

تعیین ضخامت و ضریب شکست آینه

احمد وصال
ترجمه: احمد توحیدی

چکیده

در این مقاله، روشی ساده و عملی برای تعیین ضخامت و ضریب شکست آینه مطرح شده است. این روش، می‌تواند در آزمایشگاه‌های مدارس برای بالا بردن مهارت عملی شاگردان استفاده شود.

کلیدواژه‌ها: باریکه لیزر، نور هندسی، بازتاب، شکست معادله‌های فرنل

وقتی یک باریکه لیزر از سطح عقبی شیشه آینه بازمی‌تابد و روی پرده‌ای می‌افتد، بر اثر بازتاب‌ها و شکست‌های جزئی نور از فصل مشترک شیشه-هوا و بازتاب نور از سطح آینه طرحی از نقطه‌های درخشان مجزا تشکیل می‌شود. این مقاله توضیح می‌دهد چگونه با یک اندازه‌گیری ساده می‌توان از این پدیده برای اندازه‌گیری ضریب شکست و ضخامت شیشه استفاده کرد. می‌توان این آزمایش را آزمایشگاه‌های نور هندسی به کار برد و علاوه بر این تمرین دقیقی برای مسابقات المپیاد فیزیک نیز هست.

شکل ۲ بازتاب و شکست باریکه‌ای از لیزر را از یک آینه افقی را پیش از برخورد به پرده‌ای عمودی نشان می‌دهد. باریکه شماره ۲ باریکه اصلی است. بنابراین برای اغلب زاویه‌های فرود انتظار می‌رود درخشان‌ترین باشد. باریکه شماره ۱ از سطح بالایی شیشه بدون ورود به آن بازمی‌تابد، بنابراین در زاویه‌های فرود بزرگ از باریکه شماره ۱ درخشان‌تر می‌شود. در واقع، می‌توان از معادله‌های فرنل برای برآورد شدت نور پرتوهای بازتابیده عبوری که به زاویه فرود بستگی دارند استفاده کرد. شدت پرتوهای دیگر بر اثر بازتاب و شکست‌های بیشتر کاهش می‌یابد (شکل ۱).

فاصله x میان نقطه‌های درخشان روی پرده به زاویه تا فرود θ ، ضخامت t و ضریب شکست n شیشه بستگی دارد. بنابراین با اندازه‌گیری x برای مقدارهای متفاوت θ می‌توان n و t را تعیین کرد.

از شکل (۲) می‌توان رابطه میان x و t را تعیین کرد.

$$x \tan \theta = t \tan \alpha \quad (1)$$

با استفاده از قانون اسنل داریم،

$$\sin \theta = n \sin \alpha \quad (2)$$

از رابطه‌های بالا، رابطه میان x ، t و θ به دست می‌آید:

$$x = \frac{t \cos \theta}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}} \quad (3)$$

از بازآرایی در معادله بالا رابطه‌ای را به دست آورد که به نمودار خطی زیر بینجامد:

$$\frac{1}{x^2} = \left[\frac{n^2 - 1}{4 + 2} \right] \frac{1}{\cos^2 \theta} + \frac{1}{4t^2} \quad (4)$$

اگر نمودار $\frac{1}{x^2}$ را برحسب $\frac{1}{\cos^2 \theta}$ رسم کنیم، محل

برخورد نمودار با محور y ها $\left[\frac{1}{4t^2} \right]$ ، فقط به ضخامت بستگی دارد. پس از تعیین t ، می‌توان از شیب نمودار $\left[\frac{n^2 - 1}{4 + 2} \right]$ برای پیدا کردن ضریب شکست استفاده کرد. اگر باریکه

لیزر را یا زاویه فرود 30° به شیشه آینه‌ای بتابانیم که دارای

ضریب شکست شیشه آن در حدود $1/5$ و ضخامت آن $0/25$

سانتی‌متر باشد، فاصله x میان نقطه‌های روی پرده حدود $0/31$

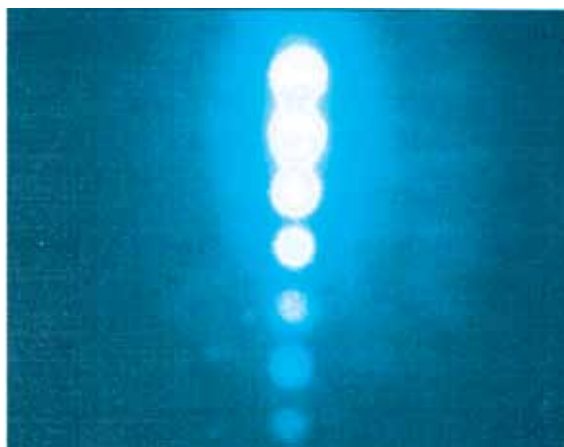
سانتی‌متر می‌شود. بنابراین، می‌توان با چسباندن یک برگ کاغذ

میلی‌متری روی پرده به آسانی فاصله x را اندازه‌گیری کرد.

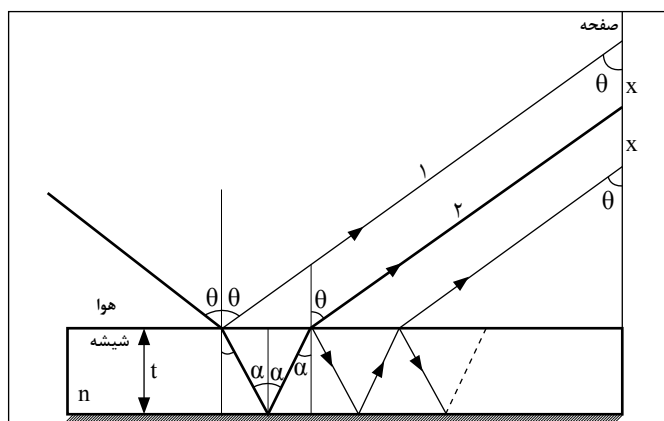
این آزمایش زیبایی است که به معلومات ریاضی پیشرفته نیاز ندارد و می‌تواند برای شاگردان چالش برانگیز باشد

را برای آن‌ها به‌طور کامل توضیح دهم. از طرف دیگر، برای شاگردان باهوش بدون نشان دادن طرح روی پرده فقط وسایل آزمایش را در اختیارشان قرار می‌دهم و از آن‌ها می‌خواهم ضخامت و ضریب شکست شیشه را پیدا کنند. ممکن است که روش مناسبی برای ارائه این آزمایش با توجه به سطح معلومات دانش‌آموزان بین دو حد گفته شده را انتخاب کرد.*

این آزمایش زیبایی است که به معلومات ریاضی پیشرفته نیاز ندارد، اما، تجربه نشان می‌دهد که حتی آموزش چگونگی استفاده از رابطه (۳) برای تعیین همزمان n و t می‌تواند برای یک دانشجوی منظم و مرتب سال اول دانشگاه چالش برانگیز باشد. بنابراین، اگر بخواهم مهارت اندازه‌گیری شاگردان را با یک آزمایش ظریف افزایش دهم، ترجیح می‌دهم آزمایش



شکل ۱. طرح مشاهده شده روی پرده به علت بازتاب باریکه لیزر آینه‌ای شیشه‌ای است.



شکل ۲. بازتاب‌ها و شکست‌های نقطه‌های چندی روی پرده تولید می‌کنند.

مرجع

*Determining the Thickness and Refractive index of a Mirror Ahmet Vysal The physics Teacher, Vol.48, December 2010.