کم‌تری

---

[96] Graupel :برف دانه یا تگرگ ریز اشاره به بارش اشکالی از قطره‌های آب منجمد شده است که شبیه دانه‌های برف می‌باشد. برف دانه تگرگ محسوب نمی‌شود، هرچند گاهی با نام تگرگ ریز از آن یاد می‌شود. با این حال سازمان جهانی هواشناسی برف دانه را گلوله‌های کوچک برفی پوشیده شده با یخ توصیف نموده است که توصیفی مابین توصیف برف دانه و تگرگ می‌باشد.

[97] KeneetG.Libbrecht

[98] Han Yin

[99] Ying

[100] Johannes Kepler:دانشمند آلمانی

[101] Rudolf II

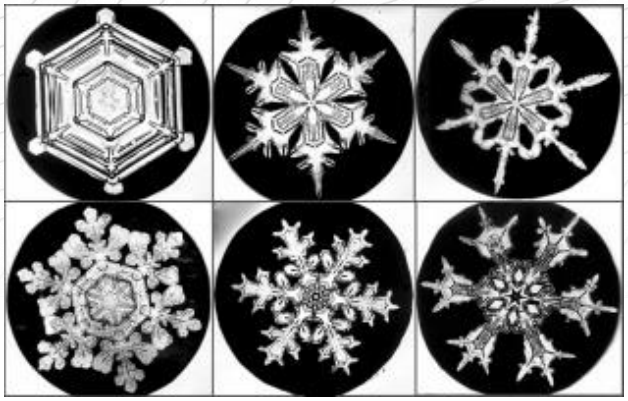
[102] Charles Bridge

[103] Thomas Harriot:دانشمند و ستاره‌شناس انگلیسی هم عصر کپلر

[104] Sir Walter Raleigh:کاشف و جهانگرد انگلیسی

[105] Natelson

نسبت به آب مایع داشته باشد که به شدت بر ژئوشیمی، ژئوفیزیک و آب و هوا تأثیر می‌گذارد. به گفته ناتلسون، «اگر یخ روی آب شناور نمی‌شد، زندگی روی زمین امکان پذیر نبود.»

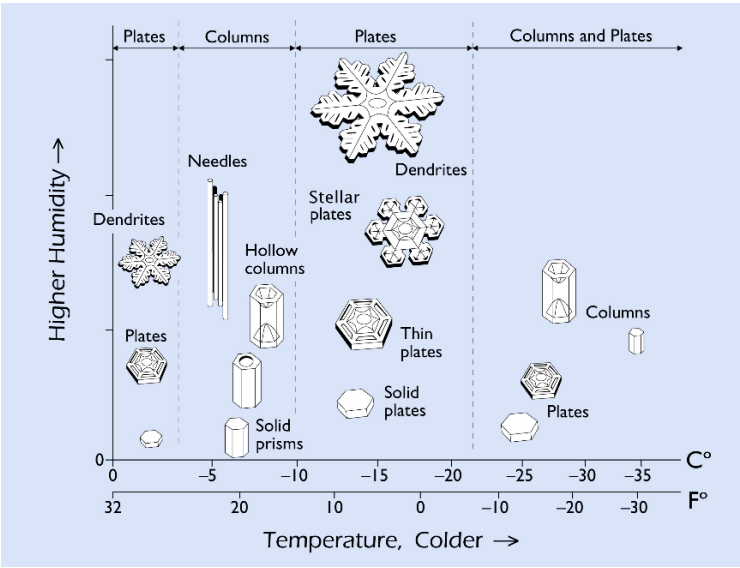


شکل(۱۶). چند نمونه از عکس‌های گرفته شده توسط بنتلی[۱]

پس از رساله کپلر، مشاهده دانه برف بیش از آنکه یک علم باشد، یک سرگرمی به شمار می‌رفت. در سال ۱۸۸۰ یک کشاورز و عکاس آمریکایی به نام ویلسون بنتلی[106] شروع به ساختن اولین تصاویر بلورهای برف با استفاده از صفحات عکاسی کرد.او بیش از ۵۰۰۰ تصویر تهیه کرد.

سپس در دهه ۱۹۳۰، اوکیچیرو ناکایا[107]، فیزیکدان ژاپنی، مطالعه سیستماتیک انواع مختلف بلورهای برف را آغاز کرد. در اواسط قرن بیستم، ناکایا دانه‌های برف را در آزمایشگاه تولید می‌کرد و از موهای خرگوش برای معلق کردن بلورهای برفک[108] در هوای یخچال، جایی که آن‌ها می‌توانند به دانه‌های برف کامل تبدیل شوند، استفاده می‌کرد. او با تنظیم رطوبت و دما برای رشد دو نوع بلور اصلی فهرست اصلی‌اش از اشکال احتمالی را گردآوری کرد. [۶]

- نمودار ریخت شناسی[109](مورفولوژی) بلورهای برف



نحوه‌ی رشد بلورهای برف به شدت به دما و رطوبت ابرها بستگی دارد. این موضوع در نمودار ریخت شناسی بلورهای برف که **نمودار ناکایا** نامیده می‌شود، خلاصه شده‌است. ناکایا این رفتار را با رشد کریستال های برف در آزمایشگاه خود در سال ۱۹۳۰ کشف کرد.این نمودار، در طول سال‌ها توسط محققان دیگر اصلاح و گسترش داده شده است، اما ویژگی‌های اساسی آن بدون تغییر باقی مانده است. در این نمودار می‌توان دو روند اصلی را مشاهده کرد:

شکل(۱۷). نمودار ناکایا، انواع ریخت شناسی بلورهای برف را که در دماها(محور افقی) و سطوح رطوبت(محور عمودی) مختلف رشد می‌کنند، ترسیم می‌کند.[۱]

---

[106] Wilson Bentley
[107] Ukichiro Nakaya
[108] Frost Crystals
[109] Morphology Diagram

۱.شکل‌گیری بلوربرف با افزایش دما به طور چشمگیری تغییر می‌کند. بلورهای صفحه مانند نازک در دماهای نزدیک به ۲- درجه سانتیگراد (۲۸ درجه فارنهایت) ظاهر می‌شوند، ستون‌های باریک نزدیک به ۶- درجه سانتیگراد (۲۱ درجه فارنهایت) رشد می‌کنند، صفحات نازک بزرگ نزدیک ۱۵- درجه سانتی گراد (۵ درجه فارنهایت) رشد می‌کنند، و می‌توان صفحات یا ستون‌ها را در دماهای پایین‌تر پیدا کرد.

۲.زمانی که رطوبت کم و رشد بلورها آهسته است، بلورهای برف به شکل‌های ساده‌تر رشد می‌کنند. وقتی رطوبت بالا باشد و بلورها به سرعت رشد کنند، شکل‌های پیچیده‌تر و منشعب‌تری ظاهر می‌شوند.

این‌که چرا بلورهای برف به این شکل رشد می‌کنند هنوز به طور کامل درک نشده است، اگرچه پیشرفت‌های زیادی در این زمینه صورت گرفته است. رفتار رشد یخ به ساختار مولکولی و دینامیک در سطح بلور بستگی دارد، و همه این‌ها آنقدر پیچیده است که هیچ کس واقعا همه چیز را در مورد آن درک نمی‌کند.

اگرچه علم پیشرفت‌های زیادی در درک اسرار کیهان داشته‌است، اما هنوز در این ساختارهای یخی شگفت انگیز، رازهایی باقی مانده‌است.[۱]

- **پیشنهادی برای مطالعه بیش‌تر:**

کنت جی لیبرشت، استاد فیزیک موسسه فناوری کالیفرنیا[110](مشهور به CalTech) است که روی دینامیک مولکولی رشد بلور مطالعه می‌کند؛ که در اصل فیزیک دانه‌های برف است. او علاوه بر این‌که مقالات و کتاب‌های متعددی در این زمینه تالیف کرده است، در وبگاه www.snowcrystals.com خلاصه کتاب‌ها، مطالعات و همچنین تصاویر خارق‌العاده‌ای که از بلورهای برف ثبت کرده است منتشر کرده است. اگر شما به مطالعه بیش‌تر درباره بلورهای برف و دیدن تصاویر آن‌ها علاقه‌مند هستید، می‌توانید به این وبگاه مراجعه کنید.

از راهنمایی های «جناب آقای دکتر حسین حکیمی پژوه» و «جناب آقای دکتر کوروش رحیمی» در ترجمه متن صمیمانه تشکر می کنیم.

منابع:

1.www.snowcrystals.com
2.www.americanscientist.org/article/the-formation-of-snow-crystals
3.www.stevespanglerscience.com/2013/01/21/the-science-behind-snowflakes/
4.www.noaa.gov/stories/how-do-snowflakes-form-science-behind-snow
5.www.its.caltech.edu/~atomic/snowcrystals
6.www.quantamagazine.org

[110] California Institute of Technology

مرگ، پایان ستاره‌ها نیست...

به یاد دکتر «آلنوش طریان[111]»، مادر نجوم ایران

معصومه محمدی دانشجوی کارشناسی فیزیک ۱۴۰۰ دانشگاه الزهرا(س) m.mohammadi@student.alzahra.ac.ir
ویراستار: فاطمه سادات صوف‌باف

در طول تاریخ، اگرچه فرمان علم اغلب در دست مردان بوده است اما کم نبودند زنانی که با وجود تمام موانع و نابرابری‌ها قدم در راه علم گذاشته و در برافروختن چراغ آن تلاش کرده‌اند. آن‌ها برای قدم گذاشتن و پیشرفت در این راه با کلیشه‌های بسیاری که می‌توانست مانع آن‌ها باشد مبارزه کردند.

هر زنی در این راه داستان خودش را دارد، که شنیدن هر کدام می‌تواند الهام بخش زنان امروز و فردا برای قدم نهادن در راه علم باشد.

مانند زنی که داستانش در مسیر علم به ستاره‌ها پیوند می‌خورد و خودش می‌شود ستاره‌ای همواره روشن در آسمان علم ایران. آغاز داستانش را خودش اینگونه تعریف می‌کند: «من به پدرم گفتم می‌خواهم کاری کنم که از عهده هر کسی بر نیاید. از بچگی دیده و شنیده بودم که چطور مردم مثلاً می‌گویند: دخترها نمی‌توانند ریاضی بخوانند یا فلان کار را انجام دهند و این همیشه باعث آزردگی من می‌شد و می‌خواستم ثابت کنم که دختر یا پسر بودن فرقی ندارد و اگر انسان استعداد و پشتکار کافی داشته باشد، از عهده هر کاری بر می‌آید و ثابت هم کردم.»

