مشاهدهٔ چشمه‌های نقطه‌ای گاما در مرکز کهکشان

گفتگو با دکتر جلال صمیمی

دکتر جلال صمیمی استاد فیزیک دانشگاه صنعتی شریف و محقق در زمینهٔ اخترشناسی و نجوم گاما؛ تحقیقی پیرامون «وجود چشمه‌های نقطه‌ای گاما در ناحیهٔ مرکز کهکشان و عدم وجود ابر سیاهچاله در مرکز دینامیکی کهکشان» انجام داده‌اند که مورد توجه محافل علمی بین‌المللی قرار گرفته است. نظر به اهمیت مسئله و برای آگاهی از نقطه نظرات ایشان، گفتگویی ترتیب دادیم که متن این گفتگو را در زیر می‌خوانید.

● **اخیراً جنابعالی با استفاده از داده‌های تجربی در زمینهٔ نجوم پرتو گاما وجود چندین چشمهٔ نقطه‌ای در ناحیهٔ مرکز کهکشان را که تاکنون رصد نشده بود اعلام کرده‌اید، به منظور آشنایی خوانندگان لطفا مختصری راجع به اهمیت نجوم پرتو گاما توضیح دهید.**

تا قبل از قرن حاضر، ستاره‌شناسان برای مطالعهٔ اجرام سماوی و فضای بین ستاره‌ها، تنها از نوری که به زمین می‌رسید استفاده می‌کردند. به بیان دیگر، تنها «پنجرهٔ نوری» رو به آسمان گشوده بود. با اختراع رادیو و رادار «پنجرهٔ رادیویی» گشوده شد و بالاخره با توسعه و تکامل تکنیکهای آشکارسازی سایر امواج الکترومغناطیسی و گشوده شدن پنجره‌های دیگری به سوی آسمان، فعالیت در دیگر شاخه‌های نجوم آغاز شد. شروع تحقیقات در زمینهٔ نجوم «انرژیهای زیاد»، نه تنها مستلزم تکامل آشکارسازهای پرتوهای ایکس و گاما (تلسکوپهای ایکس و گاما) بود، بلکه به علت جذب این پرتوها در جو، به فنون فضا (موشک، بالن، ماهواره) نیز نیاز داشت. در بیست سال اخیر؛ نجوم پرتو گاما نه تنها به عنوان یکی از شاخه‌های نجوم رصدی برای خود جای باز کرده بلکه رشد فعالیت در این زمینه نیز بسیار چشمگیر بوده است. اهمیت عمدهٔ نجوم پرتو گاما به این امر مربوط می‌شود که پرتو گاما، پرانرژی‌ترین پرتو الکترومغناطیسی است و در تولید آن نیز پرانرژی‌ترین مکانیسمها و فرایندهای فیزیکی دخالت دارند. وقوع چنین فرایندهای پرانرژی در برهمکنشهای ذرات باردار کیهانی، در فضای بین ستارگان و همچنین در اطراف اجرام نجومی مهمی، مانند ابر نواخترها، ستاره‌های کوتولهٔ سفید و نوترونی و سیاهچاله‌ها و یا در مراکز کهکشانها امکان می‌یابد. برای فیزیکدانها فرایندهای پرانرژی از نظر بنیادی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. به طوری که در آینده حتی اگر تمامی امکانات کرهٔ زمین هم برای ساخت شتاب‌دهنده‌ایی برای مطالعهٔ فرایندهای پرانرژی به کار رود، باز هم فرایندهای پرانرژی‌تر طبیعت با نجوم پرتو گاما رصد و مطالعه خواهند شد.

● **ناحیهٔ مرکز کهکشان دهها سال است که مورد توجه اخترشناسان قرار گرفته است. ویژگیهای متمایزکنندهٔ این ناحیه چه بوده و تاکنون رصدهای انجام شده توسط دیگران چه نتایجی دربرداشته است؟**

