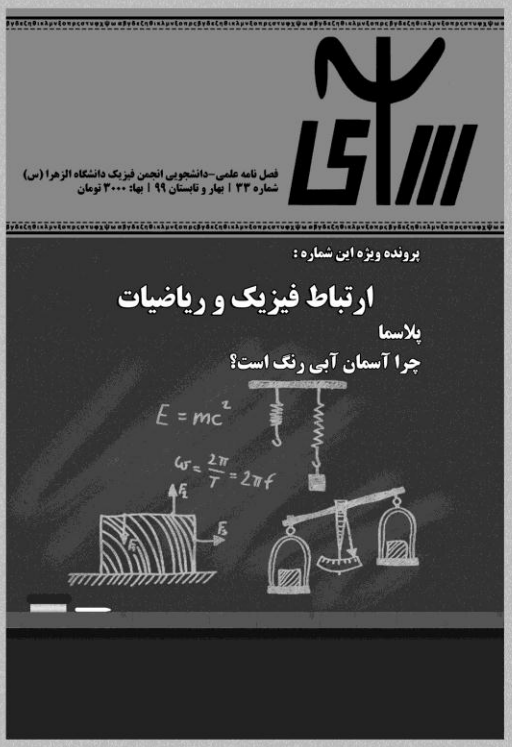


فهرست

سرمقاله

به نام آن که هم یاد است و هم یادگار..... ۲

مقاله

نقاط کوانتومی ۳
پلاسما ۵
ارتباط فیزیک و ریاضیات ۱۱
مروری بر لایه های نازک ۱۶
چرا آسمان آبی رنگ است؟ ۲۱

گزارش

گزارشی کوتاه از گاز سولفور دی اکسید و منابع آن ۱۳

نوبل نامه

چهره های برنده جایزه نوبل ۱۸

یادداشت

یادداشت‌های یک فیزیک‌پیشه ۲۰

سرمقاله:.....

به نام آن‌که هم یاد است و هم یادگار

بهار ...
فصل رویش است؛ موهبتی است که ما ایرانیان گرامی‌اش می‌داریم و شروعی تازه از زندگی‌مان را با آن آغاز می‌کنیم اگر نوروز تنها، روزی بود در میان روزهایی که چرخ بی درنگ فلک پدیدشان می‌آورد؛ گرامی‌داشت آن بیهوده و عبث می‌نمود و اگر ظاهر بهار را که فصل نو شدن است در کنار باطن آن قرار دهیم حقایق عالم هستی آشکار می‌گردد
رسیدن سال نو همیشه نویدبخش افکار نو، کردار نو و تصمیم های نو برای آینده است آینده ای که همه امیدواریم و باید که بهتر از گذشته باشد.
ما بندگان خداوند متعال وظیفه داریم در این موسم نو شدن همگام با تمامی عناصر جهان نو شدن خود را به عرصه ظهور رسانیم. بدون شک نو شدن با تکیه بر پتانسیل های وجودی است که امکان ظهور می یابد و پتانسیل ها در اثر عملکردها و حاصل داده ها و ستانده های ما در روزگاران دور و نزدیک است.
پس بیاییم دل هایمان را نزدیک و دست هایمان را به یکدیگر بدهیم و در سال جدید با یاری هم، منظری زیبا و زندگی ای خاطره انگیز خلق کنیم. بهار طبیعت از راه می‌رسد و صحنه ی جهان آیینه‌ی تمام‌نمای قدرت خداوندی می گردد با خوبی ها و بدی ها هر آن چه که بود برگی دیگر از دفتر روزگار ورق خورد و برگی دیگر از درخت مان بر زمین افتاد.

نقاط کوانتومی

ریحانه قائمی‌نژاد – کارشناسی فیزیک ۹۵
ghaeminejad.1998@gmail.com

در این قسمت از مجموعه مقاله های مجله سای می خواهیم در مورد یکی از جدیدترین تکنولوژی های عصر حاضر که بسیاری از شرکت های معروف دنیا به دنبال آن هستند، مورد بررسی قرار دهیم. در واقع این تکنولوژی رابطه ی تنگاتنگی با رشته ی فیزیک دارد. این تکنولوژی نقاط کوانتومی نام دارد. با استفاده از این علم می توانیم تلویزیون‌هایی با کیفت عالی و وضوح رنگ بالا را داشته باشیم و یا یک موجود زنده را ردیابی کنیم و بسیاری کاربرد دیگر؛ اما بهتر است با این تکنولوژی به طور دقیق آشنا شویم و بعد با تک تک این کاربردها آشنا شویم.

آشنایی با نقاط کوانتومی

همان طور که از نامش معلوم است، ما باید به دنبال ابعاد کوانتومی باشیم پس در حد نانومتر ذرات را بررسی می کنیم هنگامی که ابعاد یک ماده به صورت پیوسته از مقیاس بزرگ به مقیاس کوچک کاهش پیدا می کند خواص ماده در ابتدا ثابت می‌ماند، اما به تدریج با نزدیک شدن این ابعاد به محدوده ی نانو (محدوده‌ی بین ۱ تا ۱۰۰ نانو متر) خواص ماده تغییرات چشم‌گیری پیدا می کند برای پی بردن به مفهوم نقاط کوانتومی در ابتدا باید معنای آن را متوجه شویم. همان طور که می‌دانید همه‌ی مواد پیرامون ما دارای سه بعد هستند. اگر یک بعد ماده تا مقیاس نانو کوچک شود اما دو بعد دیگر در مقیاس بزرگ داشته باشد، ساختاری پدید می‌آید که آن را چاه کوانتومی می‌گویند. هر گاه دو بعد ماده تا مقیاس نانو کوچک شود اما یک بعد دیگر در مقیاس بزرگ باشد، ساختار حاصل را سیم کوانتومی می‌گویند. و در نهایت، هر گاه هر سه بعد ماده در مقیاس نانومتری قرار گیرد، ساختار حاصل را نقطه‌ی کوانتومی می‌نامند. در واقع نقاط کوانتومی کریستال‌هایی در حد نانو هستند که ویژگی اصلی آن انتشار نور است. اما این شرط کافی برای توصیف نقاط کوانتومی نیست وفقط ورود یک یا دو یا سه بعد از ابعاد یک ماده به محدوده‌ی نانومتری، موجب نمی‌شود که ما آن ساختار را کوانتومی بنامیم؛ بلکه این ابعاد باید آن قدر کوچک شوند که خواص ماده از قوانین فیزیک کلاسیک قابل توجیه نباشند و فقط فیزیک کوانتوم بتواند رفتار ماده را توجیه کند.

نقاط کوانتومی، نانو کریستال‌های نیمه هادی با قطر ۲ تا ۱۰ نانومتر هستند که بعد از تحریک شدن، از خود نور ساطع می کنند و به طور معمول از ۲۰۰ تا ۱۰۰۰۰ اتم تشکیل شده‌اند. نقاط کوانتومی به دلیل اندازه کوچکشان قابلیت تطبیق پذیری بسیاری دارند یعنی می توان با تغییر ساختار آن، خواص آن را مطابق با نیاز خود تنظیم کرد. تفاوت اصلی آن با نیم-رساناهای دیگر این است که خواصِ الکتریکی و پیک فرکانسی گسیلی نقاط کوانتومی شدیدا به اندازه و شکل و ساختار آنها بستگی دارد. هم چنین با یک عامل خارجی مثل پتانسیل الکتریکی و جریان فوتونی می توان رسانندگی آن را تغییر داد. اهمیت نیم-رسانا بودن نقاط کوانتومی در این است که رسانایی الکتریکی این مواد را می‌توان با محرک‌های خارجی مانند میدان الکتریکی یا تابش نور عوض کرد تا حدی که از نارسانا به رسانا تبدیل شوند و مانند یک کلید عمل کنند. این خاصیت، نیمه‌رساناها را به یکی از اجزای حیاتی انواع مدارهای الکتریکی و ابزارهای نوری تبدیل کرده است. در نهایت نیز می‌توان اشاره کرد که نمایش نقاط کوانتومی، نمایشی است که نقطه های نیمه هادی نانوکیریستالی کوانتومی را شامل می‌شود که می-توانند نور تک فام خالصی به رنگ‌های قرمز و آبی و سبز را تولید کنند.

این نورهای تشعشعی که از نقاط کوانتومی یا به اصطلاح quantum dot particles آزاد می شوند، در تولید لایه های QD استفاده می شوند لایه های نقاط کوانتومی در واقع نورهای خاصی به رنگ‌های اساسی را تشعشع می کنند که این کار باعث افزایش وضوح رنگ و کیفیت روشنایی می شود

بررسی ساختار یک نقطه کوانتومی (ساختارهسته-پوسته)

نقاط کوانتومی، نیم رساناهای صفر بعدی هستند که منظور از بعد این است که در چند بعد از ماده، حاملین به‌عنوان حامل آزاد رفتار می‌کنند مثلا در سیم نانویی ،الکترون ها یا حفره‌ها فقط در یک جهت به عنوان حامل آزاد عمل می کنند و در یک نقطه حاملین در هیچ جهتی به عنوان حامل آزاد رفتار نمی‌کنند اما زمانی که بعد کاهش می یابد چگالی حالت ها به طور محسوسی تغییر می‌کند که در صفر بعد چگالی حالت های ماده بسیار شبیه به اتم است.

با محدود شدن حامل در سه راستا، ترازهای انرژی گسسته و در هر سه راستا جایگزیده می شوند طیف گسسته در نقاط کوانتومی از تفاوت های مهم این ساختارها با سیم کوانتومی و چاه کوانتومی است. از آنجا که این خصوصیات در سیستم های اتمی وجود دارند، می‌توان نقاط کوانتومی را اتم انفرادی نامید. نقاط کوانتومی شامل هسته داخلی نیستند بنابراین می‌توانند تعداد زیادی از الکترون ها را در خود محدود کنند که این تعداد از صد تا هزاران الکترون در یک فضای محدود شده ی کوچک است.

اندازه‌ی نقطه کوانتومی دارای محدودیت‌هایی است. کم‌ترین اندازه‌ی آن حدی است که یک تراز انرژی برای الکترون و حفره وجود داشته باشد که این وابسته به میزان اختلاف لبه باند رسانش (باند ظرفیت) نیم‌رساناهای مورد استفاده جهت تشکیل نقطه‌ی کوانتومی دارد. برای درک مفهوم نقطه ی کوانتومی ، اثرات محدودیت کوانتومی بر روی الکترون ها را در نظر می‌گیریم محدودیت کوانتومی وقتی اتفاق می‌افتد که یک یا چند بعد نانو

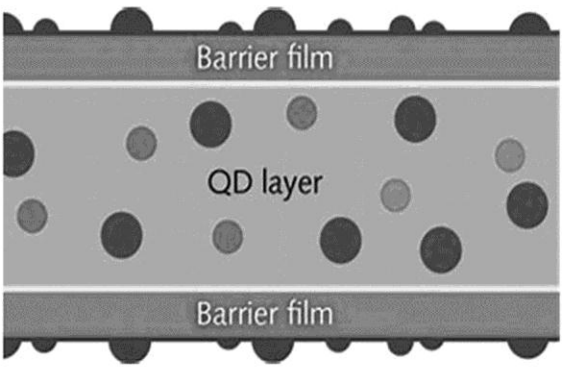
کریستال نزدیک شعاع بوهر باشد. مفهوم ترازهای انرژی، گاف باندی، باند رسانش و باند والانس هم‌چنان در نظر گرفته می‌شود با این حال ترازهای انرژی الکترونی نمی‌توانند به صورت پیوسته رفتار کنند، بلکه باید به صورت گسسته عمل کنند.
محدودیت‌های چاه کوانتومی یا سیم کوانتومی حداقل یک درجه آزادی برای الکترون‌ها می‌دهد هم‌چنان که این نوع محدودیت منجر به کوانتیزاسیون طیف الکترونی می‌شود چگالی حالت‌ها را نیز تغییر می‌دهد هم چنین زیر باندهای انرژی یک یا دو بعدی را نتیجه می‌دهد و حداقل یک جهت برای انتشار الکترون باقی می‌گذارد به عبارت دیگر، با تکنولوژی امروزه می‌توانیم ساختارهای نقاط کوانتومی ایجاد کنیم که در آن‌ها همه‌ی درجات آزادی مو جود برای انتشار الکترون کوانتیزه هستند. می توانیم این محدودیت را به عنوان جعبه در نظر بگیریم و با استفاده از کوانتوم می‌دانیم که انرژی کوانتیزاسیون یک جعبه برابر است با:

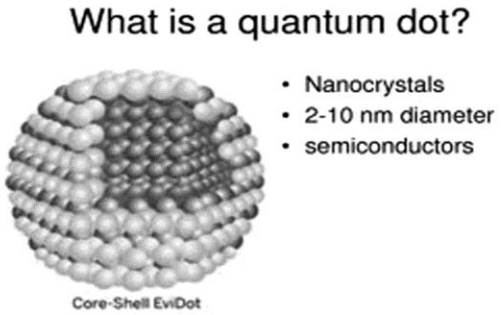
$$Eq_3+Eq_2+E=Eq_1$$

به طور ساده می توان نقاط کوانتومی را سیم کوانتومی با سطح مقطع مستطیلی در نظر گرفت، که در هر سه راستا محدود شده‌اند و به آن ها جعبه ی کوانتومی هم می‌گویند این محدودیت باعث می‌شود تنها درجه آزادی باقی‌مانده نیز از بین برود و ذره در تمام سه راستا جایگزیده شود، از این رو ترازهای انرژی در هر سه راستا گسسته خواهند شد.
ویژگی‌های نوری-فیزیکی منحصر به فرد این نقاط کوانتومی همراه با پیشرفت‌های قابل توجهی بوده است که در ساخت و پوشش‌دار کردن و اتصال انواع مولکول‌های زیستی کاربرد بسیاری دارد، و این پشرفت‌ها باعث شده است که محققان از این نانو ذرات به عنوان ردیاب‌های فلوئورسانسی مؤثر، در ردیابی سلول‌های موجودات زنده، تصویربرداری و تشخیص‌های پزشکی استفاده کنند اما کاربرد این علم به این‌جا ختم نمی‌شود و حتی در ساخت تلویزیون ها که امروزه بازار خیلی داغی دارند استفاده می شوند این تلویزیون ها همان QLED ها هستند که نسل پس از تلویزیون های سری SUHD است. در واقع این تکنولوژی به کمک کیفیت و وضوح رنگ بالاتر آمده است اما در این‌جا به اختصار در مورد یکی ازاین کاربردها صحبت می‌کنیم و تلویزیون‌های QLED را به قسمت بعدی در مجموعه‌ی مقاله‌های سای می‌گذاریم

ردیابی سلول‌های موجودات زنده با نقاط کوانتومی

مطالعات درمورد ذرات کوانتومی درسال ۱۹۷۰ شروع شد و درسال ۱۹۸۰ این گروه از نانوذرات نیم‌رسانا توسط الکسی اکیمو به وسیله ی ماتریس و توسط لوئیس بروس درمحلول کلوئیدی ساخته شد، رید مارک اصطلاح "نقطه کوانتومی" را ابداع کرد. در واقع نقاط کوانتومی در سال ۱۹۸۱ کشف شدند ولی تا سال ۲۰۰۲ کاربردی نداشتند. این زمانی بود که شرکت نقاط کوانتومی هایوارد در کالیفرنیا (کیودی) شروع به فروش آن ها به زیست شناسان سلولی کرد تا از آن ها به عنوان برچسب‌های تصویربرداری فلئورسان برای پروتئین‌ها و مولکول‌های زیستی دیگر استفاده کنند.
نقاط کوانتومی عملکرد بسیار جالبی دارد، به این صورت که قابلیت جذب هرتعداد الکترون وارده را دارا می باشند بنابراین با وجود دارا بودن یک هسته ی اتمی خاص، براساس الکترون های وارده به آن ها خواص و رفتار متفاوتی از خود بروز می دهند به عنوان مثال، نقاط کوانتومی درحالت داشتن یک الکترون خصوصیات هیدروژن را دارا هستند و با داشتن ۶ الکترون منجر به تولید کربن مصنوعی و با ۷۹ الکترون منجر به تولید طلای مصنوعی می شوند ضمنا اتم های مصنوعی به وجود آمده توسط این سیستم قابلیت پیوند بادیگر اتم ها را دارا هستند که این مسئله منجر به تولید مولکول های مصنوعی و درنهایت مواد مصنوعی خواهد گردید.
بر اساس نظریه‌ی باندی همه‌ی جامدات شامل تعدادی نوار انرژی هستند. هر نوار انرژی نیز دارای تعدادی تراز انرژی است و در هر تراز انرژی، فقط دو الکترون می‌تواند قرار گیرد. بین نوارهای انرژی، فاصله‌ای وجود دارد که هیچ الکترونی نمی‌تواند درون آن قرار گیرد. این فاصله را گاف انرژی می‌گوییم.
هنگامی که پرتوی فرا بنفش به جسم جامد برخورد می‌کند، الکترون‌ها با جذب انرژی آن، از یک نوار انرژی به نوار انرژی بالاتر می‌روند. اندکی بعد، الکترون‌ها با از دست دادن انرژیِ جذب شده، به حالت پایدار خود بر می‌گردند و بدین ترتیب، انرژی جذب شده را به صورت پرتوهای نور مرئی (یا همان .





