

نوبل ۲۰۲۰؛ به افتخار کار تیمی

مصاحبه‌ای با دکتر تقی‌زاده فیروزجائی پیرامون نوبل 2020 فیزیک

اواسط آبان برندگان جایزه نوبل امسال نیز مشخص شدند و هم چون سال گذشته، که جایزه به ((تغییر نگاه ما به تحول عالم و جایگاه زمین در کیهان)) رسید، امسال نیز نوبل فیزیک به کیهان‌شناسی اهدا شد. اما این بار برای جرمی اسرارآمیز در دنیای علم و فیزیک؛ سیاه‌چاله.

با آمدن شواهد جدید در سال‌های اخیر مبنی بر اثبات وجود سیاه‌چاله‌ها، ثانیه‌شماری در جوامع علمی برای اهدای جایزه ی نوبل به پژوهشگران این حوزه آغاز شده بود. تا بالاخره امسال انتظارات به پایان رسید و تقریباً یک قرن پس از نگارش نظریه نسبیت عام و پیش‌بینی تکنیکی‌های فضایی توسط این نظریه، اهدای جایزه ی نوبل به متخصصان سیاه‌چاله، به این اجرام بسیار چگال در دنیای علم رسمیت بخشید.

جایزه نوبل امسال بهانه‌ای شد تا مصاحبه‌ای با دکتر جواد تقی‌زاده فیروزجائی در مورد نوبل فیزیک ۲۰۲۰، سیاه‌چاله‌ها و کارهای پژوهشی انجام شده حول این موضوع داشته باشیم.

۱. قبل از اینکه به سراغ سوال‌ها برویم، شما صحبتی به عنوان مقدمه دارید؟

به نام خدا. ابتدا اجازه بدهید مختصری در مورد جایزه نوبل امسال توضیح بدهم. جایزه نوبل امسال از این حیث اهمیت دارد که اولین جایزه‌ای است که در حوزه ی گرانش به نظریه ی سیاه‌چاله‌ها داده می‌شود. هر چند که قبل از این به کیپ تورن،^۱ به خاطر امواج گرانشی، جایزه ی نوبل داده شده بود، اما این جایزه بیشتر بر مبنای آشکارسازی این امواج بود و اگر قرار بود به بخش تئوری این پروژه جایزه ی نوبلی داده شود باید به مقاله ی ۱۹۱۸ انیشتین^[۱]، که درباره ی چابکی این امواج است، داده می‌شد. ۵۰ درصد جایزه امسال به راجز پروز^۲ ۵۰ درصد دیگر نیز به دو نفر دیگر، گز^۳ و گنزل^۴، تعلق گرفت. اهمیت سهم پنروز از این بابت است که اهدای جایزه نوبل به نوعی رسمیت بخشیدن به یک نظریه و نشان دهنده این است که آن نظریه در دنیای علم جا افتاده و تست‌های مشاهداتی استاندارد را پشت سر گذاشته است.

اما سوالی که معمولاً پرسیده می‌شود این است که چرا پنروز این جایزه را گرفت؟ هر چند پنروز نسبت به هاوکینگ^۵ کمتر دیده می‌شد، اما اگر کسی مقاله این دو شخص رو بخواند به جرئت می‌تواند بگوید که تنها کسی که در مورد تئوری سیاه‌چاله‌ها باید نوبل می‌گرفت پنروز بود. البته اگر تابش هاوکینگ کشف می‌شد هاوکینگ می‌توانست در کنار زلدوویچ^۶ و آنرو^۷ جایزه نوبل تابش هاوکینگ سیاه‌چاله را بگیرد.

