فعالیت‌های میان رشته‌ای جذاب نجومی در طول روز

اس.سی. آروکا، دی. شیل، سی، سی. سیلوا[1]
مترجم: منیژه رهبر

چکیده

این مقاله به شرح فعالیت‌هایی می‌پردازد که در دوره‌ی فیزیک خورشید دانش‌آموزان دبیرستانی در یک مجتمع علمی در برزیل انجام شده است. در اتاقی که کاملاً به بررسی خورشید اختصاص داشت موضوع‌های ترکیب شیمیایی، دما، و تحول ستاره‌ای تدریس شد. این اتاق خورشیدی با دستگاه‌های ساده و ارزان طراحی شده بود. این درس مبتنی بر فعالیت‌های عملی و رصدی کنجکاوانه‌ای چون برآورد دمای سطح خورشید، مشاهده طیف مرئی خورشید، شناسایی خط‌های جذبی خورشید و درک چگونگی تشکیل آن‌ها، و اطلاعاتی بود که می‌شد از خط‌های طیفی مشاهده شده به دست آورد. برخی از هدف‌های این فعالیت عبارت بودند از درک اهمیت طیف نمایی در اختر فیزیک، همراه ساختن محتوای درس با فعالیت‌های عملی، و فراهم آوردن امکان رهیافت‌های میان رشته‌ای از جمله فیزیک جدید و شیمی در تدریس فیزیک.

مقدمه

برنامه‌های درسی فعلی در سراسر جهان بر نقش بافت این برنامه در آموزش علوم تأکید فراوان می‌کنند، چون از دید دانش‌آموزان این بافت با معنا بخشیدن به آنچه آموخته می‌شود آموزش علوم را غنا می‌بخشد. همچنین بر تدریس مبتنی بر پرسشگری تأکید می‌شود، زیرا امکانات لازم برای فعالیت‌های کنجکاوانه نامحدود را فراهم می‌سازد. با این همه، تدریس علوم در محیط مدرسه برای به دست آوردن دیدگاه کاملاً مفهومی از علوم کافی نیست [۱]. مجتمع‌های علمی امکانات منحصر به فردی را در زمینه این نوع آموزش و فعالیت‌های مبتنی بر پرسشگری در اختیار می‌گذارند چون به دانش‌آموزان امکان دسترسی به ابزارها و عملیات علمی دقیق را می‌دهند.

تدریس نجوم در مدارس به ندرت با فعالیت‌های عملی مانند رصد سیارات، خورشید، ستارگان و حرکت‌های آن‌ها همراه است،

زیرا آنچه تدریس می‌شود اغلب محدود به اطلاعات کتاب درسی است. علاوه بر آن، مطالب اخترفیزیکی چون سرشت خورشید، ستارگان، کهکشان‌ها، و سایر اجسام آسمانی چندان بررسی نمی‌شود. اهمیت این مطالب در آن است که توجه دانش‌آموزان را به علوم جدید جلب می‌کند، و به شناخت بهتر از منشأ عالم و بشر می‌انجامد. یکی از علت‌های تدریس نشدن این مطلب در مدارس آن است که بیشتر معلمان امکان آموختن آن‌ها را در دوره‌های آماده‌سازی نداشته‌اند. یک راه غلبه بر این مشکل تدریس مطالب اخترفیزیکی در سخنرانی‌های غیررسمی در مجتمع‌های علمی، رصدخانه‌های نجومی و افلاک نماهاست.

