تغییر شکل سطح مایعات در اثر نیروی الکتریسیته ساکن بوسیله یک میله باردار و ماشین واندوگراف

غالباً نویسندگان کتاب‌های درسی برای نمایش جذب نیروی الکتریسیته ساکن، از آزمایش جذاب،دیدنی،تجسمی انحراف باریکه آب در حال ریزش به طور عمودی بوسیله بادکنک،شانه یا میلهٔ باردار، برای نمایش جذب الکتریسیته ساکن استفاده می‌کنند. اما تاکنون اقدامی برای بررسی این موضوع انجام نشده است که آیا اجسام باردار گفته شده می‌توانند در یک سطح افقی آب نیز تغییر شکل آشکاری ایجاد کنند؟

بنا بر این ما کاملاً شگفت‌زده شدیم وقتی در یک کتاب فرانسوی سده نوزدهم تصویر میله بارداری را پیدا کردیم که نشان می‌داد تغییر قابل ملاحظه‌ای در یک سطح روعنی ایجاد کرده است.

وقتی که برای نخستین بار کوشش کردیم تا این آزمایش نیروی الکتریسته ساکن را بازآفرینی کنیم،موفق نشدیم بوسیله یک میله باردار این اثر را بار دیگرانجام دهیم.به رغم موفقیت‌آمیز نبودن تلاش اولیه‌مان ، نا امید نشدیم و آزمایش را کمی از لحاظ فنی اصلاح کردیم. ما دریافتیم امکان دارد بتوان با استفاده از ماشین واندوگراف تغییر شکل آشکاری در سطح مایعات مختلف ایجاد کرد، که بعداً در مقاله توضیح خواهیم داد.

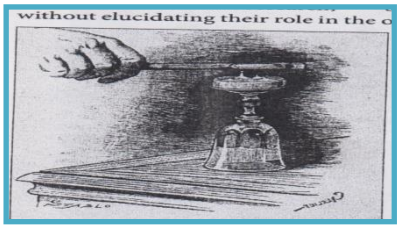
شایان ذکر است هنوز اختلاف نظر پنهانی در مورد توضیح مناسبی برای انحراف باریکهٔ آب وجود دارد. بعضی از نویسندگان ادعای همیشگی‌شان این است که نیروی وارد بر روی دوقطبی‌های دائمی آب مایع مربوط به گرادیان میدان الکتریکی ایجاد شده بوسیله اجسام باردار است، در حالی که دیگران این نیرو را حاصل جذب نیروی الکتریسته ساکن میدان بار الکتریکی القائی تولید شده هنگام ریزش آب از شیر آب و میدان الکتریکی خارجی می‌دانند. اخیراً در مورد هردو عملکرد تحقیقات مستندی ارائه شده است، امّا متأسفانه به نقش آزمایش سادهٔ قدیمی فیزیک اشاره نشده است.

بر خلاف این آزمایش ساده و رایج درباره اثر میدان الکتریکی بر روی مایعات،اخیراً آزمایش بسیار پیچیده و مشکلی ارائه شده است،که در آن دو لایهٔ آب میان دو بشر حاوی آب نزدیک به هم در اختلاف پتانسیل بالا بدون هیچ تکیه‌گاهی پل زده‌اند این پدیده جذاب اکنون موضوع بیشتر بررسی‌های دانشگاهی است.

نقاشی اسرارآمیز تغییرسطح روغن در یک کتاب سدهٔ نوزدهم:

ما در یک کتاب فرانسوی سده نوزدهم که توسط Desbeaux نوسینده موضوع‌های علمی به زبان ساده نوشته شده است، جایی میان اثر میدان‌های الکتریکی، یک آزمایش تجربی روی مایعات پیدا کردیم.

او نقل می‌کند «برای مثال ،اگر یک جسم باردار را نزدیک یک ظرف کوچک شیشه‌ای که در آن روغن ریخته شده است بیاوریم، امکان دارد به جای اجسام کوچک قطرات مایع جذب آن شوند»این گفتار با یک نقاشی که در آن میله بارداری یک سطح روغنی افقی را جذب می‌کند نشان داده شده است(شکل ۱)



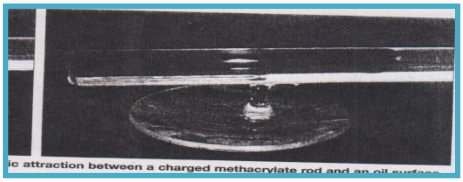
شکل ۱ –آزمایش جذب الکتریسته ساکن یک میله باردار با یک سطح روغن

معمولاً این آزمایش با قطعه‌های ریز کاغذ انجام می‌شود همچنان‌که در شکل دیده می‌شود به علت نیروی جذب الکتریسته ساکن میله باردار چندین برآمدگی در سطح مایع آشکار شده است.

ما کوشش کردیم آزمایش توصیف شده در کتاب را تکرار کنیم، اما موفقیتی به دست نیاوردیم . یعنی با مالش میله‌های ابونیتی یا شیشه‌ای با خز که معمولاً آزمایش الکتریسته ساکن با آن‌ها انجام می‌شود،نتوانستیم تغییر چشم‌گیری در سطح روغن ایجاد کنیم ، حتی اگر تقریباً میله باردار را با سطح مایع تماس دهیم .

اخیراً مدرک غیر مستقیمی از جذب آب گزارش شده است. نویسندگان مقاله سکه شناوری را روی آب مشاهده کرده‌اند که از میله بارداری دور می‌شود .آن‌ها توضیح داده‌اند که حرکت سکه مربوط به شیب سطح اب بوده است.

ما احساس ناامیدی کردیم از این‌که نتوانستیم درک کنیم در این آزمایش چه می‌گذرد. شاید قابل قبول‌ترین توضیح برای شکست اولیه‌مان بالا بودن رطوبت(در حدود ۷۰٪) در شهری که این آزمایش را انجام داده‌ایم بوده است. همچنین استفاده از میله‌های عادی (شیشه یا ابونیت)که معمولاً دریک آزمایشگاه پیدا می‌شوند. اخیراً پس از آن‌که این مقاله ارائه شد و عمل به توصیه داوران، آزمایش را به طور موفقیت‌آمیزی با استفاده از یک میله متا آکرولیک در یک روز خشک در شهرمان که غیر معمول است انجام دادیم، (شکل ۲) ما بررسی کردیم حتی در یک روز خشک آزمایش با میله‌های شیشه‌ای و ابونیتی به نتیجه نمی‌رسد.

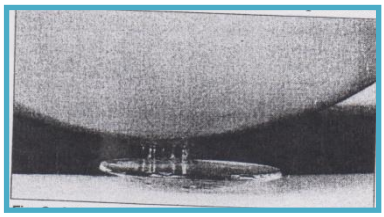


شکل ۲- دومین آزمایش موفقیت‌آمیزمان در مورد نیروی جذب الکتریسته ساکن میان یک میله آکرولیت باردار و یک سطح روغن

تغییر شکل آشکار سطح آب بوسیله آزمایش واندوگراف ایجاد می‌شود:

آنچه در ادامه مقاله می‌آید،ارائه نتایجی است که ما پس از شکست اولیه‌مان بدست آوردیم.چون تمایل به کنار گذاشتن آزمایش را نداشتیم،دستگاه تولید میدان الکتریکی آزمایش را از لحاظ فنی کارآمدتر کردیم.به جای یک میله باردار از کلاهک یک ماشین واندگراف استفاده کردیم و در زمان آزمایش کلاهک ماشین را به حدکافی خم کردیم تا نزدیک سطح مایع باشد.

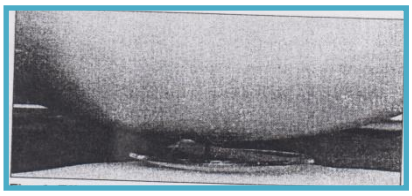
مقدار کمی روغن گیاهی در یک شیشه ساعت (به قطر ۵cm) ریختیم موقعی که کلاهک باردار ماشین واندوگراف را بسیار نزدیک شیشه کردیم،اثر نیروی جذب الکتریسیته ساکن میان سطح مایع و کلاهک به خوبی دیده شد(شکل۳)



شکل ۳-باریکه‌های روغن جذب کلاهک باردار ماشین واندوگراف می‌شوند.

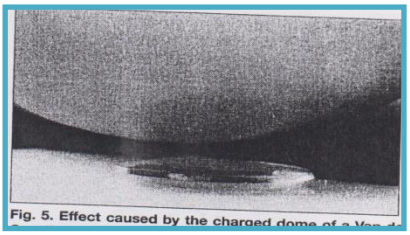
چندین باریکه روغن میان سطح مایع و کلاهک تشکیل شده بود که به طرف بالا و پایین حرکت می‌کردند. در ادامه مقاله توضیح قابل قبولی برای این عملکرد خواهد آمد.سطح مایع به علت قطبیدگی القائی مولکول‌های روغن بوسیله میدان قوی (وناهمگون)ماشین واندوگراف جذب آن می‌شوند، وقتی که مایع با کلاهک تماس پیدا می‌کند همان بار کلاهک را به دست می‌آورد بنا بر این باریکه‌ها فوراً به علت نیروی دافعه الکتریسته ساکن به طرف پائین حرکت می‌کنند.اگر به جای روغن گیاهی،بنزین یا آب استفاده کنیم سطح آن‌ها جذب کلاهک خواهند شد،لیکن عملکرد بنزین (از لحاظ کیفی) مشابه روغن است در حالی که عملکرد آب کاملاً متفاوت است.

برخلاف روغن،از سطح بنزین تنها یک باریکه میان سطح مایع و کلاهک به طرف بالا و پائین حرکت می‌کند(شکل۴)



شکل ۴- اثر ایجاد شده روی سطح بنزین بوسیله کلاهک باردار ماشین واندوگراف

در مورد آب هیچ باریکه‌ای تشکیل نشد و سطح آن فقط کمی به طرف بالا کشیده شد(شکل۵)



شکل ۵ – شرایط ایجاد شده روی سطح آب بوسیله کلاهک باردار ماشین واندوگراف

تقریباً شگفت‌انگیز بنظر می‌رسد که یک بادکنک باردار می‌تواند باریکه آب را جذب کرده و در آن انحراف بزرگی ایجاد کند، اما ماشین قدرتمند واندوگراف (تقریباً با ولتاژ 10^5 W) فقط می‌تواند سطح آب را کمی به طرف بالا بکشد. امکان دارد مشکل بالا آوردن سطح آب بوسیله اِعمال میدان الکتریکی در تقریب اول ،مربوط به کشش سطحی آب باشد. زیرا آن نیرویی تولید می‌کند که خلاف جهت تغییر سطح مایع است.شایان ذکر است که در دمای $20^{\circ}C$ کشش سطحی آب در حدود(میلی نیوتن بر متر) ۷۰ است در حالی که برای روغن گیاهی و بنزین (میلی نیوتن بر متر ۳۰)می‌باشد. در مورد انحراف جانبی باریکه آب، مساحت سطح آب افزایش پیدا نمی‌کند،بنا بر این کشش سطحی با انحراف باریکه آب مخالفت نخواهد کرد.

برهم کنش مایعات با میدان‌های الکتریکی موضوع پژوهش بسیاری در حوزه-های مربوط به نیروی اتمی میکروسکپی یا آئروسل‌ها با مایعات بوده است.در این نوع بررسی‌ها به ویژه در سطح میکروسکپی از فیزیک و ریاضی مشکل و پیچیده‌ای استفاده می‌شود،اما نتایج بدست آمده مشابه آن‌هایی است که ما در این مقاله گزارش داده‌ایم .مثلاً سطح مایع در یک میدان الکتریکی شکل تعادلی ندارد، جهش ناگهانی مایع وقتی که جسم بارداری به حد کافی به آن نزدیک شود و ارتباط جسم باردار و سطح مایع انجام می‌گردد را به طور استعاری «پُل» میان دو سطح گویند.

نتیجه‌گیری:

امروز کتاب‌های درسی فیزیک با توجه به جنبه‌های متعدد مانند محتوا، سازماندهی،تصویرها،فرمول‌هاو مسائل حل شده نسبت به کتاب‌هایی که در سده‌های هیجدهم و نوزدهم نوشته و استفاده شده‌اند اختلاف زیادی دارند. اما بعضی اوقات در فرآیند نوسازی کتاب‌ها پیش آمده است که آزمایش‌های جذاب و معمولی به رغم این‌که آن‌ها منابع توانمندی برای اهداف آموزشی بودند حذف یا فراموش شده‌اند.اکنون کتابخانه‌های دیجیتالی برای علاقه-مندان این امکان را فراهم کرده‌اند که تعداد بسیاری از کتاب‌های درسی فیزیک در دسترس آن‌ها باشد،بنا بر این فرصت خوبی پیش‌آمده است که بار دیگر با دقت آزمایش‌های این کتاب‌ها بررسی شوند. شاید این تجدید نظر سبب بازگشت بعضی از برداشت‌های آموزشی فراموش شده، باشد.

آزمایش نیروی جذب الکتریسته ساکن میان میله‌باردار و سطح روغن ، که الهام بخش این مقاله گردید، ابتدا کمی اسرارآمیز بنظر می‌رسید. زیرا ما آن‌را فقط در یکی از کتاب‌های قدیمی فیزیک پیدا کردیم که نیروی جذب میدان الکتریکی یک میله باردار و سطح مایع را ارائه کرده بود، اما بیشتر از آن همانطور که پیش‌تر گفته شد به علت رطوبت و استفاده از میله‌های نا مناسب نتوانستیم آزمایش را تکرار کنیم.

نوسینده کتاب یا میله‌های بسیار بار پذیرنده و مهارت آزمایشگاهی داشته و یا با حس قوی فیزیکی خود از آنچه باید در چنین موقعیتی روی دهد مطلع بوده است(البته نه با آب بلکه با روغن) بهرحال او با توصیه با ارزش خود به هنرمندان نقاش در کشیدن این نقاشی کمک کرده است و نقاشی الهام بخش خوبی برای شروع بررسی گزارش داده شده در این مقاله گردید.

*Electrostatic Deformation Of Liquid Surfaces by a Charged Rod and a Van de Graaff Generator

S TH Physic TEACHER VOL۵۲;MAY ۲۰۱۴

نسل جدید راکتور های هسته ای با عنوان ADS

محمد مهدی فیروزآبادی ، جواد کریمی(گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند)

چکیده

در این کار به معرفی نسل جدیدی از راکتورهای هسته‌ای تحت عنوان راکتورهای ADS پرداخته شده است و بخش‌های مختلف این نوع از راکتور ، نحوه عملکرد آن و همچنین مزایای آن نسبت به راکتورهای معمولی امروزی تشریح می‌شود و در قسمت پایانی چند نمونه از راکتورهای تحقیقاتی ADS ساخته شده در کشورهای مختلف معرفی می‌شود.

کلید واژه ها: راکتورADS ، قلب زیر بحرانی، هدف تلاشی، تبدیل

۱. مقدمه

امروزه یکی از نگرانی‌های اصلی بشر درباره راکتورهای هسته‌ای ،مسأله زباله-های حاصل از آن‌ها بوده که بطور چشم‌گیری در حال افزایش است. این زباله‌ها دارای میزان تابش‌دهی بسیار بالا بوده و برای انسان و سایر موجودات خطرناک است. در ضمن بعضی از عناصر موجود در این زباله‌ها دارای طول عمرهای بسیار طولانی از مرتبه صدهزار سال هستند. اگر این زباله‌ها را بدون هیچ‌گونه تغییری مستقیماً دفن کنیم ،مسلماً آثار زیان‌بار آن‌ها برای سال‌های طولانی متوجه انسان و محیط زندگی او خواهد بود. بنا بر این لازم است که

پیش از دفن با اعمال تغییراتی در ساختار این عناصر، آن‌ها را به عناصری کم‌خطرتر تبدیل نماییم. برای رفع این مشکل راهکارهایی پیشنهاد شده است که یکی از این راهکارها استفاده از راکتورهای هسته‌ای ADS برای تبدیل این زباله‌ها است که بطور قابل توجهی مورد استقبال کشورهای مختلف قرار گرفته است. با توجه به گستردگی بحث در این متن تنها به معرفی این راکتورها و آشنایی با چند نمونه از راکتورهایADS تحقیقاتی ساخته شده می‌پردازیم.

۲. معرفی راکتورهای ADS

به لحاظ تاریخی اولین بار مفهوم راکتورهای ADS در حدود ۵۰ سال قبل مطرح شده است، اما در آن زمان بدلیل کمبود امکانات از جمله شتاب‌دهنده-هایی با انرژی بالا (شتاب‌دهنده از بخش‌های اصلی یک راکتورADS است) بطور جدی دنبال نشده است. اما این مفهوم در سال‌های بعدی توسط دانشمندانی چون :

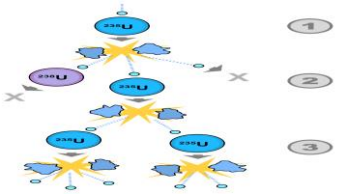
Rubbia[۴] و Bowman [۳]، Furukawa[۲]

دوباره پیگیری و احیاء شد، و در حال حاضر نمونه‌های تحقیقاتی آن در کشورهای مختلف ساخته شده است و تیم‌های تحقیقاتی بزرگی در دنیا درحال تحقیق و بررسی این نمونه‌ها بمنظور ساخت راکتورهای ADS در مقیاس بزرگ و صنعتی هستند.

راکتورهای ADS نسل جدیدی از راکتورهای هسته‌ای بوده ،که در آن ADS از عبارت Accelerator Driven Subcritical System گرفته شده است، که به معنی سیستم‌های زیر بحرانی واداشته با شتاب‌دهنده است. این راکتورها با نام راکتورهای هیبریدی نیز شناخته می‌شوند. زیرا علاوه بر تولید انرژی ،این قابلیت را دارند که زباله‌های هسته‌ای حاصل از راکتورهای امروزی را به عناصری کم خطرتر و با نیمه عمر کم تبدیل کنند. همانطور که بیان شد از ویژگی‌های مهم این راکتورها زیر بحرانی بودن آنهاست.

مفهوم زیر بحرانی بودن:

در راکتور پارامتری تحت عنوان ضریب تکثیر مؤثر($Keff$) تعریف می‌شود، که در واقع این پارامتر تغییرات جمعیت نوترون‌ها را با گذشت زمان و پیشرفت برهم‌کنش‌های مختلف نوترون در قلب یک راکتور هسته‌ای نشان می‌دهد.



شکل(۱) طرحی از فرایند شکافت اورانیوم ۲۳۵ را در قلب یک راکتور نشان می‌دهد که در این شکل در اولین گام یک نوترون توسط اورانیوم ۲۳۵ جذب شده و هسته مرکب تشکیل می‌شود. این هسته مرکب شکافته شده و در اثر این فرایند انرژی، پرتوهای گاما، پاره‌های شکافت و تعدادی نوترون آنی و تأخیری تولید می‌شوند، نوترون‌های تولید شده ممکن است توسط اورانیوم ۲۳۸ گیراندازی شوند و یا به خارج از راکتور نشت کنند. همچنین این احتمال وجود دارد که این نوترون‌ها جذب اورانیوم ۲۳۵ شده و موجب شکافت آن شوند. این چنین فرایندهایی برای نوترون‌های تولید شده در هر مرحله از فرایند شکافت در قلب راکتور ممکن است پیش بیاید و جمعیت نوترون‌های موجود در قلب راکتور را تحت تاثیر قرار دهد(کاهش، افزایش و یا عدم تغییر در جمعیت نوترون‌ها).

تعریف ضریب تکثیر مؤثر:

بصورت نسبت نوترون‌های تولید شده در هر مرحله(i) از فرایند شکافت نسبت به مرحله قبل از فرایند شکافت(i-۱).

$$\text{ضریب تکثیرمؤثر(Keff)} = \frac{\text{تعداد نوترون های تولید شده در مرحله(i)}}{\text{تعداد نوترون های تولید شده در مرحله(i−۱)}} \quad \square$$

برای ضریب تکثیر مؤثر سه حالت متفاوت را در نظر می‌گیریم:

الف) حالت فوق بحرانی ($K_{eff}>$ ۱): در این حالت مقدار ضریب تکثیر بزرگتر از یک بوده و بدین معناست که با گذشت زمان و پیشرفت بر هم-کنش‌های مختلف نوترون‌ها در قلب راکتور، جمعیت نوترون‌ها نسبت به حالت اولیه بیشتر می‌شود. در واقع در چنین وضعیتی با یک فرایند انفجاری روبرو هستیم. این حالت معمولاً در بمب‌های هسته‌ای اتفاق می‌افتد. راکتورهای معمولی نیز که بصورت بحرانی عمل می‌کنند. ممکن است با چنین وضعیتی مواجه شوند. مثل حادثه نیروگاه چرنوبیل در کشور اوکراین که در آوریل سال۱۹۸۶ اتفاق افتاد و به این علت که متصدیان راکتور، برای انجام آزمایشی سیستم ایمنی راکتور را غیر فعال کرده بودند(کند کننده‌های نوترون را از آن خارج کردند) راکتور به حالت فوق بحرانی و انفجاری رسیده و انفجار موجب پخش مواد رادیواکتیو و وقوع فاجعه انسانی و زیست محیطی شد، طوریکه مردم این کشور تا به امروز از اثرات سوء این حادثه رنج می‌برند.

ب) حالت بحرانی (K_{eff}=۱): در این حالت مقدار ضریب تکثیر برابر یک بوده ، یعنی با گذشت زمان و پیشرفت بر هم‌کنش‌های مختلف نوترون در قلب راکتور، جمعیت نوترون ها تغییر نمی‌کند. اکثر راکتورهای امروزی بصورت بحرانی عمل می‌کنند.

ج) حالت زیر بحرانی (K_{eff}<۱): در این حالت مقدار ضریب تکثیر کوچکتر از یک بوده ، یعنی با گذشت زمان و پیشرفت برهم‌کنش‌های نوترون در قلب راکتور جمعیت نوترون‌ها نسبت به حالت اولیه کاهش می‌یابد.

راکتورهایADS نیز بصورت زیر بحرانی (K_{eff}<۱) عمل می‌کنند، یعنی با گذشت زمان جمعیت نوترون‌ها در قلب راکتور کاهش می‌یابد. بنا بر این برای جلوگیری از کاهش جمعیت نوترون‌ها و حفظ راکتور در وضعیت بحرانی، بایستی قلب راکتور بوسیله یک چشمه نوترون خارجی تغذیه شود و این چشمه نوترون بوسیله فرایند تلاشی (spallation) هدف واقع در مرکز قلب راکتور زیر بحرانی ایجاد می‌شود.

بخش‌های اصلی یک راکتور ADS :

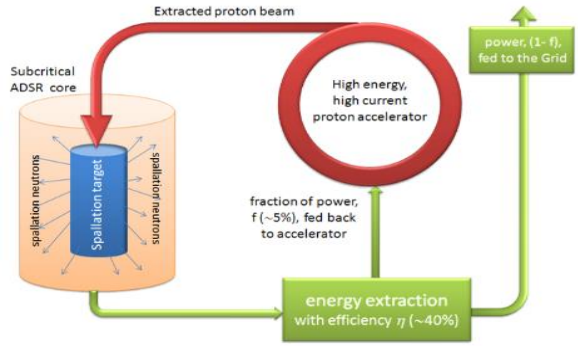
بطور کلی یک راکتور ASD از دید فیزیکی از سه بخش مهم تشکیل شده است که عبارتند از:

۱.شتاب‌دهنده(Accelerator)

۲.هدف تلاشی(Spallation Target)

۳.قلب زیر بحرانی(Subcritical Core)

در شکل (۲) بخش‌های اصلی این راکتور نمایش داده شده است.



شکل(۲). سه بخش اصلی یک راکتور ADS

--۱-شتاب‌دهنده(Accelerator): یکی از بخش‌های مهم یک سیستم ADS شتاب‌دهنده است و یکی از مشکلات پیش روی، به منظور توسعه این نوع از راکتورها ساخت شتاب‌دهنده‌ها است زیرا ساخت آن نیازمند بکارگیری تکنولوژی‌های روز دنیا و صرف هزینه‌های زیادی است.

در ADS از شتاب‌دهنده‌ها برای شتاب دادن یک ذره باردار مثل: پروتون(P)، دوترون(D) و... استفاده می‌شود.

این ذرات تا انرژی‌های بالا از مرتبه چند GEV شتاب داده می‌شوند و در یک مسیر خلاء (برای جلوگیری از اتلاف انرژی) به سمت هدف تلاشی واقع در مرکز قلب زیر بحرانی هدایت می‌شود.

شتاب‌دهنده‌ها انواع مختلفی دارند که در اینجا بطورخلاصه به سه مورد از آن‌ها اشاره می‌شود.

الف)سیکلوترون ها(Cyclotron): نوعی شتاب‌دهنده دایروی است که بوسیله آن می‌توان باریکه‌ای از ذرات باردار شتاب‌دار با جریان‌های زیاد (کمتر از آمپر) را ایجاد نمود. اما انرژی ذرات شتاب داده شده محدود است.

ب)سینکروترون ها(Synchrotron): نوعی دیگر از شتاب‌دهنده‌های دایروی بوده که می‌توانند ذرات باردار را تا انرژی‌های بالا از مرتبه GEV شتاب دهند. اما جریان باریکه ذرات باردار شتاب‌دار ایجاد شده در این شتاب دهنده-ها پایین می‌باشد(کمتر از میلی آمپر).(شکل ۳)

شکل(۳). طرحی از یک شتاب دهنده دایروی

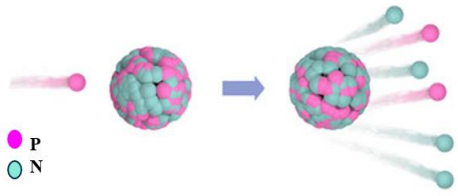
ج)شتاب‌دهنده‌های خطی(Linac) :یکی از رایج‌ترین انواع شتاب‌دهنده‌ها ، نوع خطی آن است که در آن هیچ‌گونه محدودیتی درمیزان انرژی وجریان باریکه ذرات باردار وجود ندارد و می‌توان باریکه‌ای از ذرات با انرژی و جریان بالا ایجاد نمود.(شکل ۴)

شکل(۴). بخشی از یک شتاب دهنده خطی

۲.هدف تلاشی(Spallation Target):

یکی دیگر از بخش‌های یک راکتورADS ،هدف تلاشی است.در راکتور ADS بعد از اینکه ذرات باردار شتاب داده شدند به سمت هدف تلاشی که مطابق شکل(۵) در مرکز قلب زیربحرانی قرار دارد هدایت می‌شوند و در آن‌جا در اثر برخورد ذرات باردار با انرژی زیاد(چند (GEV) با هدف، فرایند تلاشی اتفاق می‌افتد. در اثر این برخورد نوعی برهم‌کنش هسته‌ای رخ می‌دهد و به ازای هر ذره باردار شتابدار فرودی(مثلاً پروتون) تعدادی نوترون و پروتون در فرایند تلاشی ایجاد می‌شود. که تعداد نوترون- پروتون های تولید شده با افزایش انرژی ذره باردار شتاب‌دار افزایش می‌یابد. هم‌چنین این تعداد به نوع ماده هدف بستگی دارد .

برای انتخاب هدف مناسب تحقیقات گسترده‌ای در آزمایشگاه‌های بزرگ دنیا از جمله مرکز MEGAPIE در حال انجام است.



ماده هدف مورد تلاشی بایستی دارای ویژگی‌های خاصی باشد از جمله اینکه:

۱. عنصری با عدد اتمی(Z) بالا باشد. زیرا به ازای یک پروتون با انرژی مشخص هرچه هدف تلاشی سنگین‌تر باشد، تعداد نوترون بیشتری تولید می‌شود.

۲. عنصری انتخاب شود که در اثر برخوردِ پروتون‌های پر انرژی، کمتر دچار خوردگی شود تا در بازه‌های زمانی طولانی‌تر بتوان هدف تلاشی را تعویض نمود.

۳. در اثر برخورد پروتون‌های پر انرژی با هدف یک فرایند هسته‌ای اتفاق می‌افتد و در این برهم‌کنش ماده سمّی پلونیوم (polonium) و هم‌چنین برخی پرتوهای خطرناک تولید می‌شود. بنا بر این بایستی از ماده‌ای استفاده شود که مقدار پلونیوم و تشعشات کمتری ایجاد نماید.

۴. دراثر برخورد ذرات باردار با هدف تلاشی بعلت بالا بودن انرژی ذره پرتابه (در حد چند GEV)، دما در ماده هدف بسیار بالا بوده و هدف می‌تواند ذوب شود. بنا بر این بایستی از ماده‌ای استفاده شود که دارای نقطه ذوب بالایی باشد.

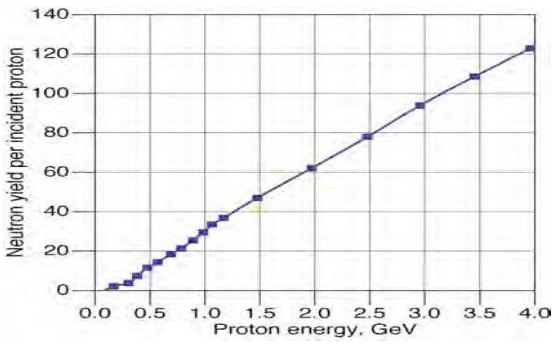
در حال حاضر بیشتر ازسرب(Pb)،سرب-بیسموت(Pb-Bi) و تنگستن(W) بعنوان هدف تلاشی استفاده می‌شود.

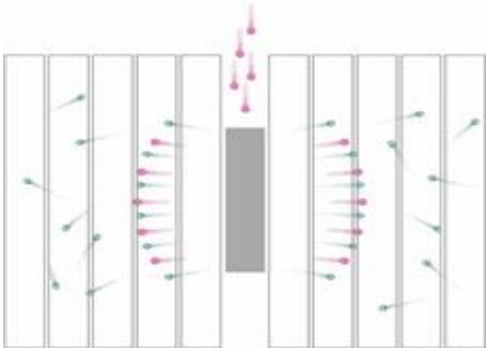
نمودار (۱) نتیجه یکی از شبیه‌سازی‌های انجام شده در مرکز Cern با استفاده از کد Mcnpx است. که در آن محور قائم معرف تعداد نوترون‌های تولید شده به ازای هر پروتون با انرژی مشخص و محور افقی معرف انرژی پروتون‌های فرودی است.این نمودار تغییرات جمعیت نوترون‌های تولید شده در فرایند تلاشی را برای هدف سرب، به ازای پروتون‌هایی با انرژی‌های مختلف نشان می‌دهد.همانطور که مشاهده می‌شود برای این هدف تلاشی خاص(سرب) بمنظور وقوع فرایند تلاشی و تولید نوترون ،آستانه‌ای برای انرژی پروتون فرودی وجود دارد (حدود۲۰۰ Mev) که برای پروتون‌هایی با انرژی کمتر از این مقدارفرایند تلاشی اتفاق نمی‌افتد.

طبق این نمودار می‌توان گفت که جمعیت نوترون‌ها تقریباً بطور خطی با افزایش انرژی پروتون فرودی افزایش می‌یابد.

۳.قلب زیر بحرانی(Subcritical core) :یکی از مهم‌ترین بخش‌های یک راکتور ADS قلب زیر بحرانی آن است، که مطابق شکل(۶) دراطراف هدف تلاشی قرار می‌گیرد.در اثر فرایند تلاشی تعداد زیادی نوترون سریع تولید می‌شود و این نوترون‌ها به سمت قلب زیر بحرانی حرکت می‌کنند(مطابق شکل(۷)).

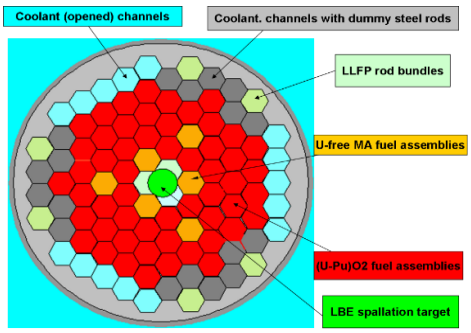
نمودار(۱)





شکل(۷). وقوع فرایند تلاشی وحرکت نوترون‌های تولید شده به سمت قلب زیر بحرانی

درساختار قلب زیر بحرانی میله‌های سوخت قرار دارند که مواد به کارگرفته شده دراین میله‌ها و نحوه قرار گرفتن میله‌ها در ساختار قلب، در راکتورهای مختلف با یکدیگر فرق داشته و بسته به توانایی‌ها و نوع کاربرد راکتور دارد. در شکل(۸) نمونه‌ای از نحوه قرارگیری میله‌ها را در ساختار قلب می‌توان مشاهده نمود که در مرکز قلب هدف تلاشی قرار دارد و اطراف آن محل

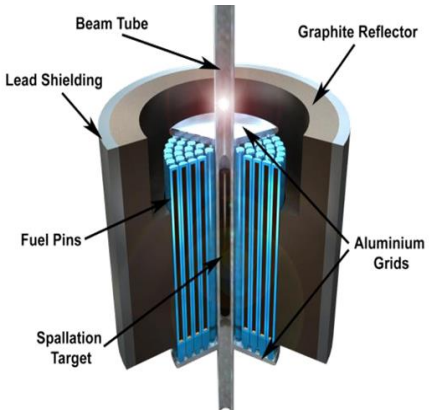


شکل (۸). مقطع قلب یک راکتور ADS استوانه‌ای شکل

قرارگیری میله‌های سوخت متشکل ازعناصر مختلف از جمله عناصر فرا اورانیومی و پاره‌های شکافت است. درضمن کانال‌هایی برای عبور خنک‌کننده تعبیه شده است.

زباله‌های هسته‌ای:

امروزه کاربرد مواد رادیو اکتیو در پزشکی،مراکز تحقیقاتی وبهره‌برداری از نیروگاه‌های هسته‌ای و همچنین بازیافت سوخت‌های مصرف شده منجر به تولید پسمان‌های رادیو اکتیو می‌گردد. این پسمان‌ها حاوی رادیو نوکلوییدها



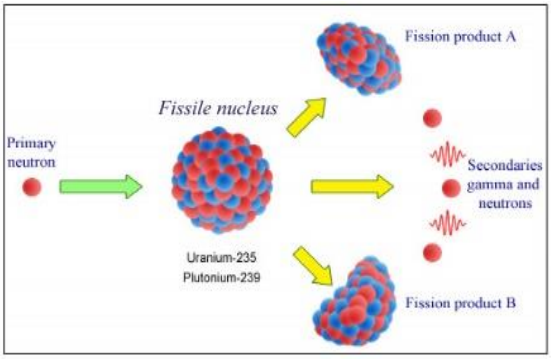
شکل(۶). شکل قلب زیر بحرانی واقع در اطراف هدف تلاشی

با نیمه عمر بالا و متوسط هستند.در حال حاضرمهم‌ترین زباله‌های هسته‌ای موجود از راکتورهای هسته‌ای حاصل می‌شوند و عبارتند از:

۱.پاره‌های شکافت(Fission products):

در راکتوردراثرگیراندازی نوترون توسط مواد شکافا

مثل:اورانیوم۲۳۳،اورانیوم۲۳۵ و پلوتونیوم۲۳۹ هسته مرکب تشکیل شده ودر نهایت این هستهٔ مرکب شکافته می‌شود.به ازای هر شکافت انرژی، دو پاره شکافت،تعدادی نوترون آنی وتاخیری و پرتوهای گاما گسیل می‌شوند(مطابق شکل(۹))



شکل(۹). فرایند شکافت اورانیوم ۲۳۵

برخی از پاره‌های شکافت با تابش‌دهی بالا عبارتنداز:$^{99}TC, ^{129}I, ^{135}cs$

۲.عناصر فرااورانیومی(Transuranic elements):

عناصری با اعداد جرمی بالاتر از سنگین‌ترین عنصر طبیعی (اورانیوم) را بعنوان عناصر فرا اورانیومی می‌شناسیم که این عناصر در اثر گیراندازی‌های متوالی نوترون توسط اورانیوم در قلب راکتور ایجاد می‌شوند. بعضی از این عناصر دارای میزان تابش‌دهی بسیار بالا و نیمه عمر بسیار طولانی بوده و آن-ها را بعنوان زباله هسته‌ای می‌شناسیم. برخی از این عناصر عبارتند از:

$^{240}pu, ^{241}pu, ^{241}Am, ^{243}Am, ^{243}Cm, ^{244}Cm$

زباله‌های هسته‌ای را بر اساس پارامترهای نیمه عمر, Dose factor, Radiotoxicity, Activity دسته‌بندی می‌کنند .معمولاً برای زباله‌هایی با نیمه عمر بیش از ۱۰ سال اقدامات جدی برای حفاظت و نگهداری آن‌ها صورت می‌گیرد.در جدول (۱) برخی از زباله‌های هسته‌ای را همراه با مشخصات آن‌ها می‌توان مشاهده نمود.

جدول(۱). مشخصات مربوط به برخی از و پاره های شکافت و عناصر فراورانیومی

Nucleus	Half-life (years)	Dose factor (Sv/Bq)	Activity (Bq/kg)	Radiotoxicity (Sv/kg)
۹۹ Tc	۲.۱۱۱×۱۰^۵	۰.۷۸×۱۰^-۹	۶.۳×۱۰^۱۱	۴.۹×۱۰^۲
۱۲۹ I	۰.۱۵۷×۱۰^۸	۰.۱۱×۱۰^-۶	۶.۵×۱۰^۹	۰.۷×۱۰^۳
۱۳۵ CS	۰.۲۳۰×۱۰^۷	۰.۲۰×۱۰^-۸	۴.۲×۱۰^۱۰	۰.۸×۱۰^۲
۲۳۷ Np	۰.۲۱۴×۱۰^۷	۰.۱۱×۱۰^-۶	۲.۶×۱۰^۱۰	۰.۳×۱۰^۴
۲۳۳ U	۰.۱۵۹×۱۰^۶	۰.۲۵×۱۰^-۶	۳.۶×۱۰^۱۱	۰.۹×۱۰^۵
۲۳۸ Pu	۰.۸۷۷×۱۰^۲	۰.۲۳×۱۰^-۶	۶.۳×۱۰^۱۳	۱.۴×۱۰^۸
۲۳۹ Pu	۰.۲۴۱×۱۰^۵	۰.۲۵×۱۰^-۶	۲.۳×۱۰^۱۲	۰.۶×۱۰^۶
۲۴۰ Pu	۰.۶۵۶×۱۰^۴	۰.۲۵×۱۰^-۶	۸.۳×۱۰^۱۲	۲.۱×۱۰^۶
۲۴۱ Pu	۰.۱۴۳×۱۰^۲	۰.۴۷×۱۰^-۸	۳.۸×۱۰^۱۵	۱.۸×۱۰^۷
۲۴۳ Am	۰.۷۳۷×۱۰^۴	۰.۲۰×۱۰^-۶	۷.۴×۱۰^۱۲	۱.۵×۱۰^۶
۲۴۴ Cm	۰.۱۸۱×۱۰^۲	۰.۱۶×۱۰^-۶	۳.۰×۱۰^۱۵	۰.۵×۱۰^۹

یکی از بزرگترین مشکلات پیش‌روی راکتورهای امروزی، مشکل پسمانداری زباله‌های حاصل از آن‌هاست.این زباله‌ها معمولاً بسیار خطرناک و سمّی بوده و اگر آن‌ها را مستقیماً و بدون هیچ تغییری در ساختار آن‌ها دفن کنیم مسلماً بدلیل طول عمرهای طولانی و تابش‌دهی زیاد خطرات زیادی برای انسان و محیط زیست خواهند داشت.

یکی از راهکارهای ممکن تبدیل(Transmutation) این زباله‌ها پیش از دفن آن‌ها است

تبدیل(Transmutation):

در اینجا منظورازتبدیل(Transmutation) یک فرایند هسته‌ای است که در طی آن می‌توان یک عنصر که آن‌را بعنوان زباله هسته‌ای می‌شناسیم و بدلیل نیمه عمر طولانی و تابش‌دهی به میزان بالا، برای انسان و محیط زیست خطرناک است را به عنصری با نیمه عمر کوتاه و کم‌خطرتر تبدیل کنیم.

یکی از کاربردهای اصلی راکتورهای ADS تبدیل زباله‌های هسته‌ای به موادی با میزان سمومیّت پایین و طول عمرکوتاه است.در این راکتورها بدلیل داشتن چشمه نوترون سریع خارجی می‌توان از زباله‌های هسته‌ای بعنوان سوخت در ساختار میله‌های قلب زیر بحرانی استفاده نمود که علاوه بر تولید انرژی از این زباله‌ها ، می‌توان آن‌ها را به عناصر کم‌خطرتر تبدیل نمود.

چگونگی وقوع فرایند تبدیل(Transmutation) زباله‌های هسته‌ای در یک راکتور ADS :

همانطور که بیان شد مهم‌ترین زباله‌های هسته‌ای حاصل از راکتورهای امروزی دو دسته‌اند :

دسته اول: پاره‌های شکافت، که این عناصر در قلب یک راکتورADS در فرایند تبدیل با گیراندازی نوترون و واپاشی‌های بتا و گاما به عناصری کم خطر و با طول عمر کوتاه تبدیل می‌شوند. مانند فرایندهای زیر:

۱.ید۱۲۹:

$$n + {}^{129}I\ (1.57 \times 10^{7} \text{years}) \rightarrow {}^{130}I\ (12.36 \text{ hours})$$

$$(12.36 \text{ hours}) \rightarrow {}^{130}Xe\ (\text{stable}) , [\text{decay } \beta\text{-}]{}^{130}I$$

۲. تکنسیم۹۹:

$$n + {}^{99}TC\ (2.11 \times 10^{5} \text{years}) \rightarrow {}^{99}TC^{*}(\text{unstable})$$

$^{100}Tc^{*}$, [decay Ψ] $\rightarrow {}^{100}Tc$ (15.8 sec)

^{100}Tc [decay β-] , $^{100}Ru^{*}$ (unstable) (15.8 sec) $\rightarrow$

$^{100}Ru^{*}$, [decay Ψ] $\rightarrow {}^{100}Ru$ (stable)

دسته دوم : عناصر فرا اورانیومی،که این عناصر در قلب راکتور ADS با گیراندازی نوترون به عناصری شکافت‌پذیر تبدیل شده و در نهایت شکافته می‌شوند و علاوه بر تولید انرژی از آن‌ها عناصری با طول عمر کوتاه و کم‌خطر بوجود می‌آید.مانند فرایندهای زیر:

۱.پلوتونیوم ۲۳۹:

n + ۲۳۹Pu (۲۴۰۰۰ years) → ۱۳۴Cs (۲ years) + ۱۰۴Ru (stable) + ۲ n + ۲۰۰ MeV

۲.پلوتونیوم ۲۴۰:

n + ۲۴۰Pu (۶۶۰۰ years) → ۲۴۱Pu (۱۴ years)

n + ۲۴۱Pu (۱۴ years) → ۱۳۴Xe (stable) + ۱۰۵Rh (۳۵ hours) + ۳ n + ۲۰۰ MeV

۳.امریسیوم ۲۴۱:

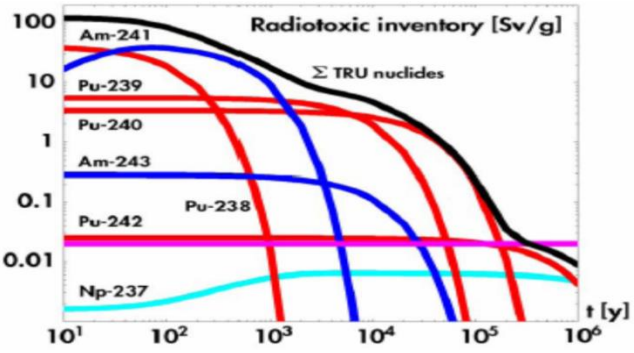
n + ۲۴۱Am (۴۳۲ years) → ۲۴۲Am (۱۶ hours), [capture]

۲۴۲Am (۱۶ hours) → ۲۴۲Cm (۱۶۳ days), [decay β-]

۲۴۲Cm (۱۶۳ days) → ۲۳۸Pu (۸۸ years), [decay α]

n + ۲۳۸Pu (۸۸ years) → ۱۴۲Ce (stable) + ۹۵Zr (۶۴ days) + ۲ n + ۲۰۰ MeV

نمودار(۲)



در نمودار(۲) میزان مسمومیّت برخی از زباله‌های هسته ای (عناصر فرا اورانیومی) بر حسب نیمه عمر آن‌ها نشان داده شده است.که در آن محور افقی نیمه عمر برحسب سال و محور قائم میزان سمّی بودن بر حسب (گرم/سیورت) است. طبق این نمودار با گذشت زمان میزان تابش‌دهی این عناصر کاهش می‌یابد و همچنین مشاهده می‌شود که بعضی از این عناصر دارای نیمه عمرهای طولانی از مرتبه 10^{5} سال هستند.

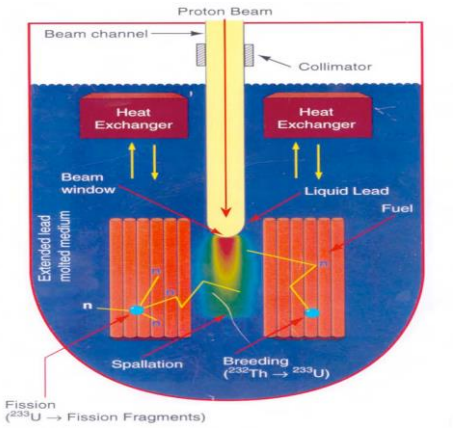
تشریح نحوه عملکرد یک راکتورADS بطور مختصر:

همانطور که بیان شد یک راکتور ADS از سه بخش اصلی تشکیل شده است:

۱.شتاب‌دهنده ۲.هدف تلاشی ۳.قلب زیر بحرانی

درADS ابتدا ذره باردار توسط شتاب دهنده تا انرژی‌های بالا (از مرتبه GEV)شتاب داده می‌شود ,سپس این باریکه از ذرات باردار شتاب‌دار به سمت هدف تلاشی واقع در مرکز قلب زیر بحرانی هدایت می‌شود.(برای جلوگیری از اتلاف انرژی ذرات باردار شتاب‌دار,این ذرات دریک مسیرخلأ به سمت هدف هدایت می‌شوند.)