^۱ Kip Thorne

^۲ Roger Penrose

^۳ Andrea Ghez

^۴ Reinhard Genzel

^۵ Stephen Hawking

^۶ Yakov Zeldovic

^۷ William Unruh

۲. ایده‌ی سیاهچاله اولین بار از سوی چه کسی و چه طور مطرح شد؟ خود اینشتین پیش بینی وجود آن‌ها را با توجه به نظریه نسبیت عام می‌کرد؟ واکنش‌ها به طرح این ایده چه طور بود و تکمیل آن در جامعه فیزیک چگونه پیش رفت؟ با توجه به اینکه سیاه چاله یکی از چیزهایی است که در علم امروز ما کمتر از آن اطلاعات داریم و پسوند سیاه بی تناسب با این نادانستن نیست؟!

به صورت نظریه و ایده این که چه کسی برای اولین بار ایده سیاه چاله را مطرح کرد، برمی گردد به حدود سال ۱۷۸۳؛ که یک زمین شناس به نام جان میشل^۸ در طی یک نامه به کاوندیش^۹ گفت که گرانش به حدی می تواند قوی باشد که حتی نور هم نتواند از آن فرار کند. البته این فقط یک ایده بود و خود میشل فیزیکدان نبود. در ویراست اول کتاب لاپلاس^{۱۰}، سیستم نور دهی جهان^{۱۱}،^[۲] نیز این ایده آمده است که ستاره های تاریکی وجود دارند که نور نمی تواند از آنها فرار کند ولی این ایده مورد استقبال قرار نگرفت زیرا ما می دانیم که در فیزیک نیوتنی، گرانش نمی تواند در مسیر حرکت نور اثر بگذارد. بنابراین، این ایده طرد شد، تا اینکه اینشتین^{۱۲} توانست نسبیت خاص و سپس با استفاده از اصل هم ارزی نسبیت عام را بسازد. نظریه نسبیت عام بر مبنای همان آسانسوری هست که ما در کلاس درس گرانش به دانشجویان می گوئیم که نشان می دهد شتاب مثل گرانش است؛ و از همین ایده می توان نشان داد که نور تحت تاثیر گرانش مسیر خمیده ای پیدا می کند. بعد از ۱۹۱۵ که اینشتین این نظریه ی خود را ارائه داد^[۳]، ادینگتون^{۱۳} نیز این اثر را در همگرایی گرانشی مشاهده کرد^[۴] اما در آن سال ها از لحاظ علمی مشکلاتی با مفهوم تکینگی سیاه چاله ها وجود داشت. در آن زمان می دانستند که در شعاع شوارتزشیلد تکینگی مختصاتی وجود دارد ولی به درستی نمی توانستند تکینگی مرکز سیاه چاله ها را درک کنند. حتی فینکلشتاین^{۱۴} هم در سال ۱۹۵۸ مرزی به نام افق رویداد را برای سیاه چاله تعیین کرد^[۵] اما هنوز از داخل آن مرز خبری نداشتند. چیزی که اثر انگشت آقای پنروز در این حوزه از علم است بیان جدیدی از مفهوم سیاه چاله است که او ارائه داد. برای آن که بفهمیم ساختار سیاه چاله چیست، باید بدانیم که چه دسته از نورها از سیاهچاله فرار می کنند و چه دسته از نور ها در آن به دام می افتند. گیر می افتند و تکینگی سیاه چاله چیست. او در سال ۱۹۶۳، که سیاهچاله هنوز ناشناخته بود، یک مقاله نوشت و در این مقاله با یک تبدیل همدیس هندسه فضا زمان را به هندسه تخت ربط داد و از طرف دیگر با تبدیلی شبیه به تانژانت معکوس که بینهایت مثبت و منفی را به مثبت و منفی پی دوم تصویر می کند، کل فضا و زمان را فشرده کرد و نمودارهایی به نام نمودارهای پنروز را اختراع کرد. این نمودارها این توانایی را به ما می دهند که متوجه شویم نور کجا به خاطر گرانش به دام می افتد و کجا می تواند فرار کند.^[۶] این مقاله به نوعی مقدمه‌ای بود برای مقاله اصلی پنروز که در سال ۱۹۶۵ نوشته شد^[۷].

