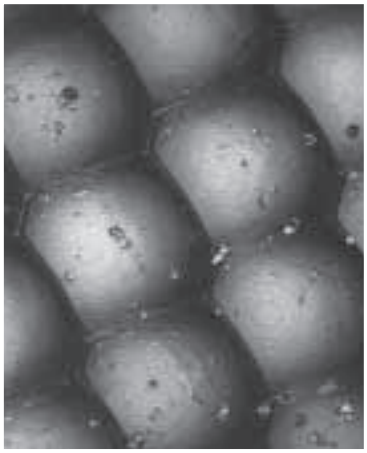
فیزیک پدیده‌های زیستی

(بخش پنجم)

محمدرضا خوش‌بین خوش‌نظر
کارشناس گروه فیزیک دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی



۱. قبلاً گفتیم که چشم حشره از سطوح کوچک بسیاری موسوم به اُمّاتیدی تشکیل شده است که نور با عبور از آن‌ها به یک گیرنده می‌رسد و از آن‌جا پردازش دیداری آغاز می‌شود؛ حشره، موزائیکی از تصاویر ایجاد شده از طریق اُمّاتیدی‌ها را می‌بیند. بسیاری از حشرات اُمّاتیدی‌هایی با سطوح خارجی صاف دارند. چرا برخی حشرات اُمّاتیدی‌هایی با برآمدگی‌هایی قله‌مانند و ریز بر سطح خارجی آن دارند؟ از فیزیک این برآمدگی در ساخت هواپیماهای رادارگریز (استیلث) استفاده می‌شود.

پاسخ. یک معیار برای ویژگی‌های نوری یک ماده ضریب شکست آن است که به سرعت نور در آن ماده ارتباط دارد. وقتی نور با مرزی مواجه شود که در آن ضریب شکست تغییر می‌کند، بخشی از نور از این مرز بازمی‌تابد و بقیه‌ی نور از آن عبور می‌کند. برای مثال، اگر باریکه‌ی نوری به سمت لایه‌ای از شیشه فرستاده شود، بخشی از این نور در مرز هوا- شیشه بازمی‌تابد.

در چشم یک حشره نیز بازتاب مشابهی در سطح هوا- اُماتیدی رخ می‌دهد، زیرا ضریب شکست اماتیدی

از تولید جوجه‌هایی که با غذای ناکافی مواجه خواهند شد، جلوگیری می‌کنند که هم به نفع بلدرچین است و هم به نفع بقا و بذرپاشی گیاهان علفی در طی خشکسالی است.

۸. روغن‌ها و صمغ‌ها: اثرهای سمی این مواد شامل تهوع و اسهال و در برخی همچون ماری‌جوانای موجود در شاهدانه موجب توهم و هذیان می‌شود.

۹. اسید اکسالیک: اثرهای سمّی آن به علت رسوب دادن کلسیم به‌صورت اکسالات کلسیم است که در مسمومیت‌ها (تراکم کلسیم خون کاهش می‌یابد که به بروز علایم عصبی، تشنجات عضلانی و آسیب به کلیه‌ها) ایجاد می‌شود.

نتیجه‌گیری

توجه به وجود فیتوآلکسین‌ها در مواد غذایی مصرفی را به هیچ عنوان نباید به معنای اجتناب از مصرف این گونه مواد غذایی نتیجه‌گیری کرد، بلکه در کنار آثار نامطلوب شناخته شده برای این ترکیبات شیمیایی طبیعی، آثار بسیار مفیدی نیز برای بسیاری از آن‌ها شناخته شده است. مثلاً می‌توان به آثار ضد سرطانی و آنتی‌اکسیدانی بسیاری از این ترکیبات و نقش آن‌ها در خنثی‌کردن رادیکال‌های آزاد مثبت اشاره کرد، البته دقت و توجه در مقدار و چگونگی مصرف مواد گیاهی از نکات قابل توجه برای مصرف‌کنندگان است.

پی‌نوشت

1. Phytoalexine
2. amigdalin
3. Antinutritional
4. Spybeans
5. Limabeans
6. Pomea status
7. Ipomeamaron
8. Ipomeanine
9. Capsidol
10. Junevil hormone

منابع

۱. اصفهانی، دکتر محمد مهدی؛ کتاب جامع بهداشت عمومی، صص ۴۰۸-۴۰۹، ۱۳۸۳.
۲. دیانتی، بنفشه و مؤمنی، دکتر تاج خانم؛ عوارض جانبی داروهای گیاهی، انتشارات شهرآب، صص ۱۶۳-۱۷۵، ۱۳۸۰.
۳. گی دیسون؛ ترجمه: محمد صانعی شریعت پناهی، حسین لسانی، ساختار و رده‌بندی گیاهان آوندی، مرکز نشر دانشگاهی، ص ۲۱.
۴. حایر، آندرسون، بونینگ، فرایتان؛ ترجمه: حسین لسانی و مسعود مجتهدی، مبانی فیزیولوژی گیاهی، انتشارات دانشگاه تهران، صص ۳۹۰-۳۹۱، ۱۳۷۴.
۵. نوری، راحله؛ جاندارن سمی، پایگاه اینترنتی رسمی انتشارات سوره مهر.
6. http://www.answers.com/topic/secondary-metabolite? Cat=technology
7. http://www.biology.uni-hamburg.de/b-online/e20/20.com
8. http://www.pejoohesh.persianblog.com
9. http://en wikipedia.org/wiki/secondary metabolite

بزرگ‌تر از ضریب شکست هواست. بنابراین، به‌طور طبیعی بخشی از نور فرودی بر چشم حشره، بازمی‌تابد و در فرایند بینایی شرکت نمی‌کند.