نقش اصلی موزه‌ها و مجتمع‌های علمی علاقه‌مند کردن دانش‌آموزان به علوم است، زیرا محیط جذابی را برای تماس مستقیم دستگاه‌ها و عملیات علمی در اختیار می‌گذارند [۲]. با این همه، بازدید کنندگان معمولاً فقط چند ساعت در آنجا می‌مانند که مانع از شناخت عمیق مطالب علمی خاص می‌شود. از سوی دیگر، با ارائه‌ی دوره‌های کوتاه برای علاقه‌مندان، می‌توان دانش‌آموزان را مدت بیشتری در آنجا نگه داشت. این مقاله به شرح فعالیت‌هایی می‌پردازد که دانش‌آموزان دبیرستان در سال ۲۰۰۷ در دوره فیزیک خورشید انجام داده‌اند برخی از هدف‌های این فعالیت عبارت بودند از درک اهمیت طیف‌نمایی در فیزیک، همراه ساختن محتوای درس با فعالیت‌های علمی، و فراهم آوردن امکانات رهیافت میان رشته‌ای شامل مطالب فیزیک جدید و شیمی در تدریس فیزیک با بهره‌گیری از فعالیت‌های پرسشگرانه، و بحث درباره سرشت جنبه‌های علمی مطالب، چون باعث آموختن روش‌هایی می‌شود که دانشمندان در مطالعه‌ی اجسام دور به‌کار می‌برند.

فیزیک خورشید سرگرم کننده است

خورشید تنها ستاره‌ای است که در طول روز قابل مشاهده است، و لکه‌های خورشیدی و چرخش آن را می‌توان با وسایل ساده از زمین بررسی کرد. طیف خورشید را نیز می‌توان با ابزارهای ساده و ارزانی چون عدسی‌ها، شکاف‌هاو توری‌های پراش در طیف نماهای خانگی مطالعه کرد. بنابراین امکان طراحی فعالیت‌های آموزشی میان رشته‌ای برای کشف چیزهایی چون ترکیب شیمیایی خورشید و مطالب مربوط به ترمودینامیک و فیزیک جدید وجود دارد.

درس فیزیک خورشید بخشی از طرح گسترده‌تری است که هدف آن توسعه‌ی فعالیت‌های آموزش فیزیک خورشید در رصدخانه نجومی مرکز ترویج علم و فرهنگ دانشگاه سائوپائولو در برزیل است. این فعالیت‌ها در رصدخانه دانشگاه صورت می‌گیرد و هدف اصلی آن ارتقای امدادرسانی آموزشی به دانش‌آموزان و شهروندان است. برای رشد آموزش فیزیک خورشید یک اتاق خورشید مجهز به خورپای، طیف‌نما، صافی هلیم خورشیدی، لامپ، نقشه‌های خورشید، و نقشه‌های طیفی ساخته شد.

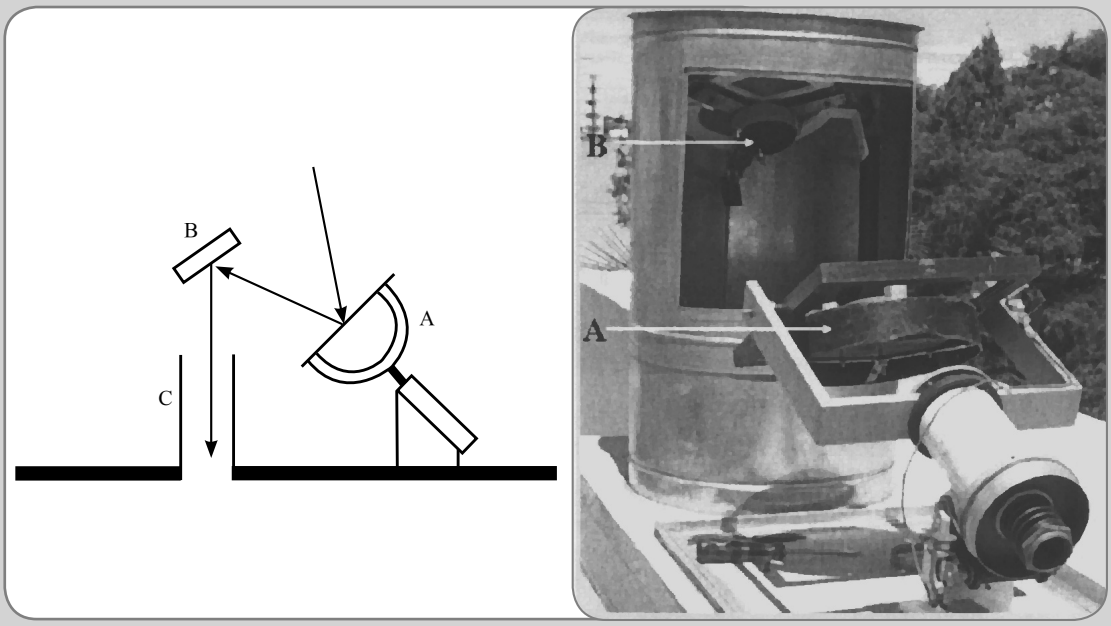
تأکید این درس بر فعالیت‌های عملی، رصدی و کنجکاوانه چون برآورد دمای شیدسپهر، مشاهده‌ی طیف مرئی خورشید، شناسایی خطهای جذبی خورشید و شناخت چگونگی تولید آن‌ها، و همچنین اطلاعاتی بود که دانش‌آموزان می‌توانستند از این خطهای طیفی به دست آورند. بنابراین، به دانش‌آموزان امکان مشاهده‌ی خطهای گسیلی در طیف لامپ‌ها داده شد تا آن‌ها را با خطهای جذبی خورشید مقایسه کنند و دمای سطح خورشید را برآورد کنند. در پایان درس مباحثه‌ای در مورد وجود و آشکارسازی گستره‌های دیگر طیف خورشید صورت گرفت.