به مناسبت ۱۵ اسفند، سالگرد درگذشت دکتر «آلنوش طریان»، از چهره‌های تاثیرگذار فیزیک و به خصوص اخترفیزیک ایران، به مرور زندگی علمی ایشان را می‌پردازیم:

دکتر «آلنوش طریان»، ۱۸ آبان ۱۲۹۹ (۹ نوامبر ۱۹۲۰) در یک خانواده ارمنی در تهران متولد شد. با اینکه خانواده از اهالی هنر و ادبیات بودند اما او راه هنر را پی نگرفت و به گفته خودش به دلیل اینکه معلم فیزیک خیلی خوبی داشته، مجذوب فیزیک شد.

دکتر طریان سال ۱۳۲۶ مدرک لیسانس فیزیک خود را از دانشگاه تهران دریافت کرد و مدتی به عنوان متصدی عملیات آزمایشگاهی دانشکده علوم مشغول به کار شد. سال ۱۳۲۸ پس از آنکه با درخواست

[111] AlenushTerian انگلیسی، Ալենուշ Տերյան ارمنی

بورسیه وی موافقت نشد، به تشویق پدرش و با هزینه شخصی راهی فرانسه و وارد بخش فیزیک اتمسفر دانشگاه پاریس شد و در سال ۱۳۳۵ با مدرک دکتریاز دانشگاه سوربن فارغ التحصیل شد. با وجود پیشنهاد کرسی استادی دانشگاه سوربن برای خدمت به کشور به ایران بازگشت و بلافاصله از سوی دانشگاه تهران دعوت به همکاری و تدریس شد؛ وی در ابتدابا سمت دانشیار فیزیک،واحد ترمودینامیک را در دانشگاه تهران تدریس کرد.

سال ۱۳۳۸ برای شرکت در بورس مطالعه رصدخانه فیزیک خورشیدی که دولت فدرال آلمان غربی در اختیار دانشگاه تهران گذاشته بود انتخاب شد و بعد از چهار ماه مطالعه به ایران بازگشت.

دکتر طریان در سال ۱۳۴۳ به مقام استادی دانشگاه تهران ارتقا پیدا کرد تا نخستین فیزیکدان زنی باشد که در دانشگاه‌های ایران به این مقام می‌رسد.

در سال ۱۳۴۵ به عنوان عضوی از کمیته ژئو فیزیک دانشگاه تهران انتخاب و در سال ۱۳۴۸ رسماً به ریاست موسسه ژئو فیزیک دانشگاه تهران منصوب شد و فعالیت خود را در رصدخانه فیزیک خورشیدی که خود در بنیان‌گذاری آننقش عمده‌ای داشت، آغاز کرد. وی همچنین برای اولین بار درس فیزیک ستاره‌ها را در دانشگاه تهران تدریس کرد. خودش در این باره می‌گوید:«پیش از آنکه من فیزیک ستارگان را در دانشگاه تدریس کنم این درس وارد دانشگاه‌های ایران نشده بود و تنها علم نجوم تدریس می‌شد،آن هم نه در رشته فیزیک بلکه ریاضی. زمانی که از من برای تدریس در دانشگاه دعوت کردند، از آنجا که دستیار دکتر روشن[112] بودم،در ابتدا ترمودینامیک تدریس می‌کردم، اما پس از مدتی قرار شد برای اولین بار در ایران و به صورت مستقل درس فیزیک ستاره‌ها را برای دانشجویان رشته فیزیک تدریس کنم.»

دکتر طریان، به عنوان اولین استاد زن فیزیک ایران و یکی از پایه‌گذاران اختر فیزیک و نخستین رصدخانه و تلسکوپ خورشیدی در ایران به دلیل نقشی که در پیشبرد اختر فیزیک در ایران داشته به «مادر نجوم نوین و بانوی اختر فیزیک ایران» ملقب گردید.ایشان پس از ۳۲ سال خدمت صادقانه به کشور و تربیت استادانی ارزشمند سال ۱۳۵۸ به درخواست خود بازنشسته شدند. همچنین قبل از مرگ، کتابخانه شخصی خود را به سازمان اسناد و کتابخانه ملی ایران اهدا کردند و وصیت کردند منزل‌شاندر اختیار دانشجویان ارامنه جلفا و دانشجویانی که اسکان مناسبی ندارند قرار داده شود.زنی که مجذوب فیزیک و عاشق جهان ستاره‌ها شد و عمرش را در این راه وقف کرد، سرانجام در تاریخ ۱۵ اسفند ۱۳۸۹ در ۹۰ سالگی رهسپار آسمان، جایی که به آن تعلق داشت شد و در گورستان ارامنه تهران به خاک سپرده شد.

داستان او به پایان رسید،اما مرگ، پایان ستاره‌ها نیست....

روحش شاد و راهش پر رهرو باد.

منبع: ویکی‌پدیا

[112] دکتر امانت‌اله روشن زائری مشهور به ا.روشن، نویسنده و مترجم و فیزیکدان ایرانی و از مهره‌های اصلی دانشکده علوم دانشگاه تهران بود

مقدمه‌ای بر فیزیک اعصاب

حدیث سلیمانی، فارغ التحصیل رشته‌ی فیزیک آماری و سیستم های پیچیده، دانشگاه الزهرا(س)
h_soleimani1993@yahoo.com
ویراستاران: الهام خلیلی دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیک اپتیک و لیزر دانشگاه یزد lhm.kly77@gmail.com، نرگس رستمی

در سال‌هاي اخير فيزيک از يک علم محض به يک علم کاربردي تبديل شده است و ديگر در کم‌تر جايي فيزيک صرفاً به عنوان رشته‌ای بدون کاربرد مشخص، در مقاطع کارشناسی و بالاتر تدريس می‌شود. اين امر به دليل راهکارهايي است که فيزيک براي پژوهشگران رشته هاي مختلف به ارمغان آورده است، که علت آن هم به واسطه مهارت‌هاي تحليلي فيزيک پيشگان است. از اولين معادله‌ی ديفرانسيل ارائه شده براي پتانسيل عمل نورون‌هاي مغز و اعصاب توسط هاجکين و هاکسلي گرفته تا پيشنهاد نانوفناورانه توسط فاينمن، همه راهکارهايي است که علوم پايه و به خصوص فيزيک به جامعه‌ی پزشکي، صنعت و پژوهشگران رشته‌هاي مختلف ارائه داده است. در اين مقاله سعي مي‌شود جايگاه فيزيکِ اعصاب به عنوان زيرشاخه‌اي از بيوفيزيک به دانشجويان و پژوهشگران فيزيک معرفي شود تا اهميت همراه شدن با جامعه‌ی جهاني و آموزش دانشجويان فيزيک مطابق کاربردهاي روز روشن‌تر گردد. ما ابتدا با معرفي دستگاه اعصابِ مرکزي از ديدگاه فيزيک شروع کرده و سپس به معرفيِ قوانين بنيادي فيزيک اعصاب می‌پردازيم.

واژه‌های کلیدی: فیزیک اعصاب، علوم اعصاب، نورون، سیناپس، حافظه

مقدمه

از آن‌جا که بدن و مغز قسمت‌هايي از يک دنياي فيزيکي هستند، بايد يک نظريه‌ی کامل وجود داشته باشد که بتواند بدن و مغز را در قالب يک نظريه‌يفيزيکي توضيح دهد. ساختار اين نظريه‌ی فيزيکي به شدت به جنبه‌هايي که به صورت عملکرد عملي و بازخوردهاي تجربي توضيح داده مي‌شود، بستگي خواهد داشت.(۱) در مورد خصوصيات اين نظريه و اصول آن، نظريات بسيار مختلفي وجود دارد. برخي از فيزيکدانان اعصاب[113] ظهور چنين نظريه اي را در قرن جاري همانند ظهور مکانيک کوانتومي در قرن گذشته می‌دانند، که خود جاي بحث دارد. از زماني که نقش الکتريسيته در اعصاب توسط لوييجی گالوانی[114] در نيمه‌ی دوم قرن ۱۸ هنگام مطالعه‌ی بدن قورباغه‌ی تشريح شده مشخص شد، عملاً فيزيک وارد تحقيقات علوم اعصاب شد.(۲) بعد از اختراع ميکروسکوپ، علوم اعصاب وارد فاز جديدي شد. در ۶۰ سال اخير و به خصوص بعد از شکل گيري نظريه‌ی نورون، به عنوان واحد بنيادي عملگر مغز و تأييد آزمايشگاهي آن و همچنين گزارش تحريک پذيري الکتريکي نورون‌ها و تأثير آن بر حالت

[113] Neurophysicists

[114] Luigi Galvani

نـــورون‌هـــاي مجـــاور، فيزيكدانان زيادي به اين سيستم علاقـــه‌منـــد شـــدند.(۳و۴) بعد از ورود بيوفيزيكداناني چـــون هاجكين و هاكسلي[115] بـــه اين تحقيقات، علوم اعصـاب كه تا آن زمان بيش‌تر بـــه صـــورت شاخه‌اي از روانشناسي بحث مي‌شد، شكلي بنيـادي همـراه بـا اندازه‌گيري و محاسبات به خود گرفت. به عنوان مثال قـــــوانين گذردهي يون‌ها و باز و بسـته شـدن دروازه‌ی كانال‌هـــــاي يـــــوني كـــــه حدود ۵۰سـال موضـوع تحقيق فيزيولوژی اعصاب بود، توسط ايـــن دو نفـــر بـــه صـــورت آزمايشـــگاهي همـــراه بـــا معـــادلات ديفرانسيل محاسباتيِ مربوطه، ارائه شد.(۵و۹)

بعد از مـــدل فيزيكـــي-رياضـــيِ هـــاجكين-هاكســـلي، علـــوم اعصاب با شتاب بسيار زيادي رشـد كرده و به صـــــورت يكـــــي از وسيع‌ترين رشته‌هاي بين‌رشـته‌اي درآمـده اسـت. در ايـــن بـــين فيزيک اعصاب خود بـــه گـــرايش‌هـــاي مختلفـــــي اعـــــم از فيزيـــــک اعصـاب تجربي، محاسباتي، آماري و فلسفي تقسيم شـــده اســـت. (۱۰و۱۱) با ابداع يک روش فيزيكي براي ثبت جريان گذرنده از يک كانالِ يوني توســـط بيوفيزيكداني بنـام نِهِـر[116] و يک فيزيولوژيسيت به نام سكمن[117] راه براي كشف جزئيات كانـــال‌هـــاي تبادل يوني هموار شد. (۱۲و۱۳) هم اكنون به كمک روش‌هـــاي مولكولي، حتي مي‌توان معادلات فيزيكي غيرخطي اين كانال‌ها را به دست آورد. (۱۴)

با تحقيقات يک بيوفيزيكدان ديگر، به نام برنارد كنز[118] در مورد سيناپس‌ها، راه برای ارائه‌ی نظريه‌ی حافظه هموار شـــد.(۱۵و۱۷) در اين مقاله بعد از توصيف ساده‌ی ساختار فيزيكی مغز و اعصاب، به معرفی قوانين فيزيكی حاكم بر آن می‌پردازيم. به دنبال آن با معرفی انواع سيناپس‌ها، مبنای شكل گيری حافظه را مورد بررسی قرار می‌دهيم.

