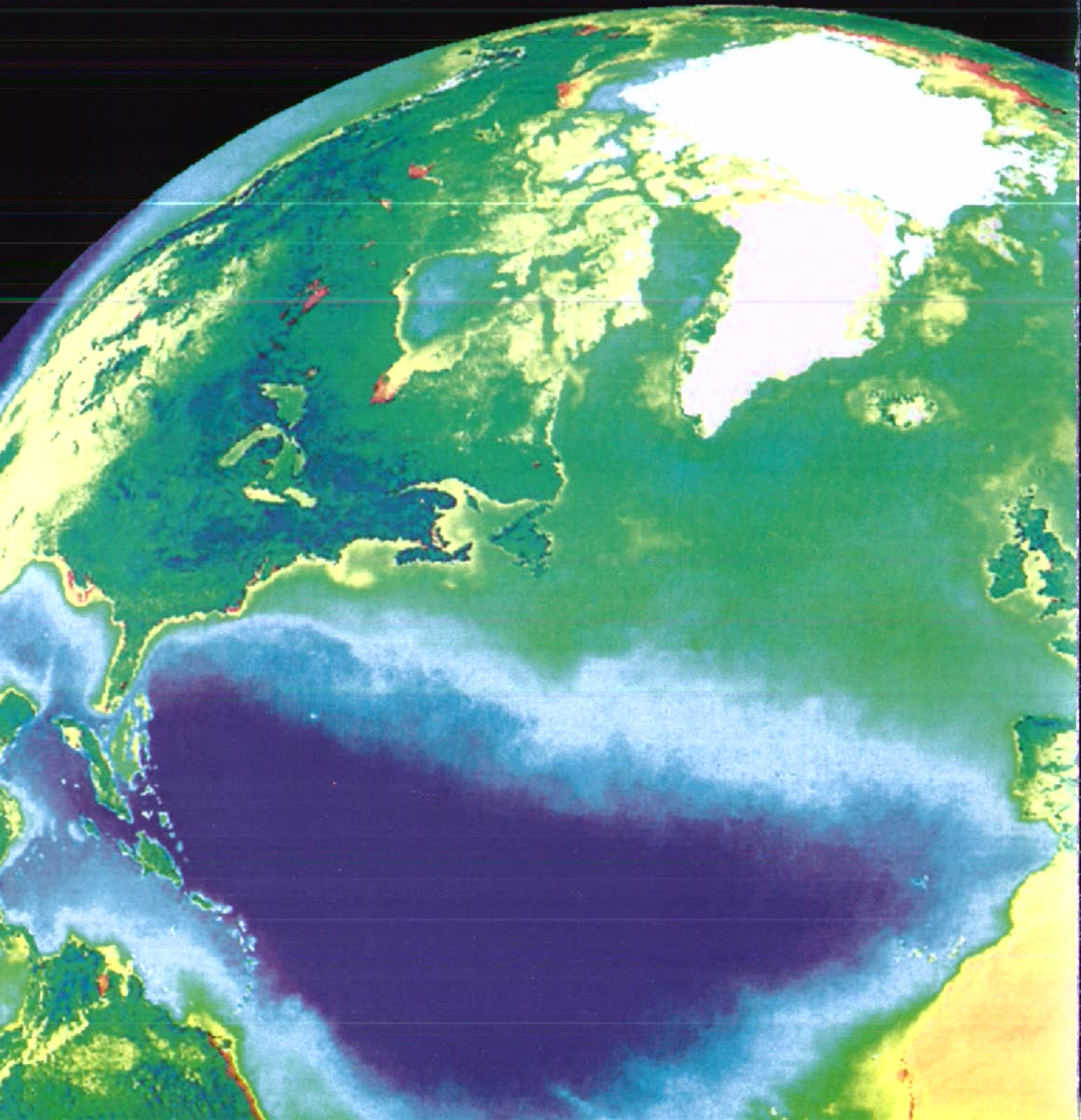


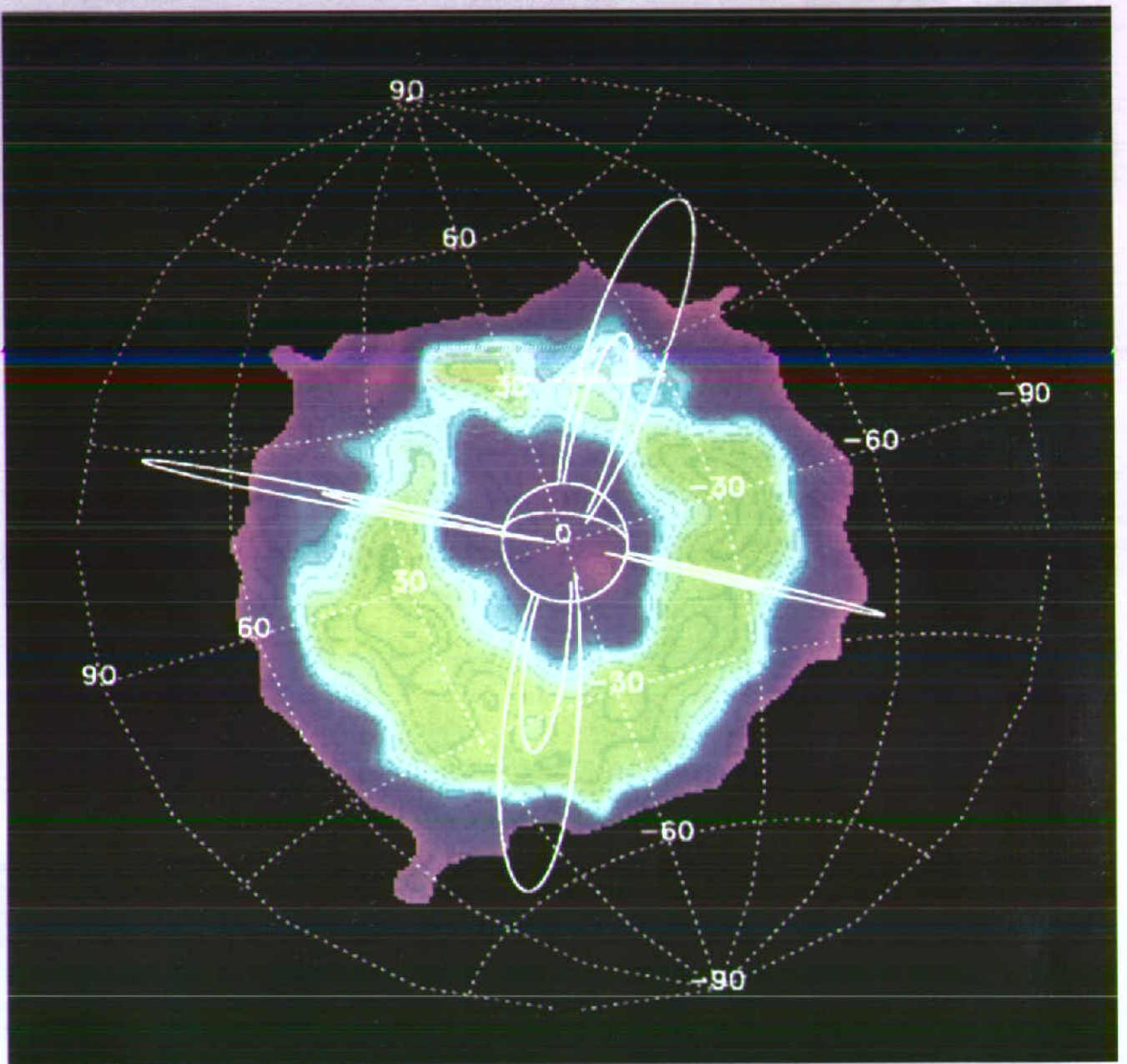
رشد



# آموزش

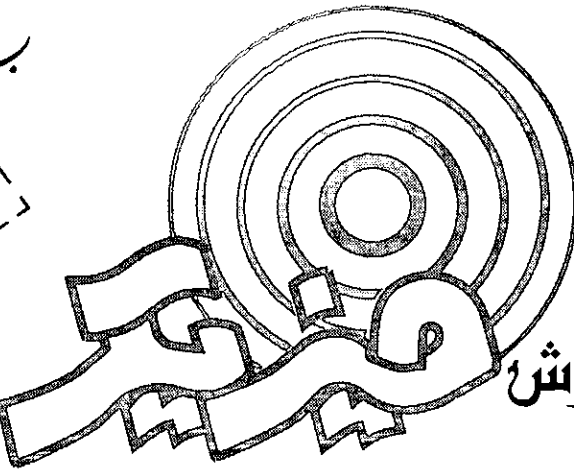
سال سیزدهم - بهار ۱۴۰۰ ارنا





Science 26 Jan 2001

حلقه جریان زمین که به کمک ماهواره *IMAGE* ناسا از بالای قطب زمین گرفته شده است.



❖ دفتر انتشارات کمک آموزشی، این مجلات را نیز منتشر می کند:

رشد کودک (ویژه پیش دبستان و دانش آموزان کلاس اول دبستان) رشد نوآموز (برای دانش آموزان کلاس دوم و سوم دبستان) رشد دانش آموز (برای دانش آموزان کلاس چهارم و پنجم دبستان) رشد نوجوان (برای دانش آموزان دوره راهنمایی) رشد جوان (برای دانش آموزان دوره متوسطه) مجلات رشد معلم، تکنولوژی آموزشی، آموزش ابتدایی، آموزش معارف اسلامی، آموزش شیمی، آموزش زبان و ادب فارسی، آموزش زبان، آموزش راهنمایی تحصیلی، آموزش ریاضی، آموزش زیست شناسی، آموزش جغرافیا، آموزش تاریخ، آموزش تربیت بدنی (برای دبیران، آموزگاران، دانشجویان تربیت معلم، مدیران مدارس و کارشناسان آموزش و پرورش)

❖ مجله رشد آموزش فیزیک نوشته ها و حاصل تحقیقات پژوهشگران و متخصصان تعلیم و تربیت، بویژه آموزگاران، دبیران و مدرسان را، در صورتی که در نشریات عمومی درج نشده و مرتبط با موضوع مجله باشد، می پذیرد. ❖ مطالب باید یک خط در میان و در یک روی کاغذ نوشته و در صورت امکان نایب شود. ❖ شکل قرار گرفتن جدولها، نمودارها و تصاویر ضمیمه باید در حاشیه مطلب نیز مشخص شود. ❖ نثر مقاله باید روان و از نظر دستور زبان فارسی درست باشد و در انتخاب واژه های علمی و فنی دقت لازم مبذول گردد. ❖ مقاله های ترجمه شده باید با متن اصلی همخوانی داشته باشد و متن اصلی نیز ضمیمه مقاله باشد. ❖ در متنهای ارسالی باید تا حد امکان از معادلهای فارسی واژه ها و اصطلاحات استفاده شود. ❖ زیرنویسها و منابع باید کامل و شامل نام اثر، نام نویسنده، نام مترجم، محل نشر، ناشر، سال انتشار و شماره صفحه مورد استفاده باشد. ❖ مجله در رد، قبول، ویرایش و تلخیص مقاله های رسیده مختار است. ❖ آرای مندرج در مقاله ها، ضرورتاً مبین نظر دفتر انتشارات کمک آموزشی نیست و مسؤلیت پاسخگویی به پرسشهای خوانندگان، یا خود نویسنده یا مترجم است. ❖ مجله از بازگرداندن مطالبی که برای چاپ مناسب تشخیص داده نمی شود، معذور است.

پیش گفتار (آموزش مستمر یک ضرورت است) ❖ ۲

ورنر هایزنبرگ و آلبرت اینشتین ❖ جerald هولتون / ۳

نصب دستگاه تهویه در اعماق اقیانوس ها ❖ مزگان مطلوب / ۱۱

جایگاه رابطه عاطفی در پیش برد گیاهی آموزش ❖ جهانگیر ریاضی / ۱۳

دستورالعمل طبیعت ❖ احمد توحیدی / ۱۴

یک قرن با ثابت پلانک ❖ آدام ماکونسکی / ۱۸

دبیران و کتاب های درسی ❖ ۳۳

حرکت های موزون الکترونها ❖ ۲۴

قانون سوم کپلر برای مدارهای بیضوی ❖ الیس نول / ۳۰

فضا به صورت یک آزمایشگاه فیزیک در می آید ❖ رابرت ابرویون / ۳۲

چرا آسمان آبی است ❖ ۳۶

محاسبه پتانسیل الکتریکی بر حسب چند قطبی ها ❖ سیدمحمد سهرابی / ۳۹

آزمایشهای ساده (تجربه های آموزشی) ❖ اصغر نوروزیان / ۴۴

فیزیک فوتبال ❖ تاکسی آسای، تاکا کاتوسکا و استیو هاگه / ۵۰

سی امین المپیاد بین المللی فیزیک ❖ ۵۴

حل مسایل مسابقه نظری سی امین المپیاد بین المللی فیزیک ❖ ۵۸

مدیر مسؤول: علیرضا حاجیان زاده

سرمدیر: دکتر منیژه رهبر

مدیر داخلی: احمد احمدی

طراح گرافیک: پروانه هادی پور

هیأت تحریری:

احمد احمدی، روح الله خلیلی بروجنی،

منیژه رهبر، سیدجعفر مهرداد.

Roshd.Office @yahoo.com

نشانی دفتر مجله: تهران، صندوق پستی ۱۵۸۷۵/۶۵۸۵

تلفن امور مشترکین: ۸۸۳۹۱۸۶

تلفن دفتر مجله: ۸۸۳۱۱۶-۹ داخلی: ۲۷۱

چاپ: شرکت افست (سهام عام)

تیراژ: ۶۰۰۰ نسخه

شرح تصویر روی جلد: Science 30 March 2001

تصویری با رنگ های مصنوعی که از زندگی گیاهی بر روی زمین یا مامواره Sea Fiwfs گرفته شده است سبز تیره نشانگر فضای سبز آبی و زرد نمایانگر پوشش گیاهی اندک است. در دریاها نواحی آبی نشانه کمترین تولید زیست شناختی و سبز، زرد و قرمز به ترتیب افزایش تولید زیستی را نشان می دهند.



# آموزش مستمر یک

## ضرورت است



سه ضلع می‌دانند که اگر به هر یک از آنها توجه کافی نشود آموزش ناقص و ناکارآمد خواهد شد. سه ضلع آموزش عبارت‌اند از: انتقال دانش پایه، پرورش و تقویت مهارت‌ها و ایجاد نگرش‌ها.

۵- مفهوم آموزش و یادگیری مستمر که امروزه به معنای فراهم ساختن فرصت‌های یادگیری برای همه در مقیاس جهانی اعلام شده است در همین راستاست. در پنجمین کنفرانس بین‌المللی آموزش بزرگسالان در هامبورگ<sup>۱</sup> (۱۹۹۷) یادگیری مستمر به شرح زیر تعریف شده است: «یادگیری مستمر یکی از کلیدهای ورود به قرن بیست و یکم است. یادگیری مستمر هم نتیجه شهروندی فعال و هم شرط مشارکت در حیات جامعه است. از این مفهوم غنی و گسترده می‌توان برای بنای توسعه پایدار، ارتقاء مردم سالاری، عدالت اجتماعی و پیشرفت علمی و اقتصادی جامعه و ساختن دنیایی که در آن خشونت و جنگ با گفت و گو و فرهنگ صلح جایگزین شود، بهره گرفت. استقرار نظام یادگیری مستمر مستلزم بازاندیشی درباره محتوای آموزش و روش‌های تدریس در کلیه سطوح - از پیش‌دستانی تا دانشگاهی و آموزش بزرگسالان - برای فراهم ساختن فرصت‌های یادگیری برای همه است.»

۱. در عصر حاضر که عصر دانش - محوری، فناوری و جهانی شدن اطلاعات و ارتباطات است، بی‌تردید ملت‌هایی قادر به ادامه حیات شرافتمندانه‌اند که مقتضای این عصر را بشناسند و فاصله علمی خود را با کشورهای توسعه یافته کمتر کنند.

۲- راه‌های دسترسی به دانش و اطلاعات امروزه بسیار متنوع و سهل شده است به طوری که از این حیث تقریباً تمامی جوامع و وضعیت‌های مشابهی دارند. اما این امر به تنهایی کافی نیست، بلکه آنچه مهم‌تر است توانایی سازماندهی، تحلیل و تلخیص اطلاعات مبتنی بر هدف‌های مشخص است.

۳- در عصر ما، بی‌سوادی، کم‌سوادی، نداشتن مهارت‌های لازم، بی‌اطلاعی از دانش و فناوری روز، ناتوانی در به‌کارگیری آنها، ناتوانی در دستیابی و تحلیل اطلاعات و عدم تصمیم‌گیری مبتنی بر پردازش اطلاعات غیرقابل قبول و دور از منزلت انسانی است.

۴- جهان امروز در حال تغییر و تحول و انسانها پیوسته در معرض چالش‌های نو هستند و هیچ‌کس نمی‌تواند ادعا کند آنچه در مدرسه و دانشگاه می‌آموزیم برای تمام عمر کافی است. در نتیجه نیاز به آموزش و یادگیری مستمر یک ضرورت است. منظور از آموزش، صرفاً انتقال دانش و معلومات نیست بلکه فرآیندی موردنظر است که انسانها را قادر می‌سازد تا با پردازش نظام یافته اطلاعات آنها را خردمندانه به کار برند. امروزه آموزش را مثلی محدود به

1. UNESCO, Fifth International Conference on Adult Education, Hamburg, 1997.

# ورنر هایزنبرگ و آلبرت اینشتین

جرالد هولتون\*  
مترجم: منیژه رهبر

اخیراً نمایش جایزه بر کپنهاک نوشته‌مایکل فراین هایزنبرگ را ناگهان مورد توجه قرار داده است. موضوع نمایش دلایل مبهم بازدید هایزنبرگ از مرشد خود نیلس بور در سال ۱۹۴۱ در کپنهاک در

اشغال آلمان است. و حدس هایی درباره آنچه بین آنها در طی قدم زدنی رخ داد می زند که بور به خاطر چیزی که هایزنبرگ گفته بود ناگهان آن را قطع کرد.

این نمایشنامه سه دنیای متفاوت علم، تاریخ و تئاتر را با هم جمع می کند، و این خطر وجود دارد که بعضی افراد، نمایشنامه - یک کار تخیلی - را با موضوع مستند اشتباه بگیرند. همان طور که ساموئل تیلور کولریج در کتاب بیوگرافیا لیترا راریا خود در سال ۱۸۱۷ مطرح کرد، کار شاعر و نمایشنامه نویس خلق «تعلیق و ناباوری» است! و همان طور که جان کیتز<sup>۲</sup> در همان اوقات اظهار نظر کرده است یکی از «قابلیت های منفی» نویسندگان بزرگ آن است که «معلومات ناکافی باعث رضایت خاطر آنهاست».

دانشمندان و تاریخ نویسان نیز اغلب باید به دانش ناکافی، لااقل برای مدتی، قناعت کنند. یک مثال بارز در این مورد گفت و گوی خصوصی بین هایزنبرگ و بور در طی قدم زدن آنها در سال ۱۹۴۱ است. هایزنبرگ شناخته شده ترین روایت این گفت و گور در نامه ای به

## آلبرت اینشتین برای هایزنبرگ یک الگو و منبع الهام بود، اما تعارض های علمی و فشارهای سیاسی رابطه آنها را برهم زد.

رابرت جونک<sup>۳</sup> روزنامه نگار آورده است، که وی آن را در کتاب درخشان تر از هزار خورشید، تاریخچه شخصی دانشمندان اتمی چاپ کرد. نکته اصلی روایت هایزنبرگ آن بود که پسر و هوشگرا در

«اورانورین»<sup>۴</sup> او در سال ۱۹۴۱ «می دانستند که می توان بمب های اتمی تولید کرد، اما در مورد مسائل فنی و زمان لازم برای این کار اغراق کرده بودند. «اما، فیزیکدانان درگیر در این کار می توانستند تأثیر تعیین کننده ای در تحولات بعدی داشته باشند، زیرا می توانستند استدلال کنند که بمب های اتمی احتمالاً در طول جنگ آماده نخواهند شد. بحث در طی قدم زدن عصرانه «احتمالاً با این پرسش من آغاز شد که آیا درست بود که فیزیکدانان در خلال جنگ به مسأله اورانیوم پردازند. «هایزنبرگ گفته است که بور از این افکار من شوکه شد و فرض کرد که «من قصد دارم به او بگویم که آلمان در جهت ساخت سلاح های اتمی به پیشرفت های زیادی نائل شده است. «هایزنبرگ توانست «این برداشت غلط را اصلاح کند.»

اگرچه هایزنبرگ نامه خود را با این هشدار آغاز کرده بود که «ممکن است من پس از این مدت طولانی در اشتباه باشم» و اگرچه جونک بعدها این مقاومت منفی به واسطه ندامت روانی دانشمندان زمان جنگ آلمان را که در مورد استفاده از



انرژی هسته ای کار می کردند «یک افسانه» نامید. بسیاری از مردم گفته بالا را توصیف قطعی ملاقات بور- هایزبرگ در نظر گرفتند و نامه هایزبرگ و اظهارات مشابه را بازتاب صحیحی از اهداف هایزبرگ و همکاران او تلقی کردند.

اما، در سال ۱۹۸۵ وقتی در کینهاک بودم تادر همایشی که به یادبود نیلس بور برگزار شده بود شرکت کنم، اریک بور پسر بور نامه ای را به من نشان داد که پدرش نوشته بود و پس از دو گذشت روی پدید آمد، و در نسخه کتاب جوئک قرار داشت. این نامه که خطاب به هایزبرگ بود روایت هایزبرگ از ملاقات را، با بیانی بسیار جدی، به اندازه ای که ظاهراً بور تصمیم گرفته بود که آن را پست نکند، مورد سؤال قرار داده بود.

وقتی وی از من خواست که با نامه چه کند، پیشنهاد کردم که آن را در آرشیوها نگه دارد. امروز این نامه بخشی از پرونده مکاتبات سیاسی بور است، که خانواده او تصمیم گرفته است تا سال ۲۰۱۲، یعنی ۵۰ سال پس از مرگ بور، آن را منتشر نکند. بنابراین شایسته نیست که اکنون درباره آن صحبت کنم. بنابراین، درباره این موضوع که در طی این قدم زدن چه اتفاقی افتاده است، شاید تا چند سال دیگر نتوانیم در این مورد اطلاعات کامل به دست آوریم. در عین حال، کتاب باشگاه اورانیوم هیتلر نوشته جرمی برنشتاین<sup>۵</sup> (ناشر: انجمن فیزیک آمریکا، نیویورک ۱۹۹۶) منبعی عالی برای شناخت طرح جاه طلبانه «اورانیورین» هایزبرگ و دلیلی برای شکست نهایی آن است.

### گرفتار اینشتین.....

موضوع اصلی رابطه درازمدت هایزبرگ با بور، که از اولین ملاقات آنها در سال ۱۹۲۲ آغاز شد، رازندگینامه هایی که دیوید کاسیدی<sup>۶</sup> و ابراهام پائیس<sup>۷</sup> نوشته اند به خوبی شرح می دهد. اما برای درک بهتر استعداد درخشان هایزبرگ و پاسخ های وی به چالش های تاریخ، بد نیست که دیدگاه مکملی را در نظر بگیریم، و رابطه بارز و عمیقی با یک دانشمند بزرگ دیگر را بررسی کنیم.

شخصیت های اصلی در این مورد هایزبرگ و آلبرت اینشتین هستند. علاقه من به روابط آنها در همایش سال ۱۹۶۵ یونسکو در مورد اینشتین به وجود آمد، که در آن یک برخورد اتفاقی با خود هایزبرگ داشتم. از من دعوت شده

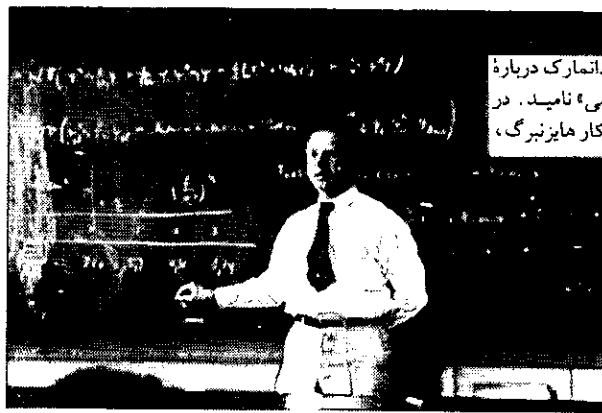
بود تا درباره معرفت شناسی اینشتین سخنرانی کنم، با تمرکز بر تحول او از یک پوزیتیویست، به شدت تحت تأثیر ارنست ماخ<sup>۸</sup>، به یک واقعگرای منطقی نزدیک به ماکس پلانک<sup>۹</sup>. پس از پایان سخنرانی هنگامی که جایگاه را ترک می کردم، سخنران بعدی به طرف جایگاه آمد و ما وسط راه یکدیگر را ملاقات کردیم. این سخنران هایزبرگ بود. او خوشحال به نظر می رسید، و هنگام عبور از کنار من نجوا کرد که «باید بعداً با هم صحبت کنیم» بعداً به این برخورد باز خواهم گشت.

در میان منابع اصلی آنچه پس از این خواهد آمد کتاب های روان و مقاله های مربوط به زندگینامه ای که خودش نوشته است، و بخش هایی از دوازده مصاحبه ای که او با طرح تاریخچه مکانیک کوانتومی داشته است، نامه های منتشر نشده او به اینشتین، و برخی زندگینامه های کاملاً تحقیقی وجود دارد. از تمام این ها قبل از هر چیز معلوم می شود که در تاریخچه فیزیک جدید، هیچکس به اندازه ورنر جوان این سرنوشت را نداشت که گرفتار نظریه نسبیت اینشتین شود. در روزهای دبیرستان، او کتاب های عامه پسند اینشتین در مورد نسبیت خاص و عام را که تازه منتشر شده بود خواند و عاشق آنها شد. او هنوز هیچده سالش تمام نشده بود که از نتایج سفر اکتشافی مربوط به کسوف ۱۹۱۹ آگاه شد. در دانشگاه مونیخ، که تحت راهنمایی آر نولد زومرفلد تحصیل می کرد در کلاس های درس او درباره نسبیت حضور می یافت. هایزبرگ همچنین اسیر کتاب هرمان وایل<sup>۱۰</sup> با عنوان Raum-zeitmaterie شد.

علاوه بر همه این ها، یکی از نزدیک ترین دوستان او در مونیخ ولفگانگ پاولی بود، که وقتی هنوز همشاگردی او بود، کتابچه ای درباره نظریه نسبیت نوشت. وقتی هایزبرگ به دانشگاه گوتینگن رفت، نظریه نسبیت بیشتری را از ماکس بورن آموخت. کوتاه سخن آنکه، این نظریه از همه طرف به او رسید. اگرچه پاولی عاقلانه به او هشدار داد که آینده پژوهشی خود را به جای نسبیت صرف فیزیک کوانتومی کند، اما هایزبرگ به هیچ وجه نمی توانست مفتون کار اینشتین نباشد.

در ابتدا در سال هایی که در مونیخ بود، هایزبرگ با بعضی از دوستانش به سفر دوچرخه سواری دور دریاچه والچسنی رفت. هایزبرگ به ویژه تحت تأثیر اظهارنظر

شکل ۱- ورنر هایزنبرگ در سال ۱۹۳۶ در داتمارک درباره یکی صحبت می کند که آن را «مکانیک کوانتومی» نامید. در آن این عکس، توصیف «کینه‌ای» احتمالی که کار هایزنبرگ، و دیگران بود، تثبیت شده بود.



دوستش اوتولاپورت قرار گرفت که بعدها آن را به صورت زیر به خاطر آورد. باید فقط از واژه‌ها و مفاهیمی استفاده کنیم که

مستقیماً با برداشت حسی ما در ارتباط است. ... این مفاهیم را می توان بدون توضیح زیاد فهمید. دقیقاً این بازگشت به آنچه مشاهده پذیر است، مزیت بزرگ اینشتین به شمار می آید. او در نظریه نسبیت خود، به درستی کار خود را با این گزاره عادی آغاز می کند که زمان همان چیزی است که ساعت شما نشان می دهد. اگر شما همین معنای عادی واژه‌ها را در نظر بگیرید، مشکلی با نظریه نسبیت خاص نخواهید داشت. همین که نظریه این امکان را به ما بدهد که نتیجه مشاهده‌ها را به درستی پیش بینی کنیم، تمام شناخت لازم را به دست خواهیم آورد.

این دیدگاه «ابزار گرایانه» یا «عملیاتی» روش اینشتین در آن زمان، و چند دهه پس از آن متداول بود. چنانکه در زیر خواهیم دید، تحسین لاپورت از این دیدگاه به یاد ماندنی، شالوده بصیرت اساسی هایزنبرگ را برای سال‌های بعد استوار کرد.

در سال ۱۹۲۲، زومرفلد ترتیبی داد تا هایزنبرگ به لایپزیک، که در آنجا قرار بود اینشتین سخنرانی کند، برود. این سفر که قرار بود اولین برخورد هایزنبرگ با اینشتین باشد، نگاهی فراوقعی به چیزهایی بود که قرار بود اتفاق بیفتد. وقتی هایزنبرگ وارد تالار پراز جمعیت شد، اعلامیه‌ای به او داده شد که آن را فیزیکدان برنده جایزه نوبل فیلیپ لنارد<sup>۱۱</sup> و هیجده فیزیکدان دیگر امضا کرده بودند. این اعلامیه حاوی حمله بی رحمانه‌ای به اینشتین بود، که گفته می شد نظریه او «چیزی جز حدس‌های بی مورد، بیگانه با روح آلمانی، نیست که مطبوعات یهودی آن را بزرگ کرده اند.»<sup>۱۲</sup>

این حمله سیاسی به واقعیت علمی چنان هایزنبرگ را تکان داد که متوجه نشد سخنران در جایگاه دور دست اینشتین نیست، بلکه دوست شجاع او ماکس فون لاهه است. اینشتین که می دانست خطر مهلکی از جانب نازی‌ها او را تهدید می کند تصمیم گرفته بود که نیاید. نازی‌ها اخیراً دوست نزدیک او و وزیر خارجه آلمان والتر راتنو<sup>۱۳</sup> را به قتل

رسانده بودند و فهرستی از قربانیان یهودی در آینده از جمله خود اینشتین منتشر کرده بودند.

این تهدید یکی از دلایل اصلی تصمیم اینشتین به ترک آلمان و سفر دور دنیا در سال ۲۳-۱۹۲۲ بود.

فقط نظریه تصمیم می گیرد که چه چیزی را می توان مشاهده کرد.....

اولین ملاقات واقعی بین دو شخصیت اصلی داستان ما در سال ۱۹۲۴ هنگامی صورت گرفت که اینشتین در چهل و پنج ساله با سن در حدود دو برابر هایزنبرگ برای مدت کوتاهی به گوتینگن آمد. کار اخیر بور، کرامرز<sup>۱۴</sup>، و اسلیتر<sup>۱۵</sup> - نظریه BKS - داغ‌ترین موضوع بود. اما چون این نظریه شرط علیت اکید و پایستگی انرژی و تکانه را چندان جدی نمی گرفت، اینشتین به ماکس بورن نوشت که اگر این نوع علم دوام بیاورد «ترجیح می دهم کفاش یا کارمند قمارخانه باشم تا فیزیکدان.»

در این شرایط اینشتین و هایزنبرگ یک گفت و گوی دوستانه در سال ۱۹۲۴ در هنگام قدم زدن در حومه شهر داشتند (اما، چه بر سر زندگی دانشمندان آمده است؟ این قدم زدن‌ها چه شده‌اند؟) اما، چنانکه هایزنبرگ، که یک طرفدار دیدگاه بور بود، بلافاصله به والدین خود نوشت، «اینشتین صد ایراد به نظریه BKS گرفت». چون این ایرادها را دانشمندی می گرفت که هایزنبرگ از نوجوانی کار او را تحسین می کرد، این طرد روش جدید انجام فیزیک باید برای او دشوار می بوده است. اما، چنانکه او در یکی از مصاحبه‌هایش اعلام کرد، خود را تسلی می داد که نسل او که «در یک آشفتگی کامل در فیزیک کوانتومی رشد کرده بودند» در موقعیتی بودند که بتوانند در صورت لزوم طرح‌های قدیم را کنار بگذارند.

در ۲۵ سپتامبر ۱۹۲۵ هایزنبرگ کار درخشان خود در مکانیک کوانتومی تحت عنوان «درباره باز تعبیر نظریه کوانتومی رابطه‌های سینماتیکی و مکانیکی» در zeitschrift physik منتشر کرد. از شروع کار، چکیده مقاله اصول بنیادی هایزنبرگ مشخص بود: «این کار کوششی جهت یافتن

شکل ۲- آلبرت اینشتین هرگز نتوانست ابعاد ذاتی مکانیک کوانتومی هایزنبرگ را بپذیرد. در اینجا، تصویر اینشتین را در زمان سخنرانی ۱۹۲۶ هایزنبرگ در سمینار ماکس فون لاهه در برلین می بینید. اینشتین هایزنبرگ را به قدم زدن دعوت کرد که طی آن با زیر سؤال بردن جدی این فرض، که یک نظریه باید فقط شامل کمیت های مشاهده پذیر باشد، هایزنبرگ را متعجب کرد. این تأکید اینشتین که «فقط نظریه تعیین می کند که چه چیزی را می توان مشاهده کرد» عنصری مهم در فرمول بندی اصل عدم قطعیت در سال بعد بود.



پایه هایی برای یک مکانیک کوانتومی نظری است که صرفاً بر مبنای رابطه بین کمیت هایی است که اصولی قابل اندازه گیری هستند. «مقاله منحصر به ویژگی های مشاهده پذیر یک طیف بود، مدل های بعدی بر مبنای

مشاهده ناپذیرهایی چون مکان و دوره الکترون ها در اتم ساخته شد.

هایزنبرگ بعدها مشاهده کرد که این بصیرت وی پژوهش روزهایی بود که او در دانشگاه مونیخ با نظریه نسبیت دست و پنجه نرم می کرد. در کاری که به مقاله سال ۱۹۲۵ انجامید، او «فلسفه ای را به خاطر آورد که دوست او اوتو به عنوان دیدگاه اینشتین در هنگام دوچرخه سواری ارائه کرده بود که فقط باید اندازه های مشاهده پذیر را به عنوان نشانه پدیده های فیزیکی در نظر گرفت.»<sup>۵</sup>

اما اگر هایزنبرگ تصور می کرد که اینشتین این مقاله را تأیید می کند، سخت در اشتباه بود. یکی از پنج نامه هایزنبرگ به اینشتین که در آرشیو اینشتین باقی مانده است، به تاریخ ۳۰ نوامبر ۱۹۲۵، ظاهراً پاسخی به یادداشت (گمشده) اینشتین است که حاوی ایرادهای بسیاری بوده است. در پاسخ به وی، هایزنبرگ می گوشت تا امید به ایجاد ارتباطی دوستانه بین نظریه اینشتین درباره کوانتوم های نور و چیزی که وی آن را «مکانیک کوانتومی ما» می نامد را حفظ کند. هایزنبرگ همچنین توجه زیادی مبذول می دارد تا فقط از «اندازه های مشاهده پذیر» در نظریه خود استفاده کند. اما همه این ها بی نتیجه است.

سال بعد، ۱۹۲۶، یکی از بزرگ ترین درام های رابطه روبرو شد و پردردسر آنهاست. در آوریل، هایزنبرگ

سخنرانی دو ساعته ای درباره مکانیک ماتریسی در سمینار فیزیک مشهور فون لاهه در دانشگاه برلین کرد: در بین حضار، شامل یک گروه کامل از افراد مقتدر، اینشتین هم بود. این ملاقات دوم آنها بود. اینشتین که به سخنرانی علاقه مند و بدون شک از آن آشفته شده بود، از هایزنبرگ خواست که تا خانه با او قدم بزند (باز هم قدم زدن در کار است) و در نتیجه بحث جالب توجهی در گرفت، که هایزنبرگ آن را در سال ۱۹۶۹ منتشر کرد.

در بحث با اینشتین، هایزنبرگ یک بار دیگر کوشید تا توجه او را به این نکته جلب کند که او با مدارهای الکترونی مشاهده ناپذیر در اتم سرو کار ندارد، بلکه به تابش مشاهده پذیر پرداخته است. او به اینشتین گفت «چون قابل قبول است که فقط اندازه هایی را که مستقیماً مشاهده پذیرند وارد نظریه کنیم، فکر کردم طبیعی تر است که خود را به این ها محدود کنم، و آنها را چنانکه هستند نماینده مدارهای الکترونی بدانم.» اینشتین پاسخ داد، «اما شما جداً باور ندارید که فقط اندازه های مشاهده پذیر باید وارد نظریه فیزیکی شوند؟» هایزنبرگ ادامه می دهد که «با تعجب گفتم که این شما بودید که این فکر را مبنای نظریه نسبیت خود قرار دادید...» اینشتین پاسخ داد، «شاید من این نوع فلسفه را به کار برده باشم؛ اما با وجود این بی معنی است.» و سپس جمله مشهور اینشتین را بیان کرد که «فقط نظریه تعیین می کند که چه چیزی را می توان مشاهده کرد.»<sup>۵</sup>

همه این ها باید از نظر هایزنبرگ حمله به چیزی باشد که ستمگیری بنیادی او با توجه به کارهای اولیه اینشتین بود، که از ابتدا تا پیروزی اخیرش راهنمای او بودند. اینشتین، که تحول وی از ابزارگرایی پوزیتیویستی تا واقع گرایی منطقی از دید هایزنبرگ دور مانده بود، به تفصیل توضیح داد که به طور کلی هر مشاهده چقدر پیچیده است، چگونه فرض هایی در مورد پدیده ها در آن دخیل اند که به نوبه خود



مبتنی بر نظریه‌ها هستند. به عنوان مثال، برای تفسیر نتایج تجربی که در آنها باریکه‌ای از نور دخیل است، باید به طور ناخودآگاه از نظریهٔ ماکسول استفاده کرد.

