

# فیزیک پدیده‌های زیستی

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

کم می‌شود. مثلاً اگر مساحت صفحات خازن نهایی  $0.10$  مساحت صفحات خازن اولیه باشد، ظرفیت نیز  $0.1$  ظرفیت اولیه می‌شود. به خاطر داریم  $V_p = (C_p/C_1)V_1$  می‌شود. بنابراین برای این خازن جدید  $V_p = 10V_1$  می‌شود. پس، وقتی که برانکار بیرون کشیده می‌شود، اختلاف پتانسیل به علت آن که بار روی خازن روی سطح صفحه کوچک‌تری جمع می‌شود، افزایش می‌یافت و این اختلاف پتانسیل لازم برای جرقه زدن را مهیا می‌کرد.

۲. چرا وقتی نسیم شدیدی در یک جنگل کاج می‌وزد، می‌توانید ترنم آوازی را از برگ‌ها بشنوید؟ این صداها که با وزش نامنظم نسیم شدید در رفت و آمدند، یکی از جنبه‌های آرامش‌بخش جنگل کاج در روزهای پاییزی است.

پاسخ. وقتی نسیم از کنار استوانه‌ای باریک مثل یک برگ سوزنی کاج می‌گذرد، جریان هوا می‌خواهد گردبادهایی در طول آن به‌وجود آورد. گردبادهای ابتدا در یک طرف، سپس در طرف دیگر، و مجدداً در همان طرف تشکیل می‌شوند و این شکل‌گیری به همین ترتیب ادامه می‌یابد. تشکیل این گردبادهای فشار هوا را تغییر می‌دهد و

۱. غالباً یک مصدوم سوختگی در حالی مداوا می‌شود که روی برانکار در اتاقک سر بسته‌ای پر از هوای غنی شده با اکسیژن، دراز کشیده است. سابق بر این، وقتی جلسه مداوا تمام می‌شد، مستخدم بیمارستان برانکار و بیمار را از داخل اتاقک روی تخت چرخداری می‌کشید تا او را از اتاقک بیرون ببرد. ولی گاهی برانکار در انتهای مسیر، هنگامی که داشت از اتاقک خارج می‌شد، آتش می‌گرفت و بدیهی است هوایی که اکسیژن آن غنی شده است نیز به سادگی آتش می‌گرفت و این وضعیتی بسیار خطرناک بود. چه عاملی باعث آتش گرفتن برانکارها می‌شد؟

پاسخ. بررسی‌ها نشان دادند که گاه بر اثر حرکت بیمار جدایی باری بین پوست و روپوش بیمار و ملاقه روی برانکار رخ می‌داد. همچنین دریافتند که برانکار و بخشی از چارچوب فلزی اتاقک که در زیر برانکار قرار داشت، تشکیل یک خازن تخت را می‌دادند. وقتی برانکار از اتاقک بیرون آورده می‌شد، از سطح مشترک صفحه‌های برانکار و چارچوب کاسته می‌شد و بنابراین مساحت صفحه‌های خازن نیز کم می‌شد.



بنابراین قطاری از تغییرات فشار در طول استوانه راه می‌افتد و موجی صوتی موسوم به **آوای اتولوس** منتشر می‌شود. هرگاه شما در مسیر این امواج صوتی قرار بگیرید، تغییرات فشار هوای ناشی از جریان‌های گردبادی را خواهید شنید. هرچه هوا سریع‌تر از کنار استوانه بگذرد، این تغییر فشار بیشتر رخ می‌دهد و در نتیجه بسامد صدا بیشتر می‌شود.

۳. در سبک نقاشی امپرسیونیسم، اشیاء و زمینه آن‌ها به‌جای جزئیات، صرفاً با شکل کلی خود نقاشی می‌شود. لکود

توجه کنید که در این دو وضعیت بار روی صفحه‌های خازن تغییر نمی‌کنند و فقط از مساحت صفحه‌های خازن مؤثر کاسته می‌شود. می‌دانیم  $q=CV$  است که در آن  $C$  ظرفیت خازن و  $V$  اختلاف پتانسیل دو سر خازن است. اگر  $C_1$  و  $V_1$  را به ترتیب ظرفیت و اختلاف پتانسیل اولیه، و  $C_p$  و  $V_p$  را به ترتیب ظرفیت و اختلاف پتانسیل نهایی بگیریم، خواهیم داشت:  $C_1V_1 = C_pV_p$ . از طرفی می‌دانیم که ظرفیت خازن تخت برابر با  $\epsilon A/d$  است که  $A$  مساحت صفحه‌ها و  $d$  فاصله بین صفحه‌هاست. پس در وضعیت نهایی که مساحت مؤثر  $A$  صفحه‌ها کم شده است، ظرفیت خازن نهایی نیز

