نگاه

دستاوردهای نظری شاخص «استیون هاوکینگ»

عبور از سیاه‌چاله

احسان سنایی

محمدمهدی شیخ‌جباری*

اواخر اسفند ۹۶ فیزیک‌دان پرآوازه انگلیسی، استیون هاوکینگ، درگذشت. هاوکینگ از جهات مختلفی برای سال‌ها در سرخط اخبار جهانی بود. زندگی هاوکینگ به همه، به‌خصوص به جوانان و افراد با محدودیت‌های جسمی درس بزرگی می‌آموزد؛ به زبان خودش «جایی که زندگی هست، امید هست».

دانشگاه کمبریج در نزدیکی لندن یکی از قدیمی‌ترین دانشگاه‌های اروپا و جهان است که ۱۰ دیرباز نقش مهمی در شکل‌گیری دانش امروزین ما داشته و در قرون متمادی این نقش را حفظ کرده است. دانشگاه‌های در شکل کمبریج علاوه‌بر پیشبرد دانش، بستر شکل‌گیری و بالندگی مکاتب فکری و علمی در علوم مختلف بوده‌اند. در این بین کمبریج در رشته فیزیک - که رشته مربوط به این مقاله است - در بین سرآمدان جهانی بوده و هست. فیزیک نوین از بیش از چهار قرن گذشته و در دوره رنسانس و با گالیله در فلورانس شروع شد. آثار و ایده‌های گالیله بعد از چند دهه به انگلیس و شهر لندن رسید. در آنجا در جمعی که نیوتن سرآمد آنها بود، این ایده‌ها یخ‌تحتر شدند و قدمی بسیار جدی و بلند در فیزیک نوین با کتاب معروف نیوتن به نام «پرینسیپیا» در اواسط سال‌های ۱۶۰۰ میلادی برداشته شد. نیوتن استاد دانشگاه کمبریج بود. در همان سال‌ها انجمن علمی سلطنتی (معادل آکادمی یا فرهنگستان علوم در کشورهای دیگر) شکل گرفت و البته نیوتن هم عضو میرز آن بود. نیوتن - که به نظر نگارنده از بزرگ‌ترین دانشمندان حداقل ۵۰۰ سال اخیر است- علاوه‌بر قوانین مکانیک، قانون نیروی جاذبه (گرانش)- معروف به قانون عکس و مجذوری- را فرمول‌بندی کرد. نیوتن مکتبی علمی در فیزیک ارائه کرد. این مکتب فکری در فیزیک و به‌خصوص در حوزه گرانش از زمان نیوتن به‌بعد در کمبریج بالید و افراد شاخص متعددی از دل آن برآمدند. یکی از این افراد استیون هاوکینگ بود. هاوکینگ از سال ۱۹۶۲ و در ۲۱ سالگی که به‌عنوان دانشجوی تحصیلات تکمیلی وارد کمبریج شد تا ۱۴ مارس ۲۰۱۸ که فوت شد، در این دانشگاه مشغول بود. هاوکینگ با وجود مشکلات و محدودیت‌های جدی جسمی که پیش‌رو داشت، در تمامی این مدت بیش از نیم‌قرن، فعالیت‌های علمی خود را با جدیت ماندازدنی ادامه داد. در این مقاله زندگی علمی و آثار پژوهشی وی را مرور می‌کنیم. برای دادن تصویری مشجرتر از هاوکینگ کارهای علمی او را در شش بازه ۱۰ ساله تنظیم کرده‌ام.

هاوکینگ در دهه ۱۹۶۰: تکینگی‌ها در نسبیت عام

هاوکینگ در سال ۱۹۵۹ وارد کالج آکسفورد شد و دوره تحصیلات تکمیلی خود را در سال ۱۹۶۲ در دانشگاه کمبریج ادامه داد. در سال ۱۹۶۲ درحالی که فقط ۲۲ سال داشت، پزشکان ابتلای او به بیماری عصبی- حرکتی را تشخیص دادند و گفتند احتمالا تنها یک سال زنده است. این ابتلا منجر به مرور زمان و به این معروف کرد و (عنوان اشتباهی که در ایران به این معروف شد)، سایه‌چاله‌ها و عالم‌های نوزاد. بر شانه‌های غول‌ها، ساختار بزرگ مقیاس فضا-زمان و خداوند اعداد صحیح را آفرید. کتاب‌های هاوکینگ به دو دسته عمومی و دانشگاهی تقسیم می‌شوند. کتاب دانشگاهی معروف او با همکاری فیزیک‌دان شهیر راجر پنروز است و چند کتاب عمومی و اما عمیق‌ترش توسط نوشته شده است. دو کتاب جنجالی هم با لئونارد مولودینو تألیف کرده که ادعاهای نویسندگان بازتاب‌های وسیعی داشت.

