

کوششی برای کشف اسرار دیرینه عالم: تأسیس یک پژوهشگاه جدید در ژاپن

از اول ماه اکتبر ۲۰۰۷ مرکز پژوهشی جدیدی در ژاپن آغاز به کار می‌کند که با توجه به تدارک گسترده‌ای که برای تأسیس آن به عمل آمده و دانشمندان برجسته‌ای که همکاری با آن را پذیرفته‌اند، به احتمال قوی یکی از مراکز عمده بین‌المللی برای پژوهش در ریاضیات، آمار، فیزیک نظری، و اخترشناسی خواهد بود. این پژوهشگاه به نام «انستیتوی فیزیک و ریاضیات عالم» Institute for the Physics and Mathematics of the Universe یا به اختصار، IPMU، در قالب برنامه‌ای دایر می‌شود که وزارت آموزش، فرهنگ، ورزش، علوم و فناوری ژاپن برای تأسیس مراکز پژوهشی درجه یک بین‌المللی در آن کشور در نظر گرفته است. طرح تأسیس IPMU یکی از پنج پیشنهادی است که مورد قبول آن وزارت خانه قرار گرفته است. دانشگاه کیوتوی ژاپن میزبان و پشتیبان جدی مؤسسه جدید خواهد بود و این موضوع به اضافه طرح جسورانه پیشنهادی که نوید بخش تأسیس پژوهشگاهی پرتحرک و پراعتبار است، از دلایل تصویب این طرح بوده است.

هدف از تأسیس «انستیتوی فیزیک و ریاضیات عالم» چنانکه هیتوشی مورایاما (Hitoshi Murayama) مدیر منتخب آن گفته است، تلاش برای حل معماهای اساسی و دیرپا درباره جهان هستی است، معماهایی از این قبیل که آغاز پیدایش عالم چگونه بوده است، عالم از چه چیزی ساخته شده است، سرنوشت آن چیست، قوانین بنیادی حاکم بر آن کدام‌اند، و ما چرا وجود داریم. پاسخگویی به این پرسش‌ها همان رُپایی است که اینستین می‌خواست از طریق «نظریه وحدت میدان‌ها» محقق شود.

پرداختن به این معماها در دوران قدیم فقط در قالب تفکر محض امکان پذیر بوده است اما امروز با پیدایش فناوری جدید و تکامل مدل‌های ریاضی امکانات بسیار گسترده‌ای برای کشف و کشف آنها وجود دارد. پژوهشگاه تازه تأسیس در جستجوی توصیف یکپارچه‌ای از عالم است و به نظر مورایاما مرکز تحقیقاتی منحصر به فردی در دنیا خواهد بود که رشته‌های متنوعی از ریاضیات تا فیزیک تجربی را برای پاسخگویی به پرسش‌های اساسی درباره جهان هستی به خدمت می‌گیرد. به علاوه، فهرست دانشوران برجسته‌ای که قرار است به عنوان پژوهشگران اصلی یا ارشد (Principal Investigators) در این مؤسسه کار کنند جاذبه‌ای برای آن ایجاد می‌کند که دانشمندان تراز اول دیگری را از گوشه و کنار جهان برمی‌انگیزد تا به عنوان میهمان یا همکار، به آنجا بیایند. بنابراین، احتمال

سانیف پژوهشهایی نیز در کیهان‌شناسی انجام داده که در پی بردن به وقایعی که در هنگام پیدایش عالم رخ داده است به ما کمک می‌کند. او به اتفاق یاکوف زلدوویچ، اخترشناس برجسته روس، تحقیقاتی اساسی در این زمینه انجام داده که مبنای اقدامات موفقیت‌آمیز امروزی برای تعیین مشخصات عالم با استفاده از تابش زمینه کیهانی است.

تابش زمینه کیهانی ناشی از دوره‌ای در چند صد هزار سال پس از مهبانگ است که عالم برای نخستین بار شفاف شد. نظریه مربوط به چگونگی این رویداد، بخش مهم کار سانیف و زلدوویچ را تشکیل می‌دهد. این پرتوها از آن زمان، بی‌وقفه، عالم را در نور دیده و امروز می‌توانیم آنها را به شکل میکروموج ببینیم. وقتی تابش زمینه کیهانی را مطالعه می‌کنیم، در واقع به ۱۴ میلیارد سال قبل می‌نگریم.

