

فیزیک پدیده‌های زیستی

ترجمه: محمدرضا خوش بین خوش نظر



وقتی سرفه می‌کنید، هوا را با سرعت زیادی از میان نای و نایژه‌های فوقانی بیرون می‌رانید تا هوا خلط اضافی‌ای را که در مسیر قرار دارد، خارج کند. شما با تنفس مقدار زیادی هوا، حبس کردن این هوا با بستن دهانه حنجره، افزایش فشار هوا با منقبض کردن شش‌ها، منقبض کردن مختصر نای و نایژه‌های فوقانی برای باریک کردن مسیر و سپس بیرون راندن هوا از مسیر با باز کردن مجدد دهانه حنجره، این سرعت بالا را ایجاد می‌کنید. جریان هوا سریعاً متلاطم می‌شود، که این باعث تولید امواج صوتی هم در هوا و هم در بافت شش می‌شود. در این مرحله، تارهای

صوتی حنجره صدایی تولید نمی‌کنند، زیرا کاملاً دور نگه داشته می‌شوند تا مانعی در برابر جریان هوا نباشند؛ اما وقتی سرفه رو به پایان است، و تارهای صوتی دوباره جمع می‌شوند، جریان هوا ممکن است باعث نوسان آنها و تولید صدا شود.

وقتی هوا با سرعت بسیار زیاد از نای و نایژه فوقانی که انقباض یافته عبور می‌کند، سرعت هوا به شدت افزایش می‌یابد. برآورد شده است که در بعضی افراد، این سرعت به سرعت صوت و حتی فراتر از آن می‌رسد و در نتیجه موج شوکی (یا غرش صوتی) خفیفی از گلوی شخص بیرون می‌آید که باعث صدای بسیار بلند سرفه می‌شود.

$150 \text{ Hz} = 3(50)$ ، و الی آخر.

نوسان لب‌ها در درون صدف، امواجی صوتی با همان بسامدهای نوسان لب را به وجود می‌آورد. بیشتر این امواج صوتی یکدیگر را خنثی می‌کنند، اما برخی از آنها می‌توانند در یکی از بسامدهای تشدید صدف، یکدیگر را تقویت کنند و باعث ایجاد یک موج صوتی قوی (بلند) شوند. مثلاً اگر یکی از بسامدهای تشدید صدف در مثال بالا 350 هرتز باشد، با توجه به اینکه این بسامد معادل بسامد هفتم سری هماهنگ بالاست، نوسان‌های لب باعث تشدید در درون صدف می‌شود و شخص به راحتی می‌تواند صدای

۱. در گذشته، برای آگاه کردن کشتی‌ها از خطر صخره‌ها، در صدف‌های حلزونی می‌دمیدند. اما امروزه، بیشتر برای جشن و شادی در آنها می‌دمند. برای دمیدن در یک صدف حلزونی، نخست لب‌های خود را روی دهانه باریکی که از شکستن یا کندن نوک آن ایجاد شده است می‌فشارند. چرا این صدف‌ها، چنین صدای بلندی تولید می‌کنند؟ چرا اگر یک صدف حلزونی نسبتاً بزرگ را از ساحل بردارید و آن را به گوش خود نزدیک کنید، صدایی می‌شنوید که شبیه صدای برخورد امواج با ساحل است؟

○ در دمیدن در یک صدف حلزونی، دو دسته نوسان دخالت دارند: فرض می‌شود لب‌های شما قدری شبیه سیم گیتار نوسان می‌کنند و اگر بسامدها همساز شوند، نوسان لب‌های شما، وقتی مقابل سوراخ صدف قرار دارند، می‌توانند امواج صوتی نوسانی را

در صدف به وجود آورند. اگر این کار با دقت انجام شود، لب‌ها همزمان در بسامدهای مختلف نوسان می‌کنند و در دنباله‌ای موسوم به سری هماهنگ به نوسان درمی‌آیند. مثلاً اگر پایین‌ترین بسامد (موسوم به بسامد پایه) 50 هرتز باشد، بسامدهای بالاتر مضرب‌های صحیحی از آن هستند: $100 \text{ Hz} = 2(50)$ ،



وقتی هوا با سرعت بسیار زیاد از نای و نایژه فوقانی که انقباض یافته عبور می‌کند، سرعت هوا به شدت افزایش می‌یابد. برآورد شده است که در بعضی افراد، این سرعت به سرعت صوت و حتی فراتر از آن می‌رسد

صدف را بشنود.