شاید این بحث به هایزنبرگ کمک کرد تا سرانجام سیری معرفت شناختی را آغاز کند، که سرانجام با نوعی نو افلاطونی در توصیف طبیعت از طریق توجه به تقارن‌ها به پایان رسید. اما در سال ۱۹۲۷، درست قبل از آغاز تحول بعدی - که بعداً مقالهٔ عدم قطعیت خوانده شد - هایزنبرگ ناگهان گزاره برانگیزانندهٔ اینشتین را به خاطر آورد که «فقط نظریه تعیین می‌کند که چه چیزی را می‌توان مشاهده کرد.» این کلید پیشرفت هایزنبرگ بود. چنانکه بعداً اظهار داشت، «کوشیدم تا این پرسش را به صورت مثال اینشتین درآورم.» در اینجا باید اندکی توقف کنم و به داستان ناتمام برخورد با هایزنبرگ در سال ۱۹۶۵ پردازم. هایزنبرگ پس از پایان سخنرانی خود نزد من آمد تا ماجرای ملاقات ۱۹۲۶ خود با اینشتین، و ارزشی را که این ملاقات برایش داشت، به تفصیل بیان کند. هایزنبرگ بعداً در ژانویهٔ ۱۹۶۶ نامه‌ای برای من فرستاد که در آن داستان را تکرار و نتیجه‌گیری تکان‌دهنده‌ای را به آن افزوده بود: درحالی که نظریه تعیین می‌کند که چه چیزی را می‌توان مشاهده کرد، اصل عدم قطعیت به او نشان داد که نظریه آنچه را نمی‌توان مشاهده کرد نیز تعیین می‌کند. جالب اینکه، اینشتین از طریق گفت و گوی سال ۱۹۲۶، مواد عظیمی را برای خلق مقاله عدم قطعیت در سال ۱۹۲۷ در اختیار هایزنبرگ گذاشته بود.

#### پایان راهپیمایی در دو مسیر .....

اکنون می‌توانیم تأثیر اینشتین بر هایزنبرگ را در دو مسیر و اگر اذنبال کنیم. هر دو مسیر در سطح بالا آغاز می‌شود، اما سرانجام به سرزمین‌های وحشتناکی در سطح پایین می‌انجامد. یکی از مسیرها علمی است. به‌رغم همهٔ این بدگمانی‌ها، اینشتین البته متوجه اهمیت کار هایزنبرگ شده بود. او هایزنبرگ را برای سه سال قبل از اینکه موفق به دریافت جایزه نوبل شود، نامزد این جایزه کرده بود، گرچه اینشتین تا آخر بر این باور بود که بالاخره معلوم می‌شود که روش هایزنبرگ در انجام فیزیک با تفکرات خداوند سازگار نیست. سومین ملاقات بین این دو مرد از اکتبر ۱۹۲۷، در کنگره شش روزه سولوی در بروکسل صورت گرفت. این

همایش صحنهٔ بسیاری از مباحثات مشهور، عمدتاً بین اینشتین و شرودینگر از یک طرف و بور، هایزنبرگ، و همکاران «کپنهاکی» آنها در طرف دیگر است. «به زودی معلوم شد که روحیهٔ کپنهاکی پیروز شده است. هر روز اینشتین بحث‌های زیرکانه‌ای را مطرح می‌کرد، که بور قبل از پایان روز به آنها پاسخ می‌داد، تا اینکه سرانجام به گفته هایزنبرگ، پل اهرنفتست گفت «اینشتین، من از کار تو شرمندم ام.»

هایزنبرگ در یک مصاحبهٔ بعدی نکته زیرکانه‌ای را افزود: «می‌گویم تغییری صورت گرفته است، که فقط می‌توانم به صورت دادخواهی مطرح کنم. یعنی بار استدلال برعکس شده است... این یک تغییر دیدگاه در میان نسل جوان‌تر به وجود آورد.» طرفهٔ اینکه، همین معکوس شدن بخت خیلی قبل، با پیروزی نسبی اینشتین بر مخالفانش انجام گرفته بود. آخرین نامهٔ باقیماندهٔ هایزنبرگ به اینشتین که چند ماه قبل از ملاقات بروکسل نوشته شده است، اعتماد به نفس طرف پیروز این کشمکش را نشان می‌دهد. هایزنبرگ می‌نویسد درحالی که در مکانیک کوانتومی جدید اصل علیت محبوب اینشتین بی‌اساس است، «می‌توانیم خود را دلداری دهیم که خداوند متعال محل ذرات را می‌داند، و بنابراین می‌تواند اجازه دهد که اصل علیت به اعتبار خود ادامه دهد.»

هایزنبرگ یک بار دیگر در سال ۱۹۵۴، یک سال قبل از مرگ او، در پی اینشتین رفت، و ملاقات نهایی این دو مرد در پرینستون صورت گرفت. هایزنبرگ دریافت که دیدگاه اینشتین از کنگرهٔ سولوی در سال ۱۹۲۷ تغییر نکرده است. به‌رغم همهٔ مهارت‌های قانع‌کنندهٔ هایزنبرگ، اینشتین فقط گفت «نه، این چیزی نیست، این چیزی نیست که من به دنبال آن هستم. من فیزیک نوع شما را دوست ندارم. من فکر می‌کنم که کار شما با آزمایش‌ها درست است... اما من آن را دوست ندارم.»

مسیر دوم که رابطهٔ بعدی بین دو مرد را دنبال می‌کند مربوط به ظهور کامل چیزی در سال ۱۹۳۳ است که در آلمان از اوایل سال‌های ۱۹۲۰ نشانه‌های آن به چشم می‌خورد. برای مدتی، هایزنبرگ در سخنرانی‌ها و مقاله‌های خود از اینشتین نام می‌برد. اما اکنون روح اهریمنی غلبه می‌یافت، از جمله مقاله‌های یوهانس اشتارک





شکل ۳. همایش سولوی در سال ۱۹۲۷ یکی از موارد معدودی است که هایزنبرگ (ردیف عقب، نظر سوم از راست) و اینشتین (ردیف اول در مرکز) با هم عکس گرفته اند. این همایش صحنه مباحثه های جدی درباره نظریه کوانتومی بین اینشتین و شرودینگر در یک طرف، و هایزنبرگ و همکاران کپنهاکی او در طرف دیگر بود.

خارج از صحنه و دورتر اجتناب کند که سرزمین خود را دوست داشتند، اما نمی توانستند با همیلمر معامله کنند، یا به مأمور SSی که قصد هلاکت آنها را داشت رشوه بدهند. به رغم اینکه رژیم نازی نظریه نسبیت را محکوم کرد، استفاده از معادله  $E=mc^2$  برای دانشمندان آلمانی کاملاً مجاز بود. در واقع، استفاده از این معادله یادآور هدف مقدس آنها از شروع باشگاه اورانیوم بود. و دولت آلمان، خیلی پیش از اینکه متفقین روش تحقیق سازمان یافته ای را به وجود آورند، به این کار پرداخته بود. اگر چه چند خطای جدی امکان تولید بمب را منتفی ساخته بود. دانشمندان آلمانی تحت رهبری هایزنبرگ این امیدواری را حفظ کردند که با ساختن یک راکتور از انرژی هسته ای برای توانمند ساختن ماشین جنگی خود استفاده کنند.

دگرگون سازی تصویر اینشتین.....  
در این نقطه داستان، بالاخره در زمان صلح هستیم، و

هایزنبرگ، چنانکه

شکل ۴ - «یهودی های سفید در علم» عنوان مقاله اصلی ۱۵ ژوئیه ۱۹۳۷ در **Das Schwarze Korps** روزنامه رسمی SS است. این مقاله که آن را یوهانس اشتارک تأیید کرده بود، هایزنبرگ را برای حمایت از نظریه نسبیت «یهودی» محکوم می کرد. هایزنبرگ با متوسل شدن مستقیم به هایزنبرگ ریس SS، که دوست خانوادگی بود، توانست حکم برائت مشروط بگیرد.

# Das Schwarze Korps

ZEITUNG DER SCHUTZSTÄFFELN DER NSDAP  
Verleger: Reichsminister für Volksbildung



Das Schwarze Korps

## „Weiße Juden“ in der Wissenschaft

Die weiße Juden sind die Wissenschaftler, die sich für die jüdische Wissenschaft interessieren. Sie sind die Feinde der deutschen Wissenschaft. Sie sind die Feinde der deutschen Nation. Sie sind die Feinde der deutschen Kultur. Sie sind die Feinde der deutschen Zukunft. Sie sind die Feinde der deutschen Ehre. Sie sind die Feinde der deutschen Freiheit. Sie sind die Feinde der deutschen Gerechtigkeit. Sie sind die Feinde der deutschen Wahrheit. Sie sind die Feinde der deutschen Liebe. Sie sind die Feinde der deutschen Hoffnung. Sie sind die Feinde der deutschen Zukunft. Sie sind die Feinde der deutschen Ehre. Sie sind die Feinde der deutschen Freiheit. Sie sind die Feinde der deutschen Gerechtigkeit. Sie sind die Feinde der deutschen Wahrheit. Sie sind die Feinde der deutschen Liebe. Sie sind die Feinde der deutschen Hoffnung. Sie sind die Feinde der deutschen Zukunft.

که در سال ۱۹۳۵ هایزنبرگ را «روح روحیه اینشتین» قلمداد می کرد. حمله های مکتوب به هایزنبرگ، و فیزیک نظری از این نوع، در ۱۵ ژوئیه ۱۹۳۷ با یک مقاله در روزنامه رسمی **Das Schwarze Korps** به اوج رسید. این مقاله که آن را اشتارک تأیید کرده بود، هایزنبرگ را یک «یهودی سفید» نامیده بود، و نسبیت و نظریه کوانتومی را به عنوان تفکر غیر آلمانی، یهودی رد کرده بود.

پس از آن هایزنبرگ به مدت یک سال کوشید تا از هایزنبرگ همیلمر، رییس SS که با او رابطه خویشاوندی داشت، حکم برائت بگیرد. این کوشش سرانجام موفقیت آمیز بود، اما به او دستور داده شد که در آینده در بین مخاطبان، در سپاسگزاری از نتایج پژوهش های علمی، ویژگی های شخصی و سیاسی پژوهشگر را به روشنی مشخص کند. «به طور خصوصی، همیلمر به هایزنبرگ به عنوان یک پژوهشگر ممکن برای طرح احمقانه «نظریه

یخ جهان» که در اینجا به جزئیات آن نمی پردازم<sup>۷</sup>، نظر داشت. اما هیچ نمایشنامه نویسی در آینده با روایتی از رابطه هایزنبرگ - اینشتین نمی تواند مانند کپنهاک از وارد کردن فریادهای میلیون ها نفر افراد،



همواره امیدوار بود، به عنوان رهبر نسل جدید فیزیکدانان آلمان تثبیت شده است. اما اکنون، در دو سخنرانی هاینبرگ، فزازهایی را می‌یابیم که علامت عمق نزول سطح روابط او با اینشتین است، همان طور که قبلاً این رابطه با نیلس بور مختل شده بود.

اندکی پس از درگذشت اینشتین در سال ۱۹۵۵، هاینبرگ مقاله عامه‌پسندی با عنوان «کار علمی اینشتین»<sup>۸</sup> منتشر کرد. مقاله با ارزیابی سخاوتمندانه‌ای از کارهای اینشتین آغاز می‌شود، اما سپس اشکال مهمی در کار او می‌یابد که «اینشتین، که از جنگ نفرت داشت، نباید تحت تأثیر آنچه در زمان نازی‌ها رایج شد، نامه‌ای به رییس جمهور روزولت در سال ۱۹۳۹ بنویسد و ایالات متحده را به ساختن بمب‌های اتمی ترغیب کند...» که سرانجام «هزاران زن و کودک را کشت». «این اظهار نظر تلخ فقط یک گزافه‌گویی بود. نامه مشهور دولت ۱۹۳۹ که اینشتین آن را امضا کرد، هنگامی نوشته شد که ماشین جنگی آلمان می‌خواست شروع به کار کند، و به طوری که اکنون می‌دانیم چهار ماه پس از آنکه پل هارتنک<sup>۱۵</sup> و ویلهلم گروت<sup>۱۶</sup> از وزارت جنگ خواسته بودند که درباره مواد منفجره هسته‌ای تحقیق کند. این نامه نه تنها ایالات متحده را تشویق به ساخت جدی بمب‌های اتمی نکرده بود، بلکه با توجه به مضمون نامه «تقاضای مراقبت و در صورت لزوم اقدام سریع» بود، که یکی از علت‌های نه چندان کم‌اهمیت آن این بود که «آلمان فروش اورانیوم از معادن چکسلواکی تحت اشغال خود متوقف کرده بود.» نامه تنها خواسته بود که ارتباطی بین دولت ایالات متحده و فیزیکدانان در جهت تأمین بودجه کارهای تجربی در آزمایشگاه‌های دانشگاه‌ها و در صورت لزوم از اهداکنندگان خصوصی و آزمایشگاه‌های صنعتی به عمل آید. تأثیر مستقیم این درخواست آن بود که ۶۰۰۰ دلار در اختیار انریکو فرمی در دانشگاه کلمبیا قرار گرفت. اینشتین این دعوت را که جزء گروه هماهنگ‌کننده تحقیقات بعدی باشد را نپذیرفت.

اینشتین در مارس ۱۹۴۰ نامه دیگری را به روزولت نوشت و گزارش داد که تحقیقات درباره استفاده از اورانیوم واقعاً در آلمان جریان دارد. در واقع، دولت ایالات متحده تا اکتبر ۱۹۴۱ که گزارش کمیته مود<sup>۱۷</sup> را درباره مطالعه چگونگی تولید بمب هسته‌ای با پشتیبانی مالی بریتانیا

دریافت کرد، درگیر این مسأله نشد. بعدها لئوزیلارد<sup>۱۸</sup> اینشتین را متقاعد کرد که نامه سومی را در اوایل سال ۱۹۴۵ بنویسد. اما این نامه فقط یک معرفی نامه به روزولت بود. زیلارد که به اینشتین نگفته بود نامه را برای چه می‌خواهد، امیدوار بود که تردیدهای خود را در مورد «عاقله‌بوند بودن آزمایش و استفاده از بمب اتمی به روزولت منتقل کند.» اما، روزولت قبل از اینکه این درخواست به او برسد درگذشت.

خود اینشتین هیچگونه دسترسی مستقیم به پروژه هسته‌ای متفقین نداشت. این پنهان‌کاری مسائل خنده‌داری را نیز به وجود آورده بود. در اواخر دسامبر ۱۹۴۱ وانه وار بوش<sup>۱۹</sup> می‌خواست تا با اینشتین درباره کارخانه‌های پخش‌گازی برای غنی‌سازی اورانیوم مشورت کند، اما چون اطلاعات مبهمی به اینشتین داده بود، پاسخ وی بدون استفاده بود. وقتی از او خواسته شد که آیا می‌توان جزئیات بیشتری را در اختیار اینشتین گذاشت، بوش فریاد زد که نه، هیچ چیز دیگری به او نگوید، زیرا او حدس‌هایی خواهد زد و ممکن است در این مورد صحبت کند. پرونده حجیم اینشتین در FBI نشان می‌دهد که ادگار هورور<sup>۲۰</sup> رییس FBI شدت به او بدگمان بود. در حالی که در یک سوی اقیانوس اطلس هاینبرگ «یهودی سفید» خوانده می‌شد، در طرف دیگر آن اینشتین یهودی سرخ تلقی می‌شد.

اظهار نظرهای سال ۱۹۵۵ هاینبرگ در مورد اینشتین را نباید فقط یک گزافه‌گویی انضاقی در نظر گرفت. هاینبرگ هنگامی که در سال ۱۹۷۴ درباره خانه اینشتین در اولم صحبت می‌کرد (این خانه در سال ۱۹۶۸ به صورت بنای یادبود اینشتین درآمد) این حمله را تکرار کرد. او مانند سال ۱۹۵۵ کار را با مرور ستایش‌آمیز کارهای اینشتین در مورد نسبییت آغاز کرد: سپس بعضی از نکته‌های قبلی را تکرار کرد، از جمله شرحی از رد کردن نظریه‌های هاینبرگ. سپس گفت که باید چیز دیگری را اضافه کند «برای اینکه تصویر اینشتین ناتمام نماند»، او سه بار به رییس جمهور روزولت نامه نوشت و در نتیجه سهم تعیین‌کننده‌ای در به حرکت درآوردن طرح بمب اتمی در ایالات متحده داشت، وی همچنین، در یک مورد، همکاری فعالی با این طرح داشت.»

اگر یک روز قرار باشد نمایشنامه‌ای بر مبنای رابطه این



دو نفر نوشته شود. نمایشنامه نویس شاید متوجه این گزافه گویی های شگفت انگیز بشود، که در شهر محل تولد اینشتین بیان شده است و بخشی از سخنرانی های هایزبرگ با عنوان «رویارویی ها و گفت و گوها با آلبرت اینشتین» است. هایزبرگ در آخرین سخنرانی خود، دو سال قبل از مرگش، آخرین برخورد را با شخصی داشت که روزی او را مدل خود می نامید؛ شخصی که به طور ناخودآگاه عامل بینش های عمیق و توهین های بی رحمانه در طول زندگی علمی و خصوصی هایزبرگ شده بود، و هایزبرگ بارها و بارها بدون نتیجه تأیید او را طلبیده بود، نیلس بور نیز تا هنگام مرگ خود در سال ۱۹۶۲، عمیقاً از خودداری اینشتین از پذیرش تعبیر و برنامه خود اندوهگین شده بود. خود اینشتین نیز، اغلب کوانتوم را که خودش مطرح کرد، و بور و هایزبرگ آن را به طور گسترده به کار گرفته بودند، ولی به عنوان فیزیکدان چنان طلسم شده بود که نمی توانست آن را بپذیرد، لعنت می کرد.

موضوع خیلی خوب آغاز شده بود، اما در نمایشنامه بعدی، وقتی پرده برای این سه مرد استثنایی می افتد، حتی شیخ اهریمنی که آنها را از کنار صحنه می نگرسته است، و همه قرن وحشتناک را تحت سلطه خود داشته است، نمی تواند از ریختن قطره اشکی برای بشریت خودداری کند.

مرجع :

Physics Today July 2000.PP 38- 42.

زیرنویس :

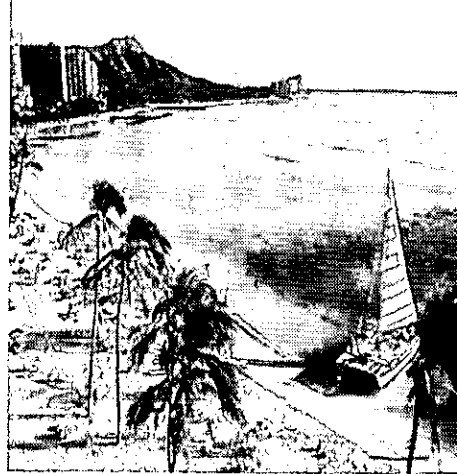
\* جرالند هولتون استاد فیزیک و تاریخ علم در دانشگاه هاروارد است.

1. Biographia Literaria
2. Jhon keats
3. Robert Jungk
4. uranuerin
5. Jeremy Bernstein
6. David Cassidy
7. Abraham pais
8. Ernst Mach
9. Max Planck
10. Herman weyl
11. Philipp Lenard
12. Walther Rathenau
13. Kramers
14. Slater
15. Paul Harteck
16. Wilhelm Groth
17. Maud Comittee
18. Leo szilard
19. vannevar Bush
20. Edgear Hoover

## نقد و بررسی

سؤال امتحان فیزیک ۴ که در تاریخ خرداد ماه سال ۱۳۸۰ برگزار گردید مورد اعتراض برخی دانش آموزان و معالومی معلمان کشور قرار گرفته است. رشد آموزش فیزیک از دبیران گرامی تقاضا دارد نقد و بررسی خود را در مورد (طرح سؤال امتحان سراسری) برای درج در مجله ارسال فرمایند.

عنایت به نظرات صاحب نظران بهترین راهگشا برای این گونه مشکلات آموزشی است.



# نصب دستگاه تهویه در اعماق اقیانوس ها

مترجم: مژگان مطلوب

در اعماق اقیانوس هادر عمق های حدود نیم مایلی به جایی می رسیم که نور خورشید کمتر نفوذ می کند. دانشمندان و محققان مرکز مهندسی اقیانوس شناسی ماکایی در هاوایی اکنون به این منطقه تیره و تاریک دست یافته اند تا از آن به عنوان منبعی برای سیستم تهویه برودتی استفاده کنند. در مناطق گرمسیری، ساختمان ها در کل سال نیاز به سیستم خنک کننده دارند، و این سیستم خنک کننده با آب سرد کار می کند.

کمپرسورها (متراکم سازها) آب را خنک می کنند و تلمبه های مربوطه آن را در دیوار خانه ها به چرخش در می آورد. تا این آب سرد دمای محیط را کاهش دهد. متأسفانه تأمین انرژی کمپرسور نه ارزان است و نه مقرون به صرفه. به جای استفاده از کمپرسورها، برای خنک کردن آب در دستگاه مربوطه، می توان از دستگاه آب خنک کن ماکایی استفاده کرد که از آب بسیار سرد اعماق اقیانوس ها بهره می گیرد. در مرحله اول مهندسان خط لوله ای را نصب می کنند که به اعماق اقیانوس ها برسد. یعنی به جایی که آب تقریباً در دمای حدود  $4^{\circ}\text{C}$  است.

سپس پمپ های قوی در خط ساحلی، آب سرد را از اعماق اقیانوس ها مستقیماً به دستگاه های تهویه برودتی هوا در ساختمان ها می برد و در آنجا سیستم های مبدل گرمایی آب شیرین مخزن را به کمک آب سرد دریا خنک می کند. عامل مهم دیگری که باید در نظر داشت، این است که آب باید به صورتی به اقیانوس باز گردد که لطمه ای به اکوسیستم وارد نسازد.

برای این منظور می توان از دو راه استفاده کرد. هم می توان لوله ها را در عمق چند صد فوتی نصب کرد که در آنجا دمای آب خروجی تقریباً نزدیک یا در سطح دمای آب اقیانوس است. یا می توان آن را در گودال های ساحلی ریخت که به تدریج در زمین نفوذ کند یا زمانی که به اقیانوس می رسد، به دمای قابل قبولی رسیده

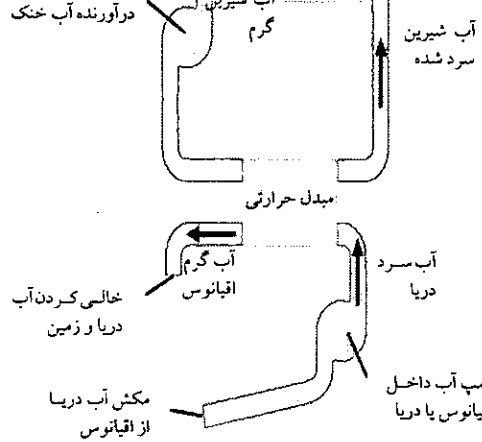
باشد. به نظر «دکتر وان رایزن»<sup>۱</sup> این سیستم از نظر زیست محیطی مزایایی دارد. زیرا منبع انرژی این سیستم برخلاف فرئون تجدیدپذیر است.

ضمناً این سیستم نیاز به کمپرسور ندارد و مصرف انرژی الکتریکی آن فقط ۱۰٪ روش های متداول است، که باعث ذخیره سوخت های فسیلی و هزینه های مصرف شده می شود. ولی فناوری خنک سازی آب سرد اقیانوس ها، فقط برای ساختمانهایی که در چند کیلومتری ساحل هستند، کارایی دارد و هزینه های نصف آن مستلزم صرف مبالغ هنگفتی یعنی بالغ بر چند میلیون دلار است.

به همین دلیل دکتر وان معتقد است، این نوع سیستم ها غالباً برای سیستم های وسیع برودتی مرکزی مناسب هستند مثل نیروگاههای عظیم کارخانه ای، که در این موارد صرفه جویی در مصرف برق می تواند جبران هزینه های نصب را بنماید.

در شرایط مساعد این سیستم با هزینه هایی حدود  $\frac{1}{3}$  تا  $\frac{1}{4}$  هزینه های سیستم های متداول قابل اجرا خواهد بود.

\* Dr. Van Ryzin



# جایگاه «رابطه عاطفی»

## در پیش برد کیفی آموزش

جهانگیر ریاضی

فرهنگ مناطق «ظاهر می شود، که تا اندازه ای وجه تمایز و تفاوت بین مناطق از نقطه نظر فرهنگی و آموزشی است. در برخی مناطق که مردم آن نوعاً: «عاطفی و خونگرم» هستند، این وجه عاطفی بسیار شدیدتر عمل می کند. پس ایجاد یک رابطه مناسب و تأثیرگذار با دانش آموز، بسته به مناطق مختلف، مستلزم شناخت ویژگی های فرهنگی آن منطقه است. در واقع باید ضمن داشتن اندیشه های کلی در امر آموزش و رابطه بین معلم و دانش آموز، در عمل با توجه به ویژگی های بومی منطقه، رابطه را هدایت کرد.

رابطه عاطفی در سنین مختلف .....  
مسئله نقش رابطه عاطفی در سنین پائین، یعنی در مقاطع تحصیلات ابتدایی و راهنمایی اساسی تر و مؤثرتر است. ولی نباید فراموش کرد که بالا رفتن سن دانش آموز، به معنی از بین رفتن نیاز عاطفی و نقش مؤثر آن در امر آموزش نیست. بارها مشاهده می شود که دانشجویان که در دانشگاه به تحصیل اشتغال دارند، از دوران دبیرستان به عنوان یکی از بهترین دوره های زندگی آموزشی یا حتی کل زندگی نام می برند. این موضوع نشان دهنده جایگاه «رابطه عاطفی» در مناسبات بین معلم و دانش آموز در مقطع متوسطه است. شاید بتوان به جرأت گفت که: اگر مناسبات بین استاد و دانشجو در آموزش دانشگاهی، از انعطاف بیشتری برخوردار می بود، این موضوع آثار مطلوبی در کیفیت آموزش دانشگاهی می گذاشت. چرا که صرف نظر از سن و موقعیت آموزشی، انسان جامعه ما نوعاً انسانی عاطفی است و زبان صمیمیت را بهتر درک می کند.

در جامعه ما «رابطه عاطفی» موروثی بسیار مهمی در کل مناسبات اجتماعی، از جمله در محیط آموزشی به عنوان بخشی از مناسبات بین افراد جامعه داراست. در این نوشتار، جایگاه مهم «رابطه عاطفی» از دیدگاه چگونگی تأثیرگذاری آن بر روند کیفی آموزش مورد بررسی قرار می گیرد.

رابطه بین معلم و دانش آموز .....  
رابطه بین معلم و دانش آموز به عنوان بخشی از کل مناسبات اجتماعی بین افراد جامعه، متأثر از ویژگی های فرهنگی، اعتقادی، سنت ها و ... بوده و در همین چهارچوب قابل بررسی است. در جامعه ای که سهم عمده شکل گیری و ادامه یک رابطه، به خصوص رابطه با نسل جوان، مربوط به تأثیرات عاطفی بین انسان هاست، بررسی مناسبات در محیط آموزشی بدون توجه به بُعد عاطفی آن امکان پذیر نیست. به زبان ساده، دانش آموز قبل از هر چیز، متأثر از جنبه های عاطفی، رفتاری، شخصیتی و ... معلم است. و هر قدر وجه عاطفی رفتارها در یک جامعه قوی تر باشد، این جنبه اثر بیشتر و مؤثرتری از خود نشان می دهد. این تأثیر در برخی موارد به صورت رابطه ای «مطلق» در می آید به گونه ای که «بیان معلم» برای دانش آموز حکم قطعی و غیر قابل تردید می شود.

ویژگی های فرهنگی مناطق مختلف .....  
جایگاه رابطه عاطفی در مناسبات، بحثی کلی در فرهنگ عام جامعه است. ولی این موضوع در مناطق جغرافیایی متفاوت در کشور، به صورت «خود ویژگی های



**رابطه عاطفی، دیدگاه‌های مثبت و منفی** .....  
رابطه عاطفی در وجه صحیح و هدایت شده آن، می‌تواند یکی از مؤلفه‌های بسیار مؤثر در پیشبرد کیفی آموزش باشد. تأکید بر «رابطه هدایت شده» حائز اهمیت بسیار است. هر رابطه‌ای که در چهارچوب اهداف تعیین و تعریف شده، کنترل و هدایت شود، مفهوم درست خود را می‌یابد. یکی از ابعاد بسیار اساسی رابطه عاطفی بین دانش آموز و معلم، دست‌یابی به درک متقابل در این رابطه است. رسالت «درک متقابل» در درجه اول بر عهده معلم و سپس وظیفه دانش آموز است. درک متقابل باعث می‌شود که برنامه‌ریزی‌های آموزشی و انتظارات ناشی از این برنامه‌ها، در چهارچوب واقعیات و شرایط موجود صورت گیرد. تفاهم ناشی از چنین رابطه‌ای، باعث می‌شود در بروز مشکلات و مسائل جانبی در محیط آموزشی، بتوان براساس درک متقابل راه کارهایی مناسب و منطقی ارائه کرد. در نهایت می‌توان گفت که رابطه عاطفی هدایت شده و درک متقابل معلم و دانش آموز باعث شکل‌گیری اصول و منطق ناظر بر این مناسبات می‌شود. پس یک رابطه عاطفی نیز می‌تواند از منطق و اصول خاصی پیروی کند و این مستلزم وجود اهداف مشخص و چهارچوب‌های تعریف شده برای رابطه است. در عین حال نبود یک الگوی هدایت‌گر در رابطه عاطفی باعث می‌شود، منطق خاصی ناظر بر این روابط نباشد و رابطه دچار نوعی افراط و حتی یکسو نگری شود و در نهایت نتایج نامطلوب به وجود آورد.

**رابطه عاطفی به عنوان «ارزش»** .....  
در جامعه‌ای که ارکان اساسی یک رابطه عاطفی یعنی صمیمیت، محبت، و ... «ارزش» به حساب می‌آیند، رابطه عاطفی هدایت شده کارکردی کیفی خواهد داشت. اینکه اشاره می‌شود که ویژگی‌های رابطه عاطفی دارای ابعاد ارزشی باشند، یعنی در باورهای کل جامعه به عنوان ارزش‌های قابل احترام تعریف شده باشند. ولی هرگاه اغتشاش و ابهام در نظام ارزشی جامعه باعث شود که مؤلفه‌های اصلی «رابطه عاطفی» ابعاد ارزشی خود را از دست دهند، در چنین شرایطی نمی‌توان انتظار کارکردی مؤثر و کیفی از رابطه عاطفی در کل مناسبات، از جمله در رابطه بین معلم و دانش آموز داشت. برخی با تصور این که

دیگر زمان این نوع روابط و کارکرد کیفی آنها سپری شده و دیگر نباید به عنوان ارزش به آنها بها داد، به دنبال الگوهای جایگزین، ویژگی‌های اساسی فرهنگ و سنت را در نظر نمی‌گیرند و بعضاً دچار نوعی افراط و بر خورد «ضد ارزش» می‌شوند. تجربه نشان می‌دهد این تصورات در عمل، دستاورد مفیدی نخواهد داشت.

### **موانع موجود در ایجاد رابطه عاطفی بین معلم و دانش آموز** .....

ایجاد رابطه عاطفی هدایت شده، در صورت فراهم بودن شرایط و مدیریت صحیح معلم امکان پذیر است. بنابراین اگر شرایط اولیه در کل جامعه از دیدگاه نظام ارزشی فراهم نباشد، بی‌تردید نمی‌توان به صورت آزاده گرایانه این رابطه را به وجود آورد. بر این مبنا می‌توان به موارد زیر به عنوان موانع اشاره کرد:

- ۱- عدم اعتقاد به رابطه عاطفی، هدایت شده به عنوان یک ارزش و یک عامل مهم در پیشبرد کیفی امر آموزش در کل باورهای جامعه.
- ۲- نبود مدیریت لازم از طرف معلم به عنوان عنصر اصلی هدایت رابطه بین معلم و دانش آموز.
- ۳- قرار دادن معلم به عنوان یک «شهروند درجه دوم» در باورهای کل جامعه و در نتیجه، قرار گرفتن کل ارزش‌های وابسته به علم و آموزش در درجه دوم و نبود حرمت و ارزش برای معلم و رابطه عاطفی بین معلم و دانش آموز.

**نتیجه‌گیری** .....

ایجاد رابطه عاطفی هدایت شده در چهارچوب اهداف آموزشی، یکی از راه‌کارهای بسیار مؤثر در پیشبرد کیفی امر آموزش است. رسیدن به این هدف مستلزم داشتن حوصله در شناخت جنبه‌های مختلف فرهنگ و سنت‌ها، حساسیت‌ها و سایر ویژگی‌های یک منطقه است. معلم موفق کسی است که بتواند با رسیدن به این شناخت، زبان مشترکی با دانش‌آموزان بیابد که برای آنها قابل لمس و درک باشد، به طوری که دانش آموز، معلم را در کنار خود، نه در مقابل خود احساس نماید و به رابطه عاطفی او پاسخ مثبت و مناسب را بدهد. این همه در سایه شناخت و سپس مدیریت و هدایت صحیح رابطه امکان پذیر است.

# دستوارگی طبیعت\*

مترجم: احمد توحیدی

طور مشابه، بیشتر پوسته‌حلزون‌ها و نرم‌تنان به شکل مارپیچ‌های راستگردند، اما احتمال دارد هر دو شکل نیز وجود داشته باشند که به نوع آنها بستگی دارد. اگر به سازواره‌های نامتقارن در آینه نگاه کنید «دستوارگی» آنها از چپ به راست یا از راست به چپ تغییر خواهد کرد. در بیشتر حالت‌ها، تصویر مشاهده شده از جسم در آینه در دنیای واقعی وجود ندارد. در طبیعت یک نوع دستوارگی، برتر از دیگری است. در این حالت بنا به گفته فیزیکدانان پارته پایسته نمی‌ماند.

در سطح مولکولی، مولکول DNA یک مارپیچ دوگانه راستگرد است. در حالی که بیشتر پروتئین‌ها تک مارپیچ راستگردند. نوزده تا از بیست نوع اسیدهای آمینه سازنده پروتئین‌ها در موجودات زنده به هر دو شکل هستند که هر یک تصویر آینه‌ای دیگری است. همه سازواره‌های زنده با چند استثنای نادر چپگردند. نامتقارنی مولکول‌های زیست‌شناختی برای سازواره‌های زنده به نحو سرنوشت‌سازی اهمیت دارد. در اوایل دهه ۱۹۶۰ یک شکل از داروی تولیدوید برای درمان ویار زنان باردار تجویز شد که سبب بروز نقص عضو مادرزادی در کودکان شد، در حالی که تصویر آینه‌ای آن دارو می‌بایستی برای ویار زنان باردار تجویز می‌شد. یک شکل از ماده شیمیایی لیمونین بوی پرتقال دارد، در حالی که شکل دیگر آن بوی لیمو می‌دهد.

آیا طبیعت هم راست دست است و هم چپ دست؟ در حدود ۸۵ درصد از افرادی که این مقاله را می‌خوانند راست دست، ۱۳ درصد چپ دست، و تنها ۲ درصد هم راست دست هستند و هم چپ دست. بیشتر انواع گیاهان بالارونده در مارپیچ‌های راستگرد دور درختان یا میله‌های نگاهدارنده خود می‌پیچند و بالا می‌روند (شکل ۱). به



شکل ۱) نیلوفرها همیشه به صورت مارپیچ‌های راستگرد هستند. مارپیچ را راستگرد گویند زیرا انگشت شست دست راست را در طول ساقه گیاه حرکت بدهیم دیگر انگشتان دست راست در جهت پیچش گیاه پیچیده می‌شوند.



چگونه این نامتقارنی‌ها پدید آمده‌اند؟ آیا آنها ریشه در قوانین بنیادی فیزیک دارند؟ آیا طبیعت خود به واسطه این قوانین یک سمتگیری را بر سمتگیری دیگر ترجیح می‌دهد؟ اگر چنین است، این وضعیت چه معنایی دارد؟ در طبیعت واقعاً مثال‌های بسیار جالبی از تقارن وجود دارد مانند، تقارن شش‌گانه برف‌دانه‌ها و تقارن دوجانبه بدن انسان. آیا این مثال‌ها بیانگر بازتاب یک تقارن نهفته شده در طبیعت نیست؟ تا سال ۱۹۵۷ فیزیکدان‌ها معتقد بودند که قوانین اساسی کاملاً متقارن‌اند. در واقع در آنها پارتیه پایسته می‌ماند. یعنی در بنیادی‌ترین سطح، تصویر هر فسرآیند فیزیکی یک فسرآیند فیزیکی ممکن است.

تا سال ۱۹۵۰ چهار نوع نیرو شناخته شده بود. نیروهای گرانشی و الکترومغناطیسی کاملاً متقارن‌اند. بدین معنا که معادله‌های این نیروها در دستگاه مختصات وارونه شده نیز شکل اولیه خود را حفظ می‌کنند. در (شکل ۲) می‌بینیم که

چگونه یک دستگاه مختصات دکارتی راستگرد در یک تصویر آینه‌ای یا هنگامی که دستگاه وارونه می‌شود به یک دستگاه چپگرد تبدیل می‌شود. اکنون بررسی خواهیم کرد که چگونه بر اثر وارونگی، معادله‌های نیروهای گرانشی و الکترومغناطیس تغییر نمی‌کنند.