ولی، اماتیدی‌هایی که دارای برآمدگی هستند، بازتاب بسیار کم‌تری دارند؛ بنابراین نور بیش‌تری وارد این اماتیدی‌ها می‌شود. مزیت این برآمدگی در ساختار قله‌مانند آن است: در انتهای بیرونی، نازک و رو به سمت پایین، به‌تدریج عریض‌تر می‌شوند. بنابراین، وقتی نوری وارد اماتیدی می‌شود، مرز واحدی پیدا نمی‌کند، بلکه با مرزی مواجه می‌شود که ضریب شکست آن با حرکت نور در امتداد برآمدگی به‌تدریج افزایش می‌یابد. این افزایش تدریجی ضریب شکست، میزان نور بازتابیده را کاهش می‌دهد، و درنتیجه نور بیش‌تری وارد چشم می‌شود.

یک دلیل برای آن‌که چرا شناسایی هواپیماهای رادارگریز توسط رادار دشوار است آن است که سطوح آن با برآمدگی‌هایی از ماده‌ی جذب‌کننده‌ی رادار پوشیده شده است. اگر این سطوح مسطح بودند، تنها بخشی از سیگنال رادار جذب می‌شد و باقی‌مانده‌ی آن بازمی‌تابید. سطح روی یک هواپیمای رادارگریز برآمدگی‌هایی با فواصلی کوچک‌تر از طول موج امواج رادار دارد. وقتی موج رادار در امتداد یک برآمدگی حرکت می‌کند، به‌تدریج جذب آن می‌شود و بنابراین بخش کمی از آن به آشکارساز رادار بازتابیده می‌شود.

۲. گیاهانی که در سایه‌های یک جنگل استوایی قرار دارند نور کمی دریافت می‌کنند. ممکن است این واقعیت، دلیل قزح‌سانیِ آبی- سبز برخی از سرخس‌ها و گیاهان گل‌داری باشد که در آن‌جا رشد می‌کنند. برگ‌های گیاهان دیگر دارای یک درخشش مخملی‌اند که توسط سلول‌های روپوستی محدبی ایجاد می‌شود. این ویژگی‌ها چه مزیتی برای ادامه‌ی حیات گیاهانی دارد که از روشنایی کمی برخوردارند؟

پاسخ. قزح‌سانی آبی-سبز سرخس‌ها ناشی از تداخل نورهای بازتابیده از لایه‌های روی هم انباشته‌ای است که ویژگی‌های نوری متفاوتی دارند. به بیان دقیق‌تر، ضریب شکست لایه‌ها، که معیاری برای سرعت نور در مواد است، از بیش‌ترین تا کم‌ترین مقدار تغییر می‌کند. ضخامت این لایه‌ها نیز متغیر است. نتیجه آن‌که، امواج بازتابیده در قسمت آبی طیف مرئی تقریباً هم‌فاز خارج می‌شوند و یکدیگر را تقویت می‌کنند، و درنتیجه ما نور آبی-سبز را می‌بینیم. امواج انتقال‌یافته در قسمت قرمز طیف مرئی تقریباً به‌طور هم‌فاز به‌حرکت خود در لایه‌ها ادامه می‌دهند و یکدیگر را تقویت می‌کنند، و بنابراین نور قرمز به درون برگ (به کلروپلاست‌ها که فتوسنتز در آن‌جا صورت می‌گیرد) منتقل می‌شود. به نظر می‌رسد این آرایش مقدار نور جذب شده توسط یک برگ را در برابر آن‌چه این

برگ بدون وقوع تداخل نوری جذب می‌کند، افزایش می‌دهد. میوه‌های برخی از گیاهان نیز به‌علت لایه‌های نازکی که موجب تداخل نوری می‌شوند، آبیِ قزح‌سانی دارند.

سلول‌های روپوستی محدب در برگ‌های با درخشش مخملی، هم‌چون یک عدسی نور را روی کلروپلاست‌های زیرخود، کانونی می‌کنند. این کانونی‌سازی، تمرکز نور روی کلروپلاست‌ها را دست‌کم دو برابر می‌کند و به گیاه اجازه می‌دهد تا در روشنایی کمی زندگی کند (درخشش برگ‌ها که یک اثر جانبی است، ناشی از بازتاب آینه‌ای نور از کناره‌های این سلول‌هاست). ممکن است برگ برای کاهش مقدار نور بازتابیده از خود، لایه‌ی قزح‌سان نازکی نیز داشته باشد.

در انواع دیگری از برگ‌ها، بازتاب نور بر اثر شکل سلول‌ها کاهش می‌یابد. این سلول‌ها نور را به‌خوبی روی کلروپلاست‌ها کانونی نمی‌کنند، اما ظاهراً نور افزایش یافته در داخل سلول‌ها هنوز آن‌قدر هست که مفید واقع شود.