شكل۱. طرح نمادين مغز همراه با يک مركز نورونی، يک نورون و يک كانال يونی.

۱- دستگاه مغز و اعصاب از ديدگاه فيزيک

كار اصلي دستگاه اعصاب، برقراري ارتباط و تحليـل اطلاعـات است.(۳) به عنـوان مثـال وقتـي كتـابي را مطالعـــه مـــي‌كنـــيم اطلاعات بينايي از طريق چشم و ياخته‌هاي دريافت كننده نور در شبكيه، به صورت پيام‌هاي الكتريكي، رمزگذاري شده و بـــه قسمت‌هاي خاصي در مغز منتقل می‌شـــود. ايـــن اطلاعـات در مركزهاي نورونيِ مربوطه، تحليل شده و در نهايت منجـر بـه تفسير خاصـي از آن جسـم مـي‌شـود، كه ما آن را "ديدن"می‌گوييم.(۱۸) مغز با توجه به آن تفســـــير، دســـــتورات لازم را به قسمت‌هاي حركتي داده و به اين ترتيب با محـيط اطـراف خود ارتباط برقرار مي‌كند. دقت در دريافت، ارسال و تجزيـــــه و تحليل اين پيام‌ها جهت بقا و تامين مايحتاج روزانـــه بســـيار مهم و حيـــاتي

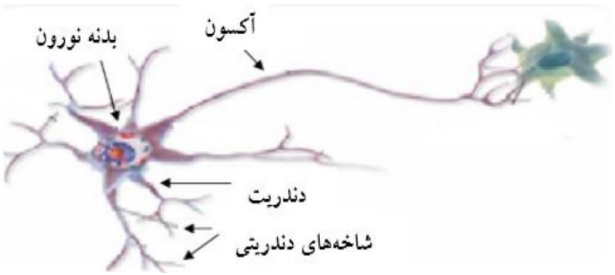
[115] Hodgkin and Huxley
[116] Neher
[117] Sekmen
[118] Bernard Katz

است. به همین ترتیب اطلاعات شنوایی، بویایی، چشایی و لامسه نیز در قسمت‌های مربوطه در مغز تجزیه و تحلیل می‌شوند. این مراکز نورونی شامل تعداد زیادی نورون می‌باشند که با نظم خاصی با یکدیگر ارتباط دارند. (شکل۱) واحدهای ساختاریِ بنیادیِ این مراکزِ نورونی، نورون‌ها هستند. دستگاه اعصاب بدن ما حدود 10^{12} نورون داشته و در هر میلی متر مکعب از ماده‌ی مغزی حدود 10^{5} نورون وجود دارد(۱۹). برخلاف سایر یاخته‌های بدن، مدت کوتاهی بعد از تولد، تقسیم یاخته‌ای نورون‌ها متوقف می‌شود. به همین دلیل برخی قسمت‌های مغز در دوران کودکی دارای تعداد نورون‌های بیشتری نسبت به دوران بزرگسالی است، زیرا نورون‌های مرده جایگزین نمی‌شوند. اما در عوض در تمام طول زندگی، نورون‌ها در حالت ایجاد ارتباط جدیدی با یکدیگر هستند که این نقص را جبران می‌کند(۲۰و۲۱). خاصیت اصلی نورون‌ها در تحریک‌پذیر بودن آن‌ها است. به این معنی که هرگاه تحریکی به این یاخته‌های مغزی وارد شود، از خود پیام (پتانسیل عمل[119]) تولید می‌کنند. بعضی از یاخته‌های دیگر بدن همانند یاخته‌های عضلانی(ازجمله قلب) و غدد درون‌ریز و همچنین یاخته‌های گیاهی نیز تحریک پذیر هستند ولی یاخته‌های تحریک‌پذیر اصلی همان نورون‌ها هستند.(۲۲) این پتانسیل‌های عمل از طریق شاخک‌های ورودی و خروجی مخصوصی به نام دندریت[120] و آکسون[121] به نورون‌های دیگر منتقل می‌شوند. جزئیات فیزیکی تولید پتانسیل عمل که عامل اصلی انتقال پیام‌های عصبی بین نورون‌ها است، در ادامه خواهد آمد.

۱-۲ ساختار نورون‌ها

نورون یا یاخته‌ی عصبی، واحد بنیادی سازنده‌ی دستگاه اعصاب مرکزی (CNs[122]) شامل مغز، نخاع و اعصاب جانبی است. یک نورون، یک یاخته‌ی تحریک پذیر الکتریکی است که اطلاعات را تجزیه و تحلیل کرده و به وسیله‌ی پیام‌های الکتریکی و شیمیایی به سایر نورون‌ها منتقل می‌کند. ساختار نورون‌ها متشکل از سه قسمت اصلی است: دندریت، بدنه‌ی نورون و آکسون (شکل۲). پیام از طریق دندریت به بدنه‌ی نورون می‌رسد و در آنجا با توجه به شرایط مختلف منجر به تولید یا عدم تولید پتانسیل عمل می‌شود. در صورت تولید پتانسیل عمل، این پیام از طریق آکسون به نورون‌های دیگر منتقل می‌شود.(۲۳و۲۴)

شکل۲. یک نورون همراه با اتصال سیناپسی .

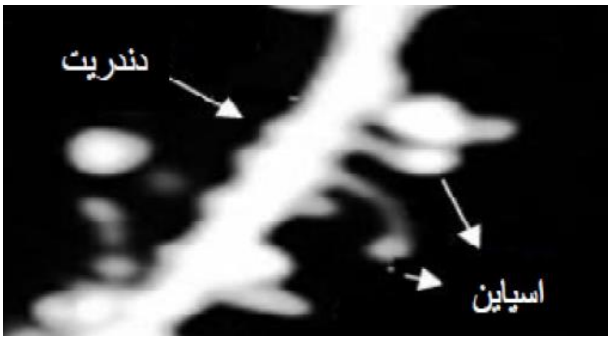


۱-۱-۲ آکسون

آکسون زائده‌ای باریک و معمولاً بلند است که نقش خروجی را در نورون داشته و پیام‌های عصبی را به نورون‌های بعدی هدایت می‌کند. آکسون دارای یک ساختار لوله‌ای با قطر تقریباً ثابت است که طول آن از چند میلیمتر تا ۲ متر در

[119] Action Potential
[120] Dendrite
[121] Axon
[122] Central Nervous system

بعضي موارد تغيير مي‌كند. آكسون‌ها به دو گروه ميلين دار و بدون ميلين تقسيم مي‌شوند. ميلين يک ماده‌ی پروتئيني و چربي فسفردار سفيدرنگي است كه بعضي از آكسون‌ها را به صورت يک غلاف ناپيوسته مي‌پوشاند. همين ماده است كه باعث رنگ سفيد برخي اعصاب و بعضي از نواحي مغز و نخاع مي‌شود. ميلين با ايجاد نارسانايي بيشتر بر روي سطح تارهاي عصبي باعث افزايش رسانايي پيام‌هاي عصبي در طول رشته‌هاي عصبي مي‌شود و علاوه بر آن وظيفه‌ی نگهداري از ياخته‌هاي عصبي را به عهده دارد. از نظر عملكرد، آكسون معمولاً پيام‌ها را انتقال مي‌دهد؛ در حالي‌كه دندريت‌ها پيام‌ها را دريافت مي‌كنند. با اين حال استثناء هم وجود دارد. بعضي از نورون‌ها داراي آكسون نيستند و جالب اينجاست كه قادرند پيام را از طريق دندريت انتقال دهند. محلي كه آكسون‌ها به ياخته‌هاي بعدي متصل مي‌شوند سيناپس نام دارد كه در قسمت‌هاي بعدي به آن اشاره مي‌كنيم(۳و۴).



شكل۳. اسپاين در انتهاي دندريت‌ها.

۲-۱-۲ دندريت

دندريت تحريک‌هاي الكتروشيميايي رسيده از ساير نورون‌ها را به بدنه‌ی نورون مورد نظر مي‌رساند. معمولاً دندريت‌ها داراي شاخه‌هاي متعددي هستند. (شكل۲) در سرتاسر اين شاخه‌ها زائده‌هاي بسيار كوچكي به نام اسپاين[123] حضور دارند كه در تشكيل سيناپس با آكسون نورون قبلي شركت مي‌كند(شكل۳). عملكرد دقيق فيزيكي و سازوكارهاي داخلي اسپاين هنوز به طور كامل شناخته شده نيست و تحقيقات در اين زمينه در حال انجام است. خوشبختانه اسپاين‌ها به كمک ميكروسكوپ‌هاي اسكن‌كننده‌ی ليزري دوفوتوني قابل مشاهده هستند (۲۵و۲۷).

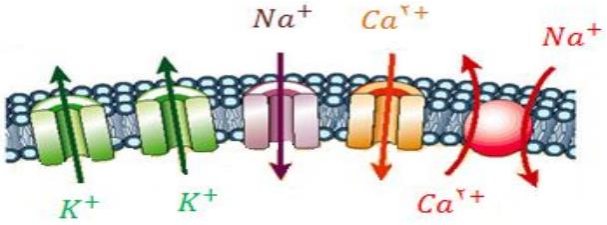
۲-۱-۳ بدنه‌ی نورون (سوما[124])

بدنه‌ی نورون همانند ساير ياخته‌ها، داراي يک غشای دولايه‌اي فسفات چربي (فسفوليپيد) است كه مايع درون ياخته‌ای را از محيطِ بيرونِ نورون جدا مي‌كند. مولكول‌هاي اين غشاء داراي يک سرِ قطبي هستند كه در آب يا محلول‌هاي آبي (سيتوپلاسم) قابل حل هستند ولي سر ديگر آن‌ها (اسيد چرب) در چربي‌ها قابل حل هستند. در محيط آبي، اين مولكول‌ها به طور طبيعي تشكيل ساختار دولايه مي‌دهند، به طوري كه سر قابل حل در چربيِ اين مولكول‌ها (هيدروفوبيک[125]) در وسط ساندويچ شدو سر قابل حل در آب (هيدروفيليک[126]) به سمت بيرون مي‌رود (۳).