نخست اثر وارونگی را روی بردارهای گوناگون تعیین می‌کنیم، با بردار جابه‌جایی  $\mathbf{r}$  شروع می‌کنیم. چون وارونگی شامل تغییر علامت هریک از مختصات است بنابراین خواهیم داشت:

$$\mathbf{r} = xi+yj+zk \rightarrow -xi-yj-zk = -\mathbf{r}$$

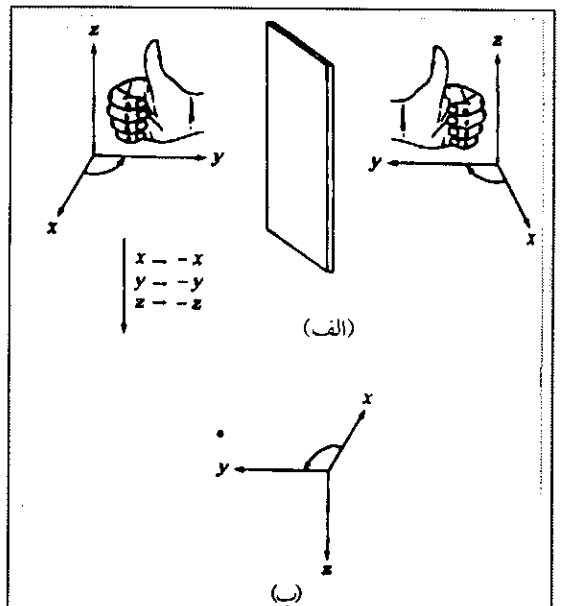
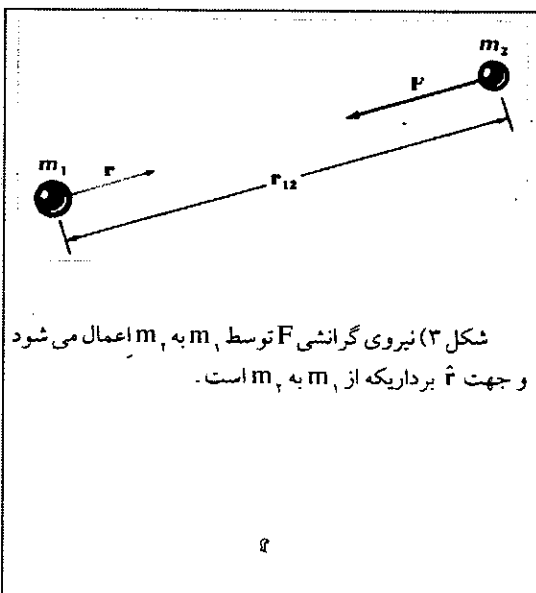
با گرفتن مشتق‌های متوالی از  $\mathbf{r}$ ، می‌بینیم که بردار سرعت  $(\mathbf{V})$  به  $(-\mathbf{V})$  و بردار  $(\mathbf{a})$  به  $(-\mathbf{a})$  تغییر می‌کند. افزون بر این، چون نیروی  $(\mathbf{F})$  مساوی  $m\mathbf{a}$  است و جرم  $m$  هنگام وارونگی مختصات تغییر نمی‌کند پس  $\mathbf{F} \rightarrow -\mathbf{F}$  می‌شود. در واقع بردارهای حقیقی بر اثر وارونگی مختصات تغییر علامت می‌دهند.

بر اثر وارونگی قانون گرانش نیوتون چه تغییری می‌کند؟

با توجه به آنچه که گفته شده به آسانی می‌بینیم که

$$\mathbf{F} = \frac{Gm_1m_2}{r^2} \hat{\mathbf{r}} \rightarrow (-\mathbf{F}) = \frac{Gm_1m_2}{r^2} (-\hat{\mathbf{r}})$$

با حذف علامت منفی از طرفین، شکل معادله اصلی تغییر نخواهد کرد (شکل ۳). وارونه کردن مختصات را

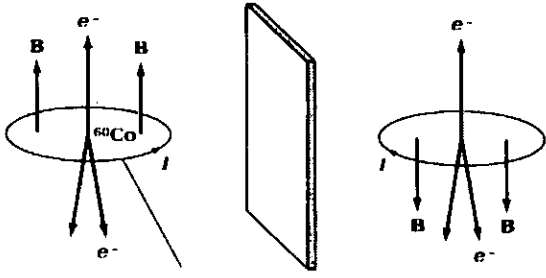


(شکل ۲) بازتاب آینه‌ای (الف) با وارونگی مختصات (ب) معادل است. زیرا یک دستگاه مختصات راستگرد به چپگرد تبدیل می‌شود. در بازتاب آینه‌ای فقط یک محور وارونه می‌شود در حالی که در وارونگی هر سه محور وارونه می‌شوند اما این دو با هم هم‌ارزند. دستاویزی یک دستگاه مختصات آن دستی است (چپ یا راست) که چون انگشت شست آن دست در جهت مثبت محور  $Z$  قرار گیرد با چرخش انگشتان دیگر، محور  $X$ ها به طرف محور  $Y$ ها به چرخد.





▲ تاج محل در آگرای هندوستان طرح متقارن زیبایی دارد.



شکل ۴) تعداد الکترون بیشتری توسط  $^{60}\text{Co}$  در خلاف جهت میدان مغناطیسی **B** گسیل می شوند تا در جهت میدان. در تصویر آینه ای، جریان وارونه شده است و در نتیجه **B** نیز وارونه می شود. اما در تصویر آینه ای هنوز تعداد زیادی الکترون به طرف پائین گسیل می شوند. چون آزمایش نشان می دهد که تعداد بیشتری الکترون در خلاف جهت میدان مغناطیسی **B** گسیل می شوند، بنابراین تصویر آینه ای آن امکان ندارد.

و به تبع آن بر پایه قانون دست راست، جهت میدان **B** هم وارونه می شود. آزمایش نشان داد که تعداد الکترون های گسیل شده در جهت **B** از جهت خلاف آن بیشتر است. بنابراین، در آزمایش وارونه شده آینه ای بایستی تعداد زیادی الکترون به طرف پائین گسیل می شدند (در جهت **B** در این آزمایش). پس تصویر آینه ای آزمایش اصلی به وقوع نمی پیوندد؟ طبیعت به طور شگفت انگیزی میان جهت های راستگرد و چپگرد تمایز قائل می شود: یعنی فرآیندی امکان پذیر است در حالی که تصویر آینه ای آن ممکن نیست. در سطح بنیادی، شکل برهم کنش ضعیف هنگام وارونه شدن مختصات تغییر می کند.

چون نیروی ضعیف در سطح خیلی پائین میان الکترون ها و هسته عمل می کند، آیا این امکان وجود ندارد که این نیرو خاستگاه نامتقارنی طبیعت باشد؟ آیا در حدود ۳ میلیارد سال پیش هنگام شکل گیری اسیدهای آمینه تأثیر نیروی ضعیف باعث برتری تولید اسیدهای چپگرد نشده است؟ محاسبات نشان می دهند که تأثیر نیروی ضعیف موجب شد که برای چندین گونه اسید آمینه چپگرد انرژی کمتری داشته باشند، که در این وضع، هنگام شکل گیری به نفع تولید آنها تمام شده است اما فقط در سطح یک مولکول در میان  $10^{17}$  مولکول. این نسبت برای اندازه گیری بسیار کوچک و با مشاهدات هر دو شکل تولید شده با

«عملکرد پاریته» نامند. بنابراین می گوئیم که گراننش پایستگی پاریته را حفظ می کند. قانون کولن همان شکل قانون گراننش را دارد. بنابراین، در آن نیز پاریته پایسته می ماند. هم چنین می توان نشان داد که قوانین آمپر و فاراده هم بر اثر وارونگی تغییر نمی کنند و در آنها مانند نیروهای گرانشی و الکترومغناطیس پاریته پایسته می ماند. بنابراین اگر فرآیندی فقط شامل نیروهای گرانشی و الکترومغناطیس باشد احتمال فرآیند تصویر آینه ای آن نیز وجود دارد. آزمایش ها نشان داده اند که در نیروی هسته ای قوی نیز پاریته پایسته می ماند.

اگر همه نیروها بنیادی متقارن اند پس چگونه در گیاهان، مولکول DNA و پروتئین ها نامتقارنی پدید می آید؟ در سال ۱۹۵۶ دو فیزیکدان به نام های لی (Lee) و یانگ (Yang) خاطر نشان کردند که هیچ مدرکی وجود ندارد که نشان دهد در برهم کنش ضعیف پاریته پایسته است. می دانستند که هسته اتم ها در برهم کنش ضعیف الکترون هایی گسیل می کنند. آنها آزمایشی با استفاده از کبالت  $^{60}\text{Co}$  که گسیلنده الکترون است پیشنهاد کردند. یک نمونه  $^{60}\text{Co}$  در یک میدان مغناطیسی حاصل از یک حلقه جریان الکتریکی قرار داده شد، در نتیجه گشتاور مغناطیسی همه هسته ها در راستای میدان مغناطیسی **B** همسو شدند (شکل ۴). در فرآیند وارونه شده آینه ای، حلقه جریان الکتریکی وارونه می شود

فراوانی یکسان در واکنش های آزمایشگاهی سازگاری دارد. اگر نیروی ضعیف خاستگاه نامتقارنی طبیعت است پس بایستی عملکرد فرآیندی تقویتی در کار باشد.

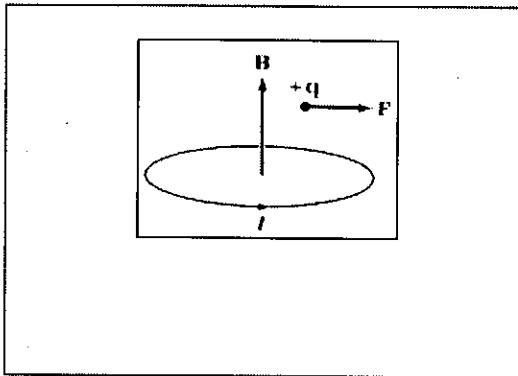
مهندسان مخابرات برای آشکار سازی یک سیگنال ضعیف نهفته شده در یک زمینه نوفه ای از میانگین گیری سیگنال استفاده می کنند. نوفه به طور کاتوره ای میان مقادیر مثبت و منفی اُفت و خیز می کند. بنابراین میانگین نوفه در بلندمدت صفر می شود، اما یک سیگنال که کوچکتر از نوفه است همواره جهت یکسانی دارد و در نهایت میانگین مجموع آن به مقدار بزرگتری از نوفه می انجامد. از لحاظ ریاضی افزایش مجموع  $n$  نمونه از نوفه  $S_p$  به صورت  $S_p \sqrt{n}$  است، در حالی که افزایش مجموع  $n$  نمونه از سیگنال  $s_p$  به صورت  $ns_p$  است. در نهایت میانگین سیگنال بر نوفه برتری پیدا می کند. زیرا  $n$  سریع تر از  $\sqrt{n}$  افزایش می یابد.

به همین طریق، در محلول های شیمیایی که اسیدهای آمینه چپگرد و راستگرد تولید می شوند اُفت و خیز کاتوره ای میان مولکول های واکنش به صفر شدن میانگین تولید خالص هریک از دستوارگی ها خواهد انجامید در حالی که هر نیروی نامتقارن همواره سیستم را در یک جهت پیش می برد به طوری که یک نوع دستوارگی را بر دیگری برتری دهد. با گذشت زمان این تمایل که همواره در یک جهت عمل می کند دستوارگی سیستم را تعیین می کند.

به طور دقیق تر، تقویت بدین ترتیب صورت می گیرد که حتی در غیاب یک نیروی نامتقارن اگر غلظت مواد شیمیایی به واکنش کننده به حد کافی بزرگ باشد، سیستم معمولاً ناپایدار است و خود به خود از یک نوع دستوارگی به دستوارگی دیگر می جهد و (در زمان  $t_{SD}$  در شکل ۵). این فرآیند را شکست خود به خود تقارن گویند. نمودار عددی اختلاف میان دو دستوارگی  $\Delta$ ، شبیه (شکل ۵)

است. به هر حال، اگر یک نیروی ضعیف کوچک نامتقارن اعمال شود، شبیه سازی ها نشان داده اند که تقریباً همیشه سیستم در جهت جلو رانده می شود مثلاً، به طرف اسیدهای آمینه چپگرد. این امکان وجود دارد که اسیدهای آمینه نامتقارن مشاهده شده ناشی از این فرآیند خود به خود را نیروی ضعیف به مدت حدود ۱۰۰۰۰۰ سال در تولید نوع برتر مولکول اسیدهای آمینه چپگرد در حدود ۹۸ درصد به پیش برده باشد. هیچ کس مطمئن نیست که آنچه روی داده بدین نحو بوده است، فقط امکان انجام آن بدین طریق وجود دارد.

خاستگاه دستوارگی پوسته حلزون ها، پیچک های بالارونده و دستوارگی انسان، هنوز پرسشهایی بدون پاسخ هستند. از تباط میان دستوارگی مولکول های زیست شناختی برای مثال با دستوارگی پوسته حلزون ها هنوز بسیار اندک و آسرا آمیز باقی مانده است که هیچ گونه نتیجه گیری را مجاز نمی دارد.

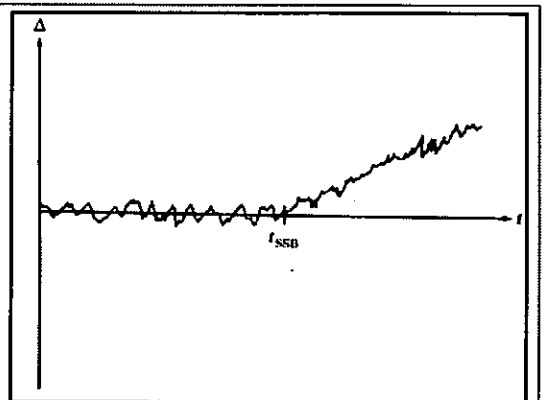


\* The Handedness of Nature

مرجع:

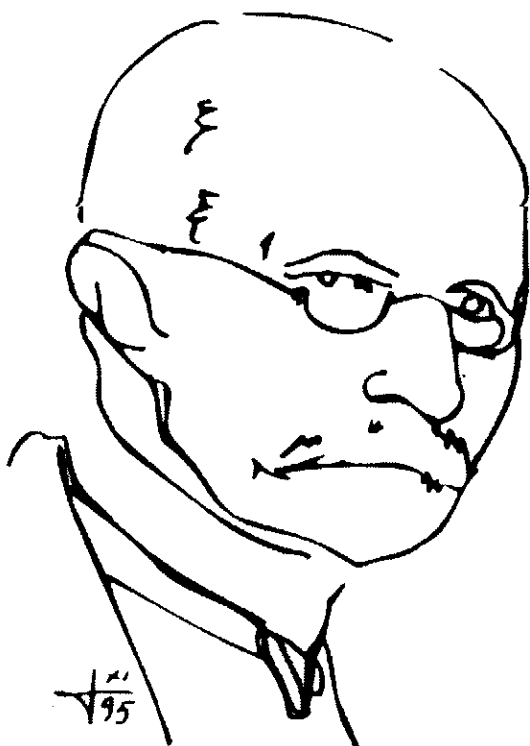
Physics, Frederick Keller, Edward. Gettys and Malcolm Skove, 1993, McGraw-Hill

شکل ۵) نمودار اختلاف در غلظت مولکول های راستگرد و چپگرد بر حسب زمان. در این مدل فرض می کنیم که هر دو نوع مولکول با احتمال یکسان در واکنش مولکول های غذایی شکل می گیرند. اگر فرآورده غلظت مولکول های غذایی از مقدار معینی بیشتر شود، دستگاه ناپایدار می شود و جهشی به سوی برتری دستوارگی یک نوع مولکول بر دیگری باز هم با احتمال یکسانی خواهد داشت. اگر تمایل کوچکی در جهت شکل گیری یک نوع مولکول ارائه شود، جهش تقریباً همیشه به سوی آن مولکول است.



# یک قرن با ثابت پلانک

آدام ماکوفسکی، استاد فیزیک  
دانشگاه کوپرنیک - تورن - لهستان  
مترجم: عبدالحسن بصیره.  
عضو هیأت علمی دانشگاه کردستان



به دست آورد، که پلانک آنها را کوانتوم انرژی نامید. حرف  $h$  به عنوان یک ثابت بنیادی طبیعت پذیرفته شد. تاریخ اخیر از سوی جامعه فیزیک جهان به عنوان آغاز عصر جدیدی در فیزیک - عصر فیزیک کوانتومی - در نظر گرفته شد. با گذشت زمان، ثابت جدید در تمام رابطه ها و معادله های کوانتومی وارد شده به طوری که سرشت کوانتومی این معادله ها با ظهور این ثابت در آنها قابل تشخیص اند.

**مفهوم  $h$**   
ثابت پلانک در فیزیک کوانتومی دو نقش اساسی بازی می کند. یکی اینکه معیاری از هر گام کوانتیدگی است، مقداری که با مقدار عددی  $h$  مشخص می شود. علاوه بر آن، یک کمیت موجی نوعی با طول موج  $\lambda$ ، را با کمیت واقعاً ذره ای، تکانه ترکیب می کند این ترکیب را می توان در معادله مشهور  $\lambda = \frac{h}{p}$  دید که آن را فیزیکدان فرانسوی لوئی دوبروی (برنده جایزه نوبل ۱۹۲۹) در سال ۱۹۲۴ پیشنهاد کرد.

در این مقاله به اختصار به شرایط مطرح کردن ثابت پلانک، مفهوم آن و واقعیت های جالب توجهی که با مفهوم این عدد ثابت در ارتباط است، می پردازم.

آنچه را که خواهید خواند داستانی است درباره یکی از معروف ترین ثابت های فیزیکی یعنی ثابت پلانک. داستان از ۱۹ اکتبر ۱۹۰۰ آغاز می شود که یک فیزیکدان آلمانی به نام ماکس کارل ارنست لودویگ پلانک (۱۸۵۸-۱۹۴۷) و برنده جایزه نوبل (۱۹۱۸) فرمول صحیحی برای توزیع طیفی تابش جسم سیاه ارائه داد. گرچه وقتی این کشف به اعضاء انجمن فیزیک برلین ارائه شد هیچکس حتی خود سخنران در آن زمان نتوانستند آن را اثبات کنند. دو ماه بعد، یعنی در ۱۴ دسامبر ۱۹۰۰، پلانک در یک سخنرانی مشابه در برلین از یافتن راه حلی برای این مسئله خبر داد. اما، این راه حل در صورتی انقلابی ایجاد می کرد که انرژی کل یک کاواک (یعنی جسم سیاه) فقط به صورت خاصی به اتم های آن کاواک منتسب شود. یعنی هر یک از اتمها که با بسامد  $f$  نوسان می کند، فقط بتوانند مضرب درستی از انرژی  $E = hf$  را

$$\left(\frac{Gh}{\gamma\pi C^3}\right)^{1/2} \sim 10^{-35} \text{ m}$$

$$\left(\frac{hc}{\gamma\pi G}\right)^{1/2} \sim 10^{-8} \text{ Kg} \sim 10^{22} \text{ Mev}$$

$$\left(\frac{Gh}{\gamma\pi C^5}\right)^{1/2} \sim 10^{-24} \text{ s}$$

این باور وجود دارد که این نظریه عام، اگر اصلاً بتوان آن را ابداع کرد، فقط برای فاصله های بینهایت کوتاه بالا، و از نظر تجربی فقط با انرژی های غیر قابل دسترس از رتبه  $10^{22} \text{ Mev}$ ، معتبر است. کمیت سوم را می توان به عنوان کوتاه ترین بازه زمانی یا «کوانتوم» زمان در نظر گرفت.

### آیا h می تواند با زمان تغییر کند؟.....

قبل از پاسخ به این پرسش، اجازه دهید به اختصار دلایل اینکه چرا فیزیکدان ها فکر می کنند که ممکن است ثابت های بنیادی، از جمله h، با زمان به کندی تغییر کنند را شرح دهم. احتمالاً، اولین کسی که به این مسئله اشاره کرد ج. ویل بود. در ۱۹۱۹، ویل در یکی از کارهایش که به نظریه نسبیت عام اختصاص داشت عدد بدون بعد بسیار بزرگی از مرتبه  $10^{40}$  را کشف کرد. این عدد را می توان از قانون های

$$F_G = \frac{Gm_e m_p}{r^2} \text{، و نیوتون، } F_e = \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\right)\left(\frac{e^2}{r^2}\right) \text{، کولن،}$$

به طریق زیر به دست آورد:

$$\frac{F_e}{F_G} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{e^2}{Gm_e m_p} \sim 10^{40} \quad (1)$$

خواننده به سهولت می تواند دریابد که فرمول های بالا برهم کنش های الکتریکی و گرانشی بین یک الکترون به جرم  $m_e$  و یک پروتون به جرم  $m_p$  را در ساده ترین اتم هیدروژن توصیف می کنند.

کمیت عظیم (۱) از راه های متعددی به دست آمده است. برای مثال، می توان آن را از تقسیم شعاع عالم شناخته شده بر شعاع اتم هیدروژن به دست آورد. این انطباق و برخی انطباق های دیگر که در اینجا نیامده است فیزیکدان انگلیسی پل آدرین موریس دیراک (برنده جایزه نوبل ۱۹۲۳) را بر آن داشت که در سال ۱۹۳۷ چنین نتیجه گیری کند که این عدد بسیار بزرگ نشانگر مجموعه ای از روابط است که در طول تکوین عالم محفوظ می مانند. بنابراین، دیراک

مقدار h بر حسب یکاهای انرژی ضربدر یکای زمان اندازه گیری می شود، که در دستگاه SI یکای آن ژول ثانیه (J.s) است. این یکا همچنین یکایی برای کمیت کنش و تکانه است. اولین پرآورد عددی h به مقدار  $h = 6/55 \times 10^{-34} \text{ J.s}$  در سال ۱۹۱۴ فیزیکدان آمریکایی رابرت میلیکان (برنده جایزه نوبل ۱۹۲۳) مقدار h را برای اولین بار با استفاده از اثر فوتوالکتریک اندازه گرفت. نتیجه این اندازه گیری  $h = 6/626 \times 10^{-34} \text{ J.s}$  بود. از آن زمان تاکنون این کمیت بارها و بارها با روش های پیشرفته تر تعیین شده است. در این ارتباط بد نیست به رویداد مهمی که در سال ۱۹۶۹ رخ داد، اشاره کنیم. در آن سال گروهی معروف به CODATA برای تحقیق درباره ثابت های بنیادی مسئولیت یافت که مجموعه صحیح ترین مقادیر ثابت های طبیعت را به دست آورد. اولین مجموعه پذیرفته شده بین المللی از این مقادیر در سال ۱۹۷۳ ارائه شد و دومی در سال ۱۹۸۷ گزارش شد. مقدار پیشنهاد شده h در آن گزارش عبارت بود از

$$h = 6/6260755(40) \times 10^{-34} \text{ J.s}$$

به صورت

$$h = (6/6260755 \pm 0/0000040) \times 10^{-34} \text{ J.s}$$

نوشت. این مقدار توصیه شده تاکنون است. سرانجام باید به مقدار کاملاً جدید به دست آمده برای h اشاره کرد که در سال ۱۹۹۸ پیشنهاد شده و برابر است با  $h = 6/62606896(58) \times 10^{-34} \text{ J.s}$ . ارقام درون پرانتز خطایی با یک انحراف معیار در رقم آخر به دست آمده است. معلومات درباره مقادیر دقیق ثابت های بنیادی در بسیاری از کاربردهای علمی و فناوری می تواند مورد استفاده قرار گیرد. یکی از کاربردهای معروف شامل مقادیر ثابت گرانش نیوتون (G)، سرعت نور (C) و مقدار h است که برای برآورد مرزهای فضایی است که در آن کوانتوم ناشناخته (h)، نسبت (C) گرانش (G) می تواند اعتبار کافی داشته باشد. این کار را وقتی سه کمیت با یکاهای طول، جرم و زمان، معروف به یکاهای پلانک، در ساختاری به روش زیر ترکیب شوند، می توان انجام داد:



توانست نتیجه بگیرد که اگر نه همه، حداقل برخی از ثابت‌های بنیادی می‌توانند با زمان کیهان‌شناختی تغییر کنند. برای اینکه استدلال او را به یاد آوریم اجازه دهید ابتدا یکای زمان هسته‌ای را (قطر یک هسته یعنی  $3 \times 10^{-15} m$  تقسیم بر سرعت نور  $C = 299792458 \text{ ms}^{-1}$ ) که تقریباً  $10^{-13}$  ثانیه است محاسبه کنیم، و سپس رابطه‌ی زیر را حساب کنیم:

$$(2) \quad \frac{10^{-13} \text{ s}}{10^{-13} \text{ s}} = 10^0 = 1 \text{ جهان}$$

چون سن عالم با زمان به طور خطی تغییر می‌کند، دیراک چنین استدلال کرد که برای به دست آوردن رابطه‌های (۱) و (۲)، ثابت گرانشی  $G$  باید به صورت  $\frac{1}{t}$  کاهش یابد اگر بقیه‌ی کمیت‌ها در رابطه (۱) ثابت باشند.

در دهه‌های ۱۹۵۰، ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ مسئله تغییر بر حسب زمان برای دیگر ثابت‌ها نیز بررسی شد. این تحلیل‌ها شامل بار الکترون، ثابت ساختار ریز و ثابت پلانک بود. داده‌های به دست آمده از تحلیل زمین‌شناختی، نجومی و فیزیک هسته‌ای نشان داد که برای این ثابت‌ها مقدار انحراف باید کمتر از یک در  $10^{11}$  قسمت و برای  $h$  صرفاً باید چهار قسمت در  $10^{12}$  به ازای هر سال باشد.

برآورد اخیر به کمک رصد‌های نجومی بر پایه استدلال زیر به دست آمده است. اگر در مطالب یاد شده در بالا فرمول دوپلری را برای تکانه فوتون  $P = \frac{E}{c}$  به کار گیریم، خواهیم داشت  $Q \cdot E \lambda = hc$  می‌توانیم انرژی  $E$  و طول موج  $\lambda$  را برای یک فوتون اندازه بگیریم و از آنجا حاصلضرب  $hc$  را محاسبه کنیم. سرانجام،  $E$  و  $\lambda$  را می‌توان برای فوتون‌هایی که از اجسام نزدیک و دورترین اشیاء نجومی نظیر اخترش‌ها و کهکشان‌ها به ما می‌رسند اندازه گرفت که به ترتیب متناظر با فوتون‌های «جوان» و «پیر» هستند. چنین آزمایشی را بوم، سولهام و همکارانشان با نتایجی که قبلاً ذکر آن را رفت، در سال ۱۹۷۶ انجام دادند.

آیا ثابت پلانک منحصر به فرد است؟ .....  
از سال‌های پس از کشف  $h$ ، ما عادت کرده‌ایم که ثابت پلانک را همچون یک ثابت جهانی معیار منحصر به فرد کوانتش در نظر بگیریم. هرچند، در کاری که در سال ۱۹۹۱

فیشباخ، گرین و هوخس منتشر کردند متذکر شده‌اند که: به طور منطقی نمی‌توان برخی قلمروهای فیزیکی را که در حقیقت با ثابت‌های کوانتش متفاوت توصیف شده‌اند مستثنی نمود.

این نویسندگان امکان وجود چهار ثابت پلانک گوناگون یعنی  $h_e$ ،  $h_p$ ،  $h_n$  و  $h_c$  را که بترتیب وابسته به الکترون، پروتون، فوتون  $\gamma$  و نوترون  $n$  هستند توضیح داده‌اند.

نکته کلیدی یافتن یک کمیت بدون بعد بود که ترکیبی از ثابت‌های بنیادی باشد، و برای آزمایش‌های گوناگون بسیار دقیق در دسترس بوده و ثابت‌های متفاوت پلانک را بتوان از آن به دست آورد. ثابت ساختار ریز برای برهم کنش‌های الکترومغناطیسی یعنی  $\alpha = \frac{e^2}{\hbar c}$ ، برای این منظور بسیار

مناسب به نظر می‌رسد. چون در یکاهای SI مقدار  $C$  را

بدون هیچگونه خطائی می‌دانیم  $[C = (\mu_0 \epsilon_0)^{-1/2}]$  و هر دو مقدار گذردهی  $\epsilon_0$ ،  $\mu_0$  و تراوایی مغناطیسی در خلأ،  $\mu_0$ ، به طور کلی تعریف شده‌اند، و می‌دانیم که بار الکتریکی الکترون،  $e$ ، با دقت بسیار زیادی به صورت یکتای تعیین شده است، تحقیق تجربی فرضیه فیشباخ با مقایسه مقادیر  $\alpha$  که از آزمایش‌هایی شامل ذرات بنیادی مختلف به دست آمده‌اند امکان‌پذیر است.

اکنون آنچه که باید انجام دهیم تعریف  $\alpha$  به راه‌های مختلف است. اولین صورت آن

$$(3) \quad \alpha_1 = \frac{e^2}{\hbar c \epsilon_0} = \frac{\mu_0 c}{\hbar R_H}$$

است که شامل ثابت پلانک الکترونی  $h_e$  است زیرا مقاومت کوانتیده‌ها  $R_H = \frac{h_e}{e^2}$  گاز الکترون دوبعدی را در میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی عمود بر هم توصیف می‌کند شکل دیگر  $\alpha$ ، که با  $\alpha_p$  نشان داده شده، می‌تواند به شکل زیر باشد:

$$(4) \quad \alpha_p = \sqrt{\frac{\gamma}{c} \cdot \frac{m_e e^2}{\lambda \epsilon_0 \hbar c} \cdot \frac{m_n}{m_p} \cdot \frac{m_p}{m_e} \cdot \frac{h}{m_n}}$$

که عامل دوم ثابت ریبرگ  $R_\infty$  را بیان می‌کند و  $m_p$ ،  $m_e$  و  $m_n$  به ترتیب جرم‌های الکترون، پروتون و نوترون هستند. خواننده می‌تواند دریابد که برای  $h_e = h$ ،  $\alpha_p = \alpha_1$

می شود. هر چند، ما برای انجام آن نیاز به جاگذاری نداریم، چون در ۱۹۸۹ نسبت  $\frac{h}{m_n}$  برای نوترون با دقت بسیار زیادی

$$\left(\frac{h_n}{m_n} = 3/9560338(30) \times 10^{-7} m^2 s^{-1}\right)$$

اندازه گیری شده بود و به واسطه آن می توانیم در رابطه (۴) فرض کنیم که  $h = h_n$  که همان ثابت پلانک نوترونی است. امتیاز رابطه (۴) نسبت به رابطه (۳) این است که دومی به ما اجازه می دهد تا کمیت های مختلف رابطه (۳) را اندازه بگیریم.

مشخص کردن  $h$  به عنوان  $h_n$  در رابطه (۴) سبب می شود که  $\alpha_2$  به صورت زیر ساده شود:

$$\alpha_2 = \frac{e^2}{2\epsilon_0 ch_e} \sqrt{\frac{h_n}{h_e}} \quad (5)$$

اینک مشاهده می کنیم که

$$\frac{h_n}{h_e} = \left(\frac{\alpha_2}{\alpha_1}\right)^2 \quad (6)$$

اگر در عالم تنها یک ثابت منحصر به فرد از کوانتش وجود داشته باشد، در آن صورت نسبت  $\frac{h_n}{h_e}$  باید دقیقاً برابر با یک شود. این مسئله را می توان با محاسبه  $\alpha_2$  از رابطه (۴) و  $\alpha_1$  از قسمت دوم رابطه (۳) بررسی کرد. با استفاده از جدول ثابت های به دست آمده از CODATA ۱۹۸۶ این مقادیر را به دست می آوریم

$$\alpha_1^{-1} = 137/0359979 \quad (32)$$

و

$$\alpha_2^{-1} = 137/036003 \quad (52)$$

و سرانجام از رابطه (۶) خواهیم داشت:

$$\frac{h_n}{h_e} = 1 - 7(76) \times 10^{-8} \quad (7)$$

فیشاخ و همکاران همچنین  $\alpha_2$  را بر حسب  $h_e$  بررسی کردند و نسبت های  $\frac{h_n}{h_e}$  و  $\frac{h_p}{h_e}$  را از داده های موجود تخمین زدند. در هر حالت، نتیجه با مقدار به دست آمده از رابطه (۷) کاملاً یکسان بود. به وضوح می توان دید که انحراف از یک بسیار کوچک است، و برای اینکه نتیجه قطعی تری به دست آید مقادیر بسیار دقیق تری از  $h$  مورد نیاز است. با محدودیت هایی که امروزه از نظر دقت آزمایش ها

داریم مجبوریم که ثابت پلانک را به عنوان یک ثابت جهانی و معیار منحصر به فردی از کوانتش بپذیریم.

### منشاء کیهانی کوانتش؟.....

این عنوان مقاله جالبی بود که فیزیکدان مشهور ایتالیایی کالوجیرو در سال ۱۹۹۷ منتشر کرد و هدف از آن توضیح منشاء کوانتش بر پایه شناخت ما از عالم بود.

به صورت دقیق تر، مقاله اش در میان موضوع های عمیق دیگر این پرسش را مطرح کرده بود که آیا مقدار ثابت پلانک به عنوان چیزی که به طور تاریخی از اندازه گیری به دست آمده است معتبر بود، یا امکان به دست آوردن آن از طریق محاسبه کمی به جای اندازه گیری وجود داشت.

فرض اصلی مقاله این است که منشأ کوانتش پیامد وجود نوعی برهم کنش زمینه تصادفی جهانی است که بر تمام ذرات جهان تأثیر می گذارد. عبارت «تصادفی» معمولاً به فرایندهایی نسبت داده می شود که شانسی و تصادف با احتمال معینی از وقوع یک رویداد یا دیگر بر آنها حاکم باشد. ساده ترین مثال از این گونه فرایندها حرکت شیشی بسیار کوچک معلق در آب است. این ذره در مسیری کاتوره ای حرکت می کند زیرا ذرات آب پیوسته آن را از جمیع جهات بمباران می کنند. اولین مشاهده از این نوع حرکت تصادفی را در سال ۱۸۲۷ گیاه شناس انگلیسی رابرت براون گزارش کرد. همین رفتار را می توان از برهم کنش ذرات عالم که از طریق نیروهای گرانشی برهم کنش می کنند. انتظار داشت. فکر کالوجیرو در کاربرد نظریه فرایندهای تصادفی در فیزیک کوانتومی فکر جدیدی نبود. شرویدنگر در دو مقاله ای که در سال های ۱۹۳۱ و ۱۹۳۲ منتشر کرد تلاش ناموفقی کرد تا معادله مشهورش را از نظریه فرایندهای تصادفی استنتاج کند. چند سال بعد نلسون و دیگران نشان دادند که فکر شرویدنگر معقول است و کوانتش تصادفی می تواند بدیلی برای کوانتش کانونیک (بنیادی) باشد.

مهم ترین فرضهای کالوجیرو به قرار زیر است:

- ۱- برهم کنش عمومی تمام ذرات گرانشی است و هندسه فضا را که ذرات در آن حرکت می کنند تعیین می کند.
- ۲- برهم کنش گرانشی برهم کنشی بلند برد است و سبب می شود که هر ذره با تمام ذرات دیگر در عالم برهم کنش کند.

۳- عالم ساختاری دانه ای دارد یعنی اجزاء اصلی تشکیل دهنده آن ذرات هستند.

۴- هر ذره عالم، مانند ذره موجود در یک گاز، حرکتی آشوبناک دارد که از قوانین مکانیک کلاسیک پیروی می کند. نتیجه چنین فرض هایی این است که هر ذره به واسطه ذرات دیگر موجود در عالم شتاب گرانشی تصادفی تقریباً یکسانی می گیرد.

همه این مطالب می تواند به بوآوردی از مقدار انرژی بینجامد. سرانجام، اجازه دهید یادآور شوم که یکای h حاصل ضرب انرژی در زمان است، با این نظر، کالوجیرو رابطه زیر را پیشنهاد کرد:

$$h = \epsilon t \quad (8)$$

که  $\epsilon$  میانگینی از انرژی گرانشی به ازاء هر ذره و  $\frac{1}{t}$  میانگینی از بسامد حرکت غیر قابل پیش بینی و تصادفی هر ذره است. اینک وظیفه ما، تعیین هر دو کمیت با بهره گیری از ویژگی های کلی عالم است. اگر عالم را کره ای به شعاع R و جرم M در نظر بگیریم، آنگاه حجم آن  $V = \frac{4}{3} \pi R^3$  و چگالی آن  $D = \frac{M}{V}$ ، خواهیم داشت:

$$R = \left( \frac{3M}{4\pi D} \right)^{1/3} \quad (9)$$

هر ذره به جرم m با بقیه عالم برهم کنشی گرانشی خواهد داشت و این حقیقت را می توان با قانون دوم نیوتون توصیف کرد

$$m \frac{d^2 r}{dt^2} = \frac{G_m M}{r^2}$$

با قرار دادن R به جای r و T به جای t و گرفتن مشتق دوم از  $\frac{R}{T^2}$ ، خواهیم داشت:

$$\frac{R}{T^2} = \frac{GM}{R^2}$$

بنابراین

$$T = \left( \frac{R^3}{GM} \right)^{1/2} = \left( \frac{3}{4\pi DG} \right)^{1/2} \quad (10)$$

که به ما اجازه می دهد سرعتی معادل  $V = \frac{R}{T}$  تعریف کنیم که می تواند برای برآورد انرژی گرانشی کل عالم (E) به کار رود:

$$E \approx MV^2 = M \left( \frac{R}{T} \right)^2 = \frac{GM^2}{R} = \left( \frac{4}{3} \pi DG^2 M^3 \right)^{1/2} \quad (11)$$

از تقسیم انرژی بر تعداد کل ذرات موجود در عالم (N)، اولین کمیت رابطه (۸) به دست می آید:

$$\epsilon \approx \frac{E}{N} \quad (12)$$

برآورد عبارت دوم بسیار پیچیده تر است و مادر اینجا به جزئیات آن نمی پردازیم پیامد بحث بسیر جامعی در کار کالوجیرو آن است که زمان و مشخصه  $(\tau)$  حرکت تصادفی هر ذره، با عکس مجذور N و زمان T تعریف شده در رابطه (۱۰) متناسب است:

$$\tau \approx \frac{T}{N^{1/2}} \quad (13)$$

اینک از معادله های (۸)، (۱۲) و (۱۳) می توان h را به اشکال متعدد به دست آورد. ساده ترین شکل آن به صورت زیر است:

$$h \approx \left( \frac{GM^2 R}{N^2} \right)^{1/2} \quad (14)$$

چون جرم عالم (M) و تعداد کل ذرات آن (N) به دقت تعیین نشده اند، بهترین کاری که می توان انجام داد استفاده

از جرم اتم هیدروژن  $m = \frac{M}{N}$  است، بنابراین

$$h \approx (GRm^2)^{1/2} \quad (15)$$

تنها کمیت کیهان شناختی مورد استفاده در این رابطه شعاع جهان است، که برآورد آن  $m \approx 10^{26} \pm m$  به دست آمده است. با کاربرد  $G = 6.67 \times 10^{-11} m^2 Kg^{-1} s^{-2}$  و  $m = 1.67 \times 10^{-27} Kg$  سرانجام خواهیم داشت:

$$h \approx 6 \times 10^{-23} \pm Kgm^2 s^{-1} \quad (16)$$

که با شگفتی به مقدار واقعی و صحیح  $h \approx 6.626 \times 10^{-34} Kg m^2 s^{-1}$  حاصل از اندازه گیری ها بسیار نزدیک است.