**مونه<sup>۱</sup> برای نقاشی‌های امپرسیونیستی خود از مناظر طبیعت مشهور است. با بالا رفتن سن مونه آثار او رنگ گرم‌تری از قرمز و زرد به خود گرفت و رنگ‌های دیگر طیف مرئی از آن‌ها حذف شدند. آیا این تغییر رنگ در آثار مونه می‌توانست دلایل فیزیکی یا فیزیولوژیکی داشته باشد؟**

**پاسخ:** بسیاری از نقاشان عصر امپرسیونیسم دارای نقایص بینایی بودند. برخی از آن‌ها نزدیک‌بین بودند و در نتیجه‌اشیایی را که نقاشی می‌کردند، مات و مبهم می‌دیدند که این از قضا برای سبک امپرسیونیستی مناسب بود. حتی برخی از آن‌ها بوم را در فاصله یک دست از خود می‌گرفتند تا بیرون از فاصله کانونی دیدشان قرار گیرد. اما برخی مثل **مونه** از بیماری آب مروارید رنج می‌بردند که مانع دید آن‌ها در فاصله بیش از چند متر می‌شد. احتمالاً **مونه** بیماری آب مروارید هسته‌ای<sup>۲</sup> داشت که بخش آبی طیف مرئی را حذف و بخش زرد-قرمز آن را حفظ می‌کند و همین موضوع سیطره رنگ زرد-قرمز را در آثار متأخر او توضیح می‌دهد. جالب آنکه وقتی او در اواخر عمر تحت عمل جراحی قرار گرفت و بیماریش بهبود یافت، از این آثار زرد-قرمز خود خشمگین شد و بر آن شد که آن‌ها را از بین ببرد یا مجدداً رنگ‌آمیزی کند.

**۴. گروه‌های فوریت‌های پزشکی برای توقف لرزش بطنی افرادی که دچار حمله قلبی شده‌اند، از دستگاه‌های دفع لرزش استفاده می‌کنند. اساس کار این دستگاه‌ها چیست؟**

**پاسخ.** در نوع قابل حمل این دستگاه‌ها یک باتری، خازنی را تا اختلاف پتانسیل بالایی باردار می‌کند و به این ترتیب خازن در زمانی کمتر از یک دقیقه مقدار زیادی انرژی ذخیره می‌کند. باتری کی اختلاف پتانسیل نسبتاً کمی را تأمین می‌کند، ولی با استفاده از یک مدار الکترونیکی این اختلاف پتانسیل بارها و بارها به خازن داده می‌شود تا اختلاف پتانسیل به مقدار زیادی افزایش یابد. صفحه‌های رابط "کفشک‌ها" روی قفسه سینه بیمار قرار داده می‌شود. وقتی کلید دستگاه زده شود، خازن بخشی از انرژی ذخیره شده خود را از طریق بدن بیمار، از یک کفشک به کفشک دیگر، منتقل می‌کند. مثلاً وقتی یک خازن  $70 \mu\text{F}$  در یک دستگاه رفع لرزش تا  $5000\text{V}$  باردار شود، طبق معادله  $U = \frac{1}{2} CV^2$  انرژی‌ای برابر  $875\text{J}$  در خازن ذخیره می‌شود. حدود  $200\text{J}$  از این انرژی از طریق بدن بیمار در حین یک تپ (پالس)  $2/10$  میلی‌ثانیه‌ای فرستاده می‌شود. توان این تپ با استفاده از معادله  $P = U/t$  برابر با  $10\text{kW}$  می‌شود که بسیار بزرگ‌تر از توان خود باتری است.

**۵. چرا وقتی سر شما زیر آب است، تصور می‌کنید صدای کسی که دور از شما و در سمت راست تان قرار دارد، از جهت مقابل گسیل شده است؟**

**پاسخ.** یک سرنخ که مغز شما برای تعیین جهت منبع صدا به

کار می‌گیرد، تأخیر زمانی بین رسیدن صدا به گوش نزدیک‌تر به منبع و گوش‌سی است که دورتر از منبع قرار دارد. مثلاً اگر منبع صدا مستقیماً در طرف راست شما باشد، تأخیر زمانی  $0.00058$  ثانیه است و تجربه قبلی به‌درستی به شما می‌گوید که چشمه در سمت راست و در زاویه  $90^\circ$  نسبت به جهت مقابل قرار دارد. با این همه، اگر شما و منبع صدا در آب فرو روید، میزان تأخیر زمانی تنها یک-چهارم تأخیر زمانی قبلی ( $0.00014$  ثانیه) خواهد بود، زیرا سرعت صوت در آب ۴ برابر سرعت صوت در هواست (پس صدا سریع‌تر از گوش نزدیک‌تر به گوش دیگر حرکت می‌کند). این تأخیر زمانی کوتاه‌تر و تجربه قبلی شما، این علامت اشتباه را می‌دهد که منبع در زاویه فقط  $13^\circ$  نسبت به جهت مقابل قرار دارد. البته ممکن است نتوانید این زاویه را به خوبی تعیین کنید، زیرا تأخیر زمانی از یک گوش به گوش دیگر، ممکن است بر اثر یک اثر اضافی برهم بخورد. صدا در آب راحت‌تر به گوش منتقل می‌شود تا در هوا. بنابراین، وقتی سر شما زیر آب قرار دارد، صدا نه تنها با عبور از آب، بلکه با عبور از سرتان به گوش دورتر می‌رسد. تأخیر زمانی برای این دو مسیر تا اندازه‌ای متفاوت است و این باعث می‌شود که سرنخ‌های متضادی در مورد جهت منبع صدا به شما برسد.