^۸John Michel

^۹Henry Cavendish

^{۱۰}Pierre-Simon Laplace

^{۱۱} Exposition du système du monde

^{۱۲}Albert Einstein

^{۱۳}Arthur Eddington

^{۱۴}David Finkelstein

در این مقاله پرنور قضایای تکینگی را اثبات کرد و گفت که اگر جرمی شرط انرژی را رعایت کند و به اندازه کافی فشرده باشد، حتماً موجودی به نام تکینگی سیاهچاله شکل می گیرد. شرط انرژی به طور ساده به معنی آن است که مجموع فشار و چگالی انرژی یک ماده مثبت باشد و مواد اطراف ما نیز اغلب چنین هستند. او هم چنین خواص این تکینگی ها را با استفاده از مسیرهای ژئودزیک و به زبان هندسه ی دیفرانسیل مطالعه کرد. در این زمان بود که واژه سیاهچاله را نخستین بار یک روزنامه نگار مطرح کرد و دو سال بعد از مقاله پرنور، در سال ۱۹۶۷، به طور رسمی کلمه سیاهچاله در دنیای علم استفاده شد. از این مقاله به بعد بود که مفهوم سیاهچاله به عنوان موجودی که حتی نور هم نمی تواند از آن فرار کند، مطرح شد.

۳. سیاهچاله ها در فیزیک کلاسیک هم می توانند وجود داشته باشند یا فقط مختص به نسبیت عام هستند؟ من در سمینارهای خودم وقتی می خواهم سیاه چاله ها را معرفی کنم، از همان استدلال سرعت فرار استفاده می کنم. می دانیم برای آن که جسمی از میدان گرانشی جسم دیگری فرار کند باید حداقل مقداری سرعت موسوم به سرعت فرار داشته باشد و هر چه که جسم چگال تر باشد این سرعت فرار بیشتر است و اگر جسم به حدی چگال باشد که سرعت فرار آن از سرعت نور بیشتر شود، به شعاع آن، شعاع شوارتزشیلد گفته می شود. اما مدلی که سیاهچاله را با استفاده از فیزیک نیوتونی بیان می کند به نوعی وصله پینه است. زیرا با وجود آن که ما در ظاهر داریم از مکانیک نیوتنی استفاده می کنیم، اما در واقعیت از همان ایده انیشتین که جسمی نمی تواند سرعتش از سرعت نور باشد، کمک گرفته ایم؛ که این ایده برگرفته از اصل هم ارزی دستگاه ها و حد بالای سرعت است و به همین دلیل طور بنیادی نمی شود از روش نیوتونی سیاهچاله را اثبات کرد و ناچار می شویم از اصل هم ارزی و حد بالای سرعت کمک بگیریم.

۴. سیاهچاله ها از نظر فیزیکی چه موجوداتی هستند؟ اصطلاح بی مو بودن سیاهچاله ها به چه معناست؟ سیاه چاله خودش در واقع یک مفهوم ساده است اما خواصش برای ما چیزهای عجیبی به همراه دارد. یکی از این خواص که توجه بسیاری را جلب کرده، این است که وقتی سیاهچاله همه اجسام دور خودش را می بلعد و بزرگ و بزرگتر می شود. این بزرگ شدن به این معنا است که سطحش بزرگتر و بزرگتر می شود و چون شعاع شوارتزشیلد با جرم آن متناسب است و با توجه به اینکه سطح سیاهچاله با مربع شعاع و آن نیز با جرم متناسب است، بنابراین می توانیم بگوییم که سطح سیاه چاله همیشه افزایشی است. باردین^{۱۵} و هاوکینگ و کسانی دیگر از این موضوع ایده گرفتند که می توانند سطح سیاه چاله را با انتروپی، که آن هم همواره افزایشی است، متناظر کنند. بعد زلدوویچ و استاروبینسکی^{۱۶} ایده تابش از سیاه چاله را مطرح کردند. از طرف دیگر آقای پارکر^{۱۷} نشان داد که ما برای متریک FLRW خلق ذره داریم^[۸]؛