خورشید و تمامی مجموعهٔ صد میلیارد ستاره‌ای که کهکشان ما (راه شیری) را تشکیل می‌دهند، به دور مرکز دینامیکی مجموعه (مرکز کهکشان) در گردش هستند. از طرفی تجمع ستارگان و همچنین «مادهٔ بین ستاره‌ای» در مرکز کهکشان بیشتر از نواحی دور از مرکز است؛ بنابراین طبیعی است که مرکز کهکشان مورد توجه اخترشناسان قرار بگیرد. ولی آنچه در دو دههٔ اخیر موجب توجه بیشتری شده، نتایج رصدهایی است که در نجوم رادیویی و نجوم پرتوهای ایکس و گاما به عمل آمده است. یکی از تعبیرهای معمول از رصدهای رادیویی آن است که شاید در مرکز کهکشان ما یک ابر سیاهچاله ـ به جرم صدها میلیون برابر جرم خورشید ـ وجود داشته باشد. در نجوم پرتو ایکس مشاهده شده است که مرکز بعضی از کهکشانهای دیگر نیز بسیار فعّال است و گسیل شدید پرتو ایکس از این مراکز فعّال، به وجود ابر سیاهچاله در مرکز آن کهکشانها تعبیر شده است. در پرتو ایکس و پرتو گاما شدیدترین تابش از ناحیهٔ مرکز کهکشان ما می‌آید و تابش ۵۱۱KeV ـ مربوط به انهدام زوج الکترون پزیترون ـ نیز از همین سمت بوده است و تصور می‌شد که از مرکز دینامیکی کهکشان ما است.

● **ظاهراً مطالعات شما در گسترهٔ انرژی میانه یعنی MeV ۱۰ تا Gev ۱ بوده است، این محدودهٔ انرژی چه خصوصیاتی دارد؟**

پرتوهای گامایی که انرژی آنها کمتر از حدود MeV ۱۰ باشد عموماً در گذارها و فرایندهای هسته‌ای تولید می‌شوند و تولید پرتوهای گامای با بیش از MeV ۱۰، مستلزم مکانیسمهای دیگری است که مهم‌ترین این

مکانیسمها عبارتند از: تابش جسم سیاه از پلاسمایی با دمایی بیش از $10^{10}K$، تابش ترمزی از ذرات باردار، تابش ترمزی مغناطیسی، فرایند معکوس کامپتون که در آن فوتونهای کم انرژی میکروموجی زمینهٔ کیهانی از ذرات پرانرژی کیهانی انرژی می‌گیرند و به پرتو گاما تبدیل می‌شوند، واپاشی پایون خنثی و بالاخره برخورد ذرات پرانرژی کیهانی با ذرات دیگر. تمایز بین این مکانیسمها بسیار مشکل است و براساس طیف انرژی پرتوهای گامای حاصله، انجام می‌شود. در تمام این مکانیسمها به جز در واپاشی پایون خنثی طیف انرژی گاماها طیفی توانی است و با افزایش انرژی شار پرتو گاما کاهش می‌یابد. در فرایند واپاشی پایون خنثی، طیف در انرژی حدود MeV ۷۰ (نصف انرژی جرمی پایون) ماکزیمم دارد. بدین جهت گسترهٔ انرژی ما و به ویژه انرژیهایی بین ۱۰

*** پرتو گاما پرانرژی‌ترین پرتو الکترومغناطیسی است که در تولید آن پرانرژی‌ترین مکانیسمها و فرآیندهای فیزیکی دخالت دارند.**

تا MeV ۲۰۰، از نظر تمایز بین مکانیسمهای تولید پرتوهای گامای کیهانی اهمیت دارد.

- **لطفاً مختصری راجع به نحوهٔ انجام آزمایشها و تحلیل داده‌های تجربی توضیح دهید؟**