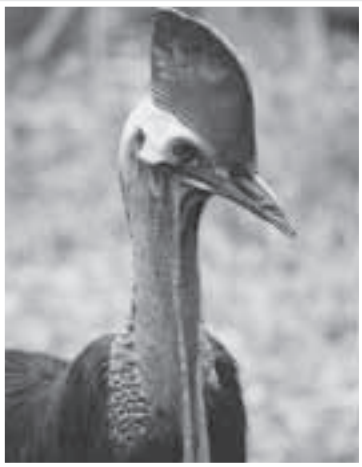
۳. رنگ چشم انسان (آبی، سبز، قهوه‌ای) را چه چیزی ایجاد می‌کند؟ چرا رنگ چشم برخی که ابتدا آبی است، طولی نمی‌کشد که قهوه‌ای می‌شود؟

پاسخ. رنگ آبی چشم ناشی از پس‌پراکندگیِ ترجیحی نور آبی توسط

پروتئین‌هـا، چربی‌هـا، و ذرات دیگری اسـت کـه در مایع داخل عنبیـه وجود دارد. رنگ آبی در صورتی دیده می‌شود که پشت این مایع توسط لایه‌ی تاریکی پوشـیده شده باشـد. اگر رنگ این لایه روشن‌تر باشـد و یا اگر رنگدانه‌هایی بر روی سطح عنبیه وجود داشته باشد، رنگ آبی مشـاهده نمی‌شـود و ممکن است چشـم قهوه‌ای به‌نظر برسد. چشم‌ها در صورتی سبز هستند که رنگدانه‌ای وجود داشته باشد که سفید را به زرد تبدیل کند، زیرا پس‌پراکندگـی ترکیبی از رنگ‌های آبی و زرد، به رنگ سـبز دیده می‌شـود. اگـر ذرات درون عنبیه بـه حدی بزرگ شوند که به جای پس‌پراکندگیِ ترجیحی نـور آبی، همه‌ی رنگ‌ها را به یک اندازه پراکنده کنند، ممکن است رنگ آبی چشم با گذشت سن تغییر کند.

٤. بخشی از غرش ببر زیر گستره‌ی شنیداری انسان‌ها و در ناحیه‌ی **فروصوتی** است. آیا تولید چنین صدای کم‌بسامدی مزیتی برای ببر ندارد؟

گرچه فیل‌ها وقتی یکدیگر را، به‌ویژه در فاصله‌های زیاد، صدا می‌زنند بهترین شـنوایی را در بسامد حدوداً ۱۰۰۰ هرتز دارنـد، اما مقدار زیادی از انرژی خود را بـرای تولید صدایی با بسـامد بین ١٤ و ۳۵ هرتـز صرف می‌کنند، که در ناحیه‌ی فروصوتی قرار دارد. اگر به‌هنگام نعره‌ی



فیل، در نزدیک او باشید ممکن است این موج را بیش‌تر از آن‌که بشنوید، حس کنید. آیا این نعره‌ی پر انرژی و کم‌بسامد مزیتی بر یک نعره‌ی پُربسامد دارد؟ فیل‌های یک علف‌زار، شـب‌ها تقریباً دو برابر روز، یا در جست‌وجوی جفت و یا برای هشدار به فیل‌های رقیب برای حفظ فاصله، نعره می‌کشند. آیا این نعره‌های شبانه مزیتی بر نعره‌های روزانه دارند؟

پاسـخ. مسـافتی که صوت در یک جنگل، محل سکونت ببرها، طی می‌کند به طـول مـوج بسـتگی دارد: درختان، علف‌ها، و برگ‌ها صداهای با طول موج بلندتـر را کم و از صداهای با طول موج کوتاه‌تر جذب و پراکنده می‌کنند. بنابراین، ببر برای فراخواندن جفت و یا هشدار به ببرهای دیگر، با غرش در بسامد کم (طول موج بلند) می‌تواند سیگنال را به فاصله‌ی دورتری از غرش در بسـامد بالا بفرستد (ضمـن آن‌کـه، این صدا وحشـتناک‌تر هم هسـت). جانوران دیگر جنگلی نیز از بسـامد کم برای ایجاد ارتباط استفاده می‌کنند. مثلاً **کاسوواری** (نوعی پرنده‌ی استرالیایی) که بزرگ‌ترین پرنده‌ی جنگلی اسـت با غرش‌های شدید در بسامدهای کم ۲۰ یا ۳۰ هرتز صدا تولید می‌کند که این بسامدها به حدی کم‌اند که انسان قادر به شـنیدن آن‌ها نیست. صدای بعضی از **کرگدن‌های سـوماترایی** نیز در ناحیه‌ی فروصوتی است.

در مرغـزار، غالبـاً به هنگام شـب، وارونگی در جـو به‌وجود می‌آید که در آن هـوای گرم‌تـر روی هوای سـردتر قرار می‌گیرد. صدای کم‌بسـامد در حین وارونگی ممکن است در زیر هوای گرم‌تر به دام افتد. بنابراین، به جای آن‌که صدا رو به بالا پخش شود و از بین برود، بیش‌ترِ آن روی مرغـزار بـه حرکـت درمی‌آید و فاصله‌هـای بیش‌تری را (شـاید تا ۱۰ کیلومتر) نسـبت به طول روز که در آن هنگام وارونگی وجود ندارد، طی می‌کند. احتمال به‌دام افتادن صداهای دارای بسامد بالاتر در یک لایه‌ی گرم کم‌تر است و هوا آن‌ها را بیش‌تر جذب می‌کند، و درنتیجه نعره‌ی پربسامد فیل مسافت زیادی را طی نخواهد کرد.