در اثر برخورد پروتون‌های پرانرژی با هدف تلاشی ,فرایند تلاشی اتفاق می‌افتد و بازای هر پروتون تعدادی نوترون تولید می‌شود که تعداد و انرژی نوترون‌های تولید شده به نوع و انرژی ذره باردار شتاب‌دار و همچنین نوع هدف تلاشی بستگی دارد. نوترون‌های ایجاد شده در فرایند تلاشی می‌توانند دارای ماکزیمم انرژیی برابر با انرژی پروتون فرودی باشند. نوترون‌های تولید شده به سمت قلب زیر بحرانی که در اطراف هدف تلاشی قرار دارد حرکت می‌کنند.درساختار قلب زیر بحرانی میله‌های سوخت قرار دارند که در ساختار این میله‌ها از مواد غیر شکافای اورانیوم ۲۳۸ و توریوم ۲۳۲ که در راکتورهای حرارتی کارایی ندارند بعنوان سوخت استفاده می‌شود. همچنین از زباله‌های هسته‌ای(عناصر فرا اورانیومی-پاره‌های شکافت) بعنوان سوخت برای تولید انرژی و تبدیل آن‌ها به عناصر کم‌خطرتر در ساختار قلب استفاده می‌شود.شکل(۱۰) تصویری از قلب یک راکتور ADS را نشان می‌دهد که در آن وقوع فرایند تلاشی و حرکت نوترون‌های سریع تولید شده به سمت قلب زیر بحرانی نمایان است.



شکل(۱۰). قلب راکتور ADS

کاربرد های راکتور ADS :

الف)تولید الکتریسیته:در این راکتور نیز مانند همه راکتورهای هسته‌ای دیگردر اثر گیراندازی نوترون در مواد شکافا و وقوع فرایند شکافت، نوترون‌هایی سریع تولید می‌شود که این نوترون‌ها در هنگام عبور از محیط خنک‌کننده ، انرژی خود را به خنک‌کننده منتقل کرده و باعث افزایش دمای آن می‌شود و در نهایت در اثر چرخش خنک‌کننده (آب) در قلب راکتور و بخار شدن آن توربین‌ها به چرخش در آمده و انرژی الکتریسیته تولید می‌شود.

ب)تبدیل زباله‌های هسته‌ای:

همانطور که قبلاً بیان شد نگه‌داری زباله‌های هسته‌ای حاصل از نیروگاه‌ها بدلیل سمّی بودن و طول عمر بالا مشکلی بزرگ است که علاوه بر آثار زیست‌محیطی ،دفن آن‌ها نیازمند صرف هزینه‌های زیادی است.از ویژگی‌های مهم راکتورهای ADS تبدیل زباله‌های هسته‌ای به عناصر کم‌خطرتر و با نیمه عمر کوتاه می‌باشد که با توسعه این نوع راکتورها ازاثرات سوء این زباله ها روی محیط زیست و همچنین هزینه‌های حاصل از نگه‌داری این زباله‌ها کاسته می‌شود.

ج) استفاده از عناصر غیر شکافا بعنوان سوخت:

در راکتور ADS بعلت وجود چشمه نوترون سریع خارجی حاصل از فرایند تلاشی، می‌توان از عناصر غیر شکافای اورانیوم۲۳۸و توریوم۲۳۲ که در راکتورهای حرارتی کارایی ندارند بعنوان سوخت استفاده نمود.در واقع این عناصر با گیراندازی نوترون و واپاشی β مطابق فرایندهای (۱) و(۲) به ترتیب به پلوتونیوم۲۳۹ واورانیوم ۲۳۳ تبدیل می‌شوندکه عناصری شکافا هستند،یعنی عناصری که با گیراندازی نوترون حرارتی قابلیت شکافت دارند.(نوترون با انرژی ۰.۰۲۵ev را حرارتی می‌گویند.) ،علاوه بر این می‌توان این مواد شکافای تولید شده(اورانیوم۲۳۳وپلوتونیوم۲۳۹) در قلب راکتور را با روش‌های شیمیایی تفکیک و بعنوان سوخت در راکتورهای حرارتی بکار برد.هم‌چنین در این راکتورها از زباله‌های هسته‌ای نیز بعنوان سوخت استفاده می‌شود که همراه با تبدیل این زباله‌ها ،انرژی نیز تولید می‌شود.

فرایندهای تولید پلوتونیوم۲۳۹ و اورانیوم۲۳۳ :

۱.فرایند تولید پلوتونیوم ۲۳۹:

$$n + {}^{238}U \rightarrow {}^{239}U\ (23\ min) \qquad (1)$$

$$^{239}U\ (23\ min) \rightarrow {}^{239}Np\ (2\ day)\ ,\ [decay\ \beta-]$$

$$^{239}Np\ (2\ day) \rightarrow {}^{239}Pu\ ,\ [decay\ \beta-]$$

۲. فرایند تولید اورانیوم۲۳۳:

$$n + {}^{232}Th \rightarrow {}^{233}Th\ (22\ min) \qquad (2)$$

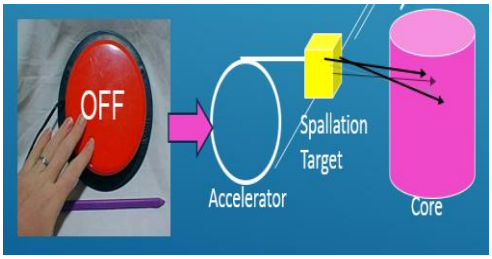
$$^{233}Th\ (22\ min) \rightarrow {}^{233}Pa\ (27\ days)\ ,\ [decay\ \beta-]$$

$$^{233}Pa\ (27\ days) \rightarrow {}^{233}U\ ,\ [decay\ \beta-]$$

مزیّت:

از مزیّت‌های مهم یک راکتورADS نسبت به راکتورهای معمولی ایمن بودن آن است, با توجه به اینکه این راکتورها در غیاب چشمه نوترون خارجی بصورت زیر بحرانی عمل می‌کنند بنا بر این در حین فعالیت راکتور در صورت بروز حادثه می‌توان با خاموش نمودن شتاب‌دهنده ،فرایند تلاشی را متوقف نمود که این به منزله غیر فعال شدن چشمه نوترون خارجی است و با این‌کار راکتور در حالت زیر بحرانی (حالت اولیه در غیاب چشمه نوترون خارجی)قرار می‌گیرد و وقوع حادثه و انفجار عملاً غیر ممکن خواهد شد(شکل۱۱).

شکل(۱۱)



معرفی چند نمونه از برنامه‌های کشورهای مختلف برای ساخت راکتورهای ADS :

امروزه مشکلات کشورهای مختلف برای دفن زباله‌های هسته‌ای باعث شده است که بسیاری از آن‌ها به ساخت راکتورهای ADS بعنوان روشی مؤثر برای تبدیل زباله‌های هسته‌ای روی بیاورند و برنامه‌هایی را برای ساخت راکتورهای ADS در نظر بگیرند.در حال حاضر ساخت و توسعه این راکتورها بطور چشم-گیری در حال افزایش است.برخی از این برنامه‌ها عبارتند از:

۱.کشور چین یک راکتور ADS تحقیقاتی با عنوان Venus(I)را راه‌اندازی نموده است و با استفاده از اطلاعات و تجربه‌های حاصل از این راکتور تحقیقاتی ،برنامه‌ای بلند مدت را برای ساخت راکتورهای ADS در مقیاس بزرگ و صنعتی تحت عنوان C-ADS در نظر گرفته است که این برنامه شامل سه فاز با نام‌های CLEAR(I) ،CLEAR(II) و CLEAR(III) است.

۲.درکشور بلاروس با همکاری تیم‌های تحقیقاتی اروپایی و آمریکایی، راکتورADS تحقیقاتی با نام YALINA ساخته شده است.

کشورهای اروپایی برنامه‌های مشترکی را نیز برای ساخت راکتورهایADS در مقیاس بزرگ و صنعتی در نظر گرفته‌اند که برخی از آن‌ها عبارتنداز:

۳.برنامه Eurotrans که شامل دو بخش است:

الف)راکتور XTADS:یک راکتور تحقیقاتی ADS در مقیاس بزرگ با قدرت ۸۰MW است.

ب)راکتور EFIT: یک راکتور ADS در مقیاس صنعتی با قدرت ۴۰۰MW است.

۴.راکتور تحقیقاتی TRIGA ADS در کشور ایتالیا ساخته شده است.

۵. راکتور MYRRHA یک راکتورADS با قدرت ۵۰MW است که در کشور بلژیک در حال احداث می‌باشد.

۶. راکتورHYPER :

کشور کره جنوبی برای ساخت راکتور ADS،برنامه HYPER را در پیش گرفته است که یک راکتور ۱۰۰۰MW است.

در این بخش بطور مختصر به معرفی راکتورهای تحقیقاتی YALINA و Venus(I) می‌پردازیم.

الف)راکتور تحقیقاتی YALINA:

ساخت راکتور تحقیقاتی YALINA در سال ۱۹۹۰ در کشور بلاروس در یک مرکز تحقیقات هسته‌ای(شهر Minsk Sosny)آغاز گردید.YALINA در زبان بلاروسی (sprue) به معنی تمیز و پاکیزه است(شکل(۱۲)).

طراحی, ساخت و راه‌اندازی این راکتور تحقیقاتی درکشور بلاروس انجام گرفته است.این راکتور اگرچه در کشور بلاروس ساخته شده اما در ساخت و راه-اندازی آن تیم‌های تحقیقاتی خارجی نقش مهمی داشته‌اند از جمله یک تیم تحقیقاتی ازدانشمندان اروپایی با نام CRP و همچنین آزمایشگاه بین‌المللی Argonneایالات متحده امریکا.

چشمه نوترونی که برای این راکتور در نظر گرفته‌اند کالیفرنیوم ۲۵۲ (CF_{252}) است, هم‌چنین در آن از برهم کنش‌های D-D و D-T نیز برای تولید نوترون استفاده م شود.

$$D + D \rightarrow N + {}^{3}He \quad (\sim 2.5\ \text{Mev Neutron Energy})$$

$$D + T \rightarrow N + {}^{4}He \quad (\sim 14.1\ \text{Mev Neutron Energy})$$

در این کار از شتاب‌دهنده کوچکی که دوترون را تا انرژی‌هایی حدود چند صد کیلو الکترون ولت شتاب می‌دهد استفاده می‌شود.

ساختار قلب راکتورYALINA : مطابق شکل زیر، این راکتور بصورت مکعب مستطیل شکل بوده با ابعاد (۵۷×۴۰×۴۰) سانتی‌مترمکعب، ساختار قلب آن از پلی اتیلن تشکیل شده است که میله‌های سوخت در آن قرار می‌گیرند. طوریکه تعداد ۲۹۱ شبکه برای جای‌گذاری میله‌های سوخت در محیط پلی-اتیلن تعبیه شده است.

مطابق شکل زیر این راکتور تحقیقاتی از بخش‌های مختلفی تشکیل شده است:

۱.بلوکه‌های گرافیت که بعنوان منعکس کننده نوترون در اطراف قلب قرار می-گیرند.

۲.صفحاتی از جنس کادمیوم

۳.حفاظ‌ها

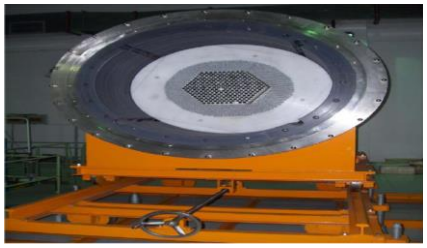
۴.چشمه خارجی تولید نوترون

۵.بلوکه‌های پلی اتیلن که میله‌های سوخت در آن قرار می‌گیرند.

۶.سیستم‌های ایمنی و میله‌های کنترل

۷.سنسوهای نوترونیو سایر بخ‌ها که در شکل(۱۳) قابل مشاهده است.

شکل ۱۳ الف

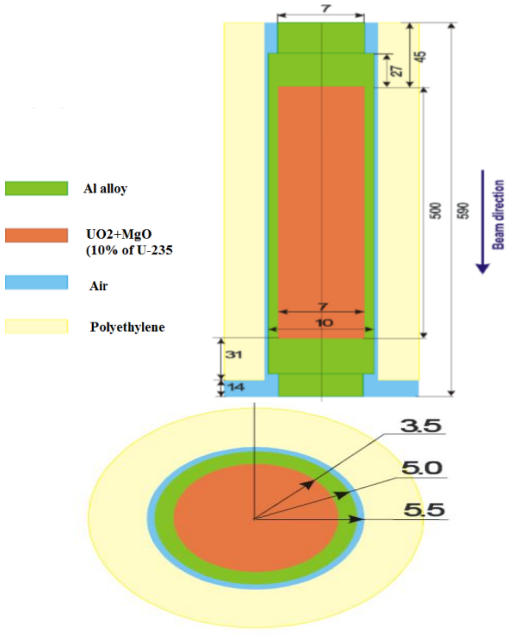


شکل ۱۳ ب

شکل ۱۳ ساختار ساختار قلب راکتورYALINA

ساختار میله‌های سوخت: ازترکیب اکسید اورانیوم و اکسید منیزیوم (UO۲+MGO) باغنای ۱۰ درصد بعنوان سوخت در ساختار میله‌های سوخت قلب راکتور استفاده می‌شود و در اطراف سوخت‌پوش‌های آلومینیومی قرار دارد و در نهایت این میله‌ها مطابق شکل (۱۳) در بلوکه‌هایی از پلی اتیلن قرار می‌گیرند در ضمن در ناحیه بین پوشش آلومینیومی و پلی اتیلن لایه‌ای از هوا قرار دارد.در شکل (۱۴) ساختار میله‌های سوخت نشان داده شده است.

شکل(۱۴-الف)

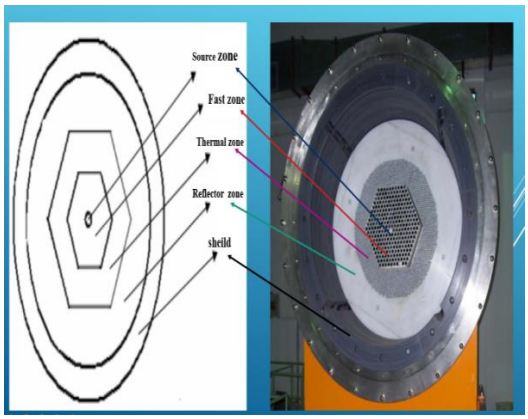


شکل(۱۴-ب)

شکل(۱۴). ساختار میله های سوخت راکتور YALINA

راکتور تحقیقاتی Venus(I):کشور چین از سال ۱۹۹۰ فعالیت‌های خود را در زمینه ساخت راکتورهای ADS آغاز نموده است,درسال ۲۰۰۰ وزارت علوم

و تکنولوژی چین برنامه تحقیقاتی ۵ ساله را برای ساخت اولین نمونه تحقیقاتیADS تحت عنوان Venus-۱ آغاز نمود و سرانجام این نمونه با همکاری سازمان انرژی اتمی کشور چین ساخته شد. در شکل(۱۵) تصاویری از این راکتور تحقیقاتی نشان داده شده است.



شکل(۱۵). ساختار خارجی راکتور تحقیقاتی Venus(I)

قلب این راکتورمطابق شکل (۱۶) از چندین قسمت تشکیل شده است.

۱.چشمه نوترون: در مرکز قلب و روی محور شکل استوانه‌ای تعداد ۷ میله سوخت را خارج نموده و چشمه نوترون در این ناحیه قرار می‌گیرد.

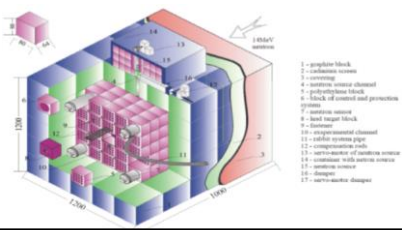
در ابتدا کالیفرنیم ۲۵۲ بعنوان چشمه تولید نوترون به کار گرفته می‌شد اما بعد از آن از برهم کنش دوترون – دوترون و دوترون -تریتیم نیز برای تولید نوترون استفاده شده است.

۲ - .ناحیه Fast : در اطراف چشمه نوترون مطابق شکل ناحیه Fast قرار دارد که فضای این ناحیه از آلومینیوم تشکیل شده است وتعداد ۲۱۴ میله با سوخت اورانیوم طبیعی درآن قرار گرفته است.

۳. ناحیه Thermal :در اطراف ناحیه Fast ناحیه Thermal قرار دارد که فضای آن از پلی اتیلن تشکیل شده است وتعداد ۲۲۱۹ میله با سوخت اکسید اورانیوم (UO_2) با غنای ۳ درصد در محیط پلی اتیلن قرار می‌گیرند.

۴.منعکس کننده:در اطراف ناحیه Thermal برای جلوگیری از نشت نوترون لایه‌ای از پلی اتیلن با ضخامت ۲۲۱ میلی‌متر بعنوان منعکس‌کننده استفاده شده است.

۵.بعد از منعکس‌کننده از یک لایه ۲۱۱ میل متری پلی اتیلن -بورون بعنوان حفاظ استفاده می‌شود و در خارجی‌ترین قسمت از لایه‌استیل بعنوان حفاظ استفاده شده است.



شکل(۱۶). ساختار قلب راکتور تحقیقاتی **Venus(I)**

استفاده از نانو ذرات مغناطیسی Fe_3O_4 در شبیه سازی گرما درمانی سرطان با استفاده از حل معادله پنیس

محبوبه مختاری[۱]، سیده نسرین حسینی مطلق[۱]، مرضیه فرشته[۱]، طاهره محمودی[۲]
[۱]گروه فیزیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز، شیراز، ایران
[۲]گروه فیزیک و مهندسی پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

چکیده

استفاده از نانوذرات مغناطیسی تحت اعمال میدان مغناطیسی یک روش امیدوارکننده در درمان سرطان است. در این روشِ درمانی، سیال حاوی نانو ذرات مغناطیسی به داخل بافت سرطانی تزریق شده و به دنبال آن با ایجاد یک میدان مغناطیسی متناوب این ذرات به ارتعاش در آمده و با تولید گرما باعث افزایش دمای بافت سرطانی و از بین رفتن سلول‌های سرطانی می‌شوند. این عمل باعث عملکرد بهتر نسبت به شیمی درمانی می‌گردد. هم-چنین استفاده از نانوذرات مغناطیسی موجب می شود که کل بافت سرطانی تحت تاثیر گرما قرار گرفته و نقطه گرم نشده ای در بافت سرطانی وجود نداشته باشد. در این مطالعه هدف اصلی ارزیابی مقدار گرمای تولید شده در مایع مغناطیسی حاوی نانو ذرات مغناطیسی Fe_3O_4 **می‌باشد که در معرض میدان مغناطیسی متناوب قرار گرفته و می‌توانند در درمان سرطان مؤثر باشند. در راستای رسیدن به این هدف،** مدلسازی حرارتی بر اساس معادله پنیس در مختصات استوانه‌ای مطالعه شد و چگونگی انتشار حرارت برحسب زاویه در هر بافت سرطانی در گرمادرمانی برای نانو ذره Fe_3O_4 به دست آمد. با **تحلیل نتایج بدست آمده می‌توان نتیجه گرفت که** فاکتورهای مختلفی در فرآیند گرمادرمانی نانوذرات مغناطیسی، از جمله ترکیب شیمیایی آن‌ها، غلظت، میانگین قطر و شکل، الگوی توزیع نانوذرات در بافت تومور، فراوانی و شدت میدان مغناطیسی، مدت زمان فرایند گرمادرمانی و خصوصیات بدنی هدف نقش دارند. همچنین **انتقال دما در** چشمه گرمایی و در نزدیکی نانو ذرات مغناطیسی دارای بیشترین مقدار است. و سپس با افزایش فاصله کاهش می‌یابد. بنا بر این بسیار مهم است که نانو ذرات مغناطیسی در چه فاصله‌ای از تومور تزریق شوند. زیرا کوچک‌ترین اشتباهی در تعیین فاصله تزریق نانو ذره باعث از بین رفتن بافت سالم اطراف تومور می‌شود.

کلمات کلیدی: نانو ذرات، مدلسازی، تومور، گرما، مغناطیسی، درمان

مقدمه

سرطان یکی از بیماری‌هایی است که سالانه جان افراد زیادی را می‌گیرد. لذا دانشمندان به دنبال راه‌کارهایی برای حل این مشکل هستند، که از جملهٔ آن‌ها می‌توان به جراحی، شیمی‌درمانی، پرتودرمانی اشاره کرد. استفاده از ذرات مغناطیسی به عنوان واسطه‌های انتقال گرما، یک استراتژی

جدید جهت بهبود درمان تومور و در نتیجه کیفیت زندگی بیمار را فراهم می‌کند. در درمان سرطان باید سلول‌های سرطانی را هدف‌گیری نمود و از بین برد تا جائیکه به سلول‌های سالم آسیبی نرسد. برای حصول این امر از نانو ذرات و میدان مغناطیسی استفاده می‌شود. زمانی‌که نانوذرات مغناطیسی در یک سیال حل می‌شوند، به شکل غیرقطبی در آن معلق هستند و به آن نانوسیال گفته می‌شود که حامل دارو می‌باشند و از این رو با استفاده از نانو فناوری، داروها را بر روی مواد حامل یا نانو ذره قرار داده و سپس آن‌ها به درون سلول هدف فرستاده می‌شوند که به آن دارو رسانی هدفمند اطلاق می‌شود. نانوسیال در حضور میدان مغناطیسی متناوب بشدت مغناطیسی و گرم می‌شود. از آن‌جایی که در دماهای زیاد سلول‌های سرطانی نسبت به سلول‌های سالم آسیب‌پذیرتر هستند، دمای بالا منجر به تخریب موضعی بافت سرطانی با حداقل آسیب به بافت‌های سالم اطراف می‌شود.

به عبارت دیگر نانو ذرات مغناطیسی یک روش درمانی است که در آن افزایش دما با اعمال میدان مغناطیسی متناوب به یک ماده مغناطیسی مانند اکسید آهن بوجود می‌آید. به این ترتیب، نانو ذرات مغناطیسی ایجاد کننده گرمای مغناطیسی می‌باشند. فاکتورهای مختلفی در فرآیند گرما درمانی نانوذرات مغناطیسی از جمله ترکیب شیمیایی آن‌ها، غلظت، میانگین قطر و شکل، الگوی توزیع نانوذرات در بافت تومور، فراوانی و شدت میدان مغناطیسی، مدت زمان فرایند گرما درمانی و خصوصیات بدنی هدف نقش دارند.

در سال‌های اخیر نانو ذرات ابر پارامغناطیس Fe_3O_4 به دلیل پایداری شیمیایی و سازگاری بیولوژیکی، ویژگی‌های سطحی و همچنین فرایند تولید نسبتاً ساده بخصوص در علم پزشکی،بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. استفاده از نانوذرات مغناطیسی تحت اعمال میدان مغناطیسی یک روش امیدوار کننده در درمان سرطان است. دراین روش درمانی، سیال حاوی نانو ذرات مغناطیسی به داخل بافت سرطانی تزریق شده و به دنبال آن با ایجاد یک میدان مغناطیسی متناوب این ذرات به ارتعاش در آمده و با تولید گرما باعث افزایش دمای بافت سرطانی و کشتن سلول‌های سرطانی می‌گردند. این عمل باعث عملکرد بهتر نسبت به شیمی درمانی می‌گردد. همچنین استفاده از نانوذرات مغناطیسی موجب می‌شود که کل بافت سرطانی تحت تأثیر گرما قرار گرفته و نقطه گرم نشده‌ای در بافت سرطانی وجود نداشته باشد.

برای داشتن یک روش درمانی مطلوب با حداکثر صدمه به سلول‌های بافت سرطانی و با حداقل آسیب به بافت‌های اطراف ، باید مقدار بهینه‌ای برای هر عامل ذکر شده، تعیین شود. گرما درمانی در دماهای بالاتر، در چند مطالعه در مورد حیوانات آزمایشگاهی با نتایج موفقیت‌آمیز مورد بررسی قرار گرفته است. در حالت کلی ارزیابی تأثیر هر عامل بر فرآیند گرمادرمانی نیاز به طراحی و انجام آزمایش‌های گران قیمت دارد که مقرون به صرفه نیست. شبیه‌سازی رایانه‌ای یک جایگزین ارزان برای آزمایش است که بینش مفید و آموزنده‌ای در مورد فرایند گرمادرمانی فراهم می‌کند .در این مقاله هدف اصلی ارزیابی مقدار گرمای تولید شده در مایع مغناطیسی حاوی نانو ذرات مغناطیس Fe_3O_4 **می‌باشد که در معرض میدان مغناطیسی متناوب قرار گرفته و می‌توانند در درمان سرطان مؤثر باشند. در راستای رسیدن به این هدف** یک مدلسازی حرارتی را بر اساس معادله پنیس در مختصات استوانه‌ای مطالعه نموده و بر اساس آن چگونگی انتشار حرارت برحسب زاویه در پنج بافت سرطانی سینه، مغز، استخوان، کبد و ماهیچه در هایپرترمی برای نانو ذره ذکر شده ارائه می‌شود.

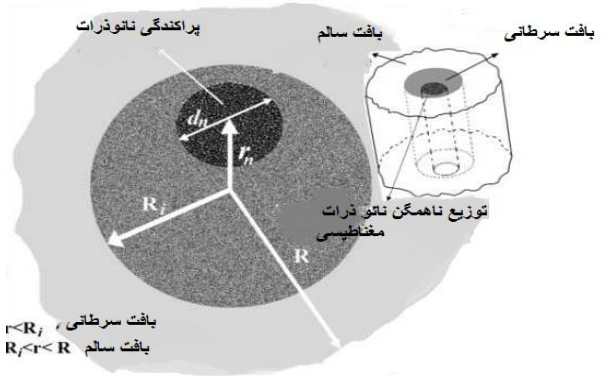
ذرات مورد استفاده در گرما درمانی

در گرمادرمانی از نانوذرات استفاده می‌شود که این به علت متفاوت بودن خواص مغناطیسی نانوساختارها در مقایسه با نمونه‌های ماکروسکوپی مواد می‌باشد. از جمله این تفاوت‌ها می‌توان به آثار سطحی ناشی از شکست پیوندها و تغییر برهمکنش‌های مغناطیسی اشاره کرد. **در میان مواد مغناطیسی، نانو ذرات اکسید آهن تنها مواد مغناطیسی هستند که خصوصیات مناسب را جهت استفاده در زیست پزشکی دارند. این ذرات به راحتی تجزیه می‌شوند و غیر سمّی هستند. همچنین سایز و توزیع اندازه ذرات باید باریک باشد تا در پزشکی قابل استفاده باشند. نانو ذرات مغناطیسی برای هدف‌گیری تومورها باید دارای شکل، اندازه و خصوصیات سطحی مناسبی باشند. نانو ذرات مغناطیسی می-توانند در مکان‌های مورد نظر جمع شوند، سپس به سلول‌های سرطانی متصل شده و آن‌ها را از بدن خارج کنند. محققان در مطالعات پیشین آزمایشگاهی این روش را بر روی موش‌ها آزمایش کرده‌اند که می‌تواند جهت مطالعات حیاتی مورد استفاده قرار گیرد.**

مدلسازی حرارت در گرما درمانی

در توصیف پدیده انتقال گرمایی، جریان خون نقش قابل توجهی در پراکندگی گرما در بافت با هدف کسب هم‌وستازی بدن بازی می‌کند. بدون جریان گردش خون، دمای بافت بطور خطی با زمان گرمایش با یک نرخ گرمایش ویژه افزایش خواهد یافت. در حضور جریان گردش خون افزایش دما به سبب اتلاف گرما غیرخطی است و سرعت افزایش گرمایش تا وقتی که آن به حالت پایداری برسد کاهش می‌یابد. بنا بر این مدل انتقال گرمازیستی برای بکارگیری دوره اتلاف گرمایی به سبب جریان گردش خون بمنظور توصیف انتقال گرما در بافت بیولوژیکی پایه‌ریزی می‌شود. بسط معادله انتقال گرمازیستی را می‌توان از ۶۰ سال پیش وقتی که اولین بار توسط پنیس پیشنهاد شد ردیابی کرد. پنیس انتقال گرما را در ساعد انسان بدون حرکت مدل‌سازی کرد و عبارت‌های اضافی را بمنظور تولید گرما به سبب متابولیسم در بافت و انتقال گرما بین خون و بافت‌های مجاور ارائه داد. تفاوت بین میدان کاربردی (علت) و گرمای (اثر) حاصل که در مطالعات آزمایشگاهی دیده می-

شود، بسیار زیاد است و توزیع گرما نیز به همین صورت است. در این موارد، اقدامات جدیدی از نظر تکنیک‌های اندازه‌گیری گرما و روش‌های شبیه‌سازی لازم است. یکی از اصلی‌ترین کاستی‌های مدل‌های آزمایشگاهی، عدم وجود تومور و شرایط فیزیولوژیکی بدن است. برای آسانی کار در مدل‌های فیزیکی گرمادرمانی، واسطه‌ای بیولوژیکی به عنوان یک شبکه پر از خون شامل سلول‌ها و فضای بینابینی در نظر گرفته می‌شوند. تومورها معمولاً با یک شکل هندسی تعریف می‌شوند. این هندسه معمولاً کروی و یا استوانه‌ای است، به طوری که آنها توسط یک محدوده با شعاع R یا لایه‌ای از بافت سالم با شعاع ∞ احاطه شده‌اند. گرمای ویژه، هدایت حرارتی و الکتریکی، چگالی توده و همچنین ثابت دی الکتریک واسطه‌های بیولوژیکی درگیر تومور، عضلات، چربی، پوست و غیره ... باید در مدل‌ها موجود باشند. عنصر مهم دیگر عروق‌سازی است. فرآیند انتقال حرارت تا حد زیادی به جریان خون بستگی دارد، که برای تومورها و بافت طبیعی متفاوت است. سرانجام، برای تکمیل مدل تومور اصلی در گرمادرمانی باید منابع گرما، یعنی نانوذرات مغناطیسی گنجانده شوند. بافت بدن دارای سلول‌های زیادی است. هرسلول دارای سه بخش سیتوپلاسم، غشای سیتوپلاسمی و هسته است. در بین سلول‌ها فضای میان سلولی نیز وجود دارد. این موضوع نشان می‌دهد که فضای میان سلولی باید در مدلسازی بافت سرطانی در نظر گرفته شود. برای نمایش ریاضی توزیع دما، معادلات زیادی پیشنهاد شده‌اند که معادله پنیس از معروفترین آن‌ها می‌باشد. از آن‌جا که بافت‌های سرطانی دارای هندسه پیچیده‌ای هستند، برای تصور آن‌ها به روشی نیاز است که بتوان با استفاده از آن معادله را حل کرد. در این قسمت روی حل معادله پنیس با استفاده از مختصات استوانه‌ای تمرکز می‌شود. شکل ۱ مدلسازی بافت سالم و سرطانی را در مختصات استوانه‌ای نشان می‌دهد.



شکل ۱ مدلسازی بافت سالم و بافت سرطانی در مختصات استوانه ای

فرایندهای تبادل گرمایی در گرمادرمانی می‌تواند در ابتدا با استفاده از معادله انتقال زیست محیطی با نام معادله پنیس توصیف شود:

$$\rho c\frac{\partial T}{\partial t} + \nabla\cdot(k\nabla T) = \rho_b C_b \omega_b (T_b - T) + Q_{met} + Q_{ext}$$

که در آن ρ چگالی جرمی بافت، c گرمای ویژه بافت، k هدایت حرارتی، ρ_b چگالی خون، C_b گرمای‌ویژه خون، ω_b میزان تزریق وریدی، T_b دمای شریانی است. Q_{met} و Q_{ext} به ترتیب منابع گرمای متابولیسم و گرمای محیط هستند. عبارات در سمت چپ معادله فوق به ترتیب نشان دهنده ذخیره انرژی حرارتی و انتشار انرژی حرارتی است. عبارت‌های سمت راست معادله به ترتیب به تزریق وریدی خون، حرارت متابولیک و گرمای خارجی اشاره نموده است. حل عددی معادله پنیس در دستگاه مختصات استوانه‌ای بصورت زیر بدست می آید:

$$\frac{\rho c\partial\dot{T}}{\partial t} = k\{\nabla^2\dot{T}\} - \rho_b C_b \omega_b(\dot{T}) + P(r,\theta) \quad (۲)$$

$$\dot{T}(r,\theta,t) = \dot{\Omega}(r,\theta,t) + \Lambda(r,\theta) \quad (۳)$$

با جای‌گذاری معادله۳ در معادله ۲ ، معادلات زیر حاصل می شود:

$$\frac{\rho c\partial\dot{\Omega}(r,\theta,t)}{\partial t} = k\{\nabla^2\dot{\Omega}(r,\theta,t)\} - \rho_b C_b \omega_b \dot{\Omega}(r,\theta,t) + k\{\nabla^2\Lambda(r,\theta)\} - \rho_b C_b \omega_b \Lambda(r,\theta) + P(r,\theta) = 0 \quad (۴)$$

و با استفاده از روش جداسازی متغیرها معادله ۵ مطابق زیر بدست می‌آید:

$$\Lambda(r,\theta) = f(r)\sum_{n=0} cos(n\theta) + g(r)\sum_{n=1} sin(n\theta) \quad (۵)$$

با جای‌گذاری معادله ۵ در رابطه ۴ معادلات زیر بدست می‌آیند:

$$r^2\frac{d^2f(r)}{dr^2} + r\frac{df(r)}{dr} + (\lambda^2 r^2 - n^2)f(r) = 0 \quad (۶)$$

$$r^2\frac{d^2g(r)}{dr^2} + r\frac{dg(r)}{dr} + (\lambda^2 r^2 - m^2)g(r) = 0 \quad (۷)$$

با توجه به این‌که معادلات ۶ و۷ از نوع دیفرانسیلی بسل هستند، بنا بر این داریم:

$$\Lambda(r,\theta) = \left(\sum_{n=0}\{A_n J_{(n,\lambda r)} + C_n N_{(n,\lambda r)}\}cos(n\theta) + \sum_{m=1}\{B_m J_{(m,\lambda r)} + C_m N_{(m,\lambda r)}\}sin(m\theta)\right) \quad (۸)$$

که $\dot{\Omega}(r,\theta,t)$ به صورت زیر بدست می آید.

$$\Omega(r,\theta,t) = \sum_{m=1}\{G_m J_{(m,\lambda r)} + H_m N_{(m,\lambda r)}\}\sin(m\theta)\left\{exp\left(\frac{\frac{\omega_b \rho_b}{k} - \lambda^2}{\frac{\rho c}{k}} t\right)\right\} \quad (9)$$

پس $T(r,\theta,t)$ به این صورت بدست می‌آید:

$$T(r,\theta,t) = \sum_{n=1}\{E_n J_{(n,\lambda r)}\cos(n\theta) + \sum_{m=1} G_m J_{(m,\lambda r)}\}\sin(m\theta)\left\{exp\left(\frac{\frac{\omega_b \rho_b}{k} - \lambda^2}{\frac{\rho c}{k}} t\right)\right\} + \sum_{n=0} A_n J_{(n,\lambda r)}\cos(n\theta) + \sum_{m=1} B_m J_{(m,\lambda r)}\sin(m\theta) \quad (10)$$

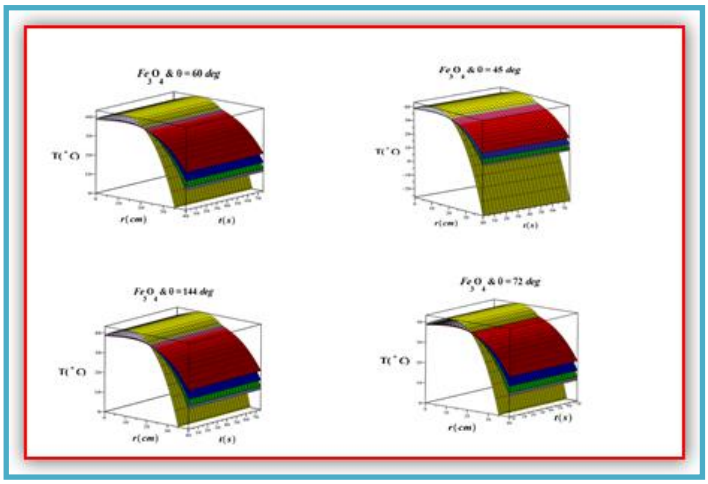
در جدول ۱ مقادیر مورد نیاز برای تخمین عددی پارامترها آورده شده است.

جدول۱. مقادیر خواص ترموفیزیکی و بیولوژیکی بافت و خون

چگالی خون	ظرفیت گرمایی ویژه بافت	نرخ پرفیوژن	ضریب هدایت گرمایی بافت
۱۰۶۰ Kg/m^3	۳۵۵۰ j/Kg.k	۰.۰۰۱۸۷ M^3	۰.۵ Kg/mK

یافته‌ها

با توجه به مقادیر گزارش شده در جدول یک و جای‌گذاری آن‌ها در معادله پنیس نتایج زیر حاصل شد. شکل ۲ نمودارهای توزیع دمایی را برحسب مکان و زمان در زوایای مختلف ۴۵، ۶۰، ۷۲ و ۱۴۴ برای نانوذره Fe_3O_4 در ۵ بافت مختلف مانند مغز، استخوان، ماهیچه، کبد و سینه نشان می‌دهد. با بررسی تمامی این نمودارها مشاهده می‌شود که نمودار توزیع دما نزولی است. یا به عبارت بهتر توزیع دما در بافت‌های مختلف به آرامی کاهش می‌یابد و در نزدیکی سطح پوست به یکباره افت می‌کند که به علت تماس مستقیم پوست با محیط اطراف می‌باشد. به عبارت دیگر این موضوع به علت فرایند رسانش در پوست می‌باشد. همانطور که نتایج نشان می‌دهد مقدار دما در هر نقطه از بافت در نزدیکی مرکز بافت سرطانی در رسانش بالا کمتر از مقدار آن در رسانش پایین است. این به آن معناست که در طول گرمادرمانی انتقال دما در مرکز بافت سرطانی و اطراف آن زیاد است و هر چه از مرکز بافت دور شویم دما کمتر است. در نتیجه ناحیه نزدیک به چشمهٔ گرمایی دارای حداکثر دما است که در پی آن بیشترین آسیب دیدگی بافت ایجاد می‌شود. به طور کلی حداکثر دما یک عامل محدود کننده در گرما درمانی است و زمانی که افزایش می‌یابد، احتمال آسیب و تورم زیاد می‌شود. بنا بر این خطایی ناچیز می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر میزان آسیب بافت داشته باشد.



شکل ۲ . نمودار توزیع دما برحسب مکان و زمان در زاویه های۴۵ ، ۶۰، ۷۲ و ۱۴۴ درجه برای بافت‌های مغز (رنگ آبی)، استخوان (رنگ زرد)، ماهیچه(رنگ خاکستری)، کبد (رنگ سبز) و سینه (رنگ قرمز) در نانو ذره Fe_3O_4

از بررسی نمودار دما می‌توان نتیجه گرفت که توزیع دما برای بافت‌های مختلف به طور تقریبی مقدار یکسانی دارد و استفاده از معادلهٔ پنیس در برآورد توزیع دما در عمق بافت روش مناسبی است. هم‌چنین مشاهده می‌شود که دمای بافت‌ها حداکثر به ۳۸/۵ درجه سانتیگراد می‌رسد که برای بافت‌های مختلف اختلاف کمی دارد. در صورت تحلیل جزئی‌تر نمودار، مشاهده می‌شود که بیشترین دمای انتقال یافته به ترتیب مربوط به سینه، مغز و کبد می‌باشد که با نتایج بدست آمده در تحقیقات قبلی در توافق هست.

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه، توسط نانوذرات مغناطیسی چگونگی توزیع گرما در اندام‌های مختلف مانند مغز، کبد، استخوان، ماهیچه و سینه انسان بررسی شد. فرایندهای تبادل گرمایی و معادلات آن‌ها مورد مطالعه قرار گرفت. با بررسی این معادلات و نمودارهای مربوطه می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از معادله پنیس در برآورد توزیع دما در عمق بافت روش مناسبی است. همچنین مشاهده شد که دمای بافت‌ها افزایش می‌یابد و دما برای بافت‌های مختلف اختلاف کمی دارد. همچنین بیشترین دمای انتقال یافته به ترتیب مربوط به سینه، مغز و کبد می‌باشد.نتیجه دیگری که در این قسمت بدست آمد این بود که تغییرات دمایی در بافت سرطانی با تغییر زاویه متغیر است و همیشه نمی‌توان انتظار داشت که بیشترین دما یا دمای یکنواختی به بافت سرطانی مورد نظر برسد. بسیار مهم است که نانو ذرات مغناطیسی در چه فاصله‌ای از تومور تزریق شوند. زیرا کوچکترین اشتباهی در تعیین فاصله تزریق نانوذره، باعث از بین رفتن بافت سالم اطراف تومور می‌شود. افزایش مدت زمان گرمادرمانی یا افزایش مقدارانرژی، ممکن است احتمال آسیب رساندن به بافت سالم را افزایش دهد. با در نظر گرفتن معادله پنیس می‌توان گفت که جریان خون نیز نقش تعیین کننده‌ای در توزیع دما در بافت دارد. البته معادله پنیس پدیده تبادل گرمایی بین رگ‌های خونی را نمی‌تواند شرح دهد. مطالعات بیشتری باید در مورد پیدا کردن ماده بهینه انجام گیرد که با آن

بتوان بیشترین گرمایش را تولید کرد تا نتیجه درمان بهتر شود. پیشرفت در هایپرترمی مشارکت متخصصان رشته‌های مختلفی از جمله پزشکان ، زیست شناسان ، شیمی‌دانان ، فیزیکدانان ، مهندسان و غیره را می‌طلبد.

اصل طرد پائولی

اصل طرد پائولی بیان می‌کند که هیچ الکترونی ، یا به طور کلی هیچ دو فرمیون مشابهی نمی‌توانند حالت کوانتومی یکسانی داشته باشند (مثلاً به طور همزمان در یک مکان باشند) . این اصل برای درک پدیده‌های مختلف از ذرات بنیادی، گرفته تا ساختار ستاره‌ها، نقش اساسی ایفا می‌کند.

در سال ۱۹۲۴ ادموند اسنوتر برای اتم‌ها مدلی پیشنهاد کرد که با تجربیات طیف‌نمائی و جدول تناوبی سازگار بود و در آن هر الکترون اتمی سه عدد کوانتومی ، به ترتیب ،متناظر با اعداد کوانتومی اصلی و تکانه‌ی زاویه‌ای مداری بور ،n و l ، و « عدد کوانتومی داخلی » $j = \frac{1}{2} +$ داشت ، و تعداد الکترون‌ها در هر" پوسته"ی الکترونی برابر با (۲j+۱) یا دو برابر عدد کوانتومی داخلی بود. ولفگانگ پائولی در سال ۱۹۲۵ نشان داد که ساختار پوسته‌ای کامل ترازهای انرژی را می‌توان با تخصیص یک عدد کوانتومی «چهارم» به الکترون ، m_j که مقادیر مجاز j– ، ۱+j- ، .....، ۱-j ، j را اختیار می‌کند توضیح داد ، اما به این شرط که از «اصل طرد» جدیدی پیروی شود : هیچ دو الکترونی نمی‌توانند چهار عدد کوانتومی (n; l;j وm_j) یکسان داشته باشند. عدد کوانتومی چهارم به تکانه‌ی زاویه‌ای ذاتی (اسپین) الکترون نسبت داده می‌شود، که نخستین بار توسط ژرژ اولنیک و ساموئل گودشمیت طرح شد.

در پی ظهور مکانبک موجی در ۱۹۲۶، پاول دیراک و مستقل از او ورنر هایزنبرگ نشان دادند که اگر تابع موج سیستم‌های الکترونی پاد متقارن باشد، یعنی اگر بر اثر تعویض تمام مختصات هر زوج الکترونی از جمله اسپین آن‌ها،تابع موج تغییر علامت بدهد اصل طرد پائولی خود به خود برقرار خواهد شد.به عبارت کلی‌تر تابع موج هر سیستمی از ذراتِ یکسان باید بر اثر تعویض تمام مختصات هر دو ذره‌ای، یا بدون تغییر بماند که در این صورت ذرات بوزون نامیده می‌شوند، یا تغییر علامت بدهند که در این صورت ذرات فرمیون نامیده می‌شوند. اسپین بوزون‌ها مضرب درستی از $\frac{\hbar}{2}$ است، در صورتی که اسپین فرمیون‌ها مضرب فردی از $\frac{\hbar}{2}$ ($\frac{1}{2}\frac{\hbar}{2}; \frac{3}{2}\frac{\hbar}{2}; \ldots$) است. فقط فرمیون‌ها از اصل طرد پائولی پیروی می‌کنند. در نظریه کوانتومی نا نسبیتی این وابستگی بین اسپین و آمار ذرات را یک واقعیت تجربی تلقی می‌کنند، در صورتی که در نظریه‌ی میدان کوانتومی نسبیتی همانطور که پائولی در سال ۱۹۴۰ در اثر معروف «قضیه‌ی اسپین – آمار» خود نشان داد این وابستگی یک پیامد کلیِ علیتی به حساب می‌آید.

اصل طرد برخی از بنیادی‌ترین ویژه‌گی‌های ماده را در تمامی اشکالش توجیه می‌کند. اگر به خاطر اصل طرد پایولی نبود، تمام اتم‌ها در اصل، ساختار الکترونی یکسانی می‌داشتند و این ساختار به صورت پوسته‌ای از الکترون در اطراف هسته در می‌آمد. هیدروژن و هلیوم در واقع یک پوسته دارند ، اما برای لیتیوم که سه الکترون دارد وضعیت فرق می‌کند . دو الکترون اول اوربیتال (یا حالت انرژی) یکسانی با اسپین‌های متقابل اشغال می‌کنند ، اما به علت اصل طرد پائولی الکترون سوم باید به اوربیتال جدیدی برود که به طور متوسط از هسته دور است. به این ترتیب بر خلاف هلیوم ، لیتیوم به راحتی یونیده می‌شود و در واکنش‌های شیمیایی شرکت می‌کند.

در ساختار پوسته‌ای هسته‌ها هم با وضعیت مشابهی رو به رو می‌شویم ، چون پروتون و نوترون می‌توانند از طریق برهم‌کنش هسته‌ای ضعیف به یکدیگر تبدیل شوند و در همان حال هر دو تحت تأثیر نیروهای هسته‌ای مشابهی قرار دارند ، مفید است که آن‌ها را به عنوان دو حالت از یک «نوکلئون» که از لحاظ مختصه‌ی ذاتی با عدد کوانتومی دیگری به نام اسپین ایزوتوپی (ایزوسپین) با یکدیگر تفاوت دارند، در نظر بگیریم . در این صورت اصل پائولی ایجاب می‌کند که هیچ دو نوکلئونی در یک حالت که با اعداد کوانتومی فضائی، اسپینی و ایزوسپینی یکسان مشخص می‌شوند نباشند. از اصل پائولی حتی پیامدهای بنیادی‌تری در سطح زیر هسته‌ای بدست آورد. به عنوان مثال باریون‌ها متشکل از سه کوارک هستند.و نتایج آزمایشی حاکی از آن است که ترازهای آن‌ها تابع موج‌هایی دارند که نسبت به تعویض اعداد کوانتومی فضائی ، اسپینی و طعم دو کوارک متقارن‌اند. این امر ظاهراً به دلیل ان‌که کوارک‌ها فرمیون‌ها هستند ، با اصل طرد در تناقض است. اعتقاد راسخ فیزیکدان‌ها به اعتبار عام اصل طرد پائولی ،به فرض و متعاقباً به تأئید یک عدد کوانتومی کوارکی جدید به نام رنگ انجامیده است. به این ترتیب هیچ دو کوارکی نمی‌توانند حالت‌هایی را که از نظر فضائی، اسپینی، طعم و رنگ یکسان باشند، اشغال کنند.