^{۱۵}James Bardeen

^{۱۶}Alexei Starobinsky

^{۱۷}Leonard Parker

هاوکینگ نیز در سال ۱۹۷۴ با استفاده از ایده های زلدوویچ و استاروبینسکی و پارکر همین خلق ذره را برای سیاه چاله نشان داد^[۹]. این خلق ذره بدین معنا بود که دمایی که به سیاهچاله نسبت می دهیم در حد یک تناظر ساده نیست و سیاهچاله واقعا مانند یک جسم سیاه تابش می کند و آنتروپی که به سیاهچاله نسبت می دهیم واقعی است. سیاهچاله مثل جسمی که تبخیر می شود تابش می کند. از همین تناظر با ترمودینامیک و آنتروپی که متناسب با سطح است، ایده خواندن اطلاعات از سطح سیاه چاله مطرح شد و بعد ایده هولوگرافی مطرح شد. و از طرف دیگر پرنور گفت که در سیاهچاله هایی که من دیده ام، همواره تکینگی سیاه چاله با افق پوشیده شده است. در نتیجه این سوال به وجود آمد که آیا تمامی تکینگی های کیهانی با یک افق پوشیده می شوند؟ و از اینجا ایده سانسور کیهانی به میان آمد. و در کنار این ایده ها بدون مو بودن سیاه چاله ها مطرح شد. در فیزیک کلاسیک شما نمی توانید اطلاعاتی به جز جرم، بار و تکانه زاویه ای را از سیاه چاله بگیرید و هر نوع تابشی از سیاه چاله بیرون بیاید فقط حاوی این اطلاعات است. این بحث برای سیستم کلاسیک است ولی در سیستم کوانتومی هم این قضیه برای تابش هاوکینگ وجود دارد. و اینجا سوال گم شدن اطلاعات به وجود می آید، که وقتی یک جسمی حاوی اطلاعات داخل سیاه چاله بیافتد و بعد از سیاه چاله تبخیر ی شود و اطلاعاتی از آن تابش خارج نشود، پس این اطلاعات کجا رفته است؟ این سوال مهم حل نشده ای است که کوانتوم و نسبیت در کنار هم به دنبال حل آن هستند. اینها ایده های اصلی هستند که ما از سیاه چاله ها گرفتیم و به نوعی سیاه چاله درهای جدیدی از علم را به روی ما باز کردند.

۳. شرح و اهمیت کارهای پرنور در بحث سیاهچاله ها چیست؟ کار او چه تأثیری در فهم ما از سیاهچاله ها داشته است؟

پرنور بر خلاف هاوکینگ انسانی بی سر و صدا و بسیار خاضع و باهوش است. در حقیقت ایده قضایای تکینگی او در مقاله ۱۹۶۵ است که می شود به آن جایزه نوبل داد. ما در آن مقاله تکینگی را شناختیم. چرا تکینگی تشکیل می شود؟ اگر ماده به اندازه کافی فشرده شود، می تواند ژئودزیک ها را همگرا کند. او با استفاده از مفهوم همگرایی و بسط دادن، کمیت های بسیار خوش تعریفی پیدا کرد و با استفاده از آنها قضایای تکینگی را گفت و بعدا هاوکینگ از این قضایا در مدل های کیهان شناسی استفاده کرد. همچنین پرنور در سال ۱۹۶۹ حدس پوشیده شدن تکینگی با افق را مطرح کرد^[۱۰]. بعد از آن نیز پرنور و هاوکینگ کتاب بسیار زیبای طبیعت فضا و زمان^{۱۸} که مناسب عامه مردم است را نوشتند. هم چنین او در سایر حوزه های علم نیز کارهای بسیار مهمی کرده است. ایشان در کل انسان نابغه ای است که در هر حوزه ای با تیزهوشی خود ایده های نابي ارائه کرده است. شاید به معنای واقعی کلمه می توان به ایشان لفظ عالم را نسبت داد. پرنور همواره سعی می کند

^{۱۸}The Nature of Space and Time

به طور عمیق وارد یک مسئله بشود به جای اینکه فقط یک ایده ی قرصی از دیگران را دنبال کند.