در سال ۱۳۵۲ مرکز تحقیقاتی NRL واقع در واشنگتن آمریکا، آزمایشی در آرژانتین بر فراز بالن برای مطالعهٔ گامای کیهانی انجام داد که عنصر اصلی این آزمایش امولسیون هسته‌ای بود. در همان سالها من به تازگی آزمایشگاه مطالعات میکروسکوپی امولسیون هسته‌ای را در دانشگاه مشهد دایر کرده بودم و با انتقال صفحات امولسیون آزمایش فوق به مشهد و انجام اندازه‌گیریهای میکروسکوپی در مشهد؛ تحقیقات خود را در زمینهٔ پرتوهای گامای کیهانی شروع کردم. سپس برای ادامهٔ این تحقیقات، همراه با NRL با انجام تغییراتی در طرح آشکارسازی پرتوهای گاما، در سال ۱۳۵۴ آزمایشهایی به مراتب وسیع‌تر طی دو پرواز بالن در برزیل انجام دادیم. در این آزمایشها که حدود ۸ ساعت در ارتفاع ۴۰ کیلومتری از سطح دریا به طول انجامید، حدود ۲۰۰۰۰ پرتو گاما آشکارسازی شد. پرتوهای گامای ورودی به آشکارساز در امولسیون هسته‌ای، تبدیل به ماده (زوج الکترون ـ پزیترون) می‌شدند و عبور این ذرات توسط شمارنده‌های تناسبی، سوسوزن و چرنکف ثبت می‌شد و از مسیر آنها در اتاقک جرقه عکسبرداری می‌شد. برای تعیین دقیق مشخصات پرتوهای گاما می‌بایست ابتدا به کمک عکسهای اتاقک جرقه با مطالعهٔ میکروسکوپی، نقطهٔ تبدیل پرتو گاما به زوج e^-e^+ در امولسیون هسته‌ای یافت می‌شد و سپس اندازه‌گیریهای میکروسکوپی به عمل می‌آمد. یکی دو ماه بعد از پروازهای برزیل با انتقال عکسهای اتاقک جرقه و صفحات امولسیون به دانشگاه مشهد، این کار بسیار پرزحمت و وقت‌گیر آغاز شد. در این کار تعداد زیادی دستیار، دانشجوی کارشناسی و کارشناسی ارشد که هر یک بین ۲ تا ۶ ماه کارآموزی می‌دیدند، همکاری داشتند. جستجو در امولسیون هسته‌ای و اندازه‌گیریهای میکروسکوپی در مشهد تا یک سال پس از تعطیلی دانشگاهها (۱۳۶۰) ـ که اینجانب مجبور به ترک مشهد شدم ـ ادامه داشت. در این آزمایشها در قریب ۸ سال، جمعاً ۶۱۲ پرتو گاما در امولسیون هسته‌ای پیدا کردیم و اندازه‌گیریهای دقیق میکروسکوپی بر روی آنها انجام دادیم. از این تعداد؛ ۹۹ پرتو در واشنگتن و ۵۱۳ پرتو در مشهد یافت شد. پس از چند سال توقف در این کار تحقیقاتی، با انتقال داده‌های خام تجربی از مشهد به سازمان انرژی اتمی ایران در تهران کار تحلیل کامپیوتری این داده‌ها شروع شد. طی چند سال اخیر تحلیل این داده‌ها و شبیه‌سازیهای کامپیوتری ـ به روش مونته کارلو ـ به عمل آمده، نتایج نجومی جالبی را به بار آورده است. این نتایج جدید تقریباً تماماً مبتنی بر زحماتی است که در ایران کشیده شده است و همکاران سابق ما در NRL در آن نقش چندانی نداشته‌اند.

- **از تحلیل نهایی داده‌های آزمایشی، شما به چه نکات برجسته‌ای دست یافته‌اید؟**

در این آزمایشها ما ناحیهٔ مرکز کهکشان را رصد کرده بودیم و هرچند که آزمایش خارج از جوّ زمین انجام نشده بود ـ برعکس آزمایشهای ماهواره‌ای ـ و بسیاری از پرتوهای گامای ما گاماهای ثانویهٔ جوّی بودند، ولی تحلیل داده‌ها نشان داد که ما قطعاً پرتوهای گامای کیهانی را از این ناحیه دریافت کرده‌ایم. به ویژه در ناحیه‌ای به پهنای 14° در امتداد عرض کهکشان و به طول 25° در امتداد طول کهکشان که انتظار توزیع یکنواختی برای پرتوهای گامای دریافتی در آزمایشهای ما می‌رفت، از ۱۰ محل به جای دریافت تنها ۲ پرتوی گامای مورد انتظار در دایرهٔ یک درجه‌ای خطای آزمایش، بین ۶ تا ۱۱ پرتو گاما داشتیم. شبیه‌سازی کامپیوتری نشان داد که احتمال وقوع تصادفی چنین توزیعی تقریباً هیچ

*** برای آنکه بتوانیم کارهای طراز اوّل پژوهشی را در ایران انجام دهیم، باید شیوهٔ انجام آنرا در کشورهای غیرپیشرفتهٔ صنعتی بیاموزیم.**