مجموعهٔ تمام حالت‌های اشغال شده در هر سیستم بس‌الکترونی را دریای فرمی ، و بالاترین تراز اشغال شده در دمای صفر مطلق را انرژی فرمی می‌نامند. در نظریهٔ فلزات که انرژی فرمی نوعاً از مرتبه چند الکترون ولت یعنی خیلی بیشتر از انرژی میانگین KT = ۰/۰۲۵ev برای گاز آرمانی در دمای معمولی هستند از همین تصویر استفاده می‌شود. چون اصل طرد مانع می‌شود تمام الکترون‌ها در حالت پائین‌ترین انرژی نجمیع کنند، بعضی از آن‌ها حتی در دمای معمولی انرژی‌هائی نزدیک به انرژی فرمی یعنی انرژی‌هائی متناظر با دماهای چند هزار درجه دارند. بنا بر این گرم کردن فلز از دمای T=۰ تا دمای معمولی تأثیر کمی روی توزیع انرژی الکترون‌ها خواهد داشت. این مطلب توضیح می‌دهد که چرا الکترون‌ها تأثیر ناچیزی روی گرمای ویژه فلزات دارند. همچنین چرا فلزات نوعاً باید تا حد گداختگی داغ باشند تا الکترون‌ها بتوانند از آن‌ها خارج شوند.

اصل طرد، همراه با این نکته که ترازهای انرژی الکترونی جامدات در نوارهای انرژی مشخصی توزیع شده‌اند، مبنای نظریهٔ رسانندگی الکتریکی و بسیاری از جنبه‌های فن‌آوری جدید است. جامدی که بالاترین نوار انرژی آن طبق اصل طرد کاملاً پر شده باشد یک عایق الکتریکی است. الکترون‌های آن در اثر میدان الکتریکی نمی‌توانند آزادانه جریان پیدا کنند، به زبان ساده به علت اصل پائولی جایی برای رفتن ندارند. از طرف دیگر، اگر فقط قسمتی از بالاترین نوار اشغال شده پر باشد، جسم جامد، رسانای خوبی برای الکتریسیته است. در نیمرساناها گاف بین نوار کاملاً پر شده و "نوار رسانش" مُجاز بعدی کوچک و نوعاً در حدود ۲ev یا کمتر است . در دمای صفر مطلق نوار رسانش خالی است، اما این گاف به اندازه کافی کوچک است که در دمای معمولی بعضی از الکترون‌ها می‌توانند از آن عبور کنند و بخشی از نوار رسانش را پر کنند. در نتیجه رسانندگی الکتریکی با افزایش دما، افزایش می‌یابد. الکترون‌ها همچنین می‌توانند با جذب تابش به نوار رسانش نیمرسانا صعود

کنند، البته با این فرض که انرژی hfی فوتون فرودی از گاف انرژی بیشتر باشد.این "اثر فوتو رسانندگی" مبنای خیلی از کاربردها از قبیل دربازکن‌های خودکار است، که در آن‌ها جریان الکتریکی با تابش نور کنترل می‌شوند. وقتی یک الکترون وارد نوار رسانش می‌شود در دریای فرمی یک جای خالی یا "حفره" باقی می‌ماند، که اشعال آن از نظر اصل پائولی مُجاز است. یک الکترون نواررسانش می‌تواند به چنین حفره‌ای منتقل شود و با این کار طی فرآیندی که مشابه گسیل فوتون به هنگام پرش یک الکترون اتمی به حالتی با انرژی پائین‌تر است، نور تابش می‌شود . این فرآیند تابشی الکترون – حفره اساس کار دیود نور گسیل (LED) است. و همین فرآیند وقتی به جای خود به خودی بودن از نوع تحریکی باشد، اساس کار لیزرهای نیمرساناست. طرز کار ترانزیستورها و پیوندگاه‌های دیودی را هم می‌توان با ملاحضات مشابهی بر مبنای تولید الکترون‌های رسانش در پی آلاییدگی نیمرساناها توضیح داد.

منبع : دانشنامه فیزیک جلد ۱

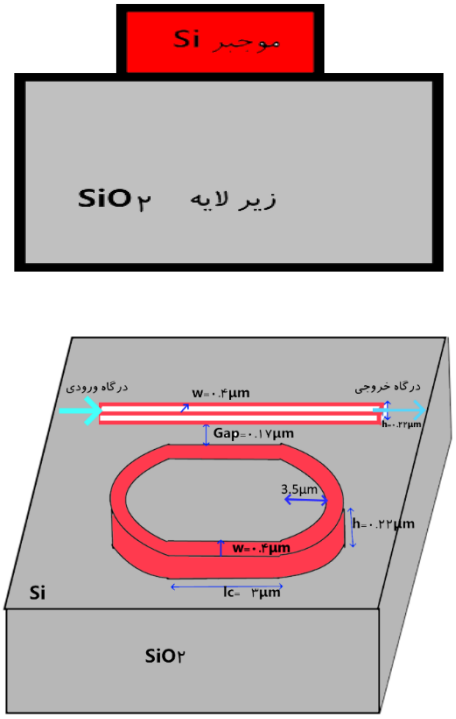
دستیابی به درگاه های منطقی AND و OR با استفاده از گرد زنشگرهای سیلیکونی

مقدمه

مخابرات نوری به دلیل سرعت بالا و پهنای باند زیاد در حال جایگزین شدن با مخابرات مرسوم است. امروزه یک درگاه منطقی تمام نوری نقش مهمی را در ارتباطات، کلید زنی،پردازش سیگنال و رمزگذاری داده‌ها ایفا می‌کند. امروز از سامانه‌های مختلفی برای ایجاد درگاه‌های منطقی استفاده می‌شود که شامل درگاه، بر پایه مشدّد حلقوی ،درگاه، بر پایه لیزر، بلورهای فوتونی،بستری برای کاربردهای سنجش بیولوژیکی،گرد زنشگرهای غیرخطی برای تحقق مالتی پلکسرهای دیجیتال تمام نوری ،گرد زنشگرها به علت خروجی سیگنال با کیفیت بالا ،هزینه ساخت کم، منطبق بر فناوری COMS، ابعاد کوچک، کاربردهای فراوانی در مبدل‌های نوری ،کلیدزنی نوری ،فیلتر و حسگرهای نوری یافته‌اند. سامانه گرد زنشگر مجموعه ای از موجبرها استف که حداقل یکی از آن‌ها یک حلقه بسته است که می‌تواند اختلافات فاز در نور ورودی ایجاد کند .هنگامی که نوربا طول موج تشدید از طریق حلقه از موجبر ورودی عبور می‌کند، به دلیل تداخل سازنده، در طی چندین بار رفت و برگشت شدت می‌یابد و در گذرگاه خروجی که به عنوان آشکارساز عمل می‌کند، خارج می‌شود.درگاه‌های منطق نوری، عناصر ضروری در نسل بعدی سیستم‌های مخابراتی پرسرعت هستند .که کاربردهای مختلفی در پردازش سیگنال نوری، کلید زنی، چندپالسی کردن، کدگذاری - رمزگشایی، و محاسبات پایه و پیچیده یافته‌اند. در این مقاله گیت‌های منطقی تمام نوری به کمک گرد زنشگراز جنس Si و SiO_2 با استفاده از روش عددی تفاضل محدود در حوزه زمان، طراحی و بر نقش پلاریزاسیون و امکان طراحی کلیدهای منطقی تمام نوری بر پایه وضعیت قطبش تمرکزمی کنیم. پیکر بندی گذرگاه نوری OR و AND بر پایه گرد زنشگرد ارائه شده در این پژوهش که ساده‌ترین حالت را از نظر طراحی دارد درشکل ۱ نشان داده شده است.

(الف)

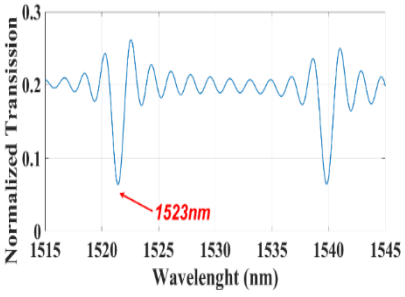
(ب)

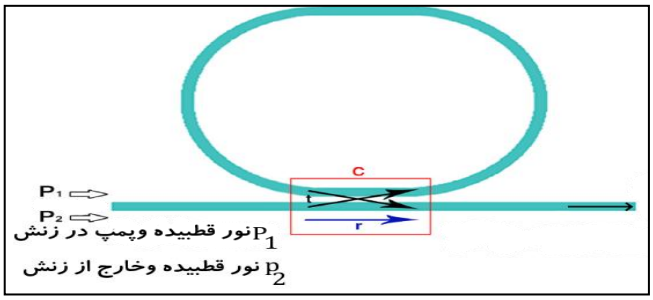


شکل۱: الف) سطح مقطع موجبر ب) طرحواره ای از درگاه منطقی بر پایه گرد زنشگر

نتایج شبیه‌سازی:

ساختار پیشنهادی گرد زنشگردر شکل یک برای طراحی گذرگاه‌های منطقی OR-AND در پمپ با توان کم و با زمان پاسخگویی کم ارائه شده است. همانطور که در شکل ۱-ب نشان داده شده است گذرگاه منطقی ارائه شده از یک گردزنشگر با شعاع μm ۳.۵ و ناحیه جفت‌گری به طول μm ۳ تشکیل می‌شود. مغزی موجبر از جنس سیلیکون است که بر روی زیر لایه‌ای از سیلیکا قرار دارد. ابتدا از یک منبع نوری با طول موج مرکزی ۱۵۲۳.۰۲ nm استفاده و نمودار طیف عبوری را بر حسب طول موج، رسم شد. شکل۲ طیف عبوری درگذرگاه خروجی سامانه در محدوده طول موج ۱۵۲۰ nm تا ۱۵۵۵ nm را نشان می‌دهد قله‌های زنش در دو ناحیه ۱۵۲۳ nmو ۱۵۴۱ nm قرار دارد. دراین‌جا یکی از طول موج‌های قله زنش برابر ۱۵۲۳ nm را به عنوان پمپ ورودی استفاده کردیم. با اعمال حالت‌های مختلف قطبش در چشمه، در نور خروجی حالت‌های مختلف گاوسی TE ایجاد شد که وابسته به ماهیت سیگنال پمپ است.

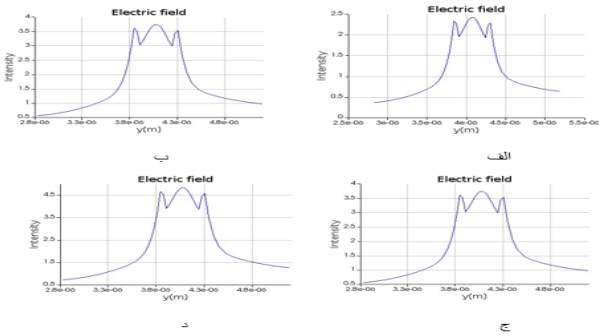




شکل۲:الف)نمودار طیف عبوی از گرد زنشگربرای تک نور ورودی با طول موج مرکزی ۱۵۲۳ nm ب) نمای کلی درگاه منطقی وارد شدن پرتو

درگاه های نوری OR

برای ایجاد گذرگاه منطقی OR از دو منبع نوری ثابت P_1 و P_2 در طول موج قله زنش ۱۵۲۳.۰۲ nm با قطبش 53° و طول موج بدون زنش ۱۵۳۸ nm با قطبش 53° به ترتیب از طریق گذرگاه ورودی وارد گرد زنشگر می‌شوند. تبدیل حالت قطبی در طول موج ۱۵۲۳.۰۲ nm رخ می‌دهد. درشکل ۳ نتایج درگاه منطقی OR نشان داده شده است. در این‌جا دامنه ۲.۵ به عنوان دامنه آستانه در نظر گرفته شده به طوری که سیگنال‌های با دامنه کمتر از ۲.۵ را صفر منطقی و سیگنال‌های با دامنه بزرگتر از ۲.۵ را یک منطقی در نظر گرفتیم. مطابق نتایج ارائه شده در شکل ۳ برای نور ورودی با دامنه ۲.۵خروجی با دامنه ۲.۵ داریم که منطق صفر - صفر با خروجی صفر را می‌دهد. در شکل ۳-الف)دامنه P_1 برابر ۲.۵ ودامنه P_2 برابر۲.۵ خروجی برابر ۲.۵منطق صفر- صفر با خروجی صفر برقرار است. در شکل ۳-ب) دامنه P_1برابر ۵ ودامنه P_2 برابر۲.۵ خروجی بزرگتر از۲.۵ منطق یک - صفر با خروجی یک برقرار است.در شکل ۳-ج) دامنه P_1 برابر ۲.۵ ودامنه P_2 برابر۵ خروجی بزرگتر از ۲.۵ منطق صفر – یک با خروجی یک برقرار است و درشکل۳-د) دامنه P_1برابر ۵ ودامنه P_2 برابر ۵ خروجی برابر ۵ منطق یک- یک با خروجی یک برقرار است. همانطور که مشاهده می‌شود سامانه گرد زنشگر پشنهادی به عنوان درگاه منطقی OR در ابعاد میکرومتر به خوبی عمل می‌کند.

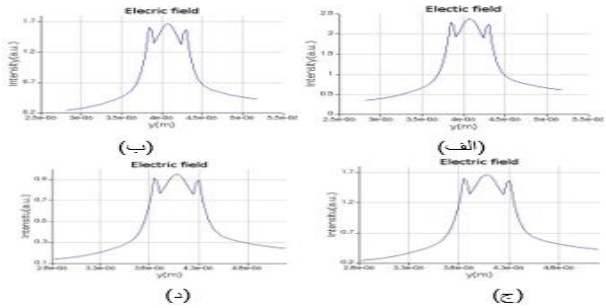


شکل۳:نمودار خروجی میدان الکتریکی TEمنطق OR

الف)صفر – صفر با خروجی صفر ب) یک – صفر با خروجی یک ج) صفر – یک با خروجی یک د) یک – یک با خروجی یک

درگاه نوری AND

برای ایجاد گذر گاه منطقی AND دو منبع نوری ثابت P_1 و P_2 که هر دو در طول موج زنش ۱۵۲۳.۰۲ nm با قطبش 53° از طریق گذرگاه ورودی وارد گرد زنشگر می‌شوند . تبدیل حالت قطبی در طول موج ۱۵۲۳.۰۲ nm رخ می‌دهد. دراین‌جا دامنه‌های کوچک‌تر از ۲.۵ را صفر منطقی و دامنه ۲.۵ را یک منطقی تعریف کردیم. مطابق شکل ۴ منطق AND به کمک گرد زنشگر برآورده می‌شود. درشکل ۴-الف)دامنه P_1 برابر ۲.۵ ودامنه P_2 برابر۲.۵ خروجی برابر۲.۵ که معادل منطق یک – یک با خروجی یک است در شکل ۴-ب) دامنه P_1 برابر ۱ ودامنه P_2 برابر۲.۵ خروجی کوچک‌تر از۲.۵ که معادل منطق صفر – یک با خروجی صفر است. در شکل ۴-ج) دامنه P_1 برابر ۲.۵ ودامنه P_2 برابر۱ خروجی کوچک‌تر از ۲.۵ که معادل منطق یک – صفر با خروجی صفر است و در شکل ۴-د) دامنه P_1 برابر ۱ ودامنه P_2 برابر ۱خروجی برابر۱ که معادل منطق صفر – صفر با خروجی صفر است.



شکل۴ : نمودار خروجی میدان الکتریکی TEمطابق با منطق AND الف) یک – یک با خروجی یک ب) یک – صفر با خروجی صفر ج) صفر – یک با خروجی صفر د) صفر – صفر با خروجی صفر

نتیجه‌گیری:

از یک گرد زنشگر سیلیکونی به شعاع $3.5\ \mu m$ و قسمت جفت‌گری به طول $3\ \mu m$ به عنوان درگاه‌های منطقی AND و OR استفاده شد. از دو سیگنال ورودی با قطبش‌های 53° یکی در طول موج قله زنش و دیگری خارج از زنش برای بررسی منطق درگاه‌ها استفاده شد.نتایج نشان می‌دهد با اعمال قطبشِ طول موج زنش و در نظر گرفتن دامنه آستانه در یک گرد زنشگر می‌توان به درگاه‌های منطقی AND و OR دست یافت.

اسدی،افشین؛[1]بهادران، مهدی؛ *[1]عرب تاش،فیروزه؛[1] هنر آسا ،غلامرضا؛[1]

[1]دانشکده فیزیک، دانشگاه صنعتی شیراز،شیراز

*نویسنده رابط: مهدی بهادران

ساخت و مطالعه شیشه اکسی فلوریدی به عنوان حفاظ شفاف در برابر پرتوهای گاما

مقدمه

پرتوهای ایکس و گاما که جز پرتوهای یونساز محسوب می‌شوند در کاربری‌های مختلف از قبیل پزشکی، صنعت هسته‌ای، اماکن علمی-تحقیقاتی و صنایع هوافضا و دیگر جاها مورد استفاده قرار می‌گیرند. به علت اینکه این پرتوها دارای انرژی و متعاقب آن قدرت نفوذ بسیار زیادی در ماده هستند لذا ایجاد یک حفاظ مناسب برای جلوگیری و کاهش آثار مخرب پرتو، یکی از راه‌های مناسب برای کاهش پرتوگیری افراد است. در اماکنی که با این نوع از

پرتوها سر وکار دارند برای کاهش پرتوگیری از سرب فلزی یا ترکیبات آن، آهن و یا بتن برای دیوارها استفاده می‌شود. یکی از خواص جالب برای این نوع از حفاظ‌ها شفافیت آنها می‌باشد که می‌تواند در کاربری‌های ویژه‌ای مورد استفاده قرار بگیرد. به طور معمول از شیشه‌های حاوی سرب در چنین حفاظ‌هایی استفاده می‌شود. شیشه دارای دو ویژگی، شفافیت برای نور مرئی و جذب اشعه‌های گاما و نوترون‌ها است لذا می‌تواند برای ناظران و پرتوکاران، حفاظی را ایجاد کند. اگرچه این شیشه‌ها در محافظت از تابش توانایی خوبی دارند، اما یکی از معایب آنها شفافیت کم این‌گونه از حفاظ‌ها است که موجب می‌شود فرد پرتوکار دید بصری مناسبی نسبت به اتاق پرتو نداشته باشد[۱].

در زمینه ساخت شیلدهای شفاف، اخیراً پژوهش‌های متعددی انجام شده است. کائور و همکارانش از ترکیبات اکسیدی بیسموت، بور، سیلیسیوم و سدیم استفاده نمودند و مقدار ضریب تضعیف خطی را در درصدهای مولی متفاوت با حضور چشمه Cs-۱۳۷ گزارش کردند. این مقدار برای بهترین نمونه با چگالی $6.185\ gr/cm^3$ برابر $0.641\ cm^{-1}$ به دست آمده است [۲].

در پژوهشی دیگر، باقری و همکارانش از ترکیبات بوروسیلیکات، اکسید بیسموت و اکسید باریم استفاده نمودند و مقدار ضریب تضعیف خطی را برای نمونه با چگالی $4.21\ gr/cm^3$ در برابر چشمه Cs-۱۳۷ برابر با $0.354\ cm^{-1}$ گزارش نمودند[۳]

هدف از این مطالعه، ساخت یک حفاظ مناسب شفاف با فرمولی جدید است که علاوه بر اطمینان از توانایی محافظت کافی در برابر پرتوهای منتشر شده از دید مطلوبی هم برخوردار باشد.

۲. بخش تجربی

۲. ۱. ساخت شیشه

در ابتدا مواد اولیه با خلوص بالا و با درصد مولی مناسب طبق جدول ۱ توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم، به مقدار بچ ۲۰ گرم توزین شده و سپس به صورت مکانیکی کاملاً مخلوط شدند. مخلوط‌های حاصل در بوته آلومینیایی در کوره و در دمای ۱۴۰۰ درجه سیلسیوس ذوب گردید. در ادامه مذاب به دست آمده در قالب ریخته‌گری شد. سطح قالب باید بسیار صاف و صیقلی و عاری از هرگونه فاز اکسیدی باشد که در غیر این صورت سطح بالک شیشه شدیداً زبر و ناصاف خواهد شد.

در نهایت مرحله بازپخت کامل انجام شد و شیشه در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس بازپخت گردید.

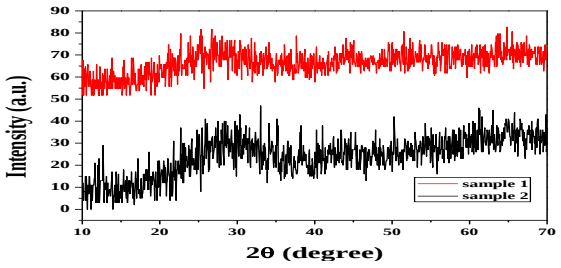
جدول (۱): درصد مولی اجزای تشکیل‌دهنده دو نمونه شیشه

NO	SiO_2	Al_2O_3	$CaCO_3$	CaF_2	Thickness (mm)
Sample۱	۴۲	۲۴	۱۸	۲۰	۸/۷۱
Sampl	۴۲	۲۴	-	۳۸	۷/۷۶

۳. اندازه‌گیری‌ها و نتایج

۳. ۱. نتایج طیف XRD

برای اطمینان از آمورف بودن شیشه پایه ریخته‌گری شده، آنالیز XRD از نمونه‌ی شیشه پودر شده، گرفته شد. دستگاه مورد استفاده یک دستگاه پراش پرتو ایکس مدل X'PertPro با تابش Cu-Kα و طول موج ۱/۵۴ آنگستروم می‌باشد. نتیجه طیف XRD در شکل ۱ نشان داده شده است. طبق نتایج به دست آمده و نیز شفافیت شیشه، این فرض می‌شود که نمونه‌های به دست آمده آمورف (بی‌شکل) می‌باشند.



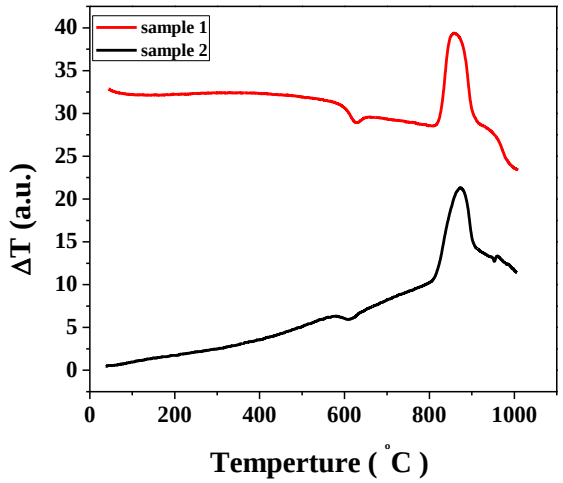
شکل (۱): الگوی XRD مربوط به دو نمونه

۲. ۳. نتایج طیف DTA

برای اطلاع از دمای تبلور شیشه، آنالیز حرارتی افتراقی[۱] در یک دستگاه آنالیز حرارتی مدل Netzsch STA ۴۰۹ در محدوده دمایی ۲۵ تا ۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد تحت اتمسفر هوا و با نرخ حرارت‌دهی ۲۰ درجه بر دقیقه گرفته شد. مطابق با نموداری که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، دمای گذار به فاز شیشه‌ای شدن در دمای ۶۰۰ درجه و دمای کریستالیزاسیون به ترتیب برای دو نمونه در ۸۷۲ و ۸۷۴ درجه می‌باشد.

۳. ۳. اندازه‌گیری ضریب تضعیف

در این مطالعه برای تعیین کارایی حفاظ‌های شیشه‌ای ساخته شده در برابر پرتوهای گاما، دو کمیت ضریب تضعیف خطی و جرمی اندازه‌گیری گردید.



شکل(۲): منحنی های DTA برای دو نمونه با ترکیبات مختلف.

۳. ۳. ۱. تئوری مسئله

برای برهم‌کنش فوتون‌های ایکس و گاما با ماده مکانیسم‌های زیادی وجود دارد که در بین آنها تنها سه نوع از این برهم‌کنش‌ها نقش مهمی دارند [۴] که عبارتند از: ۱) اثر فوتوالکتریک ۲) پراکندگی کامپتون ۳) تولید زوج.

[۱] DTA

مجموع احتمال این سه برهم‌کنش که اصطلاحاً آن را ضریب تضعیف خطی کل (μ_L) می‌نامند، برابر است با کسری از باریکه پرتو گاما که در طی گذار از واحد ضخامت ماده جاذه ناپدید می‌شود [۸]. این کمیت را از طریق رابطه ۲ محاسبه می‌کنیم:

$$\mu\left(\mathrm{m}^{-1}\right) = \tau + \sigma + \kappa$$

از آنجایی که ضریب تضعیف خطی وابسته به چگالی ماده است می‌توان کمیت ضریب تضعیف جرمی کل را معرفی نمود[۵]. این کمیت بیان‌گر احتمال وقوع برهم‌کنش در ۱gr/m^2 ماده است.

$$\mu_m\left(\mathrm{m}^2/\mathrm{Kg}\right) = \frac{\mu_L(\mathrm{m}^{-1})}{\rho(\mathrm{Kg}/\mathrm{m}^3)}$$

در رابطه بالا، ρ چگالی ماده جاذب است. کمیت دیگر، ضخامت نیم‌لایه (HVL)است که به صورت ضخامتی از ماده است که اگر در مسیر پرتو قرار بگیرد، شدت پرتو را به نصف مقدار اولیه کاهش می‌دهد. این کمیت از طریق رابطه ۴ محاسبه می‌شود:

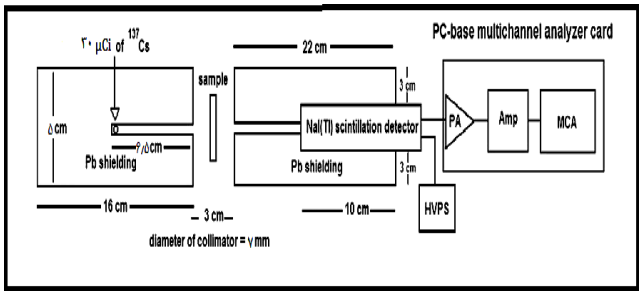
$$\mathrm{HVL(cm)} = 0.693/\mu_L \qquad (۴)$$

برای اندازه‌گیری ضریب تضعیف خطی در شرایط هندسی خوب از رابطه تجربی لامبرت-بیر استفاده می‌شود.

$$\ln\frac{I}{I_0} = -\mu t \qquad (۵)$$

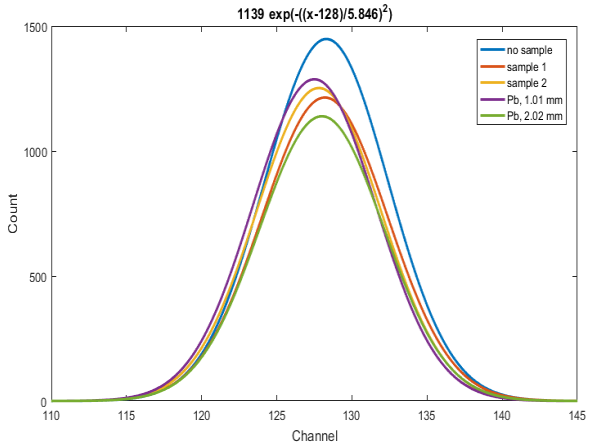
در این رابطه، I شدت پرتو گاما پس از عبور از ضخامت t ماده جاذب و I_0 تعداد فوتون‌های اولیه است. μ شیب منحنی جذب یا ضریب تضعیف خطی است.

برای تعیین مقادیر I و I_0 مطابق شکل ۳ از چشمه Cs-۱۳۷ با فعالیت ۳۰μCi استفاده گردید که فوتون‌های با انرژی ۶۶۲ کیلوالکترون ولت از خود گسیل می‌کند. آشکارساز مورد استفاده NaI(Tl) است.



شکل (۳): طرحی از چیدمان اجزای آزمایشگاهی برای اندازه‌گیری ضریب تضعیف خطی

فوتون‌های فرودی I_0 را بدون هیچ‌گونه نمونه‌ای در مدت زمان ۱۵۰ ثانیه و با ۱۰ بار تکرار آزمایش با توجه به سطح زیر قله فوتوپیک در طیف مشاهده شده بر روی صفحه نمایش‌گر شمارش می‌کنیم (شکل۴). این کار را به کمک برازش نمودار به صورت منحنی گاوسین در نرم‌افزار متلب و سپس محاسبه مساحت زیر منحنی انجام می‌دهیم. بار دیگر و این دفعه با در نظر گرفتن نمونه، مقدار I را همانند حالت قبل و با شرایط مشابه برای هر نمونه ثبت و شمارش می‌کنیم.



شکل(۴): ناحیه فوتوپیک فیت شده برای دو نمونه شیشه‌ای و دو نمونه سربی با ضخامت های ۱/۰۱و ۲/۰۲ در حضور چشمه CS-۱۳۷

با توجه به شکل ۴ و مساحت زیر منحنی، نمونه‌های ساخته شده معادل با ۱.۵ mmPb در انرژی ۶۶۲ KeV می‌باشند.

در جدول ۲ مقادیر ضرایب تضعیف خطی و جرمی و نیز ضخامت نیم‌لایه برای نمونه‌های ساخته شده ملاحظه می‌شود.

جدول (۲): ضرایب تضعیف خطی، جرمی و ضخامت نیم‌لایه دو نمونه

کد نمونه	ضریب تضعیف خطی (cm^{-1})	ضریب تضعیف جرمی (cm^2/g)	ضخامت نیم‌لایه (cm)
Sample ۱	۰/۱۷۸	۰/۰۶۰	۳/۹
Sample ۲	۰/۱۷۷	۰/۰۵۸	۳/۹
Pb	۱/۰۴	۰/۰۹۱	۰/۷

۴. بحث و نتیجه‌گیری

این مطالعه به منظور امکان سنجی ساخت شیشه‌های سبک، شفاف و بدون افزودنی سرب به منظور حفاظت در برابر پرتوهای یونساز انجام شد. بدین منظور از دو نوع ترکیب متفاوت با درصدهای مولی مختلف استفاده گردید که ویژگی‌های آن به کمک طیف‌های XRD و DTA مورد بررسی قرار گرفت.

در ادامه به منظور سنجش میزان تضعیف پرتوهای گاما، نمونه‌ها در برابر چشمه Cs-۱۳۷ با انرژی ۶۶۲ KeV قرار گرفت و به کمک دستگاه آشکارساز سینتیلاتور و طیف‌سنجی پرتوهای گاما، مقدار ضریب تضعیف خطی، جرمی و ضخامت نیم‌لایه بدست آمد.

نتایج نشان می‌دهد که در انرژی ۶۶۲ KeV نمونه‌های ساخته شده با ضخامت ۸ mm معادل با ۱/۵ میلیمتر سرب می‌باشند که از لحاظ وزنی بسیار سبکتر از حفاظ سربی خالص می‌باشد. همچنین این نمونه‌ها میزان سمیت بالای سرب را ندارند و از نظر زیست محیطی بسیار سازگار می‌باشند و در نهایت خاصیت شفافیت آنها نسبت به سرب است که می‌تواند در کاربری-های ویژه‌ای که مواجهه مستقیم با چشمه مقدور نیست مورد توجه قرار بگیرد.

از دانشگاه کاشان و پژوهشگاه مواد و انرژی در انجام این پژوهش تشکر و قدردانی می نمایم.

دبیر فیزیک شهرستان شاهین دژ آذربایجان غربی **منیجه رحیمی بالکانلو**

گزارش فعالیت‌های انجمن در دور دهم تا تاریخ ۱۴۰۲/۰۸/۲۶

۱- برگزاری وبینار آموزشی تحت عنوان : شیوه نوین تدریس مبحث حرکت‌شناسی به روش پرسش‌گیری چالشی ارائه دهنده این وبینار سرکار خانم سمانه دیهیم دبیر فیزیک از خرامه و عضوشورای اجرائی و نایب رئیس انجمن معلمان فیزیک فارس در تاریخ ۲۰ مرداد ۱۴۰۱ در بستر اسکای روم با همکاری گروه آموزشی فیزیک برگزار شد، بودند که ۲۰۰ نفر ازهمکاران سراسر کشور در آن شرکت کردند.

۲- برگزاری همایش روز آزمایشگاه در تاریخ ۱۲ آبان ۱۴۰۱ که به عنوان روز آزمایشگاه نامگذاری با همکاری بخش علوم و فنون پژوهشکده معلم در آزمایشگاه فیزیک این بخش برگزار شد که ابتدا سخنرانی کوتاهی توسط جناب آقای کریمی در رابطه با موج و نور و جناب آقای مصطفی‌نژادیان در رابطه با اهمیت انجام آزمایش عملی توسط دانش‌آموزان با راهنمایی معلمان، با ذکر یادی از استاد احمد توحیدی و روش‌های بکاربرده شده توسط ایشان و نقش ایشان در نظم بخشی به آزمایشگاه فیزیک مرکزی و پژوهشکده معلم با نوشتن بیش از ۲۰۰ دستورالعمل برای آزمایش‌های بعضاً ابتکاری آرزوی سلامتی وطول عمر با عزت برای ایشان نمودند .سپس دبیران فیزیک و علوم تجربی با تقسیم شدن به چند گروه با راهنمایی اساتید محترم جناب یزدانی و یدملت و سرکار خانم شفیعی به انجام آزمایش پرداختند .

۳- در تاریخ ۱۴۰۱/۱۰/۲۹ همایش انجمن با همکاری دانشگاه فرهنگیان در سالن آموزش ضمن خدمت فرهنگیان فارس واقع در ساختمان شهید قاسم سلیمان برگزار شد در این همایش ابتد سرکار خانم مژگان قدسی مقاله‌ای با عنوان بررسی پدیده رنگین-کمان ارائه دادند که ضمن تشریح فیزیکی پدیده رنگین‌کمان به تاریخچه‌ای از شناخت این پدیده توسط دانشمندان مختلف از زمان ارسطو تا ابن سینا و .. دکارت را بیان کردند .
سخنران بعدی جناب آقای احمدرضا شریعتی بودند که در رابطه با روش‌های اندازه گیری فواصل درون کهکشانی و برون کهکشانی مطالبی را بیان کردند.
در انتهای برنامه استاد عزیز و مبتکر و طراح و سازنده وسایل آزمایشگاهی کاربردی در حین تدریس جناب نعمت‌الله مختاری چندین آزمایش از دست‌ساخته‌های خود را ارائه دادند.

۴- بدنبال بازدید از شرکت الکترو موتور سازی واقع در منطقه آزاد تجاری شیراز برای آشنائی با نسل جدید الکتروموتورها وبیناری با عنوان فیزیک در صنعت(الکتروموتورهای نسل جدید) با حضور جناب آقای مهندس عباس رحیمی کارشناس ارشد فیزیک حالت جامد از مهندسین این شرکت با همکاری گروه آموزشی فیزیک در تاریخ ۲۰ اسفند ۱۴۰۲ توسط انجمن برگزار شد بعد ارائه مقاله اول جناب آقای فرهنگ کریمی مطبی با عنوان «نکاتی چند در مورد فیزیک جدید (دوره دوم متوسطه)» بصورت پرسش و پاسخ ارائه دادند.

۵- بدنبال طرح و تصویب برگزاری همایش دانش‌آموزی فیزیک در شورای اجرائی انجمن فراخوان ثبت‌نام در این همایش از طریق فضای مجازی (گروه‌های دبیران فیزیک) و بخشنامه اداره کل به اطلاع همکاران رسانده شد و از آنان درخواست گردید دانش‌آموزان را برای شرکت در این همایش تشویق و ثبت‌نام کنند که در نهایت ۲۲۰ نفر از دانش‌آموزان با واریز حق شرکت در همایش به حساب انجمن در این همایش شرکت کردند. برنامه‌های همایش معرفی اسباب‌بازی‌های علمی دکتر رحیمی استاد یزدانیانجام آزمایش‌های جذاب فیزیکی استاد مصطفی رفیعی مسابقه علمی استاد فرهنگ کریمی بیان تجربیاتی از کاربردهای عملی فیزیک در زندگی سخنرانی علمی مبانی و کاربردهای فیزیک هسته‌ای آقای خادمی ارائه روشی نوین از کاربردهای ریاضی در حل مسائل فیزیک آقای خیری

۶- همایش علمی و مجمع عمومی: در تاریخ ۳۱ خرداد ۱۴۰۲ مجمع عمومی سالانه همراه با همایش علمی در سالن اجتماعات ناحیه یک برگزار شد در این همایش دو سخنرانی ارائه شد الف- آقای احمد رضا شریعتی با عنوان: کاربرد دستگاه قدر سنجی و شمع-های استاندارد در تعیین فواصل اجرام بسیار دور کیهانی

ب - استاد ارجمند جناب آقای دکتر سعید دعوت‌الحق استاد تمام بخش فیزیک دانشگاه شیراز با عنوان: افزایش پیچیدگی در جهان در حال انبساط (Rise of complexity in the expanding universe)

قسمت دوم برنامه -انجام آزمایش (استاد یدملت)

قسمت سوم - برگزاری مجمع عمومی سالانه و انتخاب بازرسان

۷- برگزاری چهارمین کنفرانس آموزش فیزیک استانی: در اسفند ۱۴۰۱ فراخوان این کنفرانس برای ارسال مقاله در گروه‌های دبیران قرار گرفت که تعداد ۱۶ مقاله از طریق ایمیل دریافت شد که از بین آن‌ها ۷ مقاله انتخاب و در همایش ارائه گردید و به مناسبت روز حافظ خانم الهام تمدن دبیر فیزیک و دکترای ادبیات فارسی و حافظ پژوه مطالبی را در باره این شاعره پر آوازه شیرازی بیان داشتند .

۸- برگزاری وبینار آموزشی با همکاری گروه آموزشی فیزیک استان در این وبینار دو سخنرانی ارائه شد الف - آقای دکتر محمدمهدی فیروزآبادی دانشیار گرایش هسته‌ای دانشگاه بیرجند با عنوان: آشنایی با روش تولید انرژی در فرآیند LENR ب – خانم دکتر ساره ارحمی دکترای فیزیک هسته‌ای از دانشگاه بیرجند با عنوان : بررسی اهمیت و عملکرد رآکتورهای هسته ای زیر بحرانی واداشته با شتاب دهنده ADSR.

۹- مشارکت در برگزاری همایش مشترک انجمن‌های علوم پایه : این همایش در تاریخ ۲۶ آبان ۱۴۰۲ در محل پژوهشکده معلم با همکاری انجمن‌های فیزیک و شیمی و ریاضی و زیست و زمین برگزار شد. طبق زمان‌بندی همایش به هر انجمن ۳۰ دقیقه وقت اختصاص داده شد،از انجمن فیزیک سرکار خانم فاطمه هنرور

مقاله‌ای در مورد پیدایش جهان تا پیدایش زمین به زبان ساده ارائه دادند

۱۰- چاپ نشریه شماره ۱۶ آذرخش در ۵۲ صفحه متن همراه با ۴ صفحه رنگی جلد در تیراژ ۱۰۰۰ نسخه ، ضمن توزیع در همایش دبیران فیزیک و همایش دانش‌آموزی برای گروه‌های آموزشی فیزیک مناطق ارسال تا بین دبیران فیزیک توزیع شود.

۱۱- شرکت آقایان حمید مصطفی نژادیان و فرهنگ کریمی در شورای نمایندگان اتحادیه انجمن‌های معلمان فیزیک ایران در شهر کرج و تقدیم آذرخش ۱۶ بین شرکت‌کنندگان در این گردهمائی .

۱۲- جشنواره فیزیک (جایزه استاد رزمکن) : با پیشنهاد یکی از بستگان استاد صیاد رزمکن از پیشکسوتان آموزش فیزیک فارس و مترجم و مدیر مسئول نشریه آذرخش که سابقه چندین دوره عضویت در شورای اجرائی انجمن معلمان فیزیک فارس را دارند و با تصویب شورای اجرائی انجمن مقرر شد که هر ساله همایشی تحت عنوان جشنواره فیزیک (جایزه استاد رزمکن) در شیراز برگزار شود که ضمن بزرگداشت استاد رزمکن و به منتخبین محورهای چهارگانه این همایش جوایزی اهدا گردد .

۱۳- تهیه مقدمات چاپ آذرخش شماره ۱۷ : با جمع‌آوری مقالات و تنظیم و صفحه آرائی، این شماره آذرخش، امیدواریم بزودی به زیور چاپ آراسته شود.

کمالدین ابوالحسن

پیرو قطب‌الدین شیرازی، ریاضیدان ،اخترشناس و مفسر ابن‌سینا بود. اگرچه درباره ریاضیات مطالبی می‌نوشت، ولی خدمت اصلی وی در نورشناسی بود، بنا بر تقاضای شیرازی تفسیری بر المناظر ابن هیثم نوشت، ولی تصمیم گرفت بسیاری از آثار ابن هیثم در نور شناسی را مشمول تفسیر کند ، نوشته کمالدین پیش از آن‌که تفسیر باشد،جنبه تجدید نظر به مفهوم قرون وسطائی دارد، زیرا کمالدین نظریه‌های ابن هیثم را رد می‌کند ،بسط می‌دهد ،و در بعضی موارد عقاید خود را جانشین نظریه‌های ابن هیثم می‌کند،مثلاً نظریه مربوط به رنگین‌کمان ، کار کمالدین در رنگین‌کمان را می‌توان تعمیم اصلاحاتی دانست که ابن هیثم آغاز کرده بود ، زیرا هم او بود که موازین ریاضی و تجربی را در مسائلی وارد ساخت که در آن‌ها نور و بینائی وحدت یافته‌اند ، با این که ابن‌هیثم مدافع بررسی تجربی مستقیم درباره تأثیرات نوری برای محقق ساختن فرضیه‌های هندسی بود ، این امر در مورد پدیده‌های پیچیده‌ای مانند رنگین‌کمان‌ها غیر عملی بود، نوآوری کمالدین همانا روی-گرداندن از بررسی مستقیم مستقیم و برقرار کردن مدل یا مشابه قابل کنترل بود، بر مبنای استنباط ابن سینا از رنگین‌کمان به عنوان انعکاس نور از قطرات آب در آسمان ، کمالدین مشابهت میان قطرهٔ آب و گوی شیشه‌ای مملو از آب را پیش کشید،برای محقق ساختن فرضی‌های هندسی،از گوی شیشه‌ای در شیوهٔ تجربی استفاده کرد. (منبع زندگینامه علمی دانشمندان)

نظر چند تن از دانشمندان درباره رنگین‌کمان

توضیح علت مشاهده کمان رنگین‌کمان توسط رنه دکارت در سال ۱۶۳۷

دکارت توضیح می‌دهد که رنگین‌کمان اولیه توسط پرتوهایی که بوسیله قطرات باران که موقعیتشان روی سطح یک مخروط با راس روی چشم، محور در طول جهت پاد خورشیدی و نیم راس ۴۲درجه قرار دارند، انحراف پیدا می‌کنند، به وجود می‌آید. و برای رنگین‌کمان دوم این زاویه تقریبا ۵۱ درجه است.

نظریه ارسطو در باره رنگین‌کمان

ارسطو اعتقاد به وجود یک کره جوّی با ابر متراکم داخل آن دارد و برای تشکیل رنگین‌کمان به سه عنصر اصلی منبع نور، مشاهده‌گر و ابرمتراکم اشاره می‌کند

به نظر او کمان دوم در فاصله دورتری شکل می‌گیرد و به همین دلیل نور آن ضعیف‌تر به چشم ما می‌رسد

نظریه ابن سینا در باره رنگین‌کمان

ابن سینا تا حدودی نظرات ارسطو را درباره رنگین‌کمان قبول داشت و می-نویسد:" رنگین‌کمان در یک ابر تاریک تشکیل نمی‌شود. اما او فکر می‌کند که ابر مانند یک پیش زمینه برای یک ابر نازک است که مشابه نقره‌اندود در پشت شیشه یک آینه است".

از نظر او رنگین‌کمان در اثر بازتاب نور در ذرات شبنم پراکنده شده در هوای مرطوب و بیشتر در ابرها شکل می‌گیرد.

به عقیده کمال الدین فارسی موقعی که نور خورشید به روی یک سطح بازتاب‌کننده و یا انکساری می‌افتد، پرتوها به نقطه دیگر بازتاب و یا شکسته می‌شوند. اگر صفحه بازتاب‌کننده و یا انکساری دیگری وجود داشته باشد آن‌ها بازتاب و یا شکست‌شان را ادامه می‌دهند و این ممکن است چندین بار اتفاق بیفتد و در طول این فرایند ساختار پرتو نور عوض نمی‌شود و ثابت باقی می‌ماند.

او توضیح می‌دهد زمانیکه نور خورشید وارد کره شفاف می‌شود چه تغییراتی اتفاق می‌افتد و اینکه چطور هر پرتو چند بار شکست و بازتاب پیدا می‌کند و پرتوهایی که ۱) فقط دو شکست ۲) دو شکست و یک بازتاب ۳) دو شکست و دو بازتاب پیدا می‌کنند را نشان می دهد.

توضیح رنگین‌کمان توسط کمال الدین فارسی

کمال الدین فارسی هر قطره باران را به یک کره پر شده از آب تشبیه کرد. او صراحتا از جدار شیشه که ضخامت کم داشت، صرف نظر کرد و شعاع تابشی را در نظر گرفت که ۱۰ درجه به ۱۰ درجه از صفر تا ۹۰ درجه تغییر می-کرد.

فارسی با قرار دادن چشمش در یک راستای معین، روی یک کمان دایره‌ای توانست رنگ‌های رنگین‌کمان را مشاهده کند. او رنگ‌ها و تغییرات آن‌ها را یادداشت کرد و نتیجه گرفت که این مورد تجربی دلالت بر یک بازتاب داخلی می‌کند. با تغییر مکان چشمش توانست در راستای دیگر، رنگین‌کمان دیگری را ببیند که رنگ‌های آن درخشش کمتری داشت و توزیع رنگ‌های آن وارونه رنگ‌های قبلی بود. این پدیده دلالت بر دو بازتاب داخلی می‌کند.