سر و صداها، طبیعی محیط نیز می‌توانند باعث تشدید در صدف شوند. اگر صدفی را نزدیک گوش خود نگه دارید، می‌توانید برخی از این بسامدهای تشدید را بشنوید. معمولاً سر و صداها، طبیعی افت و خیز دارند و همین نیز باعث افت و خیز صدایی می‌شود که از صدف می‌شنوید و به شما این تصوّر را القا می‌کند که ناشی از صدای برخورد امواج به ساحل است.

۲. چه چیزی باعث ایجاد صدای سرفه یا عطسه می‌شود؟ و چرا سرفه یا عطسه بعضی‌ها بسیار بلند و آزاردهنده است؟



گرم کردن رگ‌ها استفاده می‌شود، بسته شد. ناحیه نزدیک به شکاف بلافاصله آتش گرفت و شعله‌ای را در گردن ایجاد کرد که تا ۵/۰ ثانیه کشید. شعله توسط ملاقه‌های اتاق عمل پوشانده شد و سپس باقیمانده آن نیز با محلول آب و نمک خاموش شد. چه چیزی باعث این شعله شد؟

ب. برداشتن پولیپ. در حین عمل کولونوسکوپ، لوله کولونوسکوپ از مقعد وارد می‌شود تا به جست‌وجو و حذف پولیپ‌های روده بزرگ بپردازد. وقتی یک پولیپ پیدا شود، به دام انداخته می‌شود، و با گرم کردن آن از طریق جریانی که به داخل فرستاده

می‌شود، از بین می‌رود. سپس برای جلوگیری از هرگونه خونریزی‌ای، نقطه اتصال پولیپ با دیواره روده بزرگ با جریان برق سوزانده می‌شود. در یکی از این جراحی‌ها و در حین مرحله سوزاندن، انفجاری با صدای مهیب برخاست، و یک شعله آبی‌رنگ به طول تقریباً یک متر از انتهای آزاد لوله کولونوسکوپ به بیرون زبانه کشید. چه چیزی باعث این انفجار شد؟

الف. جریانی که در لخته‌سازی الکتریکی استفاده شد، چربی فراوان نزدیک نقطه شکاف را که در اکسیژن خالص غرقه

جریان ممکن است در آنها متمرکز شود. در اوایل، چنین احتیاط ایمنی‌ای رعایت نمی‌شد و بیماران دچار سوختگی می‌شدند.

وقتی الکترود به عضوی از بدن اعمال شود که با تکیه‌گاهی به بدن وصل است، جریان تمایل می‌یابد تا در پایین تکیه‌گاه متمرکز شود. در نتیجه پایین این تکیه‌گاه ممکن است سریعاً داغ و متلاشی شود، اتفاقی که پیش از آنکه این خطر شناخته شود، در چند عمل جراحی غم‌انگیز رخ داده بود.

۴. تیم‌های جراحی برای اطمینان از اینکه در نزدیکی و یا در درون بدن بیمار آتش‌سوزی یا انفجاری رخ ندهد، اقدامات احتیاطی بسیاری را انجام می‌دهند. ماده بیهوشی قابل اشتعالی که پیش از دهه ۵۰ میلادی استفاده می‌شد، یک خطر جدی بود. از آن زمان، تعداد آتش‌سوزی‌ها و انفجارها کاهش یافته است اما هنوز پایان نیافته است. در اینجا به دو نمونه جدید می‌پردازیم:

وقتی الکترود به عضوی از بدن اعمال شود که با تکیه‌گاهی به بدن وصل است، جریان تمایل می‌یابد تا در پایین تکیه‌گاه متمرکز شود. در نتیجه پایین این تکیه‌گاه ممکن است سریعاً داغ و متلاشی شود، اتفاقی که پیش از آنکه این خطر شناخته شود، در چند عمل جراحی غم‌انگیز رخ داده بود

الف. جراحی برش‌نا. وقتی مردی با اضافه وزن زیاد، به علت آپنه در خواب (انسداد راه تنفس همراه با خرناس) تحت عمل جراحی قرار گرفت، برای تأمین اکسیژن بیمار، شکافی در نای بیمار ایجاد شد، و لوله‌ای به نام لوله درون‌نایی وارد نای شد تا به بیمار اکسیژن برساند. ولی لایه ضخیم چربی در گردن مرد، عمل برش‌نا را دچار مشکل کرد و خون به آهستگی بیرون زد. یکی از رگ‌های خونی نزدیک شکاف نای، توسط لخته‌سازی الکتریکی، که در آن از جریان متناوب پُر بسامدی برای

۳. جراحی الکتریکی روشی پزشکی است که در آن با یک میله باریک و رسانا، جریان برق متناوب پُر بسامدی بر بیمار اعمال می‌شود. این روش به جراح اجازه می‌دهد تا بدون هیچ‌گونه خونریزی غیر ضروری‌ای، شکافی روی بدن بیمار ایجاد کند و نیز رگ‌های خونی بی‌حفاظ را (توسط گرما) منعقد کند.