سایه‌چاله‌ها جزء جذابی‌ناپذیر زندگی علمی و رسانه‌ای استاد فیزیک جاذبه‌ای کمبریج بوده‌اند. بین سال‌های ۱۹۶۵- ۱۹۷۰، هاوکینگ و پنروز مقاله تکنیکی در سیاه‌چاله‌ها را مطرح کردند. هاوکینگ درک شهودی بالایی داشت و پنروز مسلط به ریاضیات پیشرفته بود. به‌عنوان یک راه‌حل آنها اصل «سانسور کیهانی» را مطرح کردند. طبق این اصل، تکینگی یک سیاه‌چاله سانسور شده است؛ چون به فول هاوکینگ افق رویداد تکینگی را از دید ناظر خارج از افق خارج کرده است. هاوکینگ حتی سر سیاه‌چاله‌ها شرط‌بندی هم کرده بود. او شرط‌بندی بر سر وجود سیاه‌چاله‌ها در صورت فلکی «جاجه» را به همکارش و بردنده تایسن هاوکینگ است که به زبان ساده می‌گوید سیاه‌چاله‌ها آن‌قدرها هم عجیب نیستند.

مقالات علمی نیشته‌شده از او چیزی حدود ۲۴۰ مقاله است که تقریبا نیمی از آنها را به‌تنهایی نوشته و مابقی را با همکارانش یا بیش از ۴۰ دانشجوی دکترای‌اش مشترک کرده است. از میان تمام مقالاتش حدود ۳۰ مقاله آن بسیار معروف و از ارجاع بالایی برخوردارند. او با وجود معلولیت جسمی حاد سخنران زبردستی هم بود و سخنرانی‌های علمی مانده‌ای از هم اکنون کرده است که برخی از آنها عبارت‌اند از: درون سیاه‌چاله، سیاه‌چاله، کوردل و یک فیزیک. اعوجاج فضا و زمان، آیا خدا تاس می‌ریزد؟، آغاز زمان و جهان.

هاوکینگ در دهه‌های خارج از علم

هاوکینگ، با تحلیل‌گری اثرات کوانتومی افق سیاه‌چاله جایی است که ذره تولید می‌کند و این ذرات به بیرون نشانی می‌شوند. تابش هاوکینگ و افق افق آتی کاملا منطبق بر تصویر ترمودینامیکی از سیاه‌چاله است: هم‌ارزی افق سیاه‌چاله هم مانند سیستم ترمودینامیکی دارای روش‌های مختلفی برای محاسبه آن تابش هاوکینگ ابداع شده و در سطح نظری کاملا تثبیت است. این ابرا نما عمل از سطح مساحت و حجم دیده شده است. تقریبا بلافاصله با انتشار نتایج تابش هاوکینگ به کمک دوستان نزدیک و فامیل دنیا به کیهان‌شناسی اهمیت ویژه‌ای داده و اوضاع او را برای بقیه ترجمه کند. در همین سال‌ها به علت معلولیت حرکتی، رفته‌رفته به محل کارش در دانشگاه کمبریج که به داشتن ساختمان‌های قدیمی شهره است، با منفذ تیز همراه بود. دانشگاه کمبریج امکان تردد صندلی چرخدار را نداشت. کارزاری که هاوکینگ و همسر اولش به راه انداختند، منجر به تامین منابع مالی برای ایجاد راه‌های مخصوص معلولان در دانشگاه کمبریج شد.

> در بیش از ۵۰ سال کار پژوهشی هاوکینگ حدود ۲۰۰ مقاله در مجلات معتبر پژوهشی و ۱۷ جلد کتاب به چاپ رساند. اگر برای ۱ معیارهای تاثیرگذاری مقالات را تعداد ارجاعات به مقاله بدانیم، او ۴۰ مقاله با ارجاع بیش از ۲۵۰ مورد دارد و متوسط ارجاع به هر مقاله او حدود ۳۰۰ است که البته آمار بسیار بسیار بالایی است. از این نظر او یکی از سرآمدترین و تاثیرگذارترین فیزیک‌دان‌های عصر حاضر است