این تابش هرچند کاملاً یکنواخت نیست ولی سرنخ‌های مهمی درباره دوران اولیه پیدایش عالم به دست می‌دهد. امواج عظیم صوتی ناشی از مهبانگ، سراسر ماده داغ را در نور دیده و باعث تغییراتی در دمای تابش زمینه که اکنون می‌توانیم آن را ملاحظه کنیم، می‌شوند. با بررسی درجه تغییرات دما در مقیاس‌های متفاوت، می‌توانیم نتایجی درباره مشخصات عالم به دست آوریم. تأثیر امواج صوتی بر تابش زمینه را سانیف/زلدوویچ و پیل (P.J.E. Peeble برنده جایزه کرافورد در ۲۰۰۵) / یو (J.T. Yu) مستقل از هم در دهه ۱۹۷۰ پیش‌بینی کردند و محاسبات آنها به کمک مشاهداتی که به وسیله ماهواره و بالون انجام شده، تأیید شده است. مطالعه ساختار تابش زمینه کیهانی یکی از روش‌های فوق‌العاده مهم در کسب اطلاعات راجع به تاریخ اولیه عالم است.

با استفاده از تابش زمینه همچنین می‌توان دریافت که ماده عالم مدت‌ها پس از مهبانگ چگونه توزیع شده است. میلیاردها سال طول کشیده است تا ذرات یا فوتون‌های نور موجود در تابش زمینه، کهکشان‌ها و خوشه‌های کهکشانی را در نور دیده‌اند. فوتون‌ها ممکن است از خوشه‌های کهکشانی تأثیر گرفته باشند، مثلاً از طریق برخورد با الکترون‌ها در ابرهای داغی که بسیاری از این خوشه‌ها در احاطه آنها هستند. این اثر، اثر سانیف-زلدوویچ نامیده می‌شود و همراه با عوامل دیگری، به خصوص پرتوهای x ، می‌تواند سرنخ‌های مهمی از خصوصیات عالم به دست دهند. از اینها می‌توان برای اندازه‌گیری فواصل زمین تا خوشه کهکشانی کمک گرفت و اطلاعات بیشتری درباره ماده تاریک و انرژی تاریک به دست آورد که تصور می‌رود جزء مهمی از عالم را تشکیل می‌دهند ولی درباره آنها هنوز اطلاعات زیادی نداریم.

سانیف نظریه و مشاهده را با هم تلفیق کرده است. مشاهدات مربوط به تابش زمینه کیهانی و تابش پرنرژی گسیل شده از کیهان، که سانیف در آن پیشگام بوده است، یکی از مهمترین و پرجنب و جوش‌ترین حوزه‌های نجوم نوین است. سانیف در این سال‌ها نیز همچنان چهره‌ای پیشرو در این زمینه‌ها بوده است.

کردند و ریاضیدانان ثابت کردند، ابزار قدرتمندی برای محاسبه ناوردهای گروموفویتن خمینه‌های هم‌تافته (symplectic) به دست داد. با همکاری ریاضیدانان و فیزیکدانان، پرده از روابط شگفت‌انگیز این‌گونه محاسبات با نظریه پیمانهای، اینستاتون‌ها، سیستم‌های آماری انتگرال‌پذیر، و ترکیبیات برداشته شد. این مبحث امروز در هندسه بسیار پر جنب و جوش است و دو ریاضیدان (کوتسوویچ و آکونکوف) به خاطر تحقیق در آن نشان فیلدز — پراعترت‌ترین جایزه ریاضی — را گرفته‌اند (از سال ۱۹۹۰ به بعد، در حدود ۴۰٪ از برندگان فیلدز از کسانی بوده‌اند که در مباحثی بسیار مرتبط با نظریه میدان کوانتومی و نظریه ریمان کار کرده‌اند). هیروسی ائوگوری (Hirosi Ooguri) از پژوهشگران ارشد پژوهشگاه جدید (که از انستیتوی فناوری کالیفرنیا، کلتک، به IPMU می‌آید) جزو پیشگامان این مبحث در فیزیک است؛ وی با استفاده از ناوردهای گروموفویتن و ریاضیات وابسته به آن، تحقیقاتی در مسائل بنیادی وحدت میدان‌ها و گرانش کوانتومی کرده است.