**نتیجه گیری**  
داستان ثابت پلانک بدون اشاره به برخی پرسش هایی که ممکن است به ذهن هر کس خطور کند پایان نمی یابد. در ارتباط با امکان تغییر مقدار h با سن عالم، Q می توانیم





# دیدان و کتاب‌های درسی

آقای قربان محمد مرادی صحرا نظر خود را راجع به فشار مایعات و گازها به شرح زیر برای ما فرستادند که عیناً آورده شده است، شما نیز می‌توانید نظر خود را در این مورد یا موارد دیگر برای ما فرستاده تا در مجله مورد بحث آزاد قرار گیرد.

با عرض سلام

موضوعی از کتاب فیزیک (۱) پیش دانشگاهی رشته ریاضی به نظر حقیر دارای نارسائی است که به شرح زیر به استحضار می‌رسد.

رابطه  $P_2 = P_1 + \rho gh$  فشار در دو نقطه غیر هم عمق در درون مایعات در صفحه ۵۶ کتاب چاپ ۱۳۷۵ و در صفحه ۵۷ نیز عنوان شده که برای گازها هم قابل تعمیم است؛ در صورتی که می‌دانیم ماهیت فشار گازها با فشار مایعات ساکن در دو نقطه غیر هم عمق با هم تفاوت دارد. در مورد مایعات، فواصل مولکول‌ها کم است و بدین ترتیب مولکول‌ها قادرند نیروهای را که به هر یک از آنها وارد می‌شود به مولکول‌های دیگر منتقل سازند. به عبارت دیگر، مولکول‌هایی که در عمق معینی از یک مایع ساکن قرار دارند، می‌توانند نیروی ناشی از وزن مولکول‌های بالاتر را به قسمت‌های زیرین منتقل کنند. بنابراین فشار در هر نقطه از یک مایع ساکن، از وزن ذرات مایعی که در ارتفاع بالاتر از آن قرار دارند، ناشی می‌شود.

در مورد گازها و به ویژه گازهای کامل فواصل مولکولی به حدی است که عملاً مولکول‌ها مستقل از یکدیگر هستند و بنابراین وزن یک مولکول گاز نمی‌تواند به مولکول دیگر منتقل شود. بنابراین منشأ فشار در داخل گازها چیزی غیر از وزن آنها است. عامل فشار در گازها ضربات مولکول‌های آن است که به یک سطح برخورد می‌کند. به عبارت دیگر، فشار در هر نقطه از یک گاز ساکن، عبارت از تعداد ضرباتی است که مولکول‌های آن در آن نقطه به واحد سطح اعمال می‌کنند.

نوع دیگر فشار، فشار دینامیکی است؛ با این توضیح مثال (۲) صفحه ۵۷ کتاب نیز دارای اشکال است.

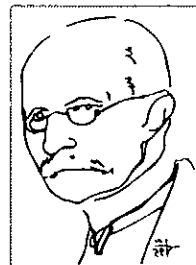
در باره تغییرات فضائی نیز پرسش‌هایی را مطرح کنیم. به علاوه، مفهوم تلویحی احتمال چندگانگی ثابت‌های کوانتس چیست؟ آیا مقدار یکسان  $h$  بوزون‌ها و فرمیون‌ها را با انواع مختلف تکانه زاویه‌ای و غیره می‌تواند توصیف کند؟ ارتباط ویژگی‌های فرضی  $h$  با قوانین تقارن فضا-زمان کدام‌اند؟ چنین پرسش‌هایی روبرو به افزایش اند و تلاش برای پاسخ دادن به آنها یقیناً به پرسشهای ظریف‌تری می‌انجامد، الی غیرالنهاییه.

فعالاً می‌دانیم- و می‌توانیم رسماً ثابت کنیم- که وارد کردن ثابت‌های چندگانه و پلانک به نقض اصل پایستگی انرژی و تکانه خطی می‌انجامد. بنابراین، اثبات یکتا بودن ثابت پلانک می‌تواند از این منظر قابل تأمل باشد که آزمایش مهمی برای اعتبار برخی قوانین پایستگی است.

ما در این مقاله مختصر تلاش کرده‌ایم که نشان دهیم دانش ما از مقادیر ثابت‌های بنیادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با افزایش دقت اندازه‌گیری‌ها، برخی پرسش‌های مطرح شده در اینجا احتمالاً در آینده پاسخ داده خواهد شد. اما، همان‌طور که مثلاً در سریال تلویزیونی Star Trek نشان داده شده، ما نمی‌دانیم که چه ماجراهای علمی جدیدی ممکن است اتفاق بیفتد، و چرا ما می‌توانیم در پایان بگوئیم که این قصه ادامه دارد.

مرجع:

Physics Education, 35(1) Jan 2000. PP, 49-53



# حرکت‌های موزون الکترونها



پروفسور دانیل سی تسوئی، دانشگاه پرینستون، آمریکا

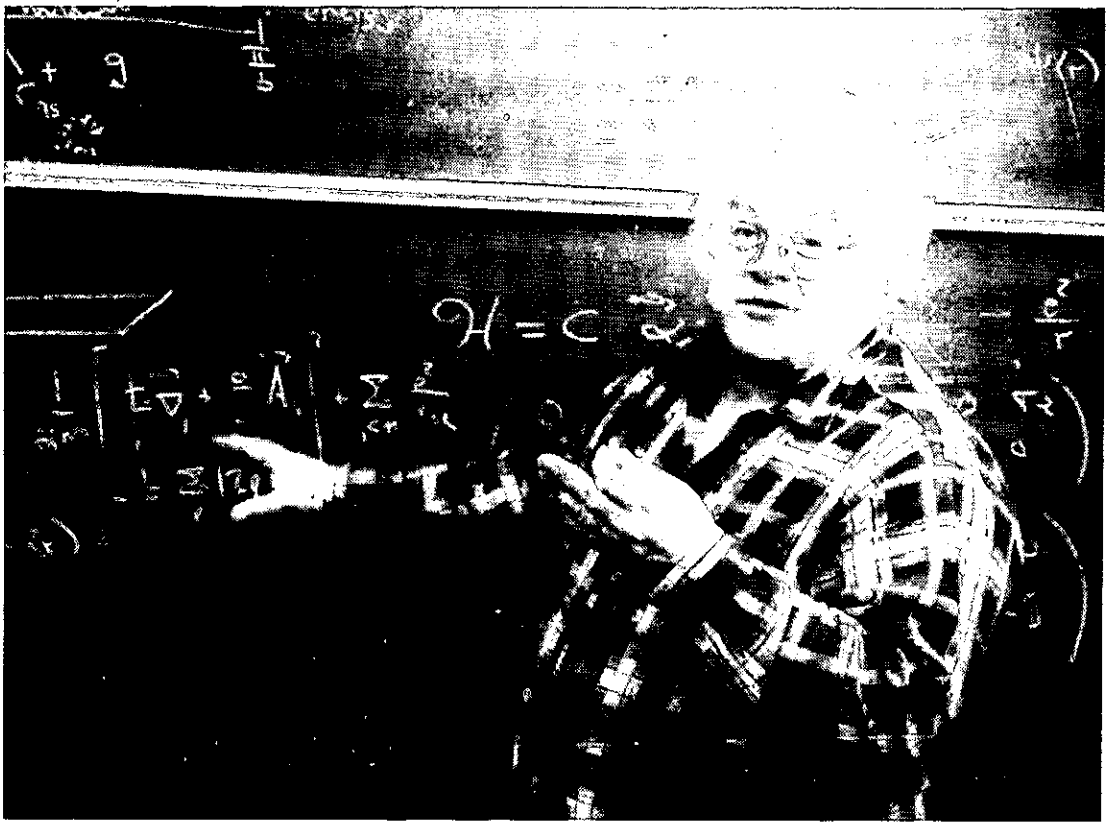


پروفسور هورست ال اشتورمر، دانشگاه کلمبیا، آزمایشگاه‌های ان‌وی و بل آمریکا

## تجربه و نظریه

۱۵۰ سال است که الکترون‌ها را برای مقاصد عملی بکار می‌بریم، در حالی که آنها صرفاً در سال ۱۸۹۷ کشف شدند. مدل‌های فیزیکی اولیه، الکترون‌های فلزات را به صورت گاز توصیف می‌کردند. در سال ۱۹۵۶ فیزیکدان روسی لواندائو (جایزه نوبل ۱۹۶۲) توضیح داد که چرا الکترون‌های موجود در فلز مانند ذرات تقریباً مستقل رفتار می‌کنند. لواندائو مدلی ارائه کرد که می‌تواند پیش‌بینی کند که الکترون‌ها در کاربردهای الکترونیکی به طور فزاینده پیچیده، چگونه رفتار می‌کنند. تمام صنعت میکرو الکترونیک بر پایه چگونگی حرکت الکترون‌ها استوار است. ابتدا تجربه،

بیش از یکصد سال است که الکترون یکی از قابل اعتمادترین و پایدارترین عناصر فیزیک بوده است؛ در برابر تمام تلاش‌هایی که برای تجزیه آن صورت گرفته ایستادگی کرده است، بار الکتریکی‌اش را نگهداشته و تقریباً همیشه از ایجاد روابط با سایر الکترون‌ها دوری جسته است. کشف برندگان جایزه نوبل امسال نشان می‌دهد که الکترون‌ها در میدان‌های مغناطیسی قوی می‌توانند با یکدیگر همدم شوند. آنها می‌توانند شبیه یک سیال کوانتومی رفتار کنند و می‌توانند طوری عمل نمایند که گویا توانسته‌اند انواع جدیدی از ذرات تشکیل دهند که هر یک فقط کسری از بار الکتریکی الکترون را دارا هستند.



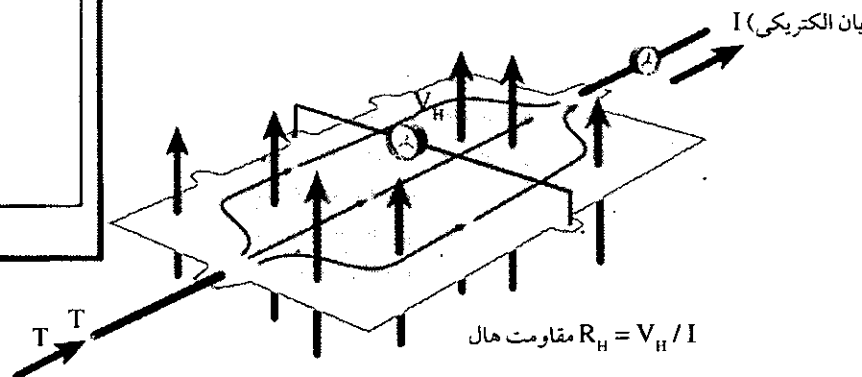
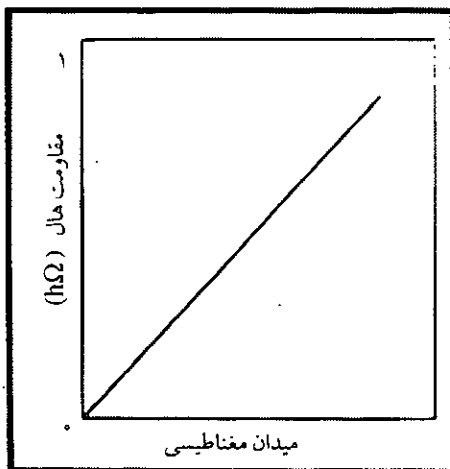
پروفیسور رابرت بی لافلین، دانشگاه استنفورد، آمریکا

می‌وزد) رفتار می‌کنند. در یک رسانای الکتریکی، میدان مغناطیسی الکترون‌ها را به سمت یکی از لبه‌ها هل می‌دهد. پتانسیل الکتریکی در جهت باد، که عمود است بر جهت جریان الکتریکی، افزایش می‌یابد. این پدیده را ادوین هال در سال ۱۸۷۹ در زمانی که تنها ۲۴ سال داشت کشف کرد (اثر هال).

سپس نظریه، و دوباره تجربه در تأثیر متقابل مداوم هستند. این چیزی است که علم از آن ساخته شده است.

### پشه‌ها در باد چلیپایی

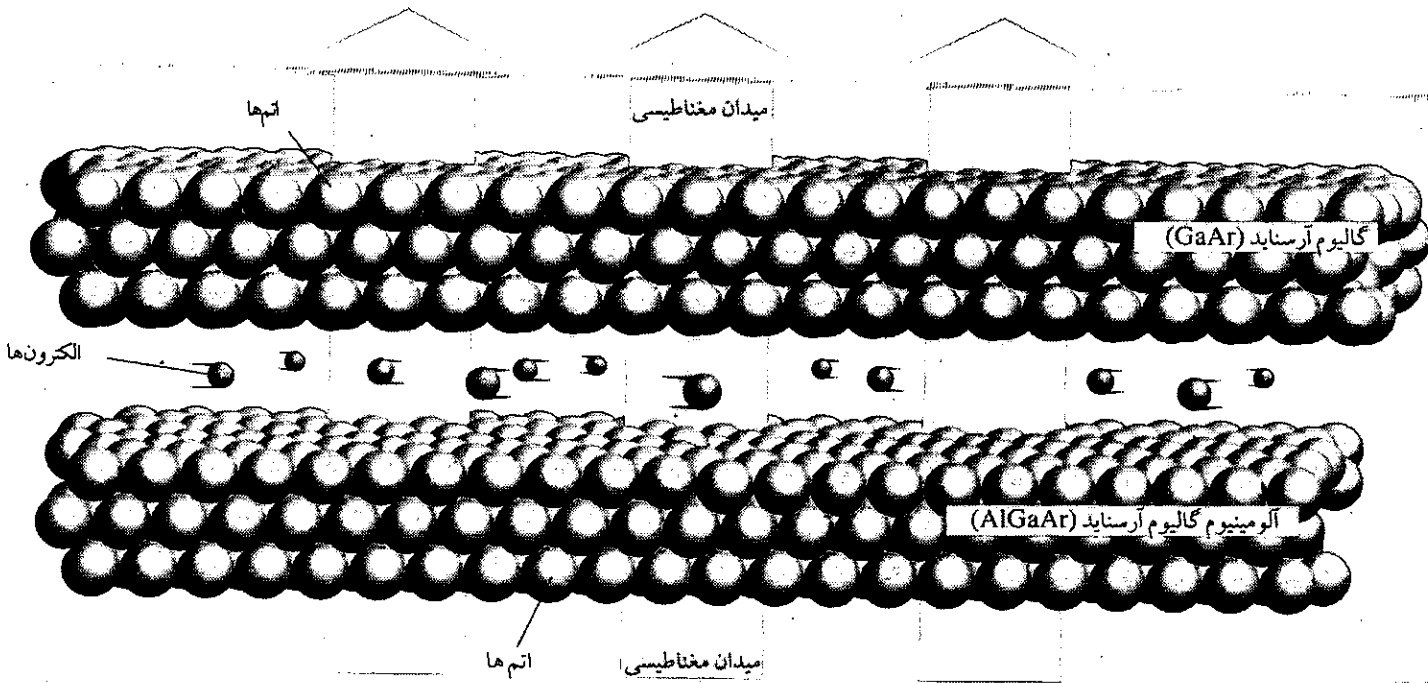
الکترون‌ها در یک میدان مغناطیسی شبیه توده‌ای از پشه‌ها در باد چلیپایی (بادی که در جهت عرض حرکت



## اثر هال

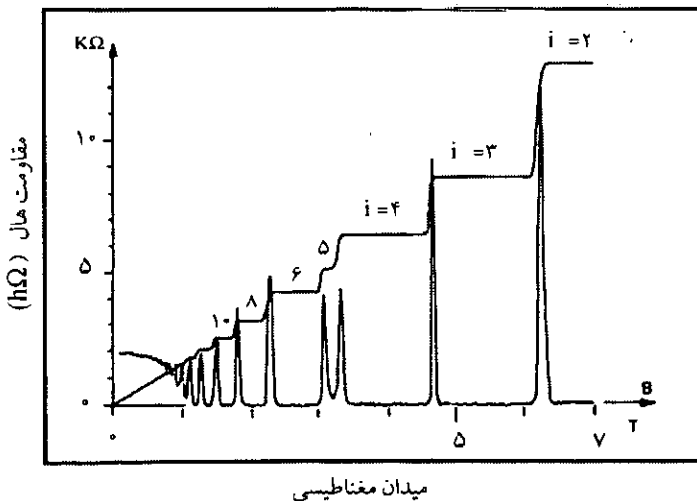
اثرهای کوانتومی هال در لایه به حد اتمی نازک بین دو نیم رسانا که به دمای نزدیک صفر مطلق ( $-237^{\circ}\text{C}$ ) سرد شده است. رخ می دهد. در چنین لایه نازکی الکترون ها فقط می توانند در روی یک صفحه (فضای دو بُعدی) حرکت کنند.

میدان مغناطیسی وارد بر یک رسانا، ولتاژی تولید می کند که راستای آن بر هر دو راستای جریان الکتریکی و میدان مغناطیسی عمود است.



## پتانسیل در جست و خیز

در سال ۱۹۸۰ کلاؤس فون کلیتسینگ اثر هال را با ابزارهای جدید مورد مطالعه قرار داد. او الکترون ها را در یک لایه به حد اتمی نازک محصور کرد. کلیتسینگ الکترون ها را، که در یک میدان مغناطیسی خیلی قوی قرار داشتند، تا نزدیک صفر مطلق سرد کرد. اثر هال پله های آشکاری را نشان داد. کلاؤس فون کلیتسینگ برای این کشفش به دریافت جایزه نوبل سال ۱۹۸۵ نائل آمد. با این حال، کشف او بنیاد نظریه لاندائو را مختل نکرد. قوانین فیزیک کوانتومی پله ها را توجیه کردند و باز الکتریکی هنوز هم غیر قابل تقسیم باقی ماند.



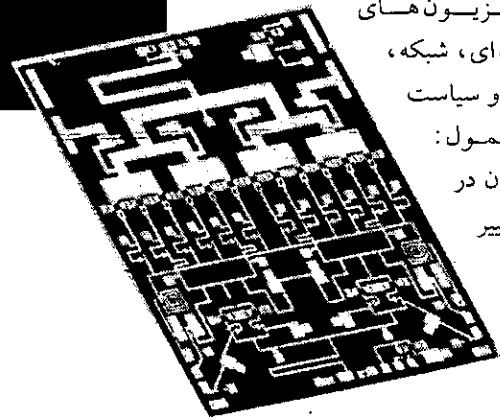
میدان مغناطیسی

## اثر کوانتومی صحیح هال

در نزدیک صفر مطلق، و تحت میدان های مغناطیسی قوی و با مجبور کردن الکترون ها که در روی یک صفحه حرکت کنند، اثر هال به صورت پله پله تغییر می کند.

## مرزهای در حال گسترش

تلفن های موبایل، تلویزیون های ماهواره ای، شبکه، اقتصاد و سیاست جهان شمول: جهان در حال تغییر است.



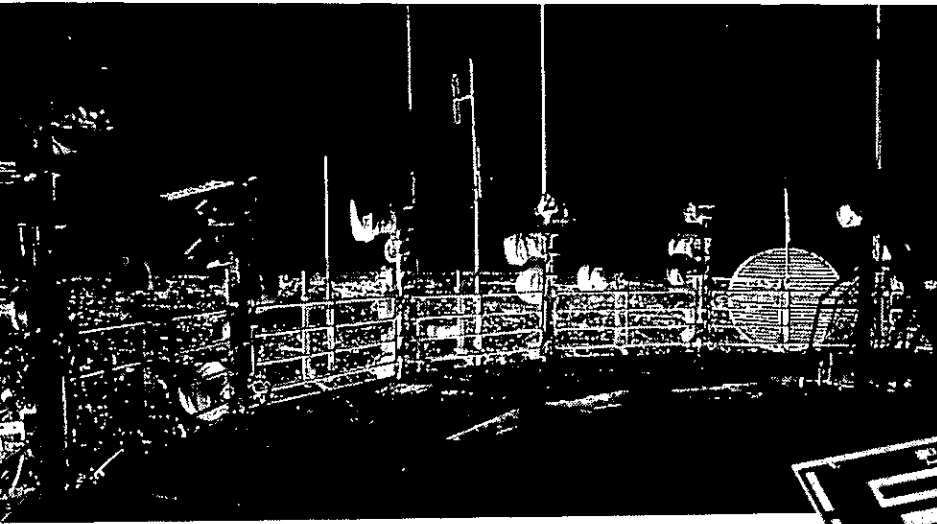
آگاهی

از الکترون ها کلیدی است

بر حوادث و فرآیندهای عصر ما. به زودی مدارهای مورد استفاده به قدری کوچک خواهند شد که سیالهای کوانتومی دارای انواع مختلف شبه ذرات ممکن است به ناچار مورد توجه کامپیوترهای روزمره قرار گیرند.

## علم در جست و خیز

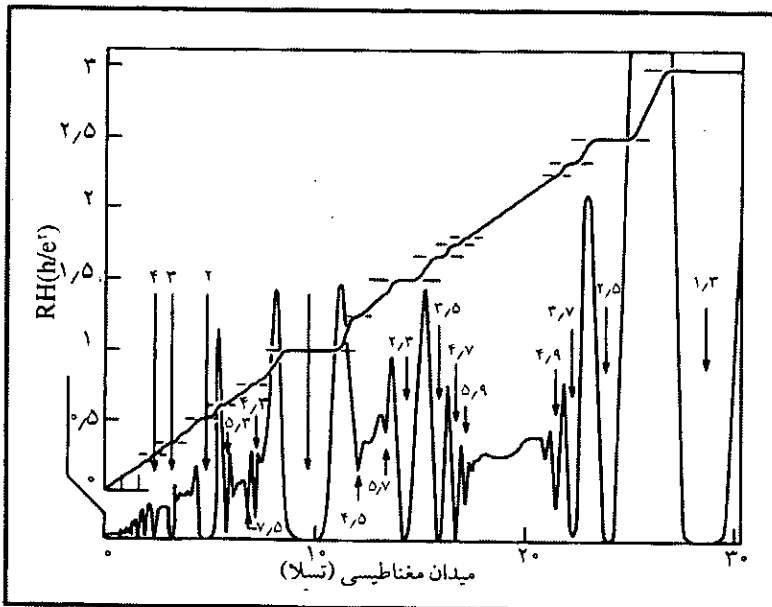
هورست اشتورمر و دانیل تسورمر آزمایش هائی مشابه آزمایش های فون کلیتسینگ انجام دادند. آنها نیم رساناهای فوق العاده خالص به کار بردند. که اتم به اتم ساخته شده بودند. آنها را تا خیلی نزدیک صفر مطلق سرد کردند و قوی ترین مغناطیس جهان را بکار بردند. این دانشمندان در سال ۱۹۸۲ ناگهان سکوهای کاملاً جدیدی در اثر هال مشاهده کردند. بر طبق نظریه های موجود آن زمان این نوع بدرفتاری غیر ممکن بود. شگفت انگیز نبود



عکس: سیستم های میکروویو اریکسون

▶ مدارهای با لایه های الکترونی دو بعدی در سیستم های تلفن های موبایل مورد استفاده قرار می گیرند.

اثر کوانتومی کسری هال در آزمایش های هورست اشتورمر و دانیل تسورمری چندین بریدگی و سکوی غیر منتظره در اثر کوانتومی هال ظاهر شد. ▼



که اشتورمروتسوئی، و اطرافیان آنها، در اوایل کار تردیدهایی داشتند. ولی این نیز چیزی است که علم از آن ساخته شده است. ناگهان کسی آزمایشی انجام می دهد، نتیجه ای به دست می آورد که ما را ناگزیر می کند که جهان را با چشمان جدیدی بنگریم - و برای یافتن مدل های نظری جدیدی جستجو کنیم.

### تلاطم هائیم در طوفان

رابرت لافلین برای یافتن توجیهی برای کشف اشتورمروتسوئی به جستجو پرداخت. پس از یک سال تفکر و محاسبه، مدلش کامل شد. این مدل اوضاع را مانند طوفانی در دریا می انگارد، که در آن نیروی باد مغناطیسی و الکترون های سیال کوانتومی پدیده های کاملاً جدیدی را به وجود می آورند - تلاطم ها و امواج - بدون اینکه خودشان در حال تغییر باشند.

### در آرا مکنده یخ زده نزدیک صدف مطلق

و در دست آهنین میدان مغناطیسی، الکترون های موجود در لایه به حد اتمی نازک مجبور می شوند که با هم تشریک مساعی کنند و یک سیال کوانتومی تشکیل دهند. همین طور که میدان تغییر می کند،

تلاطم هایی در این سیال شکل می گیرند.

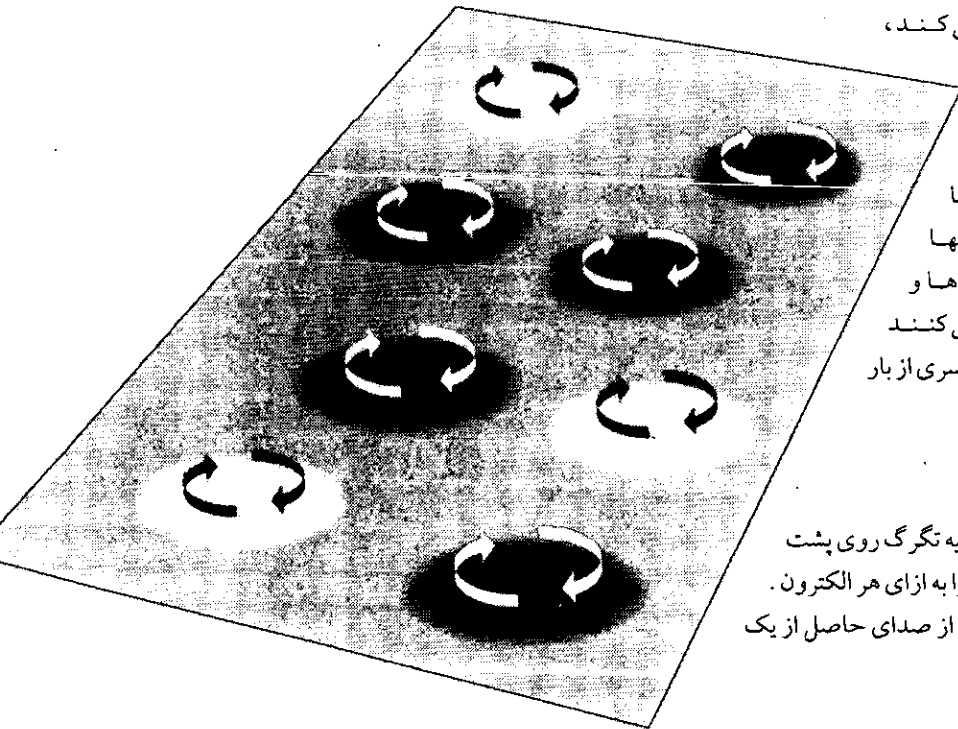
الکترون ها ناگزیر می شوند که بار هایشان را بین تلاطم ها تقسیم کنند. همینطور که آنها چرخ می خورند، تراکم ها و ترقیق ها شبیه ذرات رفتار می کنند - شبه ذرات - هر یک حامل کسری از بار الکتریکی الکترون.

### نگرگ روی پشت بام

الکترون ها می توانند شبیه نگرگ روی پشت بام تلق و تلق بکنند؛ یک نوا به ازای هر الکترون. پس شبه ذرات باید با کسری از صدای حاصل از یک



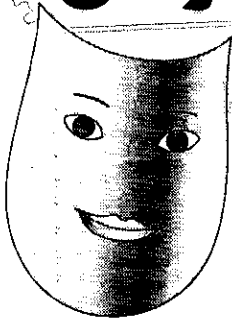
▲ شبه ذرات با بار کسری ترکی در بنیاد لاندانو



شما چه فکر می کنید؟

حسن قلمی باویل علیایی

## صورتک چرخان



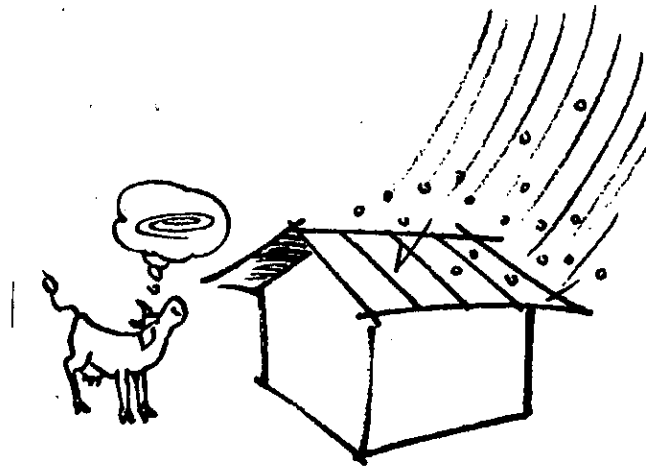
فیزیک ۷۹

در داخل صورتک ها لووین لب ها را قرمز، گونه ها را صورتی و چشمان را آبی و ابروان را مشکی کنید و سپس آن را از دیوار آویزان کنید طوری که قسمت رنگ آمیزی شده به طرف بیرون باشد. صورتک را از پایین به کمک لامپی روشن کنید.

در یک متری صورتک بایستید و به آن نگاه کنید آن را به صورت محدب می بینید. سپس از یک طرف آن به طرف دیگر بروید به نظر می آید که صورت به سمت شما می چرخد!

این آزمایش یکی از تماشایی ترین آزمایش های مربوط به خطای دید است. تابش نور از پایین ضروری نیست، اما این نور تحذب صورتک را، با تولید سایه در نقاطی که معمولاً صورتک را با نوری که از بالا می آید مشاهده می کنید، شدت می بخشد.

vol. 38, oct. 2000 THE physics Teacher



الکترون کامل تلق و تلوک کنند. در سال ۱۹۹۷ صدای پای شبه ذرات شنیده شد، که به طور مستقیم وجود آنها را اثبات می کند. پژوهشگران موفق به طراحی وسایلی شدند که می تواند به صدای کسری شبه ذرات «گوش» بدهد.

برای مطالعه بیشتر به منابع عمومی زیر مراجعه کنید.

1. Splitting the electron. by B. Daviss, *New scientist*, 31 Jan. 1998 P 36.
2. Fractionally charged quasiparticles signal their presence with noise. by G. CP. Ollins, *Physics Today*, Nov. 1997, P 17.
3. When the electron falls apart. by P.W. Anderson, *Physics Today*, oct. C1997, P 42.
4. Electrons in flatland. by S. Kivelsen, D. H. Lee and S. C. Zhang, *Scientific American*, March 1996, P 64.
5. Composite Fermions: New particles in the fractional quantum Hall effect. by H. Störmer and. D. Tsui. *Physics News in 1994, American Institute of physics 1995, P 33.*
6. The fractional quantum Hall effect, by J.P. Eisentein and H.L. Störmer, *Science*, 22 June 1990, P 1510.

# قانون سوم کپلر برای مدارهای بیضوی

ایس نول

مترجم: مازیار غلامی

$$\vec{L} = \vec{R} \times m\vec{v} \quad (2)$$

چون نیروی گرانشی وارد بر سیاره مرکزی است، تکانه زاویه ای  $\vec{L}$  نسبت به مرکز نیرو ثابت می ماند. در حقیقت برای پایداری  $\vec{L}$  لازم است که ذره در یک صفحه حرکت کند. از ترکیب معادله ۱ و ۲ داریم:

$$\frac{dA}{dt} = \frac{L}{2m} \quad (3)$$

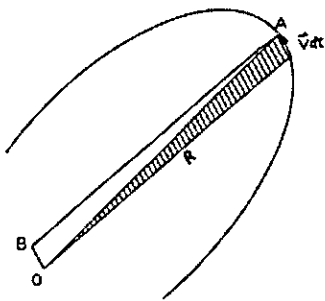
که  $L$  و  $m$  مقادیر ثابت هستند.

بنابراین مساحتی که بردار مکان در بازه زمانی معین  $dt$  جاروب می کند ثابت و با تکانه زاویه ای  $\vec{L}$  متناسب است. این نتیجه قانون دوم کپلر و پیامد معادله (۳) است که مساحت  $A$  بیضی با زمان تناوب  $T$ ، به وسیله معادله (۴) مربوط می شود.

$$A = \left(\frac{L}{2m}\right) T \quad (4)$$

مساحت بیضی  $A$  برابر  $A = \pi ab$  است.

$$A = \pi ab \quad (5)$$



شکل ۱- مساحت هاشورزده را خطی که مرکز نیرو در O (خورشید) و سیاره را بهم وصل می کند در مدت زمان  $dt$  جاروب می کند.

در کتاب های درسی فیزیک سال های اول کالج و دانشگاه معمولاً قانون سوم کپلر را برای مدارهای دایره ای به دست می آورند و سپس این حالت خاص از قانون سوم کپلر را به مدارهای بیضوی تعمیم می دهند. این کار معمولاً بدین طریق انجام می شود که قانون سوم کپلر برای همه مسیرهای بیضوی را می توان با قرار دادن نصف قطر بزرگتر بیضی به جای شعاع دایره در قانون سوم کپلر برای مدار دایره ای به دست آورد. چون مدارهای دایره ای حالت خاصی از مدارهای بیضوی، و در منظومه شمسی بسیار نادر هستند، انجام این فرایند به صورت معکوس، یعنی به دست آوردن قانون سوم کپلر برای مسیرهای بیضوی سازنده است. سپس می توان نشان داد که قانون سوم کپلر برای مدارهای دایره ای یک حالت خاص است. آنچه در زیر خواهد آمد به دست آوردن قانون سوم کپلر برای مدارهای بیضوی است و فقط لازم است که دانش آموزان اطلاعاتی درباره تکانه زاویه ای و پایداری انرژی داشته باشند.

روش پیشنهادی.....

شکل (۱) مسیر حرکت یک سیاره به دور یک جسم مرکزی واقع در نقطه O را نشان می دهد. در یک دوره زمانی کوتاه  $dt$ ، سیاره به جرم  $m$  با سرعت  $\vec{v}$  حرکت می کند و به اندازه  $vdt$  جابه جا می شود. در زمان  $dt$  مساحت  $dA$  که بردار مکان  $\vec{R}$  جاروب می کند نصف مساحت متوازی الاضلاع (قسمت هاشور زده در شکل (۱)) است. بنابراین:

$$dA = \frac{1}{2} |\vec{R} \times \vec{v} dt| \quad (1)$$

همچنین تکانه زاویه ای سیاره  $\vec{L}$  به صورت زیر است:



$$\frac{L^2}{2mR_{\max}^2} - \frac{GMm}{R_{\max}} = \frac{L^2}{2mR_{\min}^2} - \frac{GMm}{R_{\min}} \quad (10)$$

$$\frac{L^2}{2m} (R_{\min} + R_{\max}) = GMm (R_{\min} R_{\max}) \quad (11)$$

همچنین  $R_{\min} + R_{\max} = 2a$  بنابراین:

$$L^2 = \frac{GMm^2}{a} (R_{\min} R_{\max}) \quad (12)$$

فرض کنید خروج از مرکز بیضی  $e$  باشد. بنابراین چنانکه شکل ۲ نشان می دهد

$$R_{\min} = a(1-e) \quad (13)$$

و

$$R_{\max} = a(1+e) \quad (14)$$

با ترکیب کردن معادله های (۱۳) و (۱۴) داریم:

$$R_{\min} R_{\max} = a^2 (1-e^2) \quad (15)$$

طرف راست معادله بالا مقدار  $b^2$  است. با ترکیب این

نتیجه با معادله (۱۲) خواهیم داشت:

$$L^2 = \frac{GMm^2 b^2}{a} \quad (16)$$

با مربع کردن معادله (۶) و جایگزینی آن در معادله (۱۶)

برای  $L^2$  داریم:

$$T^2 = \left( \frac{4\pi^2}{GM} \right) a^3 \quad (17)$$

معادله (۱۷) قانون سوم کپلر برای یک مسیر بیضوی

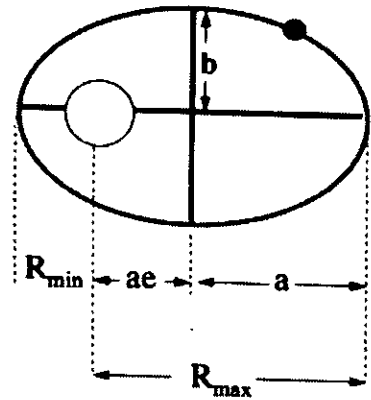
کلی است.

خلاصه:

دانش آموزان معمولاً قبل از مطالعه قانونهای حرکت سیاره ای کپلر با تکانه زاویه ای و پایداری انرژی آشنا می شوند بنابراین آنها در به کار بردن این قانونها و به دست آوردن نتیجه ای که در بالا شرح آن رفت مشکل چندانی ندارند. علاوه بر این راه حل کلی قانون سوم کپلر برای دانش آموزان قانع کننده تر است، تا اینکه از آنها بخواهیم بپذیرند که قانون سوم کپلر را که برای یک مدار دایره ای به دست آمده است با قرار دادن نیم قطر بزرگ بیضی به جای شعاع دایره ای برای یک مسیر بیضوی درست است.