دهه ۱۹۷۰: تکوین فرمول‌بندی ترمودینامیک سیاه‌چاله‌ها

در این دهه هاوکینگ بیشتر به موضوع سیاه‌چاله‌ها پرداخت. از دید وی در این دوره، سیاه‌چاله‌ها که جواهایی شاخته‌شده از معادلات نسبیت عام بودند به علت داشتن تکینگی و خواص عجیب دیگر نمی‌توانستند در جهان واقع وجود داشته باشند (هرچند نادرستی این عقیده با مشاهدات رصدی در دهه ۱۹۸۰ و بعد از آن تثبیت شد). با وجود این وی مطالعه روی سیاه‌چاله‌ها را ضروری می‌دانست زیرا آن را پنجره‌ای برای درک عمیق‌تر مسئله تکینگی‌ها در نسبیت عام و احتمالا دریچه‌ای برای اصلاح نسبیت عام و تلفیق آن با نظریه کوانتوم می‌دانست. هاوکینگ سیاه‌چاله‌ها را از جنبه‌های مختلفی مورد مطالعه قرار داد. مثلا برخورد سیاه‌چاله‌ها با هم یا برخورد و پراکنده‌شدن ماده یا امواج الکترومغناطیسی یا گرانشی از سیاه‌چاله‌ها. این مطالعات وی و همکارانش را به تشابه بسیار زیاد بین سیاه‌چاله‌ها و سیستم‌های ترمودینامیکی (گرمایی) رسانند. سیاه‌چاله‌ها از دید ناظری که بیرون افق آن نشسته، مانند یک سیستم گرمایی معمول دارای دما، انتروپی، انرژی و... است و از قوانین معمول ترمودینامیک پیروی می‌کند. این تصویر البته مکمل تصویر سیاه‌چاله به عنوان جوابی از نسبیت عام است که دارای افق است. امروزه و با تکمیل مطالعات مختلف تصویر ترمودینامیک سیاه‌چاله‌ها - در سطح نظری و نه در رصد و مشاهده- کاملا تثبیت شده است. در سال ۱۹۷۳ با همکاری جوزج الیس، هاوکینگ اولین کتاب خود را با نام «ساختار بزرگ مقیاس عالَم» منتشر کرد. این کتاب به مطالعه جواب‌های نسبیت عام و خواص آنها می‌پردازد و امروز از مراجع استاندارد در این حوزه از فیزیک به شمار می‌رود. سال‌های ۷۵-۱۹۷۳ هاوکینگ بر یک دو افق سیاه‌چاله جایی است که خواص ترمودینامیکی آن از آنجا ناشی می‌شود و تمرکز خود را از تکینگی (که عموما پشت افق نشسته و از دید ناظر بیرون سیاه‌چاله پنهان است) به افق سیاه‌چاله معطوف کرد. نتیجه این مطالعات بسیار هیجان‌انگیز و غیرمنتظره بود: تابش هاوکینگ. با لحاظ‌کردن اثرات کوانتومی افق سیاه‌چاله جایی است که ذره تولید می‌کند و این ذرات به بیرون نشانی می‌شوند. تابش هاوکینگ و افق افق آتی کاملا منطبق بر تصویر ترمودینامیکی از سیاه‌چاله است: هم‌ارزی افق سیاه‌چاله هم مانند سیستم گرمایی معمول دارای دما، انتروپی، انرژی و... است و از قوانین معمول ترمودینامیک پیروی می‌کند. این تصویر البته مکمل تصویر سیاه‌چاله به عنوان جوابی از نسبیت عام است که دارای افق است. امروزه و با تکمیل مطالعات مختلف تصویر ترمودینامیک سیاه‌چاله‌ها - در سطح نظری و نه در رصد و مشاهده- کاملا تثبیت شده است. در سال ۱۹۷۳ با همکاری جوزج الیس، هاوکینگ اولین کتاب خود را با نام «ساختار بزرگ مقیاس عالَم» منتشر کرد. این کتاب به مطالعه جواب‌های نسبیت عام و خواص آنها می‌پردازد و امروز از مراجع استاندارد در این حوزه از فیزیک به شمار می‌رود. سال‌های ۷۵-۱۹۷۳ هاوکینگ بر یک دو افق سیاه‌چاله جایی است که خواص ترمودینامیکی آن از آنجا ناشی می‌شود و تمرکز خود را از تکینگی (که عموما پشت افق نشسته و از دید ناظر بیرون سیاه‌چاله پنهان است) به افق سیاه‌چاله معطوف کرد. نتیجه این مطالعات بسیار هیجان‌انگیز و غیرمنتظره بود: تابش هاوکینگ. با لحاظ‌کردن اثرات کوانتومی افق سیاه‌چاله جایی است که ذره تولید می‌کند و این ذرات به بیرون نشانی می‌شوند. تابش هاوکینگ و افق افق آتی کاملا منطبق بر تصویر ترمودینامیکی از سیاه‌چاله است: هم‌ارزی افق سیاه‌چاله هم مانند سیستم گرمایی معمول دارای دما، انتروپی، انرژی و... است و از قوانین معمول ترمودینامیک پیروی می‌کند. کتاب دانشگاهی معروف او با همکاری فیزیک‌دان شهیر راجر پنروز است و چند کتاب عمومی‌تر و اما عمیق‌ترش توسط نوشته شده است. دو کتاب جنجالی هم با لئونارد مولودینو تألیف کرده که ادعاهای نویسندگان بازتاب‌های وسیعی داشت.

سایه‌چاله‌ها جزء جذابی‌ناپذیر زندگی علمی و رسانه‌ای استاد فیزیک جاذبه‌ای کمبریج بوده‌اند. بین سال‌های ۱۹۶۵- ۱۹۷۰، هاوکینگ و پنروز مقاله تکنیکی در سیاه‌چاله‌ها را مطرح کردند. هاوکینگ درک شهودی بالایی داشت و پنروز مسلط به ریاضیات پیشرفته بود. به‌عنوان یک راه‌حل آنها اصل «سانسور کیهانی» را مطرح کردند. طبق این اصل، تکینگی یک سیاه‌چاله سانسور شده است؛ چون به فول هاوکینگ افق رویداد تکینگی را از دید ناظر خارج از افق خارج کرده است. هاوکینگ حتی سر سیاه‌چاله‌ها شرط‌بندی هم کرده بود. او شرط‌بندی بر سر وجود سیاه‌چاله‌ها در صورت فلکی «جاجه» را به همکارش و برنده تایسن هاوکینگ است که به زبان ساده می‌گوید سیاه‌چاله‌ها آن‌قدرها هم عجیب نیستند.