۶. هاوکینگ چه کارهای مهمی در زمینه ی سیاهچاله ها انجام داده است؟ نقش او در پژوهشهای پرنور چه

بوده؟

سوی جنبه های شخصیتی او که با وجود وضعیت جسمانی اش بسیار بلند همت بوده است، هاوکینگ همواره دارای دو ویژگی بوده است. به جرئت می توانم بگویم که هاوکینگ تمام ایده هایی که داشته است را از دانشمندان هم عصر خودش وام گرفته است. در حوزه سیاهچاله ابتدا مقالات پرنور در سال ۱۹۶۵ منتشر شد و دو الی سه سال بعد هاوکینگ از همان ایده های پرنور برای تکینگی سیاهچاله، برای تکینگی مهبانگ استفاده کرد. همچنین در ایده آنتروپی که گل سر سبد ایده های اوست نیز این امر مشهود است، و همانطور که خود او نیز اشاره کرده است، این ایده را از زلدوویچ گرفته است. دیگر ویژگی بارز هاوکینگ قلم اوست. اگر مقالات پرنور را مطالعه کنید در حد سه الی چهار صفحه اصل مطلب و تئوری فیزیکی را مطرح می کند و وارد توضیحات اضافی نمی شود. ولی هاوکینگ به تفصیل می نویسد. او با همین دست به قلم بودن خود است که می تواند ایده ای را که در دنیای فیزیک وجود دارد، با زبان عمومی تر به مردم عامه بفهماند.

چرا بعد از این همه سال نوبل به سیاهچاله ها می رسد؟ حال که صد سال از نسبیت عام و حل شوارتزشیلد و چند دهه از کارهای پرنور می گذرد؟

در نسبیت عام کشف رصدی سیاه چاله ها بر می گردد به اوایل قرن ۲۱ و به همین دلیل بوده است که اهدای جایزه نوبل برای سیاه چاله ها نیز انقدر دیر اتفاق افتاده است، زیرا تا آن زمان شاهد رصدی آن چنانی برای اثبات سیاه چاله ها وجود نداشت. نظر من این است که کشف موج گرانشی و سایه سیاهچاله باعث شد که مردم سیاه چاله ها را به رسمیت بشناسند. امواج گرانشی که جایزه نوبل خود را گرفت و سایه سیاه چاله هم گرفتن جایزه نوبل امسال کمک کرد. پیش بینی من این است که اگر چند مورد دیگر نیز شواهد رصدی برای سیاهچاله ها کشف بشود، به تیم سایه سیاهچاله نیز نوبل تعلق می گیرد.

۸. در حال حاضر چقدر از سیاهچاله ها می دانیم و چه جنبه هایی از آن را هنوز نمی دانیم؟ چه پژوهش های نظری و رصدی روی سیاهچاله ها در حال انجام است؟ به نظرتان سیاهچاله ها باز هم نوبل خواهند داشت؟

در بخش رصدی معمولاً کارها در قالب تیم های بزرگ پژوهشی انجام می شود و کارهای انفرادی کم است. اگر کسی می خواهد کار چشم گیری در این حوزه انجام بدهد باید به این تیم های بزرگ و بین المللی بپیوندد و بخش از تیم آن ها باشد. اما در کار نظری موضوعات گرانشی بسیاری، مرتبط با سیاهچاله ها، باز است. مسائل حل نشده سیاهچاله مانند: تکینگی سیاهچاله و نظر گرانش کوانتومی در مورد آن، بحث گم شدن اطلاعاتی که

به سیاه چاله می روند و بعد تبخیر می شوند، حذف سانسور کیهانی پنروز و ایده هولوگرافیک. همچنین ایده‌ی دیگری که برای سیاهچاله وجود دارد، این است که سیاهچاله خودش یک نیروی بنیادی است یا یک صورت دیگر از نیروی ترمودینامیکی می باشد. اینها موضوعات مهم و ناب در مورد سیاه چاله هستند که پژوهش بر روی آنها ادامه دارد.