مرجع:

Noll, E. D. (1996). kepler's third law for elliptical orbits. The physics teacher Vol. 34, JAN. 1996. 42-43



شکل ۲- خورشید در یک کانون بیضی قرار دارد که نصف قطر بزرگ آن  $a$  و خروج از مرکز  $e$  آن است. کمترین فاصله سیاره تا خورشید  $R_{\min} = a(1-e)$  است. و بیشترین فاصله سیاره از خورشید  $R_{\max} = a(1+e)$  است. برای  $e=0$  مدار یک دایره است. برای  $0 < e < 1$  مدار یک بیضی است و برای  $e=1$  مدار یک سهمی و برای  $e > 1$  مدار یک هذلولی است.

$a$  نصف قطر بزرگ بیضی و  $b$  نصف قطر کوچک بیضی

است.

از ترکیب معادله های (۴) و (۵) و حل کردن آن برای

دوره تناوب  $T$  داریم:

$$T = \frac{2\pi mab}{L} \quad (6)$$

در کمترین فاصله از مرکز نیرو بردار مکان،  $R_{\min}$ ، بر

بردار سرعت،  $V_{\min}$ ، عمود است. ( $\sin\theta = 1$ ,  $\theta = 90^\circ$ )

بنابراین معادله (۲) به صورت زیر درمی آید.

$$L = mR_{\min} V_{\min} \quad (7)$$

معادله (۷) را به توان دو می رسانیم و بر دو تقسیم

می کنیم.

$$\frac{L^2}{\cancel{m}} = \left( \frac{1}{\cancel{m}} m V_{\min}^2 \right) m R_{\min}^2 \quad (8)$$

با در نظر گرفتن اینکه کمیت  $\frac{1}{m} m V_{\min}^2$  انرژی جنبشی

سیاره، و اینکه  $KE_{\min}$  این انرژی در کمترین فاصله سیاره از مرکز نیرو است به دست می آوریم:

$$KE_{\min} = \frac{L^2}{2mR_{\min}^2} \quad (9)$$

با استفاده از قانون پایداری انرژی در بیشترین و کمترین

فاصله سیاره و از مرکز نیرو و با توجه به اینکه جرم خورشید،

$M$  است، داریم:

# فضا به صورت یک آزمایشگاه فیزیک درمی‌آید

رابرت ایریون<sup>۱</sup>

مترجم: پروین غفاریان

برگزار شد. حدود ۱۵۰ فیزیکدان، کیهان‌شناس، و منجم برجسته دور هم جمع شدند تا در آستانه قرن بیست و یکم به تبادل نظر در خصوص دورنمای آینده در حوزه علمی خود پردازند. توجه آنها به منشأ عالم، یعنی هنگامی معطوف بود که قوانین بنیادی فیزیک پایه گذاری شدند و گوشه‌های پراتهاب عالم کنونی، که جایگاه فیزیک انترژی بالا در فراسوی شتابدهنده‌های ذرات است. در این کارگاه دانشمندان ده‌ها آزمایش متهورانه را توصیف کردند که می‌تواند فیزیک جدیدی را از متن کیهان گردآوری کند.

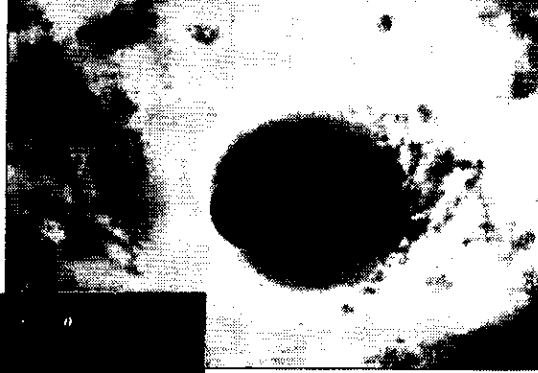
در حال حاضر، بسیاری از این طرح‌ها هیچ نوع منبع مالی یا زمان بندی مشخص ندارند. اما هماهنگ کنندگان نشست بالا امیدوارند که این بحث‌ها مقدمه‌ای بر برنامه‌ریزی مأموریت‌هایی باشد که برای دهه‌های آینده پیش بینی شده‌اند. فیزیکدانان ذرات بنیادی به طور سنتی با اخترشناسان ارتباط کاری میان رشته‌ای اندکی داشته‌اند، و روش‌های مخصوص به خود را پی می‌گرفته‌اند. اما، در حال حاضر استثناهایی نیز وجود دارد، مانند تلسکوپ فضایی برای رصد منطقه‌ای وسیع توسط پرتو گاما (GLAST)<sup>۲</sup> که قرار است تا سال ۲۰۰۵ به فضا پرتاب شود، و به مطالعه بقایای ابرنو اختر، فوران‌های پرتو گاما، و سایر شتابدهنده‌های ذرات کیهانی پردازد، همین طور طیف سنج مغناطیسی آلفا که به جستجوی ذرات پادماده در ایستگاه فضایی بین‌المللی خواهد پرداخت. دانیل گلدین<sup>۳</sup> از سازمان ناسا می‌خواهد که شاهد همکاری‌های بیشتری از این نوع در هزاره جدید باشد.

چندی قبل، در جلسه‌ای در آزمایشگاه ملی شتابدهنده فرمی در باتاویا، ایلی نویر، گلدین از فیزیکدانان خواسته بود که به منظور به دست آوردن شناختی از ذرات بسیار پرنترژی به کیهان بنگرند (مجله ساینس، ژوئن ۹۹). او همین مضمون را در ششم نوامبر همان سال در ایرواین،

روهنت پارک، کالیفرنیا از دید نیکلاس وایت آینده نجوم پرتو x در بالای مرز یک سیاهچاله در مرکز یک کهکشان متلاطم و دور دست بال و پر می‌زند. به نظر او بافت فضا زمان به صورت عجیبی در حوالی سیاهچاله غول پیکر پیچ و تاب می‌خورد و فوران‌های درخشان پرتو x همزمان با ناپدید شدن گازهای داغ از چشم ما پنهان می‌شود. دیدگاه او تصویر روشنی از سازوکاری می‌دهد که جت‌های پرتوان را درست از بیرون سیاهچاله به فضا پرتاب می‌کند، گرم خوردگی‌ها یا سایر درجه‌های دیگر نیز ممکن است گاهی به چشم بخورند.

رؤیای آقای وایت این نیست که خود را مستقیماً وارد این قشقرق نسبیتی کند، بلکه می‌خواهد جزئیات آن را با استفاده از تعدادی تلسکوپ پرتو x که همزمان از مدار خود به دور خورشید نظاره‌گر آن هستند، بررسی کند. درست همان طور که رادیو تلسکوپ‌های با فاصله زیاد از هم بر روی کره زمین می‌توانند به عنوان یک تلسکوپ عظیم عمل کرده و جزئیات دقیق اجسام آسمانی در دوردست را مشاهده کنند، تداخل سنج‌های پرتو x مداری نیز می‌توانند جزئیات داخلی اغلب اجسام آسمانی پرنترژی عالم را بکاوند. آقای وایت یکی از فضانوردان مرکز پروازهای فضایی گودارد در گرینیلد مریلند، می‌گوید «ما ثابت کرده‌ایم که سیاهچاله‌ها وجود دارند و در نهایت می‌خواهیم بدانیم که در درون آنها چه می‌گذرد، و این بهترین راه انجام این کار است.»

در عین حال، وایت اذعان دارد که ناوگان پرتو x با نام MAXIM<sup>۱</sup> اول کلمه‌های مأموریت تصویرگیری قوس میکروثانیه‌ای پرتو x ممکن است تا ۲۰ الی ۲۵ سال آینده به پرواز درنیاید. در این صورت، این مأموریت موضوع جالبی را برای پیش کشیدن بحث «سفر پیدایش کیهانی و فیزیک بنیادی» مطرح می‌سازد که عنوان یک کارگاه علمی نامتداول بود که در پاییز سال ۹۹ در دانشگاه ایالتی سونوما



شکل ۱- قلب ماده تاریک از تصویر تلکوپ فضایی هابل، چنین برمی آید که فورانی از مواد از قلب کهکشان M45 که تصور می رود حاوی یک سیاهچاله سنگین باشد به خارج پرتاب می شود (تصویر سمت چپ). آرایه های موازی از تلکوپ های پرتو X ممکن است روزی تصویری از مرز سیاهچاله را نشان دهد (تصویر بالا)

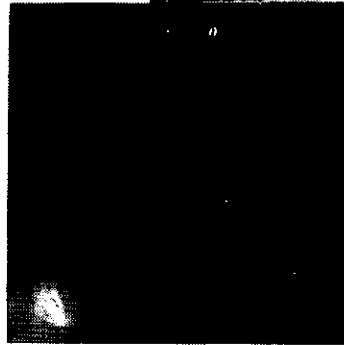
کالیفرنیا، خطاب به هیئت فیزیک و نجوم فرهنگستان ملی علوم تکرار کرد و گفت: «اگر قرار باشد به پیشرفت های بزرگی در فیزیک ناقل شویم باید به زمینه های مشترک فیزیک و فیزیک

نجومی توجه بیشتری بکنیم». این پیش بینی می کند که یک برنامه جدید «سفرهای کیهانی» توسط ناسا طراحی شود و امیدوار است که مؤسسه هایی چون بنیاد ملی علوم و وزارت انرژی به این برنامه بپیوندند. سخنرانی گلدین در آزمایشگاه فرمی و دورنمای تأمین مالی چند جانبه، راکتی کولب<sup>۵</sup> کیهان شناس آزمایشگاه فرمی و الیوت بلوم<sup>۶</sup> فیزیکدان دانشگاه استنفورد و جیم سیگریست<sup>۷</sup> از آزمایشگاه ملی لاورنس برکلی در کالیفرنیا را بر آن داشت تا همایش ایالت سونوما را سازمان دهی و در آن سخنرانان را به ارائه نظریه های جدیدی که به ۱۰ تا ۲۵ سال آینده می نگرد تشویق کند، که به فناوری هایی نظر دارد که اکنون جرقه هایی به نظر می آیند. سیگریست در پایان این همایش گفت که «انتظار چندانی نداشتم، اما درباره نیاز به رویکرد همزمان در این مسائل و در چند جبهه مختلف، کاملاً به هم توافق داریم، و در واقع تمرینش نیز خواهد بود.» اگر او و همکارانش موفق به عبور از موانع میان رشته ای فیزیک و نجوم شوند، و مورد واحدی را برای این کار تشکیل دهند، موفقیت چندان دور از دسترس نخواهد بود.

### موجک هایی در فضا زمان

گرانی از لحاظ بسیار به عنوان موضوع مطلوبی برای پی گیری ظاهر شده است. پیتر بندر<sup>۸</sup> فیزیکدان دانشگاه کلرادو در بولدر، آتن فضایی تداخل سنچ لیزری (LISA)<sup>۹</sup> را شرح داد که از سه فضاییما تشکیل شده است که در رئوس مثلثی قرار دارند که هر ضلع آن ۵ میلیون کیلومتر است. باریکه های لیزری محل یک مکعب فلزی شناور در هر فضاییما را با دقت یک دهم انگستروم نسبت به دو مکعب

دیگر اندازه می گیرند. این دقت برای تفکیک امواج گرانشی عبور کافی خواهد بود. امواج گرانشی موجک هایی در فضا زمان با شکل جبهه



موج و ساختاری هستند که آن را فیزیک نسبیتی در حوالی رویدادهای کیهانی شدید تعیین می کند. در حالی که مشاهدات امواج گرانشی بر روی کره زمین که به زودی آغاز خواهد شد، ممکن است علائمی از انفجارهای مهیب چون رُمبش و انفجار ستارگان پر جرم را نشان می دهد. مقیاس عظیم LISA آن را به موجک های گرانشی با طول موج بسیار بلند حساس می سازد. این امواج با طول موج بلند باید از پدیده هایی صادر شده باشند که چند ساعت تا چند ماه به طول می انجامند. بارزترین مثال در این مورد سیاهچاله هایی هستند که در ماریچ ناپودکننده ای گرفتار آمده اند که هر لحظه تنگ تر می شود.

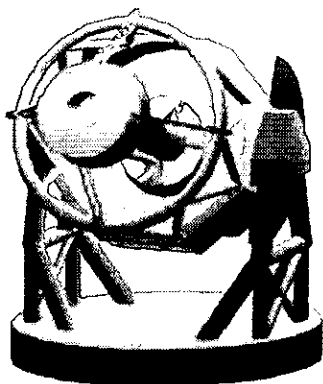
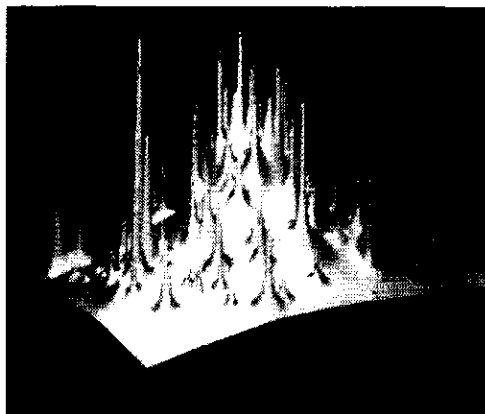
اگر همه چیز خوب پیش برود، LISA ظرف ده سال آینده به پرواز در خواهد آمد. در آینده ای دورتر آرایه پیشرفته ای از ماهواره ها به نام LISA2 شاید به اندازه کافی حساس باشند که زمینه امواج گرانشی خود عالم را آشکار سازند. وزوز امواج گرانشی با زمینه میکروموج کیهانی که آسمان را پر کرده اند هم ارز است. به گفته بلوم «این موضوع به نحو باورنکردنی هیجان انگیز است، زیرا ممکن است نخستین لحظه شفافیت عالم هستی را به امواج گرانشی آشکار سازد.» این لحظه مربوط به وقتی است که شاید ۱۰<sup>-۲۸</sup> ثانیه پس از مهبانگ، گرانی از بقیه نیروهای بنیادی جدا شد. بقایای آن لحظه شاید نشان دهد که چگونه گرانی در نوسان های کوانتومی اولیه تأثیر نهاد و ساختار بزرگ مقیاس عالم کنونی را به وجود آورد.

به گفته مارک کامیونکوفسکی<sup>۱۰</sup> کیهان شناس مؤسسه فناوری کالیفرنیا در پاسادنا، «اولین امواج گرانشی باید نشانه دقیقی بر تابش زمینه میکروموج نیز به جا گذاشته باشد.

همان طور که دریاچه نوری را که از آب باز می‌تابد قطبیده می‌کند، امواج گرانشی نیز فوتون‌های عالم اولیه را در لحظه‌ای که به اندازه کافی سرد شدند تا بتوانند از گاز داغ بگریزند، قطبیده کرده است. «سفینه پلانک از آژانس هوایی اروپا ممکن است اندکی از این قطبش سایه وار را پس از پرتاب در سال ۲۰۰۷ ببیند، اما کامیونکسوفکی مدافع یک مأموریت بعد از پلانک برای برد سی جزئیات این قطبش است. او یادآور می‌شود که سناریوهای مختلفی برای تورم یعنی رشد حیرت انگیز عالم خردسال وجود دارد که

باعث می‌شود این ذرات به این سرعت‌های سرسام آور برسند، هیچ سازوکار قانع کننده‌ای وجود ندارد. به گفته رابرت استریت ماتر<sup>۱۱</sup> از ناسا، آشکارسازهای زمینی که افشانه‌های ذرات کم انرژی را دیدبانی می‌کنند که بر اثر برخورد ذرات بسیار پر انرژی به بالای جو تولید می‌شوند. تاکنون فقط حدود ۲۰ مورد از این دست را شناسایی کرده‌اند. زیرا، این آشکاراها فقط می‌توانند بخش‌هایی محدودی از آسمان را بررسی کنند، در حالی که آشکارسازهای فرابنفش موجود در جو که دور کره زمین

شکل ۲- در جستجوی ماده نامرئی تلسکوپ پیشنهادی برای ماده تاریک (طرف چپ) قطعه‌هایی از آسمان را که پهنای آن شش برابر ماده کامل است در جستجوی وابستگی‌هایی که مؤید وجود ماده تاریکی است که خوشه‌های بزرگ کهکشانی را به هم می‌پیوندند، زیر نظر خواهد داشت.



طرح‌های مختلفی را برای قطبش تابش زمینه کیهانی پیش بینی می‌کند. ماهواره‌ای که به اندازه کافی حساس باشد تا بین طرح‌های ممکن تفاوت بگذارد، می‌تواند بحث تورم را به سرانجام برساند و فیزیکدانان را به شناخت چگونگی کار قانون‌های بنیادی طبیعت از اولین لحظه‌های ملتهب عالم رهنمون شود.

### کارخانه‌های ذرات کیهانی

سایر پیام‌آوران کیهانی از دقت کمتری برخوردارند. پرتوهای کیهانی نادر و با بسیار پر انرژی هنگامی به زمین می‌رسند دارای تأثیر بسیار بیشتر از چیزی هستند که می‌توان با شتابدهنده‌های ذرات بر روی زمین به آنها رسید. درست مثل اینکه تمام انرژی آجری که از روی میز به زمین می‌افتد به یک تک ذره داده شود. فیزیکدانان حدس می‌زنند که این ذرات سرگردان ممکن است از قلب کهکشان‌های فعال، فوران‌های پرتوگام، یا سیاهچاله‌های چرخان سرچشمه گرفته باشند، اما درباره سازوکار اختر فیزیکی فرایندی که

می‌گردند و از بالا به آن می‌نگرند قادر به پوشش سطحی ده هزار بار بزرگ تر هستند. به گونه‌ای که خود کره زمین به عنوان صفحه نمایش پرتو کیهانی عمل می‌کند (ساینس، دسامبر ۱۹۹۷، صفحه ۱۷۰۸). یک جفت ماهواره موسوم به OWL<sup>۱۲</sup>، که دارای تجهیزات مربوط به گردآوری نور هستند، می‌توانند مسیر پر انرژی ترین پرتوهای کیهانی را در جو زمین ردیابی و چشمه‌ها و در صورت امکان سرشت آنها را مشخص کند.

راجر آنجل منجم<sup>۱۳</sup> دانشگاه آریزونا می‌گوید که «بررسی‌های دقیق عالم با نور مرئی نیز در دهه‌های آینده مسائل زیادی را روشن خواهد کرد. از جمله ایده نقش برداری از چیزی که اصلاً نور نمی‌دهد یعنی ماده تاریک نیز امکان پذیر خواهد شد. ماده تاریک تراکم شدید و نامرئی ماده است که خوشه‌های بزرگ کهکشانی را به هم می‌پیوندد و تک کهکشان‌های همچون راه شیری را مانند پیله ابریشم محاصره کرده است. اگرچه حرکت کهکشان‌ها و ستارگان، کشش گرانشی ماده تاریک را نشان می‌دهد، اما

کسی نمی‌داند که این ماده از چه چیزی ساخته شده است. شاید انبوهی از مواد معمولی کم نور یا ذرات غیرعادی باشد که فیزیکدانان تاکنون قادر به آشکارسازی آنها در کره زمین نشده‌اند. شاید نقشه‌هایی دقیق از ماده تاریک بتواند سرخ‌نخی از ترکیب آن به دست دهد و باعث آگاهی ما از کل ماده موجود در عالم شوند.

آنجل و همکارانش از جمله آنتونی<sup>۱۴</sup> تایسون از کارخانه لوسنت در مری هیل، نیوجرسی، تلسکوپ جدیدی را پیشنهاد کرده‌اند که می‌تواند از جزییات ماده تاریک به وضوح نقشه برداری کند. «طرح تلسکوپ ماده تاریک» آنها از این موضوع بهره می‌گیرد که این مواد نامرئی و متراکم به صورت عدسی‌ها گرانشی عمل می‌کنند و چشم انداز ما از کهکشان‌های دور را با ایجاد فرورفتگی، در بافت فضا زمان واپیچیده می‌کنند. این تلسکوپ از یک آینه ۸/۴ متری و دو آینه ۴ متری در یک ترکیب رادیکال برای نقشه برداری از این واپیچیدگی‌های شدید در بخش‌های عظیمی از آسمان، مثلاً ۶ برابر بزرگتر از قطر ماه کامل، استفاده خواهد کرد.

مارتین پرل<sup>۱۵</sup> برنده جایزه نوبل و فیزیکدان مرکز شتابدهنده استنفورد، پیشنهاد جالب توجهی را برای جستجوی ماده تاریک مطرح کرده است. پرل پیشنهاد کرده است که در سیارکها به دنبال ذرات پر جرمی بگردیم که شتابدهنده‌های بزرگ روی زمین هرگز نمی‌توانند آنها را تولید کنند. این ذرات پایدار و بینهایت سنگین که در مهبانگ تولید شده‌اند، باید در اجسام قدیمی مانند شهابسنگ‌ها یا ستاره‌های دنباله دار باقی مانده باشند، یا در فضای میان ستاره‌ای پراکنده باشند. تیم پرل در نظر دارد از قطعات شهابسنگ قطره‌های بسیار ریزی بسازند و آهنگ سقوط آنها را در آزمایشگاه اندازه‌گیری کند. اگرچه توزین این قطره‌ها که قطر آنها در حدود ۱۰ میکرومتر است کار آسانی نیست، اما سقوط آنها با سرعت‌های حد مختلفی صورت می‌گیرد که به جرم آنها بستگی دارد. بدین ترتیب شاید ذرات بسیار سنگینی آشکار شوند که به شهابسنگ وابسته شده‌اند. اما، پرل می‌گوید که بهترین شانس تشخیص آنها، فرستادن روباتی به سیارک است تا در آنجا با الک کردن خاکهای قدیمی سرعت‌های حد را در میدان گرانشی ضعیف سیارک اندازه بگیرد.

بعضی از مواردی که در این همایش بررسی شد در مراحل اولیه تأمین منابع مالی در ناسا یا یکی از آژانس‌های

دیگر بودند. بقیه به منابع جدید قابل ملاحظه‌ای نیازمند هستند. هر کدام از فیزیکدانان برنامه‌ای داشتند و برنامه همه آنها جالب بود. اما چگونه می‌توان اولویت برنامه‌ها را تعیین کرد و تصمیم گرفت که کدام انجام شود؟

هر دو جامعه نجوم و فیزیک ذرات، سازوکاری برای انجام آن کار دارند ولی رهیافت آنها متفاوت است. منجمان هیتی را مسئول یک «مرورده ساله» کرده‌اند تا اهمیت طرح‌های جدید را در یک دوره ده ساله بررسی کند؛ گزارش بعدی در بهار آماده خواهد شد. فیزیکدانان ذرات بنیادی یک هیئت فیزیک انرژی‌های بالا دارند که به ذرات انرژی، که منابع مالی آن را تأمین می‌کند، سالی چهار بار نظر مشورتی می‌دهند. به گفته پیترو روزن<sup>۱۶</sup> «با توجه به پیشنهادها میان رشته‌ای علمی، نظیر آنچه در همایش ایالتی سونوما مطرح شد، شاید بهتر باشد یک کمیته مشورتی جدید جهت گزارش رسمی به ناسا و سایر مؤسسه‌ها انجام شود.»

اما مشخص کردن اولویت‌ها، تنها اول کار است. آلن باتر<sup>۱۷</sup> مدیر توسعه برنامه‌های فضایی ناسا درباره ساختار و تکوین عالم اظهار می‌دارد که برای بیشتر کارهای جدید، منجمان و فیزیکدانان باید بازاریابی کنند. به نظر او «جلوگیری از حرکت دو یا چند مؤسسه که از طرحی حمایت می‌کنند دشوار است. اما مردم آمریکا هم باید در این مورد درگیر شوند. توجه روشنفکران به تنهایی کافی نیست.» او در همایش سونوما شرکت کنندگان را تشویق کرد که جالب‌ترین طرح‌های پیشنهادی خود را با بافتاری زیاد در مؤسسه‌های مالی و مجامع خود مطرح و به تصویب برسانند. سیگریست<sup>۱۸</sup> و همکاران گام‌هایی را در این مورد برنامه‌ریزی کرده‌اند. در فوریه ساله ۲۰۰۰ نظریه پردازان در اسپن کلرادو دور هم جمع می‌شوند تا ببینند کدام طرح بیشترین قابلیت را برای حل اسرار بنیادی فیزیک و کیهان‌شناسی دارد. دو ماه پس از آن سازمان دهندگان در واشنگتن دی. سی ملاقات خواهند کرد تا گزارش مقدماتی به مدیران DOE، NSF و NASA ارائه دهند. اگر دورنمای کنگره امیدوارکننده باشد و بودجه طرح‌ها در مورد فیزیک و کیهان‌شناسی تصویب شود، گروه آخرین همایش خود را احتمالاً در تابستان ۲۰۰۱ در اسنومس کلرادو برگزار خواهد کرد.

نکته نامعلوم دیگری که ممکن است به وجود آید چگونگی همکاری فیزیکدانان و کیهان‌شناسان در مقابله با

چرا

آسمان

آبی

است\*

همه رنگ‌ها حاصل جمع یا تفریق پذیری نور نیستند. بعضی از رنگ‌ها، مانند رنگ آسمان آبی پیامد پراکندگی گزینشی هستند. به عنوان موردی مشابه، صوت را در نظر بگیرید. اگر یک باریکه صوتی با بسامدی ویژه به دیافازن که بسامدی یکسان با آن دارد برخورد کند، دیافازن به ارتعاش درمی‌آید و باریکه صوتی را در جهات مختلف منتشر می‌کند. یعنی دیافازن صوت را پراکنده می‌کند. فرآیندی مشابه در جو با پراکندگی نور خورشید از اتم‌ها و ذراتی که از هم فاصله دارند روی می‌دهد.

اتم‌ها هم مشابه دیافازنهای نوری ریز رفتار می‌کنند و امواج نوری تابیده بر آنها را بازگسیل می‌کنند. ذرات بسیار ریز هم، چنین رفتاری دارند. هرچه ذره ریزتر باشد، بسامد نوری بالاتری را بازگسیل می‌کند. این وضع مشابه روشی

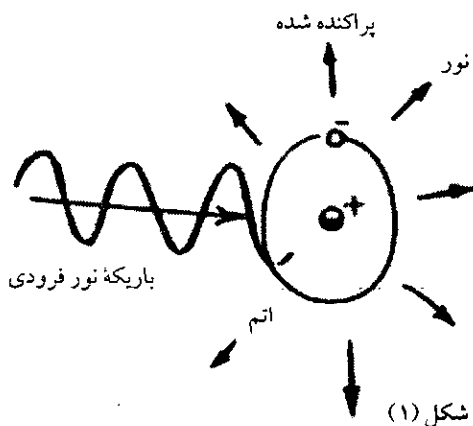
جزئیات طرح‌های مشترک است. به گفته روزن با توجه به سنت‌های متفاوت «در بخش فیزیک هسته‌ای یا انرژی‌های بالا عادت نداریم که داده‌های خود را در اختیار اشخاص مختلف قرار دهیم»، چرا که بسیاری از آشکارسازهای پیچیده تر فقط پس از تجزیه و تحلیل‌های پر زحمت، داده‌ها را فقط در اختیار ریتی قرار می‌دهد که آن را ساخته‌اند. از طرف دیگر، منجمان تمایل به ساخت تجهیزات جمعی دارند و مسئولی خود را به سرعت به دیگران انتقال می‌دهند. سازمان‌دهندگان این حرکت نوین فکر می‌کنند راهی را برای همکاری در این حوزه نابرابر خواهند یافت، زیرا فرصت‌ها مغتنم است. کولب از آزمایشگاه فرمی در گردهمایی سونوما به همکارانش متذکر شد که «از اینکه گام بزرگی بردارید هراس نداشته باشید.» به گفته جان موئیر<sup>۱۹</sup> «وقتی کسی در طبیعت چیز ساده‌ای را یافت درمی‌یابد که یافته‌های او با بقیه عالم در ارتباط است. اکنون آزمایشگاه فیزیک بنیادی خود عالم است.»

Science 286, 10 Dec. 99

زیرنویس

1. Rober irion
2. Micro Arcsecond x ray Imaging Mission
3. Gamma - Ray Large Area space Telescope
4. Daniel Goldin
5. Rocky Kolb
6. Elliott Bloom
7. Jim Sigrist
8. Peter Bender
9. Laser Interferometer space Antenna
10. Marc Kamionkowski
11. Robert Streitmatter
12. Orbiting Wide - Angle Light Collector
13. Roger Angle
14. Anthony Tyson
15. Martin Perl
16. Peter Rosen
17. Alan Bunner
18. Siegrist
19. Jhon Muir

است که زنگ های کوچک نسبت به زنگ های بزرگ با صدای زیرتری به صدا درمی آیند. مولکول های نیتروژن و اکسیژن که بخش بزرگی از جو را تشکیل می دهند مانند همان زنگ های کوچک هستند. هنگامی که به حد کافی انرژی از نور خورشید دریافت می کنند با بسامدهای بالا به ارتعاش درمی آیند و صدای زنگ ها را در جهت های مختلف منتشر می کنند. هنگامی که نور در جهت های مختلف بازگسیل شود می گویند نور پراکنده شده است.



شکل (۱)

شکل (۱). باریکه نور به اتم برخورد می کند و حرکت ارتعاشی الکترون ها را در اتم افزایش می دهد. الکترون های مرتعش شده نور را در جهات مختلف بازگسیل می کنند. در این حالت نور پراکنده شده است.

از بسامدهای مرئی نور خورشید، نور بنفش بیشتر از دیگر نورها از اکسیژن و نیتروژن موجود در جو پراکنده می شود. پس از آن به ترتیب نورهای آبی، زرد، نارنجی، و قرمز. نور قرمز فقط یک دهم نور بنفش پراکنده می شود. اگرچه نور بنفش بیشتر از نور آبی پراکنده می شود، اما چشم های ما نسبت به نور بنفش حساس نیست. بنابراین نور آبی پراکنده شده اثر برتری در بینایی ما دارد و آسمان را آبی می بینیم.

رنگ آسمان آبی در مکان های گوناگون و تحت شرایط مختلف تغییر می کند. بخار آب موجود در جو عامل اصلی

این تغییرات است. آسمان روزهایی که هوا آرام و خشک است نسبت به روزهایی که هوا آرام و مرطوب است رنگ آبی تیره تری دارد. ایتالیا و یونان که هوای فوق العاده خشکی دارند آسمان آبی زیبایی دارند که قرن ها الهام بخش نقاشان بوده است. در مکان هایی که جو حاوی تعداد زیادی ذرات گردوغبار و دیگر ذرات بزرگتر از اکسیژن و ازت است، نورهای با بسامدهای پایین تر نیز به شدت پراکنده می شوند و این وضع موجب می شود که آسمان، آبی کم رنگ و سفید به نظر آید. هنگامی که جو از ذرات اضافی پاک می شود مثلاً، پس از یک توفان شدید، رنگ آبی آسمان تیره تر می شود.

به خاکستری رنگ آسمان بالای شهرهای بزرگ پیامد ذرات گسیل شده در هوا توسط موتور اتومبیل ها و کامیون ها، و یا کارخانه هاست. حتی هنگامی که اتومبیلی در جا کار می کند، برای نمونه موتور آن در هوا بیش از ۱۰۰ میلیارد ذره در ثانیه گسیل می کند. بیشتر این ذرات مرئی نیستند اما می توانند به عنوان مراکز ریزی برای جذب ذرات دیگر به کار روند. همین ذرات نورهای با بسامد پایین را پراکنده می کنند. بزرگترین ذرات، نور را بیشتر جذب می کنند تا پراکنده، پیامد این وضع پدیدار شدن مه قهوه ای رنگ است.



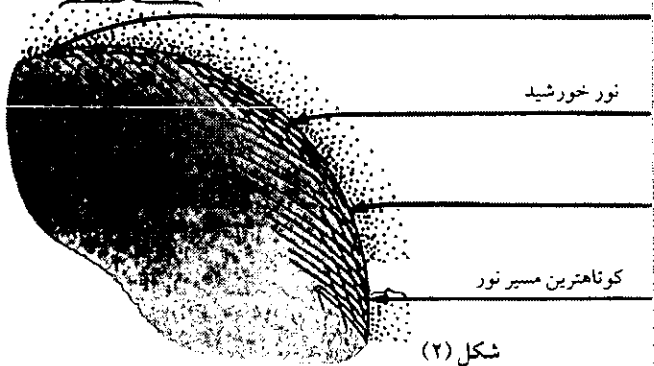
### چرا غروب ها آسمان قرمز رنگ است

پرتو نوری که پراکنده نشود انتقال پیدا می کند. چون پراکندگی نورهای با بسامد پایین قرمز، نارنجی، و زرد در جو بسیار کم است، بنابراین آنها بهتر از رنگهای با بسامد

بالا در هوا منتقل می شوند. چون پراکندگی نور قرمز کمترین است. بنابراین در جو نسبت به دیگر نورها بیشتر منتقل شده و ضخامت بیشتری را می پیماید. هر چه ضخامت جو که باریکه نور از آن می گذرد بیشتر باشد، زمان بیشتری برای پراکندگی اجزاء نور با بسامد بالاتر وجود دارد. یعنی نور قرمز بهترین شرایط دارد. چنانکه در شکل (۲) مشاهده می کنید هنگام غروب نور خورشید ضخامت بیشتری را در جو طی می کند، از این لحاظ غروب های قرمز رنگ هستند.

هنگام نیم روز نور خورشید برای رسیدن به سطح زمین کمترین مسافت را در جو می پیماید. از نور با بسامد بالا فقط مقدار کمی از نور خورشید پراکنده می شود و این وضع کافی است که رنگ خورشید متمایل به زرد به نظر رسد. چون خورشید در آسمان در ادامه روز پایین می آید شکل (۲) مسیر نور خورشید در جو طولانی تر شده و نورهای بنفش و آبی بیشتری از نور خورشید پراکنده می شوند. حذف نورهای بنفش و آبی موجب قرمز تر شدن نور انتقال یافته می شود و به تدریج رنگ خورشید قرمز تر شده و از رنگ زرد به نارنجی و در پایان، هنگام غروب به رنگ قرمز - نارنجی درمی آید. پس از فوران های آتشفشانی رنگ طلوع و غروب خورشید غیر عادی است. زیرا ذرات بزرگتر از ملکول های جو در هوا فراوان تر یافت می شوند.

طولانی ترین مسیر نور خورشید که از جو هنگام طلوع (غروب) می گذرد.



شکل (۲)

شکل (۲). هنگام غروب نسبت به نیم روز باریکه نور خورشید های ضخامت بیشتری از جو را پیماید. در نتیجه رنگ آبی بیشتری از باریکه نور خورشید پراکنده می شود. زمانی که باریکه اولیه سفید خورشید به زمین می رسد فقط از آن نورهایی با بسامد پایین باقی مانده است که حاصل آن غروب قرمز رنگ است.

رنگ های غروب خورشید با قوانین آمیزش رنگ ها سازگاری دارد. هنگامی که نور آبی از نور سفید حذف شود رنگ مکمل باقیمانده زرد، و حذف نور بنفش با بسامد بالا رنگ مکمل نارنجی است. هنگامی که نور سبز با بسامد متوسط حذف شود رنگ ارغوانی (گلی) باقی می ماند. ترکیبات رنگها که با شرایط جوی روز به روز تغییر می کند موجب غروب های گوناگون می شود.

**چرا ابرها سفید رنگ هستند**

ابرها از تجمع قطره های کوچک آب با اندازه های گوناگون تشکیل شده اند. تجمع قطرات با اندازه های متفاوت موجب تنوع بسامدهای پراکنده شده می شود. یعنی تجمع ریزترین، رنگ آبی تجمع کمی بزرگ تر، رنگ سبز و تجمع بزرگترین قطره ها، رنگ قرمز را پراکنده می کنند. نتیجه کلی سفیدی رنگ ابر است. در یک تجمع چون الکترون ها نزدیک یکدیگرند و همگام با هم ارتعاش می کنند، پراکندگی نور از زمانی که همان تعداد الکترون جدا از هم ارتعاش می کنند بیشتر است که پیامد آن شدت نور بیشتر و در نتیجه درخشان بودن ابرها است.

تجمع قطره های بزرگتر مقدار زیادی از نور فرودی را جذب می کنند. بنابراین شدت پراکندگی کم است. بنابراین هر چه ابرها از تجمع قطره های بزرگتری تشکیل شده باشند تاریکترند. افزون بر این با افزایش اندازه تجمع قطره های ریز موجب نزول قطره های باران و بارانی شدن هوا می شود.

بار دیگر که آسمان آبی را تحسین می کنید و یا مجذوب شکل های ابرهای درخشان و یا تماشاگر غروب زیبای هستید، به یاد آورید که همه این پدیده ها پیامد ارتعاش دیابازنهای نوری فوق العاده ریز هستند، هر روز شگفتی های طبیعت را بیشتر آرج می نهد.



# محاسبه پتانسیل الکتریکی

سید محمد بهرامی،

## بر حسب چند قطبی ها

دیرمنطقه زرین شهر - اصفهان

مقدمه: محاسبه میدان و پتانسیل الکتریکی یک توزیع بار در الکترومغناطیس از اهمیت زیادی برخوردار است. میدان الکتریکی و پتانسیل الکتریکی تک قطبی، دو قطبی، چهار قطبی و ... را به راحتی می توان به دست آورد. پس اگر بتوان یک توزیع بار را بصورت ترکیبی از چند قطبی های فوق فرض کرد و در نتیجه میدان و پتانسیل الکتریکی حاصل از یک توزیع بار را به صورت ترکیبی از میدان ها و پتانسیل های چند قطبی ها بیان کرد، به راحتی می توان میدان الکتریکی و پتانسیل الکتریکی آن توزیع بار را به دست آورد.

چند قطبی های الکتریکی در فیزیک هسته ای نیز کاربرد فراوانی دارند. در این مقاله ابتدا روابط لازم برای محاسبه میدان و پتانسیل الکتریکی یک توزیع بار بر حسب چند قطبی های الکتریکی بیان شده و سپس در این مورد چند مثال آورده می شود.