مشاهده‌ی طیف خورشید

خورشید به خاطر درخشان بودن هدفی ساده و خطرناک است. در طول دوره فیزیک خورشید دانش‌آموزان با روال مشاهده‌ی ایمن خورشید [۳] و دستگاه مورد استفاده برای مجسم کردن طیف آن آشنا شدند. تأکید این دوره بر مشاهده‌ی طیف مرئی خورشید و اطلاعاتی بود که می‌شد از آن به دست آورد.

پیش از مشاهده‌ی طیف خورشید، دانش‌آموزان با قسمت‌های اصلی طیف‌نما کار کردند و فهمیدند چگونه عدسی‌ها و توری‌ها پدیده‌های فیزیکی چون شکست، بازتاب و پراش را تولید می‌کنند. برای درک اینکه چگونه طیف‌نمایی می‌تواند ابزاری مفید برای به‌دست آوردن اطلاعات مفید درباره‌ی اجسام آسمانی باشد، از دانش‌آموزان خواسته شد تا با مشاهده طیف‌های تولید شده از لامپ فلوئورسان، جیوه، التهابی، و هلیم توسط توری پراش، چگونگی تشکیل طیف را رسم و آن را برای همکلاسان و معلم خود بیان کنند. پس از تشخیص طرح‌های مختلف خطوط روشن در هر نوع لامپ از آن‌ها خواسته شد تا مقایسه‌ی مشاهده‌های خود با نقشه‌ی طیفی لامپ‌ها را شناسایی کنند.

برای مشاهده‌ی طیف خورشید از یک خورپای، یک تلسکوپ، و یک طیف‌نما استفاده شد. خورپای با بهره‌گیری از دو آینه تخت ساخته شد. نور خورشید به آینه اول (A در شکل‌های ۱ (چپ) و (راست)) موسوم به آینه اولیه می‌رسد که در کنار روزنه تلسکوپ قرار دارد. آینه اول متحرک است و روی چنگالی سوار است که یک موتور پله‌ای آن را کنترل می‌کند و می‌تواند حرکت روزانه خورشید را دنبال و نور را به آینه دوم هدایت کند. این آینه (B در شکل‌های

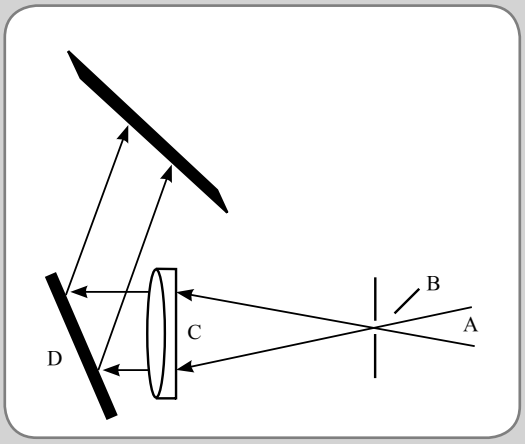


شکل ۱. چپ: نمودار خورپای با آینه اولیه‌ی متحرک (A)، آینه‌ی ثابت ثانویه (B) و تلسکوپ (C). راست: تصویر خورپای که در آن A آینه‌ی اولیه و B آینه‌ی ثانویه است.