فوتون) ساطع می‌کنند. هر چه گاف انرژی بزرگ‌تر باشد، انرژی پرتوهای نور مرئی که از جسم ساطع می‌شود، بیش‌تر است و پرتوهای نور مرئی به سمت رنگ آبی تمایل می‌یابند. در مقابل، هر چه گاف انرژی کوچک‌تر باشد، انرژی پرتوهای نور مرئی که از جسم ساطع می‌شود، کم‌تر است و پرتوهای نور مرئی به سمت رنگ قرمز تمایل می‌یابند.

هر چه نقاط کوانتومی کوچک‌تر باشند، ساختار باندی آن به گونه‌ای است که فاصله‌ی بین نوارهای انرژی در آن بیش‌تر است و هر چه نقاط کوانتومی بزرگ‌تر باشند، ساختار باندی آن به گونه‌ای است که فاصله‌ی بین نوارهای انرژی در آن کم‌تر است. یعنی در نقاط کوانتومی کوچک‌تر، گاف انرژی بزرگ‌تر است و در نقاط کوانتومی بزرگ‌تر، گاف انرژی کوچک‌تر است.

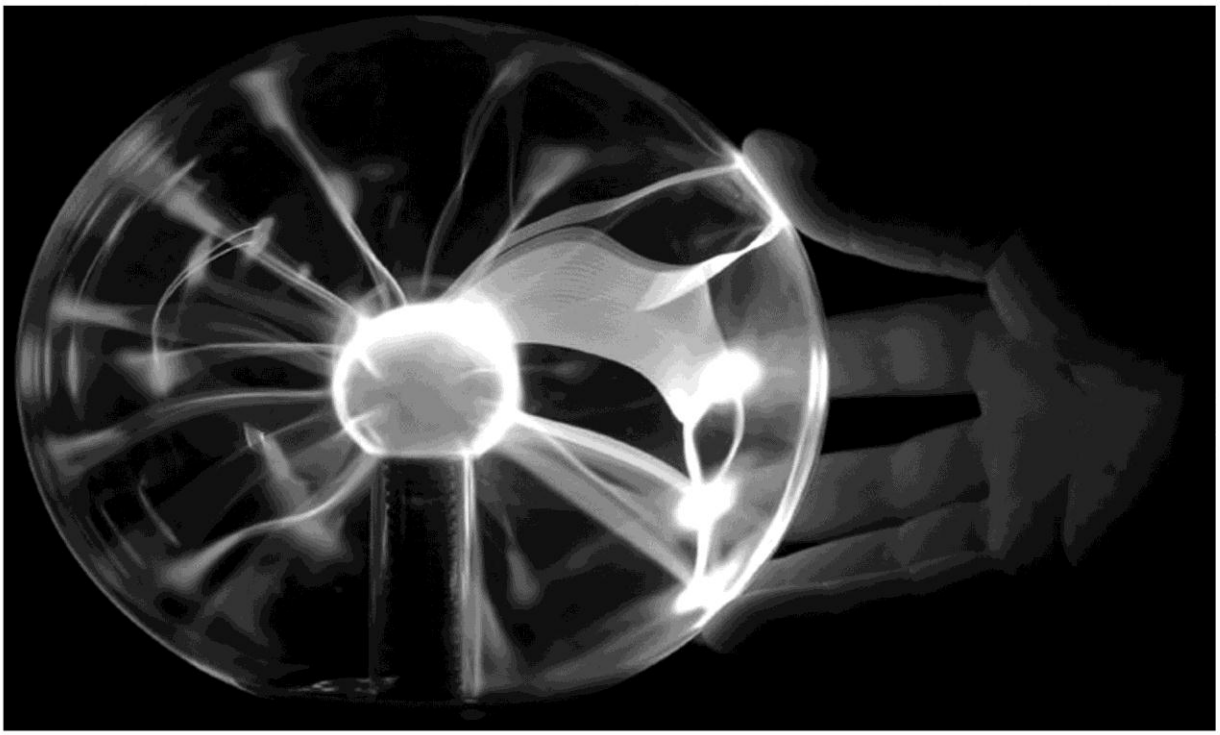
منابع:

ویکی پدیا
www.۳koya.com

پلاسما

تینا سیدجمالی - کارشناسی‌ارشد ماده چگال
tina_seyedjamali@physics.iust.ac.ir

فاطمه هاشمی‌فر - کارشناسی فیزیک
fatemeh.hashemifar@physics.sharif.edu



داستان پلاسما با آذرخش آسمان شروع می شود.

آتش اولین منبع انرژی خارج از بدن بشر بود و به احتمال زیاد ارمغانی است که از صاعقه مولد پلاسما حاصل شده است. کشفِ آتش آن چنان حلقه ی مهمی در تاریخ بشر بوده است که تقریبا هر فرهنگی در روی زمین افسانه ای درباره ی آن ساخته است.

تکنولوژی بشر همراه با آتش متولد شد.

هر مرحله جدیدی از رشد تکنولوژی با کشف منابع جدیدتر و غنی تر انرژی همگام بوده است. آتش ساده حاصل از چوب وقتی که به آتش ذغال‌سنگ و کک تبدیل شد، به بشر اجازه داد که شروع به ذوب فلزات بکند. بخار، جانشین صحرائی، آتش را از آسمان‌ها دزدیده و برای او به ارمغان آورد. بدین‌سان، تمدن بشر و تسلطِ او بر جهان آغاز شد. اولین نشانه ی استفاده بشر از آتش تقریبا به نیم میلیون سال پیش برمی گردد.

مفهوم پلاسما و روند توسعه تاریخی آن

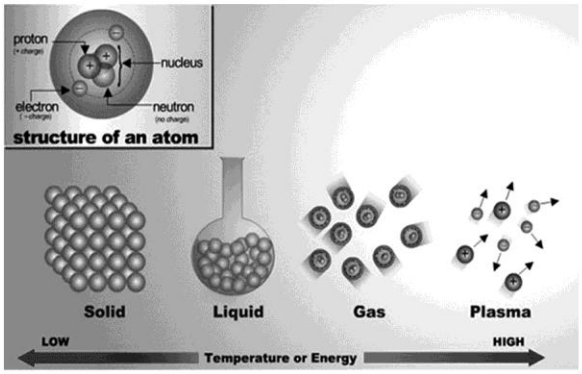
در زمان باستان به خصوص یونانیان در فلسفه به چهار عنصر اعتقاد داشتند : خاک، آب، باد، آتش.

در علم امروز نیز آن تفکر باستانی به صورت جامد، مایع، گاز و پلاسما درآمده است.

جامد و مایع و گاز را از قدیم الایام در علم سه حالت ماده

می نامیده اند ویلیام کروکس در سال ۱۸۷۹ پلاسما را حالت چهارم ماده نامید. همه با سه حالت اول ماده آشنائی کامل دارند. تفاوت میان این چهار حالت ماده در مقدار انرژی جنبشی وابسته به اتم‌ها و مولکول‌های سازنده‌ی آنها است. یعنی اگر انرژی جنبشی اتم‌ها و مولکول‌های یک ماده افزایش یابد، حالت‌های مختلف آن ماده آشکار می شود جالب است که با این روند توصیفی می توان میدان را به عنوان حالت پنجم ماده توصیف کرد. از طرف دیگر با تعاریف کوانتوم مکانیکی می توان حالت پنجم و ششم ماده را بوزون های چگالیده و فرمیون های چگالیده دانست.

وقتی که به یک ماده جامد به قدر کافی حرارت داده شود، حرکت گرمایی اتم‌هاِ و یا مولکول‌های جامد، ساختار شبکه‌ای بلور را می‌شکند و معمولا مایع تشکیل می‌شود وقتی که به یک مایع به قدر کافی گرما داده شود، به‌طوری که اتم‌ها و یا مولکول‌های آن از سطح مایع بخار شوند، به‌طوری که تبخیر سریع تر از چگالش دوباره انجام گیرد، می گوییم گاز تشکیل شده است. وقتی به یک گاز به قدر کافی حرارت بدهیم، به‌طوری که اتمها و مولکول‌های آن با هم دیگر برخورد کنند و در طی این فرایند، الکترون از آنها کنده شود، پلاسما تشکیل می شود

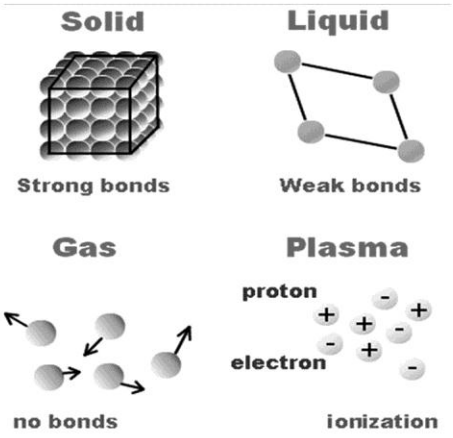


شکل ۱: ساختار اتم و حالت‌های ماده

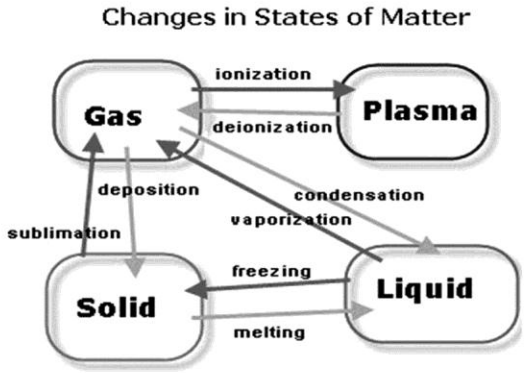
یخ را به عنوان ماده جامدی در نظر بگیرید. حال کمی به آنِ حرارت دهید؛ شروع به ذوب شدن می کند وقتی همه یخ کاملا به مایع تبدیل شد، شبیه این است که تمام مردم از جای خود بلند شده و مشغول راه رفتن هستند و صندلی های تالار هم برداشته شده است. هم‌چنین وقتی همه‌ی یخ به مایع تبدیل می شود، دیگر برای مولکول‌ها شبکه‌ی کریستالی وجود ندارد و تمام مولکول ها می توانند آزادانه حرکت کنند. با افزایش حرارت آب شروع به جوشیدن می کند تا زمانی که تبدیل به بخار شود. در این حالت، در مثال تالار نمایش می توان گفت که تماشاچیان شروع به ترک تالار می کنند آن ها به همه ی جهات حرکت کرده و از درهای مختلف خروجی بیرون می روند

در گازها، هر مولکول می تواند به طور مستقل از مولکول دیگر حرکت کند و در مولکول ها جز برخوردهای مستقیم، هیچ گونه تأثیری بر روی یک‌دیگر ندارند. یعنی در گازها هر مولکول برای خودش استقلال دارد. توجه کنید که برای تبدیل جامد به مایع و همین طور تبدیل مایع به گاز چه کاری باید انجام شود.

با افزودن انرژی این تغییر فازها صورت می پذیرد در این حالت انرژی به صورت حرارت است. چنانچه می دانیم انرژی حرارتی یکی از ساده ترین شکل های انرژی برای تولید و مصرف است.



شکل ۲: ساختار درونی حالات ماده



شکل ۳: تغییر حالات ماده

پلاسما چیست؟

پلاسما یک گاز بسیار داغ یونیده است؛ گازی چنان داغ که برخوردهای شدید گرمایی همه یا بیشتر اتم‌های آن را به یون‌های مثبت و الکترون ها تفکیک می کند پلاسما را می توانیم آتش ناب بنامیم. پلاسما حاوی ترکیبی از یون های مثبت، الکترون ها و اتم های خنثی است.

میزان یونیدگی بستگی به دما دارد؛ اگر دما پایین باشد پلاسما تعدادِ قابل توجهی اتم خنثی خواهد داشت و اگر دما بالا باشد تقریبا همه ی اتم‌ها یونیده خواهند بود.

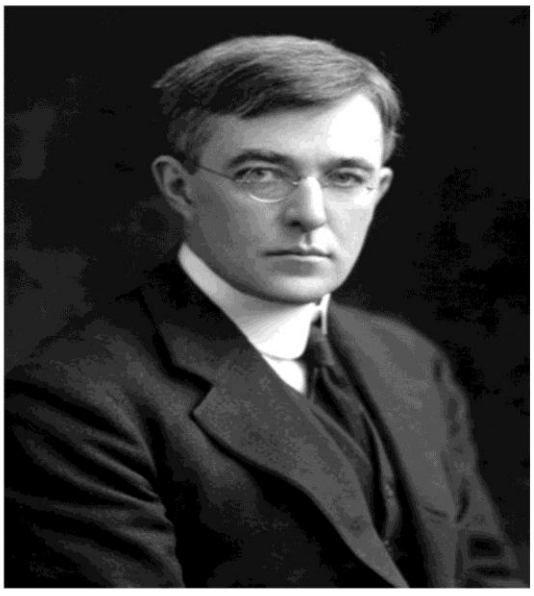
گاز معمولی هم مقداری یون و الکترون دارد اما نه آن قدر که به پلاسما تبدیل شود. اگر گاز را گرم تر و گرم تر کنیم (یا به آن انرژی دهیم) به تدریج به پلاسما تبدیل می شود اما انتقال از گاز به پلاسما تعریف قاطعی همچون تغییر حالت ناگهانی مانندِ ذوب یک جامد (نقطه ذوب) یا تبخیر یک مایع ندارد. مثلا شعله ی شمع حالت مرزی بین گاز داغ و پلاسما است؛ اگر

یون ها و الکترون های بیشتری داشت پلاسما می شد و اگر الکترون های کمتری داشت گاز معمولی بود. تمایز قاطع بین گاز داغ و پلاسما در خصوصیات الکترومغناطیسی آنها است. پلاسما یک رسانای الکتریکی است و میدان های الکتریکی و مغناطیسی بر رفتار آن حاکم هستند. در حالی که گاز معمولی عایق است و به طور مؤثری به میدان الکتریکی و مغناطیسی پاسخ نمی دهد

پلاسما گاز شبه خنثی‌ای از ذرات باردار (الکترون-یون) و خنثی است که رفتار جمعی از خود ارائه می دهد به عبارتی می-توان گفت که واژه ی پلاسما به گاز یونیزه شده ای اطلاق می شود که همه یا بخش قابل توجهی از اتم های آن یک یا چند الکترون از دست داده و به یون های مثبت تبدیل شده باشند. یا به گاز به شدت یونیزه شده‌ای که تعداد الکترون های آزاد آن تقریبا برابر با تعداد یون های مثبت آن باشد، پلاسما گفته می شود

کلمه ی پلاسما ظاهرا بی مسمی به نظر می رسد این کلمه از لغت یونانی پلاسین πλάσσω,πλάσσειν مشتق شده که به معنی شکل گرفتن و قالب پذیرفتن است. پلاسما به زبان امروزی چیزی بی شکل است که می تواند توسط نیروهای خارجی شکل مشخصی پیدا کند و قالب بپذیرد. به آن قسمت از مایع شفاف خون که بی شکل است نیز پلاسما گویند و قسمتی از یاخته که به صورت قطره ی بی شکل است و در ساختمان یاخته ی همه ی موجودات زنده وجود دارد هم پروتوپلاسم نامیده می شود

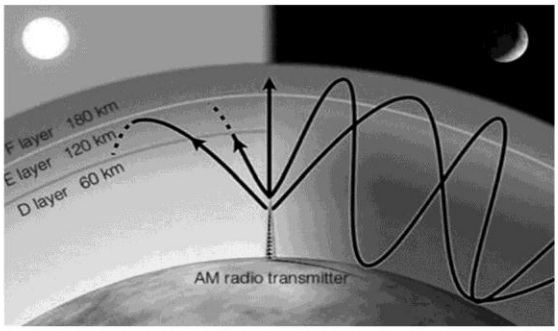
دانشمند آمریکایی لانگمویر (۱۸۸۱-۱۹۵۷) در سال ۱۹۲۸ از این کلمه قدیمی مفهوم تازه‌ای درست کرد تا حالت چهارم ماده را به‌وسیله ی آن توضیح دهد.