برای آنکه جریان برق برقرار شود، الکترودها (و در نتیجه قسمت شکاف خورده) باید بخشی از یک مدار کامل باشند. در نوعی از این روش، این مدار شامل نیشتَر، بیمار، و یک الکترود است که در زیر بدن بیمار قرار می‌گیرد. در اوایل، بیماران دچار سوختگی می‌شدند. آیا می‌توانید دلیل آن را توضیح دهید؟ وقتی الکترود به عضوی از بدن اعمال می‌شود که با تکیه‌گاهی به بدن وصل است، مثل آنچه که ممکن است در جراحی الکتریکی ختنه رخ دهد، چه خطری وجود دارد؟

○ گرچه جریان بر محل شکاف متمرکز می‌شود، اما باید اجازه داد تا در ناحیه بیشتری در محل قرار گرفتن الکترود در زیر بدن بیمار پخش شود. در غیر این صورت، جریان در تماس با الکترود زیرین، بدن بیمار را خواهد سوزاند. بنابراین، الکترود پهن است (تا جریان را پخش کند) و چنان قرار

داده می‌شود که به‌خوبی با بدن بیمار تماس یابد، نه اینکه فقط در چند قسمت و یا در نزدیکی قسمت‌های استخوان تماس باید که



بود، گرم کرد و این چربی به سرعت آتش گرفت. در موارد دیگر، آتش سوزی‌هایی که در جراحی برش نای یا جراحی‌هایی رخ دادند که شامل دهان، بینی یا گلو می‌شدند، یک وسیله حرارتی الکتریکی یا لیزر بخش‌هایی از پلاستیکی را که در این عمل‌ها استفاده می‌شد، مشتعل کرد (پلاستیک وقتی در اکسیژن خالص قرار می‌گیرد، به آسانی مشتعل می‌شود).

ب. دستگاه روده و معده‌ای انسان، گازهای هیدروژن و متان تولید می‌کند که هر دو قابل اشتعال‌اند. مثلاً ممکن است ۴۰ درصد از گاز موجود در روده بزرگ، هیدروژن و متان باشند. گاز خارج شده از روده‌ها قابل اشتعال است و می‌تواند نمایش سرگرم‌کننده‌ای به وجود آورد. اگر سوزاندن الکتریکی در گازهای هیدروژن، متان و اکسیژن صورت گیرد، گرمایش حاصل می‌تواند باعث انفجار گازها، و سوختگی و پارگی روده‌ها شود. بنابراین، در هر عمل جراحی‌ای از این قبیل، لازم است روده‌ها خالی باشند، و بنابراین بیمار باید حدوداً یک روز غذا نخورد. اگر هنوز نگرانی‌ای وجود داشته باشد، جراح می‌تواند پیش از شروع عمل، توسط گازی غیرقابل اشتعال، روده‌ها را پاک کند.

وقتی معده کاملاً خالی نمی‌شود، گازهای قابل اشتعال ممکن است در معده تولید شوند (وقتی دریاچهٔ پیلور بسیار باریک

باشد، وضعیت خطرناک به نام تنگنای پیلور ایجاد می‌شود). برای رهایی از فشار حاصل از گاز درون معده، شخص ممکن است آروغ بزند. در یک مورد ثبت شده، مردی درست در لحظه روشن کردن سیگار خود، به‌طور کنترل نشده‌ای آروغ زد؛ سیگار مانند موشکی از دهان مرد به بیرون پرتاب شد و لب‌ها و انگشتان او سوخت. در موردی دیگر، مردی روی یک میز خم شد تا سیگارش را با فندک شخصی دیگر روشن کند. در همین حال آروغ به درون بینی‌اش آمد و شعله‌ای از هر دو سوراخ بینی مرد بیرون زد و او را شبیه

یک اژدهای آتشین نفس قرون وسطی کرد. در موردی دیگر، یک جراح به جای استفاده از چاقوی جراحی، با استفاده از یک وسیله برنده الکتریکی، معده بیمار را شکافت. جرقه حاصل از این وسیله، با رسیدن گاز به درون معده، آتش گرفت و با شعله‌ای به رنگ آبی کم‌رنگ به مدت حدوداً ۱۰ ثانیه سوخت.