منبع : مقاله رنگین‌کمان مژگان قدسی

رنگین کمان

در قدیم مردم رنگین‌کمان‌ها را نشانه بدبختی می‌دانستند ، و می‌گفتند رنگین‌کمان‌ها پلی هستند برای بالارفتن ارواح و وقتی شخصی رنگین‌کمانی را می‌دید تصور می‌کرد که شخصی در آستانه مرگ قرار دارد .اما با پیشرفت علم راز این کمان رنگی شگفت‌انگیز برای مردم مشخص شد .

نور خورشید، که ما آن را معمولاً سفید می‌بینیم، ترکیبی از هفت رنگ مختلف است .*این هفت رنگ رنگین کمان عبارت‌اند* از: بنفش، نیلی، آبی، سبز، زرد، نارنجی و قرمز. به این ترتیب اگر نور خورشید تجزیه شود، نواری متشکل از هفت رنگ پدیدار می‌شود که به آن«طیف» می‌گویند.حال با برخورد نور سفید خورشید به یک منشور نور خورشید تجزیه می‌شود و به شکل طیف رنگی در می‌آید . اگر نور خورشید به قطرات باران بر خورد کند قطرات باران مانند یک منشور نور خورشید را تجزیه می‌کنند و رنگین کمان در آسمان ظاهر می‌شود.البته فقط باران عامل ایجاد رنگین‌کمان نیست بلکه قطرات آب معلق در هوا شامل مه ,افشانه ,و شبنم نیز می‌توانند رنگین‌کمان تشکیل دهند .

اما این پدیده شگفت‌انگیز که توجه همه را به خود جلب می‌کند به طوری که افراد با مشاهده آن موبایل‌ها را بیرون آورده و اقدام به عکس‌برداری از آن می‌کنند چگونه تشکیل می‌شود؟

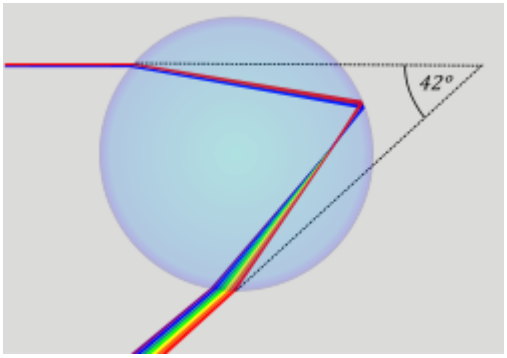
رنگین‌کمان موقعی دیده می‌شود که در سمتی از آسمان باران می‌بارد(آسمان پر از قطران آب باران باشد)، و در سمت دیگر خورشید می‌تابد و ما نیز بین این دو قرار گرفته‌ایم. یعنی خورشید باید از پشت سر ما بتابد و باران هم در جلوی روی ما ببارد. در این حالت نور خورشید از پشت سر ما به قطرات باران می‌رسد، این قطرات، نور را تجزیه کرده و آنرا به شکل نوارهای رنگین در می‌آورند

برای وقوع این پدیده ، خورشید ، چشم ناظر و وسط *قوس رنگی کمان* باید هر سه در یک امتداد مستقیم قرار گرفته باشند. پس اگر خورشید در آسمان خیلی بالا باشد، هرگز چنین خط مستقیمی درست نمی‌شود، از این رو رنگین‌کمان را تنها در صبح زود و یا موقع عصر می‌توان دید.

نور در هنگام ورود به قطره باران شکسته می‌شود .در پشت قطره باران به دلیل بازتاب کلی نور بازتاب می‌شود و بار دیگر در هنگام خروج از قطره باران می‌شکند .چون طول موج رنگ‌ها با یکدیگر متفاوت است (بنفش و آبی طول موج کوتاهتر و قرمز طول موج بلندتر دارد)این رنگ‌ها با زاویه‌های متفاوتی نسبت به نور سفید از قطره باران خارج می‌شوند .بطوریکه در طیف رنگی پیوسته ایجاد شده (رنگین‌کمان)نور قرمز در قسمت بیرونی (بالایی)کمان رنگی و نور بنفش در قسمت درونی (پایینی)کمان رنگی قرار می‌گیرد .

تمام قطرات باران نور خورشید را یکسان شکسته و باز می‌تابند اما فقط نور بعضی از قطرات باران به چشم ناظر می‌رسد و این نور همان رنگین کمانی است که ناظر می‌بیند .رنگین‌کمان همیشه نسبت به ناظر در سوی مخالف خورشید است یعنی برای دیدن آن باید پشت به خورشید ایستاد .

رنگین‌کمان‌ها گرد هستند.زیرا نور خورشید دو بار در قطره باران شکسته می‌شود .یکبار هنگام ورود به قطره ، و یکبار هنگام خروج از آن . این دو شکست باعث می‌شوند که نور نسبت به حالت اولیه بین ۴۰ تا ۴۲ درجه تغییر مسیر داشته باشد که البته میزان تغییر مسیر رنگ‌های مختلف با هم متفاوت است .بنفش‌ها و آبی‌ها ، با زاویه ۴۰ درجه تغییر مسیر می‌دهند و نارنجی‌ها و قرمزها با زاویه ۴۲ درجه از مسیر اصلی خود منحرف می‌شوند . در نتیجه نوارهای رنگی تجزیه شده نور خورشید به شکل یک کمان پیش روی ناظر قرار می‌گیرند .



برای ناظری که بر روی زمین قرار دارد رنگین کمان یک نیم دایره رنگی است.اما در واقع رنگین کمان یک دایره کامل است . پس چرا ناظر تنها نیمی از این کمان شگفت‌انگیز را می‌بیند ؟ زیرا برای دیدن دایره کامل نیاز به یک زاویه دید ۸۴ درجه وجود دارد ، اما زاویه دید انسان از این میزان کمتر است. وقتی از روی زمین به رنگین‌کمان می‌نگریم فقط نوری که بوسیله قطرات باران در بالای افق بازتاب شده را می‌بینیم به همین علت نیمه پایینی رنگین‌کمان مشاهده نمی‌شود تنها راه برای اینکه بتوان دایره کامل رنگین-کمان را دید این است که ناظر در بالای قطرات باران قرار داشته باشد .پس اگر بتوان از سطح زمین فاصله گرفت و بالاتر از قطرات باران بود (مثلا سرنشین یک هواپیما بود یا در بالای قله یک کوه بلند ایستاد)می‌توان دایره کامل رنگین‌کمان را مشاهده نمود .

رنگین‌کمان از بیش یک میلیون رنگ تشکیل شده که البته همهٔ آن‌ها برای انسان قابل رویت نیست .رنگ‌هایی که در رنگین‌کمان بیشتر قابل رویت‌اند

عبارتند از قرمز- نارنجی - زرد – سبز – آبی – نیلی – بنفش که همان رنگ‌های طیف نور مریی می اشند البته برخی دانشمندان معتقدند رنگ‌های آبی و نیلی آنقدر شبیه هستند که می‌توان آن‌ها را یک رنگ در نظر گرفت .

آیا رنگین‌کمانی که دو نفر می‌بینن با یکدیگر یکسانند؟

در واقع هیچ وقت دو نفر دقیقا یک رنگین‌کمان را یکسان نمی‌بینند زیرا دو ناظر هیچ وقت نمی‌توانند دقیقا در یک مکان نسبت به خورشید و قطرات باران قرار گیرند.و چون افقی که هر شخص می‌بیند با افق کنار دستی‌اش متفاوت است پس این دو نفر رنگین‌کمان‌های متفاوتی را می‌بینند .حتی دو چشم یک ناظر نیز تصاویر متفاوتی خواهند داشت

زمان تشکیل رنگین کمان:

ایجاد رنگین‌کمان در هر ساعتی از روز اتفاق می‌افتد.کافی است بارش باران را در طی روز مشاهده کنیم .اما زاویه تابش مناسب که حداکثر ۴۲ درجه محاسبه شده در غروب آفتاب و پایان روز بیشتر رخ می‌دهد .رنگین‌کمان‌ها بیشتر در ماه‌های گرم سال رخ می‌دهند زیرا در ماه‌های سرد سال خورشید چندان اوج نمی‌گیرد .البته این بدان معنا نیست که در ماه های گرم سال یا هنگام صبح و ظهر رنگین‌کمان پدیدار نمی‌شود .مثلا در یک صبح بارانی می‌توان رنگین‌کمانی را در سمت غرب آسمان و در هنگام غروب آفتاب اگر پشت به خورشید بایستید می‌توان رنگین کمانی را در شرق آسمان مشاهده کرد .

هر چقدر خورشید در هنگام تشکیل رنگین‌کمان در آسمان پایین‌تر باشد مثلا نزدیک به طلوع یا غروب خورشید ناظر مقدار بیشتری از رنگین‌کمان را می‌بیند .و هر چه خورشید در آسمان بالاتر و نزدیک به ظهر باشد رنگین‌کمان کوچکتری را خواهد دید .

رنگین‌کمان تنها به وسیله قطرات باران و در روزهای بارانی ایجاد نمی‌شود . بلکه در نزدیکی آبشارها و فواره‌ها و در پشت سدها هنگامی که آب از بالا به سمت پایین می‌ریزد و هم‌چنین در افشانه‌های ناشی از امواج دریا نیز قابل مشاهده است .

البته رنگین‌کمان‌ها فقط در روز رخ نمی‌دهند بلکه می‌توان رنگین‌کمان را در شب نیز مشاهده کرد .رنگین‌کمانی که در شب اتفاق می‌افتد رنگین‌کمان قمری نامیده می‌شود .این رنگین‌کمان زمانی تشکیل می‌شود که نور بازتاب شده از ماه به قطرات آب موجود در هوا بر خورد کند .برای تشکیل رنگین کمان قمری ماه باید کامل باشد و رطوبت موجود در هوا کافی .البته رنگین‌کمان قمری در مناطق گرمسیری مانند جزائر کارائیب و هاوایی بیشتر رخ می‌دهد .

رنگین‌کمان قمری کم نور تر از رنگین کمان عادی است زیرا شدت نور ماه از شدت نور خورشید کمتر است . اما رنگ‌های این دو با یکدیگر فرقی ندارند اما چون رنگین‌کمان قمری در شب رخ می‌دهد و تشخیص رنگ‌ها در شب دشوار است رنگین کمان قمری اغلب سفید به نظر می‌رسد .

تکین‌کمان چیست ؟

تکین‌کمان نوعی رنگین‌کمان است که بعضی اوقات و به ندرت در موقع طلوع یا غروب خورشید اتفاق می‌افتد .در این زمان نورهایی با طول موج کوتاهتر مانند رنگ‌های آبی و بنفش و سبز از طیف‌مرئی حذف می‌شوند و تنها نورهایی با طول موج‌های بلند (نور قرمز)دیده می‌شوند .پس تکین‌کمان‌ها به رنگ قرمز دیده می‌شوند .

رنگین کمانهای چند تایی (دو تایی –سه تایی-چهارتایی و.....):

رنگین‌کمان ممکن است چند تایی باشد .رنگین‌کمان‌های دوتایی زمانی اتفاق می‌افتد که نور در داخل قطره باران دو بار بازتاب شود در این حالت رنگین-کمان دوم در بالای رنگین کمان اول (اصلی)ظاهر می‌شود و نسبت به آن کمرنگ‌تر است .به علت بازتاب دوم رنگ‌ها نیز بر عکس خواهد بود .

برای رخ‌دادن رنگین‌کمان‌های سه و چهارتایی به وجود ابرهای بسیار تاریک و باران شدید نیاز است که باید قطرات باران بزرگی یکسانی داشته باشند. برای همین این پدیده , پدیده‌ای عجیب و نادر است که تقریباً هر ۵۰ سال یک‌بار رخ می‌دهد .در این شرایط اگر خورشید از میان ابرهای بسیار تاریک عبور کند این امکان وجود دارد که بیش از یک رنگین کمان تشکیل شود .وقتی نور در داخل قطره آب سه بار بازتاب شود یک رنگین کمان سه تایی تشکیل می-گردد که برای مشاهده آن باید رو به خورشید ایستاد و این خود بر سختی مشاهده این رنگین‌کمان می‌افزاید .

دیدن رنگین‌کمان‌های چهارتایی به مراتب سخت‌تر از رنگین‌کمان دو و سه تایی می‌باشد زیرا در این حالت نور باید چهار بار در داخل قطره باران بازتاب شود .برای دیدن این رنگین‌کمان نیز باید رو به خورشید ایستاد، و چون این رنگین‌کمان بسیار کمرنگ می‌باشد به آسانی قابل مشاهده نیست .

البته در آزمایشگاه دانشمندان توانسته‌اند رنگین‌کمان‌های ۲۰۰ تایی نیز تولید نمایند .گردآورنده: لیلا رستمی دبیر فیزیک شهرستان فیروزآباد

زندگینامه علمی انریکو

(تولد رم ایتالیا ۱۲۸۰ / ۱۹۰۱ وفات شیکاکو آیلینویز ۱۹۵۴/۱۳۳۳)
فرمی اصولاً فردی خود آموخته بود.در هفده سالگی هنگامی که هنوز در دبیرستان درس می‌خواند، معلومات کاملی در مورد فیزیک متداول کسب کرده بود که با معلومات دانشجوی پیشرفته‌ای که از دانشگاه فارغ‌التحصیل شده باشد قابل مقایسه بود. وانگهی ، فرمی و همشاگردی و دوست سراسر عمرش ، انریکو پرشیکو ، با دستگاهی که خودشان ساخته بودند آزمایش‌های فراوانی انجام دادند، بنا بر این فهم فوق‌العاده خوبی در مورد فیزیک تجربی معاصر خود کسب کرده بودند. فرما در سال ۱۳۰۱ از دانشگاه پیسا درجهٔ دکتری گرفت و سپس به رم بازگشت.
فرمی در رم با اورسو ماریو کوربینو ، رئیس آزمایشگاه فیزیکدانشگاه رم آشنا شد. کوربینوبی‌درنگ به استعداد فرمی پی برد و تا آخر عمر دوست و حامی او باقی ماندئ فرمی مدتی را در مؤسسه ماکس بورن در شهر گوتینگن و سپس بت پائول ارنفست در لیدن گذرانید. فرمی با مقام مدرس به فلورانس بازگشت. تا این زمان کار فرمی اصولاً در نسبیت عام (تحلیل تانسورها) بود، و قضیه مربوط به ارزش دائمی را ابداع کرده بود ، و آن این بود در مجاورت جهان-خط همواره می‌توان با یک دستگاه متریک شبه اقلیدسی به فضا نزدیک شد. در مکانیک آماری مقالات موشکافانه‌ای درباره فرضیه ارگودیک و نظریهٔ کوانتومی نوشته بود، و در آن‌ها شکل مبتکرانه‌ای از تحلیل برخوردهای ذرات باردار را مطرح ساخته بود. او به کمک انتگرال فوریه ، میدانی را که ذره باردار ایجاد کرده بود گسترش داد،برای تعیین نتیجه برخورد از اطلاعات مربوط به فرآیندهای نوری استفاده کرد. سایر پژوهش‌های وی درباره ثابت آنتروپی گاز کامل از لحاظ تاریخی ، برای تدارک زمینهٔ آنچه در راه بود با اهمیت هستند.موضوع نخستین مقاله تجربی مهم فرمی آزمایشی بود که با رازنی، که او نیز در فلورانس اقامت داشت ، درباره واقطبش نور تشدیدی در یک میدان مغناطیسی متناوب انجام داد.
در آغاز سال ۱۳۰۵ فرمی دریافت که آمار بوس – اینشتین بر ذرات اصل طرد پائولی که تازه کشف شده بود بکار بردنی نیست ، و شروع کرد که آمار نوع جدیدی ابداع کند.آمارشناسی، فرمی که بر الکترون‌ها و پروتون‌ها ونوترون‌ها و کلیه ذرات چرخ(اسپین) نیمه درست قابل اطلاق اطلاق است ، در فیزیک اتومی و هسته‌ای و در نظریهٔ فیزیک حالت جامد از اهمیت فراگیری برخوردار است.
در ۱۳۰۶ یک کرسی استادی در رشتهٔ فیزیک نظری تأسیس شد ، که فرمی در رقابت برای بدست آوردن آن مقام نخست را داشت.
پژوهش مهم بعدی فرمی ، کاربرد آمارشناسی خود در یک مدل اتومی بود. با این حال ل،ه تامسون که بطور مستقل در این زمینه کار می‌کرد بر او پیشه گرفته بود. اتومتامسون –فرمی تقریب‌های بسیار خوبی در بسیاری از مسائل بدست می‌دهد. اندیشه اساسی عبارت بود از محاسبه چگال ابر الکترونّی اطراف هسته که چونان جوّی از گاز کاملاً تبهگنی از الکترون‌ها توسط هسته جذب می‌شود. فرمی روش خود را در موارد متعددی ، از جمله طیف‌بینی پرتو مجهول ، نظام تناوبی عناصر ،طیف بینی نوری،و بداً در یون‌ها بکار بست. اودر تعدادی از مقالات مهم خود که مصروف تنظیم و بیان مجدد برقپویائی کوانتومی بود، به کمک تحلیلفوریه ، به گسترش میدان برق‌مغناطیسی‌ای که از معادلات مکسول پیروی می‌کندپرداخت، و ترکیبات هماهنگ منفرد را به عنوان نوسانگرها کواندیده کرد.به این ترتیب تابع همیلتنی میدان آزاد را نوشت و یک شکل همیلتنی به نظریهٔ مکسول بخشید.سپس تابه همیلتنی یک اتوم و عبارتی را که معرف تأثیر متقابل با برهمکنش اتوم و تابش بودبه این همیلتنی افزود.آنگاه با نظریهٔ اختلال به بررسی نظام کامل پرداخته شد.
فرمی بر آن شد که به فیزیک هسته‌ای روی آورد. در آغاز به بررسی حطوط فوق‌ریز خطوط طیفی و گشتاور مغناطیسی هسته‌ای پرداخت، که موضوع مناسبی بود برای ایجاد انتقال از فیزیک اتومی به فیزیک هسته‌ای.
در حدود سال ۱۳۰۸ ، رازتّی و فرمی آزمایش‌هائی را در رم درباره‌ی موضوع-های هسته‌ای آغاز کردند. کنفرانس سُولوی در سال ۱۳۱۲ منحصراً به بحث درباره هسته اختصاص داشت، و مدت کوتاهی پس از آن فرمی نظریهٔ واپاشی بتا را ابداع کرد، فرضیهٔ وجود نوترینو که برای نخستین بار در سال ۱۳۰۹ از طرف ولفانگ پائولی مطرح شده بود. واپاشی بتا =یعنی گسیل خود به خودی الکترون توسط هسته – مشکلات نظری مهمی پیش می‌آورد. ظاهراً کارمایه و اندازه حرکت باقی نمی‌ماندند. دشواری‌های دیگری در مورد اندازهٔ حرکت زاویه‌ای و آمار هسته‌ای وجود داشت. پاؤلی با فرض گسیل همزمان الکترون و یک ذرهٔ ناشناخته که سپس از سوی فرمی "نوترینو" نامیده شد، راهی برای گریز از تناقض‌های ظاهری می‌جست.
چنین فرض می‌شد یک نوع نیرو، یا برهم‌کنش باصطلاح ضعیف ، میان همه ذره‌ها جریان دارد و بنا بر این برهم‌کنش‌های برق‌مغناطیسی یا نیرومند، که منحصر به برخی ذرات هستند، شباهتی ندارد. نخستین جلوه برهم‌کنش ضعیف ، که مفصلاً مورد بررسی و آزمایش قرار گرفت واپاشی بتا بود. شیوهٔ کاراز طریق کاربرد کوانتش ثانوی و انهدام و ایجاد عملگرهائی برای فرمیون‌ها و با پذیرش (یا به عبارت بهتر گمانه‌زنی) وجود یک همیلتنی ، برای برهم-کنش‌های ضعیف بر اساس معیارهای رسمی ، نظیر ناوردائی نسبیّتی، خطی بودن، خطی بودن، و فقدان مشتق‌ها، انجام گرفت. فرمی از میان پنج گزینهٔ ممکن برای تأمین شرط‌های صوری،به آزمایش و بررسی مفصّل برهم‌کنش بُردار پرداخت، که دلیل عمدهٔ آن شباهتش با برق‌مغناطیس بود.
فرمی در مقاله‌اش دربارهٔ واپاشی بتا یک ثابت اساسی جدید طبیعت(ثابت فرمی، یا G) نیز دارد که نقشی مشابه با نقش بار الکترون در برق‌مغناطیس دارد. این ثابت به طور تجربی از کارمایهٔ موجود در واپاشی بتا و عمر متوسط جسم واپاشیده تعیین شده است، و مقدار آن $۱/۴۱۵ \times ۱۰^{-۴۹}$ $\frac{\text{ارگ}}{cm^۳}$ مقالهٔ پر آوازه‌ای که فرمی این نظریه را در آن مطرح ساخت نتایج وسیع و دوررسی برای توسعهٔ آیندهٔ فیزیک هسته‌ای و ذره‌ای داشت.
کشف پرتوزایی (رادیُواکتیو) مصنوعی دتوسط ژولیو امکانی برای فعالیت تجربی فراهم آورد که فرمی سراسر باقی عمرش را بدان پرداخت. استدلال فرمی این بود که نوترون‌ها ، در تولید عناصر پرتوزا از ذرات آلفا مؤثرترند زیرا که با بار هسته دفع نمی‌شوند و بنا بر این برای ورود به هسته‌های هدف از احتمال بسیار بیشتری برخوردارند.
فرمی ضمن کار بر اساس این اندیشه ، عناصر متعددی را که عدد اتومی آن‌ها افزایش می‌یافت با نوترن‌ها بمباران کرد. امیدوار بود که به یک پرتوزائی مصنوعی که توسط نوترون‌ها ایجاد شده باشد پی ببرد. اولین کامیابی او در مورد فلوئورین بود. پس از بی درنگ به تحقیقات منطقی درباره رفتار تمام عناصر جدول تناوبی پرداخت.در بیش‌تر موارد برای تشخیص عنصر شیمیائی که حامل پرتوزائی بود ، به تحلیل شیمیائی اقدام کرد. در پژوخش نخستین،

از ۶۳ عنصر مورد بررسی ۳۷ عنصر فعالیتی از خود نشان دادند که بآسانی قابل کشف بود. آنگاه واکنش‌های هسته‌ای (n;p) (n; γ) (n;α) شناخته شدند و کلیهٔ عناصر موجود ، از جمله اورانیوم و توریم، متوجه فعالیت‌های متعددی در آن‌ها در آن‌ها شدند، امّا به شکافت هسته‌ای پی نبردند. فرمی و همکاران وی که روشن ساخته بودند که هیچ ایزوتوپ پرتوزائی بین سرب و اورانیوم تشکیل نشده است ، این فرضیهٔ طبیعی را پیش نهادند که فعالیت پرتوزایی ناشی از وجود عناصر فرا اورانیومی است.

در مهر ۱۳۱۴ فرمی و همکارانش مشاهده کردند که کارآیی نوترون‌هایی که درون اجسام ئیدرژن‌دار عبور کرده‌اند برای تولید پرتوزائی مصنوعی افزایش یافته است. فرمی این را ناشی از کند شدن نوترون‌ها در اثر برخوردهای کشسان با اتوم‌های ئیدرژن تعبیر کرد. بدین ترتیب نوترون‌های کند کشف شد. در سال ۱۳۱۷ نامساعد شدن وضع سیاسی در ایتالیا عملاً مانع از پیشرفت کار او می‌شد. فرمی در آذر ۱۳۱۷ برندهٔ جایز نوبل شد و از استوکهولم مستقیماً به نیویورک رفت و دردانشگاه کولامبیا اقامت گزید.مدت کمی بعد از آن نیلسبور خبر کشف شکافت هسته‌ای را با خود به ایالت متحد آورد. فرمی و دیگران گسیل نوترون‌های ثانوی و شاید واکنش زنجیره‌ای را امکانپذیر یافتند، او یکبار آزمایش در این راستا را آغاز کرد.

نخستین مسأله عبارت از تحقیق در این باره بود که آیا در شکافت اورانیوم براستی نوترون‌های ثانوی گسیل می‌شوند یا نه . اگر چنین بود ، پس امکان استفاده از این نوترون‌ها برای ایجاد شکافت بیشتر وجود داشت و حتی در اوضاع و احوال مساعدتری می‌شد به واکنش زنجیره‌ای دست یافت.

فرمی برای تحلیل مسائلی که با آن‌ها روبرو بود، به مقدار بسیار بیشتری اطلاعات درباره مقاطع برخورد ، نوترون‌های درنگیده(تأخیری)، نسبت‌های انشعاب واکنش‌های شکافت ، و خواص هسته‌ای هسته‌های متعدد نیاز داشت تا از آن‌ها در ساخت واکنشگر(رئاکتر) هسته‌ای آینده استفاده کند . چنین اطلاعاتی در دسترس نبود . بنا بر این او با کمک بسیاری از همکارانش شروع به گردآوری این اطلاعات کرد.

اهمیت بالقوه زیاد این کار برای فیزیکدانان روشن بود و فرمی همراه جورج ب پگرم ،رئیس بخش فیزیک دانشگاه کولومبیا و دوست صمیمی خود کوشید که دولت ایالات متحد را از پیامدهای کشف‌های اخیر آگاه سازد. به منظور پژوهش‌های بیشتر کمک بلاعوض ناچیزی از نیروی دریایی آمریکا دریافت شد، و مطالعاتی که نتیجه نهائی و اوج آن به بمب اتومومی انجامید آغاز گردید. فرمی تلاش‌های خود را بر این متمرکز ساخت که با استفاده ازاورانیوم عادی که دارای ترکیب ایزوتوپی معمولی است یک واکنش زنجیره-ای بدست آورد.به محض آن‌که معلوم شد از دو ایزوتوپ موجود دراورانیوم طبیعی فقط اورانیوم ۲۳۵($U^{۲۳۵}$) بوسیله نوترون‌های کند قابل شکافت است، روشن گردید که اگر کسی بتواند $U^{۲۳۵}$ خالص را بدست آورد یا حتی مخلوط را در $U^{۲۳۵}$ غنی کند، ساختن واکنشگر هسته‌ای و یا ختی احتمالاً بمب هسته‌ای به نسبت آسان خواهد بود. جداسازی ایزوتوپ هنوز چنان کار گیج کننده‌ای بود که بیشتر فیزیکدانان را مأیوس می‌کرد.

با این حال در ۱۳۱۸ و ۱۳۱۹ چشم‌انداز جداسازی ایزوتوپ بسیار نامعلوم بود و می‌بایست راه‌های دیگری جستجو شود. در آذر ۱۳۱۹ فرمی وشگره دربارهٔ امکان دیگری به بحث پرداختند: استفاده از عنصر ۹۴ (پلوتونیم) با جرم ۲۳۹($(pu^{۲۳۹}$) که هنوز کشف نشده بود. چنین می‌نمود که این جسم بتواند شکافت نوترون کند را تحمل کند و بنا بر این جانشینی برای $U^{۲۳۵}$ باشد. اگر تولید این جسم بوسیله گیراندازی نوترون بوسیله $U^{۲۳۸}$ در یک واکنشگر اورانیوم طبیعی و سپس به وسیله دو گسیل بتا ، امکان‌پذیر بود، آنگاه می‌شد نحو شیمیائی جدا نمود و امیدوار بود که یک ایزوتوپ خالص را با سطح مقطع نوترون کند بزرگ بدست آورد.آرپر وال تهیه و اندازه‌گیری خواص هسته $pu^{۲۳۹}$ را با استفاده از شتابدهنده (سیکلوترون) دانشگاه برکلی به عهده دگرفت. نتایج مساعدی که از این تجربیات حاصل شد (دی ۱۳۱۹ –فروردین ۱۳۲۰) انگیزه طرح واکنش زنجیره‌ای را تقویت نمود.در آذر ۱۳۲۰ سراسر جهان سخت درگیر جنگ بود و و کاربدهای نظامی در اولویت قرار داشتند. ایالات متحد سازمان وسیعی ،تحت نظارت دولت ، ایجاد کرد که بنا بر نیازهای فنی توسعهٔ بیشتری یافت و به تأسیس (بخش مهندسی منهتن) انجامید. سازمان یاد شده در نظر داشت برای اثر گذاردن بر جریان جنگ به ساختن بمب اتومی اقدام شود. فرمی از لحاظ فنی سهم برجسته‌ای در کل طرح بر عهده داشت. کار اودر دانشگاه کولومبیا هنوز در مقیاس کوچکی بود، اما در سال ۱۳۲۱ به دانشگاه شیکاکومنتقل شد و کارش مقیاس گسترده‌تری یافت. در ۱۱ آذر ۱۳۲۱ با نخستین واکنش زنجیره‌ایِ هسته‌ای مهار شده در استگ فیلد دانشگاه سیکاکو به اوج رسید.

فرمی وقتی کارش در شیکاکو به پایان رسید ، به لوس آلاموس در نیو مکزیکورفت، در آنجا آزمایشگاه لوس آلاموس " بخش مهندسی منهتن" به مدیریت ج،راوپنهایمر ، به ساختن بمب اتم اشتغال داشت. فرمی بیشتردورهٔ شهریور ۱۳۲۳تا آغاز ۱۳۲۵ را در لوس آلاموس بسربرد، در آنجا به عنوان یکی از مستشاران عالی خدمت می‌کرد. او در ساختن واکنشگری زنجیره‌ای کوچکی که با استفاده از اورانیم غنی شده با $U^{۲۳۵}$ و آب سنگین صورت پذیرفت نیز همکاری داشت.وی در تخستین آزمایش بمب اتومی در صحرای نزدیک به آلاموگوردوی نیو مکزیکو در ۲۵ تیر ۱۳۲۴ فعالانه شرکت داشت. وی در پی آزمایش موفقیت‌آمیز بمب ، از طرف ترومن رئیس جمهور به دعضویت کمیتهٔ موقتی منصوب شد وظیفه مشاوره به رئیس جمهور در زمینه استفاده و بسیاری از خط مش‌های اساسی مربوط به استفاده از کارمایه اتومی را بر عهده داشت.

در ۱۳۲۵ دانشگاه شیکاگو " مؤسسه مطالعات هسته‌ای " را تأسیس کرد و یک کرسی استادی در اختیار فرمی قرار داد . او و خانواده‌اش لوس آلاموس را به قصد شیکاگو ترک کردند، و فرمی تا پایان عمر در دانشگاه شیکاگو ماندگار شد.

به محض آن‌که شتاب‌دهند شیکاگو برای عمل آماده شد، فرمی دوباره شروع به آزمایش در زمینهٔ پراکندگی هسته پیون (pionnucleon) نمود . (او واژه پیون را برای مشخص کردن مزون‌های پی ابداع کرده بود) او از راه آزمایش به موضوع تشدید (resonance) و چرخ(اسپین) ایزوتوپی ۳/۲، یعنی حالت چرخ ۳/۲ معمولی ، که توسط کیت بروکنر پیشبینی شده بود ، پی برد . این تحقیق تبدیل به پژوهشی بزرگ شد. فرمی، همراه ه.ل.اندرسن و دیگران ، از برهمکنش هسته – پیون جزئیات مربوط به کارمایهٔ آزمایشگاه تقریباً ۴۰۰Mev را بدست آورد.

فرمی علاوه بر فعالیت‌های تجری ، دربارهٔ خاستگاه اشعهٔ کیهانی به کارهای نظری نیز پرداخت و سازوکاری برای شتاب ابداع کرد که به وسیلهٔ آن هر پروتون گرایش داشت به این که کارمایه را با کل کهکشان همپار سازد. او برای بررسی پدیده‌های برخورد با کارمایه بسیار بالا ، و تولید چند بارهٔ ذرات نیز روشی آماری بوجود آورد . این روش هم کاربردهای گسترده و سودمندی یافته است.

منبع : خلاصه زندگینامه علمی دانشمندان (انتشارات علمی و فرهنگی)

اصل کیهان‌شناختی

اصل کیهان‌شناختی می‌گوید موضع ما در عالم موضعی برتر یا متمایز نیست . این اصل تعمیم منطقی کارِ کوپرنیک ، یعنی کنار گذاشتن زمین از مرکزیت دنیا، و نقطهٔ آغاز مهمی برای مدل‌های کیهان‌شناختی نوین است. البته ، این اصل هر چقدر هم که معقول باشد،فقط یک فرضیه است.

اگر فرض کنیم موضعِ ما در عالم موضعی"معمولی"است،در مقیاس‌های بسیار بزرگ می‌توانیم مطالب زیادی دربارهٔ ساختارعالم استباط کنیم.با وجود آن‌که عالم سرشار از ساختارهایی مانند ستاره‌ها،کهکشان‌ها،ابرخوشه‌ها، تهی‌جاها و دیواره‌های بزرگ است.اما واقعاً یک سادگی هم دارد که برای اولین بار اخترشناس آمریکایی، ادوین پاول هابِل ، متوجه آن شد. از این موضع خاصی که ما در آن هستیم عالم در همهٔ جهت‌ها یکسان به نظر می‌رسد که آن‌را عالم همسانگرد می‌گویند.با استفاده از این مطلب و اصل کیهان‌شناختی نتیجه می‌گیزیم عالم در مقیاس‌های خیلی بزرگ همگن هم هست، یعنی متوسط‌گیری در مقیاس‌های خیلی بزرگ(بیش از ۱۰۰Mpc)ناهمگنی‌های موضعی را هموار می‌کند،و ویژگی‌های عالم(مثل چگالی ماده یا نوع کهکشان-ها) از جایی به جای دیگر تغییر نمی‌کند. همسانگردی و همگنی ، نقطه‌های شروع مدل بسیارموفق مهبانگ برای برای عالم هستند.آلبرت اینشتین و دیگران، پیش از کشف هابل ، این هر دو ویژگی را برای ساده کردن معادلات نسبیتِ عام به صورتِ فرض پذیرفته بودند.

فرد هویل و هرمان بوندی ،اخترفیزیکدانان بریتانیایی، تامس گولد اخترفیزیکدان آمریکایی، در خدود سال ۱۹۴۸ یک گام به جلو برداشتند و اصل کامل کیهان‌شناختی را مطرح کردند. این اصل کیهان‌شناختی تعمیم یافته می‌گوید ما در زمانِ متمایزی هم زندگی نمی‌کنیم، یعنی عالم در هر زمانی به همین شکل است. اصل کامل کیهان‌شناختی مبنای مدل مانای کیهان‌شناختی است. از آن‌جا که عالم در حال انبساط است، هویل،بوندی و گولد به ناچار، اصل موضوع آفرینش پیوستهٔ ماده را نیز، هرچند با آهنگی ناچیز، پذیرفتند تا فضای در حال انبساط بینِ کهکشان‌ها با کهکشان‌هایی نو پر شود. با این‌که بسیاری مدل مانای کیهان‌شناختی را به دلایل فلسفی جذاب می‌دانند، اکنون شواهدِ بسیاری هست که ما در عالمِ در حالِ تحول زندگی می‌کنیم. دو نمونه از این شواهد، یکی وجود تابشِ زمینه‌ی میکروموج کیهانی و دیگری فراوانی عنصرهای سبک ^{3}He ; D ; ^{4}He و ^{7}Li است که در ثانیه‌های اول پس از مهبانگ ساخته شده‌اند.

در حالی که همگنی عالم از اصلِ کیهان‌شناختی قابل استناط است، رصدها نیز همگنی عالم مشاهده پذیررا تأیید می‌کنند.نخست، تابش زمینهٔ کیهانی دارای توزیع یکنواخت است: دمای انازه‌گیری شده در تمام آسمان با دقت حدود یک در 10^{4} در تمام جهت‌ها یکی است. این امر حاکی از آن است که توزیع ماده در زمان‌های آغازین به همین نحو همگن بوده است(تغییراتی در دمای تابشِ زمینه کیهانی در حدِ چند قسمت در 10^{5} دیده می‌شود که نشان می‌دهد ناهمگنی‌های کوچکی وجود داشته که باعث پیدایش ساختار کنونی عالم شده است.) دوم، کاوش‌های توزیع ماده به شکل کهکشان‌های درخشان نشان داده است که اکنون عالم در مقیاس بزرگ همگن است.

اصل کیهان‌شناختی با آن که پاسخ علمی معقولی به نظری‌های انسان مرکزی پیش از کوپرنیک است، به هرحال یک فرضیه است. اصل کیهان‌شناختی را نمی‌توانیم در مقیاس بسیار بزرگ بیازماییم،زیرا آگاهی مستقیمی از ورای عالم مشاهده‌پذیر (که گستره‌ای در حدود ۱۵ میلیارد سالِ نوری دارد) نداریم. در واقع تورمِ کیهانی که توسطِ آلِن گوت فیزیکدان آمریکایی پیشنهاد شده است، می‌گوید که عالم در مقیاس‌های بسیار بزرگ، ممکن است با آن بخشی که ما می‌توانیم ببینیم فرق داشته باشد.

بنا بر تورم کیهان، ناحیه‌های کوچک عالم در دوره‌ای کوتاه ممکن است دچار انبساطی [تند] به نام تورم بشوند و چنان رشد کنند که همه‌ی آنچه را که امروز می‌بینیم، و بسیار و بسیار بیشتر از آن را دربر بگیرند.اگر چنین باشد سابقه‌ی عالمی که می‌بینیم(و مهبانگ آن) به ناحیه‌ای خاص (یا حبابی خاص) برمی‌گردد. حباب‌های دیگر ممکن است سرنوشت‌های بسیار متفاوتی داشته باشند. به نظر اندره لیند کیهانشناس روس ، تکثیر این دنیاهای حبابی همواره ادامه خواهد داشت و ویژگی‌های عالم‌های حبابی مختلف می‌تواند تفاوت بسیاری با هم داشته باشند(تفاوت برداشت در قوانین فیزیک و حتی تفاوت در تعداد بُعدهای فضایی) با این حال هنوز می‌توان انتظار داشت اصل کیهان‌شناختی به معنای وسیع‌تری درست باشد،به این ترتیب که ما در محتمل‌ترین نوع عالم حبابی زندگی می‌کنیم.

منبع : دانشنامه فیزیک جلد ۱

زمان پلانک

زمان پلانک ، که با T_p نشان داده کی‌شود یک ثابت بنیادی با بعد زمان است و از ترکیب ثابت گرانشی G ، سرعت نورC و ثابت پلانک h ساخته می‌شود. زمان پلانک با معادله زیر داده می‌شود :

$$T_p = \sqrt{\frac{Gh}{c^5}}$$

و مقدارش چنین است :

$$T_p = \left(\frac{5}{۳۹.۵۶} \pm ۰/۰۰۲۴\right) \times ۱۰^{-۴۴}\ \mathrm{s}$$

زمان پلانک مدت زمانی است که طول می‌کشد تا نور یک طول پلانک را بپیماید. به همان دلایل که انتظار داریم گرانش گوانتومی در اندازه-گیری‌های با مقیاس طولی کوچک‌تر از طول پلانک

$$T_L = \sqrt{\frac{hG}{c^5}} = (۱/۶۱۶۰۵ \pm ۰/۰۰۰۱۰) \times ۱۰^{-۳۵} m$$ حایز اهمیت شود

،گرانش کوانتومی در هر اندازه‌گیری با تفکیک زمانی کمتر از زمان پلانک یا هم مرتبه لا آن بایستی در خور توجه باشد. تصور بر این است که عالم در آغاز پیدایش و در لحظاتی نخستین زمان پلانک خود را سپری می‌کرده است ، تحت حاکمیت اثرات گرانش کوانتومی بوده است.

منبع : دانشنامه فیزیک جلد ۲

کاربردهای فیزیک در پزشکی

چکیده

امروزه مرزهای هر علمی فقط محدود به حیطه‌ی خود آن علم نیست و علوم مختلف به صورت پیچیده‌ای در هم تنیده شده‌اند، بگونه‌ای که پیشرفت یک علم مرهون علوم دیگر نیز می‌باشد. در این میان علوم پایه و وابستگی سایر رشته‌ها به آن‌ها بر کسی پوشیده نیست از جمله رشته‌ی پر قدرت فیزیک که کاربردهای فراوانی در سایر علوم و رشته‌ها دارد. در این مجال کوتاه بر آنیم تا اندکی از موارد کاربردهای فیزیک در پزشکی را بررسی کنیم، چون ورود فیزیک در پزشکی و کمک به پیشرفت این علم منجر به یک زندگی سالم‌تر و طولانی‌تر می‌شود و این آرزوی دیرینه‌ی بشر بوده است.

واژه‌های کلیدی: علوم پایه، فیزیک، پزشکی

مقدمه

پیش از پرداختن به موضوع اصلی این مقاله یعنی کاربردهای فیزیک در پزشکی، علم فیزیک را بررسی می‌کنیم. فیزیک علمی است که مطالعه‌ی خواص طبیعت را ممکن می‌کند. علم فیزیک را معمولاً علم ماده و حرکت و رفتار آن در فضا و زمان هم می‌دانند. فیزیک از مفاهیمی مانند انرژی، نیرو، جرم، بار الکتریکی، جریان الکتریکی، میدان الکتریکی، الکترومغناطیس، فضا، زمان، اتم و نورشناسی استفاده می‌کند. در واقع می‌توان هدف اصلی علم فیزیک را بررسی و تحلیل طبیعت دانست.

این علم، رفتار طبیعت را در شرایط گوناگون درک و پیش‌بینی می‌کند. فیزیک علم شناختن قانون‌های عمومی و کلی حاکم بر رفتار ماده و انرژی است. فیزیکدانان کوشش‌های بسیار داشته‌اند که بتوانند قانون‌های اساسی و نظریه‌ها را کشف کنند و با بعضی پدیده‌های طبیعی آشنا شوند. البته این موفقیت‌ها در برابر حجم ناشناخته‌ها، اندک است. انسان در یکی دو قرن اخیر، توانسته با استفاده از روش علمی و ابزارهای دقیق در هر یک از شاخه‌های علم، به ویژه فیزیک، دنیای روشن و شناخته شده‌ی خود را وسعت بخشد. فیزیکدانان و دانشمندان با تلاش‌های بسیار خود در این مدت توانسته‌اند با دنیای بی نهایت آشنا شده، به درون اتم راه یابند و انواع نیروهای بنیادی طبیعت را بشناشند. همچنین الکترون و ویژگی‌های آن را دریافته و طیف گسترده‌ی امواج الکترومغناطیسی را کشف کرده‌اند. فیزیک تا اواخر قرن نوزدهم مباحثی چون مکانیک، گرما، صوت، نور و الکتریسیته را شامل می‌شد اما اکنون در اوایل قرن بیست و یکم در اشتراک با سایر علوم (مانند شیمی، پزشکی، زیست‌شناسی و...) روز به روز گسترده‌تر و ژرفاتر شده و بیش از موضوع و مبحث مهم را در برگرفته است.

کاربرد فیزیک در پزشکی

در این بخش کاربرد فیزیک در پزشکی مورد بررسی قرار می‌گیرد. پیش از پرداختن به این موضوع در مقدمه در مورد علم فیزیک به اطلاعاتی دست یافتیم. فیزیک کاربردهای بسیاری دارد که از جمله می‌توان به کاربرد فیزیک در پزشکی اشاره کرد. کاربردهای فیزیک در پزشکی را می‌توان فیزیک پزشکی در نظر گرفت. رادیوگرافی، سونوگرافی، بینایی‌سنجی و ... از جمله کاربردهای مهمی است که می‌توان به آن‌ها اشاره نمود. شاید بتوان مهم‌ترین کاربرد فیزیک در پزشکی را توانایی آن در تشخیص بیماری‌ها در نظر گرفت. پس در ادامه به بررسی نقش فیزیک در تشخیص بیماری‌ها می‌پردازیم.

فیزیک در تشخیص بیماری‌ها چه نقشی دارد؟

پزشکان برای تشخیص انواع مختلف بیماری‌ها از انواع وسایلی استفاده می‌کنند که براساس قانون‌های فیزیک طراحی و ساخته شده‌اند. از ساده‌ترین وسایل چون دماسنج و فشارسنج، گوشی طبی (استتوسکوپ) گرفته تا پیچیده‌ترین دستگاه‌ها چون میکروسکوپ الکترونی، لیزر و هولوگراف که همه براساس قانون‌های فیزیک ساخته شده‌اند.

رادیوگرافی و رادیوسکوپی

رادیوگرافی، عکسبرداری از بدن با پرتوهای ایکس و رادیوسکوپی، مشاهده‌ی مستقیم بدن با استفاده از آن پرتوها است. در فرایند عکاسی معمولی از نوری که از اجسام بازتابش کرده و بر فیلم عکاسی اثر گذاشته است، استفاده می‌شود اما در رادیوگرافی پرتوهایی که از بدن می‌گذرند، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

پرتوهای ایکس را نخستین بار در سال ۱۸۹۵ میلادی، ویلهلم کنراد رنتیگن استاد فیزیک دانشگاه ورتسبورگ آلمان کشف کرد. این کشف بسیار شگفت-انگیز بود و خبر آن با سرعت در روزنامه‌های جهان منتشر شد. جالب است که رنتیگن بر روی پرتوهای کاتدی کار می‌کرد و به طور اتفاقی متوجه شد که وقتی این پرتوها، که همان الکترون‌های سریع هستند به مواد سخت و فلزات سنگین برخورد می‌کنند پرتوهای ناشناخته‌ای تولید می‌شود.

پرتوهای ایکس قدرت نفوذ و عبور بسیار زیادی دارند. به آسانی از کاغذ، مقوا، چوب، گوشت و حتی فلزهای سبک مانند آلومینیوم می‌گذرند، به همین دلیل فلزهای سنگین مانند سرب مانع عبور آنها می‌شوند. اشعه‌ی ایکس از استخوان‌های بدن که از مواد سنگین تشکیل شده‌اند عبور نمی‌کنند اما قدرت عبور از گوشت بدن را دارند. این امر باعث شده تا از آن‌ها در عکسبرداری از استخوان‌های بدن استفاده شود و بتوان محل شکستگی استخوان‌ها را مشخص کرد.

برای عکسبرداری از روده و معده هم از پرتوهای ایکس استفاده می‌شود اما برای این کار ابتدا به شخص مایعاتی مانند سولفات باریم داده می‌شود تا پوشش کدری اطراف روده و معده را بپوشاند و سپس بتوان کار را انجام داد.

کشف پرتوهای ایکس که به وسیله رنتیگن عملی شد سرآغاز فعالیت‌های دانشمندانی مانند تامسون، بور، رادرفورد، ماری کوری، پیرکوری، بارکلا و بسیاری دیگر شد به طوری که نه فقط چگونگی تولید، تابش و اثرهای پرتو ایکس و گاما و نور شناخته شد بلکه، خود اشعه ایکس یکی از ابزارهای شناخت درون ماده شد و انسان را با جهان بی نهایت کوچک‌ها آشنا کرد.