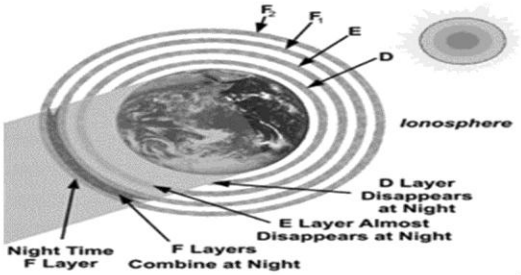
شکل ۴ : دانشمند آمریکایی لانگمویر

یوسنفر شامل لایه های مختلف از گازهای یونیده (پلاسما) است که بعضی از فرکانس های رادیوئی را منعکس می سازد ارتفاع لایه های مختلف هر روز به مقدار قابل توجهی فرق می کند و بستگی زیادی به فعالیت خورشیدی دارد .

فرکانس های کم، متوسط و زیاد امواج رادیوئی در ارتفاعات مختلف منعکس می گردند و به این ترتیب اجازه عبور و پخش امواج رادیوئی را در گستره‌ی بزرگی از اقیانوس ها و قاره‌ها می‌دهند برای انتشار امواج تلویزیونی به فرکانس های بسیار و فوق العاده زیاد نیاز است که در لایه ی یونسفر منعکس نمی گردند بنابراین علائم تلویزیونی فقط می توانند در امتداد افقی فرستاده شوند، مگر اینکه رله شوند. علت سرخی شفق را وجود یون ها و الکترون های یونسفر می‌پندارند این ذرات تا آن-جایی تحریک می‌شوند که نور را از خود گسیل کنند .(شکل شماره ۵ و ۶)



شکل۵



شکل۶

آیا پلاسما تفاوتی با مایعات و گازها دارد که جداگانه مورد مطالعه قرار گیرد؟

محیط پلاسمایی از یکسو شبیه گاز است و از بسیاری جهات رفتار آن مثل گازهاست و از طرف دیگر، این دو تفاوت عمده-ای با یک دیگر دارند. به این معنی که پلاسما گاز هادی الکتریسیته است. ممکن است که این تفاوت ناچیز به نظر برسد ولی باید توجه داشت که اساس ساختار عالم و تکنولوژی آینده ی ما در همین تفاوت ظاهرا جزئی نهفته است.

*پلاسما به علت رفتار جمعی که از خود نشان می دهد اغلب طوری عمل می کند که گویا دارای رفتار مخصوص به خودش است.

*بیشتر ماده ی جهان به شکل پلاسما است. خورشید و همه ی ستارگان گوی های عظیمی از پلاسما هستند . حدود ۹۹درصد کل جرم مشهود کائنات در این گوی های پلاسما یافت می شود فقط در سیاره ها، تپ‌اخترها و برخی از ابرهای گاز و غبار بین ستاره‌ای، جامد و مایع و گاز وجود دارد. این اجسام فقط بخش کوچکی از کل ماده کائنات راتشکیل می‌دهند

*شکل زیر یک برجستگی پلاسما روی سطح خورشید را نشان می دهد این برجستگی شکل پیچیده‌ای دارد؛ کمان-هایی به بالا و پایین دارد زیرا رفتارش زیر سلطه ی میدان مغناطیسی خورشید است و نه گرانش. بر خلاف آن، شعله ی شمع شکل ساده‌ای دارد. به خاطر نیروی شناوری، گاز داغ به بالا جریان می یابد. اگر شعله شمع را بین قطب

های آهنربا قرار دهیم، می بینیم که رفتار آن به طور محسوسی تغییر نمی‌کند

معیارهای تشخیص پلاسما:

*فراوانی بارهای مثبت و منفی باید چنان زیاد باشد که هر عدم توازنی بین تمرکزهای این بارها ناممکن باشد. هر تراکم تازه پدید آمده‌ای از مثلا بارهای مثبت، به سرعت بارهای منفی را جذب می کندو توازن بارها را برمی گرداند.

*در مقیاس کوچک، بارهای مثبت و منفی در پلاسما به طور کانوره ای حرکت می کنند اما در مقیاس بزرگ حرکت جمعی دارند. بارهای مثبت و منفی در اثر برهم‌کنش الکتریکی پیوندی قوی دارند و با یگانگی حرکت می کنند تا مانع عدم توازن بار شوند (رفتار جمعی).

*بدین ترتیب، هرچند پلاسما حاوی تعداد زیادی بارهای آزاد است ولی از لحاظ الکتریکی خنثی می ماند زیرا به طور متوسط هر واحد حجم شامل تعداد مساوی بار مثبت و منفی است (شبه خنثی بودن).

سه ویژگی اساسی پلاسما

۱. پلاسما شبه خنثی است

اگر یک گاز از تعداد نامساوی الکترون و یون (یک بار مثبت) تشکیل شده باشد، آن گاه چگالی بار خالص ρ وجود خواهد داشت:

(۱

$$\rho = n_e(-e) + n_i(+e) = e(n_i - n_e)$$

این چگالی بار منجر به میدان الکتریکی E می‌شود:

(۲

$$\nabla . E = \frac{\rho}{\varepsilon_0} = \frac{e}{\varepsilon_0}(n_i - n_e)$$

رابطه بالا در یک بعد، راستای محور x ، به‌صورت زیر نوشته می‌شود:

(۳

$$\frac{dE}{dx} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$$

(٤

$$E = \frac{\rho}{\varepsilon_0} x$$

این عبارت منجر به نیرویی می‌شود که مایل به دفع گونه ی‌باری است که اکثریت را تشکیل می دهد

به این معنی که اگر ni>ne باشد، میدان E، ni را کاهش و ne را افزایش می دهد تا بار کل کاهش یابد. این نیروی بازگرداننده بسیار بزرگ است.

مثال:

فرض کنید Te=۱eV و ne=m۱۰۱۹-۳ یک پلاسمای‌ضعیف، مثل جو با چگالی (nmoleculeus~۳×m۱۰۲۵-۳)

فرض کنید اختلاف کوچکی بین یون‌ها و الکترون‌ها $\Delta n=(n_i-n_e)$ وجود دارد. بنابراین:

(٥

$$\rho = \Delta n\, e$$

آنگاه نیروی واحد حجم در فاصله x برابر است با:

(٦

$$F_e = \rho E = \rho^2 \frac{x}{\varepsilon_0} = (\Delta n\, e)^2 \frac{x}{\varepsilon_0}$$

با فرض $\frac{\Delta n}{n_e}$ =1% و x=0.10m ، در آن‌صورت:

(٧

$$F_e = (10^{17} \times 1.6 \times 10^{-19})^2 \times \frac{0.1}{8.8} \times 10^{-12} = 3 \times 10^6 \mathrm{N}.\, m^{-3}$$

این نتیجه را با نیروی فشار در واحد حجم که تقریبا برابر $\frac{p}{x}$ است، مقایسه می‌کنیم.

(٨

$$(p \sim n_e T_e (+ n_i T_i))$$

$$F_p \sim \frac{(10^{19} \times 1.6 \times 10^{-19})}{0.1} = 16 Nm^{-3}$$

می بینیم که نیروی الکتروستاتیک بسیار بزرگتر از نیروی فشار جنبشی است.

این ویژگی جنبه ای از این واقعیت است که پلاسما به علت یونیزه بودن، انواع رفتارهای جمعی متفاوت از گازهای خنثی را از خود نشان می دهد که ناشی از نیروهای بلندبرد E و B است.

قبلا دیدیم که تفاوت اصلی بین گازها و پلاسما این است که پلاسما هادی الکتریسیته است. حال این تفاوت به ظاهر ساده را به‌طور عمیق‌تری بررسی می‌کنیم

به خاطر دارید که تفاوت‌های اصلی بین جامدات، مایعات و گازها اساسا در میزان انرژی ذخیره شده در مولکول های آنهاست. از بین سه حالت معمولی ماده، گاز دارای بیشترین انرژی است. اما انرژی ذخیره شده در پلاسما، حتی از گازها نیز بیشتر است. با اینکه نظریه ی جنبشی گازها به خوبی قادر به توجیه گازها در ابعاد وسیعی است، اما بهتر است قبل از مطالعه ی رفتار پلاسما، اتم ها را از نظر ساختمان داخلی به طور دقیق تری بررسی کنیم. طبق نظریه ی رادرفورد، هر اتم از هسته ای کوچک تشکیل شده است و الکترون ها به‌دور آن روی مدارهای مختلف در حال گردش هستند. برای هر عنصر شیمیائی اتم به خصوصی وجود دارد. در هسته ی اتم دو نوع ذره وجود دارد: پروتون ها که حامل بارهای مثبت هستند و نوترون‌ها که از نظر الکتریکی خنثی می‌باشند الکترون‌ها نیز دارای بار منفی هستند. به ازای هر پروتون موجود در هسته اتم، یک الکترون در مدار دور هسته در گردش است. سبک‌ترین عنصر شیمیایی یعنی هیدروژن شامل یک پروتون در هسته و یک الکترون در مدار آن است که به دور هسته می-گردد. دومین عنصر شیمیایی، هلیوم شامل هسته ای‌است که دو پروتون و دو نوترون دارد و دو الکترون در اطراف هسته آن حرکت می‌کنند

سنگین‌ترین عنصر شیمیایی اورانیوم است که دارای ۹۲ پروتون

و ۱۴۶ نوترون در هسته است و ۹۲ الکترون آن در مدارهای مختلف به دور هسته در گردش اند. در هر اتم، به تعداد پروتون ها، الکترون وجود دارد که مجموعه اتم را از لحاظ بار الکتریکی خنثی نگه می دارد

اما در پلاسما اینطور نیست؛ اگر انرژی کافی به اتم داده شود، یک یا چند الکترون از مدار اطراف هسته آزاد می گردد شبیه یک سفینه فضائی در حال گردش در مدار که با روشن کردن موتور به اعماق فضا حرکت می کند و از زمین دور می شود؛ وقتی یک الکترون از اتم جدا می شود، یکی از پروتون های مثبت داخل هسته، خنثی نشده بر جای می ماند بدین ترتیب الکتریکی خنثی نیست. اتمی که دارای بار مثبت است یون نامیده می شود در شرایط به خصوصی نیز با اضافه کردن یک الکترون به اتم، یون منفی به وجود می آید اما در اینجا تنها یون های مثبت را در نظر می گیریم پس هرگاه به کلمه یون اشاره شد، منظور یون مثبت یعنی باقی مانده ی اتمی است که یک یا چند الکترون از آن جدا شده باشد. فرآیند جدا کردن الکترون ها از اتم، یونش (یونیزاسیون) نامیده می شود

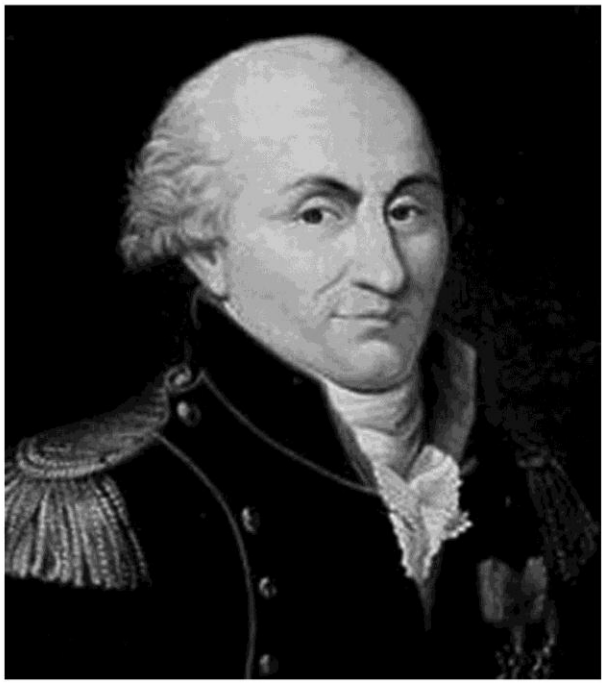
مدت ها قبل از اینکه لانگمویر اصطلاح پلاسما را بکار ببرد، فیزیکدانان به وجود گازهای یونیده پی برده بودند. یکی از معانی پلاسما در فرهنگ لغات گاز یونیده است.

اگر اتمی بیش از یک الکترون داشته باشد، می توان آن را به درجات مختلف یونیده کرد. به عنوان مثال، اتم اکسیژن دارای هشت الکترون است. اگر یک الکترون از دست بدهد، یک¬بار یونیده نامیده می شود اگر دو الکترون از دست بدهد، اتم دوبار یونیده نامیده می شود و به همین ترتیب تا اینکه هشت الکترون خود را از دست بدهد که در آن صورت اتم کاملاً یونیده است. فقط هسته باقی می ماند و از الکترون های آن اثری نیست.

بیشتر پلاسماها به صورت الکترون های آزاد، یون های مثبت و تعدادی اتم های خنثی هستند. محیط پلاسمائی ممکن است اندکی یونیده باشد. یعنی تعداد اتم های خنثی از تعداد یون ها و الکترون های آن افزون باشد؛ یا ممکن است کاملا یونیده باشد و اصلا اتم خنثی نداشته باشد.

چون در برابر هر بار الکتریکی مثبت یک الکترون منفی آزاد وجود دارد، پلاسما در مجموع از نظر الکتریکی خنثی است.

الکترون های آزاد می توانند جریان الکتریکی را منتقل کنند و هم چنین یون ها و الکترون ها می توانند با نیروی الکترومغناطیسی هم آهنگ شده، حرکت نموده، و دارای انرژی شوند. در حقیقت، اختلاف اصلی بین گاز و پلاسما این است که ذرات موجود در پلاسما می توانند نیروهای الکترومغناطیسی بر یکدیگر وارد کنند. ذرات موجود در گازها بر یک دیگر هیچ گونه اثری ندارند و فقط با هم برخورد می کنند اما در پلاسما الکترون ها و یون ها بر یک دیگر نیروی الکترومغناطیسی وارد می کنند این نیروهای جاذبه یا دافعه را نیروی کولنی می نامند که به نام فیزیکدان فرانسوی شارل اگوستین کولن (۱۸۰۶-۱۷۳۶) نام گذاری شده است. کولن درباره نیروهای جاذبه و دافعه الکتریکی تحقیق کرده است.