ـ ۰/۰۰۰۱۶ ـ است و این توزیع، حاکی از رصد چشمه‌های نقطه‌ای پرتو گاما است. در آزمایشهای بسیار پرخرج‌تری بر فراز ماهوارهٔ آمریکایی SAS-2 و ماهوارهٔ اروپایی COS-B و در دیگر آزمایشهای نجوم گاما، جمعاً دو چشمهٔ نقطه‌ای در این ناحیه رصد شده است. با فرض آنکه قوی‌ترین محل تجمع مشاهده شدهٔ ما با یکی از چشمه‌های نقطه‌ای COS-B منطبق باشد، تحلیل مجدد داده‌ها تعداد محلهای تجمع (چشمه‌های نقطه‌ای احتمالی) را به ۱۳ و تعداد پرتوهای گامای دریافتی از این چشمه را از ۱۰ به ۱۳ افزایش داد. این افزایش، خود

تأییدی بر رصد چشمه‌های نقطه‌ای توسط ما است. لااقل هشت تا از تجمعهای مشاهده شده، وابسته به چشمه‌های نقطه‌ای پرتو گاما هستند که دوتای آنها قبلاً توسط COS-B مشاهده شده است ولی بقیه برای اولین بار در انرژیهای بیش از ۱۰MeV توسط ما مشاهده شده‌اند. در سال گذشته مکان دقیق چشمهٔ تابش خط ۵۱۱KeV ـ مربوط به نابودی e^-e^+ ـ در آزمایشهای نجوم گامای کم‌انرژی تعیین شد و همچنین آشکارساز فرانسوی زیگما برفراز ماهوارهٔ روسی گرانات، دو چشمهٔ نقطه‌ای پرتو ایکس در این ناحیه کشف کرد. مکان این سه چشمهٔ نقطه‌ای همراه با دو چشمهٔ نقطه‌ای پرتو گامای COS-B، با پنج تا از مکانهای تجمع مشاهده شده توسط ما منطبق بود.

بدین ترتیب دو چشمهٔ نقطه‌ای گاما که قبلاً در انرژیهای زیاد مشاهده شده بود برای اولین بار در انرژیهای متوسط به همراه سه چشمهٔ نقطه‌ای قطعی دیگر نیز در نجوم گاما توسط ما مشاهده گردید. ضمناً لااقل ۳ تا از مکانهای تجمع دیگر ما نیز، چشمه‌های جدید نقطه‌ای گاما هستند. چشمهٔ تابش خط ۵۱۱KeV در سال گذشته به طور جدی به عنوان یک سیاهچاله مطرح شده است و بنابراین رصد آن در پرتو گاما توسط ما می‌تواند مؤید سیاهچاله بودن آن باشد. نتایج ما طی مقالاتی در

*** نتایج آزمایشهای ما نشان می‌دهد که از مرکز دینامیکی کهکشان درگسترهٔ ۱۰ تا ۱MeV تابش گرمایی گسیل نمی‌شود و این امر وجود ابر سیاهچاله در مرکز دینامیکی کهکشان را غیرمحتمل می‌سازد.**

بهار ۱۳۷۱ در کنفرانس سالانه انجمن فیزیک آمریکا و در تابستان امسال در کنفرانس اختر فیزیک کیهانی در اریچهٔ ایتالیا ارائه شد.

- **این نکات به طور کامل با یافته‌های ماهوارهٔ گامای SAS-2 و COS-B منطبق نبوده‌اند علاوه بر آن ماهوارهٔ گرانات هم فقط وجود دو چشمه در ناحیه پرتو X را پیش‌بینی می‌کند. علت اصلی عدم تطابق چیست؟**