در سرتاسر اين غشاء كانال‌هاي يوني وجود دارد (شكل۴). كانال‌هاي يوني از پروتئين‌هايي

[123] Spine
[124] Soma
[125] Hydrophobic
[126] Hydrophilic

تشکیل شده‌اند که درون و بیرون نورون را به هم مرتبط می‌کند. این کانال‌ها فقط به یون‌های خاصی اجازهٔ عبور می‌دهند که به آن، نفوذپذیریِ غشاء نسبت به آن یونِ خاص گفته می‌شود و قابل محاسبه است. در غشاء نورون پمپ‌های یونی وجود دارند که با صرف انرژی ناشی از آدنوزین تری فسفات (ATP)[127] یون‌ها را به سمت مورد نظر می‌رانند. تحقیقات تجربی و محاسباتی گسترده‌ای در حال حاضر برای کشف معادلات غیرخطی حاکم بر نحوه‌ی عملکرد این پروتئین‌ها در حال انجام است.



شکل۴. کانال های‌یونی واقع در غشای نورون

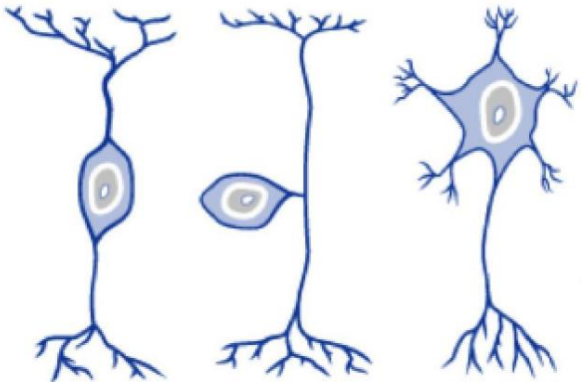
سازوکار باز و بسته شدن این کانال‌های یونی، مسئول تحریک‌پذیر بودن غشاء است. کانال‌ها به پارامترهای زیادی از جمله پتانسیل غشاء بستگی دارد (۲۸و۳۱). تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که تحریک پذیرترین قسمت بدنه‌ی نورون، قسمتی است که آکسون از آنجا خارج می شود[128](۳۲). در اثر نفوذ پذیری غشاء نسبت به بعضی یون‌ها، یک اختلاف غلظت یونی بین درون و بیرون غشاء ایجاد می‌شود. این اختلاف غلظت منجر به یک اختلاف پتانسیل الکتریکی بین درون و بیرون این نورون‌ها می‌شود که به آن پتانسیل غشاء گفته می‌شود. این قطبش الکتریکی در تمام طول عمر نورون‌ها وجود خواهد داشت. نورونی که این اختلاف پتانسیل الکتریکی را از دست بدهد، یک یاخته‌ی مرده محسوب می‌شود. پتانسیلِ غشای نورون‌ها در مغز حیوانات حدود ۶۵mV− است (همیشه درون یاخته‌ی منفی در نظر گرفته می شود). به سادگی می‌توان فهمید که این اختلاف پتانسیل، تولید یک میدان الکتریکی در عرض غشای نورون می‌کند. از آن‌جا که ضخامت غشای نورون بسیار کم است (حدود ۳.۵nm)، این اختلاف پتانسیل کوچک ۶۵mV می‌تواند گرادیان پتانسیل (میدان الکتریکی) بسیار بزرگی (حدود ۱۹۰۰۰۰۰V/cm) را ایجاد کند. اگر این گرادیان را با اندازه‌ی گرادیان پتانسیل یک خط انتقال برق فشار قوی (حدود ۲۰۰۰۰۰ V/cm) مقایسه کنیم، به بزرگی آن پی می‌بریم. همچنین می‌توان ساختار یک خازن الکتریکی را در یک نورون دید. در آزمایش مشخص شده است ظرفیت غشای یک یاخته نوعی، حدود $1\mu F/cm^2$ است. این ظرفیت به این معنی است که برای داشتن ۱V اختلاف پتانسیل بین دو طرف غشاء نیاز به وجود 10^{-6} کولن بار خنثی نشده در هر طرف از غشایی به مساحت $1cm^2$ می‌باشد (۳۱و۳۲و۳۳).

همان‌طور که در شکل ۵ نشان داده شده‌است، نورون‌ها با توجه به تخصص آن‌ها در تحلیل انواع خاصی از اطلاعات نام گذاري مي‌شوند. نورون‌هاي حسي وظیفه‌ی تحلیل اطلاعات حسي (بينايي، شنوايي، بويايي، چشايي و لامسه) را دارند. اخیراً نیز حس دیگري که به حس ششم معروف شده است در ليست حواس جاي گرفته است. این حس که معمولاً در

[127] Adenosine triphosphate

[128] Axon hillock

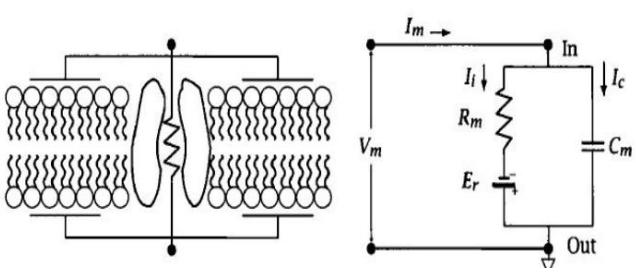
ماهي‌هاي الكتريكي بـه عنـوان حـس جـايگزين بينـــايي عمـــل مي‌كند، حس الكتريكي نام دارد. فيزيكِ حس الكتريكي بســـــيار جالب و درخور تحقيق اســـت (۳۴). نورون‌های حرکتی وظیفه‌ی انتقال اطلاعات از مغز به عضلات و نورون‌های بین نورونی (واســـطه) وظیفه‌ی انتقال اطلاعات بین نورون‌های مختلف را به عهده دارند. (۲۴)



شـــكل۵. نام گذاري نورون ها بر اساس وظايف آن‌هاست.

۴-۱-۲ مدل فیزیکی بدنه‌ی نورون

با در نظرگرفتن نورون به صـــورت يک خازن و همچنين با در نظـر گرفتن كانال‌هاي يوني مي‌توان مدل فيزيكيِ ســاده‌اي بـراي غشـاي نورون در نظر گرفت. اگر V_{rest} را پتانسـيل اسـتراحت نورون، R مقاومت الكتريكي غشـــاء، C ظرفيت الكتريكي غشـاء و V_m را پتانسـيل غشـاء در نظر بگيريم، می توانيم يک مدار معادل الكتريكي، مطابق قســمت ســمت راســت شــكل۶را برای آن در نظر بگيريم. همچنين می‌توان نورون را با تزريق جريان بســيار كوچـک الكتريكي I_{inj} ، در حـد نـانو آمپر تحريـكِ مصـــنوعی كرد و با توجه به مدل ســـاده‌ای آن را تحليل كرد. مـدل ســـازی غشـــای نورون جهت محاسبه و پيش‌گويی پتانسيل غشايِ آن، موضوع تحقيق روز افراد بسياری از زيست شناسی، فيزيک، رياضی، شيمی و مهندسی است(۳۴و۳۵).



شكل۶. مدار الكتريكي معادل غشای‌يک نورون .

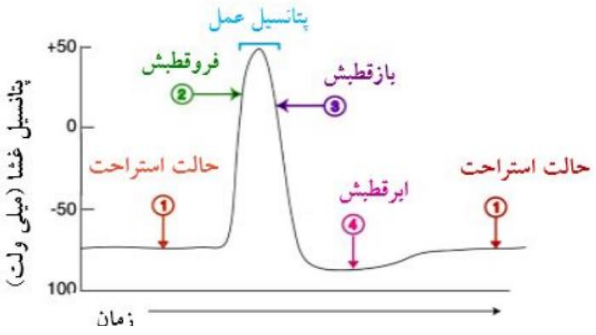
۵-۱-۲ پتانسیل استراحت و پتانسیل آستانه

وقتي يک نورون در حالت اســـتراحت بوده و هيچ تحريكي به آن وارد نشود، پتانسيل غشاي آن يک مقدار ثابـت اسـت كـه بـه آن پتانسيل استراحت مي‌گويند. وقتی پیامی (یک اختلال الکتریکی) به دســـتگاه اعصـــاب می‌رســـد، می‌تواند ســـبب واقطبيدگی[129] (مثبت تر شدن پتانسيل غشاء) و يا فراقطبيدگی[130] (منفی تر شـــدن پتانســـيل غشـــاء) شود. در صـــورتي‌كـــه قطبيـــدگيِ غشـــاء از حـــد آســـــتانه (پتانسيل آستانه) بيش‌تر شود، ناگهان غشـــاي نـــورون به قطبش خود ادامه داده و تا حدود ۱۰۰mV+ می‌رسد. سپس به‌طور خيلی سريع به پتانسيل استراحت خود برمی‌گردد(شكل۷). بـــه كمـــک ايـــن مشخصـــاتِ فيزيكي، مي‌توان يک شناســـنامه‌ی الكتروفيزيولوژي براي هر نوع نورون تهيه كـرد. بـه ايـن تغييرِ پتانسيلِ ناگهانيِ غشاي نورون، پتانسيل عمل مي‌گوينـد كـه در مدت زماني از مرتبه‌ی ميلي ثانيه اتفاق مي‌افتد. شكل پتانسيل عمل نورون‌ها تقريباً مشـابه هم هسـتند، دامنه‌ی آن‌ها يكي اســـت و طـــول زماني آن‌ها تقريباً يكسان اســـت (۳۵،۳۶و۳۷). به تحريكی كه منجر به صـــدور پتانســـيل عمل (واقطبيدگی غشـــاء يا

[129] Depolarization

[130] Hyperpolarization

افزایش پتانسیل غشاء، مثلا از ۶۰- میلی ولت به ۴۰+ میلی ولت) شود، تحریک وادارنده و اگر منجر به عدم صدور پتانسیل عمل (فراقطبیدگی یا کاهش پتانسیل غشاء مثلا از ۶۰- میلی ولت به ۸۵- میلی ولت) شود، تحریک بازدارنده (مهاری) گفته می‌شود. شدت تحریک، تأثیري در شکل پتانسیل عمل ندارد، بلکه سبب صدور قطاري از پتانسیل‌هاي عمل مي‌شود. برخي از نورون‌ها بدون تحریک به طور مداوم و با آهنگ خاصي از خود پتانسیل عمل صادر مي‌کنند (فعالیت خودبه‌خودي) و برخي دیگر کاملاً ساکت هستند. شکل ظاهری و نوع فعالیت نورون‌ها با هم اختلاف بسیار زیادی دارند. تنوع نورون‌ها در دسته‌ی مهره‌داران به ۱۰۰۰۰ نوع می‌رسد. حتی بعضی از نورون‌های هم‌شکل هم می‌توانند عملکردهای مختلف داشته باشند. با تزریق رنگ‌های مخصوصی[131] به درون این نورون‌ها می‌توان ساختار نورون‌ها را به وضوح مشاهده کرد. با توجه به تعداد زیاد انواع نورون‌ها و احتمال عملکرد مختلف با داشتن شکل ظاهری یکسان می‌توان تا حدودی به پیچیدگی سازوکار فعالیت نورون‌ها پی برد(۳).