شکل ۷: فیزیکدان فرانسوی شارل اگوستین کولن

با وجود این تفاوت ها است که پلاسما و گاز از یکدیگر مجزا می شوند پلاسما از بسیاری از خصوصیات گازها برخوردار است. و به علاوه در برابر نیروهای الکترومغناطیسی نیز تأثیرپذیر است.

ساختار پلاسما را مجموعه ای از یون ها، الکترون ها و اتم های خنثی جدا از هم و تقریبا در حال تعادل مکانیکی الکتریکی تشکیل می دهد حالت های خاصی را در مقابل مغناطیس نشان می دهد این رفتارها کاملا برعکس رفتار گازها در مقابل میدان مغناطیسی است زیرا گازها به سبب خنثی بودنشان از لحاظ بار الکتریکی توانایی عکس العمل در مقابل مغناطیس و میدان وابسته به آن را ندارند.

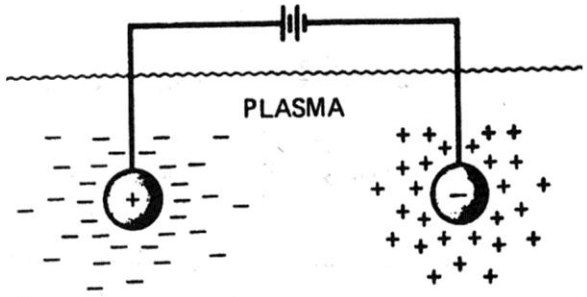
در کنار این رفتار، پلاسما می تواند تحت تأثیر میدان مغناطیسی درونی که از حرکت یون های داخلی به عمل می آید قرار گیرد. هم چنین پلاسما به علت رفتار جمعی که از خود نشان می دهد گرایشی به متأثر شدن در اثر عوامل خارجی ندارد و اغلب طوری رفتار می کند که گویی دارای رفتار مخصوص به خودش است.

معیار دیگر برای پلاسما آن است که فراوانی بارهای مثبت و منفی باید چنان زیاد باشد که هر گونه عدم توازن موضعی بین غلظت های این بارها غیرممکن باشد. مثلا بار مثبت به سرعت بارهای منفی را به سوی خود می کشد تا توازن بار برقرار سازد. بنابراین اگرچه پلاسما به مقدار زیادی بار آزاد دارد، ولی از لحاظ بار الکتریکی خنثی است.

حفاظ دبای

یکی از مشخصات اساسی رفتار پلاسما، توانایی آن برای ایجاد حفاظ در مقابل پتانسیل های الکتریکی است که به آن اعمال

می‌شوند فرض کنید بخواهیم با وارد کردن دو گلوله بارداری که به یک باتری وصل شده اند یک میدان الکتریکی در داخل پلاسما به‌وجود آوریم. این گلوله ها، ذرات یا بارهای مخالف خود را جذب می کنند و تقریبا بلافاصله، ابری از یون‌های مثبت اطراف گلوله منفی و ابری از الکترون‌هااطراف گلوله مثبت را فرا می‌گیرند در شرایط ایستا، رسانای خوب مانع نفوذ میدان الکتریکی به داخل خود می‌شود رسانا را از طریق جمع‌آوردن مقداری بار روی سطح خود، مانع میدان الکتریکی می شود.(شکل ۸)



شکل ۸

در پلاسما هم همین اتفاق می‌افتد. به شرط آن که الکترودها به وسیله ی لایه ای از عایق دی الکتریک، از تماس مستقیم با پلاسما محفوظ نگه داشته شوند، الکترون ها و یون ها انباشته خواهند شد و توزیع بارهای کم و بیش پایایی حول الکترودها تشکیل می دهند و حفاظ میدان های الکتریکی آنها می شوند اگر پلاسما سرد باشد و هیچ‌گونه حرکت حرارتی وجود نداشته باشد، تعداد بار ابر برابر بار گلوله می گردد در این صورت عمل حفاظ کامل می‌شود و هیچ میدان الکتریکی در حجم پلاسما در خارج از ناحیه ابرها وجود نخواهد داشت.

این حفاظ را اصطلاحاً حفاظ دبای (Debye Shielding) می گویند

اگر پلاسما تا دمای زیاد حرارت داده شود، نظم موجود در پلاسما از بین می‌رود و ماده به توده درهم و برهم و کاملا نامنظم ذرات منفرد تبدیل می شود بنابراین پلاسما گاهی نظیر سیال، رفتاری جمعی و گاهی نظیر ذرات منفرد، به‌صورت کاملا تکی عمل می کند.

کاربردهای فناوری پلاسما در صنعت

۱- صنایع مواد

عدم استفاده از گازهای بسیار اشتعال‌پذیر، امکان سوراخ کردن و کندن سطح فلزات به طور خیلی دقیق و سریع، قادر به برش هر نوع فلز با ضخامت‌های کمتر از یک میلی‌متر تا ۱۵اینچ، دمای بالا و تمرکز بالای انرژی، تولید یک لایه نیتریده با سختی و عمق پوسته ی یکنواخت، لایه‌های نیتریدی تولید شده با زبری کمتر، سختی بالاتر در دمای پایین تر

۲- الکترونیک

لایه‌نشانی ترکیبات سیلیکونی قابل استفاده در میکروالکترونیک، اصلاح سطوح، تمیز سازی قطعات با پلاسما، تولید لایه های نازک برای کاربرد در مدارات مجتمع، ساخت کریستال های سیلیکونی، ایجاد لایه‌های نازک گرافن

۳- نفت و پتروشیمی

تبدیل برش های سنگین نفت خام به برش های سبک و با ارزش، گوگردزدایی، تولید بنزین، پردازش پسماندها و تولید استیلن و اتیلن و ... ، تولید هیدروژن به عنوان سوخت ارزشمند، احیای کاتالیست ها

۴- نساجی

افزایش خاصیت ضد چروکی و مقاومت پارچه های پشمی، افزایش آب گریزی برای تولید پارچه های ضد آب و روغن، خواص ضد باکتریایی با پوشش دهی نانوذرات نقره به کمک پلاسما، افزایش شستشوپذیری کتان، ابریشم مصنوعی و پارچه های پلیمری، افزایش آب‌دوستی برای بهبود رنگ پذیری و چاپ، ضد عفونی کردن پارچه های طبی در دمای اتاق، افزایش چسبندگی بین منسوجات و لاستیک

۵- محیط زیست

بازیافت و سوزاندن زباله ها، تصفیه و گندزدایی از آب، تخریب گلخانه‌ها، گازهای سمی خورنده و صنعتی

۶- پزشکی و بیولوژی

استرلیزه کردن لوازم و قطعات پزشکی، ترمیم زخم ها از بین بردن سلول های سرطانی، از بین بردن عفونت چشم، سازگار نمودن ایمپلنت ها برای قرارگیری در بدن انسان، برهم کنش پلاسما و بافت، پردازش خون، پردازش دندان و ضد عفونی کردن آن، سفید کردن دندان، افزایش چسبندگی در پلیمرهای مورد استفاده در پر کردن دندان‌ها از بین بردن باکتری های مغزیجات و آجیل، از بین بردن باکتری ها موجود در پوست تخم‌مرغ و افزایش ماندگاری آن، افزایش ماندگاری مواد خوراکی

۷- مخابرات

آنتن و بازتابنده های پلاسمایی، محافظ پلاسمایی، اختفا پذیری

۸- صنعت هوافضا

پیشرانه‌های الکترواستاتیکی (موتورهای یونی)، پیشرانه‌های الکتروگرمایی، تراسترهای هال، تراستر پلاسمایی پالسی

۹- تولید انرژی

شکافت، همجوشی (گداخت)

منابع:

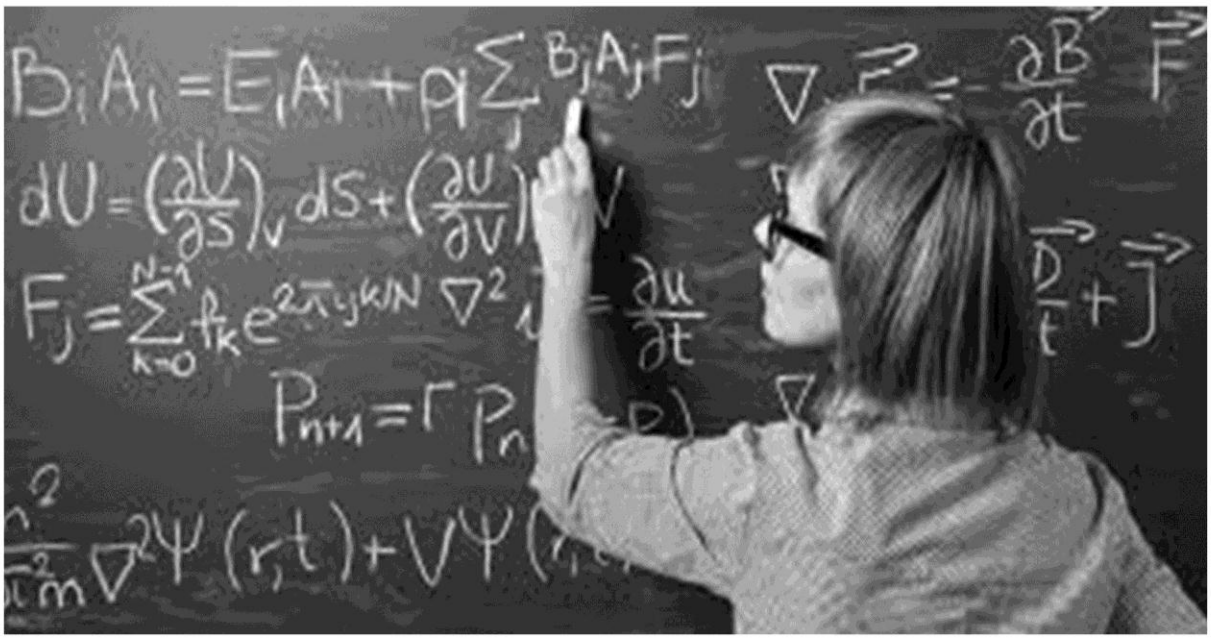
/sbu.ac.ir/Cols/Physics

همجوشی هسته‌ای مقدمه‌ای بر فیزیک وتکنولوژی محصورسازی مغناطیسی همجوشی هسته‌ای

تألیف استیسی، وسون ام

ارتباط فیزیک و ریاضیات

فاطمه فضلی / کارشناسی رشته فیزیک ۹۷
fatemehhh.20000@gmail.com



فیزیک را علم شناخت علوم طبیعی و ریاضیات را زبان علوم طبیعی می دانند.

آیا از این بیان نتیجه می شود که فهمیدن و فهماندن فیزیک بدون ریاضیات امری محال و نشدنی است؟

برخلاف آن چه که فکر میکنیم، همواره این ریاضیات نبوده که باعث گسترش علوم فیزیکی شده بلکه در دوره‌هایی از تاریخ، علم فیزیک باعث تکوین و قوام یافتن ریاضیات و رساندن آن به حد اعلای خود شده است. اما همواره رابطه ی تنگاتنگی ما بین علم فیزیک و ریاضی در طول تاریخ وجود داشته است. در عین حال نقش ریاضیات در رابطه و قانون مند سازی بین اشیاء را نباید فراموش کرد.

فیزیک: علمی است که هدف آن شناخت عالم طبیعت است. فیزیکدانان از دو راه به مطالعه ی طبیعت می پردازند:

*گردآوری داده های به دست آمده از مشاهده، تجربه و آزمایش.

*فرضیه های پشتیبانی شده توسط نظریه ها: در این روش از ریاضیات به عنوان وسیله و ابزار استفاده می شود.

ریاضیات: این علم به دو گروه عمده تقسیم می گردد:

*ریاضیات محض: اثبات در داخل یک نظام صوری شامل قانون های معین و بدون تعبیر فیزیکی است.

*ریاضیات کاربردی: مانند سرعت و شتاب و ... از نشانه‌هایی استفاده می کند که براساس کاربردشان به صورت ریاضی تعبیر می شوند و در سایر علوم به کار برده می شوند.

تفاوت فیزیک و ریاضیات

در فیزیک، نظریه‌ها در تولید فرضیه‌ها به کار گرفته‌ی شوند. بدین ترتیب فرضیه ها مورد آزمون قرار می گیرند و یک چارچوب فضا زمانی برای تعریف نظریه ایجاد می کنند ولی در ریاضیات، نظریه ها با طرح‌های منطقی مجرد سر و کار دارند و برای آن‌ها چارچوب فضا زمانی در نظر گرفته نمی شود از این رو مطالعات ریاضیاتی محدودیت های موجود در فیزیک، محدودیت های تطابق با جهت اطراف را ندارد و ریاضیدان، خود قاعده‌ها را انتخاب کرده و رابطه ها را اثبات می کند

ظهور ریاضیات در علم جدید

به‌طور کلی دو دوره‌ی مهم را می توان در تعامل فیزیک و ریاضیات با یک‌دیگر نام برد:

۱. پیش از فیزیک کوانتومی

مشاهیر بزرگ ریاضی همانند نیوتن، لایب نیتس، لاگرانژ، پاسکال، گاوس و... در آغاز پیدایش علم جدید (قرن هفدهم تا نوزدهم) همگی فیزیکدان‌های برجسته‌ای بودند. بنابراین در بحث پیدایش فیزیک، ریاضیات دخالت داشت. از طرف دیگر فیزیکدان ها بر حسب نیازهای خود در فیزیک به کشف حیطه‌های جدیدی در ریاضیات پرداختند. مانند مکانیک تحلیلی که منشاء پیدایش حساب متغیرها و یکی از پیش درآمدهای نظریه ی معادلات دیفرانسیل شد.

هم‌چنین معادله‌ی دیفرانسیل موسوم به گرما، زمینه ساز نظریه ی سری فوریه شد که به نوبه‌ی خود زمینه‌ساز نظریه‌ی فضای هیلبرت در مبحث مکانیک کوانتومی گردید یا نظریه ی احتمال که برای تعیین راهبرد سرگرمی های قمار تعبیر شده بود؛ بعدها در ترمودینامیک کوانتومی مورد استفاده قرار گرفت. هندسه ی ریمانی نیز که در نظریه‌ی نسبیت عام مورد استفاده قرار می گیرد چنین است. گاهی نیز مباحث فیزیک حوزه های جدید در ریاضی به وجود آورده اند مانند مفهوم تقارن آینه ای در نظریه ی ریسمان سبب ایجاد حوزه‌ای در ریاضیات به نام هندسه ی جبری گردید.

۲.در دوره ی پیدایش فیزیک کوانتومی

در این دوره، ریاضیات نقش حاکمیت و برتری بر شهود فیزیکی پیدا می کند در این زمان (اوایل قرن بیستم) فیزیکدان ها وقتی در برداشت رئالیستی (واقع گرایی) از نظر کوانتومی، دچار مشکل شدند به سراغ ریاضیات رفتند تا بتوانند صورت بندی ریاضی برای توجیه آن پیدا کنند. هایزنبرگ، شرودینگر و بور از پیشگامان آن بودند؛ به‌طوری که این صورت‌بندی پاسخ همه ی پرسش های تجربی را بدهد و با این کار دیگر نیازی به فهم شهودی فرضیه ها و قضایا نبود. از این زمان ریاضی بر فیزیک حاکم شد.