۱ (چپ) و (راست)) سپس نور خورشید را به کانون تلسکوپ (C در شکل ۱ (چپ)) در اتاق خورشیدی هدایت می‌کند که در آنجا یک چشمی تصویر خورشید را روی پرده‌ی سفید می‌اندازد. این وسیله را می‌توان برای مشاهده‌ی لکه‌های خورشید نیز به کار برد.

از این وسیله برای مشاهده‌ی طیف خورشید نیز استفاده شد. نور خورشید پس از خورپای از طریق تلسکوپ (A در شکل ۲ و ۳) وارد اتاق خورشیدی شد. به جای چشمی تلسکوپ یک شکاف قرار دادیم (B در شکل‌های ۲ و ۳). سپس عدسی موازی‌ساز (C در شکل‌های ۲ و ۳) و یک توری پراش بازتابی (D در شکل‌های ۲ و ۳) را در امتداد شکاف قرار دادیم. توری پراش پشت عدسی موازی‌ساز قرار داشت و محل آن را می‌شد طوری تنظیم کرد تا تصویر طیف خورشید را روی پرده‌ای بیندازد. این طرز سوار کردن طیف‌نما را طیف‌نمای لیترو[۲] می‌نامند. به منظور کانونی کردن تصویر طیف خورشید روی پرده (E در شکل ۲ و ۳) باید محل عدسی موازی‌ساز را به دقت تعیین کرد، زیرا فاصله بین شکاف و عدسی موازی‌ساز باید برابر فاصله کانونی باشد.

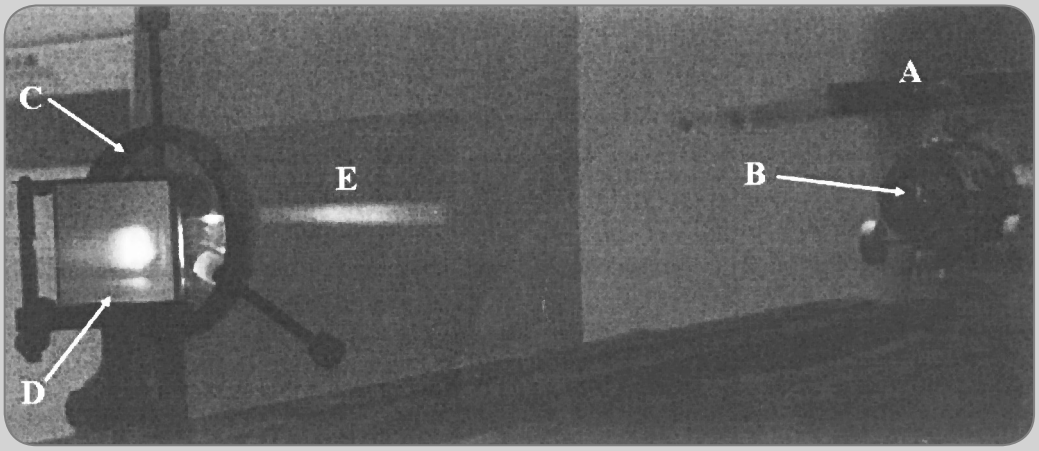
می‌توان ضمن این فعالیت از دانش‌آموزان خواست تا تفاوت طیف پیوسته (که بدون شکاف به دست می‌آید) و طیف جذبی (که با وارد کردن A در شکل ۳ حاصل می‌شود) را بیان کنند. این