سونوگرافی

سونوگرافی فرایند عکسبرداری از طریق امواج فراصوت است. فراصوت امواج مکانیکی است که بسامد آن بیش از ۲۰ هزار هرتز است. این امواج را می‌توان با استفاده از نوسانگر پرتوالکتریک یا نوسانگر مغناطیسی تولید کرد.

خاصیت پیزوالکتریک عبارت است از ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی در دو طرف یک بلور هنگامی که آن بلور تحت فشار یا کشش قرار گیرد و نیز انبساط و انقباض آن بلور هنگامی که تحت تأثیر یک میدان الکتریکی واقع شود. بنا بر این هرگاه از یک بلور کوارتز تیغه متوازی السطوحی عمود بر یکی از محورهای بلور تهیه کنیم و این تیغه را میان دو صفحه نازک فولادی قرار دهیم و آن دو صفحه را به اختلاف پتانسیل متناوبی وصل کنیم، تیغه‌ی

کوارتز با همان بسامد جریان منبسط و منقبض می‌شود و به ارتعاش درمی‌آید و در نتیجه امواج فراصوت تولید می‌کند.

پدیده‌ی پیزوالکتریک در سال ۱۸۸۰ به وسیله پیرکوری کشف شد و از آن علاوه بر تولید امواج فراصوتی، در میکروفن‌های کریستالی و فندک استفاده شد.

امواج فراصوتی دارای انرژی بسیار زیادی هستند و می‌توانند سبب بالا رفتن دمای بافت‌های بدن انسان، سوختگی و تخریب سلول‌ها شوند. از این امواج در دریانوردی، صنعت و پزشکی استفاده می‌شود.

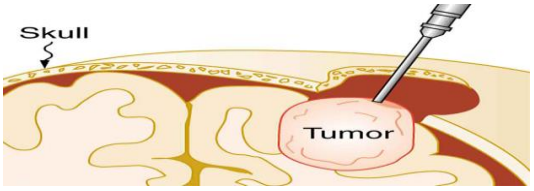
علاوه بر این در پزشکی هم می‌توان برای تشخیص، درمان و تحقیقات از این امواج استفاده کرد. اساس کار عکسبرداری با این امواج، بازتابش امواج است . در این عمل دستگاه گیرنده و فرستنده موجود است و از بسامدهای یک میلیون تا پانزده میلیون هرتز استفاده می‌شود. دستگاه مولد ضربه‌های موجی در زمان‌های بسیار کوتاه مانند یک تا پنج میلیونیم ثانیه، حدود ۲۰۰ ضربه در ثانیه می‌فرستد و این ضربه‌ها در بدن نفوذ می‌کند و چنان‌چه به محیطی برخورد کند که غلظت آن با محیط قبلی متفاوت باشد، پدیده‌ی بازتابش روی می‌دهد. در سونوگرافی از ژل مخصوصی استفاده می‌شود که به عنوان هدایت-گر امواج فراصوتی عمل می‌کند. از سونوگرافی در پزشکی به صورت بدون درد و بدون در خطر قرار دادن سلامت بیمار با تشخیص طیف گسترده‌ای از اختلالات استفاده می‌شود.

ویژگی‌های فراصوت مانند فرکانس و شدت، مانند ویژگی‌های عمومی سایر موج‌هاست. فراصوت طول موجی دارد که قدرت آن در شناسایی اجسام را محدود می‌کند و به همین دلیل ما هرگز نمی‌توانیم جزییات اجسامی را که ابعاد آن‌ها کوچکتر از طول موج پروب در سونوگرافی باشد را مشاهده کنیم همانظور که نمی‌توان با نور مرئی اتم‌های جدا را مشاهده کرد چون، ابعاد آن-ها بسیار کوچکتر از طول موج مرئی است.

سونوگرافی در درمان طبی

سونوگرافی، مانند هر موج، دارای انرژی است که می‌تواند توسط وسیله‌ای که آن را حمل می‌کند جذب شود و اثرهایی را که با شدت موج رابطه دارد ایجاد می‌کند. هنگامی که سونوگرافی روی شدت 10^3 تا 10^5 وات بر متر مربع متمرکز می‌شود، می‌تواند برای جدا شدن سنگ‌های قاعدگی یا برداشتن بافت سرطانی در روشهای جراحی مورد استفاده قرار بگیرد. این چنین شدت‌هایی می‌تواند به سلول‌های فرد آسیب برساند، به طوری که باعث تبدیل پروتوپلاسم درون آن‌ها به بخار، تغییر نفوذپذیری آن‌ها و یا شکستن دیواره-های سلول از طریق کاویتاسیون شود (کاویتاسیون ایجاد حفره‌های بخار در یک سیال است). ارتعاشات طولی در سونوگرافی باعث انبساط و انقباض شده بطوری که در دامنه‌های بزرگ منجر به جدایی مولکول‌ها می‌شود. بیشترین صدمه‌ی کاویتاسیون مربوط به زمانی است که حفره‌ها فرو می‌ریزند و صدمات بیشتری نسبت به فشارهای شوک ایجاد می‌کنند.

نوک پروب کوچک دستگاه سونوگرافی با بسامد ۲۳ کیلو هرتز با چنان دامنه-ی بزرگی نوسان می‌کند که با بافت تومور تماس حاصل می‌کند. سرعت نوک پروب ممکن است از سرعت صوت در بافت تجاوز کند، بنابراین باعث ایجاد امواج شوک و کاویتاسیون می‌شود.

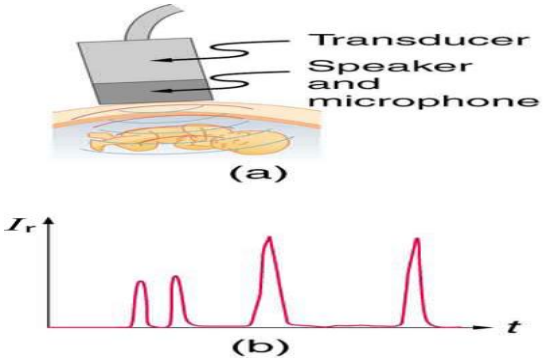


مقدار زیادی از انرژی که توسط فراصوت با شدت بالا حمل می‌شود در بافت، تبدیل به انرژی حرارتی می‌شود. در حقیقت، شدت 10^3 تا 10^4 وات بر متر مربع به طور معمول برای درمان‌های عمیق حرارتی به نام متاستاز اولتراسونیک استفاده می‌شود. فرکانس‌های ۰/۸ تا ۱ مگاهرتز در سونوگرافی، فرکانس‌های معمول می‌باشند. در تمرینات ورزشی و فیزیوتراپی، سونوگرافی اغلب به عضلات آسیب‌دیده کمک می‌کند تا دوباره به کار بیفتند و درد و انعطاف‌پذیری آن‌ها بهبود یابد. شخص درمانگر برای جلوگیری از سوختگی استخوان و سایر آسیب‌های بافتی ناشی از گرمای بیش از حد و کاویتاسیون، گاهی اوقات از بازتاب و تمرکز سونوگرافی با بافت مفصلی و استخوانی، استفاده می‌کند.

سونوگرافی در تشخیص پزشکی

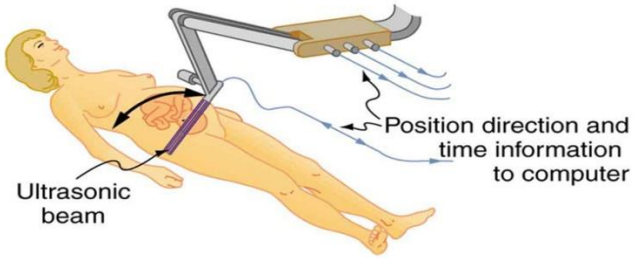
هنگامی که سونوگرافی برای تصویربرداری استفاده می‌شود، امواج فراصوت از یک مبدل (یک کریستال که اثر پیزوالکتریک را نشان می‌دهد و انبساط و انقباض و ارتعاش آن، زمانی که در آن ولتاژ اعمال می‌شود)، منتشر می‌شود. این ارتعاشات با فرکانس بالا به هر بافت منتقل می‌شود. به همین ترتیب، اگر فشار به کریستال اعمال شود (به شکل موج منعکس شده از لایه‌های بافت)، ولتاژی تولید می‌شود که می‌تواند ثبت شود. بنا بر این کریستال به عنوان فرستنده و گیرنده‌ی صدا عمل می‌کند. امواج فراصوت نیز تا حدودی توسط بافت در مسیر رفت و برگشت خود جذب می‌شوند. با توجه به اختلاف زمانی که سیگنال اصلی ارسال می‌شود و هنگامی که بازتابی از مرزهای مختلف دریافت می‌شود و همچنین اندازه گیری شدت از دست دادن سیگنال، ماهیت و موقعیت مرز بین بافت‌ها و اندام‌ها تشخیص داده می‌شود. بازتاب، در مرز بین دو قسمت مختلف بدن به دلیل تفاوت در یک مشخصه‌ی شناخته شده به عنوان دامنه‌ی آکوستیک (z) آن بخش رخ می‌دهد. این دامنه از رابطه $z = \rho v$ بدست می‌آید. که در آن ρ چگالی ماده (بافت یا اندام) است با واحد کیلوگرم بر متر مکعب و v سرعت صدای ماده (با واحد m / s) است. بنا بر این واحد z ، $kg/m^2 s$ بدست می‌آید که تراکم و سرعت صدا را از

طریق بافت‌های مختلف از جمله بافت نرم و امپدانس آکوستیکی مربوطه نشان می‌دهد. توجه داشته باشید که امپدانس آکوستیک برای بافت‌های نرم بسیار متفاوت نیست. اما تفاوت زیادی بین امپدانس آکوستیک بافت نرم و هوا و همچنین بین بافت نرم و استخوان وجود دارد. در مرز بین بافت‌های مختلف با دامنه‌های صوتی متفاوت، بخشی از انرژی موج منعکس شده و بخشی از انرژی آن‌ها منتقل می‌شود. هرچه تفاوت در دامنه‌ی صوتی بین دو بافت بیشتر باشد، انعکاس بزرگتر و انتقال آن کوچکتر است.

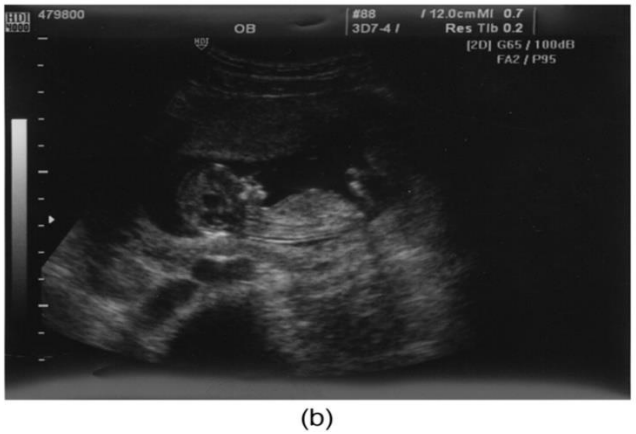


مزایای سونوگرافی

(الف) بلندگوی سونوگرافی به عنوان یک میکروفون صوت را دو برابر می‌کند. صداهای کوتاه، پخش می‌شوند و انعکاس از عمق‌های مختلف ثبت می‌شود. (ب) با توجه به نمودار شدت اکو در برابر زمان، زمان انعکاس برای بازگشت به طور مستقیم با فاصله‌ی بازتابنده متناسب است و این اطلاعات را به طور غیرمستقیم به ارمغان می‌آورد. میکروفون بلندگو یک پرتو جهت‌دار را پخش می‌کند و پرتو را در سرتاسر منطقه‌ی مورد نظر می‌گذارد. این کار با داشتن چندین منبع فراصوت در سر پروب، صورت می‌گیرد که به صورت سازنده در یک جهت قابل تنظیم، پرتوها را پخش می‌کنند. اکوسیت‌ها به عنوان عملکرد موقعیت و عمق اندازه‌گیری می‌شوند و در نهایت یک کامپیوتر یک تصویر را ایجاد می‌کند که شکل و تراکم ساختارهای داخلی را نشان می‌دهد.



(a)



(b)

(الف) یک تصویر سونوگرافی توسط پرتو فراصوت در سراسر منطقه مورد نظر، در این مورد شکم زن تولید شده است. داده‌ها در یک کامپیوتر ضبط و تجزیه و تحلیل می‌شوند و یک تصویر دو بعدی ارائه می دهند. (ب) تصویر سونوگرافی جنین ۱۲ هفته‌ای. (اعتبار: مارگارت W. Carruthers، فلیکر)

امروزه سونوگرافی سه بعدی جزئیات زیادی را برای پزشکان مشخص می‌کند و معمولاً در مراقبت‌های قبل از زایمان استفاده می‌شود. چنین تصویربرداری سه بعدی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد تا مشخص کند که آیا جنین با سرعت طبیعی رشد می‌کند یا نه و در تعیین مشکلات جدی در اوایل حاملگی کمک می‌کند. سونوگرافی همچنین برای تصویربرداری از قلب و جریان خون در قلب، با استفاده از اثر دوپلر (اکوکاردیولوژی) مورد استفاده واقع می‌شود.

هر زمان که موج به عنوان یک پروب مورد استفاده قرار گیرد، تشخیص دقیق جزئیات که کوچکتر از طول موج هستند بسیار دشوار است. در واقع، فناوری فعلی نمی‌تواند این کار را کاملاً انجام دهد. اسکن شکمی ممکن است از یک فرکانس ۷ مگاهرتز استفاده کند و سرعت صدا در بافت حدود ۱۵۴۰ متر بر ثانیه است بنا بر این مشاهده‌ی جزئیات تا طول موج ۰/۲۲ میلیمتر انجام می‌شود ($\lambda = \frac{v_w}{f} = \frac{۱۵۴۰}{۷\times۱۰^{۶}} = ۰/۲۲$).

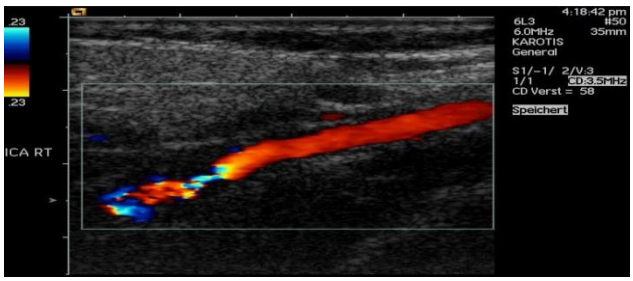
در عمل، جزئیات ۱ میلی‌متر قابل دستیابی است که برای بسیاری از اهداف کافی است. سونوگرافی با فرکانس بالا اجازه‌ی دیدن جزئیات بیشتر را می‌دهد اما با فرکانس‌های پایین نیز می‌توان به اهداف مورد نظر دست یافت. قاعده‌ی پذیرفته شده این است که ما برای یک اسکن مؤثر به طور عمده به عمق حدود ۵۰۰ λ درون بافت نیاز داریم. برای ۷ مگاهرتز، این حد نفوذ ۵۰۰ × ۰/۲۲ میلی‌متر است که معادل ۰/۱۱ متر است. فرکانس‌های بالاتر ممکن است در اندام‌های کوچکتر از قبیل چشم استفاده شود، اما برای نگاه کردن عمیق به بدن مفید نیست.

یک تصویر سونوگرافی سه بعدی از یک جنین. همچنین برای تشخیص هرگونه اختلال، چنین اسکن‌هایی برای تقویت پیوند عاطفی بین والدین و فرزندان ناخوشایند آن‌ها مفید است. (اعتبار: Jennie Cu، ویکیپدیا)

علاوه بر شکل دادن اطلاعات، اسکن اولتراسونیک می‌تواند اطلاعات تراکمی را نسبت به آن‌چه که در اشعه‌های x یافت می‌شود تولید کند، زیرا شدت صدای بازتاب شده با تغییرات تراکم مرتبط است و صدا به شدت در مکان‌هایی که تغییرات چگالی بیشتر است، منعکس می‌شود.

یکی دیگر از استفاده‌های عمده از سونوگرافی در تشخیص پزشکی، تشخیص حرکت و تعیین سرعت از طریق تغییر دوپلر اکو است. این روش برای نظارت بر ضربان قلب جنین، اندازه‌گیری سرعت خون و تشخیص اِشکال در عروق خونی مورد استفاده قرار می‌گیرد. اندازه تغییر دوپلر در اکو به طور مستقیم متناسب با سرعت هر آن‌چه که نشان دهنده‌ی صدا است، می‌باشد. از آن‌جا که در این مورد اکو درگیر است، در واقع یک تغییر دوگانه وجود دارد. اولین رخداد به این دلیل که بازتابنده (مثلاً قلب جنین) یک ناظر حرکتی است و فرکانس تغییر یافته دوپلر را دریافت می‌کند رخ می‌دهد. بازتابنده پس از آن

به عنوان یک منبع متحرک عمل می‌کند و دومین تغییر دوپلر را تولید می-کند.



این تصویر اولتراسونیک Doppler-Shifted از یک شریان انسدادی جزئی، از رنگ برای نشان دادن سرعت استفاده می‌کند. بالاترین سرعت در نور قرمز است، در حالی که پایین‌ترین آن مربوط به نور آبی است. خون باید از طریق انقباض سریعتر حرکت کند تا همان جریان را حمل کند. (اعتبار: Arning C، Grzyska U، ویکیمدیاوم)

یک روش هوشمندانه برای اندازه‌گیری تغییر دوپلر، در اکو استفاده می‌شود. فرکانس صدای اکو بر روی فرکانس پخش قرار می‌گیرد و ضرباتی با فرکانس $F_B = |f_1 - f_2|$ تولید می‌کند. بنا بر این مستقیماً با تغییر دوپلر از این رو، سرعت بازتابنده متناسب است. مزیت این تکنیک این است که تغییر دوپلر کوچک است (به این دلیل که سرعت بازتابنده کوچک است)، به طوری که برای اندازه‌گیری تغییر به طور مستقیم نیاز به دقت زیادی است. اما اندازه-گیری فرکانس ضربه آسان است و اگر فرکانس پخش تا حدودی متفاوت است، آن را تحت‌تاثیر قرار نمی‌دهد. علاوه بر این، فرکانس ضربه در محدوده-ی قابل شنیدن است و می‌تواند برای بازخورد صوتی برای ناظر پزشکی تقویت شود.

محاسبه سرعت خون: اولتراسوند داپلر

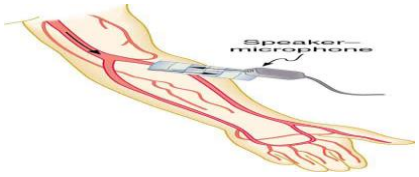
امواج فراصوت که دارای فرکانس ۲/۵ مگاهرتزی است به سمت خون در یک شریان که به سمت منبع با تندی ۲۰ سانتی‌متر بر ثانیه حرکت می‌کند، فرستاده می‌شود. با استفاده از سرعت صدا در بافت انسان که ۱۵۴۰ متر بر ثانیه است. به کمک قوانین فیزیک می‌توان به پرسش‌های زیر پاسخ داد:

۱ - چه مقدار خون دریافت می‌کنیم؟

۲ - چه فرکانسی به منبع باز می‌گردد؟

۳ - درصورتی که فرکانس منبع و بازگشت در هم ادغام شوند چه فرکانس ضربه‌ای تولید می‌شود؟

امواج فراصوت تا حدی توسط سلول‌های خونی و پلاسما به سمت میکروفون بلندگو بازتاب می‌شود. از آن‌جا که سلول‌ها در حال حرکت هستند، دو نوسان دوپلر تولید می‌شود یکی برای خون به عنوان یک ناظر حرکتی و دیگری طور مستقیم با سرعت خون متناسب است. برای صدای منعکس شده از یک منبع در حال حرکت است. مقدار تغییرات با سرعت خون متناسب است.



برای پاسخ به دو پرسش اول می‌توان از فرمول‌های $f_{obs} = f_s \left(\frac{v_w}{v_w - v_s}\right)$ و $f_{obs} = f_s \left(\frac{v_w - v_{obs}}{v_w}\right)$ برای تغییر دوپلر استفاده کرد و پاسخ آخرین سوال در مورد محاسبه‌ی فرکانس ضربه، همان تفاوت بین فرکانس اصلی و بازگشت است.

راه حل پرسش اول بر طبق تعاریف گفته شده : خون یک ناظر متحرک است و بنابراین فرکانس دریافت شده توسط خون از معادله زیر بدست می‌آید

$$f_s \left(\frac{v_w - v_{obs}}{v_w}\right) = f_{obs}$$

V_b (همان v_{obs}) سرعت حرکت خون است و چون حرکت به سمت منبع است علامت بعلاوه انتخاب می‌شود. با وارد کردن مقادیر در معادله خواهیم داشت

$$(۲۵۰۰۰۰۰\ HZ)\left(\frac{۱۵۴۰^m/_s + ۰/۲^m/_s}{۱۵۴۰^m/_s}\right) = ۲۰۵۰۰۳۲۵\ \text{Hz} = f_{obs}$$

راه حل پرسش دوم بر طبق تعاریف گفته شده :

- خون به عنوان یک منبع متحرک عمل می‌کند.
- میکروفن به عنوان یک ناظر ساکن عمل می‌کند.
- فرکانس خروجی از خون ۲۵۰۰۳۲۵ هرتز است اما فرکانس دریافت شده توسط خون از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید.

$$f_{obs} = f_s \left(\frac{v_w}{v_w - v_b}\right)$$

f_{obs} فرکانس دریافتی توسط میکروفن بلندگو است.

- v_b سرعت منبع است.
- چون حرکت به سمت ناظر است در فرمول از علامت منفی استفاده می‌شود.

با وارد کردن مقادیر خواهیم داشت

$$(۲۵۰۰۳۲۵\ HZ)\left(\frac{۱۵۴۰^m/_s}{۱۵۴۰^m/_s - ۰/۲^m/_s}\right) = ۲۵۰۰۶۴۹\ f_{obs} =$$

Hz(فرکانس بازگشتی به منبع)

راه حل پرسش سه:

در نهایت فرکانس ضربه از اختلاف دو فرکانس f_s و f_{obs} بدست می آید $f_B = |f_{obs} - f_s|$

f_B فرکانس ضربه $= |۲۵۰۰۶۴۹ - ۲۵۰۰۰۰۰| = ۶۴۹$ Hz

از اثر دوپلر برای اندازه‌گیری تغییرات امواج صوتی برگشتی از اجسام متحرک استفاده می‌شود که برای تشخیص مشکلات پزشکی که مربوط به گردش جریان خون است کارایی دارد.[۲]

سانترفیوژ

سانترفیوژ وسیله‌ای است که ذرات درون مایع را از هم جدا می‌کند. در این دستگاه نیروی ظاهری که چرخش مرکزی را ایجاد می‌کند ناشی از اینرسی ذرات است وقتی لوله‌های داخل سانترفیوژ شروع به چرخش می‌کنند مواد چگال‌تر که اینرسی بزرگتری دارند و به نیروی سانترفیوژ (مرکزگرا) کمتر پاسخ می‌دهند به بیرون فشار می‌آورند و مواد با تراکم کمتر به داخل وارد می‌شوند.

کاربرد دستگاه سانترفیوژ :

۱ – آزمایشات پزشکی در کلینیک‌ها

۲ – جداکردن گلبول‌های قرمز خون از پلاسما (پلاسما به سمت مرکز و گلبول‌های قرمز خون به سمت پایین می‌روند).

۳ – جدا کردن اجزای قابل دفع در اهدای خون.

تصویری از سانترفیوژ آزمایشگاهی

وسایل الکتروپزشکی

از جمله کاربرد فیزیک در پزشکی، وجود دستگاه‌هایی است که بر اساس قوانین فیزیک طراحی شده‌اند. بخشی از وسایل تشخیص بیماری‌ها، دستگاه‌هایی هستند که براساس قانون‌های مربوط به الکتریسیته و الکترونیک ساخته شده و به کار گرفته می‌شوند.

نمونه‌ای از این دستگاه‌ها عبارتند از:

- الکتروکاردیوگراف
- الکتروبیوگراف
- الکترو آسفالوگراف

این دستگاه‌ها می‌توانند با رسم نمودارهایی وضع سلامت یا بیماری را برای پزشک مشخص کنند. ممکن است این دستگاه‌ها مجهز به نوسان نگار باشند و در نتیجه نمودارها مستقیماً بر روی یک صفحه‌ی تلویزیون مشاهده شوند.

نمونه‌ای از این دستگاه‌ها کاردیوسکوپ است که معمولاً در اتاق بیمار قرار می‌گیرد و از طریق آن منحنی ضربان قلب بیمار مشاهده می‌شود.

در الکتروکاردیوگراف به جای آنکه منحنی‌ها مستقیماً دیده شوند، منحنی‌ها (نمودارها) بر روی نواری از کاغذ ثبت و ضبط می‌شوند و پزشک می‌تواند از روی آن‌ها وضعیت قلب و نوع بیماری را تشخیص دهد.

الکتروآنسفالوگرافی دستگاهی است که با آن بیماری‌هایی چون صرع، تومورهای مغزی، ضربه، اعتیاد به دارو و الکل تشخیص داده می‌شود و کار این دستگاه با استفاده از فعالیت‌های الکتریکی که در سطح بدن ظاهر می‌شود، صورت می‌گیرد.

تهیه‌ی طرح‌های سه بعدی از بدن

در سال‌های ۱۹۶۰ تا ۱۹۷۰ برای تشخیص بیماری‌ها چهار روش جدید ابداع شد:

گرمانگاری

با استفاده از این روش اختلاف دمای قسمتی از بدن به صورت تصویری رنگی تهیه می‌شود. این روش برای تحقیق و بررسی رگ‌های خونی سطحی بدن مفید است و از طریق آن می‌توان از وجود تومورها باخبر شد.

توموگرافی

عملی که با کمک پرتو ایکس و کامپیوتر برای تعیین غده‌ها صورت می‌گیرد، توموگرافی گفته می‌شود. پرتوهای ایکس می‌توانند از بافت‌های نرم بگذرند و چنانچه پرتو ایکس در مسیر خود از غده‌ای بگذرد، میزان جذب آن نسبت به وضعیتی که غده وجود ندارد متفاوت است.

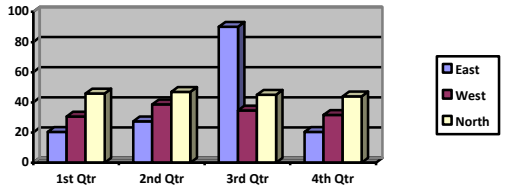
هولوگرافی

هولوگرافی به خواص امواج متکی است و تصویری که از ریزشیء گرفته می‌شود، سه بعدی است. در این روش در تصویری که از هر عضو بدن گرفته می‌شود، کاملاً همه قسمت‌های اطراف آن عضو قابل دیدن است.

دستگاه تشدید مغناطیسی(NMR)

در صورتی که هسته‌ی اتم‌هایی خاص در میدان مغناطیسی امواجی قرار گیرند و از خود تابش کنند، از طریق این روش قابل ردیابی است. این پدیده در سال ۱۹۴۰ شناخته شد و کاربرد آن در پزشکی برای نخستین بار در سوئد شروع شد.

تصویربرداری رزونانس مغناطیسی



یکی از ابزارهای تصویربرداری که در پزشکی بسیار مفید و سریع می‌باشد تصویربرداری رزونانس مغناطیسی MRI است. این روش غیرتهاجمی تصاویر دو بعدی و سه بعدی از بدن را بگونه‌ای ایجاد می‌کند که اطلاعات مهم پزشکی را بدون هیچ‌گونه خطر ناشی از اشعه ایکس ارائه می‌دهند. رزونانس مغناطیسی هسته‌ای (NMR) که در آن یک میدان مغناطیسی خارجی اعمال شده با هسته‌ی اتم‌های خاص، به خصوص هیدروژن (پروتون‌ها) تعامل دارد. هنگامی که هسته‌ها در یک میدان مغناطیسی خارجی قرار می‌گیرند، گشتاوری را تجربه می‌کنند که هسته‌ها را به یکی از دو حالت جدید انرژی بسته به جهت چرخش آن (مشابه با قطب N و قطب S در یک آهنربا)، تبدیل می‌کند. انتقال از حالت انرژی پایین‌تر به انرژی بالاتر می‌تواند با استفاده از سیگنال فرکانس رادیویی خارجی برای جهت‌گیری مغناطیس‌های کوچک انجام شود (این در واقع یک فرایند مکانیکی کوانتومی است).

فرکانس خاص امواج رادیویی که جذب می‌شوند به حساسیت بر روی نوع هسته، محیط شیمیایی و قدرت میدان مغناطیسی خارجی بستگی دارد. بنا بر این، این یک پدیده‌ی تشدید است که در آن هسته‌ها در یک میدان مغناطیسی مانند رزوناتورها عمل می‌کنند که فقط فرکانس‌های خاصی را جذب می‌کنند و دوباره آن را می‌گیرند. از این رو، این پدیده به نام رزونانس مغناطیسی هسته‌ای (NMR) نامگذاری شده است.

بزرگترین بخش از دستگاه MRI یک آهنربای ابررسانایی است که یک میدان مغناطیسی با قدرتی بین یک تا دو تسلا ایجاد می‌کند. تصاویر MRI می‌تواند

بسیار دقیق و آموزنده، اطلاعاتی را در مورد ساختارها و اعضای بدن در اختیار پزشکان قرار دهد. در اکثر تصاویر پزشکی، پروتون‌هایی که هسته‌ی هیدروژن هستند، تصویر می‌شوند. (حدود ۳/۲ از اتم‌ها در بدن هیدروژن هستند). محل و تراکم آن‌ها، اطلاعات متنوعی از نظر پزشکی مانند عملکرد اندام، وضعیت بافت (مانند مغز) و شکل ساختارها از جمله دیسک‌های مهره و سطوح مفصل زانو را در اختیار متخصصان قرار می‌دهد. MRI همچنین می‌تواند برای پیگیری حرکت یون‌های خاص در سراسر غشاء، اطلاعات مربوط به حمل و نقل فعال، اسمز، دیالیز و سایر پدیده‌ها مورد استفاده قرار گیرد. با تفکیک مکانیِ عالی، MRI می‌تواند اطلاعاتی در مورد تومورها، سکته‌ی مغزی، آسیب‌های شانه، عفونت و غیره نیز ارائه دهد.

یک تصویر نیاز به اطلاعات موقعیت و همچنین تراکم یک نوع هسته(معمولاً پروتون)دارد. با کمی تغییر میدان مغناطیسی ، بر روی حجمی که باید در آن تصویر شود، فرکانس رزونانس پروتون‌ها بنا بر موقعیت، متفاوت می‌شود. فرکانس‌های رادیویی در محدوده‌ی مناسب قرار می‌گیرند و هسته، آن‌ها را جذب می‌کند و تنها در صورتی که هسته‌ها در یک میدان مغناطیسی، با قدرت صحیح جذب کنند، گیرنده‌ی تصویربرداری، اطلاعات نقطه به نقطه از نقشه‌ی یک بافت را از طریق بدن جمع‌آوری می‌کند و با دریافت امواج رادیویی مجدد به عنوان عملکرد فرکانس، اطلاعات موقعیت موردنظر را در تصویر ایجاد شده در اختیار پزشک قرار می‌دهد.

در حالی که تصاویر MRI نسبت به اشعه‌ی ایکس برای انواع خاصی از بافت برتر است و هیچکدام از خطرات اشعه x را ندارند اما آن‌ها به طور کامل تصاویر اشعه ایکس را جایگزین نمی‌کنند. به عنوان مثال، MRI نسبت به اشعه ایکس برای تشخیص شکاف در استخوان و همچنین در بافت پستان، تصویری مؤثر است، بنا بر این، دو ابزار تشخیصی، یکدیگر را تکمیل می‌کنند. تصاویر MRI در مقایسه با تصاویر ساده‌ی اشعه ایکس گران هستند و اغلب در مواردی که تصاویر اشعه x نمی‌تواند اطلاعات کافی را ارائه دهد، استفاده می‌شود. یکی دیگر از ضعف‌های MRI این است که بیمار با تشخیص‌دهنده-های نزدیک به بدن، حدوداً ۳۰ دقیقه یا بیشتر کاملاً در یک محیط بسته است و منجر به فتوتراپی می‌شود. همچنین قرار گرفتن یک بیمار چاق در تونل مغناطیسی دشوار است. در حال حاضر دستگاه‌های جدید "MRI باز" در دسترس هستند که در آن آهنربا بیمار را کاملاً حبس نمی-کند.در طی دهه‌ی گذشته، توسعه‌ی اسکن‌های بسیار سریعتر، به نام «MRI عملکردی» (fMRI)، به ما اجازه داده است تا عملکرد مناطق مختلف مغز را که مسئول کنترل تفکر و حرکت هستند را به نقشه بسپاریم. این روش، تغییر در جریان خون برای فعالیت‌ها (تفکر، تجربیات، عمل) در مغز را اندازه‌گیری می‌کند. سلول‌های عصبی هنگام فعالیت فعال، اکسیژن مصرفی خود را افزایش می‌دهند. هموگلوبین خون اکسیژن را به سلول‌های فعال عصبی آزاد می‌کند. با MRI، ما می‌توانیم میزان اکسیژن را اندازه‌گیری کرده و سیگنال وابسته به اکسیژن خون را تشخیص دهیم. امروزه اکثر اسکن مغزها از fMRI استفاده می‌کنند.[۱]

سایر استفاده‌های پزشکی از خواص مغناطیسی

جریان در سلول‌های عصبی و قلب، میدانی مغناطیسی مانند جریان‌های دیگر را ایجاد می‌کند. که این میدان می‌تواند اندازه‌گیری شود. اما به دلیل شدت پایین این میدان‌ها که کمتر از میدان مغناطیسی زمین است، مشکلاتی در اندازه‌گیری این میدان‌ها وجود دارد. ضبط میدان مغناطیسیِ قلب به عنوان ضربه‌ی مغناطیسی، کارت مغناطیسی (MCG) نامیده می‌شود، در حالی که اندازه‌گیری میدان مغناطیسی (MEG) نامیده می‌شود. هر دو روش، اطلاعاتی را فراهم می‌کنند که از اندازه‌گیری میدان‌های الکتریکی این اندام‌ها (ECG ها و EEG ها) متفاوت است، اما هنوز برای اندازه‌گیری‌های دشوار معمول نیستند.

در این دو تکنیک، حسگرها بدن را لمس نمی‌کنند. MCG می‌تواند در مطالعات جنینی استفاده شود و احتمالاً از اکوکاردیوگرافی حساس‌تر است. MCG همچنین به فعالیت الکتریکی قلبی که خروجی ولتاژ آن بسیار کوچک است و توسط الکترودهای سطحی مانند EKG ضبط می‌شود، کمک می‌کند. این پتانسیل اسکن سریع برای تشخیص زودهنگام ایسکمی قلبی (انسداد جریان خون به قلب) یا مشکلات جنین بسیار مفید است.

MEG می‌تواند برای شناسایی تخلیه‌ی الکتریکی غیرطبیعی در مغز که سیگنال‌های مغناطیسی ضعیف را تولید می‌کند، استفاده شود. بنا بر این، در این روش نه تنها به فعالیت مغز، بلکه به ساختار مغز نیز توجه می‌شود. این مورد برای مطالعات بیماری آلزایمر و صرع مورد استفاده قرار گرفته است. پیشرفت در ابزار دقیق برای اندازه‌گیری میدان مغناطیسی بسیار کوچک باعث شده است که این دو تکنیک در سال‌های اخیر مورد استفاده قرار گیرد. استفاده از یک حسگر به نام اسکوئید برای دستگاه تداخل کوانتومی ابررسانایی، امروزه معمول شده است. این دستگاه در دمای مایع هلیوم عمل می‌کند و می‌تواندمیدان‌های مغناطیسی هزاران برابر کوچکتر از زمین را اندازه‌گیری کند.

نتیجه‌گیری

در تمامی موارد ذکر شده تنها چند مورد از کاربردهای علم فیزیک در پزشکی بصورت بسیار مختصر بیان گردید. باید دانست تمامی کاربردهای فیزیک در پزشکی در واقع در قالب فیزیک پزشکی جای داده می‌شود. فیزیک پزشکی استفاده از اصول فیزیک در پزشکی و یا مراقبت‌های بهداشتی است. اساساً راهی برای استفاده از دانش فیزیک برای توسعه‌ی ابزار و درمان است که به انسان کمک می‌کند تا زندگی طولانی‌تر و سالم‌تر داشته باشد. شاخه‌های بسیاری از فیزیک پزشکی وجود دارد که مهمترین آن‌ها رادیولوژی تشخیصی، یا تصویربرداری پزشکی، پزشکی هسته‌ای و رادیولوژی است. تمام روش‌های تصویربرداری پزشکی که ما از آن استفاده می‌کنیم، از جمله اشعه‌ی ایکس، ماموگرافی، توموگرافی کامپیوتری، سونوگرافی و تصویربرداری رزونانس مغناطیسی (MRI)، در میان فن‌آوری‌های دیگر، نیاز به حضور فیزیکدان در محل یا مشاوره با آن‌ها دارد. این تکنولوژی‌ها پیچیده هستند و تنها توسط کسانی که آن‌ها را درک می‌کنند می‌توانند تعمیر شده و مورد استفاده واقع شوند. در اینجا به این واقعیت می‌رسیم که علم فیزیک تنها چند فرمول سخت و پیچیده برای حل چند مساله‌ی بغرنج روی کاغذ نیست و اگر بدرستی مورد استفاده قرار گیرند در تمامی علوم می‌تواند راه‌گشا باشد، کما اینکه با بکار بردن علم فیزیک در دانش پزشکی، می‌توان در تشخیص و درمان انواع بیماری‌ها خصوصاً انواع تومورها و سرطان‌ها در سال‌های اخیر به این نکته امیدوار بود که بیماران با تشخیص سریع، بموقع و بدون درد، دوره‌ی درمان را بسلامت سپری کنند و با امید به پروردگار هستی‌بخش و متخصصان به آینده‌ای روشن چشم دوزند و کلام آخر اینکه تمامی قوانین پروردگار در عالم هستی برای راحتی بشر قرار داده شده و افتخار می‌کنیم که بگوییم فیزیک دنیا را روشن می‌کند. فتانه باقرزاده (لارستان)

چگونگی تدریس فیزیک برای یادگیری پایدار

مقدمه:

شناخت قانون‌های فیزیک امکانات فراوانی را در اختیار بشر قرار داده است که اکنون می‌توان آن‌را در تمام موارد موجود در زندگی روزمره مشاهده کرد. اما دانایی وقتی تبدیل به توانایی می‌شود که شخص ارتباط مفاهیم را با واقعیت-های اطراف خود به روشنی دریابد. به عبارت دیگر بکوشد با ترکیب مستدل واقعیت‌های مشاهده شده، به جهان اطرافمان مفهوم و معنا ببخشد. برای علاقمند کردن افراد به مطالب علمی باید آنرا به صورت هر چه محسوس‌تر و ملموس‌تری به آنها آموزش داد. این موضوع در مورد فیزیک مصداق بیشتری دارد زیرا فیزیک مستقیماً با طبیعت و پدیده‌های طبیعی سرو کار دارد. برای این علم سراسر عالم آزمایشگاهی است که می‌تواند با راهنمایی درست در اختیار علاقه‌مندان قرار گیرد. با توجه به این موضوع، هدف متخصصان آموزش علوم برقراری ارتباط هر چه بیشتر بین درس‌های مدرسه و چیزهایی است که در زندگی روزمره با آن‌ها روبه رو می‌شوند. در این مقاله سعی شده روش‌های تدریس برای یادگیری پایدار مطالب کتاب ارائه شود اینکه هر مبحثی را با چه روشی تدریس کنیم و همینطور نکاتی کاربردی در مورد مباحث تئوری کتاب بیان شده که باعث می‌شود دانش‌آموز کاربرد هر کدام از این مباحث را در زندگی و واقعیت بداند. همچنین، نکاتی برای بهتر شدن روند تدریس مطرح شده است.

یادگیری فعال:

یادگیری فعال که از طریق آن دانش‌آموزان، شرکت کننده‌ی فعال در فرآیند یادگیری می‌شوند وسیله‌ی مهمی برای توسعه‌ی مهارت‌های دانش-آموزان است. در فرآیند یادگیری فعال، دانش‌آموزان از دریافت‌کنندگان منفعل دانش به سمت شرکت‌کننده در فعالیت‌هایی که شامل تجزیه و تحلیل و ترکیب می‌شوند، حرکت می‌کنند. یادگیری فعال نه تنها بر توسعه‌ی مهارت‌های دانش‌آموزان تأکید می‌کند، بلکه بر کشف نگرش‌ها و ارزش‌های خود نیز تأکید می‌کند . هنگامی که یادگیری فعال انجام می‌شود، شبیه سازی‌ها، بحث‌ها، ارائه‌های دانش‌آموز، بازی‌ها، نقش‌آفرینی‌ها، فلوچارت‌ها و جزوه‌ها عناصر اساسی دروس فیزیک هستند. مایرز و جونز معتقدند که یادگیری فعال شامل سه عامل است که به هم مرتبط هستند این عوامل اساسی عبارتند از۱ - راهکارهای آموختن که شامل پنج عنصر صحبت کردن، گوش دادن، خواندن، نوشتن و تأمل کردن می‌شود.. این پنج عنصر شامل فعالیت‌های شناختی است که به دانش‌آموز اجازه می‌دهد تا پرسش را روشن کند، دانش جدید را تثبیت و تطبیق دهد. دومین عامل یادگیری فعال، یادگیری استراتژی‌هایی شامل کار مشارکتی، مطالعات موردی، شبیه‌سازی، بحث و حل مسئله هستند. عامل سوم یادگیری فعال، منابع آموزشی است که معلم از آنها برای تشویق دانش‌آموزان به تعامل و مشارکت فعال در فعالیت‌ها استفاده می‌کند.

یادگیری فعّال به طور کلی به عنوان هر روش آموزشی تعریف می‌شود که دانش‌آموزان را در فرآیند یادگیری درگیر می‌کند .به طور خلاصه، یادگیری فعّال مستلزم آن است که دانش‌آموزان فعالیت‌های یادگیری معناداری را انجام دهند و در مورد کاری که انجام می‌دهند فکر کنند. در حالی که این تعریف می‌تواند شامل فعالیت-های سنتی مانند تکالیف باشد، در عمل، یادگیری فعّال به فعالیت‌هایی مانند (نمایش، کار گروهی و غیره) اشاره دارد که به کلاس درس معرفی می‌شوند به عبارت دیگر، تمام یادگیری به نوعی یادگیری فعّال است، اما فعّال به میزان مشارکت دانش‌آموز در فرآیند آموزشی اشاره دارد .یک محیط یادگیری فعّال مستلزم آن است که دانش‌آموزان و معلمان مشارکتی پویا داشته باشند که در آن مسئولیت آموزش را به اشتراک بگذارند.

مهارت‌های ارتباطی و حل مسئله و همچنین توانایی تفکر انتقادی آنها، اهمیت گنجاندن جنبه‌های کار میدانی در یادگیری کلاس درس ،کارایی و اجرای فعّال تکنیک‌های یادگیری در دانش‌آموزان در مطالعه ای توسط سیوان و همکاران مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شده که در کلاس‌هایی که از تکنیک‌های یادگیری فعّال استفاده می‌شود درس‌ها برای دانش‌آموزان جذاب‌تر می‌شود و آن‌ها با دقت در درس‌ها شرکت می‌کنند علاوه بر این، مشخص شده است که موفقیت و علاقه دانش‌آموزان در گروه یادگیری فعّال بهتر از گروه سنتی، بسیار بهبود یافته است.

چگونه فیزیک را تدریس کنیم تا یادگیری پایدار ایجاد کنیم؟

موضوع یاد دادن برای به یاد ماندن، یک موضوع پرچالشی است و عوامل بسیار زیادی باید دست در دست هم بدهند تا انچه را که معلم آموزش می-دهد در فراگیران منجر به یادگیری پایدار شود. مدرسه، معاونین، مشاورین، کتاب درسی، سرفصل‌های آموزشی، معلم، محیط اجتماع، دانش‌آموز با تمام پیچیدگی‌های ذهنی، خانواده و .....

در این پروژه سنگین، گروهی به این شعار معتقدند که : هرگاه افراد در موقعیت خویش وظیفه و مسئولیت خود را به طور صحیح انجام دهند آموزش بطور معنی‌دار صورت می‌گیرد و سستی هر گروه در نتیجه، تأثیر خواهد داشت. اگر بپذیریم که معلمیم و نقش پررنگ‌تری درپیشرفت آموزش پایدار داریم و کمرنگ‌ترین دلیل هم این است که : اگر یکی از عوامل ذکر شده وظیفه خود را به درستی انجام ندهند و کلاسی تشنه یادگیری ایجاد نکنند معلم باید هنرمندانه‌تر عمل کند. زمانی که کلاس تشنه یادگیری نیست معلم نه تنها باید متخصص مسایل اموزشی باشد بلکه باید راهنما، مشاور و مشکل-گشای دانش‌آموزان نیز باشد. پس معلمان اگر از لحاظ رفتاری،علمی و مدیریتی توانایی کافی را داشته باشند و علاقه‌مند به مسایل آموزشی باشند قطعاً با هنر خود در صدد رفع تمام چالش‌ها خواهند بود در نتیجه هر آنچه را که اموزش می‌دهند در هرم شناختی فراگیر قرار خواهد گرفت. تا زمانی که فیزیک تنها فرمول باشد:

۱. دانش‌آموز قوای تحلیل و استدلال منطقی خود را از دست می‌دهد.
۲. به محض برخورد با پرسشی مفهومی از حل ان عاجز می‌ماند.
۳. در صدد پیدا کردن راه‌هایی برای دادن آزمون‌ها خواهد بود.
۴. درک ناقص و سطحی از فیزیک خواهد داشت.

۵. بینش علمی در فراگیر بوجود نمی‌آید.

۶. بعد از ازمون خیلی زود همه را فراموش می‌کند.

با رعایت چه نکاتی می‌توانیم یادگیری پایدار در درس فیزیک ایجاد کنیم؟

۱) داشتن طرح درس مناسب.

۲) انجام ارزشیابی تشخیصی فقط برای مشخص‌کردن جایگاه کلاس

۳) توجه به پیش‌نیازهای فیزیک یا ریاضی قبل از شروع تدریس

توجه به پیش‌نیازهای فیزیکی

- موضوع الکتریسیته به موضوع فیزیک اتمی ، ساختار اتم، نحوه باردار کردن اجسام، ساختمان و کاربرد الکتروسکوپ و بحث ریاضی بردارها و جمع برداری وابسته است.
- در بحث نوسان مختصری در مورد دایره مثلثاتی
- در بحث حرکت، تفسیر نمودارها و ....