هر چند که دانشمندان بزرگی مانند شرودینگر و اینشتین مخالف این صورت بندی شدند. اینشتین معتقد بود که تعاملی بین نظریه و تجربه باید وجود داشته باشد؛ اما طرفداران صورت بندی ریاضی نظریه ی کوانتومی معتقدند که تجربه ی انسانی محدود بوده و زمانش فرا رسیده که شهود فیزیکی کنار گذاشته شود. شعار این دوره از تاریخ فیزیک برابر بود با" داوری نهایی یعنی سازگاری ریاضی"

نظر برخی از دانشمندان در مورد تعامل فیزیک و ریاضی:

گالیلئو گالیله: «جهانی که همواره در معرض دید ما قرار دارد به مانند یک کتاب عظیم نوشته شده است، اما این کتاب را نمی توان آموخت مگر آن که شخص در ابتدا زبان و حروفی که با آن نوشته شده است را فراگیرد. آن کتاب (جهان) به زبان ریاضیات نوشته شده و حروف آن، مثلث‌ها، دایره‌ها و سایر اشکال هندسی هستند که بدون آن‌ها انسان ها نمی-توانند یک واژه ی آن را بفهمند.»

نیلز بور: «ریاضیات، علم ساختارهاست و تمام چارچوب های ممکن برای پیدا کردن رابطه‌های پدیده‌ها را به ما می-دهد.»

نگرش و نتیجه گیری کلی:

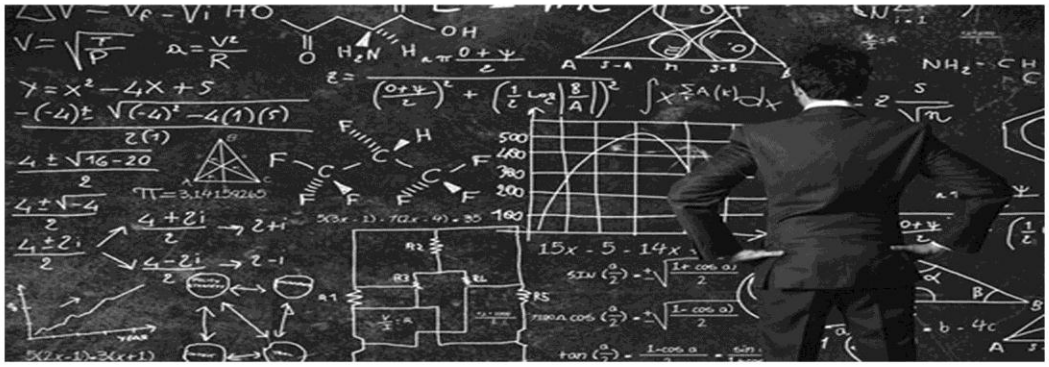
فیزیک علمی است که قوانین حاکم بر جهان طبیعت را به صورت مدون بیان می کند بنابراین برای ارائه ی این قوانین به-صورت معادلات و روابط ریاضی، لازم است که یک فیزیکدان با اصول و قوانین اساسی ریاضی آشنا باشد. البته در بعضی از علوم دیگر مانند شیمی نیز این ضرورت احساس می شود؛ ولی اغراق آمیز نیست بگوییم که ریاضیات به-عنوان الفبای فیزیک می باشد و همواره رابطه ی تنگاتنگی میان فیزیک و راضی وجود دارد. این ضرورت سبب شده است که درسی تحت عنوان روش های ریاضی در فیزیک ایجاد شود.

اگر تاریخچه پیدایش علوم را مورد توجه قرار دهیم، ملاحظه می گردد که فیزیک و ریاضی معمولا پا به پای هم گسترش و رشد یافته اند و اکثر فیزیکدانان قدیمی، ریاضیدان نیز بوده اند به عنوان مثال می توان به اسحاق نیوتن، گالیله و دیگران اشاره کرد. علاوه بر این هر مبحث فیزیک را که مورد نظر قرار دهیم، ملاحظه می کنیم به نوعی رد پایی از ریاضیات در آن وجود دارد. به فرض اگر مبحث سینماتیک حرکت را مورد توجه قرار دهیم، خواهیم دید که اگر بخواهیم سرعت و یا شتاب را تعریف کنیم، بایستی با قوانین مشتق گیری آشنا باشیم تا بتوانیم بگوییم که مشتق مکان در هر لحظه برابر سرعت لحظه ای و مشتق سرعت در هر لحظه، شتاب لحظه‌ای خواهد بود.

در آخر می توان گفت فیزیک علم شناخت طبیعت و قوانین حاکم بر آن می باشد و ریاضیات در مرتبط سازی این قوانین و قابل فهم کردن آن‌ها و ساده‌سازی و انتقال بهتر مفاهیم در تاریخ ایفای نقش کرده است و این دو علم جدایی ناپذیرند. همان طور که انیشتین گفته: « فیزیک اساسا یک علم مشاهده مدار و قابل لمس است و ریاضیات صرفا وسیله و ابزاری برای بیان قوانین حاکم بر پدیده هاست.»

منابع:

شبکه فیزیک هوپا (انجمن فیزیکدانان جوان ایران)
سایت علمی بیگ بنگ

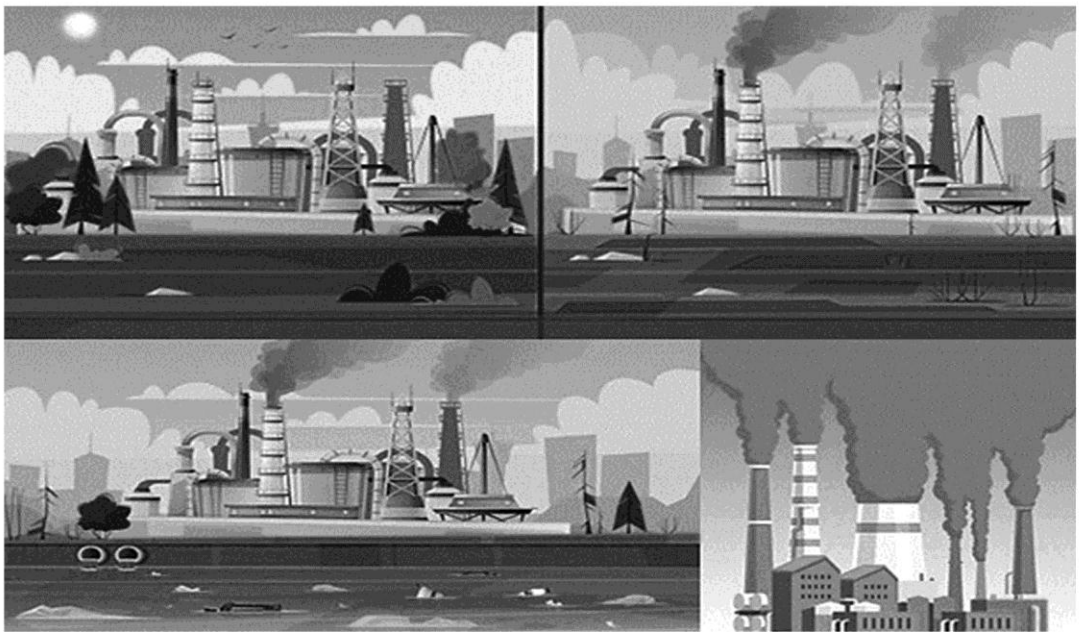


گزارشی کوتاه از گاز سولفور دی اکسید و منابع آن

نسترن مظفری / کارشناس ارشد
مهندسی محیط زیست - آلودگی هوا
mozafarinastaran@gmail.com

مقدمه

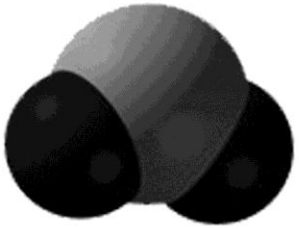
امروزه به‌علت صنعتی شدن شهرها و فعالیت‌های انسانی و طبیعی، روزانه میزان زیادی آلاینده های شیمیایی خطرناک وارد محیط زیست می شوند و در نهایت موجب بروز اثرات نامطلوب بر سلامتی افزاد و محیط زیست می گردند بسیاری از شهرهای مهم دنیا با مشکلات محیط زیست مواجه هستند که در رأس آن ها آلودگی هوا و آب قرار گرفته است. مهم ترین آلاینده های شاخص کیفیت هوا عبارتند از ازن، اکسیدهای گوگرد، مونواکسیدکربن، اکسیدهای نیتروژن، دی اکسیدکربن و ذرات معلق هوا می باشند[۱] براساس استانداردهای هوای پاک ارائه شده توسط سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا، ماکزیمم غلظت برای گازهای سمی مونواکسیدکربن، دی اکسید نیتروژن و دی اکسید گوگرد به ترتیب هشت، یک ۲۴ ساعته اعلام شده است. [۲،۳] در این شماره به توضیحات کلیدی و مختصر درباره گاز سمی سولفور دی اکسید پرداخته و در شماره ی بعدی به یکی از روش های حذف این گاز از محیط هوا (روش جذب سطحی) پرداخته خواهد شد.



شکل شماره ۱. تصویر آلودگی هوا ناشی از صنایع.

سولفور دی اکسید چیست؟

به طور کلی سولفور اکسیدها شامل سولفور دی اکسید (SO_2) ، سولفور تری اکسید (SO_3) و سولفوریک اسید (H_2SO_4) می باشد سولفور دی اکسید یک گاز بی‌رنگ، سمی به همراه بو و مزه‌ی تند و زننده می‌باشد که از دو اتم اکسیژن و یک اتم گوگرد تشکیل شده است. این گاز به‌راحتی در آب حلال است؛ بنابراین این یکی از ویژگی های مهم این گاز است زیرا باعث پراکندگی بیشتر این گاز می گردد.



شکل شماره ۲. اتم سولفوردی اکسید

طبق واکنش های زیر، وقتی یک اتم اکسیژن با اتم گوگرد در اتمسفر واکنش نشان می دهد باعث تشکیل مونواکسید گوگرد و رها شدن یک اتم گوگرد می شود. سپس اتم اکسیژن دوباره با ترکیبات گوگرد دار (در اینجا: مونواکسید گوگرد) واکنش میدهد و سولفور دی اکسید را به‌وجود می آورد در ادامه ی‌واکنش های بین اتم اکسیژن و سولفور دی اکسید، سولفور تری اکسید به-وجود می آید بنابراین، نتیجه‌ای که در این واکنش ها می توان گرفت این است که اتم اکسیژن و رادیکال های هیدروکسیل نقش بسیار مهمی در توسعه‌ی زنجیره‌ی خانواده‌ی اکسیدهای گوگرد ایفا می‌کنند [۴]

$$O + S_2 = SO + S$$
$$O + SO = SO_2$$
$$O + SO_2 = SO_3$$

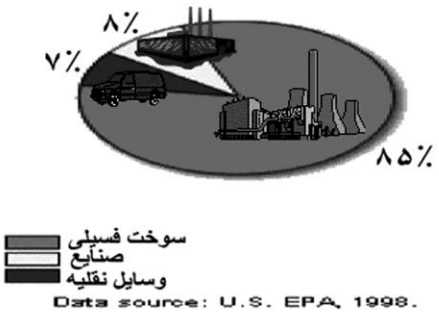
منابع سولفور دی اکسید چیست؟

به¬طور کلی منابع گاز سولفور دی اکسید به دو دسته ی کلی ۱.منابع انسانی ۲.منابع طبیعی تقسیم می شوند منابع انسانی نیز به چهار دسته کلی ۱. نقطه‌ای ۲.غیر نقطه‌ای ۳.جاده ای ۴.غیر جاده ای تقسیم می گردند که از بین سوزاندن سوخت های فسیلی شامل زغال، روغن های صنعتی و گازهای طبیعی از اهمیت ویژه ای برخودارند.

طبق دسته‌بندی بالا، منابع انتشار گاز سولفور دی اکسید نقطه‌ای شامل تولید جریان برق و انرژی از سوخت فسیلی و کارخانه ها، منابع غیر نقطه‌ای شامل خشک شویی ها، پمپ بنزین ها می باشند منابع جاده ای نیز شامل وسایل نقلیه ی موتوری و منابع غیرجاده ای شامل تجهیزات باغبانی، تفریحی، ساخت وساز و لوکوموتیوها می باشند

شکل ۳. منابع انسانی سولفور دی اکسید

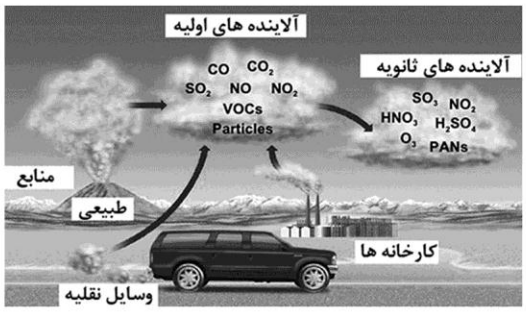
همچنین طبق نمودار آماری زیر که نشان‌دهنده‌ی سه عامل مهم در انتشار گاز سولفور دی اکسید است، استفاده از سوخت های فسیلی بیشتری درصد دخالت را به خود اختصاص داده است و دو عامل صنایع و وسایل نقیله به ترتیب سهم کمتری را در توسعه و نشر گاز سولفور دی اکسید را دارند. [۵،۶]



شکل ۴. درصد سه منابع انسانی مهم در انتشار گاز سولفور دی اکسید

منابع طبیعی نیز شامل انفجار کوه های آتشفشانی که باعث انتشاز گازهای ۹۰٪ آب و ۱-۱۰ ٪ دی اکسید کربن و سولفور دی اکسید می شوند و تولید ترکیبات گوگرددار حاصل فعالیت فعالیت‌های بیولوژیکی توسط فیتوپلانکتون‌ها می‌باشد. [۷]

شکل ۵. منابع طبیعی سولفور دی اکسید



شکل ۶. طبقه‌بندی آلاینده‌های هوا

تصویر بالا نشان‌دهنده‌ی آلاینده‌های هوا بر اساس منشاء آنها است که به دو دسته‌ی کلی آلاینده‌های اولیه و آلاینده‌های ثانویه تقسیم می‌گردند طبق تصویر بالا، گاز سولفور دی اکسید جزء آلاینده‌های اولیه می‌باشد و طبق تعریف کلی آلاینده‌های اولیه، این آلاینده‌ها پس از انتشار از منابع‌شان به اتمسفر، علاوه بر تأثیرات منفی‌شان بر انسان ها و سایر موجودات زنده و محیط زیست، باعث تولید آلاینده های ثانویه می شوند که این آلاینده‌ها نیز تأثیرات مخربی و منفی را بر محیط زیست، انسان ها و سایر موجودات زنده دارند. [۸]

آلاینده های اولیه	آلاینده های ثانویه
ذرات معلق	فرمالدئید
ترکیبات سولفور (SO_x)	پرکسی استیل نیترات (PAN)
اکسیدهای نیتروژن (NO_x)	اسماگ فتوشیمیایی
منواکسیدکربن (CO)	ازن
ترکیبات آلی فرار	
ترکیبات هالوژنه	
ترکیبات رادیواکتیو	

جدول ۱. طبقه‌بندی آلاینده‌های هوا

مضرات گاز سولفور دی اکسید چیست؟

به‌طورکلی گاز سولفور دی اکسید یک گاز سمی است که باعث بروز مشکلات تنفسی بخصوص برای افرادی که آسم دارند یا افراد مسن و کودکان می گردد این گاز می تواند باعث بروز

علائمی از قبیل تنگی قفسه سینه، سرفه و خس خس سینه شود. آسیب به شش ها و در نهایت بروز بیماری های قلبی و تنفسی از دیگر عوارض این گاز می باشد [۹]