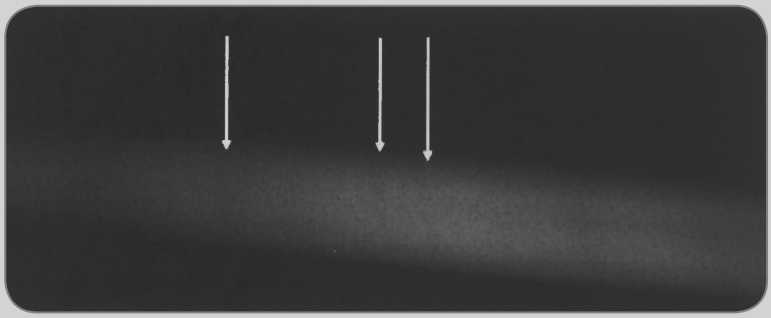
شکل ۲. نمودار طیف‌نمای لیترو. پرتوهای نور خورشیدی از تلسکوپ A (نیوتونی f/۱۰،۲۰۰mm) به شکاف B، عدسی‌های موازی‌ساز (دوتایی، با فاصله کانونی ۸۰۰mm)، توری پراش D (۵۰mm×۵۰mm، ۱۲۰۰)، طیف خورشیدی روی پرده B می‌افتد (به طول ۳۰cm)

کار به آن‌ها کمک می‌کند تا متوجه شوند شکاف نقش مهمی در مشاهده‌ی خطهای جذبی خورشید دارد.

با این وسیله، دانش‌آموزان توانستند خطهای جذبی را در طیف خورشید مشاهده کنند (شکل ۴). آن‌ها در ابتدا از مشاهده خطهای



شکل ۳. تصویر طیف نمای لیترو مورد استفاده در دوره‌ی فیزیک خورشید. A تلسکوپ، B شکاف، C عدسی‌های موازی‌ساز، D توری پراش، و E تصویر طیف خورشید است.



شکل ۴. طیف خورشید که برخی خطهای تاریک فرانهوفر را نشان می‌دهد.

تاریک به جای خطهای روشنی که هنگام تحلیل طیف‌های لامپ دیده بودند شگفت‌زده شدند. این موضوع به بحث کنجکاوانه در مورد تاریکی خطهای طیف خورشید و روشنی خطهای طیف لامپ انجامید. پس از مشاهده و شناسایی طیف‌های لامپ، دانش‌آموزان توانستند بفهمند که خطهای طیفی خورشید مربوط به عناصر شیمیایی موجود در خورشید است. گام بعد شناسایی خطهای جذبی خورشید با استفاده از نقشه‌های طیف خورشید بود. دانش‌آموزان متوجه شدند دو خط جذبی بارز در واقع مربوط به نوارهای اکسیژن موجود در جو زمین است و ربطی به خورشید ندارد. خط جذبی خورشید مربوط به آهن، سدیم، منیزیم، هیدروژن و سایر عناصر موجود در جو آن است. برای کمک به دانش‌آموزان در جهت درک این‌که چرا خطهای طیفی خورشید به جای روشن بودن تیره‌اند، درباره ی سه قانون کیرشهوف بحث کردیم (شکل ۵).

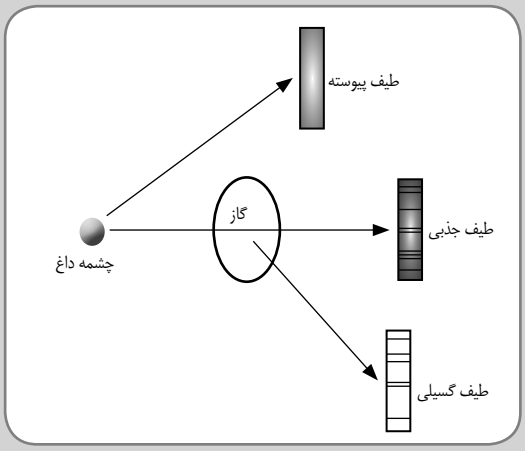
۱. جسم سیاه دارای طیف پیوسته، بدون هیچ خط طیفی است.

۲. گاز با دمای کمتر در مقابل جسم سیاه خطهای طیفی را تولید می‌کند.

