برآورد توان اپتیکی چشم نزدیک‌بین*

خایبر لوسیو پرادوس ریبیرو
ترجمهٔ احمد توحیدی

کلیدواژه‌ها: توان اپتیکی، نزدیک‌بینی، دیوپتری

اپتیکِ چشمِ انسان مبحث رایجی در فیزیک دبیرستان است و معمولاً دانش‌آموزان در زمان ارائه آن به این موضوع علاقهٔ بسیار نشان می‌دهند. ما در این مقاله، روش آسانی برای برآورد توان اپتیکی یک عدسی واگرا ارائه کرده‌ایم که به سادگی با استفاده از یک عینک ویژهٔ نزدیک‌بینی و فلاش یک گوشی هوشمند انجام می‌شود.

آزمایش به حدی ساده است که نخست گمان کردیم پیش‌تر این روش به‌کار برده شده است، با اینکه مقاله‌های آموزش فیزیک گوناگونی را بررسی کردیم اما طرح مشابهی نیافتیم.

شخص نزدیک‌بین نمی‌تواند اجسام دور را به‌طور واضح مشاهده کند، اگرچه همین شخص توانایی دیدن اجسام نزدیکِ چشم خود را دارد. معمول‌ترین علت نزدیک‌بینی جوانان افزایش طول محور چشم آن‌ها است، بنابراین پرتوهای نور که از اجسام دور می‌آیند پیش از رسیدن به شبکیه همگرا می‌شوند. تقریباً ۴۱ درصد از مردم ایالات متحده امریکا نزدیک‌بین هستند و از عینک‌هایی با عدسی واگرا (با فاصله کانونی منفی) برای اصلاح چشم استفاده می‌کنند. اگرچه، تصحیح نهایی فقط می‌تواند با جراحی به دست آید. وقتی که چشم‌پزشک عینک تجویز می‌کند، استفاده از فاصله کانونی معمول نیست بلکه توان اپتیکی عینک (D) (عکس فاصلهٔ کانونی عدسی) را که بسیار رایج‌تر است، به‌کار می‌برد. توان اپتیکی بر حسب دیوپتری (m^{-1}) اندازه‌گیری می‌شود. توان اپتیکی عدسی یک شخص نزدیک‌بین را می‌توان به آسانی برآورد کرد. کافی است که از او بخواهیم مثلاً به یک آگهی تصویری نگاه کند تا بیشینه فاصله‌ای که می‌تواند تصویر را واضح ببیند تعیین شود. این فاصله را (d_{FAR}) یا «نقطه دور/ حداکثر رؤیت» می‌نامند و توان اپتیکی را می‌توان از رابطهٔ $P = -\frac{1}{d_{FAR}}$ به‌دست آورد.

مسیر نور در عدسی واگرای عینک را می‌توان با استفاده از یک لامپ کوچک مانند فلاش گوشی هوشمند، قرار دادن آن در فاصله‌ای از عدسی‌ها، و تشکیل تصویر روی دیوار به دانش‌آموزان نشان داد (شکل ـ۱). سطح‌بخشی از سایه را قاب عدسی عینک محدود می‌کند و به علت واگرایی پرتوهای نور شکسته شده «هاله‌ای» از نور آن را احاطه می‌کند. اگر اتاق تاریک و توان اپتیکی عدسی‌های مورد استفاده بزرگ باشد این اثر آشکارتر است. در شکل ۱۰ توان اپتیکی عدسی‌ها به ترتیب ۸D- (بالا) و ٤D- (پایین) است.

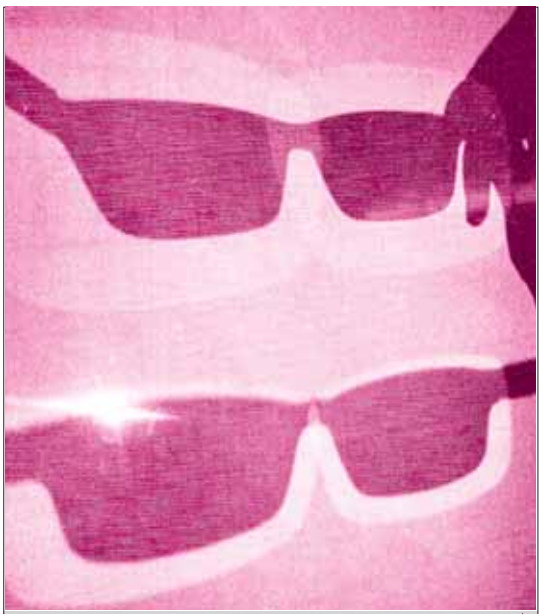
سه ناحیه روشن متفاوت در شکل ۱۰ کاملاً مشهود است. هاله درخشان را چشمهٔ نور و پرتوهای نوری که از درون عدسی‌ها می‌گذرند روشن می‌کند. ناحیه تاریک را فقط پرتوهای نوری که از درون عدسی‌ها می‌گذرند روشن می‌کند و ناحیه سایه‌روشن (اطراف هاله) فقط با پرتوهای چشمهٔ نور روشن می‌شود.

اگرچه این فعالیت آزمایشی سرراست است، ولی چند نکته را باید رعایت کرد.

عدسی عینک باید تقریباً موازی دیوار باشد، به طوری که محور اصلی آن عمود بر سطح دیوار باشد (در این حالت، هاله به‌طور متقارن سایهٔ عدسی را احاطه می‌کند). همچنین پیشنهاد می‌شود برای خواندن دقیق‌تر فاصله‌ها تصویر روی کاغذ میلی‌متری تشکیل شود.