از دیگر خسارات این گاز می توان به آسیب آن به محیط زیست اشاره کرد. گاز سولفور دی اکسید می تواند باعث ایجاد باران-های اسیدی می گردد که در نهایت باعث اسیدی کردن دریاچه ها و رودخانه ها از بین رفتن اکوسیستم آبی، آسیب به درختان و گیاهان با اسیدی کردن خاک و هم چنین فرسوده ساختن ساختمان ها و ساخت وسازهایی که از مواد حاوی کربنات کلسیم ساخته شده اند می گردد از دیگر عوارض این گاز، انتشار آن به صورت دود سیاه می باشد که به علت همراه شدن با ذرات معلق زیر، میزان اثرات زیان آور و مخرب شان افزایش می یابد هم چنین، گاز سولفور دی اکسید به عنوان یک آلاینده ی اولیه باعث ایجاد آلاینده های ثانویه از جمله اوزون می شود بنابراین، با ایجاد و افزایش غلظت اوزون در اتمسفر، این آلاینده باعث ایجاد لکه های زرد رنگ بر روی برگ گیاهان و درختان، کوتاه کردن پروسه ی رشد درختان و گیاهان می شود [۱۰]

نتیجه گیری:

با توجه به افزایش روزافزون صنایع مختلف و افزایش فعالیت های انسانی و به موجب آن اختلال در اکوسیستم، سلامتی انسان ها سایر موجودات زنده و محیط زیست، آلودگی های زیست محیطی از اهمیت بسیاری برخودار است. این آلاینده ها نقش کلیدی در آلوده سازی و تخریب هوا، آب و خاک داشته اند. از آلاینده های مهم در آلودگی هوا می توان به گازهای سمی مونواکسید کربن، ازون، دی اکسیدکربن، اکسیدهای گوگرد، اکسیدهای نیتروژن و ذرات معلق اشاره کرد. که از بین آن ها بیش ترین سهم متعلق به مونواکسیدکربن، ازون و اکسیدهای گوگرد می باشد. گاز دی اکسید گوگرد، گازی سمی، یا بو و مزه تند که تأثیرات مخرب و مضر بر سلامتی و محیط زیست داشته است، روزانه به علت استفاده از سوخت های فسیلی، وسایل نقلیه و درصد کمی از فعالیت های طبیعی، منتشر می گردد این گاز که خود یک آلاینده ی اولیه به شمار می رود می تواند باعث ایجاد آلاینده های ثانویه و در نتیجه ایجاد تأثیرات مخرب بیشتری بر محیط زیست و سلامتی گردد. از منابع این گاز می توان به منابع انشانی شامل وسایل نقلیه، صنایع سوخت های فسیلی به عنوان منابع مهم و منابع طبیعی شامل کوه های آتشفشانی، فعالیت های میکروارگانیسم ها و آتش سوزی جنگل ها می باشند از اثرات این گاز هم می توان به تأثیر بر سیستم های تنفسی انسان ها، ایجاد باران های اسیدی، تأثیر بر دریاچه ها، درخت ها و گیاهان و غیره اشاره کرد.

شکل ۷. اثرات سولفور دی اکسید بر انسان ها و محیط زیست

مراجع:

[۱] Piraino F, Aina R, Palin L, Prato N, Sgorbati S, Santagostino A, et al. Air quality biomonitoring: assessment of air pollution genotoxicity in the Province of Novara (North Italy) by using Trifolium repens L. and molecular markers. Science of The Total Environment ;۲۰۰۶ ۵۹-۳۵۰:(۱)۳۷۲

[۲] Ardakani S, Esmaeili A.Determination of the air quality in the Tehran in ۲۰۰۴. Proccedings of ۱۰th National Conference on Environmental Health Engineering ۲۰۰۴ Oct. ۱۲-۱۰; Hamedan, Iran. p:۹۹-۷۹۴ (In Persian).

[۳] US EPA. National Ambient Air Quality Standards: The Criteria Pollutants. Washington (DC): United State Environmental Protection Agency; ۱۹۹۷.

[۴] LAWTHER, P.J. ET AL. Pulmonary function and sulfur dioxide, some preliminary findings. Environmental research, ۱۹۷۵) ۳۶۷–۳۵۵ :۱۰).

[۵]. Zallaghi E, Goudarzi GR, Geravandi S, et al. An estimation of respiratory deaths and COPD related to SO۲ pollutant in Tabriz, northwest of Iran (۲۰۱۱). Razi J Med Sci ۵۰-۴۴ :(۱۳۱)۲۲ ;۲۰۱۵. (Persian)

[۶] D.W. Zhao, J.L Xiong, Y. Xu, Walter H. Chan, Acid Rain in Southwestern China, Atmospheric Environment. ۳۵۸-۳۴۹ (۱۹۸۸) ۲۲.

[۷] BETHEL, R.A. ET AL. Effect of exercise rate and route of inhalation on sulfur dioxide induced bronchoconstriction in asthmatic subjects. American review of respiratory disease, ۱۹۸۳) ۵۹۶–۵۹۲ :۱۲۸).

[۸] Malviya DK. Adverse Health Effect of Air Pollution-A Review. International Journal of Research. ۹-۳۸۶:(۴)۳;۲۰۱۶.

[۹] SAMET, J.M. ET AL. The association of mortality and particulate air pollution. In: Particulate air pollution and daily mortality. Replication and validation of selected studies. The Phase I report of the particle epidemiology evaluation project. Boston, MA, Health Effects Institute, ۱۹۹۵.

[۱۰] LINN, W.S. ET AL. Replicated dose–response study of sulfur dioxide effects in normal, atopic and asthmatic volunteers. American review of respiratory disease, ۱۹۸۷) ۱۱۳۴–۱۱۲۷ :۱۳۶).

مروری بر لایه های نازک

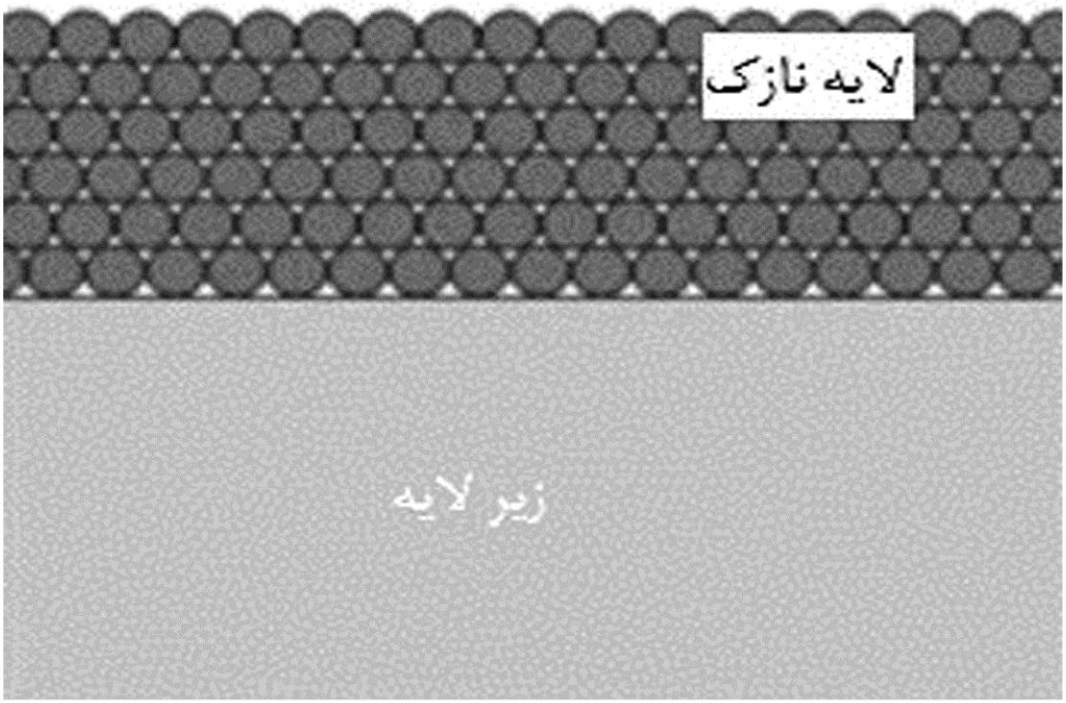
نیلوفر مظفری / کارشناس ارشد فیزیک، حالت جامد
Mzfphysics1991@yahoo.com

مقدمه

لایه های نازک در عرصه ی فناوری نانو دارای جایگاه ویژه ای می باشند تاریخچه استفاده از لایه های نازک، به ویژه لایه های نازک فلزی مانند آب کاری طلا به ۳۴۰۰ سال پیش بر می گردد اولین لایه ی نازک در سال ۱۸۳۸ به روش الکترولیز ساخته شد. در سال ۱۸۵۲ بونسن و گروو به ترتیب به کمک روش واکنش شیمیایی و کندوپاش لایه‌های نازکی را تهیه کردند. در سال ۱۸۵۷ فارادی از طریق تبخیر حرارتی سیم حامل جریان، لایه‌های نازک فلزی تهیه کرد [۱]. امروزه لایه‌های نازک به‌علت خصوصیات بی‌نظیر آن‌ها در تحقق اهداف کاربردی چه از نظر علمی و چه از نظر فناوری بسیار مورد استفاده قرار می گیرند. لایه های نازک در مدارات میکروالکترونیک و آپتوالکترونیک، ساخت افزاره‌های نوری، آینه‌های لیزری، قطعات آکوستیکی، حباب‌های مغناطیسی و سلول‌های خورشیدی کاربرد دارند [۱و۲]. با در نظر گرفتن خصوصیات ویژه و کاربردهای متعدد لایه‌های نازک می وان پیش‌بینی کرد که در آینده، بیشتر دستگاه‌ها منحصرا با لایه‌های نازک ساخته می‌شوند

معرفی لایه‌های نازک

لایه ی نازک، لایه ای از مواد است که به صورت پوششی بر روی سطح یا ماده دیگر قرار گرفته، و خواص الکتریکی، فیزیکی، و مکانیکی جدیدی را ایجاد می کند[۱]. در فیزیک حالت جامد، هنگامی که تراکم مشخصی از ماده در قالب یک آرایش دو بعدی روی سطح زیرلایه‌ای بنشیند، پوششی ایجاد می کندکه به آن لایه می گویند [۳]. شکل (۱) شماتیک ساختار لایه و زیر لایه را نشان می دهد.



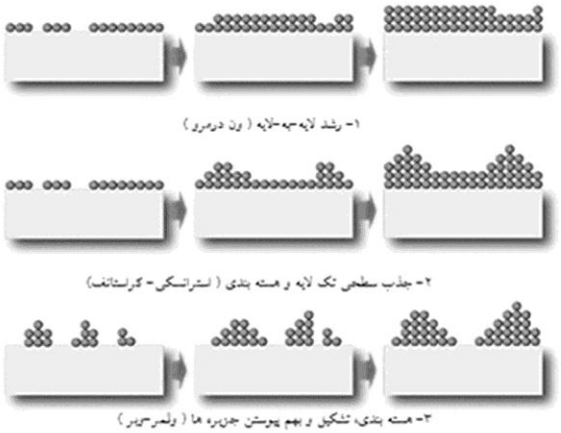
شکل (۱) شماتیک ساختار لایه و زیرلایه[۴]

۱ Thin Films
۲ Electrolysis
۳ Bunsen
۴ Grove
۵ Chemical Reaction
۶ Sputtering
۷ Faraday

فرآیند تشکیل لایه های نازک

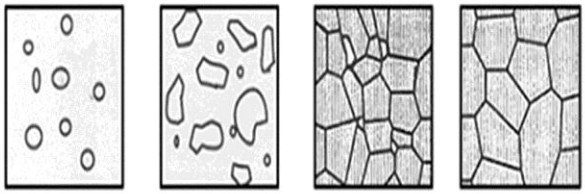
به طور کلی، خواص فیزیکی لایه نازک روی زیرلایه به ویژه از نظر ساختار و مورفولوژی در مقایسه با ماده بالک متفاوت می باشد شرایط لایه-نشانی می تواند روی ویژگی هایی نظیر اندازه دانه، شکل، و جهت تأثیر گذارد [۳]. برای تشکیل لایه، ماده اولیه ۳ مرحله را طی می کند در مرحله ی اول، ماده ی اولیه به اتم، مولکول و یا یون تبدیل می شود سپس در مرحله ی دوم، فاصله ی بین منبع تا زیرلایه را طی می کند و در مرحله ی آخر، چگالش ذرات بر روی زیرلایه و تشکیل یک لایه جامد صورت می گیرد[۴].

به طور معمول سازوکار چگالش لایه ی نازک را بسته به شدت برهم کنش بین اتم های لایه و زیرلایه می توان به صورت زیر دسته بندی کرد: ۱- رشد لایه-به-لایه (ون در مرو)، ۲- جذب سطحی تک لایه و هسته بندی روی لایه (استرانسکی-کراستانف)، ۳- هسته‌بندی سه بعدی، تشکیل، رشد و به هم پیوستن جزیره ها (ولمر-وبر)[۵و۲]. شکل (۲) نمایی از رشد لایه های نازک را نشان می دهد



شکل (۲) نمایی از انواع رشد لایه های نازک [۶]

در بیشتر موارد، رشد لایه ها طبق سازوکار ۳ صورت می گیرد. به طور خلاصه، رشد لایه ها را می توان به صورت زیر شرح داد: هنگامی که اتم-ها به سطح زیرلایه برخورد می کنند جذب سطح می‌شوند اتم‌هایی که به تعادل حرارتی نرسیده اند به وسیله ی انرژی حرارتی سطح و یا انرژی خود شروع به حرکت می کنند و ممکن است با اتم های دیگر روی سطح برهم کنش داشته و خوشه های اتمی را تشکیل دهند. اگر اندازه‌ی خوشه ها بزرگ و از لحاظ ترمودینامیکی پایدار باشند، هسته سازی رخ می دهد. شکل (۳) فرآیند جذب اتمی و تشکیل لایه را نشان می دهد



شکل (۳) فرآیند جذب اتمی و تشکیل لایه[۵]

یک هسته می تواند منطبق بر سطح زیرلایه به وسیله پخش سطحی رشد کند. هنگامی که تعداد و اندازه‌ی هسته‌های رشد یافته افزایش یابد و به حالت اشباع برسد، منجر به تشکیل جزیره می شود در مرحله ی بعد، جزایر کوچک به هم متصل می شوند و جزایر بزرگتری را تشکیل می-دهند. به علت متصل شدن جزایر کوچک به هم در روی سطح زیرلایه، کانال ها و حفره هایی ایجاد می شود که در نهایت با پر شدن کانال ها و حفره ها یک لایه ی پیوسته به وجود می آید[۱و۷].

در شماره-ی بعدی نشریه ی سای، منتظر مقاله ای در زمینه ی خواص و کاربردهای وسیع لایه های نازک باشید.