۵. اگر شما دندان پُر شده‌ای از یک ماده فلزی داشته باشید، و اگر به هر دلیلی، نواری فلزی مانند یک زوروق آلومینیمی را بجوید، احتمالاً متوجه تولید جریان و اختلاف پتانسیل مشابهی می‌شوید. چه چیزی باعث کز کزی می‌شود که در دندان پُر شده و لثه مجاور آن حس می‌کنید؟

○ اتم‌های هر جسم تمایل به به‌دست آوردن و یا از دست دادن الکترون‌ها، از اتم‌های ماده مجاور خود دارند. باتری‌ها از این خاصیت استفاده می‌کنند. مثلاً یک باتری لیمویی را در نظر بگیرید. این باتری با فرو بردن میله‌ای

وقتی زوروق آلومینیمی با فلز پُرکننده دندان تماس پیدا می‌کند، در حالی که بزاق در چند نقطه بین این دو سطح قرار دارد، از دست رفتن و به‌دست آوردن الکترون رخ می‌دهد. در واقع مجموعهٔ زوروق-بزاق-فلز پُرکننده، مانند باتری عمل می‌کند و جریان را یا از طریق نقاط تماس مستقیم زوروق-فلز، و یا از طریق لثه مجاور راه می‌اندازد

از جنس روی در یک طرف لیمو، و میله‌ای از جنس مس در طرف دیگر آن ایجاد می‌شود. وقتی میخ رویی در لیمو فرو برده می‌شود، روی موجود در میخ می‌خواهد الکترون



از دست دهد و تبدیل به یون مثبت شود. در نزدیکی میله مسی، یون‌های هیدروژن موجود در آب‌لیمو می‌خواهند برای تبدیل شدن به اتم‌های هیدروژن خنثی، الکترون به‌دست آورند. حال اگر این دو میخ به‌طور الکتریکی به هم متصل شوند، در آن صورت الکترون‌های از دست رفته توسط روی موجود در میخ می‌توانند از طریق سیم به سمت میله مسی حرکت کنند تا توسط یون‌های هیدروژن جذب شوند. بنابراین، این باتری لیمویی می‌تواند جریانی را در سیم ایجاد کند. به همین ترتیب، وقتی زوروق آلومینیمی با فلز پُرکننده دندان تماس پیدا می‌کند، در حالی که بزاق در چند نقطه بین این دو سطح قرار دارد، از دست رفتن و به‌دست آوردن الکترون رخ می‌دهد. در واقع مجموعهٔ زوروق-بزاق-فلز پُرکننده، مانند باتری عمل می‌کند و جریان را یا از طریق نقاط تماس مستقیم زوروق-فلز، و یا از طریق لثه مجاور راه می‌اندازد.

۶. چشم چپ خود را

ببندید، با چشم راست خود مستقیم به جلو خیره شوید، در حالی که یک انگشت را در دست چپ خود بالا برده‌اید بازوی چپ خود را به سمت چپ باز کنید و سپس این بازو را بچرخانید تا آن انگشت فقط کمی دیده شود. سپس، چشم راست خود را به سمت انگشت بچرخانید. احتمالاً انگشت

ناپدید خواهد شد. وقتی مستقیم نگاه می‌کنید، انگشت مرئی است، اما وقتی سعی می‌کنید به سمت آن نگاه کنید، ناپدید می‌شود. چه چیزی باعث ناپدید شدن انگشت می‌شود؟

○ برای آنکه چیزی را ببینید، باید نوری از آن جسم از چشم شما بگذرد. اگر مستقیماً به جلو خیره نشوید و آن‌طور که توضیح داده شد کاری کنید که انگشتان فقط کمی دیده شود، نوری که از این انگشت می‌آید پیش از ورود به چشم شما، مماس بر بینی حرکت می‌کند. وقتی شما چشم خود را به سمت این



از مواد پرتوزا، نیروگاه‌های هسته‌ای، و بخصوص جنگ‌افزارهای هسته‌ای باخبرند. ولی اغلب مردم از تابشی که مرتبط با سفرهای طولانی با هواپیماست بی‌خبرند، خطری که البته برای مسافران به اندازه خدمه پرواز جدی نیست. در واقع، برخی از پروازها نگران‌کننده‌تر از پروازهای دیگرند، و زمان کل پرواز در هر سال برای خدمه چنین پروازهایی توسط شرکت‌های هواپیمایی محدود شده است. چه چیزی خطر تابشی را برای خدمه پرواز به وجود می‌آورد؟

○ این خطر از پرتوهای کیهانی (ناشی از چشمه‌های نجومی) است که عمدتاً شامل پروتون‌هایی است که از خورشید حاصل می‌شوند. البته جو و میدان مغناطیسی زمین ما را به میزان زیادی از این پرتوها مصون نگه داشته است. با این حال، چون در ارتفاع‌های بالا، جو کمتر از آن است که پروتون‌ها را متوقف کند، بیشتر آنها از جوار ارتفاعات بالا رد می‌شوند. همچنین نشان داده شده است که در عرض‌های جغرافیایی بلند، پروتون‌های خورشیدی بیشتر منحرف می‌شوند و بنابراین کسانی که در عرض‌های جغرافیایی بلند پرواز می‌کنند نیز در معرض تابش‌های پروتونی بیشتری قرار می‌گیرند.