**۶. وقتی یک جانور می‌دود، پرش می‌کند، یا به شکار خود جنگ می‌اندازد، حرکت اندام‌هایش را می‌توان مثل حرکت یک ماشین مکانیکی پنداشت. استخوان‌های هر عضو نقش تیرهای صلبی را بازی می‌کنند که در مفصل‌ها لولا شده‌اند. ماهیچه‌ها و زردپی‌های جانور نقش موتورها و ریسمان‌هایی را دارند که تیرها را می‌کشند و بر آن‌ها گشتاور وارد می‌کنند. ملخ چگونه پاهایش را باز و بسته می‌کند؟ سمور چگونه آرواره‌اش را تکان می‌دهد؟ کانگورو چگونه جست‌وخیز می‌کند؟**

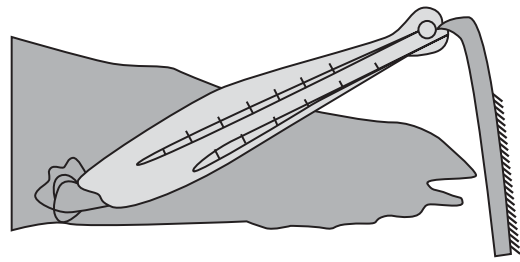
**پاسخ.** پای عقبی ملخ را در نظر بگیرید؛ این پا دراز است، و عضله‌های بازگن و تاکن آن هر دو به بازوی اهرمی متصل‌اند که بسیار کوتاه است. اگر عضله‌های پای ملخ از همان نوع عضله دو سر بازوی انسان با رشته‌های عضلانی موازی و دراز بود، حشره نمی‌توانست رشته‌هایی کافی را در فضای در دسترسش جای دهد. اینجا نوع عضله‌ها متفاوت است و رشته‌هایی کوتاه و مورت دارند. انتهای بیرونی هر یک از این رشته‌های کوتاه به استخوان بندی بیرونی و انتهای درونی آن‌ها به یک شاخه مرکزی متصل است. آرایش مورت رشته‌های کوتاه باعث می‌شود رشته‌های بسیاری در فضای موجود جای گیرند و بنابراین امکان می‌دهد که این نوع عضله، نیروی بسیار بزرگ‌تری از همین حجم عضلات موازی، وارد کند. یک اشکال این نوع عضله آن است که فقط در فاصله کوتاهی منقبض می‌شود؛ هر قدر انقباض بیشتر شود، شیب رشته‌ها بزرگ‌تر می‌شود و به همان اندازه کشش به جلو کم می‌شود. اما این نارسایی چندان جدی نیست، زیرا بازوی اهرم بسیار کوتاه است و نمی‌تواند زیاد حرکت کند.

را اعمال کند تا تعادل برقرار شود. اگر لولا قادر به تأمین این نیرو نباشد، آرواره به عقب حرکت می‌کند و در می‌رود. در اصل، عضله جونده است که این نیروی بزرگ لولایی را برعهده می‌گیرد و مانع در رفتگی آرواره می‌شود.

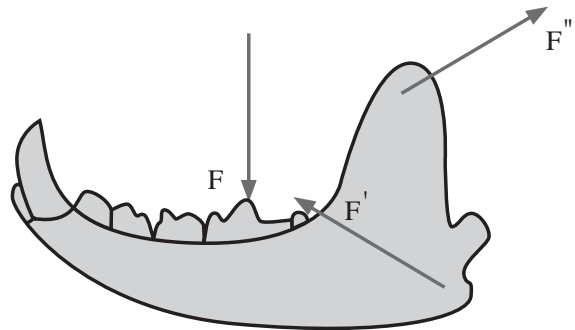
آرواره انسان نیز دارای عضلات گیجگاهی و جونده است. اما این عضلات به توانمندی عضلات گوشتخواران تکامل نیافته‌اند و زاویه‌شان به عقب و جلو به آن زیادی نیست. ما با خشونت که گوشتخواران یک استخوان را می‌جوند دندان‌هایمان را به کار نمی‌گیریم، و به چنان حفاظتی برای جلوگیری از آسیب بد لولای آرواره‌مان نیاز نداریم.