۹. تاثیر همکاریهای بزرگ در سطح بین المللی در پیشرفت پروژههای نجوم و کیهانشناسی چیست؟ آیا تنوع در پیشینه علمی و فرهنگی افراد تشکیل دهنده یک گروه پژوهشی در ضعف یا قوت آن گروه اثر دارد؟

من همواره صادفانه به دانشجویانم می گویم که همه در جهان فیزیک انیشتین، هاوکنگ، پنروز و زلدوویچ نمی شوند. افراد تئوری کار را مردم اکثرا دوست دارند چون ایده های خوبی دارند و تحول ایجاد می کنند. ولی اگر بخواهیم واقع نگر باشیم، برداشتن قدم های بزرگ در کار تئوری سخت است. مگر ما چند تا مثل هاوکنگ و پنروز در دنیای فیزیک داریم؟ بسیار دانشمندان بزرگی هم بودند که موفق به کسب جایزه نوبل نشدند. درست است که کار در تیم های بزرگ رصدی هیجان کاری تئوری را ندارد و شما فقط گوشه ای از کار را باید انجام بدهید ولی این یک مسیر معقول است. من پیش بینی می کنم که با گذر زمان، جایزه نوبل به تیم های بزرگ تعلق می گیرند و باید دانشجویان کشور ما از آن فضای ایده الی ذهن خود بیرون بیایند. عصر، عصری است که پروژههای بزرگ جایزه می گیرند. در پروژههای بزرگ شخص مهم نیست و کار دسته جمعی مهم است و ما باید فرهنگ کار پژوهشی همگانی را یاد بگیریم و وارد پروژههای بین المللی بشویم. ولی این تا حدی به شخصیت فرد هم بستگی دارد که برای مثال یک شخص می گوید من روی تئوری سیاهچاله کار می کنم، جایزه نوبل نمی گیرم ولی از لذت دانستن بهره مند می شوم. ممکن است شخصی هم بگوید من وارد تیم های بزرگ می شوم و پیشرفتم را در قالب مقاله های تیمی می بینم. نظر من این است که اگر دانشجویان وارد این کارهای تیمی بشوند، هم از نظر موقعیت شغلی و هم از لحاظ خروجی علمی به نفعشان است.

۱۰. بعضا اینطور برداشت می شود که کارهای علمی در حال حاضر بیشتر بررسی داده های زیاد و تحلیل آنها و پیدا کردن همبستگی بین آنهاست و کارهایی مثل کار انیشتین در تدوین نظریات نسبیت خاص و عام دیگر کمتر کاربرد دارد. آیا واقعا اینطور است؟ فرق یک دانشمند یا فیزیکدان با یک متخصص داده در کشف روابط بین داده ها چیست؟

اکنون دیگر زمان این سینا نیست که یک فرد متخصص تمام حوزه ها بشود. با توجه به عمیق شدن شاخه های علم. اکنون حتی عصر شرودینگر، پنروز و هاوکنگ هم نیست که با خواندن چند کتاب بتوان به علم روز یک حوزه احاطه داشت. الان زمانی شده است که علم عمیق شده است و مغز انسان فرصت این را ندارد که بیاید علمی را دقیق بخواند و روی آن تسلط پیدا کند. برای مثال اگر ذهن انیشتین را که صد سال پیش هم نظریه