درصد قابل توجهی از دانش‌آموزان از درس فیزیک،دلِ خوشی ندارند و دلیل عمده آن این است که مطالب را انطور که باید نمی‌فهمند و زیبایی و مفید بودن آن را درک نمی‌کنند

۴) زیبا جلوه دادن فیزیک با بیان کاربردهای آن

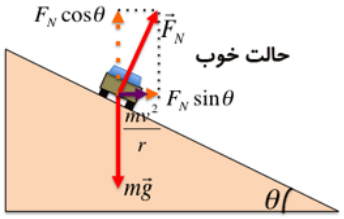
- اشاره به کاربردهای فیزیک در پزشکی ، ورزش ، صنعت و ..
- بیان سرگذشت برخی از کشفیات فیزیک
- بحث شکست نور: اشاره به مایعات درون چشم و بیان حرکت نور از هوا به عدسی ، زلالیه، زجاجیه و ایجاد تصویر روی شبکیه

نور از آب وارد اجزای چشم غواص خواهد شد و تصویر درستی تشکیل نمی‌گردد، پس عینکی با ضریب شکست متفاوتی جلوی چشمش قرار می‌دهد تا اشیای زیر اب به راحتی دیده شوند.

لیزر و جراحی چشم

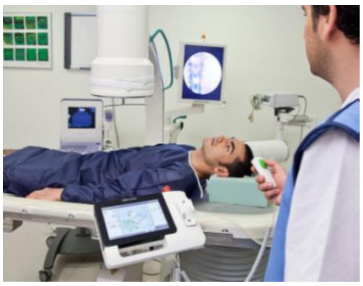
شیب عرضی جاده

موتور سوار در میدان افقی در سرعت زیاد برای عدم انحراف از پیچ خودش را کج می‌کند تا علاوه بر نیروی اصطکاک ، مولفه وزنش نیز در راستای مرکز باشد.



موج طولی و عرضی

در دستگاه سنگ‌شکن کلیه، موج طولی در مرکز سنگ ایجاد می‌کنند. موج طولی ایجاد شده در مرکز به سطح سنگ امده و تبدیل به موج عرضی می‌شود و سنگ شکسته می‌شود.



نیروی اصطکاک

- اسکیت‌باز خودش را دوکی شکل می‌کند
-

-
-
- شناگر لباسی از جنس فوک می‌پوشد

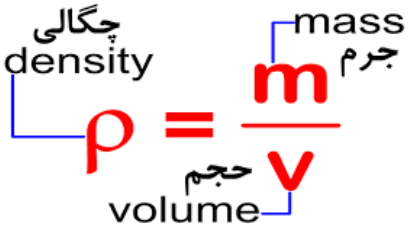
- در والیبال و بسکتبال به پاهای استوار و کفش مناسب نیاز داریم.

ایجاد کردن شگفتی در اعداد ثابت

در فرمول‌های فیزیک با یک سری اعداد ثابت سر و کار داریم مثل ثابت جهانی گرانش ، سختی فنر ، ثابت کولن، ظرفیت‌گرمایی هر جسم، چگالی هر جسم و ....، برخی از این ثابت‌ها ، شگفتی‌هایی دارند که بیان ان‌ها توسط معلم و کتاب باعث جذابیت و شوق‌انگیز شدن مطالب خواهد شد.

زیبایی مقدار چگالی اب

وقتی بیان می‌شود چگالی آب ۱۰۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب است ،به معنی ان است، اگر مکعبی به ابعاد یک متر وجود داشته باشد که پر از آب شود ۱۰۰۰ کیلوگرم جرم خواهد داشت و ۴ وزنه بردار به قدرت حسین رضا زاده می‌تواند آن را بلند کنند.

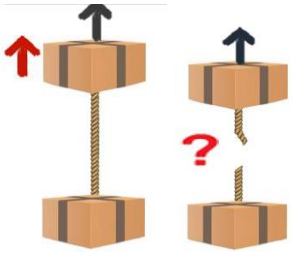


۵) ساختارشکنی ذهن

همه می‌دانیم فیزیک علم طبیعت است. به واسطه زندگی در طبیعت و نگاه به پیرامون خود ناخوداگاه قوانینی در ساختار ذهن افراد شکل می‌گیرد. این ساختار ذهنی یا ریشه علمی دارد و از قوانین علم فیزیک تبعیت می‌کند و یا ساخته و پرداختهف ناقصی از چرائی‌های پدیده‌هاست. این ذهنیت‌ها نقش اصلی در یادگیری پایدار خواهند داشت که نباید نادیده گرفته شوند.

مثال هایی از ذهنیت خودساخته فراگیران

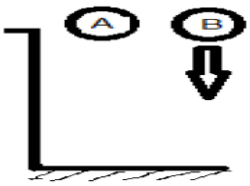
مثال اول : در شکل اجسام به سمت بالا حرکت می‌کنند. اگر بعد مدتی طناب بین دو جسم پاره شود حرکت هر جسم را تحلیل کنید.



مثال دوم:

برخورد رودرروی یک کامیون که جرمش ۵ برابر جرم یک اتومبیل است رخ می‌دهد نیرویی که کامیون بر اتومبیل وارد می‌کند چند برابر نیرویی است که اتومبیل بر کامیون وارد می‌کند.

مثال سوم: از یک بلندی در شرایط خلأ یک گلوله را رها کرده و بار دیگر با اعمال ضربه آن را به پایین پرتاب می‌کنیم شتاب حرکت دو گلوله را با هم مقایسه کنید.



۶) پر رنگ کردن اشتباهات دانش‌آموزان و سپس خاموش کردن آن‌ها

بررسی اشتباهات دانش‌آموزان

به محض تدریس یک موضوع سعی می‌کنیم غلط‌های دانش آموزان را برای همیشه پاک کنیم .هنگام تدریس پرسشی مطرح کنیم و جواب-های غلط پرتکرار را نیز ارائه دهیم و فرصت بدهیم ، همه به پرسش پاسخ دهند و اگر بین دو انتخاب واقعاً نتوانستند با دلیل جوابی را انتخاب کنند، خود معلم جواب غلط را از زبان دانش‌آموز انتخاب و دلیل را هم مطرح ، و به انتخاب صحیح هدایت کند.

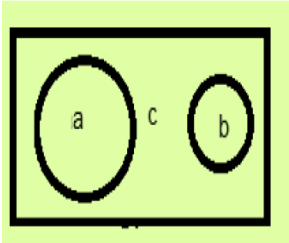
مثال‌هایی برای بررسی اشتباهات دانش آموزان:

- در یک صفحه فلزی دایره ای به شعاع R بریده‌ایم اگر صفحه را گرم کنیم کدام گزینه انبساط شعاع را درست بیان می‌کند.

الف) $2\pi R\alpha\Delta\theta$ ب) $2\pi R^2\alpha\Delta\theta$

ج) $R\alpha\Delta\theta$ د) $2R\alpha\Delta\theta$

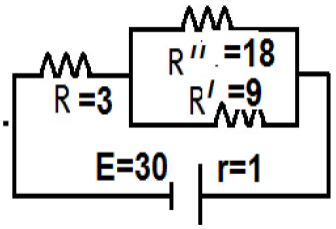
- در یک صفحه فلزی مستطیل شکل دو دایره به شعاع-های a و b به فاصله c بریده‌ایم اگر صفحه را گرم کنیم شعاع دایره‌ها و فاصله دو دایره چه تغییری می‌کند؟

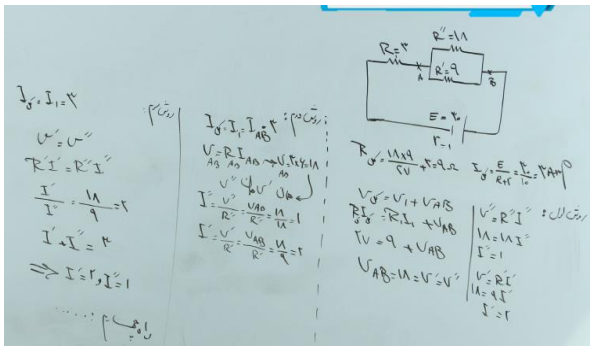


الف) a وb افزایش c کاهش
ب) a وb کاهش cافزایش
ج)a و b ثابت c افزایش
د) هر سه افزایش

۷) تنوع و افزایش راه حل‌های مختلف

تنوع و افزایش راه‌حل‌های مختلف برای یک پرسش مؤثرتر از آن است که تعداد پرسش‌های حل شده را افزایش دهیم.درشکل مدار الکتریکی رسم شده است جریان هر مقاومت را بدست آورید





۸) توجه به شرایط حدی در فیزیک

توجه به شرایط حدی در فیزیک باعث شناخت دنیای فیزیک شده و افکار را متوجه موضوع می‌نماید. شرایط حدی در فیزیک بسیار مهم و کاربردی است. بعد از ارائه راه‌حل‌های مختلف برای یک پرسش دانش-آموز ،راهی که درک بهتری دارد را در ذهن ماندگار می‌کند و البته در شرایط مختلف پرسش، قدرت انتخاب راه مناسب را خواهد داشت.

۹) ضرورت انسجام بخشیدن به موضوعات درسی

اگر در هنگام آموزش، تداوم و انسجام مطالب حفظ شود، ذهن دانش-آموز در جریان یادگیری فعّال بوده و ارتباط منطقی بین اطلاعات دریافتی بوجود می‌آید. مطالب زنجیروار و پیوسته در هرم یادگیری ذهنش جداسازی می‌شود و اندیشه و عمل دانش‌آموز تکامل پیدا می-کند، راحت‌تر یاد می‌گیرد و دیرتر به فراموشی می‌سپارد.

انسجام و پیوستگی مطالب درسی به عهده کتاب و معلم می‌باشد. اگر انسجام مطالب در کتاب رعایت نشده باشد معلم باید هنرمندانه مطالب را ارائه کند، تا علاوه بر دریافت زیبایی مطالب، انگیزه و علاقه‌ی دنبال کردن موضوع توسط دانش‌آموزان ایجاد شود. برای این منظور چند پیشنهاد ارائه می‌دهیم.

پیشنهاد اول:

مفاهیم موضوعاتی هستند که نیازی نیست که دانش آموز در صدد کشف آن براید بلکه باید در اختیار فراگیران قرار بگیرد. پس بهتر است مفاهیم بطور منظم در ابتدای تدریس ارائه شود.

- ❖ برخی بطور درگیر کردن ذهن فراگیران
- ❖ برخی بصورت آزمایش‌های ساده

پیشنهاد دوم:

در مبحث مغناطیس، با انجام آزمایش اورستد یا نمایش فیلم و مشاهدهٔ انحراف عقربه، کنار سیم حامل جریان، معلم با نزدیک کردن قطب اهنربا به یک میله باردار و اینکه واکنشی نسبت بهم ندارند، نتیجه می-گیرد، نیروهایی که ماهیت یکسانی دارند بر هم اثر می‌کنند. با پرسش و پاسخ‌هایی در کلاس دانش‌اموز می‌فهمد، جریان الکتریکی خاصیت مغناطیسی تولید کرده که توانسته عقربه را منحرف کند. در تعمیم این نکته که جریان خاصیت مغناطیسی ایجاد می‌کند، بیان کنیم که حرکت بار که همان جریان می‌باشد می‌تواند روی خط راست ، روی منحنی بسته و منحنی باز باشد و سپس تدریس میدان حاصل از سیم حامل جریان، پیچه مسطح و سیملوله را آموزش دهیم.

پیشنهاد سوم:

در بحث وارد شدن نیرو بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی از روش تدریس حل مساله و بدیعه‌پردازی کمک بگیریم. از فراگیر بخواهیم آزمایش اورستد را مرور کند و نتیجه‌ای را که از این آزمایش می‌گیرد یادداشت کند و با هدایت ان‌ها نتایج بصورت زیر دسته‌بندی خواهد شد

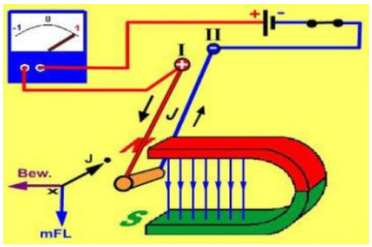
- ✓ جریان خاصیت مغناطیسی ایجاد می‌کند
- ✓ سیم حامل جریان بر عقربه نیرو وارد کرده و سبب چرخش آن شده است

سپس از ان‌ها بخواهیم نتایج بدست امده را برعکس کنند.

عکس نتیجه اول: آیا میدان مغناطیسی می‌تواند جریان الکتریکی تولید کند؟

عکس نتیجه دوم: آیا عقربه مغناطیسی بر سیم حامل جریان نیرو وارد می‌کند؟

حال وقت درگیر کردن و به چالش کشیدن است. که عکس کدام نتیجه صحیح است؟ دانش‌آموزان با ذهنیت داشتن قانون سوم نیوتن همگی موافق خواهند بود که عکس نتیجه دوم صحیح است. حال با پرسیدن سوالات به فرض چه کنیم تا نیرویی که عقربه بر سیم وارد می‌کند را مشاهده کنیم؟ به جای عقربه مغناطیسی آهنربای بزرگ قرار دهیم یعنی این بار سیم در مقابل عقربه کوچک شود و ... در نتیجه دانش-آموزان را برای رسیدن به نتیجه نهایی هدایت کنیم. آزمایشی طراحی کنیم تا دانش‌آموز متوجه انحراف سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی شود و رابطه را تدریس کنیم.



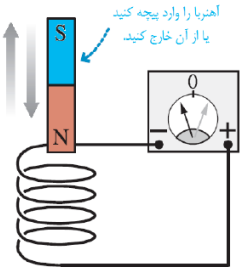
نگاهی ریز به عکس نتیجه دوم

از انحراف سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی می‌توان نظر دانش-آموزان در مورد حرکت ذرات باردار که با سرعت وارد میدان مغناطیسی می‌شوند را جویا شد و نهایتاً به انحراف ذرات باردار متحرک در میدان مغناطیسی اشاره کرد و فرمول $F = qVB\sin\theta$ را تدریس نمود.

رسیدن به قوانین لنز و فارادی

عکس نتیجه اول این بود که آیا خاصیت مغناطیسی (آهنربا) می‌تواند تولید جریان الکتریکی کند؟

وسیله‌ای که وجود جریان را نشان می‌دهد آمپرسنج است پس مداری بسازیم بدون باتری و .....



۱۰) مشارکت دادن دانش آموزان در اجرای تدریس

۱۱) بکارگیری و استفاده از روش‌های مختلف تدریس

به چند دلیل لازم است فیزیک با روش‌های مختلف تدریس شود:

- دانش آموران با یکدیگر متفاوتند ، آموزش به یک روش شاید برای همه یکسان عمل نکند.
- سرفصل‌ها و موضوعات کتاب فیزیک ایجاب می‌کند برای ارائه ماندگار روش‌های خاص تدریس را انتخاب کرد.

روش های تدریس پرکاربرد در فیزیک

- ✓ روش سخنرانی محض یا فعّال
- ✓ روش بارش فکری
- ✓ روش بدیعه پردازی
- ✓ روش حل مساله

در روش‌های فوق مطالب بصورت مساله و چالش مطرح می-شود و دانش‌آموز بطور فعّال در جریان یادگیری مشارکت می-کند و یادگیری لذت بخش‌تر خواهد بود.

۱۲) خود آموز کردن مطالب تا روا و قابل فهم باشد.

۱۳) هرگز موضوعات را قالب‌بندی نکرده و کف اموزشی تعیین نکنیم.

۱۴) استفاده از تجارب دبیران موفق.

۱۵) نمره محور نباشیم و فرصت جبران بدهیم تا فعالیت‌ها زیاد شود البته محتاطانه تا سواستفاده نکنند.

۱۶) ارائه تکالیف و انجام ازمایشات ساده.

انواع تکالیف

- حل مسائل و تمرینات کتاب
- ساخت دست‌سازه‌های فیزیکی
- نوشتن و برعکس کردن قوانین موجود در فیزیک
- طراحی با زیبایی‌های فیزیک
- سرودن شعرو..

علاوه بر دادن تکلیف و تمرین در منزل گاهی می‌توان انجام ازمایشات ساده و بی‌خطر را به دانش‌آموزان محول کرد تا در منزل انجام دهند و فیلم انجام ازمایش را ارسال کنند. مثل جذب و دفع الکتریکی، آزمایش برنولی، تشکیل نوارهای تداخلی در پراش نور و ....

نتیجه‌گیری:

تمامی معلمان توانمند ایران زمین برای تدریس در مباحث مختلف فیزیک همواره تمام تلاش خود را انجام داده و با شناختی که از دانش-آموزان کلاس و مدرسه و منطقه خود دارند با ارائه‌ی روش‌های مختلف تدریس سعی در تفهیم و یادگیری ماندگار می‌کنند. آنچه در این مقاله ارائه شده است بخشی از تجاربی بود که در کلاس درس اساتید خود در کلاس‌های ضمن خدمت ، همفکری با دبیران باتجربه و تدریس ۱۷ ساله در مناطق مختلف کسب کردم . امید به اینکه شوق یادگیری و اینده‌ای روشن در انتظار تمامی دانش‌آموزان ایران زمین باشد.

فتانه باقرزاده (دبیر فیزیک لارستان)

درآمدی کوتاه بر فلسفه علم

فرض کنید که دارید از پنجره‌ی اتاق منظره‌ی بیرون را نگاه می‌کنید. با این نگاه کردن، شما دانشی راجع به چیزهای اطرافتان به‌دست می‌آورید. مثلاً با نگاه کردن این دانش را کسب می‌کنید که کلاغی روی درخت حیاطتان نشسته است. حالا فرض کنید که یک لحظه شک می‌کنید به اینکه دانشی که کسب کرده‌اید ناموثق باشد مثلاً شک می‌کنید که خواب هستید یا بیدار. برای اطمینان از اینکه بیدار هستید با دستتان دست دیگرتان را لمس می‌کنید. حالا مطمئن شده‌اید که بیدارید و دانش جدیدی کسب کرده‌اید با این محتوا که دانش‌تان راجع به اینکه کلاغی روی درخت حیاطتان نشسته است موثق است.

به دانش اوّل (اینکه می‌دانید کلاغی روی درخت حیاطتان نشسته است) می‌گوییم دانش درجه‌ی اوّل، و به دانش دوم (اینکه می‌دانید دانشتان راجع به اینکه کلاغی روی درخت نشسته است موثق است) می‌گوییم دانش درجه‌ی دوم. دانش‌های درجه‌ی دوم، دانش‌هایی راجع به دانش‌های درجه‌ی اوّل هستند. نسبت علوم طبیعی با فلسفه‌ی علم هم همین‌طور است: علوم طبیعی (مثل فیزیک، شیمی، و زیست‌شناسی) دانش‌هایی هستند درباره‌ی طبیعت و جهان؛ به‌عبارت دیگر، موضوع علوم طبیعی طبیعت است و بنا براین علوم طبیعی دانش‌هایی درجه‌ی اوّل هستند. ولی فلسفه‌ی علم دانشی است راجع به علوم طبیعی؛ به عبارت دیگر، موضوع فلسفه‌ی علم علوم طبیعی است و دانشی درجه‌ی دوم است.

یک فیلسوف علم ممکن از دو منظر علوم طبیعی را بررسی کند. اوّلاً او می‌تواند علوم طبیعی را به عنوان یک کل در نظر بگیرد و پرسش‌هایی

راجع به این کل مطرح کند. ثانیاً او می‌تواند یک علم طبیعی خاص (مثلاً فیزیک) را در نظر بگیرد و پرسش‌هایش را بر آن علم خاص متمرکز کند. مثال‌هایی از منظر اوّل عبارتند از: آیا دانشمندان علوم طبیعی از روش خاصی استفاده می‌کنند که صرفاً متعلق به علوم طبیعی است؟ آیا دانشمندان علوم طبیعی باید از روش خاصی استفاده کنند؟ آیا علوم طبیعی در مقایسه با سایر حوزه‌های معرفت سریع‌تر پیشرفت می‌کنند؟ آیا معرفت حاصل‌شده از علوم طبیعی معرفتی عقلانی است؟ آیا قوانین علمی وجود خارجی دارند؟ تبیین علمی چه تفاوتی با سایر تبیین‌ها دارد؟ آیا دانشمندان در طی مراحل پژوهش علمی‌شان باید ملاحظات اخلاقی خاصی را رعایت کنند؟ نسبت علوم طبیعی با دین چیست؛ آیا متناقضند، یکدیگر را تکمیل می‌کنند، یا به‌هم بی‌ارتباطند؟ چه چیزی علم را از غیر علم یا شبه علم جدا می‌کند؟ آیا هویت‌های نظری که حتی با میکروسکوپ و تلسکوپ قابل مشاهده نیستند (مثل الکترون و سیاه‌چاله) واقعاً وجود خارجی دارند یا صرفاً ابزار نظری دانشمندان برای نظریه‌پردازی است؟ آیا هر نظریه‌ی جدید علمی، چیزی به انبان معرفت علمی موجود اضافه می‌کند یا اینکه نظریه‌های مرتبط قبلی را ابطال می‌کند؟ آیا می‌توان علوم را به یکدیگر تقلیل داد به این صورت که بگوییم زیست‌شناسی قابل تقلیل به شیمی و شیمی قابل تقلیل به فیزیک است؟

مثال‌هایی از فلسفه‌ی فیزیک عبارتند از: آیا تفسیر کوپنهاگی از مکانیک کوانتوم ابطال‌گر اصل علیت است؟ ماهیت فضا و زمان چیست؟ آیا فضا و زمان وجود دارند یا صرفاً ابزارهای نظری دانشمندان هستند؟ آیا نظریه‌ی مکانیک نیوتنی حالت خاصی از نظریه‌ی نسبیت انشتین است یا نظریه‌ی نسبیت مکانیک نیوتنی را ابطال می‌کند؟ ماهیت دوگانگی موج-ذره بر اساس نظریه‌ی مکانیک کوانتوم چیست؟ آیا جهان‌های موازی وجود دارند؟

چنان که ملاحظه می‌کنید، پرسش‌های فلسفه‌ی علم—خواه پرسش‌های کلی از قسم اوّل باشد یا پرسش‌هایی درباره‌ی یک علم خاص—پرسش‌هایی علمی نیستند، به این معنا که اگر در کتاب درس هرکدام از علوم طبیعی (مثلاً فیزیک هالیدی) یا آخرین مجلات پژوهشی علمی جستجو کنیم، پاسخی به سؤالات فوق نمی‌یابیم. این‌ها سؤالاتی است که فیلسوفان علم را به خود مشغول می‌کند و معمولاً دانشمندان علوم طبیعی به آن‌ها نمی‌پردازند.

دانشمندان تنها در برهه‌های خاصی از تاریخ علم به پرسش‌های فلسفی راجع به فعالیت علمی‌شان پرداخته‌اند. این برهه‌های خاص، معمولاً زمان‌هایی هستند که یک علم دچار بحران شده است. در این مقاطع خاص، دانشمندان شروع به پرسیدن سؤالات بنیادی و فلسفی راجع به فعالیت علمی‌شان می‌کنند، زیرا فهم قبلی‌شان از موضوع دیگر برایشان قابل قبول نیست. به‌عنوان مثال، در اواخر قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم، فیزیکدانان به این نتیجه رسیدند که نظریه‌های فیزیکی موجود نمی‌توانند نتایج بعضی از آزمایشات را به درستی تبیین کنند: مثلاً مکانیک کلاسیک نمی‌توانست حرکت ذرات اتمی و زیر اتمی را توضیح دهد و معادلات ماکسول نمی‌توانست تابش جسم سیاه را تبیین کند. از طرف دیگر، فیزیکدانان شاهد بعضی ناسازگاری‌ها بین نظریه‌های جدید علمی با نظریه‌های جاافتاده‌ی قبلی بودند. مثلاً نظریه‌ی اینشتین راجع به اثر فوتوالکتریک با نظریه‌ی کلاسیک نور که آن را به‌صورت موجی توضیح می‌داد متناقض بود، یا نظریه‌ی نسبیت با نظریه‌ی کلاسیک الکترومغناطیس سازگار نبود.

در این برهه‌های خاصی تاریخ علم، دانشمندان به درستی نظریه‌ها و پیش‌فرض‌هایشان شک می‌کنند و به‌جای نگاه درجه‌ی اوّل علمی (سؤال پرسیدن راجع به طبیعت)، نگاه درجه‌ی دوم فلسفی را برمی‌گزینند و درباره‌ی خود علم سؤال می‌پرسند. مثلاً ولفگانگ پائولی (که سال‌ها بعد برنده‌ی جایزه‌ی نوبل فیزیک شد) چند ماه پیش از انتشار مقاله‌ی هایزنبرگ راجع به مکانیک ماتریسی، در نامه‌ای به دوستش نوشت: «در حال حاضر، فیزیک دوباره به‌طرز وحشتناکی گل‌آلود است. در هر صورت، برای من خیلی سخت است، و ای کاش یک کمدین فیلم یا چیزی شبیه به این شده بودم و هرگز چیزی از فیزیک نشنیده بودم.» پنج ماه بعد، پائولی پس از خواندن مقاله‌ی هایزنبرگ نوشته: «مکانیک هایزنبرگ دوباره به زندگی من امید و شادی بخشیده است. هرچند مطمئناً راه‌حل معما را به ما نمی‌دهد، ولی من باور دارم که می‌توان دوباره جلو رفت.» و یا معروف است که آلبرت انشتین که نمی‌توانست تفسیر کپنهاگی از مکانیک کوانتومی و در نتیجه وارد شدن شانس به طبیعت را بپذیرد گفته است که خدا تاس نمی‌اندازد. نمونه‌های مشابه برگرفتن نگاه درجه‌ی دوم در اواخر قرن نوزده و اوایل قرن بیستم بین فیزیکدانان فراوان‌اند.

یادداشتم را با این پرسش به پایان می‌رسانم که آیا مطالعه‌ی فلسفه‌ی علم برای دانشمندان مفید است؟ ریچارد فاینمن (برنده‌ی جایزه‌ی نوبل فیزیک) گفته است: «فلسفه‌ی علم برای دانشمندان همان قدر مفید است که پرنده‌شناسی برای پرندگان.» به نظر می‌رسد که حق با فاینمن باشد و مطالعه‌ی فلسفه‌ی علم کمک خاصی به فعالیت علمی دانشمندان نکند. در عین حال، دانشمندان کنجکاوی که نمی‌خواهند پرسش‌هایشان را محدود به حوزه‌ی تخصصی علمی‌شان کنند می‌توانند هرازگاهی به جای نگاه درجه‌ی یک، عینک درجه‌ی دو به چشم بزنند و خود علم را بررسی کنند. اگرچه شاید چنین کنجکاوی‌هایی کمکی به پیشبرد علم نکند، ولی می‌تواند عطش کنجکاوی دانشمندان را سیراب کند.

نویسنده: مهدی ابراهیم‌پور (دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد فلسفه‌ی علم از دانشگاه امیرکبیر و کارشناسی ارشد فلسفه از دانشگاه ساسکاچوان کانادا)

نقدی بر کتاب «پاسخ‌های کوتاه به پرسش‌های اساسی» از استیون هاوکینگ

«**پاسخ‌های کوتاه به پرسش‌های اساسی**»، کتابی از **استیون هاوکینگ** فیزیکدان و کیهان‌شناس برجسته و مشهور است که در سال آخر

عمر هاوکینگ (۲۰۱۸) منتشر شده است. ناشر این کتاب، انتشارات مازیار و مترجم آن جمیل آریایی است.

کتاب هاوکینگ حاوی پاسخ‌های هاوکینگ به این ۱۰ سؤال مهم است: آیا آفریننده‌ای هست؟ جهان هستی چگونه آغاز شد؟ آیا حیات هوشمند دیگری در جهان هست؟ آیا می‌توانیم آینده را پیش‌گویی کنیم؟ درون هر سیاه‌چاله چیست؟ آیا سفر در زمان ممکن است؟ آیا باید به فضا کوچ کنیم؟ آیا هوش مصنوعی بر ما چیره خواهد شد؟ آینده را چگونه بسازیم؟

هاوکینگ دانشمندی خداناباور بود و طبیعتا پاسخش به سؤال فصل اول (آیا آفریننده‌ای هست؟) منفی است. بنابراین آنچه اهمیت دارد، استدلال اوست.

البته هاوکینگ از آغاز خداناباور نبود بلکه تدریجا به این نتیجه رسید که جهان هستی نیازی به خالق ندارد و خودبنیاد است. همچنین او در دورانی که خداناباور بود، با ایدهٔ وجود خدا مطلقا مخالف نبود، ولی با خدای متشخص و انسان‌وار ادیان ابراهیمی قطعا مخالف بود.

مثلا در همین کتاب می‌گوید:

«می‌توان خدا را مظهر قوانین طبیعت تعریف کرد. با وجود این، بسیاری از مردم این‌گونه دربارهٔ خدا فکر نمی‌کنند. دیدگاه آن‌ها از خدا، موجود انسان‌گونه‌ای است که می‌توانند با وی رابطهٔ شخصی برقرار کنند.»

هاوکینگ این تلقی از خدا را ناموجه می‌داند و می‌نویسد:

«من هم چونان اینشتین واژهٔ "خدا" را به معنای بی‌طرفانهٔ آن برای قوانین طبیعت به کار می‌برم و از این رو اگر ذهن خدا را بدانیم، قوانین طبیعت را خواهیم دانست. پیشگویی من این است که تا اواخر قرن حاضر، به ذهن خدا پی خواهیم برد.»

همچنین او در جای دیگری از کتابش نوشته است:

«من با توجه به قوانین علم، فکر می‌کنم که جهان، خودبه‌خودی و از هیچ آفریده شده است. فرض بنیادی علم، جبرباوری علمی است. اگر حالت جهان در لحظهٔ مفروضی معلوم باشد، قوانین علم، تحول جهان هستی را در هر لحظهٔ بعدی تعیین می‌کنند. این قوانین را خواه خدا فرمان داده باشد خواه نه، اما خدا نمی‌تواند دخالت کرده و آن‌ها را نقض کند که اگر این‌گونه بود، نمی‌شد آن‌ها را قانون نامید. از این رو خدا تنها آزادی آن را دارد که حالت اولیهٔ جهان هستی را انتخاب کند.»

چنین خدایی، همان خدای دئیست‌ها است. دئیسم یعنی خداباوریِ دین‌ناباورانه. مطابق این نگاه به هستی، خدا جهان را خلق کرده و جهان قوانینی دارد؛ ولی خدا پس از خلقت جهان، دیگر مداخله‌ای در امور جهان نمی‌کند.

اما هاوکینگ دئیست هم نبود. به همین دلیل می‌گوید: «خدا تنها آزادی آن را دارد که حالت اولیهٔ جهان هستی را انتخاب کند، اما در این‌جا نیز ممکن است قوانینی حاکم باشند. بنابراین خدا هر گونه آزادی عمل را از خود سلب کرده است.»

از این حواشی بگذریم و ببینیم هاوکینگ چطور به این نتیجه می‌رسد که جهان را آفریننده‌ای نیست؟ هاوکینگ می‌گوید برای ساختن یا پدیدآمدن جهان به سه مادهٔ اولیه نیاز است. او در این‌جا ماده را به عنوان چیزی متفاوت از انرژی به کار نمی‌برد. آنچه به انرژی تبدیل می‌شود و برعکس، دقیقا جرم است نه ماده.

آن سه مادهٔ مد نظر هاوکینگ برای ساخته‌شدن جهان عبارتند از: جرم، انرژی، فضا. او دقیقا می‌گوید:

«نخستین ماده، ماده‌ای است که جرم دارد... دومین ماده‌ای که به آن نیاز است انرژی است... سومین چیزی که نیاز داریم تا جهان را بسازیم، فضاست. آن هم مقدار زیادی فضا. می‌توانید جهان را هر چه خواستید بنامید: باشکوه، زیبا، خشن؛ اما نمی‌توانید آن را جایی تنگ توصیف کنید.»

مادهٔ جرم‌دار از سنگ و خاک زیر پای آدمی مصداق دارد تا ابرهای عظیم گازی و کهکشان‌های غول‌آسای مارپیچی. انرژی هم، که گرمای خورشید روی صورت ما، یکی از مصادیق آن است، «جهان هستی را پر کرده است و رانندهٔ فرایندهایی است که مدام آن را {یعنی جهان را} پویا و در حال تغییر نگه می‌دارد.» فضا هم که گشاده و گشوده است.

هاوکینگ می‌پرسد این همه ماده (جرم) و انرژی و فضا از کجا پدید آمده است؟ او می‌گوید پاسخ این سؤال را تا قرن بیستم نمی‌دانستیم تا اینکه اینشتین در تاریخ علم ظهور کرد. مردی که «به احتمال زیاد والاترین دانشمندی بود که تاکنون زمین به خود دیده است.»

هاوکینگ توضیح می‌دهد که اینشتین به چیز بسیار عجیبی پی برد و آن اینکه، جرم و انرژی دو روی یک سکه‌اند. $\mathbf{E = mc^2}$ یعنی جرم را می‌توان به انرژی و انرژی را می‌توان به جرم تبدیل کرد. بنابراین برای ساختن جهان فقط به "انرژی" و "فضا" نیاز است. یعنی هاوکینگ "جرم" را از فهرست آن "سه مادهٔ اولیه برای ساخته‌شدن جهان" خط می‌زند؛ چون وقتی انرژی را داشته باشیم، در واقع جرم را هم داریم.

سوال بعدی هاوکینگ این است که انرژی و فضا از کجا آمده‌اند؟ جواب او چنین است:

«پاسخ به این پرسش از پس دهه‌ها پژوهش دانشمندان به دست آمد: فضا و انرژی خودبه‌خود در رویدادی که آن را مِه‌بانگ {انفجار بزرگ} می‌نامیم خلق شدند.» در لحظهٔ انفجار بزرگ، «هر آنچه بود مثل بالونی که باد شود، متورم شد.»

اما هاوکینگ هنوز به این سوال جواب نداده است که «این همه انرژی و فضا از کجا پیدا شد؟» چگونه جهانی پر از انرژی، فضایی چنین فراخ، و هر آنچه در آن است، «از هیچ پدید آمد؟»

هاوکینگ دربارهٔ سؤال فوق می‌گوید:

«به گمان عده‌ای، این همان جایی است که خدا به صحنه برمی‌گردد. {یعنی} خدا بود که انرژی و فضا را آفرید. {و} مه‌بانگ لحظهٔ آفرینش بود. اما علم داستان متفاوتی را نقل می‌کند.»

آن داستان متفاوت، مبتنی است بر مفهوم "انرژی منفی". البته نه به معنایی که امروزه در محاورات عامهٔ مردم رایج است. این روزها زیاد می‌شنویم که کسی به دیگری می‌گوید "انرژی منفی نده!" یعنی حرف ناامیدکننده نزن.

هاوکینگ می‌گوید قوانین فیزیک استفاده از مفهوم **"انرژی منفی"** را مجاز می‌دانند و در توضیح این انرژی می‌گوید:

«برای اینکه به شما کمک کنم تا این مفهوم ناآشنا، اما مهم را درک کنید، به مقایسه‌ای ساده از آن اشاره می‌کنم. تصور کنید که کسی بخواهد روی قطعه زمینی تخت، تپه‌ای بسازد. این تپه جهان هستی را می‌ماند. برای ساختن این تپه، او چاله‌ای در زمین می‌کند و با خاک آن این تپه را می‌سازد. اما این فرد تنها تپه را نمی‌سازد، بلکه به معنایی، نسخه‌ای منفی از تپه را نیز می‌سازد که همان چاله است. خاکی که در این چاله بود، حالا تپه شده است و از این رو میان این تپه و چاله توازن کاملی برقرار است. آنچه در آغاز جهان هستی رخ داده، در اصل به همین منوال بوده است. آن‌گاه که مه‌بانگ مقادیر زیادی انرژی مثبت تولید کرده... همان مقدار هم انرژی منفی تولید کرده است. از این راه، همیشه مجموع انرژی مثبت و انرژی منفی صفر می‌شود.»

اینکه حاصل جمع انرژی مثبت و انرژی منفی همیشه صفر می‌شود، یکی از قوانین طبیعت است. اما آن مقدار انرژی منفیِ تولیدشده در اثر انفجار بزرگ (مه‌بانگ)، امروزه کجاست؟ هاوکینگ می‌گوید انرژی منفی در فضا وجود دارد: *«فضا انبار بزرگ انرژی منفی است. این انبار به اندازه‌ای بزرگ است که مجموع محتوای آن با انرژی مثبت موجود در جهان صفر می‌شود.»*

اما این حرف‌ها چه ربطی دارد به اینکه جهان آفریننده‌ای دارد یا خیر؟ پاسخ هاوکینگ چنین است:

«اگر مجموع انرژی مثبت و منفی جهان صفر باشد، آن‌گاه برای آفرینش جهان نیازی به آفریننده نیست... از آنجا که می‌دانیم مجموع انرژی‌های مثبت و منفی جهانِ هستی صفر است، تنها کاری که باید بکنیم این است که بدانیم چه کسی یا چه فرایندی در آغاز، جهان هستی را به راه انداخته است. چه عاملی می‌تواند سبب پیدایش خودبه‌خودی جهان شده باشد؟»

هاوکینگ توضیح می‌دهد که ما تا به حال در زندگی روزمره ندیده‌ایم که چیزی ناگهان از هیچ پدیدار شده باشد. مثلا وقتی یک فنجان قهوه می‌خواهیم، ناچاریم از جایمان بلند شویم، برویم قهوه درست کنیم. پودر قهوه و شیر و شکر لازم است. اما اگر بتوانیم به داخل فنجان قهوه سفر کنیم و به ذرات شیر برسیم و از آن‌جا راهی اتم‌های این ذرات شویم و سپس به دنیای زیراتمی برسیم، در واقع وارد دنیایی شده‌ایم که اجزای آن می‌توانند از هیچ پدیدار شوند.

در پرانتز باید گفت که ذره به معنای متعارف، تکهٔ کوچکی از ماده است که حجم یا جرم دارد؛ اما ذرات انواع گوناگونی دارند. پودر، یک ذرهٔ ماکروسکوپی است. اتم یک ذرهٔ میکروسکوپی است. الکترون و پروتون نیز، در داخل اتم، ذرات زیراتمی‌اند.

هاوکینگ می‌افزاید که ذراتی مثل پروتون‌ها، بر اساس قوانین مکانیک کوانتومی رفتار می‌کنند و می‌توانند تصادفی پدیدار شده، مدتی پرسه بزنند و سپس دوباره ناپدید شوند و باز از جای دیگری سر برآورند.

ذرات زیراتمی البته به دو دستهٔ بنیادی و ترکیبی تقسیم می‌شوند. ذرات بنیادی غیرقابل تقسیم‌اند و اجزای پایه‌ای اتم محسوب می‌شوند. مثلا الکترون یک ذرهٔ بنیادی است، ولی پروتون و نوترون ذراتی ترکیبی‌اند و هر کدام از سه کوارک تشکیل شده‌اند. کوارک هم مثل الکترون یک ذرهٔ بنیادی است. ذرات بنیادی، ایستگاه پایانیِ ماده قلمداد می‌شوند.

به هر حال هاوکینگ می‌گوید ما امروزه می‌دانیم "جهان" زمانی بسیار کوچک بوده. حتی شاید کوچک‌تر از پروتون. و چون چنین بوده، بنابراین چه بسا جهان توانسته است «از هیچ پا به عرصهٔ هستی بگذارد» و چنین رویدادی، ناقض قوانین شناخته‌شدهٔ طبیعت نیست و در واقع رویدادی برخلاف جهان‌بینیِ علمی محسوب نمی‌شود.

پس تا این‌جا قصه از این قرار است: آنچه امروزه "جهان" محسوب می‌شود، ۱۳ میلیارد و ۸۰۰ میلیون سال قبل، مثل یک پروتون ذرهٔ بسیار بسیار کوچکی بوده و باز مثل یک پروتون تصادفا پدیدار شده. ضمنا این ذرهٔ بسیار کوچک، علیرغم حجم ناچیزش، جرم بسیار زیادی داشته. یعنی چگالی بسیار بالایی داشته. و وقتی که منفجر شده، انفجار بزرگ رقم خورده و از انبساط محتویاتش "جهان" شکل گرفته.

هاوکینگ می‌گوید:

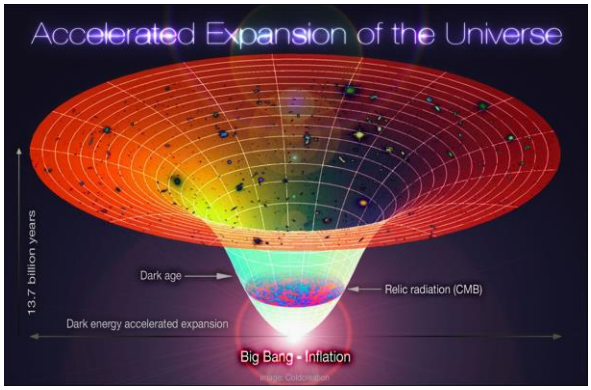
«حال در این‌جا بار دیگر این پرسش مهم مطرح می‌شود که آیا خدا قوانین کوانتومی را آفرید تا مه‌بانگ {انفجار بزرگ} بتواند رخ دهد؟» او این فرض را رد می‌کند و می‌گوید: «از تجربهٔ روزمره فکر می‌کنیم هر رویدادی که بخواهد رخ دهد، سبب آن می‌بایست در گذشته رخ داده باشد و از این رو طبیعی است که فکر کنیم چیزی... باید جهان را آفریده باشد {ولی}... الزاما چنین نیست... قوانین طبیعت خود به ما می‌گویند نه تنها جهان هستی بی هیچ کمکی و بی هیچ انرژی‌ای، مثل آن پروتون، به هستی رسیده است، بلکه شاید چیزی هم سبب‌ساز مه‌بانگ نبوده است. هیچ چیز.»

با این حال قید "شاید" در جملهٔ آخر هاوکینگ، قابل تأمل است. یعنی او نیز کمی تردید دارد که نظریهٔ انفجار بزرگ، حاوی حرف آخر دربارهٔ پیدایش جهان باشد.

هاوکینگ در ادامه توضیح می‌دهد که مطابق نظریه‌های اینشتین، فضا و زمان در هم تنیده‌اند. اما این یعنی چه؟ یعنی با انفجار بزرگ، فضا پدید آمده و زمان آغاز شده است. به عبارت دیگر، قبل از انفجار بزرگ، نه فضایی بود نه زمانی. فضا و زمان دست در آغوش و دوستان قدیم‌اند.

اینکه بگوییم فلان مکان قبلا نبود و بعدا ایجاد شد، قابل درک است. بنابراین تصور اینکه چیزی به نام "فضا" از ۱۳ میلیارد و ۸۰۰ میلیون سال قبل شکل گرفته، راحت‌تر از تصور "آغاز زمان" است. اعتقاد به "آغاز زمان"، دقیقا به این معناست که ما نمی‌توانیم بگوییم ۱۳ میلیارد و ۹۰۰ میلیون سال قبل، اوضاع چنین یا چنان بوده؛ چون اساسا چیزی به نام "۱۳ میلیارد و ۹۰۰ میلیون سال قبل" وجود ندارد؛ زیرا "زمان" ۱۳ میلیارد و ۸۰۰ میلیون سال

قبل آغاز شده است. اگر خطای نسبی یافته‌های علمی را نیز لحاظ کنیم، مادامی که در چارچوب علم حرف می‌زنیم، می‌توانیم بگوییم چیزی به نام " ۲۳ میلیارد سال قبل" وجود ندارد؛ چون زمان حدود ۱۴ میلیارد سال قبل آغاز شده است.



نگارهٔ شتاب گسترش فضازمان از لحظهٔ مه‌بانگ

هاوکینگ برای ایضاح نکتهٔ فوق‌الذکر دربارهٔ "زمان"، پای سیاه‌چاله را وسط می‌کشد. می‌دانیم که سیاه‌چاله، ستارهٔ پرجرم و سنگینی است که نور نمی‌تواند از کشش گرانشی آن بگریزد و به همین علت، این ستاره دیده نمی‌شود و در واقع سیاه است.

هاوکینگ می‌گوید: *«کشش گرانشی سیاه‌چاله چنان قوی است که... نه تنها نور، بلکه زمان را نیز مختل می‌کند.»* او یک ساعت را مثال می‌زند که به سمت سیاه‌چاله می‌رود. هر چه این ساعت به سیاه‌چاله نزدیک‌تر شود، کندتر و کندتر کار می‌کند. و وقتی که این ساعت وارد سیاه‌چاله شود، با فرض اینکه له نشود و به یک ذرهٔ کوچک بدل نگردد، از کار می‌افتد.

علت این از کار افتادگی، خراب‌شدن ساعت نیست بلکه علت این است که درون سیاه‌چاله "زمان" وجود ندارد. در آغاز جهان نیز خبری از "زمان" نبوده.

هاوکینگ می‌گوید در سدهٔ اخیر درک ما از جهان بیشتر شده و قوانینی را کشف کرده‌ایم که بر سر تا سر جهان و بر همه چیز حاکم‌اند، مگر جاهایی که وضعیتی استثنایی داشته باشند. مثل سیاه‌چاله‌ها یا آغاز جهان.

آنچه هاوکینگ دربارهٔ "زمان" می‌گوید، قلب استدلال او در رد ایدهٔ "آفریدگار جهان" است. او می‌گوید:

«وقتی در زمان به سوی لحظهٔ مه‌بانگ عقب می‌رویم، جهان مدام کوچک‌تر می‌شود تا اینکه سرانجام به نقطه‌ای می‌رسد که در آن کل جهان هستی، فضایی بی‌نهایت کوچک و سیاه‌چاله‌ای بی‌نهایت چگال می‌شود... قوانین طبیعت... به ما می‌گویند که زمان نیز باید در لحظهٔ مه‌بانگ از حرکت ایستاده باشد. در لحظهٔ مه‌بانگ نمی‌شده به زمانی قبل از آن رفت چون پیش از آن زمانی در کار نبوده است. دست آخر چیزی را پیدا کرده‌ایم که علتی نداشته است.»

در واقع هاوکینگ می‌گوید وقتی "زمان" در کار نباشد، چیزی هم وجود ندارد که بتواند علت چیز دیگری شود. بنابراین قبل از آغاز جهان در اثر انفجار بزرگ، چون زمانی در کار نبوده، چیزی هم وجود نداشته که آن را علت جهان بدانیم. پس جهان از "هیچ" پدید آمده است.

ناگهان از دل نیستی، ذره‌ای بی‌نهایت ناچیز و بی‌نهایت چگال، به هستی رسیده است. مثل ذرات دنیای زیراتمی، که از هیچ خلق می‌شوند. در واقع مثل همان ذرات پروتون در فنجان قهوهٔ ما.