ماهوارهٔ SAS-2 در ناحیهٔ مرکز کهکشان هیچ چشمهٔ نقطه‌ای گامایی را نتوانسته بود مشخص کند و ماهوارهٔ COS-B تنها دو چشمه نقطه‌ای را رصد کرده بود. تابش گامای فراوانی که این دو ماهواره از ناحیهٔ مرکز کهکشان مشاهده کرده بودند به صورت پخشی بود. علت اصلی عدم تشخیص چشمه‌های نقطه‌ای توسط این ماهواره‌ها ـ و دیگر آزمایشها در انرژیهای متوسط ـ فقدان قدرت تفکیک زاویه‌ای آشکاسازهای به کار گرفته شده در این آزمایشهااست. آشکارسازهای آنها از نوع اتاقک جرقهٔ چندین صفحه‌ای است که خطای زاویه‌ای آن در انرژیهای متوسط بیش از ۵° است؛ درصورتی که خطای زاویه‌ای اندازه‌گیریهای میکروسکوپی طاقت‌فرسا و وقت‌گیر ما در امولسیون هسته‌ای کمتر از ۱° بوده است. درواقع قدرت تفکیک زاویه‌ای امولسیون هسته‌ای در بالاترین حدی است که به لحاظ نظری در این نوع آشکارسازی امکان‌پذیر است. از آنجا که ما تنها گروهی هستیم که از اندازه‌گیریهای میکروسکوپی به طور موفقیت‌آمیزی در نجوم گاما استفاده کرده‌ایم، نتایج ما در گسترهٔ انرژیهای متوسط، از بالاترین قدرت تفکیک زاویه‌ای در جهان برخوردار است. این امر موجب شده که آنچه را که دیگران به صورت پخشی، از ناحیهٔ وسیعی در اطراف مرکز کهکشان دریافت کرده‌اند ما به صورت تفکیک شده از چشمه‌های نقطه‌ای مشاهده کردیم.

ماهواره گرانات با آشکارساز پرتو ایکس خود در این ناحیه تاکنون تنها دو چشمهٔ نقطه‌ای را مشخص کرده است. در انرژیهای پرتو ایکس قدرت تفکیک زاویه‌ای به مراتب بیش از انرژیهای پرتو گاماست و عدم مشاهدهٔ سایر چشمه‌های نقطه‌ای ما به وسیلهٔ گرانات ممکن است به این علت باشد که چشمه‌های پرتو گاما الزاماً پرتو ایکس تابش نمی‌کنند.

- **چندین سال است که اخترشناسان با استفاده از نجوم رادیویی و محاسبات بر پایهٔ قانون «کپلر» وجود یک ابر سیاهچاله را در مرکز دینامیکی کهکشان پیش‌بینی می‌کنند در صورتی که نتایج شما وجود چنین چیزی راغیرمحتمل دانسته است، علت این تناقض در چیست؟**

هنوز هم یکی از طرق تعبیر یافته‌های نجوم رادیویی از ناحیهٔ مرکز کهکشان ما فرض وجود یک ابر سیاهچاله در مرکز دینامیکی کهکشان است. اگر این فرض درست باشد؛ می‌بایست از ستاره‌ها و مواد بین ستاره‌ای «در حال فروریزش» و «در حال برافزایش» به این ابر سیاهچاله تابش شدید ایکس و احتمالاً گاما گسیل شود. در آزمایشهای پرتو گامایی که از قدرت تفکیک زاویه‌ای کمی برخوردارند (از جمله COS-B)، تابش شدید مشاهده شده از ناحیهٔ مرکز کهکشان را ممکن است هم به صورت تابش پخشی و هم به صورت تابش از مرکز دینامیکی تفسیر کرد. ولی نتایج آزمایش ما ـ که از بالاترین قدرت تفکیک زاویه‌ای برخوردار است ـ به طور قطع نشان می‌دهد که از مرکز دینامیکی کهکشان در گسترهٔ ۱۰ تا ۱۰۰۰MeV تابش گامایی گسیل نمی‌شود. این امر وجود ابر سیاهچاله در مرکز دینامیکی کهکشان را غیرمحتمل می‌سازد. در آزمایشهای پرتو ایکس نیز که قدرت تفکیک زاویه‌ای بالایی دارند، چشمهٔ نقطه‌ایی در مرکز دینامیکی کهکشان ما دیده نشده است، درصورتی که مرکز بعضی از کهکشانهای دیگر از نظر تابش ایکس بسیار فعّال است.