شکل۷. پتانسیل عمل

۲-۲ قوانین فیزیکی حاکم بر نورون‌ها

با وجود تنوع فراوان در انواع نورون‌ها و شکل و عملکرد آن‌ها به نظر مي‌رسید که توجیه همه‌ی این نتایج در قالب چند قانون غیرممکن باشد. ولي خوشبختانه پس از تلاش‌هاي فراوان مشاهده شد که با چند قانون فیزیکي نسبتاً ساده مي‌توان بخش مهمي از ویژگي‌ها و عملکرد نورون‌ها را توضیح داد. همه‌ی پیام‌های الکتریکی در دستگاه اعصاب انسان و حیوانات توسط یون‌های مجزا Cl^-،K^+،Ca^{2+}وNa^+ حمل می‌شود. در یاخته‌هاي تحریک‌پذیر، حرکت این یون‌ها سبب ایجاد تغییر پتانسیل الکتریکي در عرض پلاسماي غشاء مي‌شود. این تغییر پتانسیل‌ها همان علامت‌هایي هستند که پیام‌هاي بیولوژیکي را از یک نقطة یاخته به نقطه‌ی دیگر، یا از یک یاخته به یاخته‌ی دیگر و یا از یک قسمت بدن به قسمت دیگر بدن، حمل مي‌کنند. غلظت این یون‌ها در درون و بیرون نورون‌ها یکسان نیست. به عنوان مثال غلظت یون‌های K^+ درون یاخته‌های اکثر حیوانات بسیار بیشتر از غلظت آن در فضای بیرون آن‌هاست. این اختلاف غلظت، منجر به گرادیان غلظت مي‌شود، که به آن پتانسیل شیمیایي گفته‌مي‌شود. بنابر اصول ترمودینامیک، یون‌ها از ناحیه‌اي با غلظت بالا به ناحیه‌اي با غلظت پایین مي‌روند که به آن پدیده‌ی پخش گفته مي‌شود (۳).

[19] Dye

۲-۲-۱ قانون اول: قانون فیک[132] برای پخش

اگر J_{diff} شار پخش با یکای $\frac{molecules}{sec-cm^2}$، D ضریب پخش با یکای $\frac{cm^2}{sec}$، و $[C]$ غلظت یون با یکای $\frac{molecules}{cm^3}$ ، مورد نظر باشد، داریم:

$$J_{diff} = -D\frac{\partial[C]}{\partial x} \quad (۱)$$

علامت منفي به جريان يون‌ها از غلظت بالا به غلظت پايين دلالت دارد. این قانون بیان می‌کند که گرادیان غلظت در همه‌جا مستقیماً متناسب با اندازه‌ی آن گرادیان با ضریب تناسب Dاست. از آنجا كه يون‌هاي مجزا حامل بارهاي الكتريكي هستند، حركت آن‌ها نه تنها به دليل گراديان‌هاي غلظت بلكه تحت تأثير ميدان‌هاي الكتريكي نيز مي‌باشد. در بيشتر قسمت‌هاي بدن بار الكتريكيِ خالصِ مولكول‌هاي زيستي صفر است، كه به آن اصل خنثي بودن بار- فضا مي‌گويند. يكي از جاهايي كه اين اصل نقض مي‌شود در پلاسماي غشاي ياخته‌هاست. همان طور که در بالا توضیح داده شد غشاء به كمك كانال‌هاي يوني نسبت به بعضي از يون‌ها نفوذپذير و نسبت به بعضي ديگر نفوذناپذير است و لذا يک جداسازي بار اتفاق مي‌افتد. اين امر منجر به ايجاد يک ميدان الكتريكي شده و با قدرت سبب حركت يون‌هاي باردار از ميان كانال‌ها از يک طرف غشاء به طرف ديگر آن مي‌شود (۳۸).

۲-۲-۲ قانون دوم: قانون اُهم برای سوق

اگر حركت يون‌ها از ميان يكي از كانال‌هاي يوني را در راستاي x(یک بعدی) در نظر بگيريم، برهمكنش بين بار الكتريكي يون‌ها و ميدان الكتريكي موجود در عرض غشاء سبب وارد آمدن نيروي الكتريكي بر اين ذرات باردار مي‌شوند. اگر شار سوق را با J_{drift} با یکای $\left(\frac{molecules}{sec-cm^2}\right)$ نشان دهیم و σ_{el} رسانایی ویژه غشاء $\left(\frac{molecules}{V-sec-cm}\right)$ ، E میدان الکتریکی (V/cm) باشد، داریم:

$$J_{drift} = \sigma_{el}E = -\mu z[C]\frac{\partial V}{\partial x} \quad (۲)$$

که در آن V پتانسیل الکتریکی (V)، μ تحرک ذره $\left(\frac{cm^2}{V-sec}\right)$، z ظرفیت یون (بدون بعد) و $[C]$ غلظت یون مورد نظر است. مجدداً علامت منفی به این معنی است که ذرات با بار مثبت به سمت پایین گرادیان پتانسیل الکتریکی سوق می‌یابند. این سوق در هرجا مستقیماً متناسب با اندازه‌ی آن گرادیان با ضریب تناسب $\mu z[c]$ است. دو قانون اول مربوط به دو فرآیند پخش ذرات در اثر اختلاف غلظت (پتانسیل شیمیایی) و سوق ذرات باردار در اثر اختلاف پتانسیل الکتریکی است.قانون سوم مربوط به ارتباط بین ضرایب تناسب دو فرآیند اول (ضریب پخش D و ضریب تحرک سوق μ) است (۳).

۲-۲-۳ قانون سوم: رابطه‌ی انیشتین بین پخش و تحرک

اينشتين در سال ۱۹۰۵ پخش را به صورت يک فرآيند تصادفي توضيح داد. او نشان داد كه مقاومت اصطكاكي كه به وسيله‌ی محيط سيال در پديده‌ی سوق وارد مي‌شود، همانند مقاومتي است كه در تعادل حرارتي براي پخش اتفاق مي‌افتد. ضريب پخش و ضريب تحرک با رابطة زير به هم مربوط مي‌شوند.

$$D = \frac{KT}{q}\mu \quad (۳)$$

[132] Fick

که در آن K ضریب بولتزمن $1.38\times10^{-23}\ joul/K$ ، T دمای مطلق (K) و q بارالکتریکی مولکولی (c) می‌باشد. این رابطه بیان می‌دارد که فرآیندهای پخش و سوق در یک محیط با هم قابل جمع شدن هستند، زیرا مقاومت‌های ناشی از هر دو فرایند از یک جنس هستند. این رابطه کار را برای توصیف ریاضی حرکت یون‌ها در دستگاه‌های زیستی بسیار ساده‌تر می‌کند (۳۹و۴۰).

۴-۲-۲ قانون‌چهارم:اصل خنثی بودن بار ـ فضا

این قانون، اصل اساسی جدایی بارها در دستگاه‌های زیستی است. به این معنی که در یک حجم معین، کل بار آنیون‌ها با کل بار کاتیون‌ها تقریباً باهم برابر است. به عبارت دیگر:

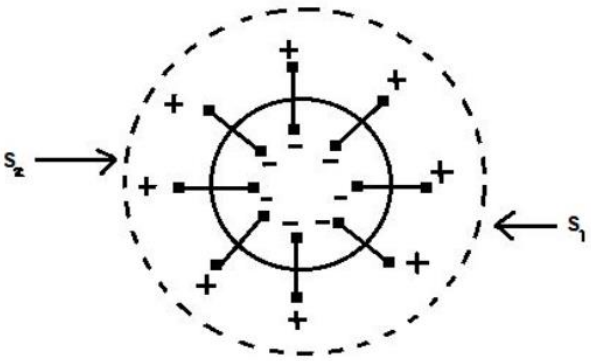
$$\sum z^c{}_i e[C_i] = \sum z^A{}_j e[C_j] \qquad (۴)$$

که در آن $z_i{}^c$ ظرفیت کاتیون‌های نوع i، $z^c{}_j$ ظرفیت آنیون‌های نوع j ، e بار یک یون تک‌ظرفیتی، $[C_i]$ و $[C_j]$ غلظت یون‌های مختلف هستند. خنثی بودن بارِ فضا، برای اکثر قسمت‌های بدن برقرار است، به جز در فضای اطراف غشای یاخته، که آن هم به دلیل جدایی بارها از هم می‌باشد . در عمل در اکثر موارد بیش از ۹۹ درصد بار یون‌ها به وسیلهٔ بارهای مخالف خنثی می‌شوند. جدایی بارها معمولاً به دلیل نفوذپذیری انتخابی غشاء (تعادل دُنان[133] یا توزیع غیرفعال یون‌ها) برای بعضی یون‌ها مانند K^+ اتفاق می‌افتد. به این معنی که یون پتاسیم در راستای گرادیان غلظت $([K^+_{in}] > [K^+_{out}])$به بیرون یاخته پخش می‌شود و منجر به بار خالص منفی درون یاخته و بار مثبت در بیرون آن می‌شود. این جداشدگی بارها در حالت استراحت یاخته سبب ایجاد میدان الکتریکی به سمت درون غشاء می‌شود. جهت وضوح بیش‌تر این اصل، از قانون گاوس در حجم غشای نورون استفاده می‌کنیم.

مطابق شکل ۸ با تصور یک سطح گاوسی فرضی در فضای غشاء داریم:

$$\oint_{s_1} \vec{E}\,\overrightarrow{ds} = \frac{q_{enc}}{\varepsilon} = \frac{1}{\varepsilon}\int_{v_1} \rho dv \qquad (۵)$$

که در آن $\vec{E}$ میدان الکتریکی غشای نورون، s_1 سطح بسته‌ی گاوسی، q_{enc} بار الکتریکی خالص موجود در سطح گاوسی، ε گذردهی الکتریکی محیط غشاء، ρ چگالی حجمی بار در فضای غشاء و v_1 حجم غشاء محصور به وسیله‌ی سطح گاوسی است. همان طور که در شکل ۹ مشاهده می‌شود، این میدان الکتریکی با دانستن مقدار خالص بار به سادگی قابل محاسبه است. با اعمال قانون گاوس برای سطح گاوسی s_2 دیده می شود که هیچ میدان الکتریکی در فضای بیرون غشاء وجود ندارد.



شکل۸. سطح گاؤسی برای غشاء نورون.