### پتانسیل و میدان الکتریکی

می دانیم که پتانسیل الکتریکی یک توزیع بار از رابطه زیر به دست می آید.

$$\Phi(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \frac{\rho(\vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|} dV' \quad (1)$$

که در آن  $\rho(\vec{r}')$  چگالی بار الکتریکی،  $\vec{r}$  بردار مکان نقطه ای است که پتانسیل الکتریکی در آنجا محاسبه می شود و  $\vec{r}'$

بردار مکان نقاطی است که بارهای الکتریکی در آنجا قرار دارند. با بسط کسری  $\frac{1}{|\vec{r} - \vec{r}'|}$  در رابطه (1) داریم

$$\frac{1}{|\vec{r} - \vec{r}'|} = |\vec{r} - \vec{r}'|^{-1} = \left( (\vec{r} - \vec{r}')^2 \right)^{-\frac{1}{2}} = \left( |\vec{r}|^2 - 2\vec{r} \cdot \vec{r}' + |\vec{r}'|^2 \right)^{-\frac{1}{2}}$$

$$= \left[ |\vec{r}|^2 \left( 1 - \frac{2\vec{r} \cdot \vec{r}'}{|\vec{r}|^2} + \frac{|\vec{r}'|^2}{|\vec{r}|^2} \right) \right]^{-\frac{1}{2}} = \frac{1}{|\vec{r}|} \left[ 1 - \frac{2\vec{r} \cdot \vec{r}'}{|\vec{r}|^2} + \frac{|\vec{r}'|^2}{|\vec{r}|^2} \right]^{-\frac{1}{2}}$$

$$= \frac{1}{|\vec{r}|} \left[ 1 - \frac{1}{2} \left( -\frac{2\vec{r} \cdot \vec{r}'}{|\vec{r}|^2} + \frac{|\vec{r}'|^2}{|\vec{r}|^2} \right) + \left( -\frac{1}{2} \right) \left( -\frac{3}{2} \right) \left( \frac{1}{2} \right) \left[ \frac{2\vec{r} \cdot \vec{r}'}{|\vec{r}|^2} + \frac{|\vec{r}'|^2}{|\vec{r}|^2} \right]^2 + \dots \right]$$

$$= \frac{1}{|\vec{r}|} \left[ 1 + \frac{\vec{r} \cdot \vec{r}'}{|\vec{r}|^2} - \frac{1}{2} \frac{|\vec{r}'|^2}{|\vec{r}|^2} + \frac{3}{8} \left[ \frac{2(\vec{r} \cdot \vec{r}')}{|\vec{r}|^2} - \frac{2(\vec{r} \cdot \vec{r}')|\vec{r}'|^2}{|\vec{r}|^4} + \frac{|\vec{r}'|^4}{|\vec{r}|^4} \right] + \dots \right]$$

$$= \frac{1}{|\vec{r}|} + \frac{\vec{r} \cdot \vec{r}'}{|\vec{r}|^3} + \frac{1}{2} \left[ \frac{3(\vec{r} \cdot \vec{r}')^2}{|\vec{r}|^5} - \frac{|\vec{r}'|^2}{|\vec{r}|^3} \right] + \dots$$

$$= \frac{1}{|\vec{r}|} + \frac{\vec{r} \cdot \vec{r}'}{|\vec{r}|^3} + \frac{1}{2} \left[ \frac{3(\vec{r} \cdot \vec{r}')^2}{|\vec{r}|^5} - \frac{|\vec{r}'|^2}{|\vec{r}|^3} \right] + \dots$$

با جایگزین کردن در رابطه (۱) داریم

$$\begin{aligned}\Phi(\vec{r}) &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \frac{1}{|\vec{r}|} \rho(\vec{r}') dV' + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \frac{\vec{r} \cdot \vec{r}'}{|\vec{r}|^3} \rho(\vec{r}') dV' \\ &+ \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \left[ \frac{\mathbf{r}(\vec{r} \cdot \vec{r}')}{|\vec{r}|^3} - \frac{|\vec{r}'|^2}{|\vec{r}|^5} \right] \rho(\vec{r}') dV' + \dots \\ \Rightarrow \Phi(\vec{r}) &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{|\vec{r}|} \int_V \rho(\vec{r}') dV' + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\vec{r}}{|\vec{r}|^3} \int_V \rho(\vec{r}') dV'\end{aligned}$$

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{x_i x_j}{|\vec{r}|^3} \int_V (\gamma x_i' x_j' - \delta_{ij} r'^2) \rho(\vec{r}') dV' + \dots \quad (2)$$

برای محاسبه میدان الکتریکی حاصل از یک توزیع بار از رابطه (۲) می توان گرادینان گرفت بنابراین داریم

$$|\vec{E}| = |-\vec{\nabla} \Phi(\vec{r})| \quad (3)$$

$$|\vec{E}| = \frac{A}{|\vec{r}|} + \frac{B}{|\vec{r}|^2} + \frac{C}{|\vec{r}|^3} + \dots \quad (4)$$

که در آن A ضریبی از بار الکتریکی کل توزیع بار ، B گشتاور دو قطبی الکتریکی و C تانسور گشتاور چهار قطبی الکتریکی است . جمله سوم معادله (۲) را می توان به صورت زیر نوشت

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{1}{|\vec{r}|^3} \frac{x_i x_j}{r^3} Q_{ij}$$

که در آن

$$Q_{ij} = \int_V (\gamma x_i' x_j' - \delta_{ij} r'^2) \rho(\vec{r}') dV' \quad (5)$$

$Q_{ij}$  تانسور گشتاور چهار قطبی الکتریکی و معرف بسط مفهوم گشتاور دو قطبی است . البته گشتاورهای از مراتب بالاتر

نیز وجود دارند که از نگاه داشتن جمله های مرتبه بالاتر در بسط عبارت  $\frac{1}{|\vec{r}|}$  به دست می آیند .

$Q_{ij}$  تانسور شامل نه مؤلفه متناظر اول است . تانسورها تعمیمی از بردارها هستند . ذکر چند مثال می تواند آموزنده باشد .

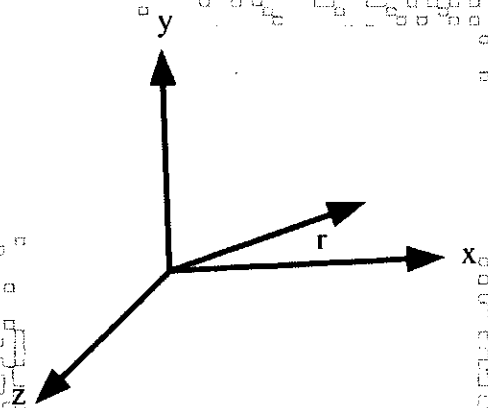
**مثال ۱-** برای یک بار نقطه ای پتانسیل الکتریکی در فاصله r از آن به صورت زیر محاسبه می شود .

چگالی بار الکتریکی فقط در یک نقطه دارای مقدار است و در سایر نقاط صفر است . جمله های دوم و سوم در رابطه (۲)

صفر هستند و فقط جمله اول غیر صفر است .

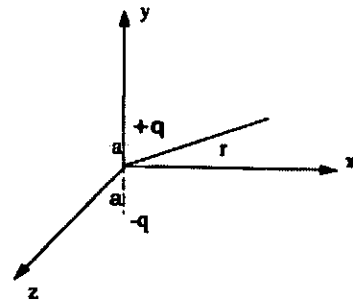
$$\int_V \rho(\vec{r}') dV' = q \Rightarrow \Phi(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{|\vec{r}|}$$





مسئله ۲- پتانسیل دو قطبی الکتریکی در فاصله r از مرکز دو قطبی دور رابطه (۲) جمله اول صفر است. زیرا اکل بار الکتریکی صفر است. همچنین جمله سوم صفر است. پس داریم

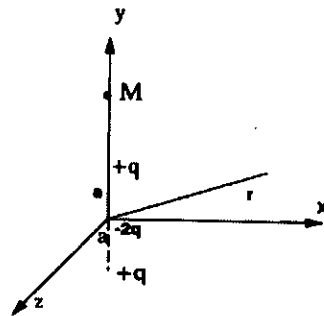
$$\begin{aligned}\Phi(\vec{r}) &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{|\vec{r}|^2} \int_V \vec{r}' \cdot \rho(\vec{r}') dV' \\ &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{|\vec{r}|^2} [a\vec{q} - \vec{a}(-q)] \\ &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{|\vec{r}|^2} \cdot 2aq \Rightarrow \Phi(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\vec{r} \cdot \vec{p}}{|\vec{r}|^3}\end{aligned}$$



مسئله ۳- پتانسیل یک چهار قطبی الکتریکی در فاصله r از مرکز چهار قطبی ابتدا پتانسیل الکتریکی را بدون استفاده از رابطه (۲)

به دست می آوریم.

$$\begin{aligned}\Phi(\vec{r}) &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum \frac{q_i}{r_i} \\ &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[ \frac{-2q}{r} + \frac{q}{(r+a)} + \frac{q}{(r-a)} \right] \\ &= \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left[ \frac{-2}{r} + \frac{1}{(r+a)} + \frac{1}{(r-a)} \right]\end{aligned}$$



با فرض  $a \gg r$  باشد جملات  $\frac{1}{r+a}$  و  $\frac{1}{r-a}$  را بسط می دهیم

$$\frac{1}{(r-a)} = [(r-a)^{-1}]^{-\frac{1}{r}} = (r^1 - 2a \cdot r + a^2)^{-\frac{1}{r}} = \left[ r^1 \left( 1 - 2\frac{a}{r} + \frac{a^2}{r^2} \right) \right]^{-\frac{1}{r}}$$

$$= \frac{1}{r} \left( 1 - 2\frac{a}{r} + \frac{a^2}{r^2} \right)^{-\frac{1}{r}} = \frac{1}{r} \left[ 1 + \frac{a}{r} - \frac{a^2}{r^2} \right] + \dots = \frac{1}{r} + \frac{a}{r^2} - \frac{a^2}{r^3}$$

$$\frac{1}{(r+a)} = [(r+a)^{-1}]^{-\frac{1}{r}} = (r^1 + 2a \cdot r + a^2)^{-\frac{1}{r}} = \left[ r^1 \left( 1 + 2\frac{a}{r} + \frac{a^2}{r^2} \right) \right]^{-\frac{1}{r}}$$

$$= \frac{1}{r} \left[ \cancel{\frac{a}{r}} - \frac{a}{r} + \frac{a^2}{r^2} \right] + \dots = \frac{1}{r} - \frac{a}{r^2} - \frac{a^2}{r^3}$$

$$\Phi(\vec{r}) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left[ \frac{1}{r} - \frac{a}{r^2} - \frac{a^2}{r^3} + \frac{1}{r} - \frac{a}{r^2} - \frac{a^2}{r^3} - \frac{1}{r} \right]$$

$$\Phi(\vec{r}) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left[ -\frac{a^2}{r^3} \right] = -\frac{a^2 q}{4\pi\epsilon_0 r^3}$$

حالتی که اختلاف از رابطه (۲۲) با تئوری الکتریکی این چهار قطبی را مشخصه می‌کنیم. جمله اول در رابطه (۲۲) صفر می‌شود

زیرا  $Q = q + q - q - q = 0$ . جمله دوم نیز صفر می‌شود زیرا

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{|\vec{r}'|} \int \vec{r}' \rho(\vec{r}') dV' = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{|\vec{r}'|} \left[ -2q \times \hat{y} + q(a)\hat{y} + q(-a)\hat{y} \right] = 0$$

برای محاسبه جمله سوم ابتدا باید  $Q_{ij}$  ها را مشخصه کرد.

$$Q_{ij} = \int_V (\gamma x'_i x'_j - \delta_{ij} r'^2) \rho(\vec{r}') dV' \quad \vec{r}' = x'_i \hat{i} + x'_j \hat{j} + x'_k \hat{k}, \quad x'_i = x'_i = 0$$

$$Q_{11} = \int_V (\gamma x'^2_1 - r'^2) \rho(\vec{r}') dV' = \int_V (\gamma x'^2_1 - x'^2_1 - x'^2_2 - x'^2_3) \rho(\vec{r}') dV'$$

$$\Rightarrow Q_{11} = \int_V (\gamma x'^2_1 - x'^2_1 - x'^2_2 - x'^2_3) \rho(\vec{r}') dV'$$

$$= \int_V \gamma x'^2_1 \rho(\vec{r}') dV' - \int_V x'^2_1 \rho(\vec{r}') dV' - \int_V x'^2_2 \rho(\vec{r}') dV'$$

$$Q_{11} = -\gamma a^2 q$$

$$Q_{22} = \int_V (\gamma x'^2_2 - x'^2_1 - x'^2_2 - x'^2_3) \rho(\vec{r}') dV' = 0, \quad Q_{33} = 0, \quad Q_{12} = 0$$

$$Q_{21} = \int_V (\gamma x'_1 x'_2 - x'^2_1 - x'^2_2 - x'^2_3) \rho(\vec{r}') dV' = \int_V \gamma x'_1 x'_2 \rho(\vec{r}') dV' - \int_V x'^2_1 \rho(\vec{r}') dV' - \int_V x'^2_2 \rho(\vec{r}') dV' - \int_V x'^2_3 \rho(\vec{r}') dV'$$

$$Q_{12} = \gamma a^2 q, \quad Q_{21} = 0, \quad Q_{13} = 0, \quad Q_{31} = 0$$

$$Q_{33} = \int_V (\gamma x'^2_3 - x'^2_1 - x'^2_2 - x'^2_3) \rho(\vec{r}') dV' = \int_V \gamma x'^2_3 \rho(\vec{r}') dV' - \int_V x'^2_1 \rho(\vec{r}') dV' - \int_V x'^2_2 \rho(\vec{r}') dV' - \int_V x'^2_3 \rho(\vec{r}') dV'$$

$$\Rightarrow Q_{33} = -\gamma a^2 q$$

بنابراین تانسور چهار قطبی به صورت زیر است

$$Q_{ij} = \begin{bmatrix} -\gamma a^2 q & 0 & 0 \\ 0 & \gamma a^2 q & 0 \\ 0 & 0 & -\gamma a^2 q \end{bmatrix} = \gamma a^2 q \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

بنابراین جمله سوم در رابطه (۲) به صورت زیر است

$$\begin{aligned} & \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{1}{|\vec{r}|^3} \int_V (\gamma x_i' x_j' - \delta_{ij} r'^2) \rho(r') dV' \\ &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{1}{|\vec{r}|^3} Q_{ij} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{1}{|\vec{r}|^3} x_i x_j (-\gamma a^i q + \gamma a^j q - \gamma a^i q) \\ &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{1}{|\vec{r}|^3} x_i x_j (-\gamma a^i q) \\ &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{1}{r} \times \frac{(-\gamma a^i q)}{|\vec{r}|^3} (x_1^2 + x_1 x_2 + x_1 x_3 + x_2 x_1 + x_2^2 + x_2 x_3 + x_3 x_1 + x_3 x_2 + x_3^2) \\ & \quad x_1 = x_2 = 0 \\ & \Rightarrow \Phi(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{1}{r} \times \frac{(-\gamma a^i q)}{|\vec{r}|^3} (a^i r) = \frac{a^i q}{4\pi\epsilon_0 r} \end{aligned}$$

**نتیجه گیری:** هم از روش مستقیم و هم با بسط تابع پتانسیل نتایج یکسانی برای پتانسیل به دست می آید. بنابراین استفاده از بسط تابع پتانسیل روش قدرتمندی برای محاسبه پتانسیل الکتریکی در نقاط مختلف فضا است و برای محاسبه پتانسیل های مشکل می توان به راحتی از این روش استفاده کرد. وقتی پتانسیل الکتریکی یک توزیع بار به دست آمد می توان با مشتق گیری از آن میدان الکتریکی در هر نقطه در اطراف آن توزیع بار را به دست آورد.



**منابع**

- ۱- آسانی نظریه الکترومغناطیس، ارتسن جانر، مبلفورد، فروریج، ج، کریستین، رابرت و ترجمه دکتر جواد صمیمی و دیگران، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۶۹.
- ۲- نظریه الکترومغناطیس، ادمیستر رلوف، ترجمه محمد رضا محمدی فر، مؤسسه انتشارات امیرکبیر ۱۳۶۳.
- ۳- فیزیک پایه، هالیدی، دیوید، رزنیگ رابرت، ترجمه خداداد القایی و دیگران جلد سوم مؤسسه انتشارات امیرکبیر ۱۳۶۴.
- ۴- جزوه الکترومغناطیس نوشته هایک قولتوقچیان ۱۳۶۵
- ۵- الکترومغناطیس دانشگاهی، هیت. ویلیام ترجمه حمیدلعل خو، انتشارات علم و صنعت ۱۳۷۰
- ۶- فیزیک عمومی، آلونسو، مارچلو، فین. ادوارد جی ترجمه لطیف کاشیکر چاپ رودکی ۱۳۶۴.
- ۷-

# تجربه های آموزشی

اصغر نوروزیان

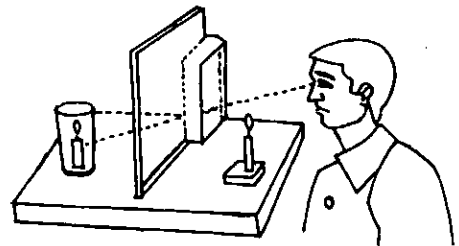
## قسمت ششم: نور

مرد خردمند هنرپیشه را  
عمر دو بابست در این روزگار  
تا به یکی تجربه اندوختن  
در دگر تجربه بردن بگار



..... آزمایش ۱

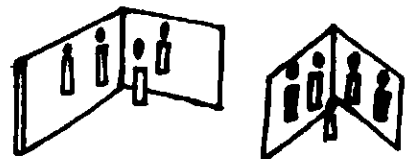
شیشه قاب عکس را تمیز و پاک کنید و آن را به وسیله کتاب قطوری به طور قائم روی میز قرار دهید. شمعی را روشن کنید و لیوانی را پر از آب نمایید و آنها را مطابق شکل (۱) در دو طرف صفحه شیشه ای قرار دهید. به نظر می آید که شمع در داخل آب روشن است. حال لیوان را بردارید و دستتان را همانجا قرار دهید. می بینید شمع داخل دست شما می سوزد. حال به جای دستتان یک شمع خاموش به اندازه شمع روشن قرار دهید، شمع دوم نیز روشن به نظر می آید. با اندازه گیری فاصله شمع های روشن و خاموش از صفحه شیشه ای معلوم می شود که با هم برابرند و نتیجه می گیریم که «در آئینه های تخت تصویر یک جسم قرینه آن نسبت به آئینه است.»



شکل (۱)

..... آزمایش ۲

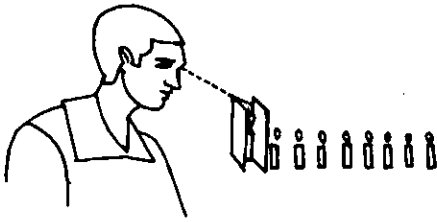
شمعی را روشن کنید و در مقابل دو آئینه تخت عمود بر هم قرار دهید سه تصویر را ملاحظه می کنید. بعد زاویه دو آئینه را به جای ۹۰ درجه ۶۰ درجه کنید پنج تصویر خواهید دید. بعد زاویه آنها را به تدریج کم کنید تعداد تصاویر زیادتر می شود و اگر زاویه آنها را



به صفر برسانید یعنی موازی هم قرار دهید، بی نهایت تصویر خواهید دید (شکل ۲).  
اگر زاویه دو آئینه  $\alpha$  درجه باشد تعداد تصاویر،  $n$  از رابطه زیر به دست می آید:

$$n = \frac{360}{\alpha} - 1$$

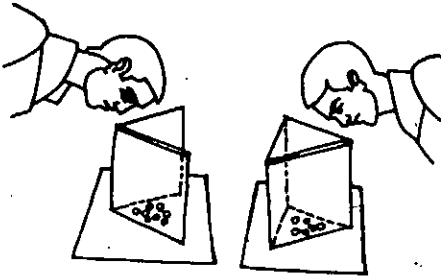
درباره این رابطه تحقیق کنید.



(شکل ۲)

### آزمایش ۳

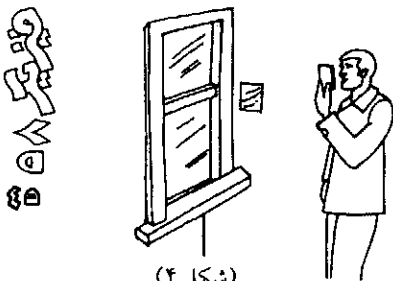
دو آئینه تخت را با زاویه  $60^\circ$  درجه عمود بر یک صفحه کاغذ سفید قرار دهید و در بین آنها روی کاغذ سفید چند گلبرگ رنگارنگ بگذارید و از بالا به آنها نگاه کنید طرح قشنگی را خواهید دید (شکل ۳). اگر آئینه تخت سوم را نیز با زاویه  $60^\circ$  درجه با هر یک از دو آئینه به همان ترتیب قرار دهید. طرح بسیار جالبی را خواهید دید. این دستگاه را کاله ایدوسکوپ kaleidoscope می نامند. می توانید به جای گلبرگ از قطعات کوچک کاغذ یا نخهای رنگارنگ استفاده کنید.



(شکل ۳)

### آزمایش ۴

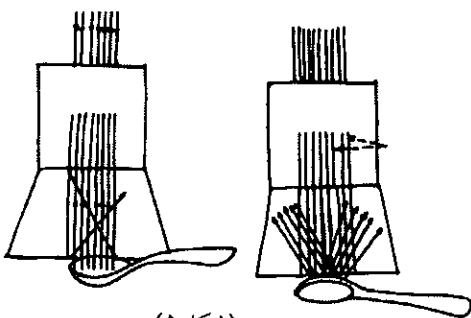
یک آئینه مقعر مانند آئینه صورت تراشی را به طرف پنجره بگیرید. روی دیوار، کنار پنجره، یک ورق کاغذ سفید بچسبانید. با جلو و عقب بردن آئینه، تصویر معکوس و رنگین بسیار زیبایی از پنجره و منظره بیرونی را خواهید دید. (شکل ۴).



(شکل ۴)

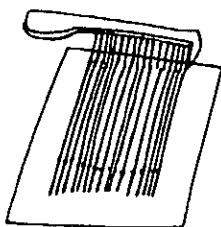
### آزمایش ۵

یک ورق مقوای سفید را از وسط به اندازه  $90^\circ$  درجه تا کنید و در یک قسمت آن مطابق شکل (۵) چهار شکاف باریک موازی یکدیگر ایجاد کنید و آنها را مقابل نور خورشید بگیرید. یک قاشق غذاخوری فلزی صیقلی تمیز را از دو طرف به ترتیب مقابل پرتوهای نوری که از شکافها خارج شده اند بگیرید. اگر پرتوها به قسمت داخلی قاشق (آئینه گود یا مقعر) برخورد کند، پس از جمع شدن در یک نقطه (کانون) دوباره از هم دور می شوند. اگر پرتوها به قسمت خارجی قاشق (آئینه گوژ یا محدب) برخورد از هم دور می شوند.



(شکل ۵)

یک بار تصویر خود را در قسمت داخلی قاشق ببینید، معکوس و کوچک خواهد بود. یک بار هم از قسمت خارجی قاشق استفاده کنید، تصویر را مستقیم و بزرگ خواهید دید. می توانید به جای صفحه مقوای ایجاد شکافها در آن، از یک شانه و صفحه کاغذ یا مقوای سفید مطابق شکل (۶) استفاده کنید.

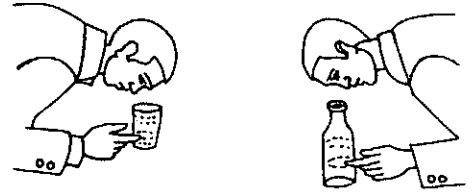


(شکل ۶)

### آزمایش ۶

از بالا به یک لیوان یا بطری دهان گشاد پر از آب نگاه کنید. انگشت خود را روی

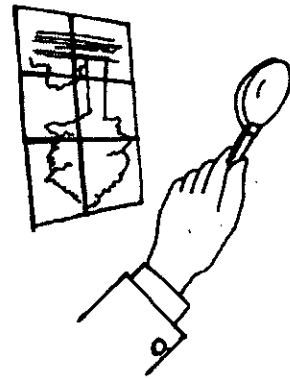
لیوان یا بطری، جایی بگذارید که ظاهر آن طرف در آنجا به نظر می آید. خواهید دید که عمق ظاهری یا ارتفاعی ظاهری آب تقریباً  $\frac{3}{4}$  عمق واقعی به نظر می آید (شکل ۷). شما با این آزمایش ساده می توانید با استفاده از رابطه زیر، ضریب شکست مایع شفاف داخل ظرف (آب) را به دست آورید:



(شکل ۷)

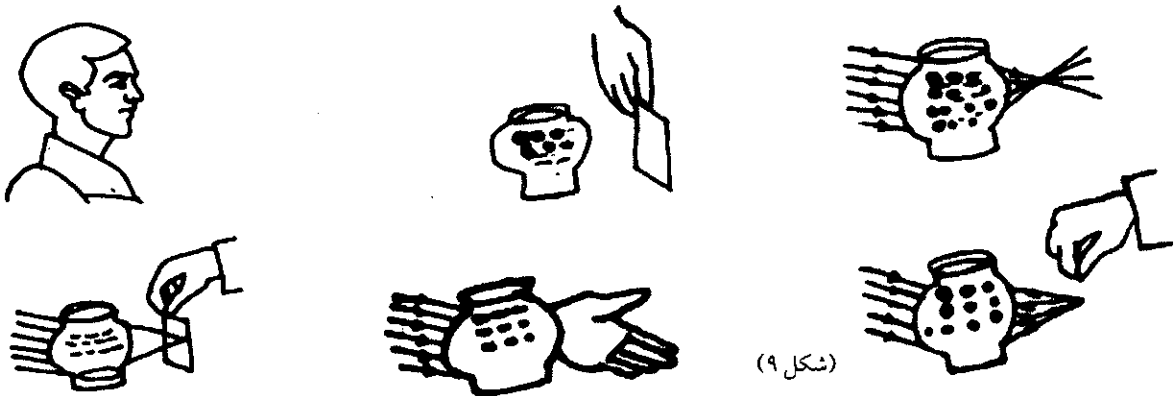
$$\text{عمق حقیقی} = \frac{\text{ضریب شکست جسم شفاف}}{\text{عمق ظاهری}}$$

آزمایش ۷ .....  
 ذره بینی را به فاصله ۳۰ سانتیمتر از دیوار مقابل پنجره در اتاقی بگیرید و بعد به تدریج آن را به طرف دیوار نزدیک کنید. تصویر معکوس روشنی از پنجره و درختان و چیزهای بیرون بارنگ طبیعی روی دیوار تشکیل می شود. (شکل ۸). فاصله ذره بین از دیوار تقریباً معادل فاصله کانونی ذره بین می باشد. این آزمایش را با یک عینک طبی تکرار کنید. هم چنین می توانید از نور خورشید استفاده کنید و تصویر خورشید را روی یک صفحه کاغذ به دست بیاورید، کانون عدسی بانور و گرمای زیاد تشکیل می شود. حتی ممکن است کاغذ را بسوزاند.



(شکل ۸)

آزمایش ۸ .....  
 یک کره شیشه ای (تنگ ماهی) را از آب صاف پر کنید: یکی از دوستان شما در آفتاب که صورت او را به شدت روشن می کند جلوه کره شیشه ای که در سایه است بایستد، فاصله آن دو در حدود یک متر است. بعد یک ورق کاغذ سفید را در آن طرف کره شیشه ای جلو و عقب ببرید تا تصویر معکوس دوستان را ببینید (شکل ۹).  
 اگر کره شیشه ای را در مقابل نور خورشید قرار دهید و به طرف دیگر آن دود یا غبار وارد کنید، محل کانون دیده می شود. اگر کاغذ نازک یا کف دست تان را در آنجا قرار دهید به شدت گرم می شود و اگر کبریتی را در آنجا بگیرید آتش می گیرد.



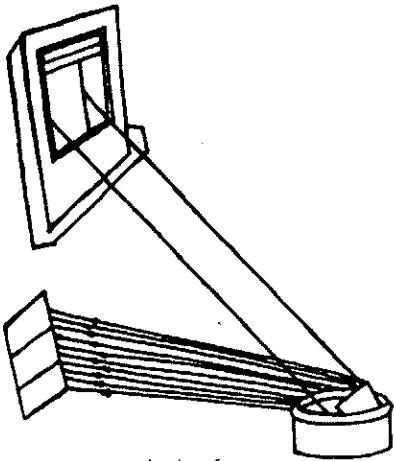
(شکل ۹)



### آزمایش ۹

برای تجزیه نور خورشید و تشکیل طیف آن، اگر منشور بلوری نداشته باشید به روش زیر می توانید عمل کنید:

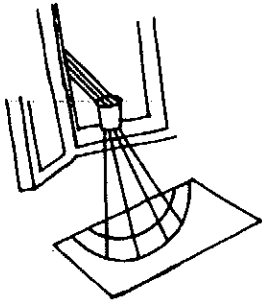
آئینه تختی را به طور مایل در ظرف نسبتاً عمیق پر از آب قرار دهید و نور خورشید را بر آب و آئینه مطابق شکل (۱۰) بتابانید. روی دیوار طیفی را خواهید دید که به ترتیب از رنگهای قرمز، نارنجی، زرد، سبز، آبی، نیلی و بنفش تشکیل شده است. شما می توانید با جابجا کردن آئینه، جای طیف را تغییر دهید. اگر آب را با انگشت به هم بزنید دوباره رنگها با هم ترکیب می شوند و نور سفید دیده می شود و اگر دو مرتبه آب شود باز هم طیف را خواهید دید.



شکل (۱۰)

### آزمایش ۱۰

لیوان پر از آب را روی لبه پنجره ای بگذارید که نور خورشید از آن وارد اتاق می شود. یک ورق کاغذ سفید را در کف اتاق در مقابل پنجره بگذارید، رنگین کمان بسیار قشنگی را خواهید دید (شکل ۱۱).



شکل (۱۱)

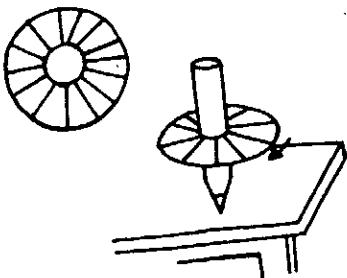
### آزمایش ۱۱

در یک صبح کمی بعد از طلوع آفتاب یا کمی قبل از غروب آن، پشت به آفتاب بایستید و شیر آب را باز کنید و انتهای شیلنگ آبیاری را کمی فشار دهید تا آب به صورت پودر به مجموعه درختان که محیط را کمی تیره کرده اند پاشد (می توانید از آبپاش باغبانی برای پاشیدن آب استفاده کنید).

یک رنگین کمان زیبایی مقابل شما تشکیل می شود. علت آن، این است که نور خورشید در موقع ورود به قطرات بسیار ریز آب و شکسته شدن تجزیه می شود و در داخل قطره پس از بازتابش کلی دو مرتبه به طرف شما می تابد. البته پرتوهایی که به چشم شما می رسد تحت زاویه مشخصی است که از قطرات مختلف می آیند و این پرتوها که تحت این زاویه می تابند در امتداد مخروطی هستند که به شکل کمانی به نظر می رسند.

### آزمایش ۱۲

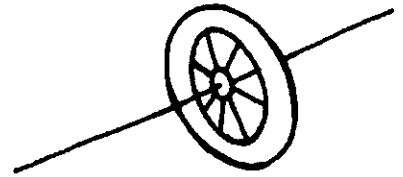
قرصی از مقوای سفید ضخیم ببرید و سطح آن را با رسم هفت یا چهارده قطعه با رنگهای مختلف رنگین کمان به ترتیب قرمز، نارنجی، زرد، سبز، آبی، نیلی و بنفش (یک یا دو بار) بزنید و مداد کوتاهی را از وسط آن بگذرانید و با انگشتان آن را روی میز بچرخانید. قرص مقوایی تقریباً سفید به نظر می آید. یعنی نورهای هفتگانه دو مرتبه با هم ترکیب می شوند و نور سفید تولید می کنند.



شکل (۱۲)

..... آزمایش ۱۳

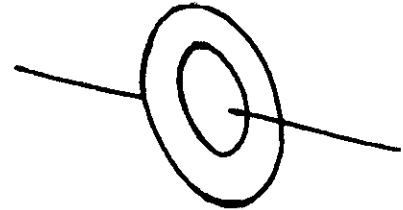
قرصی را که در آزمایش قبل شرح دادیم می‌توانید به این ترتیب بچرخانید که نخ‌ی را از دو سوراخ وسطی آن بگذارید و دو سر نخ را گره بزنید و بعد با دو دست آن را بچرخانید. تا نخ تاب بردارد و بعد بکشید تا بچرخد (شکل ۱۳).



(شکل ۱۳)

..... آزمایش ۱۴

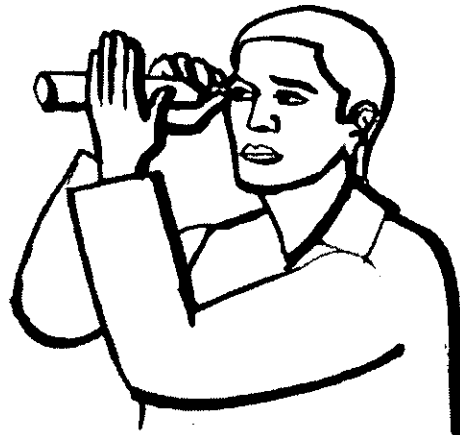
در دو طرف یک قرص مقوای ضخیم دو رنگ مکمل یکدیگر مانند رنگ زرد و رنگ آبی بزنید و به وسیله دو رشته نخ با انگشتان بچرخانید و در نتیجه قرص سفید به نظر می‌آید (شکل ۱۴) دو نور زرد و آبی را نورهای مکمل می‌نامند. می‌توانید این آزمایش را با دو رنگ قرمز و سبز تکرار کنید و رنگ زرد به دست آورید.



(شکل ۱۴)

..... آزمایش ۱۵

یک صفحه کاغذ را به شکل لوله در آورید و آن را با یک دست مقابل چشمتان بگیرید و به دست دیگر تان بچسبانید و بعد با یک چشم داخل لوله و با چشم دیگر دست چسبیده به لوله را نگاه کنید، به نظر خواهد آمد که از داخل لوله نگاه می‌کنید (شکل ۱۵).  
وقتی شما به یک چیز نگاه می‌کنید، هر دو چشم تصویرهای آن جسم را در روی شبکیه متمرکز می‌کنند و از آنجا به وسیله اعصاب چشم به مغز منتقل می‌شود و مغز شما دو تصویر را با هم ترکیب می‌کند و یک تصویر به دست می‌آید، و به این ترتیب مغز شما تصویر دست شما و تصویر سوراخ را با هم ترکیب می‌کند و به نظر می‌آید که در داخل سوراخ دستتان را می‌بینید.



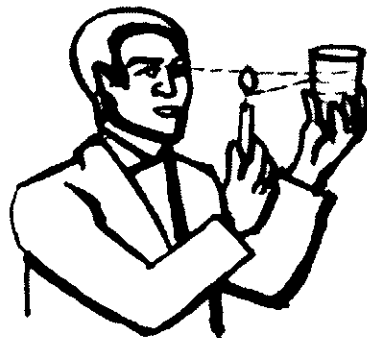
(شکل ۱۵)



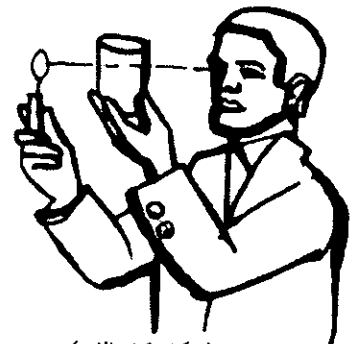
..... آزمایش ۱۶

یکی دو قطره شیر را در یک لیوان پر از آب بریزید و بهم بزنید. اتاق را تاریک کنید و لیوان را با یک شمع که در پشت آن نگاه داشته‌اید روشن کنید، آب محتوی شیر لیوان کمی قرمز رنگ دیده می‌شود (شکل ۱۶- الف)

حال شمع روشن را در جلوی همین لیوان بگیرید. آب محتوی شیر لیوان آبی کم‌رنگ به نظر می‌آید



(شکل ۱۶- ب)



(شکل ۱۶- الف)

(شکل ۱۶-ب). این آزمایش ها را به جای آب محتوی شیر، با آب صابون غلیظ تکرار کنید و همان نتایج را خواهید گرفت.

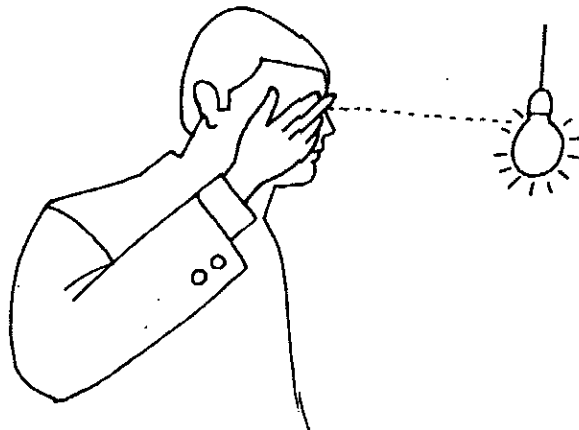
**چرا آسمان موقع طلوع و غروب آفتاب قرمز رنگ است؟** ○○○○○○○○○○  
در این آزمایش (شکل ۱۶-الف) وقتی نور شمع از آب محتوی شیر می گذرد، ذرات شیر مقداری از امواج آبی رنگ را بازمی تاباند و در نتیجه از نورهای باقیمانده به طور عمده نور قرمز به چشم می رسد. در شکل (۱۶-ب) نور شمع بر آب محتوی شیر می تابد و مقداری از موج آبی رنگ به وسیله ذرات شیر بازمی تابد و به چشم شما می رسد، در نتیجه آبی رنگ دیده می شود.