- **آیا ماهواره کامپتون که اصولا یک رصدخانه پرتوگاما است و در تابستان گذشته در مدار زمین قرار داده شده، قادر است حرف نهایی را در زمینه وجود چنین چشمه‌های منفصل بزند؟**

در ماهوارهٔ «رصدخانهٔ پرتو گاما» ـ که به مناسبت صدمین سال تولد فیزیکدان مشهور آمریکایی «کامپتون» نام‌گذاری شده است ـ چهار آزمایش در حال انجام است؛ در سه آزمایش، گسترهٔ انرژی زیر ۱۵MeV است و یک آزمایش در انرژیهای بالاتر تا ۵GeV عمل می‌کند. در آزمایش اخیر، روش آشکارسازی ـ به مانند COS-B ـ استفاده از اتاقک جرقهٔ چندین صفحه‌ای است که قدرت تفکیک

زاویه‌ای آن در انرژیهای متوسط کم است و در انرژیهای بیش از ۱۰۰۰ MeV زیاد است. شار تابش گامای کیهانی با افزایش انرژی به طور توانی کاهش می‌یابد. ولی از آنجاکه در این آزمایش شارهای ضعیف‌تری را نسبت به آزمایش COS-B می‌توان آشکار ساخت، امید می‌رود که ماهوارهٔ کامپتون بتواند وضعیت چشمه‌های منفصلی را که تابش پرانرژی گاما دارند روشن کند. به هر جهت چون اکثر چشمه‌های منفصل، بیشتر تابش گامای خود را در انرژیهای کمتر از ۱ GeV گسیل می‌کنند؛ ماهوارهٔ کامپتون با قدرت تفکیک نه چندان بالایش در این انرژیها نمی‌تواند حرف نهایی را در این زمینه بزند. روشن شدن نهایی وضعیت منوط به انجام آزمایشهایی با تفکیک زاویه‌ای بهتر در قرن آتی است.

- **برنامه‌های آتی تحقیقاتی شما در این زمینه چیست؟**

جوّ زمین در گسترهٔ وسیعی از انرژی، برای نجوم گاما مزاحم است و به همین دلیل بیشتر آزمایشها بر فراز بالن یا ماهواره انجام شده است که این نوع تحقیق را نمی‌توان در ایران مستقلاً انجام داد. در انرژیهای بیش از 10^{12} eV، جوّ نه تنها مزاحم نیست بلکه خود وسیله‌ای می‌شود برای آشکارسازی پرتوهای گامای بسیار پرانرژی (VHE) و فوق‌العاده پرانرژی (UHE). این پرتوها آبشاری از تابش و ذرات e^+e^- در جو تولید می‌کنند که می‌توان آن را در ارتفاعات کوهستانها آشکارسازی کرد. این رشته از نجوم که در حال تکوین است شدیداً متکی بر روشها و تکنیکهای انرژیهای زیاد و ذرات بنیادی است. امیدوارم بتوانیم با همکاری دیگر متخصصان و با همت پژوهشگران ـ جوان به ویژه دانشجویان دکترا ـ در آینده در ارتفاعات البرز رصدخانه‌ای برای این منظور برپا کنیم.

- **لطفا در مورد وضعیت کنونی پژوهش در زمینه علوم نجوم در ایران توضیح دهید. آیا کشور ما در سطح بین‌المللی می‌تواند در این زمینه جایگاهی داشته و در این رشتهٔ تحقیقاتی صاحب‌نظر باشد؟ آیا در رابطه با نجوم پرتوگاما برنامه‌هایی پیش‌بینی شده است؟**

متخصصین نجوم در ایران حدود ۱۲ نفر بیشتر نیستند. نجوم هم مانند هر شاخهٔ دیگر فیزیک تخصصهای فراوانی دارد و در ایران در هریک از تخصصها تعداد بسیار کم است. عده‌ای از این متخصصین نظریه‌پرداز هستند و به کارهای نظری در سطح بین‌المللی مشغول بوده و هستند. در نجوم تجربی و رصدی، مشکلات مشابه سایر شاخه‌های فیزیک تجربی است. اخیراً در دانشگاه تبریز موفق شده‌اند تلسکوپهای ارزنده‌ای را که از سالها پیش نصب شده بود، راه‌اندازی کنند و امید است پژوهشهایی در نجوم نوری در سطح بین‌المللی انجام گیرد که آنها دو یا سه متخصص حرفه‌ای در این زمینه دارند. نجوم شاخه‌ای است که آماتورها و غیرحرفه‌ایها به آن خیلی علاقمندند ولی نباید برنامه‌های پرخرجی را در جایی پیاده کرد که فاقد متخصص حرفه‌ای تمام وقت است. حمایت علاقمندان نجوم و آماتورها در همه جای دنیا موجب رونق کار پژوهشی متخصصین حرفه‌ای است. در حال حاضر وضعیت نجوم در ایران در مجموع با وضعیت سایر شاخه‌ها فرق چندانی ندارد ولی همین پشتوانهٔ فرهنگی و تاریخی علاقه به نجوم در ایران و در اسلام، قوت قلبی است برای امید به آنکه در آینده ایران جزو پیشقراولان علم نجوم باشد.