اکنون این امکان فراهم شده است که با استفاده از این آزمایش توان اپتیکی عدسی‌ها را برآورد کرد. در پایان، باید فاصله‌های زیر اندازه‌گیری شود. فاصله لامپ (چشمهٔ نقطه‌ای)

مسیر نور در عدسی واگرای عینک را می‌توان با استفاده از یک لامپ کوچک مانند فلاش گوشی هوشمند و قرار دادن آن در فاصله‌ای از عدسی و تشکیل تصویر روی دیوار به دانش‌آموزان نشان داد



شکل ۱. هاله‌های نور اطراف عدسی‌های واگرا (بالا ۸D ـ، پایین ٤ D-)

تا عدســی (P)، طول افقی یا عمودی عدسی (a) (عرض قاب عینک در فاصله a در نظر گرفته نشده است)، طول عمودی یا افقی هاله (b)، و فاصلهٔ عدسی و پرده تصویر (c). این فاصله‌ها در شکل ـ ۲ نشان داده شده است.

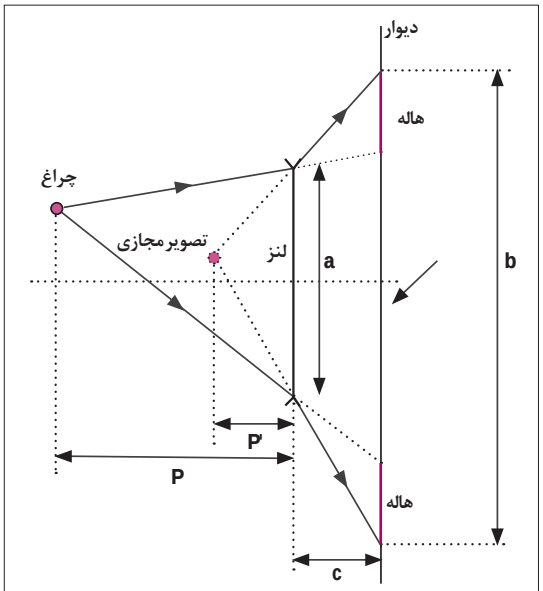
شــکل ـ ۱ نشــان می‌دهد که طول‌های a و b حتی برای یک عدســی عینک هــم تغییر می‌کند، و به شــکل و محل اندازه‌گیری آن بســتگی دارند که می‌تواند مشــکلاتی را در بــرآورد ما ایجاد کند. در این حالت، توصیه می‌شــود تصویر هاله روی یک برگ کاغذ میلی‌متری تشکیل شود تا آسان‌تر بتوان خطی در طول ســایهٔ عدسی را به‌عنوان مرجع انتخاب کرد. البته، مناسب‌ترین عدسی برای این آزمایش باید به شکل دایره باشد، اما عینک‌های با قاب دایره‌ای دیگر متداول نیست (مربوط به سال‌های دهه ۱۹٦۰).

دیگر توصیه‌ها برای انجام این آزمایش عبارت‌اند از: عدسی باید تقریباً موازی دیوار باشــد و بهتر است لامپ روی محور اصلی عدسی قرار گیرد تا تصویری متقارن به‌دست آید. اما اگر شــرط آخر وجود نداشته باشد (شکل ـ ۲)، احتمالاً می‌توان نتایج مشابهی به‌دست آورد.

محدودیت دیگر آن اســت که باید عدسی تنها با خمیدگی کروی انتخاب شــوند؛ یعنی این روش برای عدسی اصلاحی استیگمات به‌کار نمی‌رود، اما می‌توان آن را برای عدسی‌های همگرا به‌کار برد.

تصویر مجازی در رأس دو مثلث متشابه است، بنابراین

$$\frac{|P'|}{a}=\frac{|P'|+c}{b}\rightarrow|P'|=\frac{ac}{b-a}\rightarrow P'=\frac{ac}{a-b} \quad (۱)$$



شکل ۲. طرح آزمایش

با استفاده از شکل معمولی معادله عدسی‌ها، P' منفی است (تصویــر مجازی)، بنابراین مخرج کســر تغییر می‌کند. توان اپتیکی (D) با استفاده از رابطهٔ زیر اندازه گرفته می‌شود:

$$D=\frac{1}{f}=\frac{1}{P}+\frac{1}{P'}\rightarrow\frac{1}{P}+\frac{a-b}{ac} \quad (۲)$$

اگر P≥P' (پرتوهای موازی) باشــد آزمایش متفاوت دیگری را می‌توان در نظر گرفت. در این حالت می‌توان $\frac{1}{P}$ را نادیده گرفت، P'=f، بنابراین معادله بالا سادهٔ‌تر خواهد شد:

$$D=\frac{a-b}{ac} \quad (۳)$$

در کلاس‌های ما، دانش‌آموزان اندازه‌گیری‌ها را خودشــان انجــام دادند و از معادله (۲) بــرای اندازه‌گیری توان اپتیکی عینک‌هایشــان اســتفاده کردند. اندازه‌گیری‌هــا به کمک خط‌کــشِ میلی‌متری معمولی انجام شــد و ما پذیرفتیم که نتایج واقعاً به مقدار واقعی نزدیک است، به‌ویژه وقتی که توان اپتیکی عدسی‌های به‌کار برده شدهٔ بالا باشد (٤D- یا بیشتر).

ما دانش‌آموزان را برای اندازه‌گیری مقادیر خطاهای آزمایش بــه زحمت نینداختیم، زیرا هدف مــا تنها آن بود که کاربرد مفاهیم هندسی را به دانش‌آموزان نشان داده و آن‌ها را از طرز ارائهٔ اپتیکی رایج خلاص کنیم.

پی‌نوشت

* Myopia glasses and optical power estimation: An Easy Experiment
Jair Lucio Prados-Ribeiro

منبع

The Physics TEACHER. Vol. 53, Feb **2O15**