در مواقع طلوع و غروب خورشید، ابرها قرمز رنگ دیده می شوند. زیرا که نور خورشید که به چشم شما می رسد قبلاً از لایه ضخیم جو مجاور زمین به طور تقریباً افقی می گذرد و امواج آبی رنگ به وسیله گرد و غبار و ذرات معلق آب در هوا، بازمی تابند و به طرف بیرون جو برمی گردند و نوری که به چشم شما می رسد قسمت انتهایی قرمز طیف نور خورشید است.

در سایر مواقع که آسمان آبی است به این جهت است که موج آبی رنگ نور سفید به وسیله گرد و غبار و ذرات معلق در جو به طرف پائین بازمی تابد و به چشم شما می رسد. اگر در جو گرد و غبار و ذرات آب نبود آسمان سیاه به نظر می آمد، زیرا هیچ نوری نمی توانست بازتابد و به چشم شما برسد.

### آزمایش ۱۷ ○○○○○○○○○○○○

دو مداد را به هم بچسبانید و آنها را مقابل منبع نور بگیرید. از محل تماس مدادها، نورهای خارج می شوند. در اثر برخورد آنها به کنارهای شکاف باهم تداخل می کنند و نوارهای تداخلی به خوبی دیده می شوند. اگر از نور چراغهای التهابی یا خورشید استفاده کنید این نورها رنگین خواهد بود.



ممکن است به جای دو مداد، دو انگشت سیاه و میانی را به هم بچسبانید و به منبع نور نگاه کنید (شکل ۱۷) و نوارهای تداخلی را از شکاف بین دو انگشت تماشا کنید. آزمایش را با چراغ های مختلف، مخصوصاً مهتابی تکرار کنید و اختلاف آنها را ببینید.

(شکل ۱۷)

# فیریک فوتبال

تاکتشی آسایی،  
ناکراکاتوسکا و استیوهاکه  
مترجم: صمد غلامی

بیل شانکلی مدیر سابق باشگاه لیورپول گفته است که: «فوتبال مرگ و زندگی نیست، بلکه از مرگ و زندگی بسیار مهم تر است. در جام جهانی فوتبال فرانسه، میلیون ها هوادار فوتبال در مدت چند هفته همین حال و هوا را داشتند. وقتی این رویداد تمام شد، تنها چیزی که در آن باقی ماند، چندین بار تکرار مسابقات در تلویزیون بود و شرح و تفسیر اینکه اگر چنین و چنان شده بود، این نتایج فرق می کرد و گزارشگران از اگر و اگر استفاده می کردند. همین جنبه فوتبال است که طرفدارانش به آن عشق می ورزند و مخالفان از آن نفرت دارند: چه می شد اگر پناالستی گل شده بود؟ چه می شد اگر آن بازیکن اخراج نمی شد؟ چه می شد اگر ضربه آزاد به دیرک دروازه نمی خورد و گل می شد؟ بسیاری از علاقه مندان فوتبال ضربه آزاد روبرتو کارلوس برزیلی را در تور نمونت فرانسه در تابستان ۹۷ به یاد دارند. توپ حدود ۳۰ متر با دروازه تیم حریف فاصله داشت و کمی متمایل به راست بود. کارلوس طوری به سمت راست ضربه زد که در ابتدا آژ دیواره دفاعی حریف با فاصله حداقل (یک متر رد شد و بازیکنی که برای دفاع ایستاده بود، بلند شد تا با سر به توپ ضربه بزند و آن را دفع کند. اما به طور معجزه آسایی توپ ناگهان به سمت چپ متمایل شد و در میان بهت و حیرت بازیکنان، دروازه بان و خبرنگاران و دوربین های تلویزیونی در قسمت بالای سمت راست دروازه قرار گرفت. ظاهراً کارلوس بارها این کار را در هنگام تمرین تکرار کرده بود. او می دانست که چگونه توپ را در مسیر منحنی به حرکت درآورد و چگونه و با چه سرعت خاص به آن ضربه بزنند. اما، احتمالاً او اصلاً راجع به قوانین فیزیکی درگیر در این مورد چیزی نمی داند.

## آثر و دینامیک توپ های ورزشی:

اولین توجیه و انحراف عرضی مسیر یک شلی چرخان را لردریلی به کار گوستاو ماگنوس فیزیکدان آلمانی در سال ۱۸۵۲ داد. ماگنوس سعی بر این داشت که تعیین کند،

چرا گلوله ها و اجسام مدور چرخان به یک سمت متمایل می شوند، اما توضیحات او در مورد توپ ها نیز به کار می رود. در واقع ساز و کار اساسی توپ هایی که در فوتبال در مسیر خمیده به حرکت در می آیند. همانند ساز و کار چرخش توپ در ورزشهای دیگر از قبیل بیس بال، گلف، کریکت و تنیس است.

فرض کنید توپی حول محور عمود بر جریان هوا در حال دوران است و هواری می شکافد. (شکل ۱ الف). هوا، هنگامی که لبه های توپ سرعت شان مساوی با سرعت هوا و در همان جهت حرکت هواست، نسبت به مرکز توپ تندتر حرکت می کند. این موضوع بر طبق اصل برنولی باعث کاهش فشار می شود. عکس این اثر در طرف دیگر توپ رخ می دهد، که سرعت هوا کمتر از سرعت هوا در مرکز توپ است. بنابراین، عدم توازن در نیروهایی که بر توپ وارد می شود به وجود می آید و توپ تغییر مسیر می دهد، یا به طوری که سر جی. جی. تاسون نیز در ۱۹۱۰ عنوان کرد حرکت «توپ دنبال دماغه اش می رود». این انحراف عرضی توپ را معمولاً «اثر ماگنوس» می نامند. نیروهای وارد بر توپ چرخان که در هوا حرکت می کند، عمدتاً به دو دسته تقسیم می شوند: نیروی بالا برنده و نیروی کشش، نیروی بالا برنده، نیروی به سمت بالا یا نیروی به پهلوست که مسئول اثر ماگنوس است. نیروی کشش برخلاف جهت مسیر توپ اعمال می شود.

اجازه دهید نیروهای درگیر در یک ضربه آزاد را محاسبه کنیم. با فرض اینکه سرعت توپ بین ۲۵ تا ۳۰ متر بر ثانیه باشد. (حدود ۷۰ مایل بر ساعت) و در حدود ۸ الی ۱۰ دور در ثانیه بزند، نیروی بالا بر در حدود ۳/۵ نیوتون است. بر طبق مقررات جرم یک توپ فوتبال باید در حدود ۴۱۰ الی ۴۵۰ گرم باشد که به معنی آن است که توپ باید حدود ۸ متر بر مجذور ثانیه شتاب بگیرد و چون باید در مدت ۱ ثانیه مسیر ۳۰ متری را در هوا بپیماید، نیروی بالا بر باید بتواند توپ را در حدود ۴ متر از مسیر خطی و مستقیم خود منحرف کند.

همین کافی است تا دروازه بان را به زحمت بیندازد! نیروی کشش وارد بر یک توپ  $F_D$ ، با توان دوم سرعت

افزایش می یابد، فرض کنید که چگالی توپ P و مساحت سطح مقطع آن A، بدون تغییر باقی می ماند:

$$F_D = C_D P A V^2 / 2$$

اما، ظاهراً ضریب کشش  $C_D$  نیز به سرعت توپ بستگی دارد. برای مثال، اگر D ضریب کشش را بر حسب عدد رینولد که یک پارامتر بدون بُعد برابر  $PVD/\mu$  است،

شرح تصاویر:

۱- دوران، خمیدگی و تلاطم:

الف) نگاهی دقیق به توپ فوتبالی که حول یک محور عمود بر جریان هوایی دوران می کند که از روی آن عبور می کند. وقتی پیرامون توپ در جهت جریان هوا حرکت می کند (بالا سمت چپ) هوا سریعتر از مرکز توپ حرکت می کند. این موضوع طبق اصل برنولی باعث کاهش فشار می شود. فشار در طرف دیگر توپ، که در آنجا هوا آهسته تر از مرکز توپ حرکت می کند، افزایش می یابد (سمت راست پایین). بنابراین، یک عدم توازن نیروها پیش می آید و توپ در همان جهت دوران منحرف می شود، از پایین سمت راست به بالا سمت چپ. این نیروی بالابر را «نیروی ماگنوس» هم می نامند. که به نام فیزیکدان قرن نوزدهم آلمان ماگنوس نام گذاری شده است.

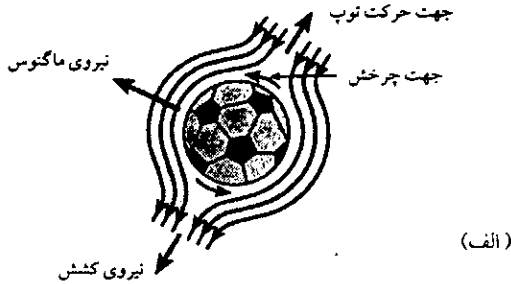
ب) ضریب کشش توپ بر حسب عدد رینولد، یک پارامتر بدون بُعد که هم سرعت و هم شعاع توپ را به حساب می آورد، رسم شده است. ضریب کشش وقتی جریان هوا در سطح کره از لایه ای به تلاطمی انتقال یابد، ناگهان فرو می افتد. محل این ناپیوستگی به ناهمواری سطح توپ بستگی دارد. توپ های فوتبال نسبتاً هموارند و باید به آنها محکم ضربه زد تا سرعت لازم برای حرکت در حالت تلاطمی را به دست آورند.

ج) هنگامی که جریان هوا در سطح توپ متلاطم است، لایه هوای مرزی به توپ می چسبد تا جریان هوا به طور کامل از روی توپ بگذارد. این مسئله باعث تأخیر در جدایی و کشش اندک می شود.

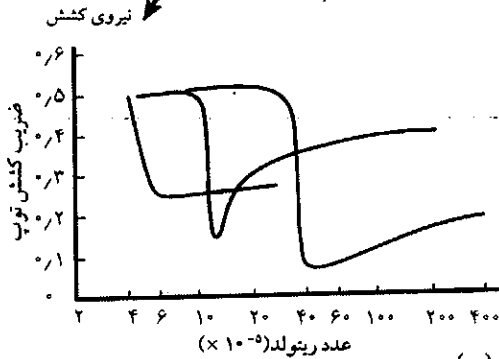
د) تغییر نیروی کشش بر حسب سرعت توپ. در سرعت های بالا نیروی کشش کم می شود که به معنی آن است که توپ به اندازه ای که انتظار داریم، کند نمی شود.

باقی می ماند. این مسئله باعث تأخیر در جدایی می شود و کشش هم کوچک می شود. (شکل ۱ ج)

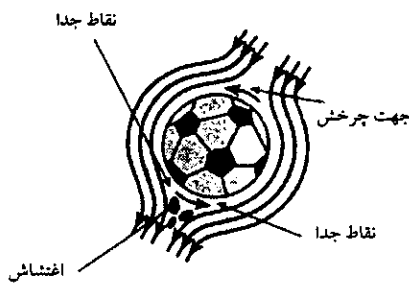
بنابراین عدد رینولد که در آن ضریب کشش فرو می افتد، به سطح توپ بستگی دارد. برای مثال، در توپ های گلف، که سطح آن ها بسیار دانه دانه و ناهموار است، ضریب کشش در عدد رینولد بسیار پایین ( $2 \times 10^4$ ) فرو می افتد. اما، یک



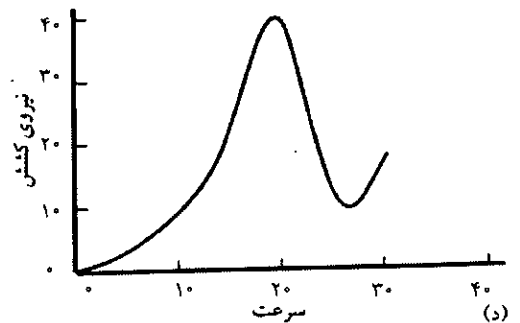
(الف)



(ب)



(ج)



(د)

(شکل ۱)

توپ فوتبال خیلی صاف تر از توپ گلف است و گذار بحرانی در عدد رینولد بسیار بالاتر ( $4 \times 10^5$ ) صورت می گیرد. نتیجه تمام این گفته ها این است که بر توپ فوتبال که آهسته حرکت می کند یک نیروی ترمزی و تأخیری زیاد وارد می آید. اما اگر شما بتوانید به توپ، آنقدر سریع ضربه بزنید که جریان هوای وارد بر آن تلاطمی شود، بر توپ نیروی ترمزی و تأخیری نسبتاً کمی وارد می شود. (شکل ۱-د). بنابراین یک فوتبال سریع برای دروازه بان که می خواهد دروازه را نجات دهد دو مشکل اساسی فراهم می کند،

رسم کنیم که D قطر توپ و  $\mu$  ضریب چسبندگی هواست، درمی یابیم که وقتی جریان هوا در سطح توپ از حالت هموار و لایه ای به حالت متلاطم تغییر می کند، ضریب کشش ناگهان فرو می افتد. (شکل ۱ ب)

وقتی جریان هوا لایه ای است و ضریب کشش بالاست، لایه مرزی هوا روی سطح توپ خیلی سریع جدا می شود و در همان ابتدا جریان هوا هنگامی که از سطح توپ می گذرد گرداب هایی به دنبالش ایجاد می کند. اما، هنگامی که جریان هوا متلاطم است، لایه مرزی هوا روی توپ بیشتر

نه تنها سرعت توپ زیاد است بلکه توپ هم آن اندازه که انتظار می رود کند نمی شود. شاید دروازه بانان خوب بیش از آنچه فکر می کنند، از فیزیک آگاهی دارند.

در سال ۱۹۷۶ پیتربیرهن و همکارانش از ایمریال کالج لندن یک سری آزمایش های کلاسیک روی توپ های گلف انجام دادند. آنها دریافتند که اگر چرخش توپ زیاد شود، ضریب صعود آن نیز زیاد می شود و در نتیجه اثر ماگنوس هم بزرگ تر می شود. اما، افزایش سرعت در یک چرخش معین ضریب بالابر را کم می کند. پس نتیجه می گیریم بر توپ فوتبالی که آهسته و با چرخش زیاد حرکت می کند نیروی جانبی بزرگتری از توپی که سریع با همان چرخش حرکت می کند وارد می شود. بنابراین هنگامی که توپ در آخر مسیرش کند می شود، خمیدگی آن بارزتر می شود.

### نگاهی دوباره به روبرتو کارلوس

این بحث ها چگونه ضربه آزاد روبرتو کارلوس را توجیه می کند؟ اگر چه نمی توانیم کاملاً مطمئن باشیم، اما آنچه که در زیر می آید می تواند توجیه قابل قبولی باشد.

کارلوس با بخش بیرونی پای چپش به توپ ضربه زد تا آن را در خلاف جهت پاد ساعتگرد به دوران در آورد در حالی که به آن نگاه می کرد. شرایط بسیار دشوار بود، بنابراین مقدار چرخشی که او به توپ داده بسیار بالا بود. شاید بیش از ۱۰ دور در ثانیه. ضربه زدن با قسمت بیرونی پا به او امکان داد که به توپ محکم ضربه بزند. شاید با سرعتی بیش از ۳۰ متر بر ثانیه. جریان هوا بر سطح توپ متلاطم بود که به توپ مقدار ککش کمی می داد. پس از طی مسافتی در حدود ۱۰ متر (یاد در حدود دیواره دفاعی) سرعت توپ به حدی کم شد که وارد رژیم لایه ای شد. این موضوع نیروی ککش بر توپ را افزایش داد، که باعث حرکت کندتر آن شد. و همین امر سبب شد که نیروی جانبی ماگنوس، که توپ را به طرف دروازه خم کرده بود، بیش از پیش مؤثر شود. با فرض اینکه مقدار چرخش نیز خیلی کم نشده بود ضریب ککش افزایش یافت و این نیروی جانبی بیشتری را اعمال کرد و سبب شد که توپ بیشتر خم شود. سرانجام، با کند شدن توپ، خمیدگی بیشتر شد (احتمالاً به علت افزایش ضریب بالابر) تا به پشت تور برخورد و در نهایت خوشحالی فیزیکدانان حاضر در جمعیت گل شد.

### تحقیقات جاری درباره حرکت توپ فوتبال:

تحقیقات در مورد فوتبال بسیار فراتر از مطالعه حرکت توپ

در هواست. محققان علاقه مند هستند بدانند که چگونه بازیکنان به توپ ضربه می زنند. برای مثال استانی بلاکن هوف از دانشگاه ماساچوست آمریکا سینماتیک ضربه زدن را مطالعه کرده است. به عبارت دیگر نیروهای موجود را نادیده گرفته است. محققان دیگر، چون الیزابت رابرتز و همکارانش در دانشگاه ویسکانسین، آنالیزهای ضربه زدن را تحلیل دینامیکی کرده اند و همه نیروهای مؤثر دخیل را در نظر گرفته اند.

این رهیافت های تجربی به نتایج عالی انجامیده اند، اگر چه هنوز چالش های بسیاری وجود دارد. یکی از مهم ترین مسائل، دشواری اندازه گیری حرکات فیزیکی انسان هاست زیرا اغلب حرکات آنان غیر قابل پیش بینی هستند. اما، پیشرفت های اخیر در تحلیل حرکت به کمک کامپیوتر، توجه زیادی را در زمینه علوم ورزشی به خود معطوف کرده است و با کمک روش های علمی جدید هم اکنون می توان اندازه گیری های قابل اعتماد و صحیحی از حرکات انسان ارائه کرد.

برای مثال، دو تن از مؤلفان و یک تیم تحقیقاتی در دانشگاه یاماگاتا ژاپن یک رهیافت علمی با استفاده از کامپیوتر ارائه کرده اند که همراه با روش های دینامیکی متداول چگونه ضربه زدن بازیکنان به توپ را شبیه سازی می کنند. این شبیه سازی ها به خلق بازیکنان «مجازی» فوتبال آمریکایی در انواع مختلف، از مبتدیان و بچه های جوان تا حرفه ای ها را در فضای مجازی کامپیوتر امکان پذیر ساخته است. سازندگان لوازم ورزشی، از قبیل ASICS که حامی مالی طرح یاماگاتا هستند هم به این موضوع علاقه مند هستند. آنها امیدوارند با به کار بردن این نتایج، وسایل ورزشی ایمن تر و با عملکرد بهتری عرضه کنند که به لحاظ تولید و از نظر اقتصادی از وسایل حاضر مقرون به صرفه تر باشند.

حرکات بازیکنان به کمک ویدئویی سریع در حدود ۴۵۰۰ فریم در ثانیه دنبال شد و تأثیر پا بر روی توپ با تحلیل اجزاء محدود مطالعه شد. آزمایش های اولیه چیزهایی را ثابت کرد که بیشتر بازیکنان می دانند، مثل اینکه اگر شما به طور مستقیم با قسمت جلوی پا به توپ ضربه بزنید، به طوری که محل برخورد پا با توپ باگراینگاه توپ در یک خط باشد، توپ در خط مستقیم به پیش می رود. اما اگر با جلو پایتان به توپ ضربه بزنید و زاویه بین ساق و کف پایتان ۹۰ درجه باشد (شکل ۲) توپ در حال حرکت خم می شود. در این حالت، تماس خارج از مرکز است و سبب می شود که نیروهای وارد به عنوان گشتاور نیرو عمل کنند، و در نتیجه توپ به دوران در آید.

یاماگاتا را با بیومکانیک، فیزیولوژی، علم مواد، برای طرح انواع جدیدی از کفشها با هم ترکیب کرده است. سرانجام، این بازیکنان هستند که تفاوت را به وجود می آورند و بدون مهارت فناوری بی فایده است.

### سوت پایان:

بنابراین، چه چیزی از روبرتو کارلوس می آموزیم؟ اگر به قدری به توپ محکم ضربه بزنید که جویان هوا در سطح آن متلاطم شود، نیروی کشش کوچک می ماند و توپ واقعاً به پرواز درمی آید. اگر می خواهید مسیر توپ خم شود

تا جایی که می توانید با ضربه زدن به آن در

خارج از مرکز آن را به دوران در آورید. این کار در روزهای خشک آسان تر از روزهای مرطوب و بارانی است اما باز هم می توان آن را انجام داد. (چه بارانی باشد چه غیر بارانی).

مسیر توپ بیشترین خمیدگی را در صورتی به دست می آورد که در رژیم جریان لایه ای کند شود، بنابراین شما نیاز به تمرین بیشتری دارید تا مطمئن شوید این کار را می توانید به درستی انجام دهید. برای مثال، هنگامی که توپ از دیواره دفاعی عبور می کند اگر هوا مرطوب و بارانی باشد شما می توانید توپ را به دوران در آورید. اما توپ اگر خشک کنید بهتر است.

(هم چنین کفش ورزشی خودتان را)

در حدود ۹۰ سال قبل، جی. جی. تامسون در انستیتوی سلطنتی در لندن یک سخنرانی راجع به دینامیک توپ گلف به صورت زیر ایراد کرد. او گفت «اگر می توانستیم توضیحات راجع به رفتار توپ را از زبان نویسندگان بسیاری که مقاله های زیادی در این زمینه نوشته اند، قبول کنیم، مجبور بودم که امروز عصر در مقابل شما دینامیک جدیدی را ارائه و اعلام کنم که مواد هنگامی که به صورت توپ های گلف در می آیند از قوانین پیروی می کنند که با قوانین حرکت آنها در شرایط دیگر کاملاً متفاوت است.»

در فوتبال حداقل ما می توانیم اطمینان داشته باشیم که اوضاع پیشرفت کرده است.

نتایج تجربی همچنین نشان دادند که چرخشی که توپ پیدا می کند کاملاً به ضریب اصطکاک پا و توپ و نیز به تنظیم فاصله پا از گرانیگاه توپ بستگی دارد. یک مدل اجزاء محدود از تأثیر پا بر توپ، با نرم افزار DyTRAN و PATRAN از کمپانی مک نیل شوندر، به کار گرفته شد تا ترتیب وقایع در این مورد را به صورت عددی تحلیل کند. این مطالعه نشان داد که افزایش ضریب اصطکاک بین توپ و پا باعث می شود سریع تر بچرخد. اگر فاصله پشت پا از گرانیگاه افزایش یابد نیز دوران سریع تر می شود. در این بررسی و اثر جالب توجه دیگر هم مشاهده گردید. اول اینکه اگر فاصله offset پا افزایش می یافت، تماس پا با توپ کوتاه تر شد و بر منطقه کوچک تری از توپ ضربه وارد می شد که باعث می شد هم چرخش و هم سرعت توپ کاهش یابد. پس، محل بهینه ای برای ضربه زدن به توپ وجود دارد که بیشترین دوران را به وجود می آورد. اگر به توپ به گونه ای ضربه بزنید که خیلی نزدیک یا خیلی دوزخ از گرانیگاه باشد، توپ به دوران در نخواهد آمد.

اثر جالب دیگر آن بود که حتی اگر ضریب اصطکاک صفر باشد، باز هم توپ به دوران در می آید. اگر شما با فاصله ای از گرانیگاه به آن ضربه بزنید، گرچه در این حالت نیروی پیرامونی موازی محیط دایره وجود ندارد. (چون ضریب اصطکاک صفر است)، ولی با وجود این، توپ به طرف مرکز تغییر شکل می دهد که باعث می شود بعضی نیروها به اطراف گرانیگاه وارد شوند. بنابراین، ممکن است توپ فوتبال را در یک روز بارانی به دوران در آورد. اگرچه در حالتی که هوا خشک باشد دوران توپ خیلی بیشتر خواهد بود.

البته این تحلیل محدودیت هایی نیز دارد. در این تحقیق هوای خارج توپ نادیده گرفته شده است، فرض شده است که هوای درون توپ طبق یک مدل شماره چسبیده متراکم عمل می کند. در شرایط ایده آل هوای خارج و داخل توپ را باید در نظر گرفت و چسبندگی باید با استفاده از معادله های ناویه-استوکس مدل سازی شود. همین طور فرض بر این بود که پا همگن است در حالی که واضح است که یک پای واقعی بسیار پیچیده تر از این خواهد بود. اگرچه غیر ممکن است که بتوان مدل کاملی را به وجود آورد که تمام این عوامل را در برداشته باشد، ولی این جنبه های مهم را در نظر می گیرد.

بانگاهی به آینده محققان ژاپنی می خواهند که اثر انواع مختلف کفش ها را بر ضربه وارد بر توپ بررسی کنند. در عین حال، ASICS شبیه سازی های اجزاء-محدود دانشگاه



(شکل ۲)

محققان در دانشگاه یاماگاتا ژاپن با استفاده از تحلیل اجزاء محدود ضربه زدن به توپ را شبیه سازی کرده اند این تصویر نشان دهنده تغییر شکل توپ و پا است. که طبق بندی رنگ ها را از کم رنگ ترین تا پررنگ ترین آنها نشان می دهد. این مطالعات آنچه را که اکثر بازیکنان فوتبال می دانند، تأیید می کند. اگر شما بانوک پا و با فاصله مرکز به توپ ضربه بزنید، در حالی که میج پای شما حالت L مانند پیدا کرده است، مسیر توپ در حال پرواز خمیده می شود. این باعث می شود که نیروی اعمال شده مانند یک گشتاور عمل کند و توپ را به دوران در آورد و باعث شود که اثر ماگنوس وارد کار گردد.

مرجع:

# سی امین المپیاد بین المللی فیزیک

پادوا. ایتالیا\* . ۱۹۹۹

مسابقه نظری - مدت ۵ ساعت

ترجمه: روح الله خلیلی بروجنی

rkhalili @ Physicist. net



مسئله - ۱ \*\*\*\*\*

جذب تابش توسط یک گاز

یک ظرف استوانه ای که محور آن در راستای قائم است، محتوی مقداری گاز است که در تعادل ترمودینامیکی است. قاعده بالای استوانه که از یک ورقه شیشه ای ساخته شده است می تواند آزادانه جابه جا شود. فرض کنید گازی نشست نمی کند و اصطکاک بین محل تماس ورقه شیشه ای و سطح استوانه به حدی است که باعث میرایی نوسان ها می شود، اما انرژی که از این طریق تلف می شود نسبت به انرژی های دیگر دستگانه ناچیز است. در ابتدا دمای گاز با دمای محیط اطراف برابر است و با تقریب خوبی می توان گاز را کامل در نظر گرفت.

فرض کنید رسانایی و ظرفیت گرمایی استوانه (شامل سطح جانبی و قاعده های آن) ناچیز است، به علاوه تبادل گرمایی بین استوانه و محیط اطراف خیلی کند است و می توان در حل این مسئله آن را نادیده گرفت.

از ورقه شیشه ای یک پرتو نور را که یک لیزر با توان ثابت گسیل کرده است به داخل استوانه می فرستیم؛ این تابش به راحتی از هوا و شیشه عبور می کند ولی گاز درون

ظرف آن را کاملاً جذب می کند. با جذب این تابش مولکول های گاز به حالت های برانگیخته می روند، سپس این مولکول ها در چند مرحله با گسیل تابش فرسرخ<sup>۱</sup> به حالت پایه برمی گردند. با وجود این، بیشتر این تابش فرسرخ را مولکول های دیگر جذب می کنند ولی توسط دیواره طرف و ورقه شیشه ای باز می تابند. بنابراین، انرژی جذب شده از لیزر به سرعت به حرکت گرمایی (آشوب مولکولی) گاز تبدیل می شود و پس از آن برای مدت زمان به حد کافی طولانی این حرکت در گاز باقی می ماند.

مشاهده می کنیم که ورقه شیشه ای به طرف بالا حرکت می کند؛ پس از یک زمان پرتودهی معین لیزر را خاموش می کنیم و این جابه جایی را اندازه می گیریم.

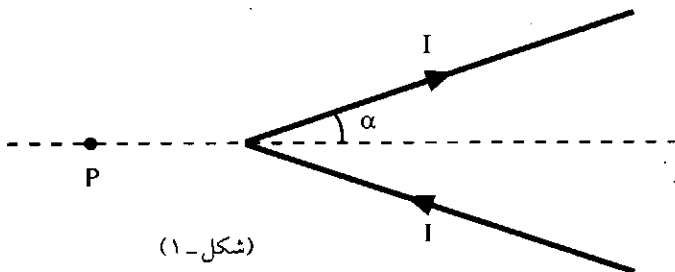
الف) دما و فشار گاز را بعد از پرتودهی حساب کنید.

ب) کار مکانیکی را که گاز در نتیجه جذب تابش به بیرون می دهد حساب کنید.

پ) انرژی تابشی جذب شده در مدت پرتودهی را حساب کنید.



از رأس آن با  $\tan(\frac{\alpha}{\gamma})$  متناسب است. کارهای آمپر بعدها وارد نظریه الکترومغناطیس ماکسول شد و پذیرش عام یافت.



(شکل-۱)

با استفاده از معلومات فعلی از الکترومغناطیس:

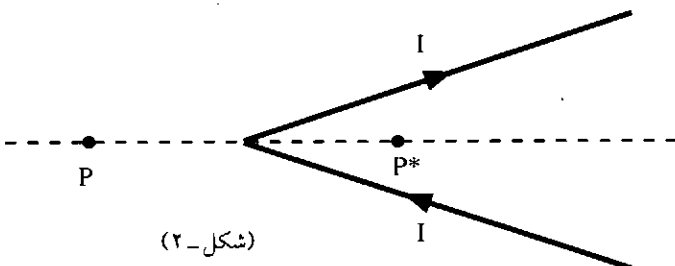
الف - جهت میدان مغناطیسی  $\vec{B}$  را در نقطه P مشخص کنید.

ب - با توجه به اینکه می دانیم میدان در نقطه P با  $\tan(\frac{\alpha}{\gamma})$  متناسب است، ثابت تناسب را در رابطه

$$|\vec{B}(P)| = k \tan\left(\frac{\alpha}{\gamma}\right)$$

پیدا کنید.

پ - میدان  $\vec{B}$  را در نقطه  $P^*$  که قرینه نقطه P نسبت به رأس است یعنی روی محور و در همان فاصله d از رأس ولی داخل "V" قرار دارد حساب کنید (شکل-۲ را ببینید).



(شکل-۲)

ت - برای اندازه گیری میدان مغناطیسی، یک عقربه مغناطیسی کوچک با گشتاور لختی I و گشتاور مغناطیسی  $\mu$  را در نقطه P قرار می دهیم. عقربه حول یک نقطه ثابت در صفحه شامل جهت  $\vec{B}$ ، نوسان می کند. دوره نوسان های کوچک عقربه را بر حسب B حساب کنید. و اما، در همان شرایط بیو و ساوار فرض کردند، اندازه

$$B(P) = \frac{\mu \cdot \alpha}{\pi d}$$

باشد، که در آن  $\mu$  تراوایی مغناطیسی خلاء است (در این

ت) توان گسیلی لیزر را که گاز جذب کرده است، و تعداد فوتون های متناظر با آن را در واحد زمان حساب کنید.

ث) کارایی فرایندهای تبدیل انرژی نورانی به تغییر انرژی پتانسیل مکانیکی ورقه شیشه ای را حساب کنید.

پس از آن محور استوانه به آرامی ۹۰ درجه می چرخد و در جهت افقی قرار می گیرد. در این وضعیت نیز تبادل گرمایی بین گاز و ظرف را نادیده بگیرید.

ج) پس از اینکه محور استوانه در جهت افقی قرار می گیرد، حجم جدید کار ناشی از تغییر دما و فشار را به دست آورید.

در حل این مسئله می توانید از داده های زیر استفاده کنید.

فشار اتاق:  $P_0 = 101,3 \text{ kPa}$

دمای اتاق:  $T_0 = 20^\circ\text{C}$

قطر داخلی استوانه:  $2r = 100 \text{ mm}$

جرم ورقه شیشه ای:  $m = 800 \text{ g}$

مقدار گاز داخل ظرف:  $n = 0,1 \text{ mol}$

گرمای ویژه مولی گاز در حجم ثابت:  $C_V = 20,8 \text{ J/(mol.k)}$

طول موج نور گسیلی از لیزر:  $\lambda = 514 \text{ nm}$

زمان پرتو دهی:  $\Delta t = 10 \text{ s}$

مقدار جابه جایی ورقه شیشه ای بعد از پرتو دهی:  $\Delta S = 30 \text{ mm}$

ثابت گازها:  $R = 8,314 \text{ J/(mol.k)}$

ثابت پلانک:  $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J/s}$

\*\*\*\*\* مسئله ۲ \*\*\*\*\*

میدان مغناطیسی ناشی از یک سیم V - شکل

یکی از نخستین موفقیت های آمپر در تفسیر پدیده های

مغناطیسی، محاسبه میدان مغناطیسی  $\vec{B}$  ناشی از یک سیم حامل جریان در مقایسه با فرض های اولیه بیوساوار بود.

یک مورد فوق العاده جالب توجه، مربوط به یک سیم نازک و بلند حامل جریان ثابت I است که از دو قطعه سیم و بازویه رأس  $2\alpha$  مطابق شکل-۱ به صورت V ساخته شده باشد. بنابر محاسبه های آمپر، اندازه میدان مغناطیسی  $\vec{B}$  در نقطه P روی محور سیم V - شکل، بیرون و در فاصله d



رابطه از نمادگذاری جدید استفاده شده است). در واقع، آنها می‌خواهند با اندازه‌گیری دوره نوسان‌های عقربه مغناطیسی بر حسب زاویه رأس سیم  $V$  - شکل ببینند کدام تفسیر (آمبر و بیو و ساوار) صحیح است. اما، برای بعضی مقادیر  $\alpha$ ، اختلاف به اندازه‌ای کوچک بود که به آسانی قابل اندازه‌گیری نبود.

ث) فرض کنید  $T_1$  و  $T_2$  به ترتیب دوره نوسان عقربه مغناطیسی در نقطه  $P$ ، با توجه به پیش‌بینی‌های آمبر و بیو و ساوار باشد. برای اینکه بتوان به طور تجربی بین این دو پیش‌بینی تفاوت گذاشت باید حداقل اختلاف بین  $T_1$  و  $T_2$  برابر  $10\%$  در صد باشد، یعنی  $T_2 > 1.1 T_1$  برای اینکه قادر به این کار باشیم، زاویه  $\alpha$  (نصف زاویه رأس سیم  $V$  - شکل) چقدر باید باشد؟

### راهنمایی:

با توجه به راهی که در حل این مسئله انتخاب می‌کنید،

$$\text{رابطه } \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{\sin\alpha}{1 + \cos\alpha} \text{ می‌تواند مفید باشد.}$$

### مسئله - ۳ \*\*\*\*\* کاوشگر فضایی به سوی مشتری

در این مسئله به بررسی روشی می‌پردازیم که کاوشگرهای فضایی برای شتاب گرفتن در جهت مورد نظر، معمولاً از آن استفاده می‌کنند. کاوشگر فضایی در حوالی یک سیاره حرکت می‌کند و می‌تواند با گرفتن مقدار خیلی کمی انرژی از حرکت مداری سیاره، سرعت‌اش را به طور چشمگیری زیاد کند و همچنین به طور قابل ملاحظه‌ای جهت حرکتش را تغییر دهد. در این مسئله به تجزیه و تحلیل این اثر بر روی یک کاوشگر فضایی که از حوالی مشتری می‌گذرد، می‌پردازیم.

مدار سیاره مشتری به دور خورشید یک بیضوی است که می‌توان آن را تقریباً دایره‌ای به شعاع متوسط  $R$  در نظر گرفت. برای بررسی و تجزیه و تحلیل این وضعیت فیزیکی باید ابتدا مقادیر زیر را به دست آورید:

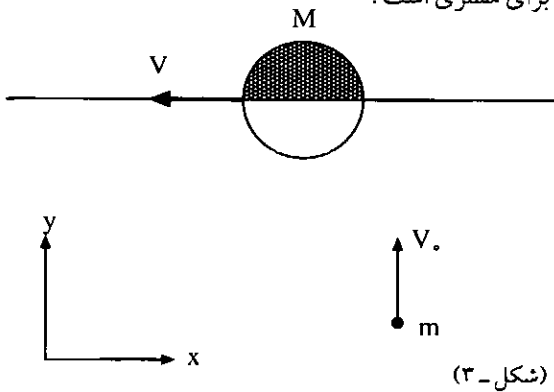
(الف) سرعت  $V$  سیاره در مدارش به دور خورشید.

(ب) هنگامی که کاوشگر بین خورشید و مشتری است (روی پاره خطی که خورشید را به مشتری وصل می‌کند) فاصله‌ای از مشتری را به دست آورید که جاذبه گرانشی

خورشید و مشتری برابر می‌شوند.

یک کاوشگر فضایی به جرم  $m = 825 \text{ kg}$  در حوالی مشتری پرواز می‌کند، برای سادگی فرض کنید مسیر کاوشگر فضایی به طور کامل در صفحه مدار مشتری است؛ در این صورت مورد مهمی را که کاوشگر فضایی از صفحه مداری مشتری خارج می‌شود نادیده می‌گیریم.

فقط به بررسی حالتی می‌پردازیم که نیروی جاذبه گرانشی مشتری بر سایر نیروهای گرانشی دیگر غلبه کند. در چارچوب مرجعی که مبدأ آن منطبق بر مرکز جرم خورشید است، سرعت اولیه کاوشگر برابر  $V_0 = 17000 \times 10^3 \text{ m/s}$  (و در جهت مثبت محور  $x$  است)؛ در حالی که سرعت مشتری در جهت منفی محور  $x$  است (شکل - ۳ را ببینید). منظور از سرعت اولیه کاوشگر سرعت در فضای میان سیاره‌ای است که هنوز از مشتری دور است ولی، نیروی جاذبه گرانشی خورشید در مقایسه با جاذبه مشتری قابل چشمپوشی است. فرض می‌کنیم رویارویی در یک زمان به حد کافی کوتاه رخ می‌دهد به طوری که می‌توانیم تغییر جهت مشتری در مدارش به دور خورشید را نادیده بگیریم. همچنین فرض می‌کنیم کاوشگر فضایی از پشت مشتری عبور می‌کند، یعنی با مختصه  $y$  برابر، ولی مختصه  $x$  برای کاوشگر بزرگتر از این مختصه برای مشتری است.