مقالات علمی نیشته‌شده از او چیزی حدود ۲۴۰ مقاله است که تقریبا نیمی از آنها را به‌تنهایی نوشته و مابقی را با همکارانش یا بیش از ۴۰ دانشجوی دکترای‌اش مشترک کرده است. از میان تمام مقالاتش حدود ۳۰ مقاله آن بسیار معروف و از ارجاع بالایی برخوردارند. او با وجود معلولیت جسمی حاد سخنران زبردستی هم بود و سخنرانی‌های علمی ماندگاری هم اکنون کرده است که برخی از آنها عبارت‌اند از: درون سیاه‌چاله، سیاه‌چاله، کوردل و یک فیزیک. اعوجاج فضا و زمان، آیا خدا تاس می‌ریزد؟، آغاز زمان و جهان.

هاوکینگ در دهه‌های خارج از علم

هاوکینگ، در دوران شکوفایی هاوکینگ، دانشمند نامدار کم نداشت؛ کمااینکه دیگر کشورهای پیشرو در اختراع‌پذیری‌اش به‌حاشیه و متین‌کب نه دوران بسیاری‌اش هم به اوکمک شایانی کرد. دکترایش را به اتمام رساند. نام آن استاد فقید که محیطی پرشور و پر از سؤالات چالش‌برانگیز برای دانشجویانش فراهم می‌کرد، بروفسور دنیس ویلیام. شاید بود، یا احتالی یهودی-سوریای شاهد دکترایش را به سال ۱۹۵۳ زیر نظر فریدک‌دن شهیر. یل دیاری دریافت کرده بود.

- جین وایلد اولین همسر هاوکینگ بود که به سال ۱۹۶۳- از هنگام که ۲۱ سالگی اولین عوارض بیماری او آشکار شده بود، با او نامزد شد و رسالت خود را مراقبت از همسر فیزیک‌دان در مناقق کمبریج در تابستان ۱۹۶۵ هاوکینگ دکترایش را تمام کرد و موفق به کسب بورس تحقیقاتی شد. در همان تابستان آن دو ازدواج کردند و به خانه‌ای ساده در حوالی محل کار هاوکینگ نقل مکان کردند. اولین فرزندشان، رابرت، دو سال بعد به دنیا آمد. طبق این اصل، تکینگی یک سیاه‌چاله سانسور شده است؛ چون به فول هاوکینگ افق رویداد تکینگی را از دید ناظر خارج از افق خارج کرده است. هاوکینگ حتی سر سیاه‌چاله‌ها شرط‌بندی هم کرده بود. او شرط‌بندی بر سر وجود سیاه‌چاله‌ها در صورت فلکی «جاجه» را به همکارش و برنده تایسن هاوکینگ است که به زبان ساده می‌گوید سیاه‌چاله‌ها آن‌قدرها هم عجیب نیستند.

- مقالات علمی نیشته‌شده از او چیزی حدود ۲۴۰مقاله است که تقریبا نیمی از آنها را به‌تنهایی نوشته و مابقی را با همکارانش یا بیش از ۴۰ دانشجوی دکترای‌اش مشترک کرده است. از میان تمام مقالاتش حدود ۳۰ مقاله آن بسیار معروف و از ارجاع بالایی برخوردارند. او با وجود معلولیت جسمی حاد سخنران زبردستی هم بود و سخنرانی‌های علمی ماندگاری هم اکنون کرده است که برخی از آنها عبارت‌اند از: درون سیاه‌چاله، سیاه‌چاله، کوردل و یک فیزیک. اعوجاج فضا و زمان، آیا خدا تاس می‌ریزد؟، آغاز زمان و جهان.

۳- هاوکینگ در دنیای علم

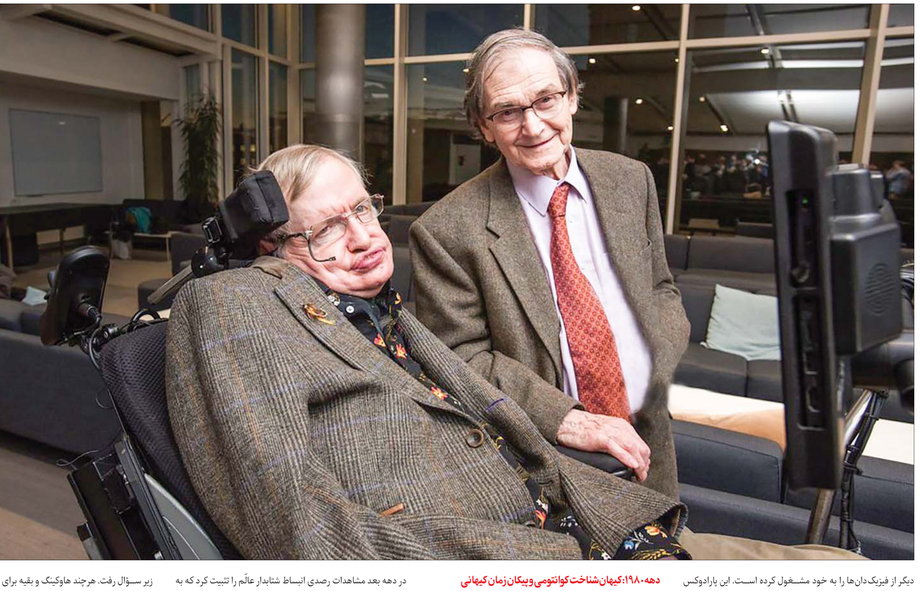
- عنوان پایان‌نامه هاوکینگ «ویژگی‌های انبساط [عالَم]» است که در چهار فصل تنظیم شده است. فصل اول به نظریه گرانشی گیلبی-نالریکار می‌پردازد. فصل دوم به اختلالات و فصل بعدی به تابش گرانشی در عالَم در حال انبساط اختصاص دارد. در فصل آخر به «تکینگی‌ها» پرداخته است؛ موضوعی که تا پایان عمر با آن دست‌به‌گریبان بود.

