آزمایش ساده‌ای که نشان می‌دهد نور پس از گذر از دو منشور باز ترکیب نمی‌شود

رافائل گارسیا ـ مولینا و همکاران
ترجمهٔ احمد توحیدی

ما آزمایش ساده و کم‌هزینه‌ای را ارائه می‌کنیم که آشکارا نشان می‌دهد چگونه رنگ‌های طیف نور سفید پس از گذر از یک منشور اگر بار دیگر از منشور مشابهی بگذرند موقع خروج از منشور دوم، چنانکه در بسیاری از کتاب‌های مرجع یافت می‌شود، بازترکیب نمی‌شوند.

به این ترتیب ادعای بازترکیب نور سفید پس از عبور از دو منشور مشابه (شکل ۱) که در همه‌جا حاضر و رایج است و به‌عنوان یک نمایش اپتیکی واقعی در کتاب‌های درسی، مقاله‌های مجله‌های علمی، برگه‌های گزارش کار آزمایشگاهی، تجهیزات نمایش‌دهنده ویژهٔ سخنرانی‌ها، دفتر راهنمای ابزار آزمایشگاهی و مجموعه وسایل علمی، ظاهر می‌شود، باید کاملاً کنار گذاشته شود. با این حال، این بازترکیب در صورتی که از دو منشور مشابه استفاده شود امکان‌پذیر نیست. این موضوع را به آسانی می‌توان با اعمال قانون اسنل در مورد پرتوهای نور موقع ورود و خروج از وجه‌های منشور بررسی کرد، چون پرتوهای متناظر با هر رنگ موازی با یکدیگر خارج می‌شوند. راه ساده‌تر برای رسیدن به این نتیجه‌گیری آن است که به نتیجهٔ شناخته‌شدهٔ موازی بودن پرتوهای ورودی و خروجی از یک تیغه متوازی‌السطوح استناد کنیم.

امکان دیدن بازترکیب نور سفیدی که ابتدا به وسیلهٔ یک منشور تجزیه شده است با استفاده از ترتیب‌های اپتیکی بسیار پیچیده‌تر از آنچه که در این مقاله مورد انتقاد قرار گرفته است (شکل ۱) و شامل استفاده از یک عدسی همگرا، آینه‌ها و یا بیش از دو منشور باشد وجود دارد. همچنین می‌توان نور سفید را با جلوگیری از ظرفیت چشم برای تفکیک هر یک از رنگ‌های طیف به کمک حرکت سریع یا گردآوری آن‌ها در یک نوار بسیار باریک مشاهده کرد.

طرح آزمایش ساده‌ای در این یادداشت ارائه می‌شود، که به وسیله آن می‌توان آشکارا نشان داد چگونه پرتوهای رنگی نور پس از ورود به منشور اول در یک خط مستقیم به صورت موازی از منشور دوم خارج می‌شوند.

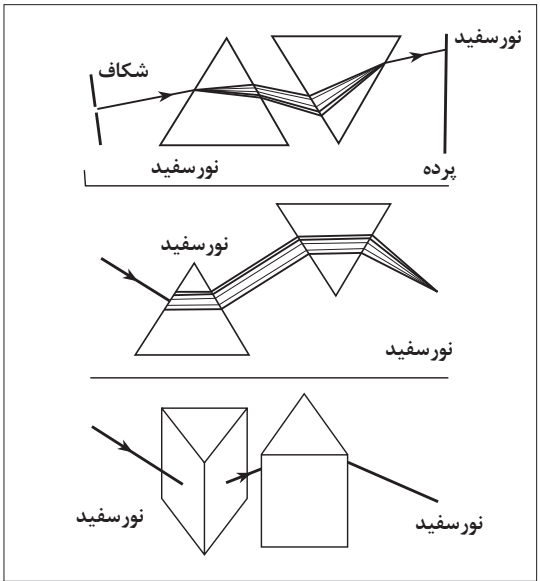
ابزار لازم برای این آزمایش عبارت‌اند از سه نشانگر لیزری (قرمز، سبز، و آبی) RGB و دو منشور که ارتفاعشان اندکی بیشتر از فاصله بالاترین و پایین‌ترین نشانگرهای لیزری کنار هم قرار گرفته باشد که در زیر توصیف می‌شود. ما منشورهای توخالی را با چسباندن سه قطعه شیشه روی یک پایه تهیه کردیم. این منشورها باید با مایع یکسانی پُر شوند (می‌توان مایعاتی با ضریب شکست‌های مختلف به کار بُرد). ما از یک پایه و گیره آزمایشگاهی برای نگه داشتن سه نشانگر لیزری در کنار هم استفاده کردیم. اجزای این آزمایش در شکل (۲) دیده می‌شود.

برای انجام این آزمایش باید سه نشانگر لیزری به خوبی کنار هم قرار گرفته باشند (در قاب عکسِ طرف راست شکل (۲) نشان داده شده است). این وضعیت را می‌توان با لکه‌های رنگی تولید شده که در یک ردیف قائم (ستون) روی پرده مطابق شکل (۳) به نمایش درآمده‌اند بررسی کرد.