حرکت پرشی کانگوروها یک مثال تماشایی از نقش زردپی‌هاست. کانگورو وقتی می‌خواهد سریع حرکت کند قدم نمی‌زند، یا نمی‌دود، بلکه خیز برمی‌دارد و با پرش‌های متوالی راه می‌رود. رمز پرش کانگورو در زردپی آشیل پای اوست. کانگورو برای خیزش‌های بلندش تلاش عضلانی زیادی به کار نمی‌گیرد، بلکه او صرفاً مانند یک توپ پلاستیکی به بالا می‌جهد. زردپی آشیل کانگورو بسیار کلفت و کشسان است. عضلات پای او برای تأمین انرژی نخستین پرش او کافی است و وقتی کانگورو به زمین فرود می‌آید، قسمت اعظم انرژی جنبشی حرکت رو به پایین خود را به انرژی پتانسیل کشسانی، که در زردپی آشیل کش آمده‌اش ذخیره می‌شود، تبدیل می‌کند. برای پرش بعدی، کانگورو خیلی ساده از این انرژی پتانسیل ذخیره شده استفاده می‌کند. بنابراین، حرکت پرشی کانگورو همانند حرکت یک توپ پلاستیکی جهنده است (البته با این تفاوت که زردپی انرژی پتانسیل کشسانی را در حال کشیدگی ذخیره می‌کند، در حالی که توپ لاستیکی این انرژی را در حال فشرده شدن ذخیره می‌کند). لازم نیست عضلات کانگورو برای هر پرش انرژی تازه‌ای فراهم کند، بلکه باید صرفاً آن انرژی‌ای را که بر اثر اصطکاک از دست می‌رود، مهیا کنند.

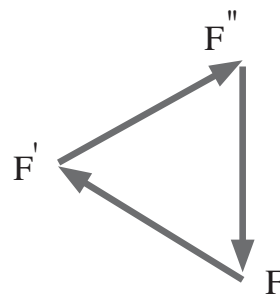
**۷. چگونه میکروموج‌ها غده‌های سرطانی را از بین می‌برند؟ چگونه می‌توان با استفاده از گرمانگاری به وجود یک غده سرطانی پی برد؟ چگونه می‌توان یک خال مادرزادی را از بین برد؟ چگونه می‌توان نوزادان مبتلا به زردی را علاج کرد؟**  
**پاسخ.** همه این‌ها کاربردهایی از امواج الکترومغناطیسی هستند. غده‌های سرطانی بر اثر گرمای حاصل از میکرو موج‌ها از بین می‌روند. مولکول‌های آب موجود در بافت‌های بدن گستره‌ای از بسامدهای میکروموجی را جذب می‌کنند. انرژی میکرو موج به انرژی گرمایی تبدیل می‌شود و دمای بافت را افزایش می‌دهد. انرژی میکروموج به ازای هر فوتون اندک است، بنابراین تعداد فوتون‌های مورد استفاده باید زیاد باشد تا شدت بیشتری حاصل شود. خطرها و مزایای گرمادرمانی میکروموج‌ها به از دید دمای حاصل از آن‌ها بستگی دارد. به علت ماهیت موجی میکروموج‌ها، ممکن است در سطوحی که میکروموج‌ها را بازمی‌تابانند (به‌ویژه در نزدیک استخوان‌ها) تداخل‌های سازنده ایجاد شود. وانگهی، چون استخوان‌ها خمیده هستند می‌توانند مانند



در بعضی جانوران، عضلات به صورتی خاص تکامل یافته‌اند که مفصل‌ها را استوار نگه دارند و آن‌ها را از تحمل کشش رها سازند. آرایش عضلات آرواره‌های گوشتخواران، بهترین مثال از این مورد است. مثلاً آرواره سمور که گوشتخوار کوچکی است شبیه حرف L است که گوشه این L به جمجمه لولا شده است. شکل زیر نیروهای وارد بر آرواره را هنگامی که سمور تکه‌ای استخوان یا گوشت را با دندان‌ها عقبی خود می‌جود، نشان می‌دهد (شاید سگ یا گربه‌ای را در حال این کار دیده باشید). نیروی  $F$  از یک استخوان که در راستای قائم و رو به پایین عمل می‌کند به دندان آسیای بزرگ وارد می‌شود. آرواره پایین با کشش ترکیبی دو عضله بالا کشیده می‌شود: عضله جونده که به‌طور مورب به بالا و جلو می‌کشد ( $F'$ ) و عضله گیجگاهی که به‌طور مورب به بالا و عقب می‌کشد ( $F''$ ).



همان‌طور که از شکل زیر پیداست، جمع برداری این سه نیرو صفر، و آرواره در حال تعادل است.