- **به عنوان آخرین سؤال، یکی از ویژگیهای کار شما علاقه و پشتکار مستمر در به انجام رساندن این پروژه بوده است. بررسی دقیق میکروسکوپی دهها هزار عکس گرفته شده در اتاقک جرقه‌ای، در دانشگاههای مشهد و صنعتی شریف و در شرایطی که کارهای تحقیقاتی عموماً دشوار بوده‌اند مطمئنا همراه با مشکلات فراوان و کسب تجربه‌های کاری نوین بوده است. ضمن بازگو کردن پاره‌ای از این مشکلات و تجربیات چه توصیه‌هایی به محققان جوانی که مشتاق انجام کارهای پژوهشی طراز اول در ایران هستند دارید؟**

ضمن تشکر از حسن گمان شما در مورد اینجانب، مسلماً من از عهدهٔ بازگو کردن مشکلات برنمی‌آیم و بازگویی را هم مشکل‌گشا نمی‌دانم.

مشکلات بسیار متنوع هستند و در هر زمان به شکلی متفاوت ممکن است ظاهر شوند. امروزه تحقیق به صورت حرفه درآمده است. در هر حرفه‌ای اگر علاقه و عشق باشد کار بهتر انجام می‌شود ولی در امر تحقیق، موتورهای اصلی عاشقان تمام‌عیار هستند. این مطلب نه تنها در مشرق زمین (چین، هند، ایران...) در گذشته و حال صادق بوده و هست بلکه در غرب هم موتورهای اصلی، عاشقان تمام‌عیارند. هیچ مشکلی نمی‌تواند عاشقی را که در کار عشقش حل شده است از حرکت بازدارد. خوشبختانه انسان موجودی تک‌بعدی نیست و می‌تواند عشقهای دیگری هم داشته باشد، که البته بعضی از آنها ممکن است با عشق به تحقیق در تضاد باشند. مانند عشق به ثروت و مقام. و بعضی دیگر ممکن است در عشق اول اختلال مختصری ایجاد کنند. به هر جهت اگر عشق به تحقیق مطلق شود و مثلاً عشق به دین، فرهنگ، ملت و وطن نباشد ممکن است تحقیق در این کشور هرگز پانگیرد و محقق به دنبال عشق اولش جلای وطن کند. ایرانیها از این نظر از بعضی ملل عقب‌تر هستند، مثلاً از مردم کرهٔ جنوبی، چین و هند. مسلماً مشکلات کار پژوهشی در کشورهایی نظیر ایران به مراتب بیشتر از معمول است و می‌بایست برای فایق آمدن بر مشکلات کار در وطن، عشق به وطن را با عشق به تحقیق توأم کرد. بسیاری از محققین جوان ما با کارهای پژوهشی طراز اول دنیا آشنا هستند و شیوهٔ انجام آن را درکشورهای پیشرفته صنعتی ـ عموماً آمریکا و اروپا ـ آموخته‌اند. ولی برای آنکه بتوانیم کارهای طراز اول پژوهشی را در ایران انجام دهیم؛ باید شیوهٔ انجام آن را در کشورهای غیرپیشرفتهٔ صنعتی بیاموزیم. در هندوستان در بسیاری از رشته‌ها پژوهشهای طراز اولی انجام می‌شود که در سطح جایزه نوبل بوده و هستند. درصورتی که مشکلات در آنجا از ایران به مراتب بیشتر است. توصیهٔ من به پژوهشگران جوان این است که ضمن حفظ تماس علمی خود با کشورهای پیشرفته، در زمینهٔ تخصصی خود الگوی پیشرفت و شیوهٔ فایق آمدن بر مشکلات را از پژوهشگران هندی یا نظیر آنها مستقیماً بیاموزند.