نسبیت عام و خاص را ارائه کرد و هم در شاخه های دیگر علم صاحب نظر بود را به زمان حال بیاوریم، شاید فقط بتواند بر روی گرانیش کیهان شناسی تسلط داشته باشد. بنابراین ایده های ما در همان سطح جزئیات خواهد بود. از معایب این عمیق شدن علم این است که ما دیگر ایده ای بین رشته ای که باعث تحول بشود، مانند کوانتوم که با ورودش بر همه شاخه های علم اثر گذاشت، نخواهیم داشت. ایده هایی که اکنون در جوامع علمی مورد توجه هستند نسبت به ایده های دهه های قبل بسیار جزئی تر هستند. بنابراین ما به کامپیوتر های بزرگ متصل می شویم که بیایند داده های ما را تحلیل کند. ولی از طرف دیگر مسائل بزرگی که در طبیعت دارای چند وجه هستند بدون جواب باقی می ماند و ذهن قدرتمندی می خواهد که بتواند آنها را حل کند. بنابراین با توجه به این نکته ما باید به دنبال عضویت در تیم های بزرگ باشیم تا با برهم نهی ذهن های مختلف و با استفاده از ابررایانه ها بتوانیم مسائل بزرگ فیزیک را حل کنیم.

موضوع تفاوت یک دانشمند و متخصص حوزه داده نیز دو جنبه دارد. از نظر شغلی نیاز است که شما مثل یک متخصص داده، بتوانید داده های شاخه های مختلف را تحلیل کنید و کمتر فرصت شغلی پیش می آید که بتوانید در آن علائق فیزیکی خود را دنبال کنید. ولی در مورد آن بحث علاقه به مسائل فیزیکی را من به دانشجویان توصیه می کنم، این مسئله را از مسائل شغلی جدا کنند و خودشان سعی کنند به دروس بنیادی تسلط داشته باشند. ما برای این که کامپیوتر نشویم و خلاقیت ذهنمان از بین نرود لازم است درس های بنیادی مثل نسبیت، کوانتوم، فیزیک اماری و الکترومغناطیس و مکانیک تحلیلی را به خوبی یاد بگیریم. هر چند نتوانید از طریق آنها شغل پیدا کنید ولی حداقل از نظر شخصی می توان این مطالعات را ادامه داد تا مثل یک تکنشین نشویم و روحیه یک فیزیک دان را داشته باشیم.

۱۱. آیا از نظر شما مسیر در پیش گرفته شده ی الان در کیهان شناسی درست است؟ به نظر می آید که سعی در حل موضعی مشکلات مدل استاندارد است. آیا وقت آن نرسیده که تحول بزرگی در مسیر رخ بدهد یا حتی پایه هایمان تغییر کند؟

واقعیت این است که بسیاری از سوالاتی که ما داریم مثل ماده تاریک، انرژی تاریک و ... به فیزیک انرژی های بالا برمی گردند که ما آن را خوب نمی شناسیم. مثلاً اگر من فیزیک انرژی بالا را خوب بشناسم، می توانم مطمئن بشوم این میدان می تواند ماده تاریک باشد یا خیر. یا مثلاً ما می دانیم ۱۰ میلیارد سال پیش چه اتفاقی افتاده است اما در مورد قبل از دوره ی تورم کمتر می دانیم. بسیاری از مشکلات کیهان شناسی به آن بنیادی که ما نمی شناسیم، برمی گردد. برای مثال اگر ما بدن انسان را از سلول به کوچکت نشناسیم، نمی توانیم DNA را بشناسیم و نمی توانیم بسیاری از بیماری ها را درمان کنیم. در جهان ما نیز چنین است. وقتی ما نتوانیم قبل از عصر هسته زایی و حتی قبل از تورم را بشناسیم نمی توانیم مشکلاتمان را حل کنیم. هر چند