احتمالاً خطری متوجه مسافرانی نیست که به‌ندرت پرواز می‌کنند، حتی اگر آنها در زمانی پرواز کنند که شار فزودی بزرگی از پروتون‌های خورشیدی دریافت کنند. خطر، بیشتر متوجه مسافرانی است که در مسیری با عرض جغرافیایی بلند، به کرات سفر می‌کنند.

زمستانی، وقتی برف شروع به باریدن می‌کند، قدرت بینایی به میزان قابل توجهی افزایش می‌یابد. و وقتی مه وجود ندارد اما آسمان ابری است، به‌نظر می‌رسد با شروع برف، روشنایی سریعاً افزایش می‌یابد. چرا برف قدرت دیدن و میزان روشنایی را تغییر می‌دهد؟ چرا وقتی آسمان ابری است، برف در افق، روشن‌تر از برف آسمان اطراف آن است؟

○ وقتی برف در مه می‌بارد، بلورهای برف بخشی از قطره‌های آب معلق را پخش می‌کنند. آنها همچنین مولکول‌های آب را از قطره‌هایی که همچنان معلق مانده‌اند می‌ربایند و بدین ترتیب اندازه قطره‌ها را کاهش می‌دهند. هر دو این عامل‌ها می‌توانند میزان مه را کاهش و قدرت دید را افزایش دهند. در روزهای بدون مه، یک برف ناگهانی این روشنایی را افزایش می‌دهد، زیرا نور از این برف تازه بر سطح زمین بازمی‌تابد.

در یک روز ابری، برف در افق به سه علت از برف در آسمان اطراف آن روشن‌تر است: (۱) قطره‌های موجود در ابر، نور خورشید را عمدتاً به جلو پراکنده می‌کنند و در نتیجه

اغلب مردم از تابشی که مرتبط با سفرهای طولانی با هواپیماست بی‌خبرند، خطری که البته برای مسافران به اندازه خدمه پرواز جدی نیست

شما در آسمان ابری، نور بیشتری را از بخش بالای سر خود نسبت به بخش نزدیک به افق دریافت می‌کنید. بنابراین، آسمان در نزدیک افق نسبت به آسمان بالای سر، تاریک‌تر است. (۲) برف، نور را شدیداً در تمام جهتها پراکنده می‌کند، و بنابراین شما نور زیادی را از برف نزدیک افق دریافت می‌دارید و در نتیجه این برف روشن‌تر است. (۳) هرگاه به مرزی نگاه کنید که نواحی با روشنایی مختلف را از یکدیگر جدا می‌کند، دستگاه بینایی شما این کنتراست را تقویت می‌کند تا آن مرز را واضح‌تر ببینید.

۹. اغلب مردم از خطر تابش هسته‌ای

انگشت می‌چرخانید، در بجه چشم را به درون «سایه» بینی خود حرکت می‌دهید. بنابراین، بینی شما جلوی نوری را که از انگشت می‌آید، می‌گیرد و نور نمی‌تواند وارد چشم شود، این اثر به تأسی از واژه «رینو» به معنی بینی، اثر رینو-اپتیکال خوانده می‌شود. اما اگر بینی کوچکی داشته باشید، این اثر رخ نمی‌دهد.

بینی، پیشانی و گونه همواره بخشی از دید را می‌گیرند. ولی، مغز روی اطلاعات موجود در ناحیه اطراف نگاه مستقیم متمرکز می‌شود و بخش‌های ناپیدایی را که در یک سمت قرار دارند، حذف می‌کند.