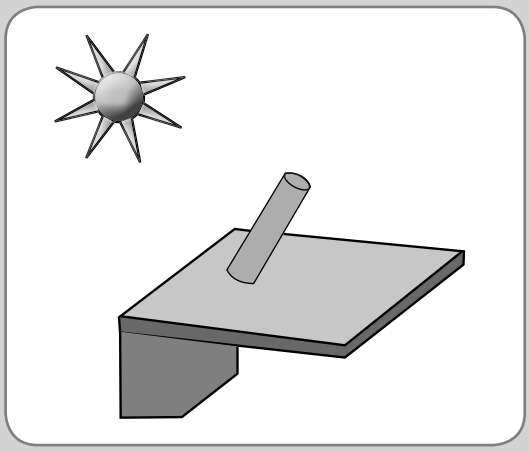
۳. گاز با دمای بیشتر خطهای گسیلی را به صورت یک رشته خطهای روشن در زمینه‌ی تاریک تولید می‌کند.

چون دانش‌آموزان قبلاً با ساختار خورشید (هسته و جوّ آن) آشنا بودند آن‌ها را تشویق کردیم تا قانون‌های کیرشهوف را برای درک چگونگی تاریک بودن خطها به کار برند. با میانجیگری معلمان، دانش‌آموزان متوجه شدند که هسته‌ی مرکزی خورشید به عنوان جسم سیاه عمل می‌کند. چون دمای جو خورشید بسیار کمتر است بخشی از تابش هسته را جذب و خطهای سیاه مشاهده شده در طیف خورشیدی را تولید می‌کند. دانش‌آموزان از وجود خطهای گسیلی در طیف برخی ستارگان و سحابی‌ها نیز خبردار شدند.

تحول ستاره‌ای و فرایندهای سنتز عناصر شیمیایی هم در دوره‌ی فیزیک خورشید مورد بحث قرار گرفت. در این بخش به دانش‌آموزان آموختند که فقط سنتز عناصر سنگین تا هلیم در خورشید صورت می‌گیرد. بدیهی است آن‌ها می‌خواستند بدانند چگونه خطهای عناصر سنگین آهن، جیوه، و عناصر سنگین‌تر در



شکل ۵. نمایش سه قانون کیرشهوف، در بالای شکل طیف پیوسته‌ای مثلاً با استفاده از لامپ التهابی تولید می‌شود. در شکل وسط یک طیف جذبی، مانند طیف مرئی خورشید نشان داده شده است. شکل پایین طیف گسیلی از یک لامپ طیفی است.



شکل ۶. تصویر یک قوطی که در معرض خورشید قرار گرفته است. مهم است اطمینان پیدا کنیم قوطی سایه‌ای مستطیل شکل بیندازد تا پرتوهای نور بتوانند به سطح آن برسند.

طیف خورشید وجود دارد. به آن‌ها یادآور شدیم که ما فقط عناصر موجود در جو خورشید را مشاهده می‌کنیم و نه عناصر موجود در هسته‌ی آن را. این موضوع باعث شد آن‌ها بپرسند آیا این عناصر موجود در جو خورشید از جای دیگر عالم وارد آن شده است. این عناصر ناشی از ستاره‌ی سنگین به‌وجود آورنده منظومه شمسی است. این بحث به دانش‌آموزان کمک کرد تا بفهمند ستارگان کوره‌های عظیم عناصر شیمیایی‌اند، و پس از مرگ هر ستاره‌ی سنگین ستارگان دیگر، مانند خورشید ما، مواد آن را برای به‌وجود آوردن سیارات و شکل‌های مختلف زندگی بازیابی می‌کنند و مورد استفاده‌ی مجدد قرار می‌دهند.

برآورد دمای سطح خورشید

توان تابیده از سطح خورشید و دمای شیدسپهر آن را می‌توان با بهره‌گیری از مفهوم جسم سیاه، مفاهیم گرماسنجی و اندازه‌گیری‌های ساده برآورد کرد.

این فعالیت مفاهیم ترمودینامیک، فیزیک جدید و اخترفیزیک را تلفیق می‌کند و مواد ساده‌ی در دسترسی چون قوطی، دماسنج، ساعت، و یک روز آفتابی را مورد استفاده قرار می‌دهد [۴].