مراجع:

[۱] میرعباس زاده، کاووس، (۱۳۸۱) ، کتاب تکنولوژی ساخت لایه های نازک و کاربردهای آن، انتشارات دانشگاه امیرکبیر

[۲] اکرتوا، لودمیلا، (۱۹۹۰) ، کتاب فیزیک لایه های نازک، ترجمه سوالونی، هادی، (۱۳۸۵) ، انتشارات مرکز نشر دانشگاهی

[۳]N. Abdul Aziz, Titanium Dioxide (TiO_2) Sol Gel Coating on ۳۱۶L Stainless Steel Thesis (۲۰۱۴)

[۴] L. Besra, et al. Prog. Mater. Sci ۶۱-۵۲:۱, (۲۰۰۷)

[۵] مجموعه مقالات سایت باشگاه نانو

[۶] K. Wasa, Thin film materials technology (۲۰۰۴)

[۷] http://slideplayer.com/slide/۹۷۳۸۱۷۵/

۱ Van der Merwe
۲ Stranski-Krastanov
۳ Volmer-Weber

صبا طاهرپور | کارشناسی فیزیک ۹۶
Sabataher1999@gmail.com

ولفگانگ ارنست پائولی[۱]

ولفگانگ ارنست پائولی، فیزیک دان سرشناس سوئیسی، فرزند ولفگانگ پاولی در سال ۱۹۰۰ متولد شد. اگرچه پدرش یک شیمی دان مشهور بود ولی پدرخوانده‌اش، ارنست ماخ، فیلسوف و فیزیک دان برجسته ی اتریشی نقش مهمی در زندگی علمی وی داشت. او فعالیت‌های علمی خود را با دستیاری فیزیک دان به‌نام آن زمان، ماکس بورن، شروع کرد. سپس با تلاش‌های بسیار به جمع فیزیک دانان کپنهاگ پیوست و نیلز بور، برنده جایزه نوبل سال ۱۹۲۲، او را به‌عنوان دستیار خود انتخاب کرد.

پائولی تحصیلات خود را از دبیرستان فنی فدرال زوریخ و مرکز فیزیک نظری شروع کرد. در زمان جنگ جهانی دوم، وی برای ادامه تحصیل به مؤسسه مطالعات پیشرفته‌ی پرینستون رفت. پائولی و هایزنبرگ از برجسته‌ترین شاگردان زومرفلد (دانشمند پیشرو در توسعه فیزیک اتمی و کوانتومی) بودند. پائولی مقاله ی دانشجویی خود تحت عنوان "تئوری نسبیت" را برای "دایره الم عارف ریاضی" نوشت که تا به امروز، یکی از بهترین ارائه‌ها در این حوزه به شمار می‌رود. او نقش مهمی در تفسیر بور از طیف‌های اتمی ازنظر تئوری کوانتومی داشت و اولین کسی بود که به سه عدد کوانتومی موجود، عدد چهارم را نیز به الکترون نسبت داد ($s = \pm 1/2$) که بعدها گودسمیت و اولنبک آن را تحت عنوان "تکانه‌ی زاویه‌ای (اسپین)" نام‌گذاری کردند. این امر باعث شد پائولی در سال ۱۹۲۵ اصل معروف خود را که به اصل "طرد پاولی" معروف است را مطرح کند که از روی حقایق تجربی در مورد طیف‌های اتمی (از هلیوم و سایر اتم‌ها) به وجود آمده است و یکی از عمومی‌ترین قوانین نظریه کوانتوم شد. بور از این موضوع به‌عنوان ابزاری مهم در توضیح سیستم دوره‌ای عناصر کمک گرفت. بعدازاین، پائولی پیوند نزدیک بین اصل خود و آمار مجموعه‌ها را نشان داد، یعنی ذرات با چرخش با ضریب صحیح (فوتون ، مزون)، آمار بوز-انیشتین و ذرات با چرخش با ضریب نیمه صحیح (الکترون، پروتون)، آمار فرمی_ دیراک را برآورده می‌کنند.

همه‌ی این سعی و تلاش‌ها باعث شد تا سرانجام، در سال ۱۹۴۵ جایزه نوبل فیزیک به اصل طرد پائولی تعلق بگیرد.

"قاعده پاولی"، "قاعده غیر امکان" یا" اصل طرد پاولی"[۲] اصلی در مکانیک کوانتومی است. این قاعده‌ی بسیار مهم می گوید که در یک سیستم کوانتومی، دو یا چند فرمیون همسان(مثلا دو الکترون) نمی‌توانند هم‌زمان حالت کوانتومی یکسانی داشته باشند. به‌طور مثال برای الکترون‌های یک اتم، با توجه به این اصل، چهار عدد کوانتومی هیچ دوالکترونی یکی نیست، یعنی مثلا اگر n, l و ml دو الکترون یکی باشد، ms به‌ناچار برای آن دو متفاوت خواهد بود. به‌عبارت‌دیگر، این اصل

شکل ۱ ولفگانگ ارنست پائولی

در شکل دقیق‌تر خود می‌گوید که تابع موج کلی برای دو فرمیون حتما باید پادمتقارن باشد. از نتایج مهم این قاعده این است که برای فرمیون‌ها هیچ چگالشی وجود ندارد.

اصل طرد پاولی یکی از مهم‌ترین اصل‌های فیزیک محسوب می شود. بعدها، این اصل برای همه‌ی ذرات تعمیم داده شد که الکترون فقط یکی از آن‌ها است. ذرات زیر اتمی بر اساس رفتار آماری خود در دوطبقه قرار می‌گیرند؛ ذراتی که اصل طرد پائولی در آن اعمال می‌شود، فرمیون و آن‌هایی که از این اصل پیروی نمی‌کنند، بوزون نامیده می‌شوند. هنگامی‌که فرمیون‌ها در یک سیستم بسته، مانند اتم برای الکترون‌ها یا هسته برای پروتون‌ها و نوترون‌ها توزیع می‌شوند، به‌گونه‌ای که یک حالت معین در یک‌زمان فقط توسط یکی اشغال می‌شود. ذراتی که از اصل طرد پیروی می‌کنند، از مقدار مشخصی اسپین یا حرکت زاویه‌ای ذاتی برخوردار هستند. اسپین آن‌ها همیشه ضریب فردی از $1/2$ است. اوربیتالی که توسط یک جفت الکترون با اسپین مخالف اشغال‌شده است، تا زمانی که یکی از جفت‌های اوربیتالی خالی نشود، دیگر الکترونی وارد آن نمی‌شود. یک بیان دیگر از اصل طرد همان‌طور که در مورد الکترون‌های اتمی اعمال می‌شود، بیان می‌کند که هیچ دوالکترونی نمی‌توانند مقادیر یکسانی از هر چهار عدد کوانتومی را داشته باشند.

اصل طرد پاولی توضیح‌دهنده بسیاری از ویژگی‌های ماده است و بسیاری از پدیده‌های فیزیکی را توضیح می‌دهد. یکی از این پدیده‌ها وجود لایه‌های الکترونی در اتم‌ها و قاعده به اشتراک

---

۱ Wolfgang Ernst Pauli
۲ Pauli exclusion principle

گذاشتن الکترون‌ها است. هر اتم خنثی چندین الکترون دارد و از آن‌جا که الکترون‌ها، فرمیون هستند، اصل طرد پاولی نمی گذارد که همه‌شان در یک حالت کوانتومی به دو ر هسته‌اتم جمع شوند؛ بنابراین الکترون‌ها یکی پس از دیگری روی‌هم قرار می‌گیرند. به همین دلیل عناصر شیمیایی گوناگون پدید می‌آید و پیوندهای بین آن‌ها این‌چنین گوناگون می‌شود.

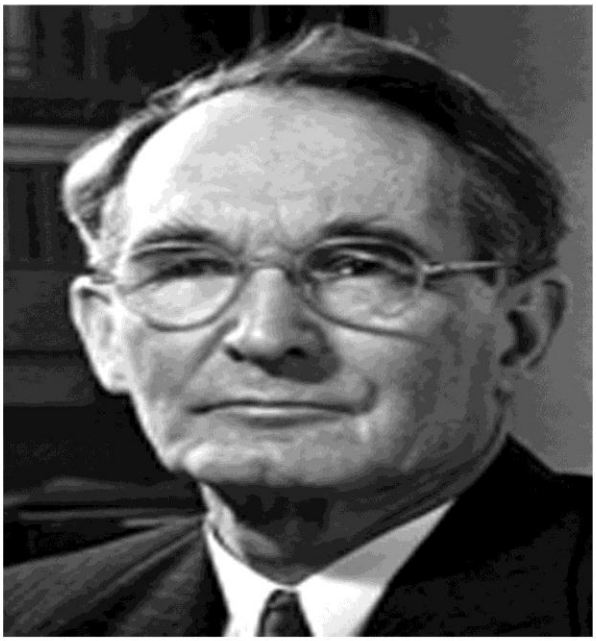
پرسی ویلیام بریجمن[۳]

پرسی ویلیام بریجمن در سال ۱۸۸۲ زاده شد و در سال ۱۹۶۱ درگذشت. او یک فیزیک‌دان آمریکایی بود که در سال ۱۹۰۰ وارد دانشگاه هاروارد شد، سال ۱۹۰۸ مدرک دکترایش را گرفت و تا زمان بازنشستگی، در همین دانشگاه تدریس کرد. او تحقیقات زیادی در ارتباط فشار شدید بر روی اجسام کرد. بریجمن بعد از مدتی درگیری با سرطان متاستاز ، با شلیک گلوله خودکشی کرد.

پروفسور پرسی ویلیامز بریجمن، به دلیل تحقیقات جامع خود در مورد خواص ماده در فشارهای بسیار زیاد، که از سال ۱۹۰۶ آغاز شده بود، برنده جایزه نوبل فیزیک برای سال ۱۹۴۶ شد. این موضوع چنان پر اهمیت بود که باقدرت بی‌حد و حصر تا به امروز ادامه دارد. او با کاربردهای ابتکاری و با استفاده آگاهانه از فولادهای جدید، دامنه ی فشارهایی را که در آن می‌توان اندازه‌گیری‌های منظم تا ۳۰۰۰ اتمسفر انجام داد با توجه به حد مجاز طبق قانون حجم جزئی[۴] ، به ۱۲۰۰۰ اتمسفر افزایش داد و تا این فشار ، به‌عنوان‌مثال تراکم‌پذیری، چسبندگی، هدایت الکتریکی، E.M.F.S حرارتی تعداد زیادی از عناصر و ترکیبات را اندازه‌گیری کرد که به‌شدت از آن استقبال شد. این اثر، که لزوما شامل به‌کارگیری روش‌های جدید اندازه‌گیری فشار است، در کتاب "فیزیک فشار بالا" که در سال ۱۹۳۱ توضیح داده‌شده است که به یک اصل تبدیل شد.

پدیده‌های فشارقوی، در خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و ساختاری که در هنگام فشار زیاد می‌تواند تحمل کند، تغییر ایجاد می‌کند. بنابراین فشار به‌عنوان ابزاری متنوع در تحقیقات مواد عمل می‌کند، به‌ویژه در بررسی سنگ‌ها و مواد معدنی که فضای عمیق زمین و سایر سیارات را تشکیل می‌دهند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

دانشمندان مواد را در فشار بالا با محدود کردن نمونه‌ها در ماشین‌های مخصوص طراحی‌شده که نیرویی را در ناحیه نمونه اعمال و مطالعه می‌کنند. قبل از سال ۱۹۰۰ این مطالعات در سیلندرهای آهن خام یا فولاد، معمولا با پیچ‌های نسبتا ناکارآمد انجام می‌شد. حداکثر فشارهای آزمایشگاهی به حدود ۰٫۳ GPa محدود بود و انفجار سیلندرها یک اتفاق شایع بود و باعث آسیب رساندن می‌شد. پرسی ویلیامز بریجمن باعث



شکل ۲ پرسی ویلیامز بریجمن

پیشرفت‌های چشمگیری در دستگاه‌های فشارقوی و تکنیک های اندازه‌گیری شد. در سال ۱۹۰۵ بریجمن روشی را برای بسته‌بندی نمونه‌های تحت‌فشار، از جمله گازها و مایعات کشف کرد، به‌گونه‌ای که واشر آب‌بندی همیشه فشار بیشتری نسبت به نمونه مورد بررسی را تجربه می‌کرد، از این طریق نمونه را محصور می‌کند و خطر خرابی آزمایش را کاهش می‌دهد. بریجمن نه‌تنها به‌طور مرتب به فشارهای بالای ۳۰۰۰۰ اتمسفر دست‌یافت، بلکه هم چنین قادر به مطالعه مایعات و نمونه‌های دشوار دیگر بود.

منابع:

https://www.nature.com
https://www.britannica.com/science/Pauli-exclusion-principle
https://www.britannica.com/science/high-pressure-phenomena
https://www.nobelprize.org/

۱ Percy Williams Bridgman
۲ Amagat

یادداشت های یک فیزیک پیشه

انیس میسمی-کارشناسی ارشد فوتونیک پژوهشکده لیزر و پلاسما دانشگاه شهید بهشتی
Ameisamy96@gmail.com

شما جزء کدام دسته از دانشجویان فیزیک هستید؟ از آن دسته عشاق سینه‌چاک فیزیک؟ یا افرادی که فیزیک انتخاب اولشان نبوده و با قبول شدن در این رشته و وارد شدن به دانشگاه، به این رشته علاقه‌مند شده و دست‌بردار آن نیستند؟ و یا فردی که اصلا علاقه‌ای به این رشته ندارد و فکرمی‌کند که جوانی و عمرش در حال هدر رفتن است؟

اگر از دسته‌ی سوم هستید، همین حالا تصمیم درست را بگیرید و وقت و انرژیتان صرف چیزی کنید که علاقه دارید؛ چراکه علم از هر نوعش شوخی بردار نیست و نیازمند عشق، همت، تمرکز و صبر و حوصله‌ی بسیار است.

نوشته‌ام را از این رو با یک سوال شروع کردم تا کمی به ارزیابی خودتان پرداخته و هدف و انگیزه‌تان را بازیابی کرده و ببینید آیا واقعا پتانسیل فیزیک‌پیشه شدن را دارید یا نه؟ در واقع این سوالیست که حتی حالا که چندین سال از ورودم به این رشته گذشته، از خودم می‌پرسم.

علاقه‌ی من به فیزیک به سال‌های خیلی دور باز می‌گردد. یادم می‌آید که بسیار به درس علوم علاقه داشتم اما به نظرم جذاب ترین بخش این کتاب، بخش زیست و زمین‌شناسی بود و فیزیک دشوارترین و چالش‌برانگیزترین آن! این سختی اغلب باعث دافعه می‌شد. یادم می‌آید تصمیم گرفتم یک‌بار برای همیشه هراسم را از فیزیک کنار بگذارم و ببینم حرف حساب فیزیک چیست؟ در نگاه اول فیزیک برای من، تفسیر ریاضیاتی از پدیده‌های پیرامون بود و برای من که از ریاضیات خوشم نمی‌آمد چندان مطلوب به نظر نمی‌رسید ولی از این‌که می دیدم که تا چه اندازه می‌توان دلیل رفتار بسیاری از رخدادها را فهمید و کاربردهای آن را در وسایل روزمره دید، راضی می شدم. بعدها دریافتم که علم فیزیک تنها به تفسیر رویدادها نمی‌پردازد بلکه به کمک آن می‌توان حالت سیستم‌ها را پیش بینی کرد و از همه مهم‌تر به نظم و علت‌مندی جهان پی‌برد. علاوه بر آن به واسطه‌ی آن می‌شود بیشتر و بیشتر حقیقت زندگی را دریافت؛ گردو غبارها را کنار زد و نسبت به حکمت و قدرت پروردگارمان شهود پیدا کرد. البته در این میان افرادی هم هستند که دچار کج‌فهمی می‌شوند و فکر می‌کنند با در دست گرفتن شمع علم می‌توانند به‌طور تمام و کمال به همه چیز پاسخ دهند و حتی علم‌پرستی را به عنوان منش و سبک زندگی خود در پیش می‌گیرند. این افراد باید دریابند که:

« ما راز آفرینش را درنیافته‌ایم و امروز نیز مانند گذشته بی خبری بر ما مستولی است و پیشرفت‌های علوم و فن‌آوری و تحقیقات علمی و فلسفی در این موضوع کاری از پیش نبرده و همه‌ی معماها با همان قوت پیشین باقی است و بلکه بر ژرفای حیرت افزوده شده است.