آنچه تا این‌جا گفته شد، مراحل و مقدمات استدلال هاوکینگ بود. او نتیجهٔ استدلالش را این طور بیان می‌کند:

«آنچه گفتیم، از دیدگاه من به این معنی است که {قبل از انفجار بزرگ} آفریننده‌ای نبوده است، زیرا زمانی نبوده که آفریننده‌ای وجود داشته باشد... آن‌گاه که مردم از من می‌پرسند "آیا خدا جهان را آفریده است؟"، به آن‌ها می‌گویم که این پرسش بی‌معنی است زیرا پیش از مه‌بانگ، زمان وجود نداشت که خدا وقت پیدا کند و جهان را بیافریند. انگار که بپرسیم لبهٔ زمین در کدام جهت است؛ چون زمین کروی است و لبه‌ای ندارد و گشتن به دنبال لبهٔ آن کار بیهوده‌ای است.»

هاوکینگ در پایان می‌گوید:

«این دیدگاه من است که آفریننده‌ای وجود ندارد. کسی جهان را نیافریده و کسی باورهای ما را هدایت نمی‌کند. از این‌جا به ایدهٔ بنیادینی می‌رسم و آن اینکه، به احتمال زیاد... آخرتی نیز وجود ندارد... به گمان من آن‌گاه که ما بمیریم به خاک تبدیل می‌شویم. تنها چیزی که به امید آن زنده‌ایم، این است که تجربه و ژن‌مان را به فرزندان‌مان منتقل کنیم.»

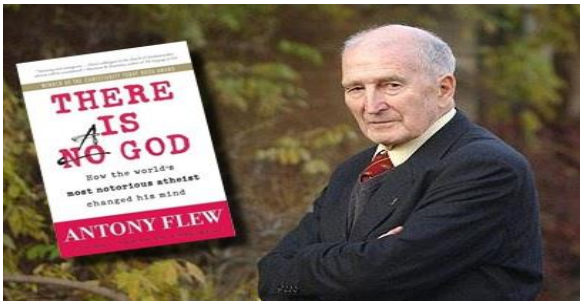
هاوکینگ آخرت را نیز با عبارت "به احتمال زیاد" رد می‌کند. یعنی کمی هم احتمال می‌دهد که نظرش نادرست باشد. دربارهٔ درستی نظرش در خصوص انفجار بزرگ انگار تردیدش کمی بیشتر بوده؛ چون آن‌جا می‌گوید "شاید" چیزی هم سبب‌ساز مه‌بانگ نبوده است.

ریچارد داوکینز خداباوران مطلق و خداناباوران مطلق را در دو سر یک طیف با اعداد ۱ و ۷ مشخص کرده و باقی انسان‌ها را بین آن‌ها قرار می‌دهد. مثلا عدد ۲ نشانهٔ خداباوری است، با اندکی تردید. عدد ۳ همچنان دال بر خداباوری است با تردید بیشتر. عدد ۶ دال بر خداناباوری است با کمی تردید. فرد شمارهٔ ۵ هم خداناباور است، ولی با تردید بیشتر. عدد ۴ هم نشانهٔ ندانم‌گرایی است. یعنی فرد شمارهٔ ۴ نه خداباور است نه خداناباور. داوکینز، با همهٔ انکاری که می‌ورزد، خودش را در شمارهٔ ۶ طیف مذکور قرار می‌دهد. یعنی خودش را خداناباور مطلق نمی‌داند.

ریچارد داوکین

آنتونی فلو، فیلسوف تحلیلی بریتانیایی نیز پنج دهه خداناباور راستین و راسخ بود، ولی در سال‌های آخر عمرش با نگارش یک کتاب و چند مقاله و نیز در مصاحبه‌ای با یورگن هابرماس، اعلام کرد که دست از الحاد شسته و خداباور شده است.

فلو گفت که مطالعات عمیق‌ترش در حوزهٔ زیست‌شناسی مولکولی و ژنتیک، او را متقاعد ساخته است که بدون وجود و ارادهٔ خالق، جهان و حیات شکل نمی‌گیرد. البته خدای فلو، خدای ادیان ابراهیمی (خدای متشخص) نبود؛ صرفا خدای "خالق جهان" بود.



آنتونی فلو

هاوکینگ هم ظاهرا خداناباور تیپ ۷ نبوده. احتمالا باید او را در شمارهٔ ۶ طیف ترسیم‌شده از سوی داوکینز قرار داد. با این حال دربارهٔ هاوکینگ این نکته را هم می‌توان گفت که او منطقا می‌توانست همچنان ایدهٔ وجود خدا را رد نکند و صرفا خدای متشخص و خدای خالق جهان را رد کند. البته پذیرش چنین خدایی، که نه متشخص و انسان‌وار است نه جهان را خلق کرده، دست کم برای ما انسان‌ها (چه مؤمن چه ملحد) دشوار است.

اما ببینیم دربارهٔ استدلال هاوکینگ در این مقاله چه می‌توان گفت؟

هاوکینگ بر این رأی است که در غیاب "زمان" چیزی وجود نداشته که بتواند یا بخواهد علت و آفرینندهٔ چیز دیگری باشد. از آنجا که "زمان" در طبیعت (در جهان هستی) وجود دارد، در واقع هاوکینگ خدا را محکوم به احکام یا قوانین طبیعت (یا جهان) می‌دانست؛ و چون خدا (چه خدای متشخص ادیان ابراهیمی، چه خدای صرفا خالق جهان) چنین وصفی ندارد، بنابراین هاوکینگ با ایدهٔ وجود خدا مخالف بود.

اما هاوکینگ می‌پذیرد داخل سیاه‌چاله در حالی که زمان وجود ندارد، فعل و انفعالاتی اتفاق می‌افتد. مثلا سیاه‌چاله رمبش می‌کند و به درون خودش فرو می‌ریزد. او همچنین می‌پذیرد که قبل از مه‌بانگ، در غیاب زمان، واقعه‌ای رقم خورده است که همانا پدیدآمدن ذره‌ای کوچک با چگالی بالا بوده. ذره‌ای که منفجر شده و جهان هستی شکل گرفته است.

در واقع هاوکینگ می‌پذیرد که در غیاب زمان هم وجود چیزهایی (مثل سیاه‌چاله یا آن ذرهٔ کوچک) و وقوع وقایعی ممکن است. با این حال فقدان "زمان" پیش از انفجار بزرگ را دلیلی بر نبودن خدا و منتفی بودن آفرینش می‌داند.

وانگهی، هاوکینگ نظرش این است که در غیاب زمان "علت" هم در کار نیست. در حالی که در سیاه‌چاله "زمان" وجود ندارد ولی کشش گرانشی قوی وجود دارد و این کشش علت رمبش سیاه‌چاله و نیز علت جذب اشیاء نزدیکِ سیاه‌چاله به درون سیاه‌چاله است.

اگر "داخل سیاه‌چاله" و "آغاز جهان" می‌توانند از بند قوانین جهان هستی (مشخصا از بند "زمان") آزاد باشند، چرا خدا نتواند؟

علاوه بر این، هاوکینگ خدا را علتی در ردیف سایر علل می‌داند. یعنی معتقد است اگر مه‌بانگ و سیاه‌چاله را کنار بگذاریم، هر علتی فقط در دل "زمان" (یا به شرط وجود "زمان") می‌تواند وجود داشته باشد. در واقع از نظر او، خدا باید مثل سایر علل "زمانمند" باشد و دست کم از حیث زمانمند بودن، چیزی است شبیه سایر چیزها.

ولی مولانا می‌گوید خدا "چیز دیگر" است. چیزی به کلی دیگر. این نکته را عرفا و متکلمان مسیحی هم گفته‌اند که خدا "به کلی دیگر" است. علل موجود در طبیعت (یا جهان هستی) برای "بودن" به "زمان" نیاز دارند؛ اما "خدا" برای بودن به "زمان" نیاز ندارد؛ چراکه یک "علت طبیعی" نیست. این یک فرض است که خداباوران به آن ایمان دارند. اما چرا هاوکینگ با اینکه می‌گوید درون سیاه‌چاله کشش گرانشی قوی، در غیاب زمان به عنوان علت جذب اشیاء به درون سیاه‌چاله عمل می‌کند، این فرض را نمی‌پذیرد؟

زیرا هاوکینگ حرفش این است که ما با تکیه بر شواهد علمی "می‌دانیم" که داخل سیاه‌چاله، زمان متوقف می‌شود و در واقع زمانی وجود ندارد. همچنین او می‌گوید ما، باز با تکیه بر شواهد علمی، می‌دانیم که در این جهان گاهی چیزی از هیچ پدید می‌آید. مثل ذرات زیراتمی، بویژه ذرات بنیادی (مثل الکترون و کوارک).

بنابراین، اینکه قبل از آغاز جهان نیز یک ذرهٔ بی‌نهایت کوچک، از هیچ پدید آمده باشد، چیزی است که با دانسته‌های علمی ما و با قوانین حاکم بر جهان مغایرتی ندارد. ولی اینکه خداوند "به کلی دیگر" است، سخن عرفا است نه سخن علم. همچنین خدا، بنا بر تعریفِ خداباوران، از هیچ پدید نیامده. او اصلا پدید نیامده؛ بلکه همیشه بوده. از ازل.

و چون هاوکینگ فقط چیزی (یا مدعا یا احتمالی) را می‌پذیرد که علم آن را تایید کند، او با امکان پیدایش جهان از "هیچ" موافق است. و می‌پذیرد ذرهٔ کوچکی که به جهان هستی بدل شد، پیش از آغاز زمان پدید آمده است. توقف زمان در سیاه‌چاله را نیز می‌پذیرد. اما نمی‌پذیرد که یک علت هوشمند و طراح، در غیاب "زمان" وجود داشته و از "هیچ" هم پدید نیامده است.

باید افزود که برخی از فیزیکدانان و کیهان‌شناسان معتقدند داخل سیاه‌چاله نیز زمان وجود دارد، ولی به شکلی متفاوت از خارج سیاه‌چاله. همچنین برخی از فیزیکدانان با این نظر مخالف‌اند که ذرات زیراتمی از "هیچ" پدید می‌آیند.

دو نکتهٔ دیگر اینکه، هاوکینگ توضیح نمی‌دهد چرا ذرهٔ بسیار کوچکی که نقطهٔ آغاز جهان بوده، چنان چگالی بالایی داشته است. بر فرض که آن ذره از "هیچ" پدید آمده باشد؛ آن همه جرم یا – بهتر است بگوییم - انرژیِ بی‌نهایت زیاد در دل آن ذرهٔ بی‌نهایت کوچک، چه بوده و از کجا نشأت گرفته است.

نکتهٔ دومی که هاوکینگ دربارهٔ آن توضیحی نداده این است که چرا آن ذرهٔ کوچک منفجر (یا منبسط) شده است. او پروتون را به عنوان ذره‌ای زیراتمی مثال می‌زند ولی مسئله این است که ذرات زیراتمی لزوما چگالی و یا انرژی بسیار بالایی ندارند و دیگر اینکه، لزوما منفجر نمی‌شوند.

پوزیتیویست‌های منطقی و واقع‌گرایی در علم

مولانا دربارهٔ آغاز جهان گفته است:

گنجِ مخفی بُد ز پرّی چاک کرد
خاک را تابان‌تر از افلاک کرد
گنجِ مخفی بُد ز پرّی جوش کرد
خاک را سلطانِ اطلس‌پوش کرد

در واقع حرف مولانا این است که خداوند گنجی پنهان بود که از فرط سرشاری و پُر بودن، جوشید و شکافت؛ و چنین شد که هستی پدید آمد و در آینهٔ هستی، خداوند را می‌توان دید. تعبیر گنجی که از فرط پُری و سرشاری، جوشیده و شکافته و عالم از دل این جوشش پدید آمده است، آشکارا مه‌بانگ یا انفجار آغازین را تداعی می‌کند؛ انفجار یا انبساطی که مبنای پیدایش جهان بوده از نظر هاوکینگ و بسیاری از فیزیکدانان و کیهان‌شناسان.

به هر حال هاوکینگ با دلایل فوق‌الذکر به جمع خداناباوران جهان پیوست. نظر او، درست یا نادرست، محصول تفکر و تأمل بود. مبنای تفکرش نیز "علم" (science) بود. اینکه چرا علم مبنای تفکرش واقع شده بود، قطعا تا حدی ناشی از این بود که او استعداد و نبوغ علمی بالایی داشت و همین دو ویژگی، او را وارد دریای علم کردند و او در این دریا غور کرد.

همچنین ترجیح علم به فلسفه و دین، حتما تا حدی هم ناشی از آشنایی او با آرای متکلمان و فیلسوفان دیندار (بویژه مسیحی) بوده. آثار او نشان می‌دهد که او با آرای دینداران و فیلسوفان خداباور آشنا بوده ولی نهایتا نظرات آن‌ها را برای تبیین پیدایش جهان، قانع‌کننده نیافته است.

اینکه در این نزاع فکری حق با چه کسی بوده، یک بحث است، اینکه نظر و عقیدهٔ انسان با استفاده از تفکر و تأمل شکل گرفته باشد، بحث دیگری است. استیون هاوکینگ دست کم حق خردورزی را ادا کرده بود. یعنی تا جایی که در توانش بود، از عقل و هوش و خردی که نصیبش شده بود، استفاده کرد و به رأی مختار خودش رسید.

رأی او مورد تایید دین نیست، ولی خداوند هم تکلیف فوق‌طاقت نمی‌کند. هاوکینگ به قدر طاقت بشری، در جهان هستی تأمل کرد و تأملاتش، درست یا غلط، دیگران را نیز به تفکر وامی‌دارد و به رشد و غنای تفکر بشری کمک می‌کند.

به زبان دینی باید گفت: اگر خدا می‌خواست همه خداباور باشند، جهان را جوری می‌آفرید که هیچ کس خداناباور نشود؛ نکتهٔ مهم این است که خداباوران و خداناباوران، همگی مخلوقات خدا هستند و داوری نهایی دربارهٔ مخلوقات مختار با خداوند است.

منبع : عصر ایران؛ احمد فرتاش

در دو عرصه‌ی علم و فلسفه، نحله‌ها و مکاتب علمی، فکری و فلسفی فراوانی پس از عبور از دهه‌های آغازین قرن بیستم ظهور و بروز یافتند. این مکاتب در یک اصل اساسی و مهم مشترک بودند و آن اصل مهم، نقد تند و جدیی بود که اندیشمندان و فیلسوفان تمامی این مکاتب نوین و نوظهور جدید در اوایل سده بیستم بر تاریخ علم و فلسفه‌ی دوران کهن و نظامات فلسفی وعلمی ما قبل خود، وارد می دانستند و وارد می‌کردند؛ بویژه به روش، موضوع، اهداف.

تاثیر علوم تجربی بر پوزیتیویسم منطقی

امور و وقایع تاریخی و جریان‌ساز که در آغز قرن بیستم بر دو عرصه علم و فلسفه عرضه شدند، بسیار متأثر از اکتشافات و اختراعا ت نوین علمی به ویژه پیشرفت‌ها و نوآوری‌هایی بود که در حوزه علوم تجربی به خصوص فیزیک جدید، رخ می‌دادند و با سرعتی باور نکردنی رو به رشد بودند. به این خاطر بود که هم مورد تأئید و تأکید روزافزون از جانب فلاسفه و دانشمندان هم عصر قرار می‌گرفتند. از جمله مهم‌ترین این دستاوردها که بر علم و حتی فلسفه تاثیر گذاشتند عبارت بودند از:

پیدایش مکانیک کوانتومی، ظهور فیزیک نسبیتی و همچنین دستاوردهای مهم که دانشمندان علم کیهان‌شناسی به ثبت می‌رساندند. نا گفته نماند که سایر علوم از جمله ریاضی، زیست‌شناسی، شیمی و علوم انسانی مربوط به آن دوران بر جریان‌های رو به رشد جدید و متاخر، هم بی‌تأثیر نبودند و هر کدام به نوبه‌ی خود تأثیراتی را هرچند اندک تا آن زمان گذاشته بودند، اما نقش غالب را در این جریان، فیزیک نوین به عهده داشت و رهبری می‌کرد، آن-چنان که چالمرز در *چیستی علم: درآمدی بر مکاتب علم‌شناسی فلسفی"* چنین می‌آورد:

" کسانی که خود را در این رشته‌ها (علوم تجربی) دانشمند می‌دانند اغلب خود را پیرو روش تجربی فیزیک می‌دانند. برای آن‌ها این روش تجربی شامل جمع آوری واقعیات به مدد نوعی شیوه منطقی است. "

به هرترتیب کاروان علم و فلسفه با تغییر و تحولات اساسی که گمان می‌رفت بر آن‌ها عارض شده باشد، پای به عرصه‌ی پرتلاطم فکری، فلسفی و علمی قرن بیستم گذاشت، قرنی که بنابر رای اورام استرول:

" قرن بیستم یکی از دیدنی‌ترین دوره‌های تاریخ علم و فلسفه را از آغاز به همراه دارد."

چنین شد که اندیشه‌های نوین و جدید در دو حوزه علم و فلسفه و به طور ویژه در علومی که ذکر آن‌ها رفت به دست توانای فلاسفه و دانشمندان قرن بیستم به سوی فلسفه و علم متداول تا آن روز سرازیر شدند، که باعث شدند علم و فلسفه با مسائل مهمی درگیر شوند.

لذا بسیاری از مکاتب جدید شکل گرفتند، روش‌های نوین علمی و فلسفی مطرح و پیشنهاد شدند که همگی آنها معلول تغییر و تحولی بود که از طرف فیلسوفان و دانشمندان منتقد و نوع نگاه ایشان، به علم و فلسفه اعمال شده بود.

تعریف اولیه واقع‌گرایی

واقع‌گرایی رویکردی نه چندان جدید است بلکه در تاریخ فلسفه ما شاهد واقع‌گرایانی از تاریخ باستان، تاریخ فلسفه و علم بوده‌ایم. اگر چه حکایت و قصه‌ی واقع‌گرایی امروزی با حکایت و قصه‌ی واقع گرایی کهن متفاوت است. با در نظر گرفتن پیشرفت‌های نوین حاصله که در دو حوزه علم تجربی و فلسفه‌ی جدید رخ داده بودند، این تفاوت بهتر فهمیده می‌شود.

در هر حال صورت ابتدایی واقع‌گرایی در قرن بیستم مشتمل بر این نگاه است که جهان خارج و به عبارتی دیگر عالمِ واقع نه تنها وجود خارجی دارد؛ بلکه هر آنچه از قوانین و نظریه‌های اثبات شده، کشف نموده و یا بدست می‌آوریم معرف ساختار عالم واقعی است که می‌بایست منطبق بر عالم خارج باشند.پس عالم اینگونه است که قوانین ما توصیف می‌کنند؛ یعنی شأن وجودی عالم در این تلقی مفروض گرفته می‌شود. از این فرض و مبتنی بر آن به مقوله‌ی صدق که مقوله‌ای معرفتی است، پل می‌توان زد. پس واقع‌گرایی می‌تواند متضمن مفهوم صدق که مقوله‌ای معرفت‌شناسی است، نیز باشد.

هدف علم نزد واقع‌گرایان توصیف صادق (درست) است. به بیانی هدف علم تبیین و توضیح چگونگی واقعیت داشتن جهان است. این موضوع می‌تواند تعابیر و مواضع متفاوتی داشته باشد: واقع‌گرایی وجودشناسانه، واقع‌گرایی معرفت‌شناسانه و واقع‌گرایی دلالت‌شناسی از این مواضع‌اند. مطابق دیدگاه واقع‌گرایی وجودشناسانه نظریه‌ای که چهره‌ای از جهان و چگونگی رفتار آن را به طور صحیحی وصف کند، صادق است، در غیر این صورت نظریه کاذب خواهد بود. هم‌چنین در این رویکرد جهان مادی و عالم طبیعت، مستقل از داننده‌ها و شناسنده‌ها (خارج از ذهن و ادراک) وجود دارد.

می‌توان گفت که یکی از عوامل مؤثر و تعیین‌کننده در اغلب افکار و اندیشه-های معاصر فلسفه‌علمی، در قرن بیستم و بعد از آن، تاکنون در تبیین و شکل‌گیری، مبتنی و وام گرفته از مکتب پوزیتیویسم منطقی است. گویی این مکتب حقی بر گردن تمام مکاتب فکری، فلسفی و علمی بعد از خودش دارد. بنا بر این شناخت این مکتب مهم و مؤثر بر تفکر و اندیشه‌های قرن بیستم حایز اهمیت است.

پوزیتیویسم منطقی

از همان ابتدای قرن بیستم مکتبی شکل گرفت که به طور آگاهانه و یا ناآگاهانه منشاء و نقطه عزیمت اکثر مکاتب و یا جریان‌های علمی و فلسفی بعد از خودش در قرن بیستم گردید. مکتبی که در قلب فلسفه معاصر قرار می‌گرفت. چنان که به لحاظ اهمیت و جایگاه در فلسفه معاصر به جایگاه و منزلتی رسید که شکاکیت در فلسفه قدیم رسیده بود.

این مکتب، گروهی پر شور از پژوهشگران علم تجربی فیزیک و فلسفه بودند که در ابتدای قرن بیستم، قرن فیزیک مدرن، از سال ۱۹۰۷ میلادی در وین دور هم جمع می‌شدند و در باره‌ی علم و فلسفه با آراء و نظرات جدیدی که داشتند و بی‌باکانه ارائه می‌کردند، به بحث و گفت و گو می‌نشستند. گروهی که در ابتدای راه بسیار متأثر از دانشمند هم عصر و روزگار خود، ارنست ماخ بودند. کسی که دایره‌المعارف علوم متفاوت، حداقل تا زمان خودش به حساب می‌آمد.

به باور ماخ علم و کار علمی چیزی به غیر از توصیف تجربه نیست و نمی‌تواند غیر از این هم باشد. هم‌چنین او معتقد بود که در علم تنها باید از واژگانی استفاده شود که به صورت تجربی قابل مشاهده باشند، بر همین اساس وی معتقد بود که در نظریه‌های علمی نمی‌توان از واژگانی مانند: میدان الکتریکی، الکترون و مشابه این‌ها استفاده کرد.

این گروه جوان و پژوهشگر در رشته‌های مختلفی درس خوانده و بعضی از ایشان در موضوعات متداول علمی و فلسفی آن دوران (فیزیک، ریاضی، منطق) مشغول به تحصیل و یا تدریس بودند. اعضاء این گروه در یک مهم با هم اشتراک داشتند، آن هم علاقه‌ای که به علم تجربی و فلسفه علم و ارتباط میان آن‌ها داشتند. همچنان که در این مسیر خود را از جمله پیروان سنت اصالت تجربه قرن نوزدهم می‌دانستند و اوج این مسئله را در تعالیم ضد متا فیزیکی و علم‌گرایانه ماخ می‌دیدند.

در آغاز قرن بیستم با نزدیک شدن به دهه‌های بیست و سی، این گروه به مکتبی با اندیشه‌های خاص معروف و مشهور گردیدند با عنوان حلقه وین، و آراء این مکتب با نام پوزیتیویسم منطقی شناخته و معروف شد، که در سال ۱۹۲۹ بیانیه خویش با عنوان "درک علمی از عالمِ حلقه وین" (جهان‌نگری علمیِ حلقه وین) را منتشر کردند. هم‌چنین در سال ۱۹۳۰ شروع به انتشار مجله‌ی "شناخت" اقدام کردند.

حلقهٔ وین متشکل از ۱۴۰ نفر عضو بود بعلاوه تعدادی معدود از افرادی که افکارشان به افکار و اندیشه‌های اعضاء حلقه نزدیک بود، اما در لیست اعضاءی حلقه نبودند. این اعضاء در یک نگاه کلی، خویش را گسترش‌دهندگان دامنه علم به تمامی حوزه "حقیقتِ نظم یافته" می‌دانستند.

پوزیتیویست‌های منطقی اندیشه را در معناداری و صدق به تجربیات حسی بشری وابسته می‌کردند. بر این اساس تنها قضایایی را معنادار می‌دانستند که مطابق با واقع بوده و به لحاظ تجربی تحقیق‌پذیر باشند (در ادامه به این تعابیر باز می‌گردیم) وگر نه، نه معنا دارند و نه صادقند.

در اینجا شاهدیم که مطابقت داشتن با واقع به چه میزان در اندیشه‌ی پوزیتیویست‌های منطقی حائز اهمیت بوده است. همچنین این سبک سخن گفتن می‌تواند مسبوق به پیش فرض گرفتن وجود عالم واقع باشد، که می-توانیم آنرا تجربه و تحقیق کنیم. اما در عین حال جان پاسمور در مقاله خود با عنوان *پوزیتیویسم منطقی* در باب واقع‌گرا یا ایده‌گرا بودن پوزیتیویسم منطقی و ارتباط آن با مبانی معرفت‌شناسانه (مبانی شناخت‌شناسی) آن‌ها چنین می‌آورد:

" رئالیسم و ایده‌آلیسم به یک اندازه [برای پوزیتیویستها] بی‌معنی‌اند. "

این جمله به صراحت گویای شالوده تفکر معرفت‌شناسانه‌ی پوزیتیویستی است. همان‌طور که پوزیتیویست‌ها از بی معنایی گزاره‌های فلسفه، متافیزیک و دین سخن می‌گفتند. نکته مهم‌تر این‌که، علیرغم ادعاهای پوزیتیویست‌های منطقی و نیز عدم صراحت بیان آن‌ها در باب واقع‌گرایی، یحتمل ایشان به لحاظ وجود شناسی به صورت جزعی می‌توانند واقع‌گرا باشند.

فیزیک و فیزیکالیسم

از گذشته‌های دور فیزیک علم طبیعت و علم ناظر به عالمِ واقع دانسته و فهمیده می‌شده است. در میان اعضاء حلقهٔ وین، فیزیک سرآمد علوم تجربی به حساب می‌آمد. وجه غالب همین نوع نگاه و رویکرد علمی از ابتدا در میان اعضاء حلقهٔ وین مشهود و آشکار بود که ایشان را به سمت فیزیکالیسم و دفاع از آن حرکت می‌داد، فیزیکالیسم تزی بود که توسط یکی از اعضاء برجسته حلقه وین مطرح و از طرف سایرین مورد حمایت قرار گرفته بود. فیزیکالیسم عبارت بود از اینکه زبان فیزیک جهان شمول و بین‌الاذهانی است

و می‌تواند زبان مجموعه‌ی علوم تجربی و غیر تجربی به حساب آید. مطابق فیزیکالیسم تمام معارف و دانش‌های بشری را می‌توان به فیزیک تحلیل یا کاهش داد و بر اساس زبان و داده‌های فیزیک تحلیل کرد.

" فیزیکالیسم با تحویل و تقریر تمام علوم به زبان فیزیک یکی از مصادیق مهم و تأیید کننده‌ای بود که حلقه وین را به صورت مستقیم به عالم واقع و دفاع غیر مستقیم از واقع‌گرایی در حوزه علم پیوند می‌داد."

نگرش فیزیکالیستی تا بدانجا رشد و نمو یافته بود که حتی شخصیتی چون کارناپ تلاش می‌کرد تا روانشناسی و رفتارهای روانشناسانه‌ی بشری را به عمل و عکس العمل‌های فیزیکی تعبیر کند و برای آن‌ها دلیل آورد. کارناپ، از اعضای حلقه وین، در مقاله‌ای که در سال ۱۹۳۲ نگاشت، تلاش کرد تا استدلال کند که فیزیکالیسم حتی در مورد روانشناسی نیز صادق است. وی هم‌چنین بیان داشت:

" اگر زبان فیزیک، که جهان شمول است به منزله زبان سیستم جامع علم، برگزیده شود؛ تمام علوم می‌شدند فیزیک و مابعدالطبیه هم بی‌معنی دانسته و دور ریخته می‌شد."

همانطور که در بالا اشاره شد، حلقه وین بسیار متأثر از تغییرات و تحولات عظیمی بود که منحصراً در عرصه علم فیزیک قرن بیستم، با سرعت و شتاب بسیار زیادی رخ می‌دادند. چون تعداد قابل ملاحظه‌ای از اعضاء حلقه وین فیزیکدان بودند و یا اگر فیزیکدان نبودند به دلیل شرایط محیط علمی آن روزها، آشنایی با آن داشتند، به تبع این وجه نظرات آن‌ها غالب بوده، تا آن‌جا که گاهی اوقات از طرف مخالفانشان به فیزیک‌زدگی هم متهم می‌شدند. کما این‌که با صراحت تمام در نظریات خود اعلان می‌داشتند که فقط دو نوع دانش و یا معرفت مثبت و معتبر داریم:

۱ – منطق (و توسعاً ریاضی)

۲ – علم تجربی (احساس یا ادراک)

الباقی معارف و شناخت‌ها که در این دو دسته قرار نگیرند، نامعتبر است.کارناپ هم در این رابطه به صراحت در کتاب *"فلسفه و نحو منطقی"* می‌گوید:

" تن‌ها گزاره‌های معنادار گزاره‌های ریاضیات و علم تجربی‌اند و هر گزاره‌ای به غیر از این‌ها، بی‌معناست و.... "

مسئله مهم و قابل ذکر این است که از ابتدای قرن بیستم با شروع تناقضات و پارادوکس‌های ایجاد شده در حوزه‌های متفاوت دانش بشری از جمله علوم تجربی، فلسفه و حتی دین، مباحث مهم و اساسی را مطرح می‌کردند که اذهان بسیاری را به خود مشغول کرده بود. یکی از این مباحث عبارت بود از: معناداری، که در عرصه‌ی علم، فلسفه و حتی دین به مناقشات و مباحثات بسیاری منجر شد.این مسئله و طرح آن چنان ریشه-دار است که شاید بتوان مسئله معنا داری را مبنای بیشتر مناقشات در تمام فلسفه‌های شکل گرفته در قرن بیستم به حساب آورد و ردپای آن را دید و ملاحظه کرد.

در این اثنا حلقهٔ وین نیز از آغاز فعالیت‌های علمی و فلسفی سعی کردند تا برای معنا داری و ملاک آن در علم و فلسفه چاره‌ای بیندیشند. لذا پرسش-هائی را در این باب مطرح کردند:

مرز میان علم و غیر علم کجاست ؟ معناداری گزاره‌های علمی چگونه است؟ معیار معناداری در علم چیست؟ معناداری در گزاره‌های فلسفی، دینی و هم‌چنین اخلاقی به چه نحو خواهد بود؟ و.... در پاسخ به این پرسش‌ها، پوزیتیویست‌های منطقی به اصل تحقیق‌پذیری روی آوردند و فلسفه‌ی خویش را بر آن بنا نهادند.

لازم به ذکر است که در قرن بیستم بحث معناداری و تحقیق‌پذیری در علم، فلسفه و حتی دین مطرح شده بود؛ در این میان پوزیتیویست‌های منطقی با تکیه بر فیزیکالیسم، زبان علم را نمونه شاخص یک زبان دقیق و آزمون‌پذیر می‌دانستند و بر همین مبنا تلاش می‌کردند، تا ملاک و معیار و یا ضابطه‌ای را برای تمیز گزاره‌های معرفت‌بخش و معنا دار از سایر گزاره‌ها عرضه کنند.

پوزیتیویست‌های منطقی از همان ابتداء می‌کوشیدند تا بر تمایز عمده میان قلمرو علم و الهیات انگشت تاکید نهند و همین کار را هم انجام دادند. اینان معتقد بودند که خصیصه‌های ممیزه نظریه‌های علمی عبارت است از آزمون-پذیری، همگانی (تجربه‌پذیر برای همه) و تجربی؛ لذا علم را تن‌ها روش عینی و معقول برای کسب معرفت می‌انگاشتند. همچنین بر این بودند که در مقابل، مدعیات کلامی- دینی با روش‌های رایج علم تجربی سازگاری ندارند؛ فلذا مطلقاً هیچ نوع معرفت محصل و مجازی به دست نمی‌دهند.

" از نظر پوزیتیویست‌ها فقط اعیان تجربی می‌توانند مرجع زبان معنادار واقع شوند و چون زبان دین عمدتاً ناظر به اعیان غیر تجربی (مثل خدا، روح و خلود نفس) است، اغلب پوزیتیویست‌ها آن را به لحاظ معرفتی فاقد معنا و بنا بر این غیر قابل اعتنا می‌دانستند."

اصل تحقیق‌پذیری

حلقه وین با محور قرار دادن علم فیزیک، به عنوان سرآمد علوم تجربی و با توجه به رشد فوق العاده‌ی این علم در قرن بیستم و توفیق آن در پرده برداشتن از رازهای طبیعت و نیز جایگاه تجربه و آزمایش در آن و به تبع سایر علوم تجربی، راه به صورتبندی اصل تحقیق‌پذیری بردند.

اصل تحقیق‌پذیری یکی از اصول عقیدتی و بنیادین پوزیتیویسم منطقی است. تحقیق‌پذیری اصلی است که در بادی امر معیار تمایز میان قضایا و نظریه‌های علمی از قضایا و نظریه‌های متافیزیکی بود. این اصل بعدها به معیار و محک تمایز گزاره‌های علمی از گزاره‌های غیرعلمی تبدیل شد. پوزیتیویست‌های منطقی از معناداری و تحقیق‌پذیری در عالم خارج به صدق و کذب گزاره‌ها و قضایای علمی پی بردند. به طور خلاصه، اصل تحقیق‌پذیری ملاکی برای معناداری بود که اعضای حلقه از لودیگ ویتگنشتاین وام گرفته بودند، آنرا چنین بیان می کردند:

"شرط لازم برای معنا داری هر جمله یا گزاره این است که از نظر تجربی تحقیق‌پذیر باشد به عبارت دیگر یعنی اینکه هیچ جمله‌ای که به یک واقعیت متعالی از همه تجربه‌های ممکن ارجاع دهد، نمی‌تواند معنای معرفتی داشته باشد."

موریس شلیک این اصل را به طور خلاصه چنین بیان می‌کرد که "معنای هر گزاره عبارت است از روش تحقیق در آن" دو نتیجه بر این بیان مترتب می شود:

۱. هر چیزی که قابل تحقیق تجربی نباشد، یعنی نتوان به وسیله مشاهده حسی در آن تحقیق کرد، بی معناست.
۲. هر گزاره را می‌توان با گفتن اینکه چه چیزی آن را به تحقیق می‌رساند، توصیف کرد. پس همه‌ی گزاره‌ها بر می‌گردند به گزاره-هایی که خبر از مشاهده‌ی مستقیم می‌دهند.

اصل تحقیق‌پذیری که به عنوان قوی‌ترین اصل مورد دفاع پوزیتیویسم منطقی بود، دیری نپایید که به آسیب‌پذیرترین اصل پوزیتیویسم منطقی تبدیل شد.

این در حالی بود که این اصل در ابتداء ملاکِ معناداری بود. اصلی که اساس معناداری علمی و نیز مرز جدا کننده‌ی میان علم و غیر علم از منظر حلقه وین به حساب می‌آمد و به تأکید بر آن اصرار داشتند؛ بنا بر این اصل، علم به عالم واقع یا همان عالم خارج از ذهن آدمی مربوط می‌شود. داده‌های علم می-بایست با تجربه حسی ثبت و ضبط گردد و هر آنچه خارج از این محدوده تعریف و ترسیم شود به لحاظ علمی بی معنا است. شلیک همچنان بر این باور بود که تجربه به علم محتوا و معنا می‌بخشد فلذا چندان خلاف واقع نیست، اگر بیان می‌شد:

" اصل تحقیق‌پذیری مبتنی بر عالم واقع و واقع‌گرایی تعریف و ارائه شده بود."

باز نیز شاهد تلقی واقع گرایی وجودشناسانه‌ی پوزیتیویست‌های منطقی هستیم. چرا که اصل تحقیق‌پذیری را مبتنی بر عالمِ واقع و واقع‌گرایی صورت بندی می‌کردند، هرچند دایره واقعیت را محدود می‌کردند. بطور خلاصه آنچه اصل تحقیق‌پذیری خوانده می‌شود را می‌توان با اندکی جرح و تعدیل چنین بیان کرد:

" حُکمی که یک گزاره در باره امر واقع صادر می‌کند تنها در صورتی یک حُکم واقعی و اصیل است که با استناد به پاره‌ای وضعیت‌های امور قابل مشاهده تجربی، بتوان صدق یا کذب آن را نشان داد. به تعبیری، مفاد عمده اصل تحقیق‌پذیری این است که آزمون‌پذیری تجربی شرط لازم و کافی معناداری در همهٔ احکام ترکیبی است ."

ذکر این نکته سودمند است که اعضاء حلقه وین در رابطه با نظم و نسق اندیشه‌های خود متأثر از *رساله" منطقی – فلسفی"* ویتگنشتاین بودند. اثری که در عین کم حجم بودن، نشانه‌ای از پختگی و پیشرفت اصالت تجربه به شمار می‌آمد. این اثر تاثیر شگرفی بر تأملات و اندیشه‌های علمی و فلسفی پوزیتیویست‌های منطقی و حتی بسیاری از شاخه‌های فلسفهٔ معاصر از جمله فلسفهٔ "زبان و ذهن" گذاشت.

جالب این‌که حلقه وین در سال‌های ۱۹۲۷ و ۱۹۲۶ وقت خود را صرف خواندن بند بند این کتاب کم حجم کرد..این توجه ویژه به *رساله‌ی* ویتگنشتاین از طرف حلقه وین تا آن‌جایی عمق یافته بود، که عده‌ای آنرا انجیل پوزیتیویسم منطقی می‌خواندند.

در باره اصل تحقیق‌پذیری ذکر این نکته ضروری است که اگر چه انتقادهای شدیدی به آن می‌شد اما اساس و پایه رویکرد اصلی پوزیتیویست‌های منطقی به علم و غیر علم همچنان باقی ماند. اصلی که بر پایه تجربه حسی استوار و مستدل شده بود. همچنین حلقه وین اصل تحقیق‌پذیری را که مطابق آن معنای یک قضیه همانا روش به تحقیق رساندن آن است، یعنی معنای یک قضیه یا گزاره عبارت است از "مجموعه‌ای از تجارب حسی که در کل بیانگر صدق آن است"، به ویتگنشتاین نسبت می‌داد.

ویتگنشتاین و تاثیرش بر پوزیتیویسم منطقی

ویتگنشتاین تلاش کرده است تا مبتنی بر آموخته‌هایش از راسل و فرگه که روزگاری تحت نظارت آن‌ها به فراگیری معرفت فلسفی مشغول بوده، به حل مسایل فلسفی نایل آید. بر همین مبنا به نگارش رساله روی می‌آورد. وی تحت تأثیر آموخته‌های خویش از این دو فیلسوف بزرگ، از ابتدا تا انتهای *رساله* سعی می‌کند تا حدود و ثغور امور معنادار را بیان کند و بنا را بر این می‌گذارد که:

" تمام همّ و غمّ فلسفه و مسئله اصلی فلسفه، تمایز میان گفتن و نشان دادن است. "

ویتگنشتاین هر یک از مقولات علم و فلسفه را مربوط به ساحتی می‌دانست. گفتنی‌ها را معطوف به اموری که به عالمِ واقع مربوط می‌شدند. فی‌الواقع منظور ویتگنشتاین این است که صرفاً درباره اوضاع ممکن عالم واقع می‌توان به نحو معنادار سخن گفت. به بیانی دیگر فقط ناظر به این اوضاع ممکن عالمِ واقع است که می‌توان گزاره‌های خبری را در زبان صورت‌بندی کرد و در عبور و گذر کردن از اوضاعِ ممکنِ عالمِ واقع است، که پا به وادی ناگفتنی‌ها می-گذاریم. این چنین بود که وی به طرح نظریه تصویری از معنا در دوره‌ی اول تفکر فلسفی‌اش مبادرت ورزید.

باید به خاطر داشت که در نگاه ویتگنشتاینی، آنچه در زمره‌ی ناگفتنی‌ها باشد، نشان دادنی است و از حوزه بیان و زبان آدمی خارج است. آن دسته از امور را هم که نمی‌دانیم و نمی‌توانیم بیان کنیم، باید به سکوت از آن‌ها عبور کنیم. همچنان که ویتگنشتاین در فقره‌های انتهایی *رساله* با صراحت به این مطلب اشاره می‌کند.

" آنچه را نمی‌توان در باره‌اش سخن گفت باید به سکوت از آن عبور کرد. "

از شواهد تاریخی چنین به نظر می‌رسد که برخی از جنبه‌های فلسفی *رساله‌ی* ویتگنشتاین از نظر پوزیتیویست‌های منطقی دور مانده است. برخی از پوزیتیویست‌های منطقی از جمله کارناپ اشاره‌هایی به این غفلت خویش داشته‌اند.

اکنون به دلیل اهمیت اندیشه‌ی ویتگنشتاین متقدم درشکل‌گیری سیر تحولات تاریخی حلقه وین، به فقراتی از *رساله* که در این باب مهم و حائز اهمیت‌اند و تأثیرات عمیقی بر رویکرد حلقه وین داشته‌اند، اشاره می‌کنیم:

۱. عالم همه امور واقع است.

۲. عالم همه اشیاء نیست، بلکه همه واقعیات است.

۳- عالم با واقعیات (که البته منظور، تمام واقعیات است) مشخص می‌شود.

۴- عالم به امور واقع تقسیم می‌شود.

۵-آنچه تقرر دارد (یعنی یک امر واقع) تحقق عینی حالتی از امور است.

۶- مجموعه قضایای صادق، کل علوم طبیعی است.

۷- فلسفه یکی از علوم طبیعی نیست.

۹- ریاضیات یک روش منطقی است.

قوانین فیزیک، ولو به طور غیرمستقیم، درباره اعیان طبیعی صحبت می‌کنند.

با اندک دقتی در این فقرات انتخابی از *رساله‌ی* ویتگنشتاین و ملاحظه آن‌چه درباره آراء پوزیتیویست‌های منطقی گفته آمد، می‌توان ردپای تأثیرگذاری فکر و اندیشه ویتگنشتاین متقدم را در تکوین آن آراء آشکارا درک کرد و فهمید؛ اگرچه پوزیتیویست‌ها فقط بر تعداد معدودی از بندهای *رساله* تأکید اساسی داشتند که نظریات علم‌گرایانه و یا فیزیک‌گرایانه‌ی آن‌ها را تأیید کند.

از سخنان ویتگنشتاین چنین به نظر می‌رسد که موضع ویتگنشتاین در باره قوانین طبیت و این دسته از امور موضع ناواقع‌گرایی بوده است. می‌توان گفت ویتگنشتاین حتی موضع ضد واقع‌گرایانه در این مورد داشته است. این مسئله نیز می‌توانسته در جهت‌گیری فکری پوزیتیویست‌های منطقی در رابطه با واقع‌گرا بودن آن‌ها بی تأثیر نباشد.

با تمامی وجوه ابهام‌آمیز *رساله‌ی* ویتگنشتاین و تأثیر آن بر پوزیتیویسم منطقی در حیطه‌ی علوم تجربی، تاثیری مثبت نبوده بلکه منفی بوده است.

در اینجا بدلیل اهمیت ویژه‌ی *رساله* و به خاطر تأثیر عمیقی که بر

پوزیتیویست‌های منطقی داشته به خلاصه نظریات ویتگنشتاین در رساله اشاره می کنیم.

" از دید پوزیتیویست‌های منطقی که البته از ویتگنشتاین متقدم متأثر بودند، خبر دادن یعنی اطلاع رسانی در باره واقعیت طبیعی. قراردادهای میان آدمیان، مانند قوانین در زمره واقعیات طبیعی به شمار نمی‌آیند. این قراردادها در قالب جملات زبانی انتقال می‌یابند و کارکردشان ایجاد نوعی انگیزش درونی و تشویق به عمل یا نهی از آن است. این جملات بی معنا هستند، زیرا نمی توان آن‌ها را مورد تحقیق تجربی قرار داد."

ویتگنشتاین جهان را شامل تمام آن‌چه وضع واقع است، می‌داند؛ یعنی مجموعه‌ای از آنچه هست و اشیائی که بودن جهان را تعیین و تعریف کرده‌اند. وضع واقع در اصل تحقیق‌پذیری رویکرد واقع گرایانه را تداعی می‌کند.

ویتگنشتاین امور واقع را شامل آنچه هست، می‌داند. جوهر جهان فقط می-تواند یک صورت را تعیین کند و نمی واند هیچ گونه‌ای از خصلت‌های مادی را تعیین کند. ویتگنشتاین همانند دیگر فیلسوفان جوهر را چیزی که مستقل از آنچه واقع است، می‌داند. وی در تأیید نظر خود جوهر را دارای صورت و محتوا می‌نامد. سپس به تعریف تصویر می‌پردازد.

ویتگنشتاین تصویرها را امر واقعی میداند که موقعیت چیزها را در مکان منطقی یعنی وجود داشتن یا نداشتن بر ما مشخص میکنند. او درست یا نادرست بودن تصویر را صرفا منوط به شناخت آن تصویر نمی‌داند بلکه مطابقت تصویر را با واقعیت یا مطابقی در عالم خارج، شرط اصلی شناخت و اثبات صدق و کذب آن می‌داند. پوزیتیویست‌های منطقی از این مطلب در تبیین‌های علمی مبتنی بر اصل تحقیق‌پذیری استفاده‌های فراوان برده‌اند.

فلسفه باید برای اندیشه مرز تعیین کند و برای عناصر نااندیشیدنی و یا ناگفتنی راه حلی پیشنهاد کند. از مطالعه‌ی اندیشه‌های پوزیتیویستی به این نتیجه می رسیم که اساس تفکر آن‌ها در رساله و خواندن آن شکل گرفته است.

مقصود از آوردن آن گزیده‌ها در مورد ویتگنشتاین توجه به تأثیر جنبه‌های تفکر وی بر پوزیتیویست‌های منطقی است. در ادامه جهت تکمیل بحث، هر چند اندک در باب اندیشه‌های کارناپ و ایر، دو تن ازاعضای برجسته پوزیتییویست‌های منطقی، می‌پردازم.

کارناپ

کارناپ اگر چه از ابتدای راه با پوزیتیویسم منطقی همراه نبود، اما به سرعت به یکی از اعضای مهم و تاثیرگذار پوزیتیویست‌های منطقی تبدیل شد. وی با مطالعه آثار فرگه و راسل به اهمیت و نقش مهم ریاضیات و منطق در فلسفه پی‌برد؛ بطوریکه نقش منطق را برای فلسفه همانگونه تعبیر می‌کرد که ریاضی را برای فیزیک.

همچنین کارناپ از ویتگنشتاین نیز شرایط صدق منطقی، ساختارهای معنادار و نیز چگونگی پرداختن به فلسفه و نیز فلسفه‌ورزی را آموخت. فرگه، راسل و ویتگنشتاین بیشترین تأثیر را بر اندیشه وی داشتند.