۷. در حالی که در یک اتاق کم‌نور هستید و تنها با یک چشم می‌بینید، یک دست خود را دراز کنید و یک انگشت خود را به‌طور عمودی در جلوی پنجره دور و روشنی نگه دارید. روی پنجره (یا حتی دورتر) تمرکز کنید، نه روی انگشت خود. مرز اطراف این انگشت به رنگ کم‌نوری درمی‌آید. قرمز در یک طرف، و آبی در طرف دیگر. چه عاملی این رنگ‌ها را به وجود می‌آورد؟

○ ابتدا پرتوی نور سفیدی را در نظر بگیرید که دقیقاً به سمت چپ این انگشت حرکت می‌کند. به این نور از آن رو سفید گفته می‌شود که از میزان تقریباً یکسانی از رنگ‌های طیف مرئی تشکیل شده است. وقتی این نور وارد چشم می‌شود، رنگ‌ها سرانجام روی قسمت کوچکی از شبکیه پخش می‌شوند، آبی در یک طرف، قرمز در طرف دیگر، و رنگ‌های میانی بین قرمز و آبی. شما عموماً به علت هم‌پوشانی رنگ‌ها روی شبکیه نمی‌توانید این رنگ را ببینید. اما در وضعیتی که انگشتی را مقابل پنجره‌ای کاملاً روشن نگه داشته‌اید، این انگشت سایه تاریکی را روی شبکیه می‌اندازد، که این هم‌پوشانی رنگ‌های مجاور و سایه را از بین می‌برد. بنابراین، شما در امتداد این سایه می‌توانید رنگ را ببینید. بسته به زاویه‌ای که نور وارد چشم می‌شود، قرمز در یک طرف سایه و آبی در طرف دیگر آن ظاهر می‌شود.

۸. به قرار مسموع، در حین مه‌های



چگونگی پیشرفت زایمان است. چگونه می‌توان فشار در شاره‌ی اطراف جنین راه اندازه گرفت؟

○ این کار توسط وسیله‌ای موسوم به **دیده‌بان زایمان** صورت می‌گیرد که آن را می‌توان هم از داخل و هم از خارج به کار برد. دیده‌بان‌های داخلی را از طریق مجرای زایمان روی کیسه‌ی آمنیونی قرار می‌دهند. این دیده‌بان، فشار آمنیونی را مستقیماً نشان می‌دهند. ولی بیشتر مرسوم است از دیده‌بان‌های خارجی استفاده کنند. دیده‌بان خارجی با تسمه به شکم مادر بسته می‌شود. شستی حس‌گر دیده‌بان هنگام آرامش، تورفتگی اندکی را در بافت‌های شکم ایجاد می‌کند. ولی در حین انقباض‌ها، ماهیچه‌های شکم کشیده می‌شوند و شستی به بالا رانده می‌شود. این نیرو را کششی در نظر می‌گیرند که در شاره‌ی آمنیونی فشار ایجاد می‌کند و در واقع همین فشار است که سرانجام باعث حرکت نوزاد به سمت مجرای زایمان می‌شود. با حرکت دیده‌بان خارجی به سمت بالا، یک مبدل این حرکت را به سیگنال الکتریکی قابل ثبتی تبدیل می‌کند.

۱۳. در یک روشنایی درخشان به‌نظر می‌رسد بخش‌های قرمز یک علامت قرمز و آبی، در جلوی بخش‌های آبی مجاور قرار گرفته‌اند، در شرایط کم‌نور تر، این عمق ظاهری معکوس می‌شود. چه چیزی باعث این توهّم از عمق و معکوس شدن آن در نور ضعیف می‌شود؟

○ نخست تصویر کنید که سه جسم

پرتوزا در هر گرم ماده‌ی آلی، می‌توان زمانی را که از مرگ موجود گذشته است، اندازه‌گیری کرد. زغال چوب‌های به‌جای مانده از آتش‌های کاروان‌های قدیمی، کتیبه‌های قدیمی و بسیاری از دست‌ساخته‌های ماقبل تاریخ بشر به این روش عمرسنجی شده‌اند.

۱۱. قورباغه (و جانداران کوچک دیگر) را می‌توان توسط میدان مغناطیسی یک سیم‌لوله حامل جریان بلند کرد. بدیهی است که قورباغه ماده مغناطیسی نیست، وگرنه هرگاه در آشپزخانه جست‌وخیز می‌کرد محکم به در فلزی یخچال می‌خورد. پس چگونه است که قورباغه در میدان مغناطیسی یک سیم‌لوله معلق می‌شود؟

○ گرچه قورباغه به‌طور طبیعی مغناطیسی نیست، اما وقتی در میدانی مغناطیسی قرار می‌گیرد، دارای ویژگی‌های مغناطیسی می‌شود. قورباغه (و نیز انسان‌ها و بسیاری جانوران دیگر) را دیامغناطیسی گویند. در چنین مواردی، یک میدان مغناطیسی الکترون‌های داخل اتم‌ها را تغییر می‌دهد و باعث می‌شود که ماده، مغناطیسی شود. بنابراین، وقتی یک قورباغه در میدان مغناطیسی بالای یک سیم‌لوله قرار داده می‌شود، توسط این میدان به سمت بالا دفع می‌گردد. این قورباغه تا نقطه‌ای بالا می‌رود که در آنجا نیروی دافعه‌ی رو به بالا با نیروی جاذبه‌ی گرانشی رو به پایین موازنه شود.