یکی از مباحث مهمی که حاصل تلاقی پر بار فیزیک و ریاضیات است، آنالیز نامتناهی یعنی تحلیل سیستم‌هایی است که درجه آزادی بینهایت بعدی دارند. مبحث QCD (کرومودینامیک کوانتومی) که به توصیف برهمکنش‌های قوی ذرات بنیادی می‌پردازد نمونه‌ای از آنالیز نامتناهی است و نمونه دیگر آن، هندسه ریمانی است. آنالیز نامتناهی همچنین با آمار و هندسه تصادفی مرتبط است، مثلاً از روش‌های متعلق به نظریه میدان همدیس برای مطالعه هندسه تصادفی در مورد نوعی قدم زدن تصادفی استفاده کرده‌اند. (ونده‌لین ورنر سال گذشته به خاطر تحقیقاتی در حول و حوش این موضوع نشان فیلدز گرفت). تحقیقات در این زمینه ممکن است به یافتن ابزارهایی جدید بینجامد که به وسیله آنها بتوان از روی یافته‌های اختر فیزیکی و اطلاعات حاصل از شتاب دهنده‌ها، داده‌های هندسی را تحلیل کرد.

همکاری نزدیک فیزیکدانان و ریاضیدانان در ژاپن مسبقاً به سابقه است و از جمله، در اواخر دهه ۸۰ و اوایل دهه ۹۰، پژوهشگران علاقه‌مند به آنالیز متناهی در پروژه چهار ساله مشترکی که هزینه آن را JSPS (انجمن پیشرفت علم در ژاپن) تأمین کرد، همکاری بسیار پر بار داشتند. این پروژه به پروژه‌های مشترک دیگری بین ریاضیدانان و فیزیکدانان انجامید. از ثمرات این همکاری‌ها، شناسایی و پرورش استعداد‌های درخشان جدید در ریاضیات و فیزیک بود. حداقل ۱۰ دانشجوی دکتری فیزیک که با این پروژه‌ها ارتباط داشتند به ریاضیات روی آوردند و بعداً در بخش ریاضی دانشگاه‌های مهم ژاپن مشغول به کار شدند. چهارتن از پژوهشگران ارشد IPMU یعنی جیمبو (Jimbo)، کونو (Kohno)، و تسوشیا (Tsuchiya) از رشته ریاضی و ائوگوری از رشته فیزیک، جزو افراد فعال در پروژه JSPS بوده‌اند. خود مورایاما، مدیر IPMU، نیز در دوره تحصیلات تکمیلی در دانشگاه تحت تأثیر چنین جوی بود و دو مقاله تحقیقی اول او در زمینه روابط بین فیزیک و ریاضیات و در ادامه مقاله‌ای از وتین بود که او را برنده

می‌رود که این انستیتو بتواند پرده از پارادایم جدیدی درباره عالم بردارد، پارادایمی مبتنی بر یک چارچوب ریاضی جدید و داده‌های دقیقی که پژوهشگران IPMU فراهم خواهند آورد. نیاز به چنین پارادایم جدیدی در سال‌های اخیر بیش از پیش احساس می‌شود به خصوص که معلوم شده است برخلاف تصور قبلی، عالم مشخصاً از آن نوع ماده‌ای که به خوبی آن را می‌شناسیم، یعنی اتم‌ها، تشکیل نشده است. سهم اتم‌ها در ساختمان عالم کمتر از ۵٪ است. بقیه اجزای سازنده عالم عبارت‌اند از ماده تاریک (با سهم ۲۳٪) و انرژی تاریک (با سهم ۷۲٪). تصور می‌شود که همین انرژی تاریک علت انبساط پرشتاب عالم باشد. صفت «تاریک» در اینجا به این دلیل به کار می‌رود که این نوع ماده و انرژی نوری از خود گسیل نمی‌کنند و بنابراین نمی‌توانیم آنها را مستقیماً ببینیم. ماهیت آنها تا این زمان ناشناخته است. علاوه بر کشف اینکه جهان هستی اجزای ناشناخته‌ای دارد، معماهایی نیز درباره اجزایی که باید وجود داشته باشند ولی نمی‌توانیم آنها را ببینیم ذهن دانشمندان را به خود مشغول می‌کند. ضد ماده مسلماً در رویداد مهیانگ پدید آمده است و در آزمایشگاه هم می‌توان آن را تولید کرد ولی نمی‌توانیم آن را در عالم ببینیم. از آن گذشته، می‌دانیم که عالم ابررساناست و انواع خاصی از نیروهای کوتاه برد را ظرف یک بیلیونیم یک نانومتر به وجود می‌آورد. چگالی انرژی این ابررسانا باید با مؤلفه دیگری که هنوز ناشناخته است خنثی شود. همه این مشاهدات و مسائل، پارادایم جدیدی را درباره عالم، و در نتیجه ریاضیات و فیزیک جدیدی را، می‌طلبد؛ باید داده‌های جدید بسیاری به دست آورد، روش‌های آماری تازه‌ای برای تحلیل این داده‌ها (که در حد میلیارد‌ها مگابایت خواهد بود) ابداع کرد، نظریه‌های فیزیکی تازه‌ای برای فهم آنها ساخت، و ریاضیات جدیدی برای صورتبندی این نظریه‌ها پدید آورد.