بهترین زمان برای نعره‌ی فیل، طوری که بتواند در بیش‌ترین مسـاحت ممکن پخش شـود، دو سـاعت پس از غروب خورشـید اسـت که بـاد در ارتفاع کم است و وقت کافی برای ایجاد وارونگی وجود دارد. در سـاعت‌های بعدی شب، ممکن اسـت ارتفاع باد بالا رود؛ گرچه نعره ممکن است در جهت باد حتی بهتر منتقل شـود، ولی در جهت‌های دیگر به ایـن خوبی منتقل نمی‌شـود، و درنتیجه مسـاحت کلی که نعره می‌تواند در آن به گوش برسد، کاهش می‌یابد.

۵. دارکوب برای یافتن حشراتی برای خوردن، ایجاد مکانی برای ذخیره‌سازی غذا، یا جلب توجه جفت خود، منقارش را بـه تنه‌ی درخت می‌کوبـد. بر اثر این برخورد شتابی ۱۰۰۰ برابر شتاب گرانشی به سر دارکوب وارد می‌شود. این شتاب برای انسان کشنده اسـت، یا در بهترین حالت آسیب شـدیدی را به مغز وارد و او را دچار ضربه‌ی مغزی کند. پس، چرا دارکوب با کوبیدن منقار خود به درخت نمی‌میرد و یا بی‌هوش نمی‌شود؟

قوچ‌هـای نر برای تعییـن قلمروی خـود در فصل جفت‌گیـری، با کوبیدن شـدید شـاخ‌ها و سرشـان، به یکدیگر حمله می‌کنند. با این حال، آن‌ها بی‌هوش روی زمیـن نمی‌افتنـد. شـاید برخی از انـواع دایناسـورهای شـاخ‌دار (از قبیل

ترایســـراتاپ‌ها[1]) برخوردهای مشابهی داشته‌اند. چرا این برخوردها، صدمه‌ای به قوچ‌ها نمی‌زند؟

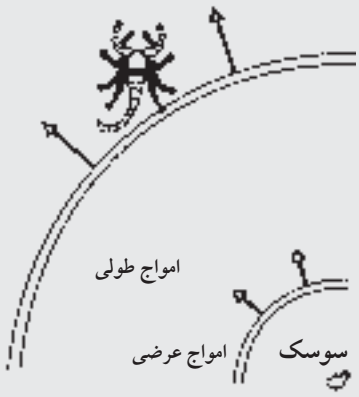
پاســـخ. برای توانایی دارکوب‌ها در تحمـــل این شـــتاب عظیم دو اســـتدلال آورده‌انـــد: (۱) حرکت دارکـــوب تقریباً در راســـتای خطی راســـت است. برخی از پژوهشگران بر این باورند که ضربه‌ی مغـــزی هنگامـــی در انســـان و جانوران به‌وجود می‌آید که ســـر به ســـرعت دور گردن (و ســـاقه‌ی مغـــزی) بچرخد، که احتمال آن در یک حرکت مستقیم ناچیز اســـت. (۲) مغز دارکوب چنان خوب به جمجمه‌ی آن چسبیده است که درست پس از برخورد، حرکت اضافی یا نوسان مغز ناچیز است و احتمال پاره شدن بافتی که جمجمـــه را به مغز متصـــل می‌کند، وجود ندارد.

قوچ‌هایـــی کـــه شاخ‌شـــان را به هم می‌کوبنـــد، بر اثر ســـه عامـــل محافظت می‌شوند. (۱) شاخ آن‌ها طوری خم شده است که مدت برخورد را طولانی می‌کند و در نتیجـــه نیـــروی وارد در برخورد را کاهش می‌دهد. (۲) استخوان‌های جمجمه نیز حول محل‌های اتصال خود (درزها[2]) به شکلی فنرگونه یا لولاوار می‌چرخند تا شـــدت ضربه‌ی ناگهانی را کم کنند. (۳) بیش‌تر انرژی برخورد، جذب عضله‌های قوی گردن می‌شود.

احتمالاً **ترایســـراتاپ‌ها** نیز دستگاه سینوســـی عریضی داشـــتند کـــه مغز را می‌پوشاند و می‌توانست به صورت یک ضربه‌گیر عمل کند.

۶. وقتی یک سوســـک در ماســـه با فاصله‌ای حدود چند ده سانتی‌متر از یک عقرب ماســـه‌ای حرکت می‌کند، عقرب ســـریعاً به سمت سوســـک برمی‌گردد و بـــه آن حملـــه می‌کند. عقـــرب می‌تواند ایـــن عمل را بـــدون دیـــدن (عقرب در شب شـــکار می‌کند) یا شـــنیدن صدایی از سوســـک انجام دهـــد. چگونه عقرب می‌تواند با چنین دقتی مکان طعمه‌اش را شناسایی کند؟

پاسخ. یک عقرب ماسه‌ای جهت و فاصله‌ی طعمه‌اش را با استفاده از امواجی تعیین می‌کند که با حرکت طعمه در سطح ماسه گسیل می‌شوند. ماسه روی سطح با نوعی موج (موج عرضی) به‌طور عمودی و با نوع دیگری موج (موج طولی) به‌طور موازی حرکت می‌کند. امواج طولی ســـه برابر ســـریع‌تر از امـــواج عرضی حرکت می‌کننـــد. عقرب که با هشـــت‌پای خود روی دایره‌ای به قطر حدود ۵ ســـانتی‌متر قرار دارد، امواج طولیِ سریع‌تر را دریافت می‌کنـــد و جهت سوســـک را می‌فهمد؛ سوسک در جهت آن پای عقرب است که زودتر توســـط موج تحریک شود. آن‌گاه عقرب بازه‌ی زمانی بین نخستین دریافت و دریافت موج عرضی آهسته‌تر را حس می‌کند و از آن برای تعیین فاصله‌ی خود تا سوسک استفاده می‌کند. برای مثال، یک بازه‌ی زمانی ۰/۰۰۴ ثانیه‌ای بین رســـیدن دو نوع موج به معنی آن است که موج در ۳۰ سانتی‌متری سوسک ایجاد شده است. به این ترتیب، عقرب بی‌درنگ جهت و فاصله تا طعمه‌ی خود را تعیین می‌کند.