به عبارتی، لولا لازم نیست هیچ نیرویی وارد کند. ولی اگر عضله جونده از کار بیفتد، لولای آرواره باید یک نیروی واکنش بسیار بزرگ

آینه رفتار کنند و درست مثل یک آینه کروی، میکروموجها را متمرکز کنند و به اصطلاح موجب سوختگی استخوان شوند. امروزه از جنبه تخریبی میکروموجها صرفاً برای درمان سرطان استفاده می‌شود، زیرا به کمک آن می‌توان غده‌های سرطانی را بر اثر گرما از بین برد.

گرمانگاری نوعی کاربرد تابش فروسرخ در تشخیص پزشکی است. گسیل تابش فروسرخ به دما بستگی دارد. گرمانگاری می‌تواند تغییرات دمایی بسیار کوچک را که معرف شرایط پزشکی مختلفی، نظیر وجود غده‌های سرطانی و یا آشفستگی در گردش خون است آشکار کند.

یکی از کاربردهای نور مرئی، استفاده از جذب انتخابی در طول موج‌هایی خاص است. یک خال مادرزادی نور سبز را خیلی بیشتر از پوست معمولی جذب می‌کند. بنابراین این خال‌ها را در برخی موارد می‌توان با تاباندن نور سبز خالص شدید از بین برد. چون این خال‌ها نور سبز را بیشتر جذب می‌کنند، دمای سلول‌های آن‌ها بیشتر از سلول‌های معمولی افزایش می‌یابد. تاباندن پیاپی نور سبز سلول‌های خال را از بین می‌برد و آسیب مختصری به سلول‌های معمولی می‌زند. مثال دیگری از جذب انتخابی در جراحی و استفاده از نور لیزر در سوزاندن موضعی خاص است. لیزرها طول موج‌های بسیار خالصی گسیل می‌کنند که هنگام کانونی شدن بسیار شدید می‌شوند. نوع لیزر را طوری انتخاب می‌کنند که خون، نور گسیل شده از آن را به‌طور گزینشی جذب کند و بر اثر گرمای آن، بیش‌تر رگ‌ها را بسوزاند. گرمای حاصل از جذب این نور، بافت را تبخیر می‌کند. بنابراین با استفاده از تار نوری می‌توان لیزر را در عمل‌های جراحی مختلفی، از بُرش ساختارهای کوچک بدن در لوله‌های شپوری رحم گرفته تا از بین بردن پلاکت‌ها در رگ‌های خونی به‌کار برد.

نوزادان، به‌ویژه نوزادان نارس، گاهی به زردی مبتلا می‌شوند که طی آن کبد رنگدانهٔ بیلی روبین را بیش از اندازه به درون خون جاری می‌کند. بیلی روبین بخشی از پسماند حاصل از کاهش تعداد گلبول‌های سرخ در بدن نوزاد است. با قرار دادن نوزاد در زیر نور مرئی، به‌ویژه ناحیهٔ بنفش طیف نور مرئی، بهبودی او تسریع می‌شود. معمولاً از لامپ فلوروسان برای این منظور استفاده می‌شود، زیرا بسامدهایی که این لامپ گسیل می‌کند بالاتر از بسامد لامپ‌های معمولی است. چشم‌های نوزاد را در حین درمان کاملاً می‌بندند تا از پرتوهای فرابنفش ضعیفی که توسط لامپ‌های فلوروسان گسیل می‌شود، مصون بمانند.

## ۸. چه چیزی صدای شُرشر جویبار و صدای فرو افتادن قطره‌های باران را در یک آبگیر به‌وجود می‌آورد؟

**پاسخ.** صدایی که از برخورد آب در جویبار، آبشار یا ریزش باران به‌وجود می‌آید، عمدتاً ناشی از دو ساز و کار است: این برخورد، خود باعث تغییر فشار در هوا می‌شود که به شکل امواج صوتی از محل برخورد دور می‌شوند؛ این صدا را به صورت تپ کوتاه پر سروصدایی می‌شنویم. همچنین این برخورد، غالباً هوا را به صورت حباب‌هایی

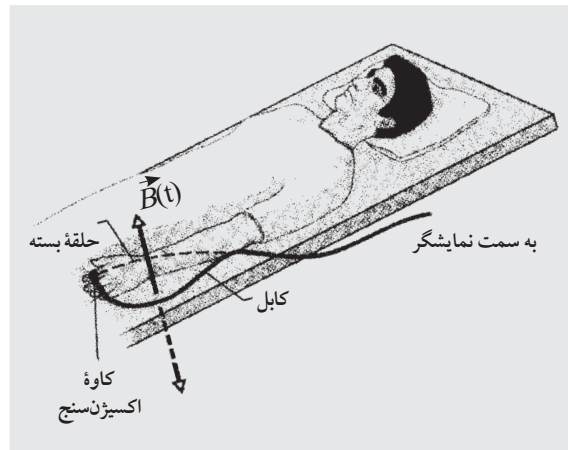
در آب گیر می‌اندازد که بر اثر نوسان حجم آن‌ها صدا تولید می‌شود. یعنی کم و زیاد شدن حجم حباب‌ها باعث تغییر فشار در آب و سپس هوا می‌شود. سرانجام حباب هوا در سطح آب از بین می‌رود و صدای شلپ‌شلپ خفیفی را به آن صدا اضافه می‌کنند.