به نظر می‌رسد چهار قانون فیزیکی فوق نقطه‌ی شروع خوبی برای فیزیک اعصاب محاسباتی باشند. به کمک این قوانین می‌توان معادلات

[133] Donan

مفیدي در فیزیک اعصاب، همانند معادلات نِرنست -پلانک (*NPE*)[134]، نرنست (*NE*)[135]، گلدمن-هاجکین-کتز (*GHK*) [136]، و معادلات تعادل دنان[137] به دست آورد (۴۰و۴۱). از آنجا که هنوز توافق خاصي بر معادلات بنيادي فيزيک اعصاب وجود ندارد و در حال تکميل شدن است، ما از اين قوانين به عنوان معادلات فيزيک اعصاب نام مي‌بريم.

این نوشته برگرفته از مقاله‌ی: مقدمه‌اي بر فيزيک اعصاب، نوشته‌ی ۱.رضا خان‌بابایی و ۲.مهسا تابش است.

۱. گروه فيزيک، دانشگاه صنعتي نوشيرواني بابل، بابل

۲.دانشکدهٔ فیزیک، دانشگاه اتاوا، کانادا

منابع

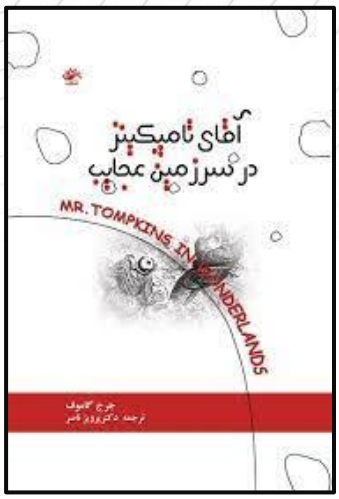
1. H Stapp, "Physics in Neuroscience", John Benjamins Poblishing Co. (2003).
2. W James, "The Principles of Psychology", Wiley (1890).
3. N Bohr, "On Atomic Physics and Human Knowledge", Chapman & Hall (1958).
4. J M Schwartz, H P Stapp, M Beauregard, Phil. Trans. R. Soc. B 360 (2005) 1309.
5. S Hagen, S Hameroff, and J Tuszynski, Phys. Rev. E 65 (2002) 061901.
6. H. P Stapp, "Symposium on the Foundations of Modern Physics", World Scientific (1990) 403.
7. H P Stapp, "Mind, Matter, and Quantum Mechanics", Springer-Verlag (2003).
8. J von Neumann, "Mathematical Foundations of Quantum Theory", Princeton University Press (1955).
9. M Bresadola, Brain Research Bulletin 46, 5 (1998) 367.
10. D Johnston, S Miao-Sin Wu, "Foundations of Cellular Neurophysiology", MIT Press (1997).
11. D JAidley, "The Physiology of Excitable Cells", 3 rd Edition, Cambridge University Press (1989).
12. D Noble, Physiol. Rev. 46 (1966) 1.
13. A L Hodgkin and A F Huxley, J. Physiol. 116 (1952) 449.
14. A L Hodgkin, and A F Huxley, J. Physiol. 116 (1952) 473.
15. A LHodgkin. and A FHuxley, J. Physiol. 116 (1952) 497.
16. A L Hodgkin and A F Huxley, J. Physiol. 117 (1952).
17. P B Graben, "Foundations of Neurophysics",Springer (2008).
18. B Sakmann and E Neher, "Single Channel Recording", Plenum Press (1983).
19. E Neher and B Sakmann, Nature 260 (1976) 779.
20. R E Fisher, R Gray and D Johnston, J. Neuro physiol. 64 (1990)91.
21. B Katz, "Muscle and Synapse", McGraw-Hill (1966).
22. E T Rolls, "Models of Brain Function", Cambridge University Press (1989).
23. E T Rolls, "The Computing Neuron", Addison- Wesley (1989).
24. H Luksch, R Khanbabaie,R Wessel, Nature Neuroscience 7, 4 (2004) 380.
25. P S Churchland and T J Sejnowski, "The Computational Brain", MIT Press (1992).
26. O Bergmann et al., Neuron 74 (2012) 634.
27. P Rakic, Nature Rev. Neurosci. 3 (2002) 65.
28. D J Aidley, "The Physiology of Excitable Cells", 3 rdEdition, Cambridge University Press (1989).
29. D L Jewett and M D Rayner, "Basic Concepts of Neuronal Function", Little, Brown and Company (1984).
30. J G Nicholls, A R Martin and B G Wallace, "From Neuron to Brain", 3 rdEdition, Sinauer (1992).
31. H C Tuckwell, "Introduction to Theoretical Neurobiology", Cambridge University Press (1988).
32. T H Brown,A M Zador, Z F Mainen, and B J Claiborne, "Hebbian Computationsin Hippocampal Dendrites and Spines", Academic Press (1992).
33. C Koch,AZador and T H Brown, Science 256 (1992) 973.
34. J A Connor and C F Stevens, J. Physiol. 213 (1971).
35. J A Connor and C F Stevens, J. Physiol. 213 (1971) 21.
36. A P Fox, M C Nowycky, and R W Tsien, J. Physiol. 394 (1987b) 173.
37. W A Catterall, Physiol. Rev. 72 (1992) 515.
38. D Purves, et al., "Neuroscience", 5 th Edition Sinauer Associates Inc. (2012).
39. K S Cole, "Membranes, Ions and Impulses: A Chapter of Classical Biophysics", University of California Press (1968).
40. R Khanbabaie, W H Nesse, A LongtinandL Maler, J. Neurophysiol. 103 (2010) 3337.

[134] Nernst-planck Equation
[135] Nernst
[136] Goldman-Hodgkin-katz
[137] Donan equilibrium

• معرفی کتاب

آقای تامپکینز در سرزمین عجایب نوشته جرج گاموف

ریحانه طرقی،کارشناسی، دانشجوی فیزیک
دانشگاه الزهرا(س)
Reyhaneh2000physicsstudent@gmail.com
ویراستار: فاطمه سادات صوف‌باف

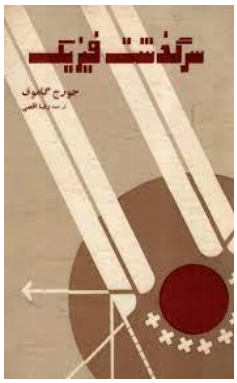


دنیای فیزیک سرشار از شگفتی‌ها است. حقایق اسرار آمیز و خارق العاده‌ای که مدت‌های طولانی ذهن متفکران بزرگی را به خودشان مشغول کرده‌است. نسبیت و کوانتوم از جمله مباحث بسیار بحث برانگیز تاریخ علم بوده و هستند. در کتاب آقای تامپکینز در سرزمین عجایب، جرج گاموف فیزیکدان به‌صورت داستان هایی بسیار دلنشین به کمک شخصیت‌های اصلی داستان، آقای تامپکینز که یک کارمند معمولی بانک است با سوادی اندک اما علاقه‌ای شدید به دانستن مفاهیم فیزیک و همچنین یک پروفسور فیزیکدان با ریش سفید بلند به سبک دانشمندان کارتونی، شما را به گشت-وگذار در سرزمین های عجایبی می‌برد که در هرکدام از آن‌ها یکی از ثابت‌های فیزیکی مربوط به کوانتوم و نسبیت به طرز شگفت‌آوری به قدری زیاد شده که در زندگی عادی مردم نقش پررنگی دارد. در این سرزمین‌های شگفت‌انگیز،آقای تامپکینز تجربه‌های بسیار اعجاب‌انگیزی کسب کرده و شگفتی‌های زیادی می‌بیند و فیزیک این پدیده‌ها را به‌کمک پروفسور یاد می‌گیرد. به تمامی علاقه‌مندان به فیزیک و دانشجویان فیزیک پیشنهاد می‌دهیم که با مطالعه این کتابِ بسیار جلب به همراه آقای تامپکینز، پروفسور و سایر شخصیت ها به اکتشاف سرزمین عجایب فیزیک بروید تا به شیرینی رویا با فیزیک کوانتوم و نسبیت آشنا شوید.

اگر دانشجو یا فارغ‌التحصیل دانشگاه الزهرا(س) هستید، می‌توانید این کتاب بسیار جذاب را از کتابخانه مرکزی دانشگاه به امانت بگیرید.

• سرگذشت فیزیک - نوشته جرج گاموف

کتاب سرگذشت فیزیک، اثری دیگر از استاد جرج گاموف است. همانطور که در ابتدای کتاب نوشته شده، رسیدن به منبع و سرچشمه‌ی اصلی علم فیزیک همان اندازه دشوار است که رسیدن به سرچشمه‌ی بسیاری از رودهای بزرگ. بنابراین اگرچه روایت سرگذشت فیزیک، به طور دقیق و کامل بسیار دشوار است، اما درکتاب سرگذشت فیزیک می‌توانید از مراحل مختلف



آزمایش‌ها و تئوری‌های جذاب تاثیرگذار در علم فیزیک و در تاریخ فیزیک- از یونان باستان تا عصر نوین فیزیک- مطلع شوید.

درمورد نویسنده کتاب‌های (آقای تامپکینز در سرزمین عجایب و سرگذشت فیزیک) : جورج گاموف

(برگرفته از پشت جلد کتاب سرگذشت فیزیک، ترجمه رضا اقصی)

گیورگی گیماو Georg Gamow که در زبان فارسی به جورج(ژرژ) گاموف شهرت یافته‌است، در اوایل قرن 20 ام میلادی متولد شد. او در زمینه‌ی کیهانشناسی، یکی از برجسته‌ترین حامیان نظریه (بیگ بنگ) یا نظریه انبساط جهان بود. علاوه براین، مطالعه‌ی او در مورد اسیددزوکسی ریبونوکلئیک DNA به نظریه نوین توارث(ژنتیک) کمکی اساسی کرد.

گاموف از سال 1956 میلادی تا زمان مرگش مقام استادی فیزیک در دانشگاه کولورادو را حفظ کرد. شهرت وی شاید بیش‌تر به سبب نوشته های مردم پسندی باشد که به قصد شناساندن موضوعات دشواری چون نسبیت و کیهان شناسی به افراد غیر متخصص انتشار داده‌است. نخستین اثر او در این زمینه (آقای تامپکینز در سرزمین عجایب)، سرآغاز سلسله کتاب‌های چند جلدی (آقای تامپکینز) در سال‌های 1939 تا 1967 میلادی بود. از دیگر آثار او (یک، دو، سه...بینهایت)، (آفرینش جهان)، (سیاره‌ای به نام زمین)، (ستاره‌ای به نام خورشید)، (ماده،زمین، وآسمان)، (سرگذشت فیزیک)، و(پیدایش و مرگ خورشید) می‌باشد که همگی به فارسی ترجمه شده‌است.