کارناپ تلاش می‌کرد تا به عنوان فیلسوفی قائل به اصالت تجربه و با استفاده از ابزارهایی چون ریاضی و منطق جدید، معرفت علمی و تجربی حاصله توسط بشر را از گمانه‌زنی‌های شخصی برهاند. به همین دلیل در پی اثبات وحدت علوم و سیستم زبان مرجع علمی تلاش و تکاپویی قابل ملاحظه داشت، که همگی مطابق آن‌چه بیان می‌کرد، آشکارا صبغه‌ی واقع‌گرایی وجودشناسانه می‌تواند داشته باشد. (بحث فیزیکالیسم و دفاع از آن در تفکر اعضای حلقه ی وین).

کارناپ با تقسیم‌بندی‌هایی که در حوزه‌های متفاوت علمی آنروز انجام می‌داد، از جمله فلسفه سنتی، پرسش‌های تجربه‌گرایانه، معناداری (البته نزد تجربه-گرایان)، گزاره‌های مشاهده‌پذیر و گزاره‌های مشاهده ناپذیر و.... تلاش می‌کرد تا دایره‌ی علم و مسایل علمی را وضوح بیشتری بخشد تا بتواند به اثبات اصول فکری پوزیتیویستی خود نایل آید.

در این مسیر کارناپ تا دفاع از فیزیکالیسم و تقلیل تمام گزاره‌های معنادار به امور مشاهده‌پذیر پیش رفت. مشاهده در نگاه کارناپی‌اش به علم مبتنی بر عالم واقع تعریف می‌شد. این عبارت بدین معناست که مشاهده‌پذیرها که از پایه‌های تفکر کارناپ در تلقی فیزیکالیستی او است، متوقف است بر مفروض گرفتن عالم خارج. این گونه اندیشیدن در باب علم و شاخه‌های آن می‌تواند تأییدی بر واقع‌گرا بودن کارناپ در مباحث وجودشناسی و به تبع آن واقع‌گرا بودن پوزیتیویست‌های منطقی در علوم تجربی باشد.

کارناپ با تأثیرات مستقیم و غیر مستقیمی که از تمامی بزرگان و فلاسفه بنام معاصرش پذیرفته بود، همه را در جهت تجربه‌گرایی منطقی به کار می‌گیرد تا شاید بتواند راهی برای برون رفت علوم از بن بست و بحران‌ها در عرصه علوم تجربی بدست دهد. این امور در حالی در اندیشه کارناپ به هم جوش خورده‌اند، که وی با حقایق انتزاعی ریاضی منطقی آشنا و با آن‌ها درگیر بود. پس واقع‌گرایی در اندیشه او در دفاع از فیزیکالیسم و توضیح مشاهده‌پذیرها مورد تأیید قرار می‌گیرد. لذا می‌توان کارناپ را به عنوان یکی از نمایندگان پوزیتیویست‌های در ساحاتی از عالم واقع، واقع‌گرا دانست.

ایر

ایر در واقع کسی بود که پوزیتیویسم منطقی را به جامعه‌ی انگلیسی معرفی کرد. ایر در اثر "*زبان، حقیقت و منطق*" در باب معناداری از نظر پوزیتیویست‌های منطقی چنین می‌آورد:

" معیار ما برای تعیین اصالت گزاره‌هایی که ظاهراً راجع به عالم واقع هستند، معیار تحقیق‌پذیری است. به اعتقاد ما یک گزاره تنها در صورتی برای یک شخص به طور واقعی معنا دارد که آن شخص بداند، قضیهٔ ادعا شده در آن جمله را چگونه مورد تحقیق قرار دهد؛ یعنی بداند چه مشاهداتی و تحت چه شرایطی باعث می‌شوند که ما آن قضیه را به عنوان یک قضیه صادق بپذیریم یا به عنوان یک قضیه باطل کنار بگذاریم."

زبان علم تنها در صورتی معنادار خواهد بود و معرفت‌بخش که به موضوعاتی بپردازد که علی‌الاصول بتوان برای آن‌ها شواهد تجربی اقامه کرد. به عبارت دیگر ،موضوعاتی که سخن گفتن از صدق و کذب آن‌ها به نحو مشاهدتی معنادار باشد.. به این ترتیب چنین زبانی، آگاهی‌بخش یا راجع به عالم واقع یا معنادار است.

ایر بیشتر از آن‌که بخواهد در حلقه وین چونان کارناپ و سایرین به نظریه - ردازی بپردازد، در تلاش است تا توصیف و توضیحی واضح و روشن از آرای پوزیتیویست به جامعه علمی و سایرین ارائه نماید. وی این مهم را در "*زبان، حقیقت و منطق*" بیان می‌کند.

ایر در همان ابتدای اثر خویش ضمن فصلی تحت عنوان حذف متافیزیک تلاش می‌کند تا نشان دهد که حقیقت متعالی در نگاه پوزیتیویستی چندان محلی از اعراب ندارد بلکه آن‌چه مهم و حائز اهمیت است واقعیت امر و عالم

واقع است. این در حالی است که ایر تمایزی میان حقیقت متعال با واقعیت قائل است. ایر نظرش بر این است که سخن گفتن از حقیقت متعالی معنادار نیست بلکه واقعیت همان چیزی است که به تجربه‌های حسی در آید.

از طرف دیگر ایر در فصل حقیقت و احتمال از کتاب خویش ضمن رد نمودن مفهوم حقیقت و حقیقت داشتن، چنین اشاره می‌کند:

" طلب تحلیل مفهوم حقیقت و حقیقت داشتن از کسی بی‌مورد خواهد بود، و مسئله حقیقت چنان‌که معمولاً تصور می‌شود وجود ندارد. آن‌چه مهم می‌نماید صدق و کذب گزاره‌ها می‌باشد آن‌هم گزاره‌های که در عالم تجربی قابل بیان و مشاهده پذیر باشند. و...."

ایر هم‌چنین در این اثر دیدگاه خود را در باب گزاره‌های کلامی و قضایا دینی نیز چنین بیان می‌کند:

" باید دانست که نظر ما درباره اخبار و قضایای دینی با نظر ملحدان ، یعنی منکران وجود خدا و لاادریون و شکّاکان، فرق دارد زیرا خصوصیت شکّاکان این است، که می‌گویند: وجود خدا امری ممکن است که دلیلی لَه یا عَلیه اعتقاد به آن وجود ندارد و ملحدان می‌گویند: لااقل محتمل است که خدایی وجود ندارد ولی نظر ما که می‌گوییم هر گونه اظهاری در این باره مهمل و بی معنا است، نه فقط با نظر آن‌ها یکی نیست و این دو عقیده مشهور را تأئید نمی‌کند بل‌که متنافی با آن‌ها است زیرا اگر قول به این‌که خدایی است مهمل خوانده شود، قول مخالف آن‌که خدائی نیست هم مهمل خواهد بود، زیرا فقط قضایایی دارای معنا است و می وان آن‌ها را نقض کرد که در بیان آن‌ها به مهمل گویی دچار نشویم.

اما شکّاکان با این‌که از این اظهار که خدایی هست یا نیست خودداری می‌کنند ولی با این حال منکر نیستند که مساله "خدای متعال موجود است" مسئله‌ای واقعی است. یعنی منکر نیستند که دو جمله "خدای متعال وجود دارد" و "خدای متعال وجود ندارد" اظهار دو قضیه است که یکی صادق و دیگری کاذب است. آن‌ها فقط می‌گویند وسیله‌ای نداریم که تصدیق کنیم کدام یک از آن‌ها صادق و کدام یک کاذب است. لذا نباید خود را ملزم به قبول هیچ یک از آن‌ها بنمائیم. ولی چنان که دیدیم جملات موردبحث اصلاً حاوی قضیه‌ای نیستند، لذا مذهب شک هم به این طریق منتفی می‌گردد.

بنا بر این، ما همان تسلی خاطری را که به اصحاب اخلاق دادیم به معتقدان دینی هم می‌دهیم؛ هر چند اظهارات آن‌ها معتبر و صحیح نیست، اما غیر صحیح و نامعتبر هم نمی‌تواند باشد؛ چون اصلاً چیزی درباره عالم نمی‌گویند تا بتوان آن‌ها را متهم به قول کذب کرد."

لذا شاهدیم آن گونه که ایر می گوید، پوزیتیویسم منطقی به صراحت مدعی است احکام متافیزیکی که الهیات و اخلاق از دید آنها در زمره آن محسوب می شدند بی معنا هستند؛ زیرا وفق رای آنها چیزی در باره ی عالم واقع نمی گویند. به عنوان مثال گزاره "خدا هست". در طرف مقابل گزاره های علوم تجربی که تحقیق پذیر باشند یعنی چیزی در مورد عالم واقع بگویند معنادارند.

شاهدیم که ایر به لحاظ معرفت شناسی و وجود شناسی به دفاع از واقع گرایی در علم نمی پردازد. همانگونه که اشاره شد، ایر اندیشه ی حقیقت و یا واقعیت متعالی را آنگونه که در متن انتخابی بالا از کتاب وی آوردیم، صراحتا نفی و رد می‌کند.

پوزیتیویسم منطقی و واقع گرایی

پوزیتیویست‌های منطقی با ارائه و طرح نظریات و رویکردهای جدیدتری که به علم و مسایل علمیِ ابتدای قرن بیستم داشتند، علی‌الخصوص اصل تحقیق-پذیری و بواسطه‌ی آن معناداری گزاره‌های علمی و همچنین مباحثی چون اثبات، تأییدپذیری، مشاهده‌ی مستقیم، اشاره به عالم واقع و مطابقت با آن، اعیان تجربی و ... در باب گزاره‌های علوم تجربی به نحوی واضح و روشن خبر از عالم خارج می‌دادند.

پوزیتیویست‌های منطقی علیرغم اینکه آشکارا و به صراحت در باب مسایل مربوط به عالم خارج و واقع‌گرایی در این باب نظریه‌پردازی نکرده اند، اما از نظریه‌های آن‌ها چنین برداشت می‌شود که ایشان اندیشه‌ها و ایده‌هایشان را از ابتداء مبتنی بر واقعیت داشتن عالم خارج صورت‌بندی می‌کرده‌اند اگرچه نوع برخورد ایشان را به سکوت در این رابطه می‌توان تلقی کرد.

بنا بر این می‌توان چنین گفت که واقع‌گرایی پوزیتیویستی، در دسته‌بندی-های واقع‌گرایی اعم از معرفت‌شناسانه، دلالت‌شناسانه و وجودشناسانه تا حدود بسیار زیادی می‌تواند نزدیک به موضع وجودشناسانه باشند. اگر چه پوزیتیویست‌های منطقی تا آن‌جا که توانسته‌اند خود را از درگیر کردن با مسایل مختص و محض مربوط به واقع‌گرایی درحوزه وجودشناسانه و امور مربوط به آن و همچنین توصیف و توضیح در باب چیستی واقعیت یا حقیقت، به کنار کشیده‌اند.

مطابق آرای پوزیتیویست‌های منطقی به طور نمونه کارناپ و ایر که به توضیح بخشی از اندیشه‌های آن‌ها در باب واقع‌گرایی پرداختیم، به نظر می-رسد که موضع ایشان راجع به وجود اعیان و هویات مستقل از ادراک و ذهن، موضعی مثبت و قابل تأیید است چرا که در ترسیم روش علمی به استناد اصل تحقیق‌پذیری که از آن دفاع می‌کردند اعیان و هویات خارج از ذهن و ادراک مفروض گرفته می‌شده است، اگر چه محدودیت‌هایی هم در این رابطه از طرف بعضی از اعضاء حلقه اعمال شده است. یا همانگونه که ایر درباب چیستی می‌گفت:

"چیستی را بی‌مورد دانسته و در پی چگونگی بوده‌اند."

دکتر مهراد احمدی دبیر فیزیک و فلسه کوار

ابرنواخترها

ابرنواختر بر اثر انفجار ستاره‌ای پدید می‌آید و نشان‌دهنده پایان عمر بعضی از ستاره‌های معمولی است. جرمی که در حدود ۱ تا ۱۰ برابر جرم خورشید است ، با سرعت‌هایی برابر با ۱ تا ۳ درصد سرعت نور به فوران در می‌آید ، انرژی جنبشی متناظر که در خدود 10^{44} ژول است ، با انرژی بستگی گرانش ستاره قابل مقایسه است، و همین امر سرشت تجربی انفجار را نشان می‌دهد. در بعضی موارد، ممکن است، باقیمانده‌ای فشرده، به صورت ستاره‌ای نوترونی یا سیاه‌چاله بر جای بماند.

ابرنواخترها در کهکشان ما هم دیده شده‌اند، اما فقط در گذشته‌های دور، آخرین ابرنواختری که با چشم غیر مسلح به وضوع دیده می‌شد یوهانس کپلر در سال ۱۶۰۴گزارش کرد. رویدهای کهکشانی دیگری ، مانند فوّاره‌های باقی‌مانده از ابرنواخترها با ماده‌ی بین ستاره‌ای وجود دارد، که وقوع

ابرنواخترها را نشان می‌دهد. در تپ‌اخترها ، که *ستارهای نوترونی چرخانی* هستند که احتمالاً در انفجار ابرنواختر پدید آمده‌اند،با شاهدهای بیشتری روبرو می‌شویم. شاهد ،هیچ ابرنواختردر کهکشان ما نبوده‌ایم. همه‌ی ابرنواخترهای معاصر در کهکشان‌هایدیگر کشف شده‌اند. نزدیک‌ترین ابرنواختری که از همه بهتر مطالعه شده، رویدادی بوده است به نام ابرنواختر ۱۹۸۷A در ابرماژالانی بزرگ که کهکشان کوپک و همدم کهکشان ما است. این کهکشان فقط ۱۵۰۰۰۰ سال نوری از ما دور است. هر سال تقریباً ۵۰ ابرنواختر معمولی‌تر در کهکشان‌هایی که ۱۰ تا ۱۰۰ میلیون سال نوری از ما دور هستند، کشف می‌شوند. در کهکشانی مثل راه شیری (کهکشان ما) به طور منوسط هر ۱۰۰ سال یک ابرنواختر روی می‌دهد. بنا بر این به لحاظ آماری با دیرکرد روبه‌رو هستیم. در هر لحظه ممکن است با وقوع یک ابرنواختر کهکشانی روبه‌رو شویم.

آنچه ابرنواخترها را از لحاظ رصدی مشخص می‌کند، سرشت خط‌های طیفی و منحنی نورشان، یعنی نمودار درخشندگی و افزایش و کاهش آن در طوج-موج‌های مختلف است. معمولاً ابرنواخترها طی دو هفته به حالت بیشینهٔ (تابش) نور می‌رسند، و در آن هنگام تقریباً به درخشندگی کهکشان میزبان هستند که ۱۰ تا ۱۰۰ میلیون ستاره مثل خورشید دارد. سپس در مقیاس زمانی چند ماه با نموداری که مورد به مورد فرق می‌کند، خاموش می‌شوند. ابرنواخترها را در دو رده‌ی بزرگ رصدی، که نوع I و نوع II نام دارند، بسته-بندی می‌کنند.در خطوط طیفی نوع I، درهیچ مرحله‌ای، نشانی از هیدرژن نیست (یا خیلی کم است). درخطوط طیفی نوع II، نزدیک بیشینه‌ی نور، به وضوح هیدرژن دیده می‌شود.

دو سازوکار اصلی نظری برای توجیه این انفجارها مطرح شده است.یکی انفجار گرماهسته‌ای است، که تصور می‌شود ستاره‌ها را کاملاً از هم می‌پاشد.به طوری که باقیمانده فشرده‌ای برجای نمی‌ماند.سازوکار دیگر شامل رُمبش یک هسته‌ی ستاره‌ای تکامل یافته در وسط ستاره است که طی آن ستاره‌ای نوترونی ساخته می‌شود.تصور بر این است که بخشی از انرژی گرانشی‌ای که در رُمبش آزاد می‌شود، صرف انفجار می‌شود. این دو سازوکار با دو رده‌ی رصدی نوع I و نوع II هیچ‌گونه همبستگی ساده‌ای ندارند.

مطالعه‌های رصدی بیشتر نشان داده‌اند که ابرنواخترها را بیش از این هم می-توان ئفکیک کرد. بعضی از ابرنواخترهای نوع I، در نزدیکی‌های بیشینه‌ی نور نشان‌هایی از عناصر میان‌وزن ،مثل اکسیژن، منیزیم و کلسیوم، و پس از بیشینه‌ی نور نشانه‌هایی از آهن دارند. این‌ها را از نوع I الف می‌نامند.به طور متوسط این‌ها درخشان‌ترین ابرنواخترها هستند. نوع دیگری از ابرنواخترهای نوع I هست که در ماده پراکنده شده‌ی آن در نزدیکی بیشینه نشان متغیری از هلیوم و در زمان‌های بعد از آن، خط‌های طیفی گسیلی عنصرهای میان‌وزن دیده می‌شود. در حال حاضر اکر این‌ها هلیوم زیاد داشته باشند نوع I –ب، و اگر هلیوم مشاهده‌شان کم باشد، نوع I –ج نامیده می‌شوند. بعضی از ابرنواخترها در نزدیکی بیشینه نشانه‌هایی از هیدرژن نشان می‌دهند.اما در زمان‌های بعداز آن تقزیباً نشانی از هیدرژن در آن‌ها دیده نمی‌شود.

چندتایی ابرنواختر با نور قطبیده هم رصد شده‌اند. با آن‌که داده‌ها کم است ،همه ابرنواخترهای نوع I –الف قطبیدگی کمی از خود نشان می‌دهند، که حاکی از این است که آنچه ابرنواختر می‌پراکند، در حد تفکیکی که در دست-رس است، تقارن تقریباً کروی دارد. همه‌ی ابرنواخترهای مشاهده‌شده‌ی نوع II ،مقداری قطبیدگی ذاتی از خود نشان می‌دهند که دلیلی بر نوعی عدم تقارن کروی است. علت این امر روشن نیست.

احتمالاً ابرنواخترهای نوع I الف از انفجار منظومه‌های ستاره‌ای دوتایی حاصل می‌شوند. این دسته نسبتاً همگن است. و تحول طیفی و نورسنجی آن‌را می-توان با سوختن گرماهسته‌ای کوتوله‌ی سفیدی به جرم چاندراسکار(تقریباً برابر ۱/۴جرم خورشید)،که از کربن و اکسیژن ساخته شده و فشار الکترون-های واگن آن‌را نگه‌داشته باشد، توضیح داد. نظریه‌ی تحول ستاره‌ای پیش-بینی می‌کند که این نوع کوتوله‌ی سفید در ستاره‌ای که جرم اولیه‌اش کمتر از ۸ برابر جرم خورشید است، شکل می‌گیرد. این پیکربندی، وقتی سوختن گرماهسته‌ای در آن آغاز می‌شود بسیار ناپایدار است. اما نوعی ستاره همدم لازم است تا آن‌را به نقطه‌ی گیرانش هسته‌ای برساند. این نوع ابرنواختر عموماً به جمعیت ستاره‌ای قدیمی‌تر ارتباط دارد، و این چیزی است که با این تصورکه باید تأخیری باشد تا ستاره همدم تحول یابد و انتقال جرم را به کوتوله‌ی سفید شروع کند سازگاری دارد. این فرض دوتایی بودن تاکنون هیچ شاهد مستقیمی نداشته است.

ماهیت دقیق انفجار نوع I - الف هنوز تحت بررسی است. احتمالاً جریان‌های پیچیده‌ی سیالات در این امر دخالت دارند. و در این مورد محاسبه‌های عددی‌ای که تفصیل کافی داشته باشد تازه آغاز شده است.پیش‌رفته‌ترین مدل‌ها، پیش‌بینی می‌کنند که واکنش سوختن هسته‌ای در شعله‌ی فروصوتی شروع می‌شود. این پیکربندی،در اثر ناپایداریِ ریلی – تایلور، منجر به سوختن تلاطمی می‌شود. در یکی از نقاط، وضعیت دقیقاً به گونه‌ای است که جبه‌ای ضربه‌ای باعث انفجار ابرصوتی می‌شود. این نوع انفجار همان‌طور که مشاهدات در نزدیکی بیشینه‌ی نور نشان می‌دهند، عنصرهای میان‌وزنی را دست نخورده می‌گذارند. در درون، ماده به نیکل ۵۶ که عنصری با تعداد پروتون و نوترون یکسان در هسته و با بیشترین انرژی هسته‌ای به ازای هر نوکلئون است، تبدیل می‌شود. این عنصر ناپایدار است به کوبالت ۵۶ و بعد به آهن پایدار ۵۶ واپاشیده میشود. از این واپاشی پرتوهای گاما آزاد می‌شود که احتمالاً سرچشمه نور این نوع ابرنواخترها است. ابرنواخترهای نوع I -الف، خود گونه‌های مختلفی دارد. بعضی درخشان‌ترند و منحنی‌های نور پهن‌تر و تابش داغ‌تری دارند، بقیه کم‌سوترند و منحنی‌های نور باریکتر و تابش سردتری دارند.نمونه‌های افراطی هر دو گونه، سرعت تقریباً یکسان و بنا بر این احتمالاً انرژی جنبشی مشابهی دارند. این رفتار با مدل‌هایی که در آن‌ها گذلر بعضی از ابر نواخترهای نوع I- الف به انفجار دیرتر و تولید نیکل آن‌ها کمتر است، سازگاری دارد. این‌ها، سردترند و بنابراین گذری کمتر و منحنی نور باریک‌تری دارند. نظریه پیش‌بینی می‌کند که در این انفجارها هیچ باقی-مانده‌ی فشرده‌ای بر جای نمی‌ماند، که این امر با مشاهده‌های کنونی سازگار است.

تصور بر این است که تقریباً همه‌ی انواع دیگر ابنواخترها از سازوکار رُمبش گرانشی ناشی می‌شوند. سازوکار اصلی این است که ستاره‌ای که جرمش ۱۲ برابر جرم خورشید است، دنباله‌ای از سوخت‌های هسته‌ای را در هسته‌ی مرکزی داغ فشرده‌اش می‌سوزاند تا آن‌که آهن تولید شود .آرایش نوترون‌ها و پروتون‌های آهن چنان است که انرژی بستگی هسته‌ای به ازای هر نوکلئون آن از هر عنصر مغمولی دیگری بیشتر است. به همین دلیل آهن فقط با گرفتن انرژی از ستاره است که می‌تواند به عنصرهای سبک‌تر شکسته شود، یا باز هم با گرفتن انرژی از گداخت هسته‌ای به عنصرهای سنگین‌تری تبدیل

شود. وقتی آهن فشرده می‌شود این فرآیندها روی می‌دهد. و به این ترتیب انرژی مورد نیاز برای حفاظت ستاره در برابر گرانش را از ستاره می‌گیرد. نتیجه، رُمبش فاجعه‌آمیزی است که مغزی آهنی را به ستاره‌ای نوترونی تبدیل می‌کند. در ستاره‌هایی که جرم اولیه‌شان ۸ تا ۱۰ جرم برابر خورشید است، ممکن است مغزی‌هایی یا هسته‌های مرکزی‌ای از جنس اکسیژن، نئون و منیزیم با الکترون‌های واگن شکل بگیرد. اعتقاد بر این است که این‌ها هم احتمالاً می‌رُمبند. و وضعیتی مشابه رُمبش مغزی آهن حاصل می‌شود. فرآیندی که این نوع رُمبش را به انفجار بدل می‌کند هنوز کاملاً شناخته شده نیست.

مسئله این است که در حالی که رُمبش مغزی آهنی به ستاره‌ی نوترونی، بیش از ۱۰۰ برابر آنرژی لازم برای از هم پاشیدن ستاره را آزاد می‌کند، بیشتر این انرژی به نوترینوها می‌رسد. نوترینوها ذره‌های بی‌جرم یا تقریباً بی‌جرمی هستند که بار الکتریکی ندارند. و فقط در برهم‌کنش ضعیف شرکت می‌کنند. بنا بر این، بی‌آن‌که چیزی جلوی‌شان را بگیرد ، می‌توانند از ستاره بیرون بروند. در رُمبش، نوترینوها از برهم‌کنش ضعیفی که پروتون مغزی آهن را به نوترون تبدیل می‌کند و از فرآیندهای فیزیکی دیگر تولید می‌شوند. نوترون، جزء اصلی ستاره نوترونی تازه شکل گرفته است. نوترینوها در فشرده‌ترین بخش‌های ستاره نوترونی تازه شکل گرفته گیر می‌افتند. اما به آسانی از ماده-ای که درون آن می‌ریزند، بیرون می‌روند. سئوال این است که آیا می‌شود ۱ درصد انرژی کل نوترینوها طوری در هسته گیر بیفتد که بتواند انفجار را راه بیندازد .رُمبش اولیه وقتی متوقف می‌شود که با مقاومت سخت نوترون‌ها مواجه شود. ماده‌ای که به درون می‌ریزد به ستاره‌ی نوترونی می‌خورد و با فشردگی زیاد آن روبه‌رو می‌شود. این امر، ضربه‌ای پدید می‌آورد که در جهت «سربالا» در ماده به حرکت در می‌آید، و در نتیجه، کند شدگی و حتی بازگشت آن را موجب می‌شود. اما بنابر مطالعه‌های اخیر، تکانه‌ی شار فرودی و این ویژگی جذب انرژی هسته‌های آهن واپاشنده و فروریزنده، دست به دست هم می‌دهند تا انرژی این ضربه از آن گرفته شود و از حرکت بایستد. برای تقویت شار بیرون رونده‌ی ماده باید فرآیندهای دیگری را دخالت داد. در این جا هم گرایش روزافزون به این است که فرآیندهای کلیدی را شامل دینامیک چند بعدی بگیرندکه انجام محاسبات آن فقط به تازگی میسر شده است. شاید یک فرآیند اختلاطی همرفت –گونه بتواند نوترینوهای گیر افتاده را به طرف بیرون، یعنی جائیکه واگذاری انرژی ممکن است مؤثرتر باشد، هدایت کند. اگر این فرآیند مانند بعضی موارد عملی نشود، آن‌وقت ستاره نوترونی تازه شکل گرفته به جذب ماده فروریزنده ادامه می‌دهد و می‌رُمبد تا به سیاه‌چاله تبدیل شود. این‌که به این ترتیب جلوی انفجار ابرنواختر گرفته می‌شود یا نه، هنوز معلوم نیست.

آشکارسازی نوترینوهای ابرنواختر ۱۹۸۷A درست بودن اساس این تصویر را نشان داد. اما داده‌های این رویداد برای تعیین ماهیت دقیق سازوکار این انفجار کفایت نداشت. هیچ دلیل تأیید شده‌ای که حاکی از وجود ستاره‌ی نوترونی باشد به چاپ نرسیده است، پس این سئوال که آیا رُمبش سرانجام ستاره نوترونی برجای می‌گذارد یا سیاه‌چاله، همچنان بی پاسخ مانده است. کل توان تولیدی در هر ستاره‌ی نوترونی‌ای که در محل ابرنواختر ۱۹۸۷A باشد، از توان تپاختر ۱۰۰۰ ساله‌ی سحابی خرچنگ که باقی مانده ابرنواختر کهکشانی ۱۰۵۴ است، کمتر است.

ابرنواخترهای نوع II به جمعیت‌های ستاره‌ای جوان وابسته‌اند. به این ترتیب فرض بر این است که این‌ها به ستاره‌های سنگینِ کوتاه‌عمر در می‌آیند،و مشابه ابرنواختر ۱۹۸۷A از رُمبش هسته‌ای حاصل می‌شوند. برای این ابرنواختر، جرم اولیه ۲۰ برابر جرم خورشید بوده است. انفجار نوع II در سناره‌هایی اتفاق می‌افتد که پوشش گسترده‌ی سرشارِ از هیدرژن و غول سرخی خود را حفظ می‌کنند. تصور بر این است که نوری که در تابش بیشینه گسیل می‌شود از داغ شدن ضربه‌ای این پوشش عظیم حاصل می‌شود. ولی واپاشی دیرهنگام به احتمال زیاد باز هم ناشی از واپاشی نیکل و کوبالتی است که در انفجار و در مقیاسی کمتر از نوع I –الف تولید می‌شود. این فرآیند واپاشی پرتوزا هم در ابرنواختر ۱۹۸۷A تأیید شد. یکی از گونه‌های نوع II به نحو خاصی درخشان است. و تصور می‌شود که این نوع ممکن است ناشی از انفجار گرماهسته‌ای باشد که در داخل لفافی از هیدرژن روی می‌دهد.

انواع I - الف و I - ب و نوع‌های دورگه‌ای که در مراحل اولیه، ولی نه در مراحل بعدی، نشان‌دهنده هیدرژن هستند به جمعیت‌های ستاره‌ای جوان تعلق دارند، و در نتیجه تصور بر این است که در اثر رُمبش هسته‌ای در ستاره‌های سنگین پدید می‌آیند. درجه‌های متغیرِ کمبود هیدرژن احتمالاً به این دلیل است که لایه‌های بیرونی جذب یک ستاره‌ی همدم می‌شوند، یا به دلیل باد ستاره‌ای، از دست می‌روند، اما بازهم برای دوتایی بودن هیچ شاهده بی واسطه‌ای در دست نیست. از دست رفتن پوشش به این معنی است که شعاع‌های اولیه، درست مثل آنچه در نوع I – الف دیده می‌شود، چندان زیاد نیست و در نتیجه انرژی ضربه‌ای اولیه در فرآینده انبساط از بین می‌رود. چشمه‌ی اصلی نور گسیل شونده ، واپاشی پرتوزای جرم فورانی نیکل است که می‌توان آن‌را با نوع II قابل مقایسه دانست. بعضی از رویدادها که به عنوان I ج دسته‌بندی شده‌اند، واپاشی دیرهنگام نسبتاً کم عمقی دارند که خصلت عمومی نوع I – ب است،و در بقیه ، کاهش‌های بسیار تندی دیده می‌شود. طبقه‌بندی طیفی برای رده‌بندی این رفتار کافی نیست، و بنا بر این ثبت کامل رویداد باید، هم شامل رصد طیفی و هم رصد نورسنجی باشد.

منبع دانشنامه فیزیک جلد ۱

چند نکته بجای سخن سردبیر

سلام بر همکاران محترم دبیران فیزیک استان فارس

۱- به اطلاع دوستان می رساند انجمن علمی و آموزشی معلمان فیزیک فارس در بیست و یکمین سال فعالیت خود قرار دارد . در این مدت ده‌ها همایش نیم روزه و یکروزه استانی و سه همایش کشوری برگزار کرده و در سال‌های قبل از کرونا، که کنفرانس‌های آموزش فیزیک کشوری، بصورت حضوری برگزار می‌شد با تهیه اتوبوس با کمک اداره کل دبیران را بطور دسته جمعی و رایگان به این کنفرانس‌ها از جمله: اصفهان ،تبریز، مشهد، زنجان ، تهران ، کرمانشاه ، همدان و... اغزام می‌نمود . و در این مدت ۱۶ شماره از نشریه آذرخش هرکدام در تیراژ ۱۰۰۰ نسخه به چاپ رسانده که بهترین نشریهٔ انجمن‌های عضو اتحادیه انجمن‌های علمی و آموزشی معلمان فیزیک ایران شناخته شده است . و همچنین سایت

انجمن از ابتدای تأسیس انجمن راه‌اندازی شده که بطور مستمر تا کنون فعّال است.

۲- رکن اصلی هر تشکل، اعضای آن هستند و تشکل بدون عضو فارغ از معنی است . و شرط عضویت نیز پرداخت حق عضویت است. که هر ساله باید پرداخت شود .لذا از همکاران محترم درخواست می شود برای ادامه فعالیت های انجمن ، با واریز حق عضوت سالانه(که مقدار آن هر سال با پیشنهاد شورای اجرائی و تصویب مجمع عمومی تعیین می‌شود و برای سال ۱۴۰۲ میلغ ۱۰۰ هزار تومان تعیین شده) به کارت شماره ۶۰۳۷۹۹۱۸۹۹۹۵۸۱۱۴ بنام انجمن معلمان فیزیک فارس نزد بانک ملی و مراجعه به قسمت عضویت در انجمن ،در سایت به آدرس https://fapt.ir/register/ و پر کردن فرم عضویت، نسبت به عضویت جدید و یا تمدید عضویت خود اقدام فرمایید .دوستان توجه داشته باشند یکی از ملاک های ارزشیابی انجمن ها تعداد اعضا و درصد افزایش آن نسبت به سال قبل است .عضویت دبیران محترم در انجمن ضمن افزایش توان مالی انجمن بر وزن انجمن و قدرت چانه‌زنی آن می‌افزاید .لازم به ذکر است صدور گواهی عضویت در انجمن برای سال ، منوط به ثبت مشخصات در سایت و واریز حق عضویت است.

۳- برنامه‌های همایش‌های حضوری که در هر سال بین ۳ تا ۴ همایش می‌باشد، برای تبادل اطلاعات و نظرات، بین دبیران و آشنایی دبیران جوان با پیشکسوتان و میان‌سالان و بهره‌برداری از علم و تجربه متقابل هر گروه از یکدیگر طراحی می‌شوند و برای اجرای نیاز به امکاناتی از قبیل سالن و سخنران و پذیرایی دارند، ماه‌ها وقت اعضای شورای اجرائی برای تهیه تدارکات و سخنرانان برای آماده سازی مطالب، هم از نظر محتوی و هم از نظر فایل‌های ارائه را می‌گیرد .

۴- در سال‌های نه چندان دور غالباً تعداد قابل ملاحظه‌ای از دبیران اعم از جوان و پیشکسوت در آن حضور می‌یافتند. و این باعث دلگرمی هم سخنرانان و هم اعضای شورای اجرائی برای ادامه کار و هم توان برای چانه‌زنی با مسئولین جهت آبرومندانه برگزار کردن آن‌ها می‌شد. متأسفانه دوران کرونا که باعث لغو برنامه‌های حضوری و روی آوردن به فضای مجازی شد ، باعث نوعی سستی و تنبلی در بین دبیران و کمرنگ شدن حضورشان در این همایش‌ها بعد از فروکش شدن کرونا شد. انجمن هم نسبت به برگزاری وبینارها اقدام کرد ولی دوستان باید بدانند آنچه که در تعامل‌های چهره به چهره از نظر تبادل تجربیات صورت می‌گیرد در فضای مجازی بسیار کمتر اتفاق می‌افتد. آیا شایسته است که از ۲۰۰ تا ۳۰۰ دبیر فیزیک شاغل در شیراز و مناطق اطراف جمعیّتی در حدود ۴۰ نفر در یک سالن ۳۰۰ نفری خضور یابند.

۵- نکته دیگر در رابطه با نشریه و سخنرانان است، خوشبختانه بین دبیران فیزیک استان تعداد قابل توجهی از همکاران دارای مدرک کارشناسی ارشد و دکتری هستند و در مقطع کارشناسی نیز از دبیران توانمندی برخوردار هستیم. و این پتانسیل بالقوه‌ای هست برای اینکه، برای چاپ نشریه از لحاظ مقالات مورد نیاز و یا انجام سخنرانی، در همایش‌های حضوری و مجازی، انجمن با اتکا به توان این همکاران ارجمند به خودکفایی برسد، ولی گرچه در سال‌های اخیر استقبال دبیران برای نوشتن مقاله و تمایل به ارائه سخنرانی در همایش‌ها بیشتر شده ولی هنوز خصوصاً در مورد مقاله برای نشریه تا رسیدن به وضع مطلوب فاصله داریم.

مهبانگ big bang

زمان پلانک: $t_p = \sqrt{\frac{Gh}{c^5}}$

طول پلانک $L_P = \sqrt{\frac{Gh}{c^3}} = ۵.۰۵ \times ۱۰^{-۳۵} m$

$= ۱.۳۵ \times ۱۰^{-۳۳}$

جرم پلانک $mp = \sqrt{\frac{hc}{G}} = ۵.۴ \times ۱۰^{-۸} g$

مقایسه کنید با اندازه پروتون $۱۰^{-۱۵} m$

این روابط با استفاده از مکانیک کوانتوم و نسبیت عام بدست آمده‌اند.

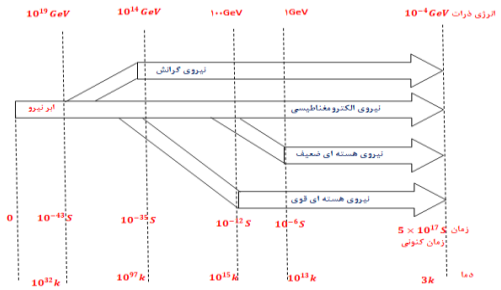
بنابر نظر کیهان‌شناسان و اخترفیزیکدانان شواهد متقن (که در زیر به چند مورد آن اشاره می‌کنیم)، کیهان در ۱۳/۷ میلیارد سال قبل در یک انفجار بزرگ بوجود آمده است.

این انفجار شبیه انفجارهای معمولی نیست. بل‌که خود پیوستار فضا- زمان انبساط یافته و جان از یک نکینگی که نمی‌دانیم چیست، زاده شده است. کیهان‌شناسان نمی‌دانند که در اولین لحظات پس از انفجار بزرگ که به عنوان دوران پلاک شناخته می‌شود (از لحظه ۰ تا $۱۰^{-۴۸}$ ثانیه) و دارای انرژی محض بود. از لحظه $۱۰^{-۴۸} s$ به بعد و در طی کسر کوچکی از ثانیه در نتیجه سرد شدن کیهان، تعداد بینهایت زیادی از ذرات بنیادی از انرژی خلق و پدیدار شد.

این ذرات درطی زمان با هم ترکیب شدند. تا اولین اتم‌ها و سپس اولین کهکشان‌ها را بوجود بیاورند.

جدایی نیروها

در دماهای فوق‌العاده بالا که بعد از انفجار بزرگ ایجاد گردید. چهار نیروی بنیادی در یک ابرنیرو متحد بودند. سپس با سرد شدن و انبساط کیهان این نیروها در بازه‌های زمانی که در شکل ۱ می بینند از هم جدا شدند.



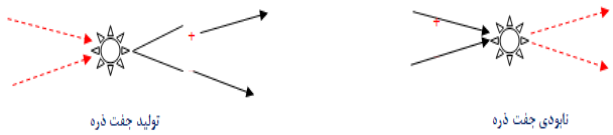
مراحل مدل استاندارد مهبانگ

مرحله ۱-t=os در آغاز بیگ بنگ عالم به صورت یک تکنیکی بود. فضا و زمان دارای خمیدگی بینهایت و با ماده در هم پیچیده شده. دمای این آتش‌گوی اولیه $۱۰^{۳۲} k$ در این دما تقارن کامل بین نیروهای طبیعت برقرار و هر چهار نیرو در یک ابر نیرو متحد بودند.

مرحله ۲-$t = ۱۰^{-۴۵} s$ (زمان پلانک) در لحظه، تکنیکی برطرف شده ، فضا زمان از هم باز شده از این لحظه به بعد با دانش فیزیک نظری می‌توانیم مراحل بعدی را توضیح دهیم.

در این لحظه عالم یکپارچه انرژی و از قوتون‌های پر انرژی گاهاً با دمای $۱۰^{۳۲} k$ و انرژی $۱۰^{۱۹} GeV$ پر بود. نیروی گرانش از سه نیروی دیگر جدا می‌شود.

مرحله ۳-تورم: از $t = ۱۰^{-۳۶}$ تا $t = ۱۰^{-۳۲}$ حجم گیتی $۱۰^{۷۸}$ برابر زیاد شد (قبل از این زما اندازه جهان کوچکتر از یک اتم بود). در لحظه $t = ۱۰^{-۳۵}$ دما $۱۰^{۲۷} k$ و انرژی پرتون‌ها $۱۰^{۱۴} GeV$ می‌باشد. نیروی هسته‌ای قوی از دو نیروی دیگر جدا می‌شود. در این لحظه مقداری از انرژی تبدیل به ماده و ضد ماده می‌شود. (کوارک و ضد کوراک) یعنی آفرینش جفت ذره، در ازای یک میلیارد و یک کوارک ، یک میلیارد ضد کوارک بوجود می‌آید. مطابق شکل ۲



شکل ۲-تولید و نابودی جفت ذره

مرحله ۴- $t = ۱۰^{-۱۲} s$ در این لحظه انرژی و دمای فوتون‌های موجود در جهان به ترتیب به $۱۰^{۱۶} k$, $۱۰۰ GeV$ رسیده . یک تقارن دیگر از نیروها شکسته و دو نیروی هسته‌ای ضعیف و الکترومغناطیس از هم جدا می‌شوند. در این مرحله کوارک‌ها دارای جرم می‌شوند.

عالم پر از فوتون‌ها، کوارک و ضد کوارک به نام پلاسمای کوارک گلوئون است . احتمالاً ذرات ماده تاریک در همین دوره پدیدار شده‌اند.

مرحله ۵- $t = ۱۰^{-۶} s$ دما و انرژی فوتون‌های گیتی به ترکیب $۱۰^{۱۳} k$, $۱ GeV$ در این مرحله کوارک‌ها و گلوئون‌ها، ترکیب و ذراتی بنام هادرون‌ها شامل پاریون‌ها (پروتون‌ها و نوترون‌ها) و قزون‌ها و پاد ذرات آن‌ها را بوجود آوردند به این دوره، دوره‌ی به هم پیوستگی (یا دوره هادرونی) می‌گویند.

چند نکته در مورد دوره هادرونی :

در مراحل داغ ابتدایی ذره ⇄ فوتونی (انرژی) یعنی آفرینش جفت ذره سنگین داریم. اما با انبساط جهان، دما و چگالی کاهش یافت و این وضعیت تعادل از میان رفت. زیرا برای هر ذره معین یک دمای آستانه، وجود دارد که پایین‌تر از آن ذره تولید نمی‌شود. برای هادرون‌ها (بروتون- نوترون و فرون) این دمای آستانه $۱۰^{۱۲} k$ که در زمان $t = ۱۰^{-۴} s$ جهان به این دما رسید. بنابر این سنگ‌بنای امروزی هسته‌های اتم (یورتون و نوترون) از لحظه $t = ۱۰^{-۸} s$ تا $t = ۱۰^{-۴} s$ به جا مانده است.

مرحله ۶-از بازه زمانی $t = ۱۰^{-۴} s$ تا $t = ۱ s$ که به دوره لپتونی معروف هست . دما و انرژی سوپ کیهانی به ترتیب $۱۰^{۱۰} k$, $۱ MeV$ و انرژی فوتون‌ها آنقدر است که بتوانند ذرات سبک مانند زوج الکترون – پوزیترون تولید کنند. در این دوره لپتون‌ها (الکترون- میئون- نوترینو- پیون و ضد آن‌ها) تولید می‌شوند. ولی بعد از مدتی تنها الکترون‌ها باقی می‌مانند زیرا بقیه ناپایدارند و نوترینو هم که با سرعت نور از صحنه خارج میشود.

دو نکته مهم در این مرحله:

در این مرحله قسمت اعظم انرژی به ماده تبدیل شده و به سبب پایین آمدن دما و انرژی دیگر امکان تبدیل انرژی به ماده وجود ندارد. به بیان دیگر همه ماده‌ی موجود در عالم در همان یک ثانیه اول بعد از مهبانگ به وجود آمده است.

$MN > Mp , E(P \to N) > E(N \to P)$ و طبق محاسبات با کاهش دما تعداد P بیشتر از N و در نهایت تعداد پروتون‌ها ۷ برابر نوترون‌ها خواهد بود.

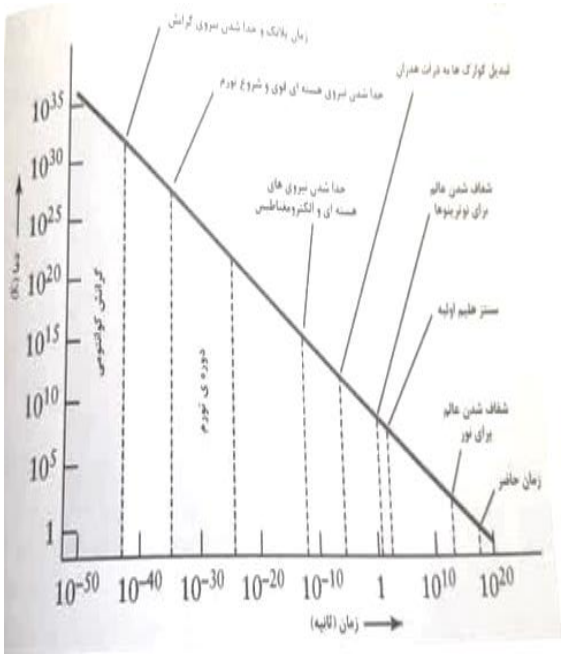
مرحله ۷- $t = ۳ \min, ۴۹s$ به دما $۱۰^{۹} k$ رسیده . به این دوره دوره تابش می‌گویند زیرا مهم‌ترین شکل انرژی در جهان تابش الکترومغناطیس بود. در این دما هسته‌های هیدروژن معمولی $_{۱}H$ – $_{۲}He$ – $_{۴}Ho$ – $_{۷}ti$ با هم جوشی پروتون‌ها و نوترون‌ها به وجود می‌آیند. این هم‌جوشی چند دقیقه بیشتر طول نمی‌کشد و به سبب پایین آمدن دما و انرژی عمل هم‌جوشی متوقف می‌گردد. عناصر سنگین‌تر بعدها در داخل ستارگان و انفجارهای ابرنواختری به وجود آمدند. طبق محاسبات، ۷۵٪ جرم عالم را هیدروژن و ۲۵٪ آنرا هلیم در این مرحله، تشکیل می دهند.. که مشاهدات رصدی امروزی نیز این نسبت را تأئید می‌کند.

مرحله ۸- $t = ۳۸۰۰۰۰ yp$ به دما $۳۰۰۰ k$ این دوره، دوره شفاف‌سازی عالم نامیده می‌شود.

در این دما الکترون‌ها می‌توانند جذب هسته شده و اتم هیدروژن و هلیم را تشکیل – دهند. اکنون دیگر الکترون‌های آزاد مزاحم حرکت فوتون‌ها نمی‌شوند. و بیشتر فوتون‌ها برای حرکت آزاد هستند و از این زمان به بعد کیهان برای نور شفاف می‌شود. این اولین فوتون‌های آزاد هنوز هم به صورت تابش ریز موج پس زمینه کیهانی CMB قابل شناسایی‌اند.

مرحله ۹- $t = ۱۰^{۹} gy$ یا یک میلیارد سال بعد دمای گیتی به ۱۰۰k کاهش یافته و در این مدت کهکشان‌ها و تعدادی از ستاره‌های آن‌ها تشکیل شده‌اند.

مرحله ۱۰- $t = ۱۳/۷$ میلیارد سال بعد دمای جهان به ۲/۷k تقریبا به ۳k رسیده و عالم در وضعیت کنونی است.



تحول های عالم پس از مهبانگ

به نیکی گرای و میازار کس ره رستگاری همین است و بس
زیزدان و از ما بر آنکس درود که آزادگی تارش و داد پود
فردوسی