۷. چگونه نوعی مارمولک، موســـوم به **باســـیلیک**[3] می‌تواند بی‌آنکـــه در آب غرق شـــود روی آن بـــدود؟ نه تنها بچه مارمولک‌های کم‌وزن، بلکه مارمولک‌های بزرگ‌تر و سنگین‌تر نیز از این روش برای فرار استفاده می‌کنند.

پاســـخ. در طول دویـــدن، صدای پا زمانی شروع می‌شود که مارمولک با پای خود به آب ضربه بزنـــد. این ضربه یک نیروی تکیه‌گاهی رو به بالا را به مارمولک وارد می‌کند، اما چـــون آب مایعی دارای چسبندگی پایین است، پا سریعاً شروع به فـــرو رفتن در آب می‌کند. با فرو رفتن پا در آب، حفره‌ی هوایـــی به دور نوک پا، رو به عقب تشکیل می‌شود. فشار رو به عقب، نیرویی رو به جلو را بر مارمولک وارد می‌کند و به آن امکان دویدن می‌دهد. مارمولک برای اجتناب از کشش وارد از آب بر پایش، پای خود را از حفره بیرون می‌کشـــد، پیـــش از آنکه آب بـــه داخل حفـــره‌ی هوا نفوذ کند. تـــا آن زمان پای دیگر او صدای چلپ دیگری را با ضربه زدن به آب، شـــروع کرده اســـت. گرچه مارمولـــک کمی در آب فرو می‌رود، ولی نیروی متوسط رو به بالایی که از ضربات پای خود کسب می‌کند آنقدر هست که آن را روی آب نگه دارد.

۸. وقتی ماهی رو به بالا نگاه می‌کند، چه چیـــزی از دنیای خـــارج را می‌تواند ببیند؟ آیا تصویر دنیایی که می‌بیند بر اثر عبور پرتوهای نور از سطح آب واپیچیده شده اســـت؟ آیا این تصویر به عمقی که ماهی در آن قرار دارد بستگی دارد؟ وقتی در ماهی‌گیری با قلّاب، طعمه را روی آب می‌اندازید، آیا باید محل آن را دقیقاً تعیین کنیـــد و یا ماهی می‌توانـــد یک طعمه‌ی شناور دورتر را ببیند؟

فرض کنیـــد در ته یک اســـتخر کم عمق به پشـــت خوابیده‌اید، آیا دید شما در دنیای بیرون شبیه به دید ماهی است؟ اگر ماســـکی بزنید که دارای یک ســـطح

پلاستیکی تخت و محتوی هواست، آیا دید شما تغییر می‌کند؟ اگر بینایی شما نیاز به اصلاح ندارد، پس چرا وقتی ماسک محتوی هوا نمی‌زنید، قدرت بینایی شما در زیر آب بسیار ضعیف می‌شود؟ اگر نزدیک‌بین یا دوربین باشید، آیا دید شما در زیر آب بهبود می‌یابد؟

وقتی یک **ماهی کمان‌دار**[4] حشره‌ای را بر گیاهی می‌بیند که در بالای آب آویزان است، دهان خود را کمی از آب بیرون می‌آورد و سپس فواره‌ای از آب را به سمت حشره می‌پاشد تا با افتادن حشره به درون آب بتواند آن را به دام اندازد و مصرف کند. وقتی این ماهی فواره‌ی آب را به سمت حشره نشانه‌گیری می‌کند، چشمانش در زیر آب قرار دارد. آیا ماهی به سمت نقطه‌ای هدف‌گیری می‌کند که حشره را در آن‌جا می‌بیند؟

پاسخ. دید یک ماهی از دنیای بیرون بر اثر شکست پرتوهای نوری که از سطح آب عبور می‌کنند تا به چشمان ماهی برسند، تغییر می‌کند. این شکست، پرتوی نور را طوری در سطح آب می‌شکند که در داخل آب عمودی‌تر شود. میزان این شکست برای پرتویی که در ابتدا عمودی است، صفر است و برای پرتویی که در زاویه‌ی بیش‌تری نسبت‌به امتداد قائم قرار دارد، به‌تدریج افزایش می‌یابد. این شکست به آن معناست که دنیای بیرون، داخل دایره‌ای بر سطح آب که دقیقاً در بالای ماهی قرار دارد، دیده می‌شود. تصویری از افق دنیای بیرون در پیرامون این دایره، و تصاویری از اشیاء بیرونی داخل این دایره قرار می‌گیرند.

اگر آب دریاچه کم‌عمق باشد، ماهی در بیرون این دایره عمدتاً بازتابی آینه‌ای از کف دریاچه را می‌بیند و اگر آب عمیق و کثیف باشد، ماهی سطحی تیره و تار را در بیرون دایره مشاهده می‌کند. اگر می‌خواهید ماهی کل طعمه‌ای را که به آب انداخته‌اید ببیند، طعمه باید نزدیک مرکز این دایره باشد. اگر طعمه در نزدیکی پیرامون این دایره باشد، قسمت خشک آن بسیار واپیچیده می‌شود و احتمالاً در ازدحام تصاویری از درختان و سایر اشیای روی افق، گم می‌شود. اگر طعمه بیرون از دایره باشد، ماهی فقط می‌تواند بخشی از آن را ببیند که در آب فرو رفته است. هرچه ماهی در عمق بیش‌تری باشد، این دایره کوچک‌تر است.