اگر قطرهٔ باران یا آبشار به سطح صلبی چون پیاده‌رو یا صخره برخورد کند، تنه‌ای صدای حاصل از برخورد را خواهید شنید، زیرا هیچ حبابی تولید نمی‌شود و یا گیر نمی‌افتد. دفعهٔ بعد که هنگام شروع ریزش باران در حوالی پیاده‌رو هستید، ببینید آیا می‌توانید صدای حاصل از برخوردهای اول (بر روی پیاده‌روی خشک) و برخوردهای بعدی روی چاله‌های آب جمع شده در پیاده‌رو را تشخیص دهید.

## ۹. بیماری که تحت تصویربرداری MRI قرار می‌گیرد در محفظه‌ای دراز می‌کشد که در آن یک میدان مغناطیسی ثابت قوی و یک میدان مغناطیسی متغیر سینوسی ضعیف قرار دارد. این میدان‌های مغناطیسی، به هیچ عنوان زبان آور نیستند. با این حال، در موارد اندکی، بیمار به دلیل اشتباه ساده‌ای که کارکنان در حین کار مرتکب شده‌اند دچار سوختگی شده است. میدان مغناطیسی چگونه می‌تواند در حین تصویربرداری MRI موجب سوختگی شود؟

**پاسخ.** طبیعتاً برای تصویربرداری لازم است که بیمار برای مدتی طولانی بی‌حرکت بماند. با این حال، هر بیماری نمی‌تواند بی‌حرکت دراز بکشد، که نمونهٔ آن بچه‌ای است که نمی‌تواند آرام و قرار گیرد. چون آرام کردن بایک داروی مسکن، بخصوص بیهوشی کامل، ممکن است خطرناک باشد، بیمار آرام شده را باید به دقت تحت نظر داشت، که این کار با یک اکسیژن سنج نبضی<sup>۳</sup> انجام می‌شود که وسیله‌ای است که سطح اکسیژن خون بیمار را اندازه می‌گیرد. این وسیله شامل کاوه‌ای است که به یکی از انگشتان بیمار متصل شده و دارای کابلی است که این کاوه را به نمایشگری واقع در بیرون MRI وصل می‌کند. متأسفانه گاهی اوقات کابل اکسیژن سنج توانسته با بازوی بیمار تماس پیدا کند که همین امر باعث سوختگی‌های شدیدی در بیمار شده است. دلیل آن قانون القای فارادی است که بیان می‌دارد بر اثر تغییر شار مغناطیسی، یک جریان القایی در مسیری بسته ایجاد می‌شود. اینجا تغییر شار مغناطیسی ناشی از میدان مغناطیسی سینوسی است که پیشتر معرفی کردیم. وقتی کابل اکسیژن سنج به بدن بیمار می‌خورد، این کابل و بخش پایینی باز و تشکیل حلقهٔ بسته‌ای را در میدان متغیر سینوسی  $B(t)$  می‌دهند که همان‌طور که گفتیم موجب ایجاد یک شار مغناطیسی می‌شود. این تغییر شار مغناطیسی، یک جریان القایی به دور این حلقهٔ بسته ایجاد می‌کند. پوست بدن مقاومت الکتریکی بالایی دارد و این جریان، همانند هر مدار دیگری که شامل مقاومت باشد، انرژی را به انرژی گرمایی تبدیل می‌کند. به این ترتیب، محل‌های تماس پوست با کابل دچار سوختگی شدیدی می‌شوند. امروزه کارکنان MRI آموزش دیده‌اند تا مواظب باشند کابل نمایشگر

در بیش از یک جا با بدن بیمار تماس نداشته باشد.