یک قوطی سیاه استوانه‌ای شکل پر از آب را که در معرض نور خورشید قرار گرفته باشد را می‌توان جسم سیاه در نظر گرفت (نگاه کنید به شکل ۶). در این آزمایش، خورشید حدود ۵ دقیقه در معرض نور خورشید قرار گرفت.

کسری از تابش که به قوطی می‌رسد با تابش گسیلیده از خورشید و فاصله زمین از خورشید متناسب است.

بنابراین انرژی کل تابیده از خورشید برابر است با

$$E_T = E_{\text{قوطی}} A / A_{\text{قوطی}} \qquad (۱)$$

که A سطح کره‌ای به شعاع فاصله‌ی زمین ـ خورشید و $A_{\text{قوطی}}$ سطح مقطع قوطی (قطر در ارتفاع آن) است.

انرژی دریافتی آب داخل قوطی، $E_{\text{قوطی}}$، برابر است با

$$E_{\text{قوطی}} = mc\,(T_a - T_b) \qquad (۲)$$

که m و c به ترتیب جرم و گرمای ویژه آب، و T_a و T_b دماهای قبل و بعد از در معرض تابش قرار گرفتن است.

گام‌های بعدی عبارتند از محاسبه‌ی توان تابیده ازخورشید به ازای واحد سطح و به دست آوردن دمای شیدسپهر است. اگر خورشید را جسم سیاه در نظر بگیریم، می‌توانیم با بهره‌گیری از قانون استفان ـ بولتزمن[۳] دمای شیدسپهر (T) را به دست آوریم.

$$P = \sigma T^{۴} \qquad (۳)$$

که

$$\sigma = ۵/۶۷ \times ۱۰^{-۸}\ \mathrm{Wm^{-۲}K^{-۴}}$$

دانش‌آموزان با انجام دادن این فعالیت توان تابیده از خورشید

را $P=۳/۷\times۱۰^{۲۶}\ W$ به دست آوردند و با تقسیم کردن آن بر سطح خورشید و بهره‌گیری از قانون استفان ـ بولتزمن دمای شیدسپهر را $۵۷۲۰K$ به دست آوردند دمای محاسبه شده سطح خورشید در حدود دمای مرجع شیدسپهر ($۵۷۸۰K$) بود [۵]. نتیجه‌ی حاصل به شدت تابع محل انجام آزمایش است زیرا جو زمین می‌تواند در این محاسبه اختلال ایجاد کند. معمولاً بهتر است این کار در کشورهای استوایی و در هوای صاف صورت گیرد.

اطلاعات اضافی که می‌توان در این مورد در اختیار دانش‌آموزان گذاشت رابطه‌ی دمای سطح ستاره با رنگ آن است. ستارگان سرد ($۳۰۰۰-۴۰۰۰K$) معمولاً قرمز و ستارگان داغ‌تر (بالاتر از $۸۰۰۰K$) آبی هستند. خورشید، با دمای مؤثر $۵۸۰۰K$، ستاره‌ای زرد است.

بررسی گستره‌های نامرئی طیف خورشید

وجود تابش طیفی نامرئی در طیف خورشید را نیز می‌توان با الهام از کشف نور فروسرخ توسط ویلیام هرشل[۴] تدریس کرد. به کمک خورپای، تلسکوپ، و طیف‌نما، طیف خورشید را در اتاق خورشیدی روی پرده‌ی سفید انداختیم و دانش‌آموزان را تشویق کردیم تا دمای بخش‌های مرئی طیف خورشید را با دماسنج کنترل که پشت بخش قرمز طیف قرار داشت مقایسه کنند.

پس از اینکه دماسنج‌ها به مدت چند دقیقه در معرض رنگ‌های مختلف طیف قرار گرفتند، دمایی بالاتر از دمای قبلی، از جمله دماسنج کنترل را از خود نشان دادند. این آزمایش وجود تابش نامرئی خورشید را در فراتر از طیف مرئی نشان داد.