- در تارنمای شخصی هاوکینگ ۱۵ کتاب تألیفی را او ثبت شده است که عبارت‌اند از: داستان [زندگی‌نامه] کوتاه من. طرح بزرگ. تاریخچه زمان. تاریخچه کوتاهتر زمان. سیاه‌چاله‌ها: سخنرانی‌هایی در نیکاه ساخن‌برکتبی برتانیا. بی‌سی. تیوری همه‌چیز و اما‌ی‌اس‌ال‌اس) به امید شاگردی ڈیل وارد کمبریج شد... اما درنهایت تحت راهنمایی دیگر از فیزیک‌دان‌ها را به خود مشغول کرده است. این پاردوکس از مسائل جنجالی و مطرح در حوزه فیزیک نظری به‌خصوص فصل مشترک نظریه کوانتوم و نسبیت عام است. در دهه ۱۹۲۰ و سال‌های بعد از آن با وجود سخنی‌های جسمی و حرکتی، هاوکینگ دانشجویان متعددی را در دوره دکترا هدایت و نظری کرد که بسیاری از آنها خود فیزیک‌دان‌های مبرز و نامی در این حوزه شده‌اند. به لحاظ سلامت در ایدی دهه هاوکینگ قدرت خود را نیز به مرور از دست داد و دیگر قادر به پا دادن کلمات و درست کلمات نبود و برای ارتباط کلامی نیاز به کمک دوستان نزدیک و فامیل داشت که بتوانند اصوات به نجاری وضع او را برای بقیه ترجمه کنند. در همین سال‌ها به علت معلولیت حرکتی، رفته‌رفته به محل کارش در دانشگاه کمبریج که به داشتن ساختمان‌های قدیمی شهره است، با منفذ تیز همراه بود. دانشگاه کمبریج امکان تردد صندلی چرخدار را نداشت. کارزاری که هاوکینگ و همسر اولش به راه انداختند، منجر به تامین منابع مالی برای ایجاد راه‌های مخصوص معلولان در دانشگاه کمبریج شد.

> در بیش از ۵۰ سال کار پژوهشی هاوکینگ حدود ۲۰۰ مقاله در مجلات معتبر پژوهشی و ۱۷ جلد کتاب به چاپ رساند. اگر برای ۱ معیارهای تاثیرگذاری مقالات را تعداد ارجاعات به مقاله بدانیم، او ۴۰ مقاله با ارجاع بیش از ۲۵۰ مورد دارد و متوسط ارجاع به هر مقاله او حدود ۳۰۰ است که البته آمار بسیار بسیار بالایی است. از این نظر او یکی از سرآمدترین و تاثیرگذارترین فیزیک‌دان‌های عصر حاضر است

دهه ۱۹۸۰: کیهان‌شناخت کوانتومی و پیکان زمان کیهانی

کقشیم که نتایج تحقیقات دهه ۱۹۷۰ در مورد سیاه‌چاله‌ها به معمای اطلاعات انجامید که نشان‌دهنده معضلی عمیق در فهم ما از نظریه کوانتوم و نسبیت عام است. تلاش‌های اولیه برای حل این معضل به جایی نبرد و هاوکینگ سعی کرد این مسئله را بر مسیری آراعتر دنبال کند. پس در این مرحله بیشتر به مسئله تلفیق و اهمیت نظریه کوانتوم و کیهان‌شناسی روی آورد. از دید هاوکینگ تکینگی مهبانگ که بیشتر به آن اشاره شد، راه‌حلی در چارچوب نسبیت عام نداشت و برای حل آن نیاز به نظریه کوانتوم بود. سپه این تریب او و دانشجویانش به ارائه مدل‌های کیهان‌شناخت کوانتومی پرداختند که در آن مهبانگ وجود نداشت. در همین دهه بود که مدل تورم کیهانی ارائه شد. هرچند هاوکینگ در ارائه مدل تورم نقش مستقیمی نداشت. مدل اولیه تورم کیهانی که توسط آلن گوث ارائه شد، متأثر از مدل‌های هاوکینگ و دانشجویانش بود. در همین دوره هاوکینگ مقالاتی نوشت که در آنها استدلال می‌کرد «ثابت کیهان‌شناسی احتمالا صفر است.