این کتاب را از نشانی اینترنتی زیر می‌توانید به‌صورت برخط مطالعه کنید:

نشانی اینترنتی دریافت کتاب

مسابقه

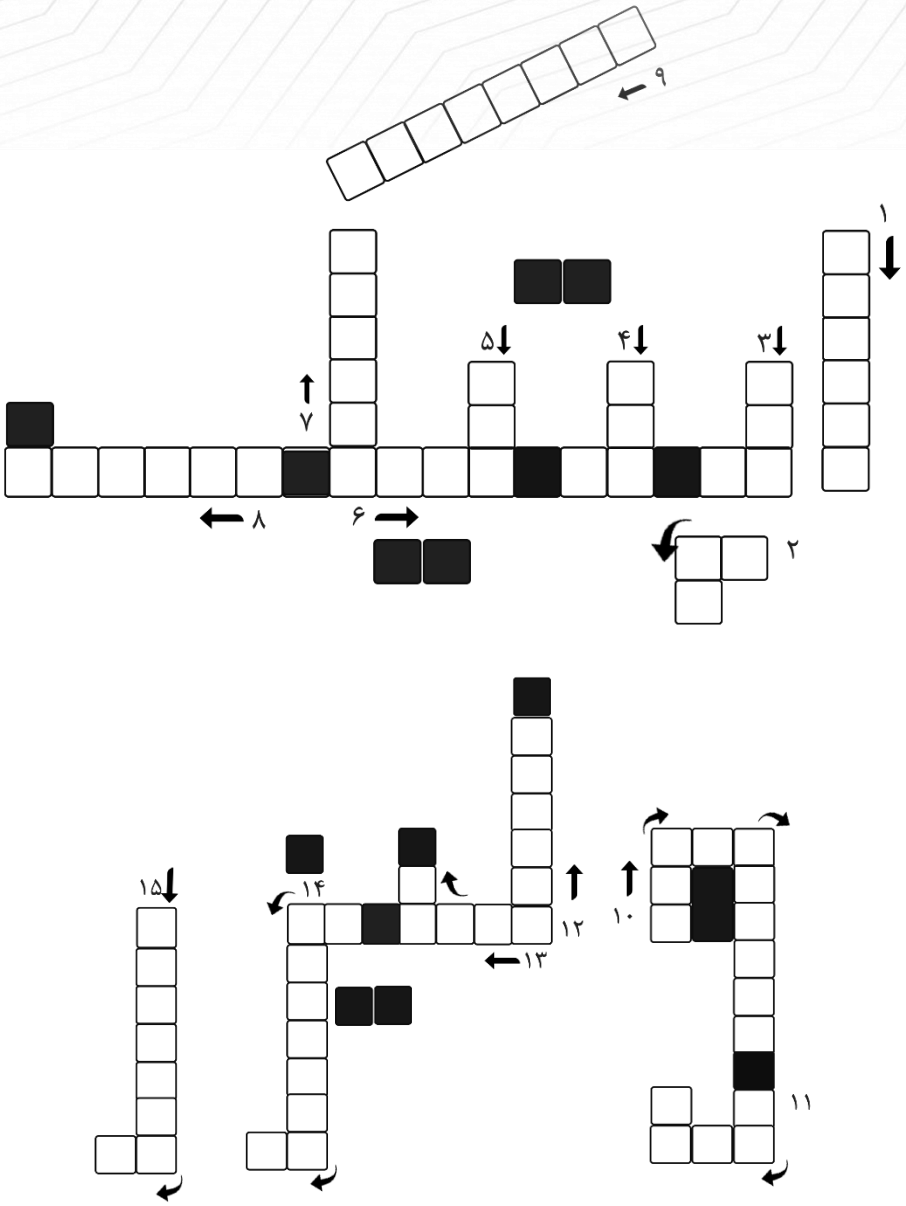
جدول فیزیکی

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. بلورهایی مانند کلسیت که در آن‌ها شکست دوگانه رخ می‌دهد، بلورهای ..... نامیده می‌شوند.
۲. در لیزر، اتم‌ها و یا مولکول‌های محیط فعال، توسط فرآیند .... به یک روش مناسب به ترازهای بالاتر برانگیخته می‌شوند و سپس در برگشت به تراز پایین نور می‌دهند.
۳. از ویژگی‌های اساسی امواج الکترومغناطیسی عرضی که در راستای میدان الکتریکی می‌باشد.
۴.معادلاتی برای ضرایب دامنه عبور و بازتاب در سطح مشترک بین دو محیط همگن شفاف.
۵. بسامد .... دو برابر بسامد مدولاسیون می‌باشد.
۶. مانند بازتاب و شکست از ویژگی‌های موج است.
۷. اگر سرعت نور در محیطی به طول موج آن بستگی داشته باشد، آن محیط خاصیت ..... دارد.
۸. بخشی از نوری که به سطح مشترک دو محیط تابیده می‌شود،..... می‌یابد.
۹. آزمایش .....-مورلی توانست عدم وجود اتر را به اثبات رساند.
۱۰. در لیزر ..... گاز CO_2 وجود دارد؛ این لیزر، در طول موج فروسرخ کار می‌کند.
۱۱. یک لیزر گازی است که از گاز ..... و نئون تشکیل شده و در طول موج قرمز کار می‌کند.
۱۲. به آرایشی مستطیلی شکل از اعداد یا عبارات ریاضی که به صورت سطر و ستون شکل یافته، گفته می‌شود.
۱۳. با استفاده از کدام قانون می‌توان وضعیت نور عبوری از دو قطبشگر را در شرایط مختلف نسبت به هم تخمین زد؟
۱۴. کدام اصل است که بیان می‌کند که هر جبهه موج از تعداد بی‌شماری نقطه تشکیل شده‌است و هر نقطه از این جبهه موج، خود می‌تواند منبع جدیدی برای انتشار موج یا «موجک» باشد.
۱۵. برداری که اندازه‌اش عدد موج و جهت آن راستای انتشار موج است.



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

پاسخ جدول شماره‌ی ۳۹

مسابقه

جدول فیزیکی

۱. با استفاده از کدام نظریه، می‌توان اثر اشتارک(استارک) را بررسی نمود؟
۲. از خاصیت‌های بنیادی ذرات زیر اتمی که کوانتومی محسوب می‌شود.
۳. لقد کمیت رو برو چیست؟

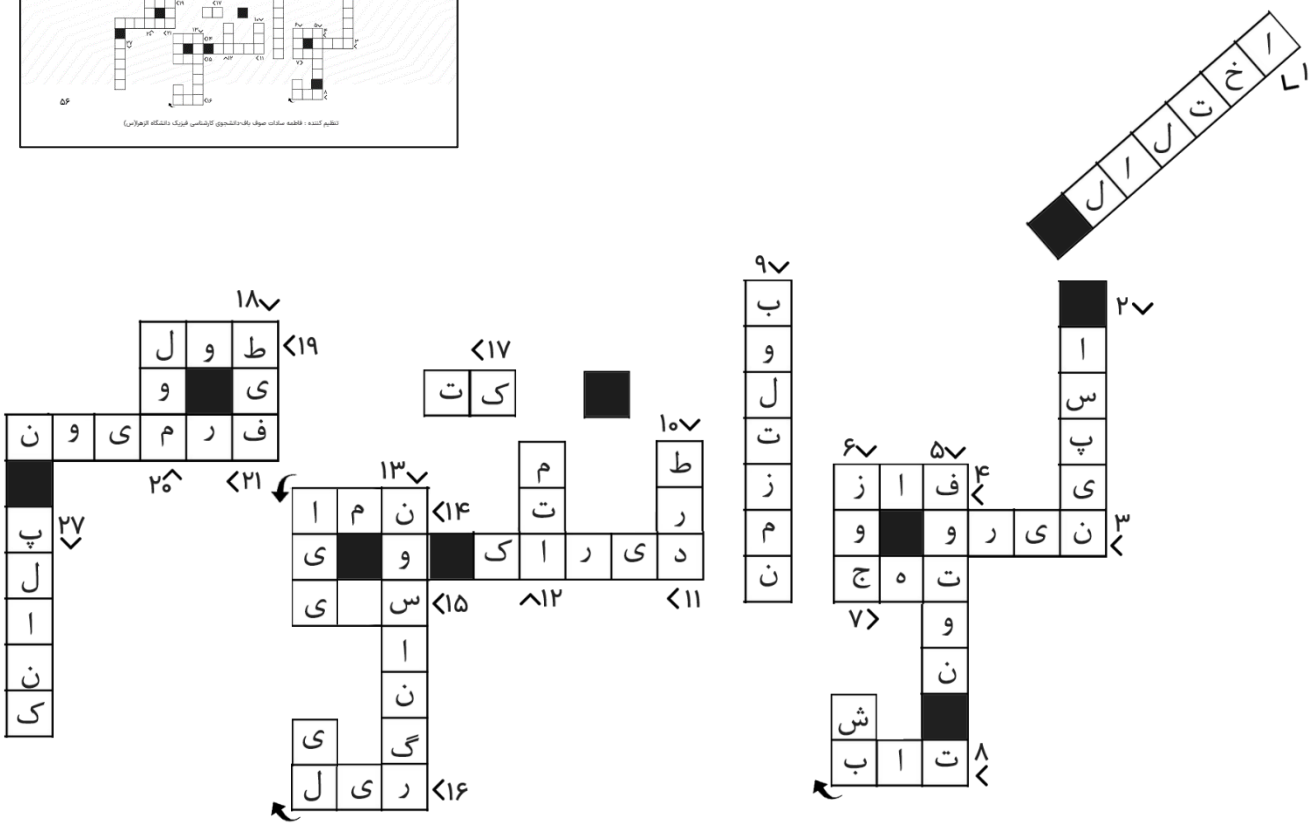
$$\left[\frac{p^2A^2\pi^2Ta}{E^2a}\right]$$

فشار = p ، مساحت = A ، سرعت = π ، دما برحسب کلوین = T ، ثابت استفان-بولتزمن = a_B ، انرژی = E ، شتاب = a

۴. سرعت: ..... یک موج، نرخ انتقال فاز آن موج در فضاست.
۵. جرم سکون صفر دارد.
۶. یک ذره و پادذره را ..... می‌نامند.
۷. یکی از مشخصه‌های بردار.
۸. یکی از روش‌های انتقال گرما.
۹. نام یکی از دانشمندان فیزیک که تابع توزیع برای سرعت مولکولی گازها را ارائه کرد.
۱۰. طبق کدام اصل، هیچ دو فرمیون مشابهی، نمی‌توانند حالت کوانتومی یکسانی داشته باشند؟
۱۱. معادله‌ای در مکانیک کوانتومی که از گسترش معادله شرودینگر، برای تابع موج ذرات بدست می‌آید و نظریه‌ی نسبیت خاص را نیز در برمی‌گیرد.
۱۲. کوچک‌ترین ذره تشکیل دهنده‌ی ماده.
۱۳. سیستمی که حول نقطه تعادل، خود حرکت رفت و برگشتی دارد.
۱۴. تابعی که معکوس تابع لگاریتمی است.
۱۵. معمولا، تابع موج را با آن نشان می‌دهند.
۱۶. نام دانشمندی که تابش جسم سیاه را در فرکانس‌های پایین(طول موج های بلند) توجیه کرد.
۱۷. نشان‌گذاری دیراک، برای توصیف حالت جسم در مکانیک کوانتوم.
۱۸. بیتاب. ۲۹. فاصله‌ی بین دو قله متوالی موج.
۲۰. از واحدهای شمارشی ماده. ۲۱. ذراتی که از آمار فرمی‌دیراک پیروی می‌کنند.
۲۲. ثابت فیزیکی، از مفاهیم اساسی فیزیک کوانتوم که مقدار آن $6.62607015 \times 10^{-34} kg.m^2.s^{-1}$ است.