در حال تحقیق هستیم و به صورت وصله پینه چیزهایی را درک کرده ایم. برای مثال ما نزدیک ۹۰ سال است ماده تاریک را می شناسیم. در این ۹۰ سال چه چیزی عایدمان شده است؟ هنوز نمی دانیم ماده است یا گرانش است؟! فقط خواص آن را بیشتر شناخته ایم. و من هم بعید می دانم با این روندی که می رویم بتوانیم سوالات بزرگتر مثل اینکه ماده تاریک چیست و کدام مدل تورم درست است را جواب بدهیم. مانند این که انبساط کیهانی را شناختیم و بعد مسئله انرژی تاریک برای توجیه آن پیش آمد و بعد سوال شد انرژی تاریک چیست؟ ما راه سختی را پیش رو داریم. این جمله معنای ناامیدی نمی دهد. اکنون نیز با کمک کامپیوترها داده هایمان را تحلیل می کنیم و ایده های ناب می زنیم. خلاصه امیدوارم به عمر پژوهشی شما دوستان جوان برسد که بتوانید مسائل بنیادی فیزیک را حل کنید و بتوانید روی مسائلی تحقیق کنید که به شما احساس تکنسین بودن ندهد.

سخن آخر؟

بنده چون هر سه مقطع تحصیلی را در دانشگاه شریف خوانده ام، به عنوان توصیه به دانشجویان فیزیک می گویم که ایده آل پژوهشی شما ایده آلی نیست که فرصت شغلی شما هم در آن وجود داشته باشد. بنده اکیدا توصیه می کنم که درس ها را عمیقا بخوانید ولی نیم نگاهی نیز به حوزه شغلی جهان هم داشته باشید و ببینید کجا بیشتر فرصت شغلی وجود دارد و داده های کیهان شناسی و فیزیک ذرات کجا هستند؟ تا بتوانید در دنیای فیزیک باقی بمانید و پژوهش کنید. هر چند که بودن در یک تیم هزار نفره آن لذت کار تئوری را ندارد اما برای بودن دنیای فیزیک و پژوهش باید به این تیم ها وارد شد. خوشبختانه مسیر کارهای پژوهشی نیز به این سمت دارد می رود، اما بسیاری از دانشجویان ما در وارد شدن به این تیم های بزرگ لختی دارند. همچنین در کنار این کارهای تیمی، خودتان نیز می توانید کارهای تئوری را پیگیری کنید. باز هم می گویم درس های فیزیک را عمیق یاد بگیرید، این یادگیری عمیق دروس باعث می شود مقالات علمی شما نیز عمیق باشد.

منابع

[۱] A. Einstein, "Über Gravitationswellen", Königlich Preußische Akademie der Wissenschaften (Berlin). Sitzungsberichte, 154–167

[۲] P. S. Laplace, "Exposition du système du monde", 1796.

[۳] A. Einstein, "On the General Theory of Relativity", Königlich Preußische Akademie der Wissenschaften (Berlin), 778-786.

[۴] A. Eddington, "The Total Eclipse of 1919 May 29 and the Influence of Gravitation on Light.", The Observatory 42, 119-122.

[^o] D. Finkelstein, “ Past-Future Asymmetry of the Gravitational Field of a Point Particle”, Phys. Rev. 110, 965.

[[¶]] R. Penrose, “Asymptotic Properties of Fields and Space-Times”, Phys. Rev. Lett. 10, 66.

[[∇]] R. Penrose, “Gravitational Collapse and Space-Time Singularities”, Phys. Rev. Lett. 14, 57.

[[^]] L. Parker, “Quantized Fields and Particle Creation in Expanding Universes”, Phys. Rev. 183, 1057.

[[¶]] S. W. Hawking, “Particle creation by black holes”, Commun. math. Phys. 43, 199—220.

[[∇] •] R. Penrose, “Gravitational collapse: the role of general relativity”, Nuovo Cimento Rivista Serie, vol. 1. p. 252.