فیزیک نظری برای پی بردن به رازهای مربوط به پیدایش عالم سخت نیازمند دستاوردهای جدید ریاضی در بالاترین سطح است. زمانی گالیله برای توصیف نقش حیاتی ریاضیات در شناخت عالم و قوانین بنیادی آن گفته بود که کتاب بزرگ عالم به زبان ریاضی نوشته شده و بدون دانستن این زبان نمی‌توان حتی یک کلمه از آن کتاب را فهمید. این توصیف امروز هم، با وضوح بیشتری، صادق است. در همین دو دهه گذشته، ابزارهای نظری جدیدی که ریاضیدانان ابداع کرده‌اند تأثیر بسیار زیادی در پیشرفت فیزیک ذرات داشته است و مثلاً به فیزیکدانان امکان داده است که اثرات قویاً جفت شده در نظریه میدان کوانتومی و نظریه ریمان را در سطحی که ۲۰ سال پیش قابل تصور نبود محاسبه کنند. از سوی دیگر، بسیاری از پیشرفت‌های مهم ریاضیات نیز از نیاز به صورتبندی مسائل و مفاهیم فیزیک ناشی شده است که مشهورترین نمونه آن، ابداع حسابان به دست نیوتن برای صورتبندی مکانیک است.

همین‌طور، پیشرفت در فیزیک الهام‌بخش تحرکات مهمی در ریاضیات بوده است که یکی از نمونه‌های جدید آن، تأثیر‌گذاری نظریه ریمان در هندسه است؛ مثلاً تقارن آینه‌ای، که آن را فیزیکدانان پیش‌بینی

نشان فیلدز کرد.

(monitoring) نیروگاه‌های هسته‌ای را امکان پذیر خواهد کرد. هدف دیگر، معکوس کردن جریان فرار مغزهاست (جالب است که کشوری مانند ژاپن هم با این مسئله روبه‌روست!).

مدیر مؤسسه که از دانشگاه برکلی در کالیفرنیا آمریکا به پژوهشگاه جدید منتقل شده و تاکنون توانسته است عده‌ای از نخبگان فیزیک و ریاضی را ترغیب کند که به IPMU بپیوندند، امیدوار است این روند ادامه یابد و جاذبه این مرکز عده زیادی از دانشوران برجسته ژاپنی و غیر ژاپنی را به آنجا بکشاند.

در ساختار IPMU، مسؤلیت نهایی تصمیم‌گیری در همه امور مالی، پرسنلی، تأسیسات و تجهیزات، و انتخاب نهایی افراد برای پست دکتری و استادی، برعهده مدیر پژوهشگاه است و دو معاون او را در اجرای وظایف یاری می‌کنند. مدیر اجرایی پژوهشگاه نظارت بر هزینه‌ها، امور اداری و تأمین آسایش دانشوران عضو مؤسسه را به عهده خواهد داشت. کمیته مشاوران علمی مدیر مرکب از پنج تن از پژوهشگران ارشد به انتخاب خود اوست و نظرات خود را درباره طرح ریزی بودجه و جهت‌گیری‌های علمی در اختیار مدیر خواهد گذاشت ولی نقش آن صرفاً مشورتی است و تصمیم‌گیرنده نهایی شخص مدیر است. پژوهشگران ارشد استقلال زیادی در تحقیقات خود خواهند داشت و می‌توانند استخدام افرادی را برای پست دکتری یا استادی به مدیر پیشنهاد کنند. موافقت مدیر با این پیشنهادها بر اساس اولویت‌هایی صورت می‌گیرد که تعیین کرده است و در صورت لزوم با کمیته مشاوران علمی مشورت می‌کند. همچنین، این مؤسسه دارای یک شورای مشاوران خارجی است. این شورا هر سال فعالیت‌های پژوهشگاه را بررسی می‌کند و رهنمودهایی درباره اولویت‌های علمی و فعالیت‌های پژوهشی به مدیر می‌دهد. از وظایف دیگر مدیر مؤسسه، ترغیب دانشوران جوان و مستعد برای پیوستن به IPMU و اطلاع‌رسانی به جامعه علمی و عموم مردم درباره فعالیت‌های پژوهشگاه است.