۱۰. وقتی دارید این جمله را می‌خوانید، ناحیه مشخصی از مغز شما فعال شده است. وقتی گلی را می‌بویید یا قلمی را به دست می‌گیرید ناحیه‌های دیگری در مغز شما فعال می‌شوند. یکی از بهترین راه‌ها برای تعیین این که کدام ناحیه از مغز فعال شده این است که میدان مغناطیسی حاصل از این فعال‌سازی را آشکار کنیم. یکی از ابزارهای جدید برای این کار مگنتوآنسفالوگرافی<sup>۴</sup> (MEG) است که نقشه‌ای از فعالیت مغزی را در حین انجام یک کار ثبت می‌کند. با این حال، هیچ ماده مغناطیسی‌ای در مغز وجود ندارد. پس، چگونه است که فعالیت مغز می‌تواند یک میدان مغناطیسی ایجاد کند؟

**پاسخ.** روش MEG روشی است که با آن میدان‌های مغناطیسی مغز انسان به هنگام انجام کاری مانند خواندن این جمله، ثبت می‌شود. این کار، بخشی از مغز از قبیل آن بخشی که عمل خواندن را پردازش می‌کند، فعال می‌کند و موجب ارسال تپ‌های (پالس‌های) الکتریکی ضعیفی در طول مسیرهای رسانای بین سلول‌های مغزی می‌شود. مانند هر جریان دیگری، هر پالس موجب ایجاد یک میدان مغناطیسی می‌شود.

میدان‌های مغناطیسی آشکار شده در MEG احتمالاً توسط پالس‌هایی بر دیواره شکن‌های واقع در سطح مغز ایجاد می‌شوند. یک محاسبه ساده نشان می‌دهد که شدت میدان مغناطیسی یک پالس نوعی در اطراف مغز از ابعاد  $10^{-11}$  T (PT) می‌شود. این میدان مغناطیسی بسیار کوچک است و اگر بخواهید آن را آشکارسازی کنید نمی‌توانید به سادگی قطب‌نمایی در نزدیکی مغز قرار دهید و امیدوار باشید که فعالیت مغز شما عقربه آن را حرکت دهد. به این منظور، به‌وسیله غایت حساسی به نام SQUID<sup>۵</sup> نیاز دارید که می‌تواند میدان‌های مغناطیسی حتی کوچک‌تر از ۱ PT را اندازه‌گیری کند. البته در آن صورت باید مراقب باشید که سایر چشمه‌های میدان مغناطیسی را در ناحیه آشکارسازی حذف کرده باشید.

۱۱. انسان‌ها به ندرت از سقوط از ارتفاع زیاد جان سالم به‌در می‌برند، ولی ظاهراً گربه‌ها شانس بسیار بیشتری دارند. پژوهشی که در سال ۱۹۸۷ منتشر شد ۱۳۲ گربه را بررسی کرد که از ارتفاع‌های ۲ تا ۳۲ طبقه (۶ تا ۹۸ متر)، اغلب بر روی سطح‌های بتونی فرو افتادند. گربه‌ها در حدود ۹۰٪ موارد جان سالم به‌در بردند، و حدود ۶۰٪ آن‌ها حتی جراحی هم بر نداشتند. جالب آن‌که، میزان جراحت (از قبیل تعداد شکستگی‌های استخوان یا مرگ قطعی) در صورتی که سقوط از طبقه‌های بالاتر از هفتم یا هشتم بود، با افزایش ارتفاع کاهش می‌یافت (مثلاً گربه‌ای که طبقه سی‌دوم سقوط کرده بود فقط آسیب کوچکی به قفسه سینه و یکی از دندان‌هایش وارد شده بود و پس از ۴۸ ساعت مراقبت، مرخص شد). چرا شانس زنده ماندن گربه در سقوط از ارتفاع بلندتر، بیش‌تر است؟

**پاسخ.** اگر گربه‌ای خواب‌آلود بر حسب اتفاق از لبه پنجره‌ای سقوط کند، به سرعت و به‌طور غریزی سمت‌گیری بدن خود را تغییر می‌دهد تا پاهایش زیر بدنش قرار گیرد. آنگاه گربه از انعطاف‌پذیری پاهای خود استفاده می‌کند تا ضربه ناشی از فرود آمدنش را کاهش دهد: این انعطاف‌پذیری، زمان فرود آمدن را طولانی و در نتیجه نیروی وارد بر گربه را کم می‌کند.

هنگام سقوط گربه، نیروی کشش هوا که رو به بالا بر گربه وارد می‌شود، افزایش می‌یابد. اگر سقوط از لبه پنجره تا کف اتاق باشد، نیروی کشش هوا خیلی بزرگ نمی‌شود. ولی اگر سقوط از ارتفاع بیشتری باشد، کشش هوا می‌تواند به اندازه کافی بزرگ باشد تا شتاب رو به پایین گربه را کم کند. در واقع، اگر سقوط از ارتفاع بیش از ۶ طبقه باشد، نیروی کشش هوا می‌تواند به اندازه‌ای بزرگ شود که نیروی گرانشی وارد بر گربه را خنثی کند. از آن پس، گربه بدون شتاب و با سرعت ثابتی موسوم به **سرعت حد** سقوط می‌کند.