(پ) جهت حرکت کاوشگر فضایی (وقتی زاویه بین جهت حرکت آن و محور  $x$  برابر  $\theta$  است) و سرعت  $V'$  آن را در چارچوب مرجع مشتری به دست آورید.

(ت) مقدار انرژی مکانیکی کل  $E$  کاوشگر فضایی را در چارچوب مرجع مشتری به دست آورید. معمولاً انرژی پتانسیل را در فاصله‌های خیلی دور برابر صفر می‌گیرند، در این حالت وقتی فاصله آن به حد کافی دور است، به سبب کوچک بودن



جاذبه های گرانشی با سرعت ثابت حرکت می کند.

مسیر کاوشگر فضایی در چارچوب مرجع مشتری هذلولی است و معادله آن در مختصات قطبی در این چارچوب مرجع به صورت زیر است:

$$\frac{1}{r} = \frac{GMm}{\gamma Eb^2} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{\gamma EV'^2 b^2}{G^2 M^2 m}} \cos\theta \right) \quad (1)$$

که  $b$  فاصله بین یکی از مجانب های هذلولی و مشتری است (که آن را پارامتر برخورد می نامند)،  $E$  انرژی مکانیکی کل کاوشگر در چارچوب مرجع مشتری،  $G$  ثابت گرانش عمومی،  $M$  جرم مشتری،  $V'$  سرعت کاوشگر در چارچوب مرجع مشتری،  $\gamma$  و  $\theta$  نیز مختصات قطبی هستند (فاصله شعاعی و  $\theta$  زاویه قطبی).

ث) با استفاده از معادله (۱) که مسیر کاوشگر فضایی را بیان می کند، انحراف زاویه ای کل  $\Delta\theta$  را در چارچوب مرجع مشتری بر حسب  $V'$  و  $b$  به دست آورید (شکل - ۴).

ج) فرض کنید فاصله کاوشگر از مرکز مشتری نمی تواند کمتر از سه برابر شعاع مشتری باشد، با توجه به این فرض، کمینه پارامتر برخورد و بیشینه انحراف زاویه ای

را حساب کنید.

چ) رابطه ای برای سرعت نهایی  $V$  کاوشگر در چارچوب مرجع خورشید تنها بر حسب سرعت مشتری  $V$ ، سرعت اولیه کاوشگر  $V_0$  و انحراف زاویه ای  $\Delta\theta$  به دست آورید.

ح) با استفاده از نتیجه قسمت قبل، مقدار عددی سرعت نهایی  $V$  کاوشگر را در چارچوب مرجع خورشید هنگامی که انحراف زاویه ای بیشینه است، به دست آورید.

در حل این مسئله از داده های زیر می توانید استفاده کنید:

ثابت گرانش عمومی:  $G = 6.67259 \times 10^{-11} \text{ m}^3 / \text{kg} \cdot \text{s}^2$

جرم خورشید:  $M_s = 1.991 \times 10^{30} \text{ kg}$

جرم زمین:  $M_E = 5.979 \times 10^{24} \text{ kg}$

شعاع متوسط زمین:  $r_E = 6.373 \times 10^6 \text{ m}$

شعاع مدار زمین:  $R_E = 1.4957 \times 10^{11} \text{ m}$

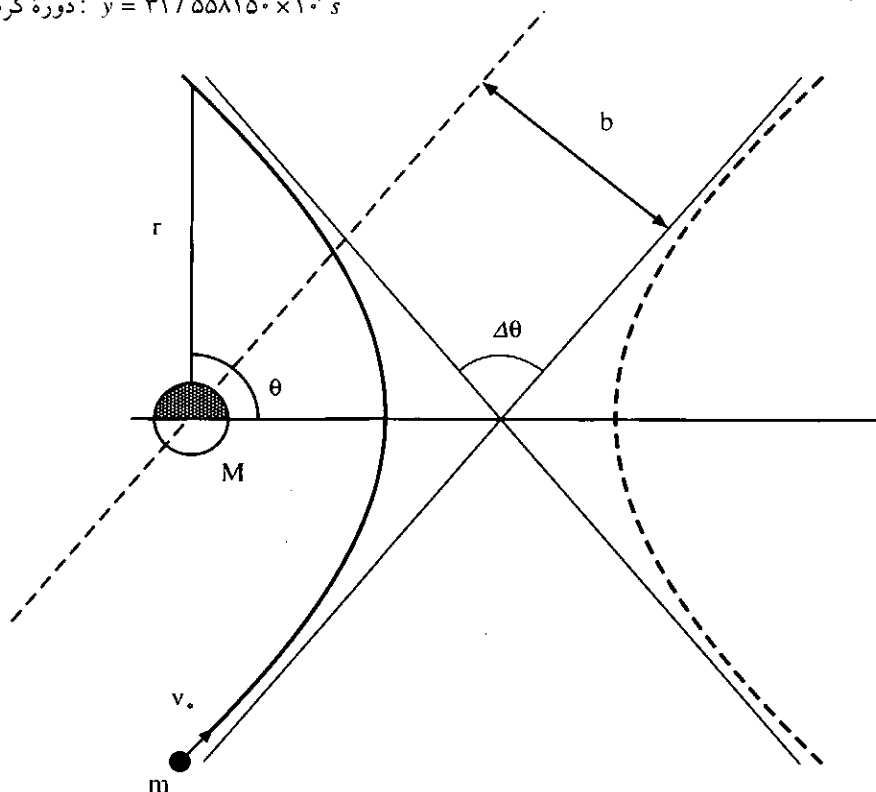
جرم مشتری:  $M = 1.901 \times 10^{27} \text{ kg}$

شعاع استوایی مشتری:  $R_B = 6.918 \times 10^6 \text{ m}$

شعاع متوسط مدار مشتری:  $R = 7.783 \times 10^{11} \text{ m}$

دوره گردش مشتری:  $y_r = 374 / 32 \times 10^6 \text{ s}$

دوره گردش زمین:  $y = 31 / 558150 \times 10^6 \text{ s}$



(شکل - ۴)

# حل مسائل

## مسابقه نظری سی امین

### المپیاد بین المللی فیزیک

#### پادوا - ایتالیا



$$h_1 = \frac{V_1}{\pi r^2} = \frac{nRT_1}{P_1 \pi r^2 + mg}$$

پس از پرتو دهی، ارتفاع استوانه به  $h_2 = h_1 + \Delta S$  می رسد، به علاوه دمای جدید آن برابر است با:

$$T_2 = T_1 \left( 1 + \frac{\Delta S}{h_1} \right) = T_1 + \frac{\Delta S (P_1 \pi r^2 + mg)}{nR}$$

و مقادیر عددی آنها برابر است با

$$P = 1.02 / 322 \text{ kPa} ; T_2 = 322 \text{ K} = 49^\circ \text{ C}$$

ب) کار مکانیکی که گاز انجام می دهد برابر مجموع

کار وزن ورقه شیشه ای  $mg\Delta S$ ، و کار فشار اتاق  $P_1 \pi r^2 \Delta S$  است. بنابراین کار کل برابر است با:

حل مسئله ۱ \*\*\*\*\*

الف) در حالت تعادل فشار  $P$  گاز داخل ظرف برابر فشار اتاق،  $P_0$ ، به اضافه فشار ناشی از وزن قاعده متحرک است، یعنی:

$$P = P_0 + \frac{mg}{\pi r^2}$$

این موضوع قبل و بعد از پرتو دهی صادق است. در

ابتدا دمای گاز با دمای اتاق برابر است. با توجه به معادله

حالت گاز کامل، حجم اولیه گاز  $V_1$  برابر

$$V_1 = \frac{nRT_1}{P}$$

است که در آن  $R$  ثابت گازهاست، در نتیجه ارتفاع اولیه استوانه که گاز اشغال کرده برابر است با:

$$\eta = \frac{mg\Delta S}{Q} = \frac{1}{\left(1 + \frac{P \cdot \pi r^2}{mg}\right) \left(1 + \frac{C_v}{R}\right)}$$

$$= 2/8 \times 10^{-2} = 0.3\%$$

ج) هنگامی که محور استوانه می چرخد و در راستای افق قرار می گیرد، یک فرآیندی درو انجام می شود و فشار گاز از P به P<sub>0</sub> تغییر می کند، همچنین دما به مقدار جدید T<sub>r</sub> می رسد. با استفاده از معادله فرآیندی درو، ثابت PV<sup>γ</sup> داریم:

$$T_r = T_1 \left(\frac{P_0}{P}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

که در آن γ برابر است با

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{C_v + R}{C_v} = 1 + \frac{R}{C_v} = 1.399$$

سرانجام T<sub>r</sub> = 321K = 48°C خواهد شد.

### حل مسئله ۲ \*\*\*\*\*

الف) سهم میدان مغناطیسی ناشی از هر یک از شاخه های سیم V-شکل، همان جهتی را دارد که دو سیم نامحدود اگر جهت جریان مطابق شکل ۵- باشد. بنابراین میدان  $\vec{B}$  در نقطه P، عمود بر صفحه X-Y و در جهت مثبت Z است. با توجه به تقارن های موجود، اندازه میدان کل در نقطه P، دو برابر اندازه میدانی است که هر کدام از شاخه های سیم V-شکل به تنهایی در نقطه P ایجاد می کنند.

ب) وقتی زاویه α در شکل ۱- برابر  $\frac{\pi}{4}$  شود، سیم

$$W = (mg + P \cdot \pi r^2) \Delta S = 24/1J$$

پ) تغییر انرژی داخلی، به دلیل تغییر دما به صورت زیر است

$$\Delta U = nC_v(T_r - T_0)$$

مقدار گرمایی که در زمان پرتودهی Δt وارد دستگاه می شود برابر است با

$$Q = \Delta U + W = nC_v \frac{T_r \Delta S}{h\nu} + (mg + P \cdot \pi r^2) \Delta S$$

$$= \Delta S (P \cdot \pi r^2 + mg) \left(\frac{C_v}{R} + 1\right)$$

این گرما منحصراً ناشی از جذب تابش نور است در نتیجه با انرژی نوری جذب شده برابر است، مقدار عددی آن برابر Q = 84J است.

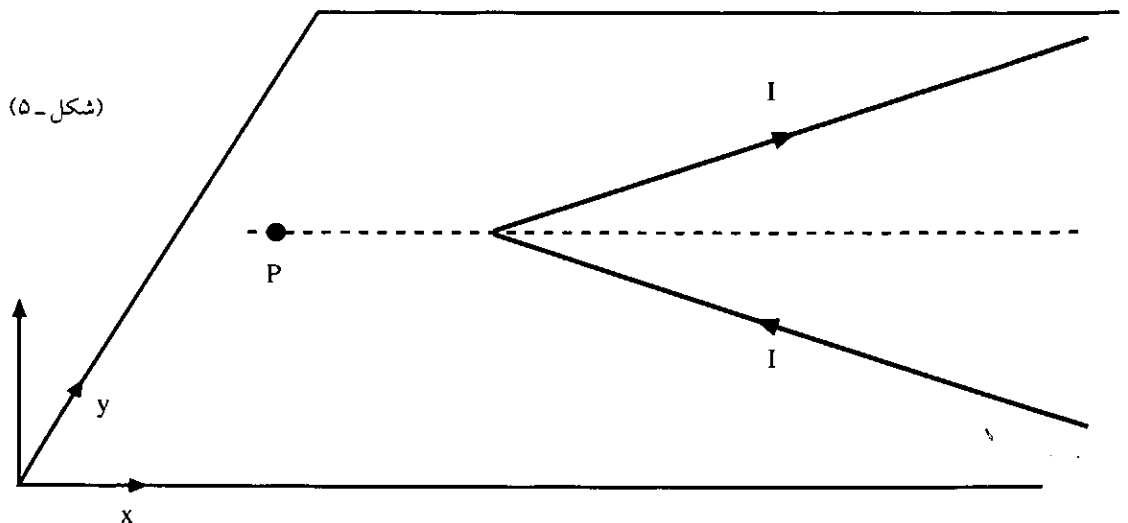
ت) چون لیزر با یک توان ثابت گسیل می کند، توان نوری جذب شده برابر است با:

$$P = \frac{Q}{\Delta t} = \left(\frac{C_v}{R} + 1\right) \frac{\Delta S}{\Delta t} (P \cdot \pi r^2 + mg) = 8/4W$$

انرژی هر فوتون برابر  $\frac{hc}{\lambda}$  است و از این رو تعداد فوتون های جذب شده در واحد زمان برابر است با:

$$\frac{P\lambda}{hc} = 2/2 \times 10^{19} s^{-1}$$

ث) تغییر انرژی پتانسیل ورقه شیشه ای برابر است با کار مکانیکی که در مقابل وزن ورقه انجام می شود، بنابراین کارایی η تبدیل انرژی برابر است با:



اندازه میدان مغناطیسی ناشی از سیم های a و b در نقطه  $P^*$  بنابر تقارن برابر است، یعنی:

$$B_a(P^*) = B_b(P^*) = \frac{I\mu_0}{2\pi d \sin\alpha}$$

و در جهت منفی محور Z است.  
و با توجه به نتیجه قسمت (ب) داریم:

$$B_{P'}(P^*) = \frac{I\mu_0}{2\pi d} \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

که در جهت مثبت محور Z است، بنابراین

$$\begin{aligned} B(P^*) &= \frac{I\mu_0}{2\pi d} \left[ \frac{1}{\sin\alpha} - \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right] \\ &= K \left( \frac{1 + \cos\alpha}{\sin\alpha} \right) = K \cot\left(\frac{\alpha}{2}\right) \end{aligned}$$

که در جهت منفی محور Z است.

### روش دوم:

نقطه  $P^*$  داخل سیم V - شکل با نصف زاویه رأس  $\alpha$  را می توان متناظر با نقطه ای خارج یک سیم V - شکل با نصف زاویه رأس  $(\pi - \alpha)$  در نظر گرفت. در این صورت با توجه به نتیجه قسمت (ب) داریم:

$$B(P^*) = K \tan\left(\frac{\pi - \alpha}{2}\right) = K \cot\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

که در جهت منفی محور Z است.

(ت) گشتاور مکانیکی  $\vec{M}$  که در نقطه P به عقربه

V - شکل به یک سیم مستقیم نامحدود تبدیل می شود. در این حالت می دانیم میدان مغناطیسی در نقطه P برابر است با

$$B = \frac{I}{2\pi\epsilon_0 c^2 d} = \frac{I\mu_0}{2\pi d} \quad (1)$$

از طرفی طبق فرض مسئله داریم

$$\left| \vec{B}(P) \right| = K \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

برای  $\alpha = \frac{\pi}{2}$  داریم:

$$\left| \vec{B}(P) \right| = K \tan\left(\frac{\pi}{2}\right) = K \quad (2)$$

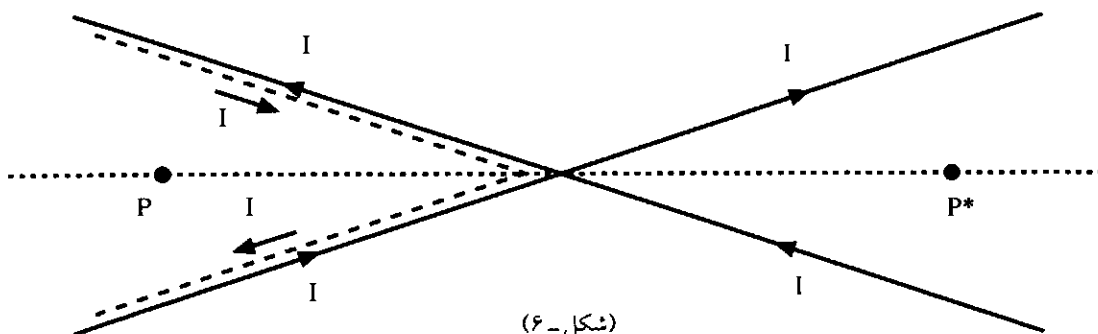
مقایسه رابطه های (1) و (2) نشان می دهد،

$$K = \frac{I\mu_0}{2\pi d} \text{ است.}$$

(پ) روش اول:

برای محاسبه  $\vec{B}(P^*)$ ، می توان سیم V - شکل را به صورت دو سیم نامتناهی a و b و سیم V - شکل دیگری که جهت جریان در شاخه های آن مخالف جهت جریان در سیم های a و b است، در نظر گرفت (این سیم را در شکل 6 - با  $V'$  و به صورت خط چین نشان داده ایم). در این صورت داریم:

$$B(P^*) = B_a(P^*) + B_b(P^*) + B_{V'}(P^*)$$



(شکل - 6)

مغناطیسی وارد می شود برابر است با:

$$\vec{M} = \vec{\mu} \times \vec{B}$$

اگر عقربه مغناطیسی به اندازه زاویه کوچک  $\beta$  از حالت تعادل جابه جا شود، در این صورت با توجه به تقریب  $\sin\beta = \beta$  و نظریه تکانه زاویه ای داریم:

$$M = -\mu B \beta = \frac{dL}{dt} = I \frac{d\beta}{dt}$$

علامت منفی به این خاطر ظاهر شده است که گشتاور مکانیکی همواره بر خلاف جابه جایی نسبت به حالت تعادل است. بنابراین دوره نوسان های کوچک T برابر است با

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{I}{\mu B}}$$

ث) اگر از زیر نویس A برای محاسبات بر اساس تفسیر آمپر و از زیر نویس BS برای فرض های بیو و ساوار استفاده کنیم، خواهیم داشت:

$$B_A = \frac{\mu_0}{2\pi d} \tan(\alpha/2)$$

$$B_{BS} = \frac{\mu_0}{\pi^2 d} \alpha$$

$$T_A = 2\pi \sqrt{\frac{2\pi I d}{\mu_0 \mu I \tan(\alpha/2)}}$$

$$T_{BS} = 2\pi \sqrt{\frac{\pi^2 I d}{\mu_0 \mu I \alpha}}$$

$$\frac{T_A}{T_{BS}} = \sqrt{\frac{2\alpha}{\pi \tan(\alpha/2)}}$$

برای  $\alpha = \frac{\pi}{2}$  (بیشترین مقدار ممکن)  $T_A = T_B$  و

برای  $\alpha \rightarrow 0$  داریم:

$$T_A \rightarrow \frac{2}{\sqrt{\pi}} T_{BS} = 1.128 T_{BS}$$

و در گستره  $0 < \alpha < \frac{\pi}{2}$ ، به طور یکنواخت

بر حسب  $\alpha$  افزایش می یابد. در نتیجه  $\frac{T_A}{T_{BS}}$  به طور

یکنواخت بر حسب  $\alpha$  کاهش می یابد. بنابراین برای اینکه بتوانیم بین تفسیر های آمپر و بیو و ساوار تمایز قائل شویم

مقادیری از  $\alpha$  قابل قبول اند که به ازای آنها حداقل  $T_A$ ، ده درصد بیشتر از  $T_{BS}$  باشد. یعنی:

$$\tan(\frac{\alpha}{2}) = \frac{4}{1/\sqrt{2}\pi} (\frac{\alpha}{2}) = 1.05 (\frac{\alpha}{2})$$

با نگاه کردن به جدول های مثلثاتی و یا با استفاده از یک ماشین حساب، می بینیم که این شرط با تقریب خوبی به صورت  $\frac{\alpha}{2} = 0.38 \text{ rad}$  است. در این صورت  $\alpha$  باید کمتر از  $0.77 \text{ rad} = 44^\circ$  باشد.

### حل مسئله ۳ \*\*\*\*

الف) روش اول: بنا بر فرضی که در صورت مسئله به

آن اشاره کردیم، از ارتباط شتاب شعاعی  $\frac{V^2}{R}$  با میدان گرانشی  $\frac{GM_S}{R^2}$  در یک مدار خواهیم داشت:

$$\frac{V^2}{R} = \frac{GM_S}{R^2}$$

که در آن  $M_S$  جرم خورشید است. با قرار دادن مقادیر عددی سرعت مداری مشتری را به دست می آوریم.

$$V = \sqrt{\frac{GM_S}{R}} = 1/306 \times 10^4 \text{ m/s}$$

روش دوم: چون حرکت مشتری دایره ای و یکنواخت

است، پس

$$V = \omega R = \frac{2\pi R}{y_j}$$

که در آن  $y_j$  دوره گردش مشتری به دور خورشید است.

ب) با توجه به شرط تعادل، نیروهای گرانشی وارد بر

کاوشگر باید برابر باشند، یعنی:

$$\frac{GMm}{\rho^2} = \frac{GM_S m}{(R-\rho)^2} \quad (2)$$

(که در آن  $\rho$  فاصله کاوشگر از مشتری و  $M$  جرم مشتری

است)، در نتیجه:

$$\sqrt{M}(R-\rho) = \rho \sqrt{M_S} \quad (3)$$

$$\rho = \frac{\sqrt{M}}{\sqrt{M_S} + \sqrt{M}} R = 0.02997 R$$

$$= 2/333 \times 10^6 \text{ m} \quad (4)$$



از طرفی باید توجه کنیم که فاصله شعاعی نمی تواند منفی شود، در این صورت داریم:

$$1 + \sqrt{1 + \frac{\gamma EV'^2 b^2}{GM^2 m}} \cos\theta \geq 0 \quad (8)$$

و یا:

$$\cos\theta > -\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\gamma EV'^2 b^2}{GM^2 m}}} \quad (9)$$

در حالت های حدی، مقادیر  $\theta$  در معادله (9) برابر است با:

$$\theta_{\pm} = \pm \arccos \left[ -\left(1 + \frac{\gamma EV'^2 b^2}{GM^2 m}\right)^{-\frac{1}{2}} \right]$$

$$= \pm \left[ \pi - \arccos \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\gamma EV'^2 b^2}{GM^2 m}}} \right] \quad (10)$$

در نتیجه  $\Delta\theta$  زاویه بین مجانب های هذلولی برابر است با:

$$\Delta\theta = (\theta_+ - \theta_-) - \pi$$

$$= \pi - \gamma \arccos \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\gamma EV'^2 b^2}{GM^2 m}}} \quad (11)$$

$$= \pi - \gamma \arccos \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{V'^2 b^2}{GM^2}}} \quad (12)$$

برای به دست آوردن رابطه (12) از رابطه (5) استفاده کرده ایم. (ج) انحراف زاویه ای بر حسب پارامتر برخورد به طور یکنواخت کاهش می یابد، در نتیجه هنگامی که انحراف زاویه ای بیشینه است، پارامتر برخورد کمینه است. با توجه به معادله (1) کمترین فاصله بین کاوشگر و مشتری وقتی است که  $\theta = 0$  باشد، در این صورت داریم:

یعنی در فاصله  $23.3$  میلیون کیلومتر از مشتری نیروهای گرانشی برابر می شوند (حدود  $334$  برابر شعاع مشتری).

(پ) با استفاده از تبدیل گالیله به راحتی می توانیم مؤلفه های سرعت کاوشگر را در چارچوب مرجع مشتری به دست آوریم

$$\begin{cases} V'_x = v \\ V'_y = V. \end{cases}$$

از طرفی در چارچوب مرجع مشتری، زاویه جهت حرکت کاوشگر نسبت به محور X برابر است با:

$$\theta. = \arctan \frac{V.}{V}$$

و سرعت آن برابر است با:

$$V' = \sqrt{V.{}^2 + V^2}$$

$$\cos\theta. = \frac{V}{\sqrt{V.{}^2 + V^2}} = \frac{V}{V'}$$

(همچنین توجه کنید که  $\frac{V}{V'} = \frac{V.}{V'}$ )

و  $\sin\theta. = \frac{V.}{\sqrt{V.{}^2 + V^2}} = \frac{V.}{V'}$  با توجه به مقادیر داده شده خواهیم داشت:

$$\theta. = 0.1653 \text{ rad}, \quad V' = 1.65 \times 10^4 \text{ m/s}$$

(ت) فرض می کنیم فاصله کاوشگر از مشتری زیاد است اما نامتناهی نیست، در این صورت انرژی مکانیکی کل در چارچوب مرجع مشتری برابر است با:

$$E = \frac{1}{2} m V'^2 \quad (5)$$

که مقدار عددی آن برابر است با:

$$E = 112 \text{ GJ}$$

(ث) با توجه به معادله (1) هنگامی که فاصله شعاعی به بینهایت میل کند، مقدار داخل پرانتز برابر صفر می شود. در این صورت:

$$1 + \sqrt{1 + \frac{\gamma EV'^2 b^2}{GM^2 m}} \cos\theta = 0 \quad (6)$$

و یا:

$$\cos\theta = -\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\gamma EV'^2 b^2}{GM^2 m}}} \quad (7)$$





مشتري برابرند با:

$$\begin{cases} V'_x = V' \cos(\theta + \Delta\theta) \\ V'_y = V' \sin(\theta + \Delta\theta) \end{cases}$$

و در چارچوب مرجع خورشید برابرند با:

$$\begin{cases} V''_x = V' \cos(\theta + \Delta\theta) - V \\ V''_y = V' \sin(\theta + \Delta\theta) \end{cases}$$

در نتیجه، سرعت نهایی کاوشگر در چارچوب مرجع خورشید برابر است با:

$$\begin{aligned} V'' &= \sqrt{[V' \cos(\theta + \Delta\theta) - V]^2 + [V' \sin(\theta + \Delta\theta)]^2} \\ &= \sqrt{V'^2 + 2V^2 - 2V'V \cos(\theta + \Delta\theta)} \\ &= \sqrt{V'^2 + 2V^2 - 2V'V(\cos\theta \cos\Delta\theta - \sin\theta \sin\Delta\theta)} \\ &= \sqrt{V'^2 + 2V^2 - 2V'(V \cos\Delta\theta - V' \sin\theta)} \\ &= \sqrt{V'(V' + 2V \sin\Delta\theta) + 2V^2(1 - \cos\Delta\theta)} \end{aligned}$$

(ح) با استفاده از مقدار بیشینه انحراف زاویه ای، مقدار عددی سرعت نهایی کاوشگر برابر  $2/62 \times 10^3 \text{ m/s}$  است.



$$r_{\min} = \frac{V'^2 b^2}{GM} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{V'^2 b^2}{G^2 M^2}} \right)^{-1} \quad (13)$$

با حل این معادله خواهیم داشت:

$$b = \sqrt{r_{\min}^2 + \frac{2GM}{V'^2} r_{\min}} \quad (14)$$

توجه کنید که می توانیم این نتیجه را با توجه به پایستگی تکانه زاویه ای نیز به دست آوریم، بنابراین خواهیم داشت:

$$L = mV'b = mV'_{\min} r_{\min} \quad (15)$$

و همچنین با توجه به پایستگی انرژی مکانیکی داریم:

$$E = \frac{1}{2} mV'^2 = \frac{1}{2} mV'^2_{\min} - \frac{GMm}{r_{\min}} \quad (16)$$

با مقایسه معادله های (15) و (16) دوباره به معادله (14) می رسیم.

با توجه به اینکه فاصله کاوشگر از مرکز مشتری نمی تواند کمتر از سه برابر شعاع مشتری باشد، با توجه به معادله (14) خواهیم داشت:

$$r_{\min} = 3R_B \quad (R_B \text{ شعاع سیاره مشتری})$$

$$b_{\min} = \sqrt{9R_B^2 + \frac{6GM}{V'^2} R_B} \quad (17)$$

با توجه به این معادله بیشینه مقدار ممکن برای انحراف زاویه ای برابر است با:

$$\begin{aligned} \Delta\theta_{\max} &= \pi - 2 \arccos \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{V'^2 b^2_{\min}}{G^2 M^2}}} \\ &= \pi - 2 \arccos \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{V'^2}{G^2 M^2} \left( 9R_B^2 + \frac{6GM}{V'^2} R_B \right)}} \end{aligned} \quad (18)$$

و با قرار دادن مقادیر داده شده، خواهیم داشت:

$$b_{\min} = 4/90 \times 10^4 \text{ m} = 7R_B$$

$$\Delta\theta_{\max} = 1/526 \text{ rad} = 87/4^\circ$$

(ج) اگر کاوشگر در پشت مشتری عبور کند، جهت نهایی حرکت نسبت به محور X در چارچوب مرجع مشتری برابر است با مجموع زاویه اولیه و انحراف زاویه ای، یعنی:

$$\theta + \Delta\theta$$

مؤلفه های سرعت نهایی کاوشگر در چارچوب مرجع

\* Padua, Italy

1. Absorption of Radiation by Gas.
2. Infrared
3. Magnetic Field With a V-Shaped Wire
4. A Space Probe to Jupiter



Ministry of Education  
Organization of Research & Educational Planning



Teaching-Aids Publications Office

ISSN 1606-917X

Roshd

# Physics Education Journal

Vol.13- No.58-2001



## CONTENTS:

- Life Long Learning is a Necessary ○ *R. Khalili* / 2  
Werner Heisenberg and Albert Einstein ○ *G. Holton* / 3  
Deep Sea Air Conditioning ○ *M. Matlub* / 11  
The Role of Emotional Relations  
In Improving the Quality of Education ○ *J. Riazi* / 12  
The Handedness of Nature ○ *A. Tohidi* / 14  
A Century with Planck's Constant. ○ *A. Makovski* / 18  
Teachers and Physic's Texts ○ *M. Moradi Sahra* / 23  
The Rhythmic Motions of Electrons ○ *E. Arzi* / 24  
Kepler's Third Law for Elliptical Orbits? ○ *E. Noll* / 30  
Space Becomes a Physics Laboratory ○ *R. Irion* / 32  
Why is the Sky Blue? ○ *Paul G. Hewitt* / 36  
Calculation of Electric Potential in Terms of Multipoles ○ *M. Sohrabi* / 39  
Simple Experiments ○ *A. Norouzian* / 44  
The Physics of Football ○ *T. Asai* / 50  
The 30<sup>th</sup> International Physics Olympiad ○ *R. Khalili* / 54  
The Solutions of the  
30<sup>th</sup> International Physics Olympiad ○ / 58



**Managing Editor:** Alireza Hajianzadeh

**Editor - in - Chief:** Manijeh Rahbar

**Executive Director:** Ahmad Ahmadi

**Graphic Designer:** Parvaneh Hadipour

**Editor:** Ahmad Ahmadi,

Jafar Mehrdad, Rouhollah Khalili,

Manigeh Rahbar,

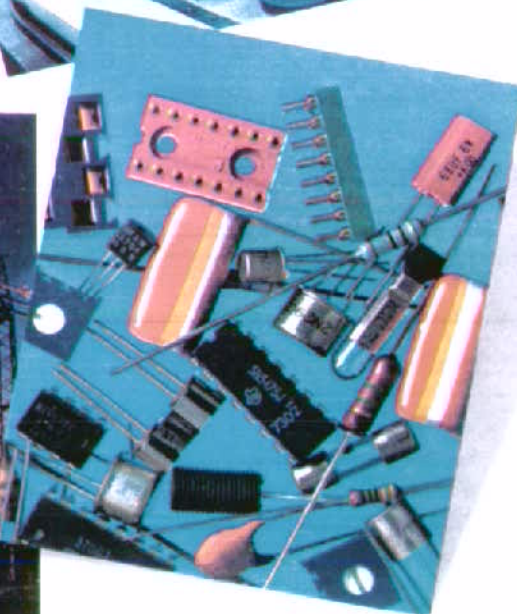
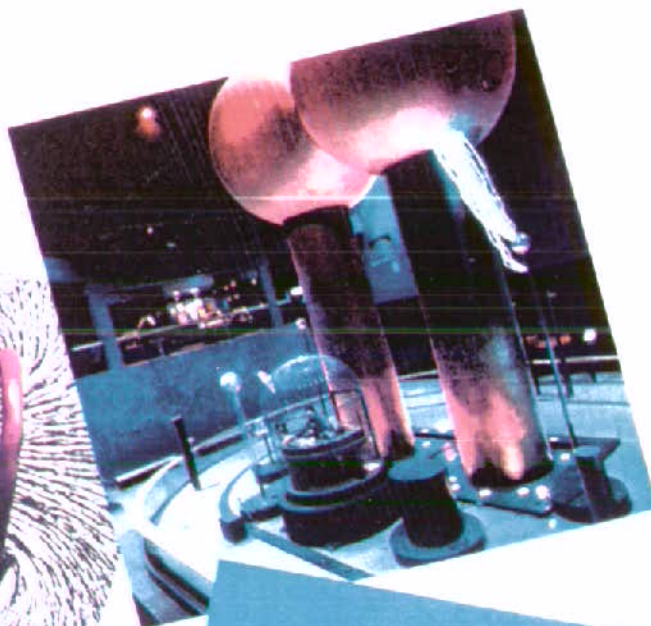
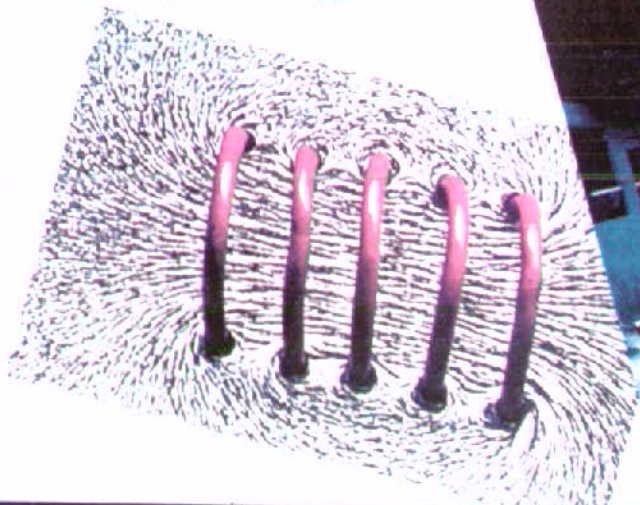
P.O. Box: 15875/6585,  
Department of Physics,  
Tehran, Iran



جمهوری اسلامی ایران  
وزارت آموزش پرورش  
نیمه دوم، هفتم

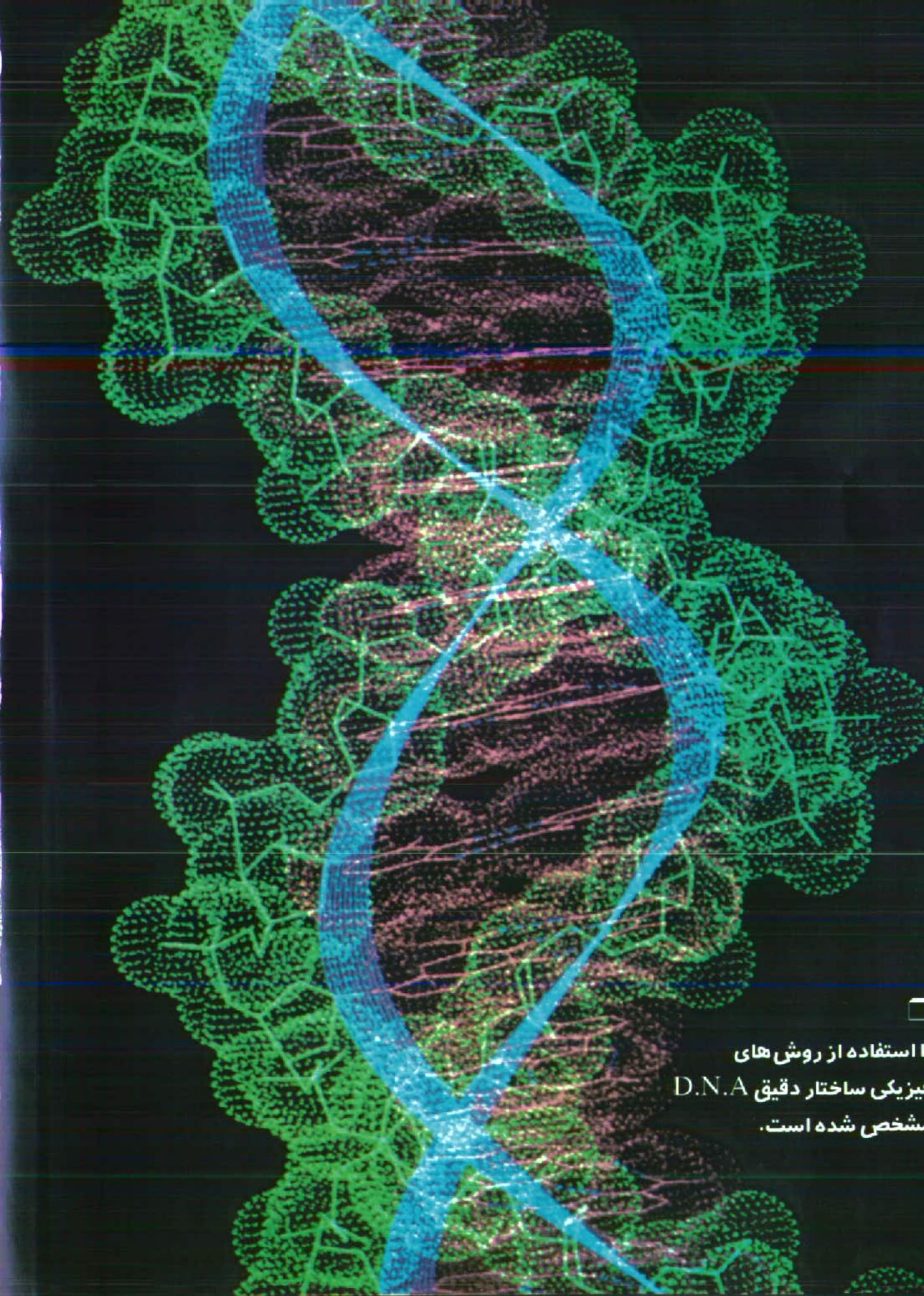
# فیزیک ۳ و آزمایشگاه

نظری (رشته‌ی علوم تجربی)



سال سوم آموزش متوسطه

۲۵۶/۳



استفاده از روش های  
بیژیکی ساختار دقیق D.N.A  
شخص شده است.