استیون هاوکینگ در کنار همسرش جین و فرزندش لیمی، رابرت و تیم

بازخوانی ۶ دهه زندگی علمی و آثار پژوهشی «استیون هاوکینگ»

در گرامیداشت فیزیک‌دانی برجسته و ماندگار

«هاوکینگ» علاوه‌بر جاپ مقالات و تربیت دانشجویان بسیار شاخص، در تکوین دیدگاه و مکتب فکری نوین در حوزه گرانش و کیهان‌شناسی نقشی تأثیرگذار داشت

دهه ۱۹۹۰: بازگشت دوباره به مسئله سیاه‌چاله‌ها

در این دهه هاوکینگ و گروه پژوهشی وی مسائل دهه قبل در حوزه کیهان‌شناسی جهان اولیه را که پیش‌تر بحث شد، ادامه دادند. اما با توجه به اینکه در تحول جهان اولیه سیاه‌چاله‌ها امکان ایجاد در سطح وسیع داشتند، دوباره مسئله سیاه‌چاله‌ها این بار در حوزه کیهانی مطرح شدند. در دهه ۱۹۹۰ هاوکینگ به مطالعه مسئله پیکان زمان ادامه داد و سعی کرد مسئله ماشین زمان و عقب‌رفتن در زمان در چارچوب نسبیت عام را فرمول‌بندی و مطالعه کند. نتیجه آن اثبات قضیه حفظ ترتیب زمانی در سال ۱۹۹۴ بود. با وجود مطالعه و چاپ چند مقاله در حوزه سیاه‌چاله‌ها هاوکینگ پیشرفتی در این مسئله نداشت. در اوایل سال ۱۹۹۸ دوگانی گرانش- نظریه میدان کوانتومی ارائه شد. این دوگانی (معادل‌بودن) از دل نظریه ریسمان درآمد و مطابق آن یک نظریه کوانتومی گرانش با یک نظریه میدان کوانتومی بدون حضور گرانش که در یک بعد فضا-زمانی پایین‌تر است، معادل است. یعنی مثلا گرانش در چهار بعد فضا-زمانی با یک نظریه میدان سه‌بعدی توصیف می‌شود. این دوگانی به ما کمک می‌کند که مسائل گرانشی -مانند مسائل سیاه‌چاله‌ها- را در چارچوبی مفاوت طرح و مطالعه کنیم. هاوکینگ هم از همان سال ۱۹۹۸ به اهمیت این دوگانی پی برد و با کمک دانشجویان خود مقالات چندی که به نظر من بیشتر برای درک بهتر خود این دوگانی و نحوه محاسبه در آن بود، نگاشت.

دهه ۲۰۰۰: دوره تثبیت تورم کیهانی وسعی بیشتر برحل باطل‌نمای اطلاعات

در اواخر دهه ۱۹۹۰ علاوه بر تکوین دوگانی گرانش- نظریه میدان در سطح نظری تحول مهمی در حوزه مشاهدات کیهان‌شناسی نیز رخ داد: انبساط شتابدار عالَم در مشاهدات تثبیت شد و بلافاصله در سال ۱۹۹۸ برای اولین‌بار آن جایزه نوبل دادند که نشان از اهمیت موضوع داشت. اینکه سایر کیهان‌شناس‌ها از کیهان‌شناس ها دور می‌شوند (انبساط عالَم) برای بیش از شش دهه موضوعی کاملا تثبیت شده بود، اما اینکه سرعت این انبساط ثابت است یا شتابدار روشن نبود. نتیجه مشاهدات که در سال ۱۹۹۸ تثبیت و ارائه شد، یعنی انبساط شتابدار با شتاب مثبت، برای بسیاری از فیزیک‌دان‌ها کاملا غیرمنتظره بود. این کشف روند فیزیک کیهان‌شناسی را به طرز عمیقی تحت تأثیر قرار داد و سؤالاتی نظیر «علت این انبساط شتابدار» و «تبعات آن برای مدل‌های جهان اولیه و همچنین تحول آینده عالَم» مسائل داغ این حوزه شدند. عامل ایجاد این انبساط «انرژی تاریک» نامیده شد که امروزه می‌دانیم حدود ۷۰ درصد محتوای انسرژی عالَم را در بر می‌گیرد. این مسئله به ثابت کیهان‌شناسی هم به طور مستقیم مربوط است. طبعا هاوکینگ هم در این برهه به این مسئله پرداخت و سعی کرد فرمول‌بندی از فیزیک کوانتومی در بس‌زمینه‌ای با ثابت کیهان‌شناسی مثبت ارائه کند. مشاهده کیهان‌شناختی مهم دیگر در دهه اول ۲۰۰۰ به افزایش چشمگیر دقت رصدی ثابت (مثلا نسبیت عالَم) به ما امکان جدی‌تر کردن ثابت‌های مدل تورم کیهانی شد. تابش زیرموج کیهانی در واقع به منزله عکسی است که از لحظه تولد کیهان گرفته شده و اطلاعات ارزشمندی از آن روز روی این تابش زیرموج ضبط شده، به واقع در این مشاهدات مدل «بدون مرز» خود و جیمز هارتل تلفیق شد. از دیگر کارهای او در این دهه تلاش برای حل مسئله باطل‌نمای اطلاعات و سیاه‌چاله‌ها با توسط کامپیوتر خوانده می‌شد. صدای این ماشین با لهجه آمریکایی بود و همان صوتی است که امروزه عموما هاوکینگ را با آن می‌شناسیم. در دهه‌های بعد این وسیله پایه ارتباط کلامی هاوکینگ با بقیه باقی ماند و نسخه‌های جدیدتر این دستگاه علاوه بر بانک واژگان و عبارات کامل‌تر حای بخش‌هایی از فرمول‌های فیزیک نیز بودند.