گربه تا رسیدن به سرعت حد از شتابش هراسان است و پاهایش را برای فرود زیر بدنش نگه می‌دارد. (بدن شما نیز به شتاب بیشتر از سرعت حساس است)، ولی پس از رسیدن به سرعت حد، شتاب از بین می‌رود، و گربه تا حدی آسوده می‌شود، به‌طور غریزی پاهایش را به طرف بیرون باز می‌کند (که باعث افزایش نیروی کشش هوا می‌شود) تا سرانجام برای فرود آماده شود.

وقتی گربه پاهایش را به طرف بیرون باز می‌کند، نیروی کشش هوا، خود به خود افزایش می‌یابد و در نتیجه سرعت گربه کم می‌شود. هرچه سقوط از ارتفاع بلندتری باشد، این سرعت بیش‌تر کاهش می‌یابد. بنابراین گربه‌ای که مثلاً از طبقه دهم سقوط می‌کند با سرعتی فرود می‌آید که کم‌تر از سرعت گربه‌ای است که از طبقه پنجم سقوط کرده است و بنابراین شانس بیش‌تری برای فرار از جراحی جدی دارد.

۱۲. صدای سوت زدن انسان چگونه تولید می‌شود؟

**پاسخ.** صدای هر سوت به سه عامل بستگی دارد: ۱. جریان هوا

با مانعی برخورد کند و به گردبادهایی تجزیه شود. ۲. گردبادهای باعث شوند فشار هوا به صورت دوره‌ای تغییر کند، تا یک موج صوتی گسیل شود که آن را بشنوید. یا خود گردبادهای و یا تغییرات فشار ناشی از موج صوتی باید بازخوردی در جهت مخالف جریان هوا داشته باشد. ۳. اگر جریان هوا ناپایدار باشد (به راحتی منحرف شود یا تغییر کند) این بازخورد ناپایداری جریان را زیاد می‌کند که به افزایش تولید گردبادهای در اطراف مانع می‌انجامد. وقتی این فرایند تولید گردباد و بازخورد برقرار شود، صدای مداومی را خواهید شنید که همان سوت است.

اگر با دمیدن از میان لب‌های جمع‌شده خود سوت بزنید و صدایی را تولید کنید که به آن **صدای دهانه‌ای** <sup>۶</sup> گویند، گردبادهای وقتی تولید می‌شوند که هوا از روزنه‌ای میان لب‌های شما به زور خارج شود (گردبادهای از آن رو شکل می‌گیرند که سرعت جریان هوا در مرکز روزنه سریع‌تر از جریان هوای نزدیک‌تر به لب‌های شماست). بخشی از امواج صوتی ناشی از گردبادهای از میان لب‌ها به درون دهان (یا بهتر بگوییم مجرای صوتی) بازمی‌گردند. بسامد این صدای بازگشتی به سرعت عبور گردبادهای به بیرون لب‌ها و نیز به سرعتی بستگی دارد که صدا از لب‌ها به داخل دهان وارد می‌شود. صدا می‌تواند در بسامدهای معینی که فرمت <sup>۷</sup> نامیده می‌شوند در مجرای صوتی تشدید شود. می‌توانید با تغییر شکل مجرای صوتی که بیش‌تر با جلو بردن زبان و یا عقب بردن آن صورت می‌گیرد، فرمت و در نتیجه بسامد صدا را تغییر دهید. همچنین می‌توانید با دمیدن محکم‌تر نیز بسامد صورت را تغییر دهید.

### ۱۳. چرا عنکبوت به تار خود نمی‌چسبند؟

**پاسخ.** در این مورد چند نظریه وجود دارد که یکی از همه متقن‌تر به نظر می‌رسد. پای برخی از عنکبوت‌ها یک ساز و کار جداکننده دارد. این ساز و کار باعث می‌شود که عنکبوت بتواند خیلی سریع خود را از تار چسبیده رها کند. هر پا به یک جفت قلاب خاردار و کشسان منتهی می‌شود که در راه رفتن به عنکبوت کمک می‌کند. این قلاب‌ها به سطح گیاهان می‌چسبند و به عنکبوت در راه رفتن روی این سطوح کمک می‌کند. قلاب‌ها روی رشته‌های چسبنده تار عنکبوت قرار می‌گیرند و به آن‌ها می‌چسبند. اما قلاب دیگری نیز در بخش انتهایی پا وجود دارد که با پرزهای خاردار و کشسان هم‌کاری می‌کنند تا پا را از رشته چسبنده جدا کند. این قلاب تار چسبنده را می‌گیرد و در جهت مخالف می‌کشد. با آزاد شدن این قلاب، قلاب‌های خاردار به حالت اول برمی‌گردند و با شدت تار را رها می‌کنند و با استفاده از این خاصیت فنری، پا آزاد می‌شود.

پی‌نوشت

1. Claude Monet
2. nuclear cataract
3. pulse oximeter
4. magnetoencephalography
5. Superconducting Quantum Interference Devices
6. orifice tone
7. format