Phi.JournalPhysics@gmail.com بعد از حل جدول، پاسخ‌تان را برای ما ارسال کنید.
* هدیه: کد تخفیف ۱۵٪ نام کارگاه‌های انجمن علمی فیزیک دانشگاه الزهرا(س)

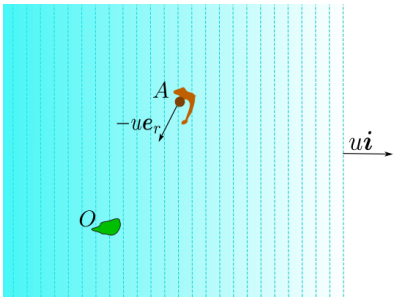
تنظیم کننده : فاطمه سادات صوف باف-دانشجوی کارشناسی فیزیک دانشگاه الزهرا(س)



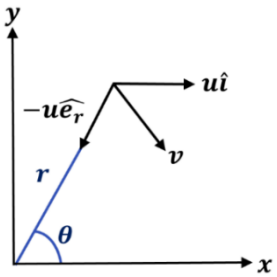
پاسخ چالش فیزیکی شماره‌ی ۳۹

تنظیم کننده: نرگس رستمی دانشجوی کارشناسی فیزیک ورودی ۹۹ دانشگاه الزهرا(س)

شناگری، می‌خواهد با شناکردن از نقطه‌ی A، روی دریاچه‌ای به نقطه‌ثابت O برود. سرعت شناکردن او در آبِ ساکن u و جهت شناکردن او همواره به سمت نقطه‌ی O است. اگر آب دریاچه ساکن بود، او در خطی راست به سمت O می‌رفت؛ اما آب دریاچه ساکن نیست؛ موج‌هایی وجود دارند که باعث می‌شوند، آب سطح دریاچه با سرعتuدر یک جهت ثابت حرکت کند. ممکن است شناگر به طور غریزی، سعی کند که به سمت نقطه‌ی O شنا کند. در این صورت مسیر او چه خواهد بود؟ آیا او به آن نقطه می‌رسد؟



سرعت شناگر دو مؤلفه دارد: یکی سرعت شناگر در راستای نقطه‌یO(مبدا مختصات) و دیگری سرعت موج آب در جهت $\hat{\imath}$ که شناگر را به آن سمت می‌برد.



$$\vec{v} = -u\,\widehat{e_r} + u\,\hat{\imath} \qquad (۱)$$

که در آن $-u\,\widehat{e_r}$ سرعت شناگر در جهت $\widehat{e_r}$در مختصات قطبی و $u\,\hat{\imath}$ سرعت موج آب درجهت $\hat{\imath}$در مختصات دکارتی است. باید مقدار سرعت را در این دو راستا به‌دست آوریم.

سرعت را در دو راستای مختلف تجزیه می‌کنیم:

در مختصات قطبی:

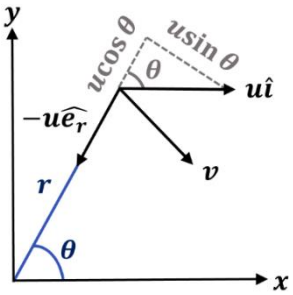
$$\vec{v} = \dot{r}\widehat{e_r} + r\,\dot{\theta}\widehat{e_\theta}$$

در مختصات دکارتی:

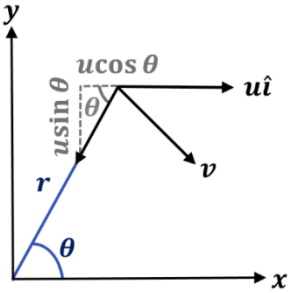
$$\vec{v} = \dot{x}\hat{\imath} + \dot{y}\hat{\jmath}$$

طبق رابطه‌ی (۱) سرعت شناگر در دو جهت $\widehat{e_r}$ و $\hat{\imath}$ وجود دارد، بنابراینباید دو مؤلفه‌ی $\dot{r}\widehat{e_r}$ و $\dot{x}\hat{\imath}$ را به‌دست آوریم:

$$\vec{v} = \dot{r}\widehat{e_r} + \dot{x}\hat{\imath} \rightarrow$$



$$\dot{r} = -u + u\cos\theta \qquad (۲)$$



$$\dot{x} = -u\cos\theta + u \qquad (۳)$$

حاصل جمع رابطه‌های (۲) و (۳)برابر صفر است، بنابراین r و x اعداد ثابت هستند:

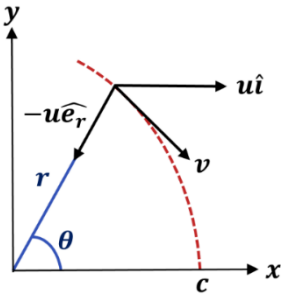
$$\dot{r} + \dot{x} = 0 \rightarrow r_0 + x_0 = L \text{ (عدد ثابت)} \qquad (۴)$$

رابطه‌ی (۴) را در مختصات قطبی بازنویسی می‌کنیم و با حل آن مقدار r که را که مسیر شناگر را نشان می‌دهد، به‌دست می‌آوریم:

در مختصات قطبی:

$$L = r + r\cos\theta \rightarrow r = \frac{L}{1+\cos\theta} \qquad (۵)$$

که رابطه‌ی (۵) معادله‌ی یک سهمی است. بنابراین شناگر در یک مسیر سهمی حرکت می‌کند و محور x را در نقطه‌ی c قطع می‌کند:



حالا زمانی که طول می‌کشد تا شناگر به نقطه‌ی c برسد را محاسبه می‌کنیم:

ابتدا از رابطه‌ی (۵) مشتق می‌گیریم:

$$\dot{r} = \frac{L\dot{\theta}\sin\theta}{(1+\cos\theta)^2} \qquad (۶)$$

همچنین از رابطه‌ی (۲) داریم:

$$\dot{r} = -u + u\cos\theta$$

$$\dot{r} = -u\,(1-\cos\theta) \qquad (۷)$$

رابطه‌های (۶) و (۷) را برابر قرار می‌دهیم و مقدار $\dot{\theta}$ را به‌دست می‌آوریم:

$$\dot{\theta} = \frac{d\theta}{dt} = \frac{-u\,(1-\cos\theta)(1+\cos\theta)^2}{L\sin\theta} = \frac{-u}{L}\sin\theta\,(1+\cos\theta) \qquad (۸)$$

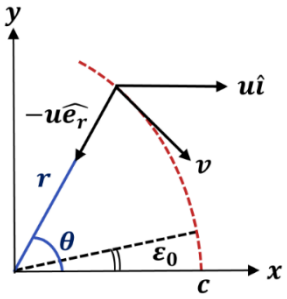
در نهایت، از معادله‌ی (۸) مقدار dt را محاسبه می‌کنیم:

$$dt = \frac{-L\,d\theta}{u\sin\theta\,(1+\cos\theta)} \qquad (۹)$$

برای به‌دست آوردن T (زمان رسیدن شناگر به نقطه‌ی c) از معادله‌ی (۹) انتگرال می‌گیریم:

$$\int_0^T dt = \int_{\theta_0}^{0} \frac{-L\,d\theta}{u\sin\theta\,(1+\cos\theta)} \qquad (۱۰)$$

حل انتگرال (۱۰) دشوار است. بخش کوچکی از انتگرال را برای زاویه‌ی کوچک $\theta = \varepsilon_0$ تا $\theta = 0$ محاسبه می‌کنیم:



$$\int_0^T dt = \int_{\varepsilon_0}^{0} \frac{-L\,d\theta}{u\sin\theta\,(1+\cos\theta)}$$

می‌دانیم برای زاویه‌ی $\theta \ll 1$ روابط زیر برقرارند:

$$\theta \ll 1 \rightarrow \sin\theta \approx \theta\,, \cos\theta \approx 1$$

$$T \approx \int_{\varepsilon_0}^{0} \frac{-L\,d\theta}{2u\theta}$$

$$T \approx= \frac{-L}{2u}\ln(\theta)\Big|_{\varepsilon_0}^{0} = \infty \qquad (۱۱)$$

مقدار $\ln(0) = \infty$ است، بنابراین پاسخ انتگرال ∞ است. زمان رسیدن از $\theta = \varepsilon_0$ تا $\theta = 0$ بی‌نهایت است. انتگرال (۱۰)را برای بازه‌ی کوچکی از θ محاسبه کردیم (معادله‌ی (۱۱)). اگر به ازای θ های کوچک پاسخ انتگرال ∞ هست، بنابراین پاسخ انتگرال(۱۰)که بزرگ‌تر از انتگرال (۱۱) است، نیز ∞است و شناگر هرگز به محور xنمی‌رسد.

راه دوم:

با استفاده از رابطه‌ی (۸) برای θ های کوچک داریم:

$$\dot{\theta} = \frac{d\theta}{dt} = \frac{-u}{L}2\theta \rightarrow \theta = e^{\frac{-2u}{L}T}$$

که به ازای $T = \infty$ مقدار θ برابر صفر می‌شود:

$$t = \infty \rightarrow \theta = 0$$

برای یادگیری بهتر با توضیحات جناب آقای دکتر آقامحمدی می‌توانید به نشانی زیر مراجعه نمایید:

https://www.youtube.com/@amiraghamohammadi

https://staff.alzahra.ac.ir/aghamohammadi

فراخوان دعوت به همکاری!

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...

مژده

یک فرصت استثنایی برای دانشجویان فیزیک دانشگاه الزهرا(س)
تجربه‌ی کار پژوهشی و آزمایشگاهی زیر نظر دکتر فتح‌اللهی عضو هیئت علمی دانشگاه الزهرا(س)

- برای کسب اطلاعات بیش‌تر با ما در ارتباط باشید:

ایتا : @Phi_Journal

تلگرام: @Phi_Journal

رایانامه: Phi.JournalPhysics@gmail.com

Journal Of Alzahra Physics Society

No.40 April 2023