«ماکس پلانک» و «انیشتین» و «گودل» و امثال ایشان دعوی نکرده‌اند که ما راهی به پاسخ این سوالات یافته‌ایم، گویی

هرچه به علم افزوده می‌شود بر دایره‌ی مجهولاتمان می‌افزاید. حقیقت آن است که علم هم‌چون دایره‌ای است از نور که پیرامون آن را تاریکی گرفته‌است و این دایره هرچه بزرگتر شود، محیط تماس آن با تاریکی افزون می‌شود و آن کس که بیشتر می‌داند، مشکلات بیشتری دارد. «انیشتین» خطاب به دانشجویان خود گفته است: «شما نگران مشکلات ریاضی خود نباشید زیرا مشکلات من از مشکلات شما بیشتر است.» ۱

در آخر به شما توصیه می‌کنم که اگر دانشجوی کارشناسی هستید، به درس خواندن صرف بسنده نکنید و از این زمان بهره بگیرید و مطالعات و تحقیقات خود را فراتر ببرید. نرم افزارهای عمومی (مانند متلب، پایتون و ....) و تخصصی هر زمینه‌ای را که فکر می‌کنید که در آینده بیشتر به کارتان می آید را یاد بگیرید. از اتفاقات و بحث‌های روز فیزیک دنیا غافل نشوید. حتما واحد پروژه را انتخاب کرده و برای خودتان رزومه ای معتبر فراهم کنید. جهت‌مند درس‌خوانده و هرچه به پایان دوره‌ی کارشناسی‌تان نزدیک می‌شوید علاقه خود را تشخیص داده و خود را برای پیگیری آن آماده کنید. مفهومی درس خوانده و به آسانی قانع نشوید و از همه مهم‌تر،عاشق باشید چراکه همه‌ی راه‌های سخت و دشوار برای انسان عاشق قابل پیمودن است و او هیچ‌گاه پا پس نمی‌کشد. امیدوارم توصیه هایم توانسته باشد تاثیری هرچند کوچک بر شما خواننده‌ی عزیز گذاشته باشد و عزمتان را راسخ‌تر و دلتان را گرم‌تر برای پیمودن این راه سخت اما لذت‌بخش کرده‌باشد.

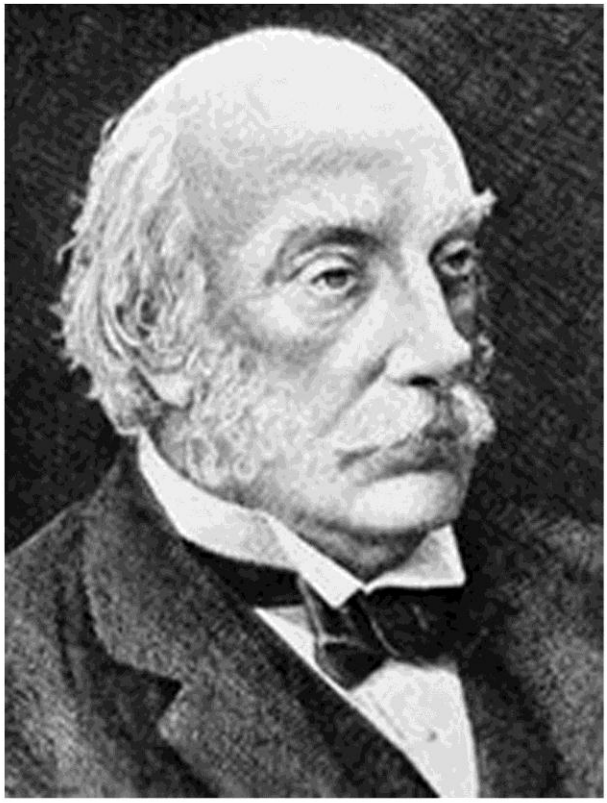
۱- بخشی از کتاب «۳۶۵ روز در صحبت حافظ» نوشته‌ی حسین محی‌الدین الهی قمشه‌ای- انتشارات سخن

چرا آسمان آبی رنگ است؟ (نگاهی به پراکندگی ریلی)

مهرناز ذبایحی نجف آبادی - کارشناسی فیزیک ۹۷
Mehrnaz.alzahra@gmail.com

چکیده
رنگ آبی آسمان حاصل پراکندگی نور خورشید توسط مولکول های اتمسفر است. این پراکندگی که به آن پراکندگی ریلی می گوییم در طول موج‌های کوتاه مؤثرتر است (یعنی سمت آبی نوار طولِ موج مرئی). به همین دلیل نور پراکنده شده در زمین غالباً آبی دیده می‌شود
پراکندگی ریلی را می‌توان یک پراکندگی کشسان تلقی کرد چرا که انرژی فوتون های پراکنده شده تغییری نمی‌کند
پراکندگی هایی که در آن فوتون های پراکنده شده دارای انرژی بالاتر یا پایین تری خواهند بود، پراکندگی رامان نامیده می¬شوند.

ریلی که بود؟
لرد ریلی یا به طور کامل جان ویلیام استرات بارون سوم ریلی، زاده ۱۲ نوامبر ۱۸۴۲در اسکس انگلستان، فیزیکدان انگلیسی بود که کشف‌های بنیادی در زمینه‌های آکوستیک و اپتیک انجام داد که پایه و اساس تئوری
انتشار امواج در سیالات بود. او در ۱۹۰۴ نوبل فیزیک را به‌خاطر تلاش هایش در بررسی چگالی گازها و کشف عنصر آرگون به همراه ویلیام رمزی دریافت کرد.



جان ویلیام استرات بارون سوم ریلی

تاریخچه
نیوتن اولین کسی بود که با استفاده از منشور و جدا کردن رنگ های نور؛ طیف رنگی را مشاهده کرد. رنگ-های نور با طول موج های مختلف خود از هم تفکیک می‌شوند طیف مرئی از نور قرمز با طول موج حدود ۷۲۰ نانومتر تا بنفش با طول موج حدود ۳۸۰ نانومتر تشکیل شده است.
سه نوع گیرنده‌های مختلف شبکیه‌ی انسان قویاً به رنگ‌های قرمز، آبی و سبز حساسیت دارند و دید رنگی را به وجود می آورند
در سال ۱۸۵۹جان تیندال پی برد که وقتی نور از مایع شفاف حاوی ذرات کوچک معلق عبور کند طول موج-های کوتاه آبی بیشتر از قرمز پراکنده می‌شوند می‌توان با پرتو نور سفیدی که از مخزن آب مخلوط با شیر یا صابون عبور می‌کند، این اثر را نشان داد. اگر از کنار به این مخزن نگاه کنیم پراکندگی نور آبی را مشاهده می کنیم اما نور خروجی از مخزن بلافاصله در محل خروج قرمز دیده می‌شود نور پراکنده نیز می تواند با استفاده از یک فیلتر نور پلاریزه قطبی شود؛ درست همان طور که آبی از پشت عینک های آفتابی پلاریزه عمیق تر به نظر می‌رسد
ریلی چند سال بعد نشان داد که مقدار نور پراکنده شده با توان چهارم طول موج برای ذرات به اندازه کافی کوچک، نسبت معکوس دارد.
بنابراین ذرات کوچک طول موج های کوتاه را بسیار بیشتر از طول موج های بلند پراکنده می کنند؛ یعنی طول موج های آبی حدود ۱۰ برابر بیشتر از طول موج قرمز دیده می‌شود؛ چرا که مولکول های موجود در هوا نور آبی را بیشتر از نور قرمز پراکنده می‌کنند

اشتباه ریلی و تیندال
به نظر ریلی و تیندال، رنگ آبی آسمان به دلیل ذرات کوچک گرد و غبار و قطرات بخار آب موجود در اتمسفر بود. اگر این موضوع درست بود هنگام رطوبت و هوای شرجی باید تغییر رنگ بیشتری از آنچه در حالت عادی شاهد هستیم؛ ببینیم. در نهایت دانشمندان به این نتیجه رسیدند که مولکول¬های اکسیژن و نیتروژن موجود در هوا برای این پراکندگی کافی هستند و پراکندگی ریلی حاصل القای الکترومغناطیسی این ذرات است.

روشنایی و طیف سنجی آسمان

به عنوان یک بررسی کیفی از روشنایی و طیف سنجی رنگ آبی آسمان اندازه‌گیری هایی از عکسی از آسمان توسط یک کامپیوتر و با adobe illustrator انجام شد.

هیچ یک از این داده ها از نظر کمی قابل استفاده نیستند اما به هر حال به عنوان یک مثال قابل توجه است.

چند نقطه روی عکس آسمان با شروع از سمت چپ انتخاب شده که در عکس با نقاط سفید مشخص شده اند. این نقاط طوری انتخاب شده اند که در جهت پرتوهای خورشید و از ابرهای قابل رؤیت دور باشند. با نگاه کردن به عکس مشخص است که حرکت در جهت این نقاط به سمت خورشید به آسمانی روشن تر و به رنگ آبی که کمتر اشباع شده است منجر می شود.

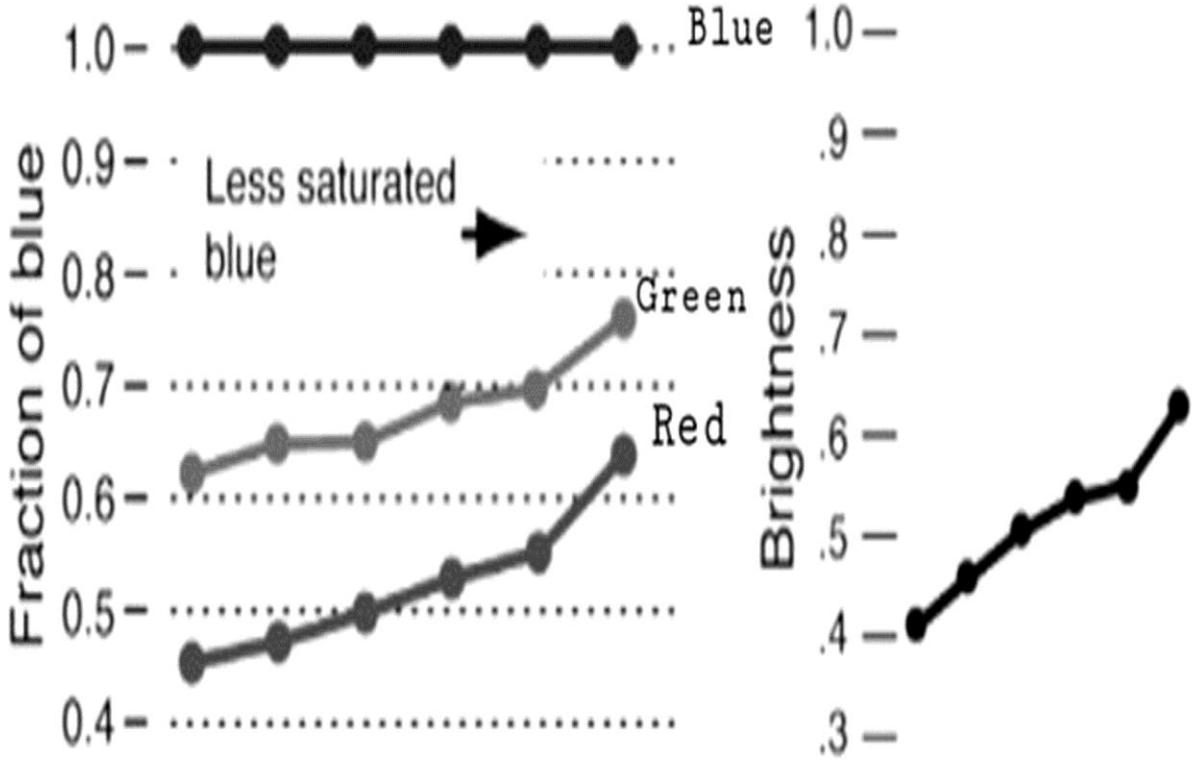
اندازه گیری های رنگ و روشنایی در نقطه بر اساس مقدار قرمز، سبز و آبی موجود انجام گرفته است.

در نمودار، در قسمت بالا سمت چپ مقدار روشنایی آبی یک واحد در نظر گرفته شده و قرمز و سبز و به صورت کسری از آبی نشان داده شده اند.

یک نتیجه این بود که سبز به طور قابل مشاهده ای از قرمز روشن تر بود این با پراکندگی ریلی که بر طول موج های کوتاه تر تاکید دارد، همخوانی دارد. نتیجه ی دیگر این بود که قرمز و سبز به صورت کسری از آبی افزایش یافته و نشان داده شد که رنگ ها به سمت اشباع شدن پیش رفته اند. این می تواند به صورت آبی با کسری رو به افزایش از نور سفید تفسیر شود که با این پدیده که نور ترکیبی از پراکندگی ریلی و پراکندگی میی است؛ هم‌خوانی دارد.

هرچه به خورشید نزدیک تر می شویم میزان پراکندگی میی که خیلی به طول موج بستگی دارد، افزایش می-یابد.

نمودار روشنایی کلی در بالا، مجموع سه رنگ است که مقدار بیشتر یک برای سفید در نظر گرفته شده است. افزایش روشنایی در داده دوباره با این پدیده که نور ترکیبی از پراکندگی ریلی و میی است همخوانی دارد که هرچه به خورشید نزدیک می شویم میزان پراکندگی میی افزایش می یابد.



رنگهای دیگر آسمان

هنگام غروب و طلوع نور خورشید باید مسیر طولانی تری را برای رسیدن به زمین طی کند. این باعث پراکندگی کامل نور آبی و تقریبا بقیه طول موج ها می شود و بنابراین آنچه از خورشید به چشم ما می رسد فقط نور قرمز است. زمانی که آسمان آلوده است علاوه بر نور آبی، قسمتی از نور سبز هم پراکنده می شود و در جو باقی می ماند به این ترتیب رنگ آسمان در چنین روزهایی آبی متمایل به سبز است.

ابرها در مقایسه با آسمان آبی تقریبا سفید تا خاکستری آکروماتیک یا خاکستری بی رنگ دیده می شوند.

قطرات ریز آب که ابرها را تشکیل می دهند نسبت به مولکول های هوا بسیار بزرگ ترند و بنابراین پراکندگی نور از آن ها تقریبا مستقل از طول موج در محدوده مرئی است.

منابع:

Britannica
Rayleigh scattering
Written by the editors of encyclopaedia britannica
https://www.britannica.com/science/Rayleigh-scattering
Hyperphysics
Written by R. Nave
http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/atmos/blusky.html
انجمن علمی آموزشی معلمان فیزیک شهر تهران
آسمان آبی
محمدسیاری زاده
http://www.tapt.ir/entesharat/maghalat/scibluesky.html-۱۲۰/entific-papers
دنیای ما فیزیکی ها
چرا آسمان آبی است؟
فهیمه رضوی
mihanblog.com/post/c.۸۷-http://physic-sku۲/page/۴/ategory

مسابقه

هزینه لازم برای ساخت یک دستگاه گسیل پرتو X و میکروسکوپ STM به پول رایج کشورمان را بدست آورید و نتیجه را با یکدیگر مقایسه کنید. کدام فناوری بالاتر و پرهزینه‌تر است؟ (نرخ تبدیل ارز دولتی یوان چین در لحظه‌ی طرح این سوال ۶۱۱,۴ تومان ایران است)

سوال آزمون پایانی فیزیک ۴ نیمسال دوم ۹۸-۹۷

از علاقه‌مندان خواهشمند است پاسخ صحیح سوال را به PsiJournalPhysics@gmail.com ارسال کنند. به برندگان مسابقه یکسال اشتراک رایگان نشریه علمی «سای» جایزه تقدیم می‌شود.