دانشگاه کیوتو در پردیس کاشیوا (Kashiwa)ی خود ساختمان پژوهشی جدیدی برای IPMU ساخته است. نخستین سمپوزیم بین‌المللی پژوهشگاه در ماه مارس آینده برگزار می‌شود و به دنبال آن کارگاه‌های بین‌المللی متعددی در آنجا برپا خواهد شد.

www.ipmu.jp

* منبع:

توسعه و تقویت همکاری بین ریاضیدانان و فیزیکدانان و دامن زدن به تعامل این دو رشته، که بی‌تردید اثرات بسیار مفیدی بر هر دو رشته خواهد داشت، در مرکز توجه دست‌اندرکاران IPMU است.

پژوهش‌های تجربی در IPMU شامل آزمایش‌های زیرزمینی و آسمانی (فضایی)، و آزمایش با شتاب‌دهنده‌ها خواهد بود. در این آزمایش‌ها، دانشمندان از تلسکوپ عظیم سوپارو که در ژاپن برای به اصطلاح «رصد کردن» بخش تاریک عالم ساخته شده، و نیز از برخورد دهنده بزرگ هادرون (LHC) در اروپا که برای شبیه‌سازی شرایط مهبانگ، پروتون‌ها را با انرژی‌های فوق‌العاده زیاد خرد می‌کند، استفاده خواهند کرد. همچنین از آزمایش Super Kamiokande برای شناخت بهتر نوترینو‌ها و معمای نبود ضد ماده در عالم، و شروع آزمایش‌های تازه (مثلاً برای کشف هویت ماده تاریک) بهره خواهند گرفت. علاوه بر این رویکرد تجربی همه‌جانبه به رازهای عالم، پژوهشگاه تازه تأسیس از طریق تلفیق فیزیک نظری و ریاضیات پیشرفته به بررسی و پیگیری نظریه‌های جدید درباره عالم خواهد پرداخت.

گذشته از این هدف‌ها، دست‌اندرکاران پژوهشگاه امیدوارند کشفیاتی که در IPMU در زمینه معماهای اساسی جهان هستی انجام می‌شود برای دانش‌آموزان و دانشجویان ژاپنی شوق‌انگیز و الهام‌بخش باشد و آنها را به تحصیل در ریاضیات و علوم ترغیب کند. پژوهشگاه خواهد کوشید کشفیات مهیج علمی را به اطلاع عموم برساند و آگاهی عمومی از ریاضیات و فیزیک را از طریق سخنرانی‌های عمومی، همکاری با رسانه‌های همگانی (مثلاً شوهای تلویزیونی و برنامه‌های رادیویی)، و مشارکت در آموزش محصلان در مؤسسات آموزشی وابسته، ترویج کند. در زمینه اطلاع‌رسانی درباره اکتشافات علمی و پیشرفت‌های فناوری، کشور ژاپن کارنامه بهتری از ایالات متحده آمریکا دارد. به علاوه، به نظر مدیر IPMU، روش‌ها و فنونی که بر اثر تحقیق در این پژوهشگاه به دست خواهد آمد به احتمال قوی در سایر عرصه‌های اجتماع هم مفید خواهد بود. مثلاً روش‌های تازه در بررسی داده‌های بزرگ مقیاس که از اخترشناسی و شتاب‌دهنده‌ها حاصل می‌شوند، در بررسی داده‌های مربوط به زیست‌شناسی و بازارهای مالی مفید واقع خواهد شد یا ابزارهایی که برای آزمایش‌های جدید ساخته می‌شود به کار صنعت خواهد آمد. مثلاً پیشرفت آتی آشکارسازهای نوترینو، پایش