اگر شما دیدی طبیعی داشته باشید، وقتی در آب فرو می‌روید، تصویری واضح از دنیای بیرونی را در چنین دایره‌ای نخواهید دید. بیش‌تر نوری که توسط چشمان شما کانونی می‌شود حاصل از شکست نور به هنگام عبور از هوا به درون قرنیه است. وقتی آب چسبیده به قرنیه است، شکست نور تقریباً از بین می‌رود و درنتیجه شما احتمالاً دید ضعیفی در زیر آب خواهید داشت. اگر ماسک بزنید، قدرت بینایی شما بهتر می‌شود، زیرا هوای مجاور قرنیه، شکست نور به درون قرنیه را مثل قبل می‌کند، و درنتیجه کانونی‌سازی انجام می‌شود. ولی این نور با عبور از سطح پلاستیکی شفاف ماسک به درون هوای محبوس در ماسک نیز شکسته می‌شود. این شکست اضافی، شکل‌گیری دایره‌ی فوقانی بر سطح آب را از بین می‌برد. آن‌گاه دنیای بیرون تقریباً به همان صورتی به نظر می‌رسد که وقتی چشمان شما در بالای آب است، دیده می‌شود.

اگر نزدیک‌بین باشید، چشمان شما تصویری از یک شیء دوردست را در جلوی شبکیه کانونی می‌کند. وقتی با فرو بردن چشمان خود در آب، شکست نور در قرنیه را کاهش می‌دهید، ممکن است این تصویر روی شبکیه بیفتد و بنابراین واقعی دیده شود.

وقتی ماهی کمان‌دار به حشره‌ای که دقیقاً در بالای آن قرار دارد آب می‌پاشد، شکست نور بر خط دید ماهی تأثیر نمی‌گذارد. ولی اگر حشره در جهت‌های دیگری قرار داشته باشد، شکست نور اهمیت می‌یابد و آن‌گاه ماهی بایستی از طریق آزمون و خطا (تا این‌که سرانجام آب به حشره بخورد)، یا با استفاده از تجربه‌های قبلی، و یا به‌طور ژنتیک، نشانه‌گیری کند.

۹. **یوهان پورکینیه**[5] فیزیولوژیست مشهور قرن ۱۹ میلادی، شبی در بیرون از خانه دریافت که نور زغالی نیم‌سوخته دو کمان آبی‌رنگ را در میدان دید او ایجاد می‌کند. گرچه آن‌ها به‌سرعت محو شدند، ولی او توانست با تکان دادن زغال‌ها دوباره آن‌ها را ایجاد کند. برای آن‌که این کمان‌ها را ببینید، روش زیر را پی‌بگیرید: چراغ‌های اتاق را برای دو دقیقه خاموش کنید. درحالی‌که چشمانتان باز است، نور قرمز کوچکی را روشن کنید. بهترین چشمه‌ی نور، مستطیل باریکی است که بیش‌تر از ۰/۲۵ کمان درجه را در دید شما اشغال نمی‌کند. آن‌گاه باید یک کمان یا تیزی آبی‌رنگ کم‌نوری را برای حدوداً یک‌ثانیه ببینید. شکل این کمان به این بستگی دارد که نور قرمز در کجای دید شما قرار دارد. برای تولید مجدد کمان، چراغ‌های اتاق را برای دو دقیقه روشن کنید و سپس این کارها را دوباره انجام دهید.

درســت پس از خاموش شــدن نور محرک، کمان‌های کم‌نوری را نیز می‌توان دید. در هریــک از ایــن دو حالت، اگر بگذارید چشم کاملاً به تاریکی عادت کند، کمان‌ها خاکستری (بی‌رنگ) هستند.

چرا کمان یا یک تیزی ظاهر می‌شود، و چرا شکل ناحیه‌ی آبی‌رنگ به موقعیت نــور محرک بســتگی دارد؟ چگونه نور محرک کوچکی می‌توانــد کمانی ایجاد کند که در یک ناحیه‌ی نســبتاً وســیع از میدان دید شــما امتــداد دارد؟ چرا وقتی چشــم کمــی بــه تاریکی عــادت کرد، کمان‌ها آبی‌رنگ می‌شوند، اما وقتی کاملاً به تاریکی عادت کــرد، کمان‌ها به رنگ خاکستری درمی‌آیند؟

پاســخ. در محل افتادن تصویر نور قرمز روی شبکیه، گیرنده‌های مخروطی که مسئول آشکارسازی نور قرمز هستند، فعال می‌شوند. مسیرهای عصبی که از این گیرنده‌ها می‌آیند در مجاورت مسیرهایی قرار دارند که به گیرنده‌های میله‌ای، واقع در محلــی دیگر بر روی شــبکیه، وصل شــده‌اند. ظاهراً برانگیختن مســیرهای مخروطی باعث تحریک مسیرهای میله‌ای می‌شــود و مغز به غلــط فکر می‌کند که میله‌ها نیز روشن شده‌اند. چون این میله‌ها بر یک کمان روی شبکیه قرار گرفته‌اند، مغز یک کمان روشن را ادراک می‌کند.