دهه ۲۰۱۰: بازگشت مجدد به مسئله اطلاعات و سیاه‌چاله‌ها

پس از چندین تلاش ناموفق و حتی ابدهای مختلف برای حل مسئله اطلاعات کوانتومی و سیاه‌چاله‌ها در دهه پایانی عمر خویش، هاوکینگ تلاش مضاعفی برای حل این مسئله کرد و چند ایده دیگر را مطرح کرد. ایده اول او دراین‌باره این بود که پاسخ مسئله اطلاعات در فرایند «رمیش گرانشی» یا درهم فروریختن گرانشی که باعث تشکیل سیاه‌چاله می‌شود، نهفته است: «این فرایند آشوبناک و بسیار متلاطم است. در این فرایند بازگشت‌ناپذیر به طور مؤثر اطلاعات گم می‌شود. همانند هواشناسی روی زمین که در هر تلاطم آب‌وهوایی اطلاعات به طور مؤثر اما در نه سطح بسیار بنیادی گم می‌شود». این ایده با وجود اینکه جالب بود، فرمول‌بندی دقیقی نشد و به‌همین‌علت مقبولیت چندانی هم نیافت. از سال ۲۰۱۵ او همراه دانشجوی سابقش مالکوم پری و ادی استرومینجر از دانشگاه هاروارد چند مقاله به چاپ رساندند و ایده جدیدی برای حل مسئله اطلاعات ارائه دادند. درسنی این ایده و اینکه واقعا جواب مسئله اطلاعات و تبخیر سیاه‌چاله‌ها را می‌دهد یا نه، هنوز محل پژوهش و واکاوی است. این جاب نیز روی نسخه‌ای ملهم از این ایده کار می‌کنم و امیدوارم که نسخه درست فرمول‌بندی‌شده این ایده جواب مسئله را بدهد. اخیرن مقاله هاوکینگ حدود دو هفته پیش از درگذشت او منتشر شد است؛ مقاله منتشر می‌تواند حس کشف چقدر هیجان‌انگیز است که درپایم زمان یک گستره نامحدود از گذشته بی‌نهایت تا آینده نامتناهی نیست، بلکه می‌تواند از جایی آغاز شود و همین دوروبر ما در محدوده‌ای از جهان به پایان برسد.

در سال‌های بعد با اینکه وضعیت جسمی هاوکینگ رو به وخامت گذاشت، او همچنان به اعمال کنترل‌کننده زمان فکر می‌کرد. او و سایر دانشمندان نشان دادند که اولا سیاه‌چاله‌ها خیلی انواع مختلفی ندارند و همگی موقع شکل‌گیری به صورت یک کره با یک دیسک درمی‌آیند و دوما در اطراف آنها سطحی کروی شکل می‌گیرد که دیگر یک نقطه نیست و نقطه سیاه‌چاله را از دید بیرون پنهان می‌کند.

او کشف کرد کره گرانش در این احرام جنان شدید است که هیچ‌چیز حتی نور نمی‌تواند از داخل این سطح بیرون بیاید. این کشف، کره گرانش نام گرفت. او همچنین ثابت کرد که اگر دو سیاه‌چاله با هم برخورد کنند، ولی اگر قوانین نسبیت، کوانتوم و ترمودینامیک درست باشند، در مجاورت این سطح پدیده‌ای رخ می‌دهند که سرانجام موجب می‌شوند سطح خارجی سیاه‌چاله از خود امواج حرارتی تابش کند. هر چیزی که به داخل سیاه‌چاله مسقوط کرده سرانجام در یا زود به صورت تابش حرارتی به جهان بازمی‌گردد. هاوکینگ جایزه نوبل نگرفت، ولی برای کسانی که به دستاوردهای علمی هاوکینگ نگاهی تحقیرآمیز دارند. یادآوری می‌کنیم کار هاوکینگ در بیش‌بینی این پرتوها به‌قدری جدی گرفته شد که ماه‌وارهای روباه‌ای آنها به نبال گذشت، کره جنوبی از انرژی جزیره‌ای از این تابش که امروز آن را تابش هاوکینگ می‌نامند، کشف شده است.

کار هاوکینگ در مورد تابش سیاه‌چاله‌ها از اولین تلاش‌هایی بود که در آنها مکانیک کوانتوم و نسبیت عام همزمان برای بررسی رفتار طبیعت اعمال شد. سپس خود او به فکر افتاد که مسئله را از مرور تابش مطلقه آغاز زمان در گذشته حل کند. با بررند. مطابق قضایای او و بر مبنای نسبیت عام کمیت‌های فیزیکی مربوط به فضا و زمان در شروع زمان همگی بی‌نهایت بودند و در آن نقطه خاص دیگر نمی‌شد محاسبه‌ای انجام داد و اوضاع را به روشنی دریافت. هاوکینگ با استفاده از تکنیک‌های ریاضی و با ترکیب نسبیت و کوانتوم پیشنهاد کرد که مخروز زمان می‌تواند شروعی داشته باشد. ولی در نقطه شروع همواز و بدون شکستگی و لبه و کرانه باشد. مثل وقتی که روی سطح یک کره از هر جهت به سمت قطب حرکت کنیم و به قطب رسیدیم و بیشتر به قطب شروع سطح کره است و قبل از قطب نداریم و لبه‌ای هم در قطب نیست. هاوکینگ این پیشنهاد را شرط بیکرانگی برای شروع جهان نامید. اگر چنین مدلی بر جهان ما منطبق باشد، جهان شرایط اولیه آغازین و هر چیزی را که قبل از شروع تصور کنیم لازم ندارد. خوشحتانه او به سرنوشت کلیکا گرفتار نشد.