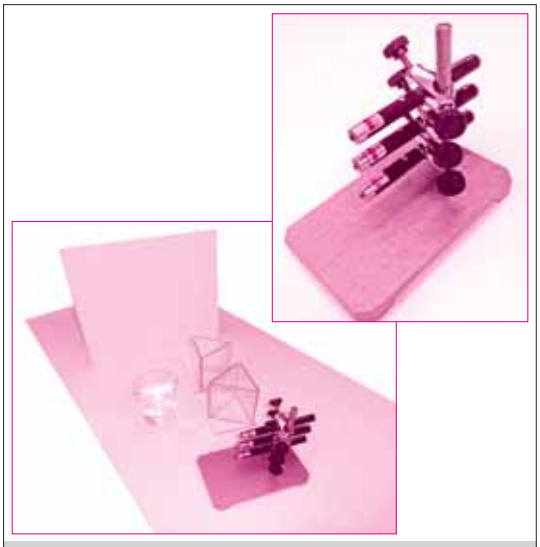
پرتوهای نور را می‌توان با اضافه کردن منشورهای پر از مایع با ضریب شکست بزرگ (آب انتخاب اول است، اما می‌توان مایعات دیگری را نیز به‌کار بُرد) مانند آنچه می‌توان در شکل (۴) دید پراکنده (پخش) کرد. توجه کنید چگونه لکه‌های متناظر با طول موج‌های کوتاه‌تر بیشتر منحرف می‌شوند. با قرار دادن دومین منشور پُر از مایع در مسیر پرتوها پس از اولین منشور، لکه‌های پرتوهای رنگی آشکارا دیده می‌شوند که دیگر در یک ردیف نمایان نخواهند شد. اگر فاصلهٔ بین منشورها بزرگ‌تر شود، خارج از ردیف شدنِ لکه‌ها بارزتر می‌شود.

این نمایش تماشایی‌تر خواهد شد، اگر در یک اتاق تاریک انجام شود و در مسیر پرتوها برای بالا بردن دامنه دید پرتوهای رنگی نور، توده‌ای دود اضافه گردد. در این وضعیت دانش‌آموزان می‌توانند مسیر پرتوها را چنانکه به زیبایی در شکل (۵) نمایش داده شده است مشاهده کنند.

بنابراین، ادعای بازترکیب نور سفید فقط با استفاده از دو منشور امکان‌پذیر نیست. اما به این فکر می‌افتیم که چرا هنوز این نمایش اشتباه پابرجاست. درواقع (و احتمالاً



▲ شکل ۱. نمونهٔ تصویرهای غلطی که برای نشان دادن بازترکیب نور سفید به وسیله یک منشـــور و بازترکیب بعدی آن پس از گذر از منشور دیگر به‌کار برده می‌شوند.



▲ شکل ۲. وسایل لازم برای آماده کردن آزمایش: دو منشور توخالی، یک لیوان آب، یک پرده، سه نشانگر لیزری (قرمز، سبز و آبی) که به وسیله پایه و گیره آزمایشگاهی در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند. شـــکل طرف راســـت در کنار یکدیگر قرار گرفتن نشانگرها را نشان می‌دهد.

▲ شـــکل ۳. از تصویر سه لکه رنگی در یک خط مستقیم قائم روی پرده استفاده می‌شود تا درستی در کنار یکدیگر قرار گرفتن سه لیزر در یک خط قائم بررسی شود.

▲ شـــکل ۴. وقتی که رنگ‌های قرمز، آبی و سبز در منشـــور پُر از آب پراکنده می‌شوند، لکه‌های متناظرشان در یک ردیف روی پرده نمایان نمی‌شوند.

▲ شکل ۵. پرتو نور سفید که از طرف چپ وارد منشور می‌شود، واقعاً از سه پرتو مختلف ساخته شده است (هرکدام از نشانگرهای مختلفی هستند که به‌طور عمودی در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند). هر رنگ به‌صورت متفاوتی به وسیله منشور اول منحرف می‌شود، اما هنگام ترک منشور دوم به‌طور موازی بیرون می‌آیند.

بدتـر از آن) بعضـی از کتاب‌هـای مرجـع ایـن آزمایـش را بـه ایـزاک نیوتـون نسـبت می‌دهنـد که شایسـته آن اسـت که با بازبینـی جزئیـات کارهـای نیوتـون در مورد طیف نور سـفید بررسـی شـود. اظهـار نظرهای تاریخـی در مـورد آزمایش‌های او را می‌تـوان در مراجـع یافـت.

مـا بـر ایـن باوریـم کـه دوام و مانـدگاری ایـن نمایش در مجموعـهٔ نمایش‌های اپتیکی به سرشـت عملی آن بسـتگی دارد. وقتـی کـه از باریکـهٔ نور سـفید اسـتفاده می‌کنیم، که بـه معنـای واقعـی کلمه یـک پرتو نیسـت و پهنـای معینی دارد (می‌تـوان آن را برهم‌نهـی پرتوهـای نـور سـفید در نظـر گرفـت)، نـور کـه پـس از خـروج از دومین منشـور بر روی پـرده می‌افتـد از ایـن‌رو سـفید بـه نظـر می‌رسـد کـه برهم‌نهـش رنگ‌هـای پراکنـده شـده از پرتوهـای سـفید اسـت. اما یـک تماشـاگر دقیق می‌توانـد دریابد کـه چگونه ایـن «لکـهٔ سـفید بازترکیـب شـده» در لبه‌هایـش قرمـز و آبی‌رنـگ می‌شـود.

پی‌نوشت

* A simple Experimental Setup to Clearly Show that Light Does Not Recombine After Passing Through Two Prisms

منبع

The physics teacher. Vol, 56, January 2018.