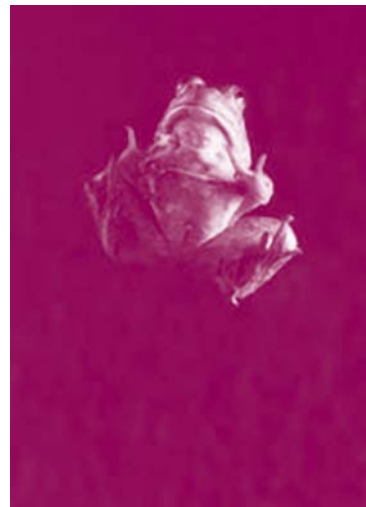
اگر قورباغه با یک آهنربای کوچک عوض شود، آهنربا ناپایدار می‌شود و معلق نخواهد ماند. تفاوت آهنربا با قورباغه در این است که ویژگی‌های مغناطیسی قورباغه به قدرت میدان مغناطیسی سیم‌لوله بستگی دارد. هرچه قورباغه از سیم‌لوله دورتر شود، ویژگی‌های مغناطیسی آن نیز کمتر می‌شود، در حالی که این برای آهنربا صادق نیست و ویژگی‌های مغناطیسی آهنربا تغییر نمی‌کند.

۱۲. دیواره‌های رحم در حین زایمان مدام منقبض می‌شوند و در شاره‌ی جنینی (شاره‌ی آمنیونی) فشار تولید می‌کنند. مدت دوام و مقدار فشار در حین این انقباض‌ها نشانه‌های با ارزشی از

زیرا در حین پروازهای مکرر، در معرض تابش‌های بیشتری قرار می‌گیرند. از همین‌رو برای خدمه پرواز محدودیت تعداد ساعت پرواز در نظر گرفته شده است.

۱۰. چطور ممکن است فعالیت‌های زیستی همچون فتوسنتز و تنفس در عمرسنجی یک کتیبه‌ی قدیمی نقش داشته باشند؟

○ عمرسنجی عمدتاً با کربن پرتوزا انجام می‌شود. نوکلید پرتوزای ^{14}C (با نیم عمر ۵۷۳۰ سال) وقتی نیتروژن جو توسط پرتوهای کیهانی بمباران می‌شود با آهنک ثابتی در جو تولید می‌شود. این کربن پرتوزا با کربنی که به‌طور طبیعی در جو وجود دارد (مانند CO_2) می‌آمیزد، به‌طوری که به ازای هر اتم ^{12}C ۱۰ اتم ^{14}C پایدار طبیعی، تقریباً یک پرتوزای ^{14}C وجود دارد. از طریق فعالیت‌های زیستی‌ای همچون فتوسنتز و تنفس، اتم‌های کربن جو جای خود را به‌طور کاتوره‌ای با اتم‌های کربن موجود در موجودات زنده، از قبیل کلم، قارچ، پنگوئن، انسان و... عوض می‌کند. سرانجام توازن به‌دست می‌آید که در آن اتم‌های کربن هر موجود زنده شامل کسر کوچک ثابتی از نوکلید پرتوزای ^{14}C است. این توازن تا هنگامی دوام دارد که موجود، زنده باشد. با مرگ موجود زنده، تبادل با جو پایان می‌گیرد و بنابراین کربن پرتوزای داخل موجود با نیم-عمر ۵۷۳۰ سال رو به کاهش می‌گذارد. با اندازه‌گیری مقدار کربن



را نگاه می‌کنید که در فاصله‌های مختلفی جلوی شما قرار گرفته‌اند. اگر بر جسم میانی تمرکز کنید، هر چشم تصویر واضحی از آن را در محل تقاطع خط دید با شبکه‌ی تشکیل می‌دهد. جسم دورتر، تصویر ماتی را روی شبکه‌ی تشکیل می‌دهد که نسبت به تصویر واضح، به بینی نزدیک‌تر است. جسم نزدیک‌تر، تصویر ماتی را روی شبکه‌ی تشکیل می‌دهد که نسبت به تصویر واضح، به شقیقه نزدیک‌تر است. مغز وضعیت‌های این سه تصویر را مقایسه می‌کند و فاصله‌های مناسبی به اجسامی که آنها را ایجاد کرده‌اند، نسبت می‌دهد.