اگر برخــی از گیرنده‌های مخروطی تحت تابش پیشین نور اتاق هم‌چنان در حال گسیل یک سیگنال زرد به مغز باشند، این کمان‌ها آبی هســتند. درک رنگ آبی چنین صورت می‌گیرد: نور محرک قرمز، گیرنده‌های مخروطی را که محل افتادن نور بر روی شبکیه هستند، فعال می‌کند. مســیرهای عصبی که از این مخروط‌ها می‌آیند، مسیرهای عصبی متصل به میله‌ها در کمان دیده شــده را فعال می‌کنند. این مسیرهای میله‌ای فعال‌شده جلوی سیگنال زرد حاصل از مخروط‌های واقع در طول این کمان را می‌گیرند.

رنگ‌هــای زرد و آبــی را **رنگ‌های متضاد** گویند، زیرا وقتــی یک پیام زرد بازداشته می‌شود، مغز رنگ آبی را ادراک می‌کند. بنابراین وقتی مســیرهای عصبی میله‌ها پیام زرد حاصــل از مخروط‌های کمان را باز می‌دارند، مغز این کمان‌ها را آبی ادراک می‌کند، بعداً، وقتی این مخروط غیرفعال شــود (به تاریکی خو بگیرند)، میله‌ها چیزی برای بازداشتن ندارند، و در نتیجه کمان، خاکستری دیده می‌شود.

۱۰. چگونه یک عنکبوت که در مرکز یک تار نشسته است می‌فهمد در کجا یک مگس گیر کرده یا به داخل تار کشــیده شده اســت؟ چرا تار وقتی مگس به آن می‌خورد پاره نمی‌شود؟ پس از برخورد به تار، چرا مگس به راحتی نمی‌تواند فرار کند؟

پاســخ. مگس به خاطر دســت و پا زدن‌هایش امواجی را در طول رشــته‌ها، از جمله در طول رشــته‌های شعاعی‌ای که عنکبوت روی آن‌ها نشســته اســت، گســیل می‌دارد. امواج روی رشــته‌های شعاعی را می‌توان برحسب جهت نوسان رشته‌ها به ســه نوع تقسیم‌بندی کرد. در دو نوع، نوسان‌ها عمود بر یک رشته‌اند، یا در صفحه‌ی تار عنکبوت و یا عمود بر این صفحه. در نوع سوم، نوسان‌ها موازی رشته هستند. این نوع سوم نوسان‌هاست که عنکبــوت را خبــردار می‌کنــد. اگر عنکبــوت این نوســان را در دو یا ســه رشــته‌ی مجاور وارسی کند، می‌تواند به سرعت جهت مگس را تعیین کند، زیرا رشــته‌ای که تا محل مگس رفته اســت، دارای قوی‌ترین نوسان‌هاست. حتی اگر یک طعمــه‌ی به دام افتــاده خیلی تکان نخورد هم عنکبــوت می‌تواند محل آن را با برداشتن پاهایش از روی رشته‌های شعاعی شناسایی کند. هر رشته‌ای که بر اثر وزن طعمه پایین رود به طور متفاوتی نسبت به یک رشته‌ی آزاد نوسان می‌کند، و عنکبــوت را درمــورد جهت و حتی فاصله تا طعمه آگاه می‌سازد.

برخی عنکبوت‌ها تارهــای خود را کوک می‌کنند، به این معنا که کشش را در رشته‌ها تنظیم می‌کنند. وقتی آن‌ها خیلی گرسنه‌اند، کشش را زیاد می‌کنند تا حتی تقلای یک طعمه‌ی کوچک، امواج قابل توجه‌ای را در طول تار گسیل کند. وقتی آن‌ها چندان گرسنه نیستند، کشش را کم می‌کنند تا فقط تقلای یک طعمه‌ی بزرگ امواج قابل توجه‌ای را گسیل کند.

در ســال ۱۸۸۰ **ســی. وی. بویــز**[۶] توضیــح داد که چگونه توانســته توجه یک عنکبوت باغی را با تماس دادن یک دیاپازن مرتعش با لبه‌ی یک تار عنکبوت جلب کنــد. اگر عنکبــوت در مرکز تار باشد، به سادگی می‌تواند دیاپازن را بیابد. اما اگر عنکبوت در مرکز تار نباشد، پیش از آن‌که بتواند دیاپازن را پیدا کند باید به مرکز تار برود. وقتــی **بویز** دیاپازن را به جای این‌که به قســمتی از تار ببرد که از عنکبوت فاصله داشت، نزدیک عنکبوت برد، عنکبوت نوســان‌ها را به عنوان یک خطر حس کرد و سریعاً خود را روی یک رشته‌ی مطمئن انداخت.

نوع خاصی از عنکبوت‌های گرمسیری **کلپتوپاراســیتِیک**[۷] نامیده می‌شوند، زیرا آن‌ها برای خود تار نمی‌تنند، بلکه طعمه را از یــک عنکبوت میزبان که تار می‌تند می‌دزدند. برای وارســی تــار، عنکبوت **کلپتوپاراســیتِیک** رشــته‌هایی (به طول ۲۰ تا ۳۰ ســانتی‌متر) از محــل خود به مرکز و رشــته‌های شعاعی تار عنکبوت می‌فرســتد. هرگاه تار عنکبــوتِ میزبان مثلاً یک مگس را به دام اندازد، نوسان‌ها در طول رشــته‌های وارسی شــده روانه می‌شوند. از شکل این نوسان‌ها، عنکبوت **کلپتوپاراسیتِیک** حتی می‌تواند بگوید آیا مگس توســط میزبان برای خــوردن در وقت دیگری پیچیده اســت یــا نه؟ اگر چنین باشد، آن‌گاه عنکبوت سریعاً به‌طور دزدکی روی تار می‌رود.