در اوایل دهه ۱۳۶۰ که هاوکینگ در کمبریج دانشمند سرشناسی بود، مدل انفجار بزرگ برای جهان، مورد پذیرش عموم دانشمندان بود و به‌سرعت تکمیل می‌شد. هاوکینگ در کام‌های مهم بعدی، از جمله تکمیل مدل دوری انفجار بزرگ مشارکت داشت و مطالعات سازنده‌ای انجام داد.

بعد از آن به نوشتن علم برای عموم روی آورد و دغدغه‌هایش در مورد زمان را در کتاب معروف «تاریخچه زمان» ارائه کرد. این کتاب در طول ۲۰ سال در بیش از ۱۰ میلیون نسخه به ۳۳ زبان مختلف در دنیا منتشر شد و مورد توجه عمومی قرار گرفت. هاوکینگ همزمان با پژوهش‌های علمی کتاب «جهان در پوست کردو» را در دنیای کتاب کیلی منتشر کرد. سرانجام در سال ۱۳۹۱ آخرین نسخه از ایندیه‌هایش را در کتاب طرح بزرگ به دنیا ارائه کرد.

علاوه‌بر دغدغه در مورد ماهیت زمان، دور و نسته کیفری دیگر در سایر نوشته‌های هاوکینگ به چشم می‌خورد: واقع‌گرایی وابسته به مدل و مرگ فیلسفه. هاوکینگ اصرار داشت که دانشی علمی و درک ما از جهان همیشه در چارچوب مدل‌هایی است که ساخته‌ایم و ممکن نیست بتوانیم بگوئیم کدام‌یک از این مدل‌ها دقیقا بر جهان فیزیکی منطبق هستند. اما با این مدل‌ها فقط می‌توانیم مشاهداتمان را توضیح دهیم و پیش‌بینی‌هایی به همیشه بیاوریم. ولی اصلا معلوم نیست جهان خارج ذهن ما همان‌طوری باشد که در مدل‌هایمان فرض کرده‌ایم.

هاوکینگ همچنین ابراز کرد که «فلسفه اینک مرده است. فلسفه نتوانست پیشرفت‌های جدید در علم، مخصوصا فیزیک را تاب بیاورد». به نظر ما این جمله آن‌طور که منتقدان گفته‌اند انرژی منفی فلسفی نیست، بلکه از آنجا که بر اساس شواهد تاریخ اندیشه در ۲۵۰۰ سال اخیر بیان می‌شود، یک گزاره تجربی است. یکی از مدیران ارشد مرکز تحقیقات هسته‌ای اروپا (سرن) در مقدمه کتابش نقل‌قول می‌کند: «در این قرن آن‌قدر که فیزیک به فلسفه کمک کرده، فلسفه به خودش کمک نکرده است». شاید دهه LHC یک ماشین فلسفی است».

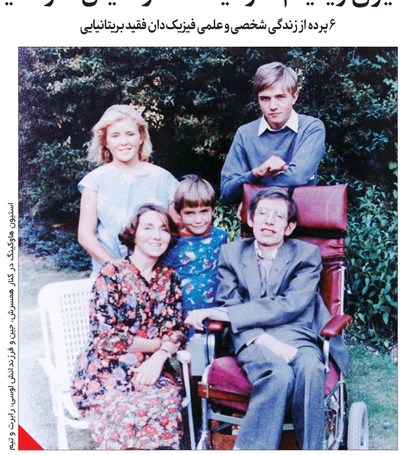
* محمد فتاحی

** علی هادیان

* عضو هیئت علمی پژوهشگاه دانش بنیادی و فرهنگستان علوم

«استیون ویلیام هاوکینگ»، از خیال تا واقعیت

۶ پرده از زندگی شخصی و علمی فیزیک‌دان فقید بریتانیایی



حسن فتاحی*

۱- استیون هاوکینگ که بود؟

- به سال ۱۹۴۲، هشت روز بعد از سال جدید و در میانه جنگ جهانی دوم، از فرانک و ایزوبل هاوکینگ، پسری به نام استیون ویلیام متولد شد که دو خواهر جوان‌تر از خودش داشت و یک برادر. پدرش پزشک بود و در مناطق گرمسیری به تحقیقاتی در انگل‌شناسی دست زده بود. مادرش هم با احالت اسکاتلندی از شهر کلاسگو. دانش‌آموخته دانشگاه پرآوازه آکسفورد بودند؛ هرچند از آنجا یکدیگر را ملاقات نکرده بودند.

- بعد از کوچ خانواده شش‌نفری‌اش قدکی از هاوکینگ به ش