در پایان دوره‌ی فیزیک خورشید بحثی ترتیب داده شده تا باعث آشنایی بیشتر دانش‌آموزان با سایر گستره‌های طیف نامرئی خورشید شود. از گروه‌های دانش‌آموزی خواسته شد تا پژوهشی تاریخی در مورد چگونگی کشف گستره نامرئی طیف خورشید انجام دهند. یک گروه مسئول تابش با طول موج کوتاه‌تر و گروه دیگر مسئول تابش با طول موج بلندتر شد. سپس، بحث بین گروه‌ها انجام شد، و گروه سوم داور این مباحثه بود. در طول بحث از گروه‌ها خواسته شد که پژوهش خود را مبتنی بر قراین شامل کاربردهای اخترفیزیکی و عملی تابش‌های نامرئی سازند.

یکی از اهداف اصلی این فعالیت آموختن چیزهایی در مورد پذیرش ایده‌های جدید، مانند روبه‌رو شدن دانشمندان با چالش‌های تجربی، تأثیر انتظارات آن‌ها در طراحی آزمایش، و متقاعد ساختن جامعه عملی در مورد ایده‌های جدیدشان بود. هدف اصلی دیگر، تأکید بر این نکته بود که طیف مرئی تنها بخش کوچکی از کل طیف را تشکیل می‌دهد و اینکه چگونه اختر فیزیک‌دانان معاصر اعتماد زیادی به نور نامرئی دارند.

اظهار نظر نهایی

به طور خلاصه، آزمایش‌های کلاسیک شناخته شده و فعالیت‌هایی که در بالا بیان شد در صورت تلفیق شدن با برنامه درسی نقش مهمی را در ارائه سرگرم‌کننده‌ی درس فیزیک خورشید به عنوان موضوعی میان رشته‌ای خواهند داشت. موضوع‌هایی چون ترکیب شیمیایی، دما و تحول ستاره‌ای در اتاق خورشیدی تدریس شدند که با وسایل ساده و ارزان طراحی شده بود. مشاهده‌ی طیف‌های لامپ و خورشید به بحثی کنجکاوی برانگیز در مورد طیف نمایی به عنوان ابزار اصلی پژوهش در مورد اجسام آسمانی انجامید. برآورد دمای شیدسپهر فعالیتی ساده و سرگرم‌کننده بود که با دانش‌آموزان دبیرستان انجام شد، و در آن شاگردان با تابش جسم سیاه آشنا شدند و مهارت‌های گرماسنجی خود را مرور کردند.

افزون بر آن، می‌توان بر برخی موارد معرفت‌شناختی تأکید و آن‌ها را با دانش‌آموز مورد بحث قرار داد. مثلاً، اعتبار جهانی قانون‌های فیزیک در تمام اخترفیزیک حکمفرماست، اگرچه این فرض تلویحاً در نظر گرفته می‌شود. طیف نمایی ابزار اصلی اخترفیزیک است که تمام اخترفیزیک‌دانان از آن استفاده می‌کنند و امکان بررسی اجسام آسمانی را با بهره‌گیری از روش‌ها و مفاهیم فیزیکی مورد استفاده در آزمایشگاه‌ها چون دما، سرعت، ساختار، ترکیب شیمیایی و غیره فراهم می‌سازد. این کار به صورت غیرمستقیم با تحلیل نور این اجسام صورت می‌گیرد؛ بنابراین نور به عنوان اثر انگشت ستارگان عمل می‌کند و اطلاعات فیزیکی زیادی را بر مبنای همان نظریه‌های مورد استفاده در مورد پدیده‌های زمینی در اختیارمان می‌گذارد.

این مقاله اهمیت فعالیت مشترک مراکز علمی با مدارس را در جهت بهبود کیفیت آموزش علوم به نمایش می‌گذارد. در طول دوره‌ی فیزیک خورشید، دانش‌آموزان دیدگاه گسترده‌تری در مورد اخترفیزیک، و فعالیت‌های کنجکاوانه میان رشته‌ای مبتنی بر متن به دست آوردند.

پانوشت

1. S.C. Aroca, D. Shiel, C.C. Silva
2. Littrow Spectroscope
3. Stefan-Boltzmann
4. William Herschel

منبع

Physics Education, Nov . 2008 , 43 (6) 613 -619