یک تار عنکبوت با جذب تکانه و انرژی جنبشی طعمه‌ای در پرواز که تقریباً هم‌اندازه‌ی عنکبوت یا کوچک‌تر از آن است، مانند یک صافی عمل می‌کند. تار عنکبوت طوری طراحی شده است که اگر طعمه بزرگ‌تر از عنکبوت باشد از هم بگسلد، زیرا در غیر این صورت طعمه می‌تواند به عنکبوت آسیب برساند.

هرگاه طعمه به تار برخورد کند، رشته‌ها کشیده می‌شوند، ولی آن‌ها مانند یک مایع لزج عمل می‌کنند و بیش‌ترِ انرژی برخورد را در خود نگه می‌دارند. بنابراین، طعمه نمی‌تواند به راحتی از تار بجهد. به علاوه قطره‌هایی چسبناک (که به شکل دانه‌هایی میکروسکوپی به نظر می‌رسند) در طول بعضی از رشته‌ها قرار گرفته‌اند تا طعمه را به دام اندازند (این دانه‌ها به اندازه‌ی کافی از هم فاصله دارند تا عنکبوت بتواند بی‌آن‌که خودش گیر بیفتد از آن‌ها عبور کند). طعمه تقلا می‌کند، اما چون تار به راحتی کش می‌آید، نمی‌تواند چیزی را بیابد تا با هل دادن آن بتواند خود را از شرّ قطره‌های چسبناک خلاص کند.

پی‌نوشت

1. Triceratop
2. sutures
3. basilik lizard
4. archer fish
5. Johannes Purkinje
6. C.V. Boys
7. Kelptoparastic. این عبارت را می‌توان **جنون طفیلی‌گری** ترجمه کرد (مترجم.)

مرجع

Jearl Walker, The Flying Circus of Physics, 2nd Edition, John Wiley & Sons, 2007.

دفتر انتشارات کمک آموزشی

با مجله‌های رشد آشنا شوید

مجله‌های رشد توسط دفتر انتشارات کمک‌آموزشی سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وابسته به وزارت آموزش و پرورش تهیه و منتشر می‌شوند:

مجله‌های دانش‌آموزی

(به صورت ماهنامه و ۸ شماره در هر سال تحصیلی منتشر می‌شوند):

- رشد کودک (برای دانش‌آموزان آمادگی و پایه‌ی اول دوره‌ی دبستان)
- رشد نوآموز (برای دانش‌آموزان پایه‌های دوم و سوم دوره‌ی دبستان)
- رشد دانش‌آموز (برای دانش‌آموزان پایه‌های چهارم و پنجم دوره‌ی دبستان)
- رشد نوجوان (برای دانش‌آموزان دوره‌ی راهنمایی تحصیلی)
- رشد جوان (برای دانش‌آموزان دوره‌ی متوسطه‌وپیش‌دانشگاهی)

مجله‌های بزرگسال عمومی

(به صورت ماهنامه و ۸ شماره در هر سال تحصیلی منتشر می‌شوند):

◆ رشد آموزش ابتدایی ◆ رشد آموزش راهنمایی تحصیلی ◆ رشد تکنولوژی آموزشی ◆ رشد مدرسه فردا ◆ رشد مدیریت مدرسه ◆ رشد معلم

مجله‌های بزرگسال و دانش‌آموزی اختصاصی

(به صورت فصلنامه و ۴ شماره در هر سال تحصیلی منتشر می‌شوند):

◆ رشد برهان راهنمایی (مجله ریاضی برای دانش‌آموزان دوره‌ی راهنمایی تحصیلی) ◆ رشد برهان متوسطه (مجله ریاضی برای دانش‌آموزان دوره‌ی متوسطه) ◆ رشد آموزش قرآن ◆ رشد آموزش معارف اسلامی ◆ رشد آموزش زبان و ادب فارسی ◆ رشد آموزش هنر ◆ رشد مشاور مدرسه ◆ رشد آموزش تربیت‌بدنی ◆ رشد آموزش علوم اجتماعی ◆ رشد آموزش تاریخ ◆ رشد آموزش جغرافیا ◆ رشد آموزش زبان ◆ رشد آموزش ریاضی ◆ رشد آموزش فیزیک ◆ رشد آموزش شیمی ◆ رشد آموزش زیست‌شناسی ◆ رشد آموزش زمین‌شناسی ◆ رشد آموزش فنی‌وحرفه‌ای ◆ رشد آموزش پیش دبستانی

مجله‌های رشد عمومی و اختصاصی برای آموزگاران، معلمان، مدیران و کارکنان اجرایی مدارس، دانش‌جویان مراکز تربیت‌معلم و رشته‌های دبیری دانشگاه‌ها و کارشناسان تعلیم و تربیت تهیه و منتشر می‌شوند.

◆ **نشانی:** تهران، خیابان ایرانشهر شمالی، ساختمان شماره‌ی ۴ آموزش‌وپرورش، پلاک ۲۶۶، دفتر انتشارات کمک‌آموزشی.

◆ **تلفن و نمابر:** ۸۸۳۰۱۴۷۸ ـ ۰۲۱