مقایسه‌ی مشابهی از تصویر نیز، دلیل توهم عمق در علامت‌های قرمز و آبی شمرده می‌شود. فرض کنید در زیر یک نور درخشان، دو نقطه‌ی مجاور را می‌بینید که یکی قرمز و دیگری آبی است. پرتوهای نور حاصل از این نقاط وارد هر یک از دو چشم می‌شوند و خم می‌گردند تا تصویری را روی شبکه‌ی تشکیل دهند. ولی پرتوهای آبی بیشتر از پرتوهای قرمز خم می‌شوند و بنابراین هر دو نقطه نمی‌توانند به‌طور هم‌زمان در کانون واضح باشند. فرض کنید شما مستقیماً به نور قرمز نگاه می‌کنید و بر آن متمرکز می‌شوید. تصویر آن، در هر یک از دو چشم، در محل تقاطع خط دید و شبکه‌ی تشکیل می‌شود. نقطه‌ی آبی، تصویر مات و بزرگ‌تر را روی شبکه‌ی تشکیل می‌دهد.

عمقی که به این دو تصویر نسبت داده می‌شود، به محل شکل‌گیری آنها روی شبکه‌ی نسبت به خط بستگی دارد. معمولاً خط دید از مرکز مردمک عبور نمی‌کند. در یک نور درخشان، این خط در سمت رو به بینی مرکز مردمک قرار دارد. با این هندسه، مرکز تصویر مات نقطه‌ی آبی، قدری از خط دید به سمت بینی جابه‌جا می‌شود. مغز، از روی تجربه‌ی ادراک عمق، تعبیر می‌کند که این تصویر توسط جسمی (نقطه‌ی آبی) ایجاد شده است که دورتر از جسمی قرار دارد که تصویر واضح را بر روی خط دید ایجاد می‌کند (نقطه‌ی قرمز).

بنابراین، شما نقطه‌ی آبی را دورتر از نقطه‌ی قرمز می‌بینید.

در نور ضعیف، مردمک گشاد می‌شود و خط دید به سمت گیجگاهی مردمک جابه‌جا می‌شود. این آرایش، تصویر مات نقطه‌ی آبی را روی شبکه‌ی حرکت می‌دهد تا اینکه مرکز آن قدری به سمت شقیقه نسبت به خط دید قرار گیرد. مغز این وضعیت جدید را به این معنا تعبیر می‌کند که اکنون نقطه‌ی آبی نزدیک‌تر از نقطه‌ی قرمز است.

اگر نقشه‌ای را که توسط رنگ‌های قرمز و آبی رمزین شده است با یک عدسی محدب (کوژ) بزرگ، مثل عدسی یک ذره‌بین بزرگ، واریسی کنید، می‌توانید عمق را در آن تشخیص دهید. در اینجا، جداسازی رنگ‌ها در داخل عدسی محدب (کوژ) رخ می‌دهد، زیرا نور آبی بیشتر از نور قرمز شکسته می‌شود.

۱۴. فشار مثنانه، فشار مغزی نخاعی، فشار چشم و فشار در دستگاه معده‌ای-روده‌ای ناشی از چیست؟

○ الف. فشار مثنانه. ظرفیت مثنانه حدود 500 cm^3 است. وقتی مثنانه خالی

ناحیه‌ی نزدیک به شکاف نای بیمار مبتلا به آپنه در حین جراحی برش نای بلافاصله آتش گرفت و شعله‌ای را در گردن ایجاد کرد که تا ۵/۰ زبانه کشید. شعله توسط ملافه‌های اتاق عمل پوشانده شد و سپس باقیمانده‌ی آن نیز با محلول آب و نمک خاموش شد

است، فشار مثنانه صفر است و وقتی پر می‌شود این فشار به‌طور یکنواخت تا حدود mmHg ۲۵ افزایش می‌یابد. در واقع در این فشار است که مثنانه در آستانه‌ی دفع ادرار قرار می‌گیرد. البته سرفه کردن، فشار آوردن، لباس تنگ پوشیدن و تنش‌های عصبی نیز می‌توانند فشار مثنانه را افزایش دهند و مثنانه را زودتر از زمان پر شدن برای دفع ادرار تحریک می‌کند. در زنان باردار نیز بر اثر وزن جنین که روی مثنانه قرار دارد، فشار مثنانه افزایش می‌یابد و موجب تکرر ادرار می‌شود. ظرفیت مثنانه زنان باردار کمتر از حد طبیعی 500 cm^3 است،

زیرا جنین بخشی از فضای آن را اشغال می‌کند. هر انسدادی در مجرای ادرار، مثل انسداد ناشی از تورم غده‌ی پروستات باعث افزایش فشار لازم برای دفع ادرار می‌شود. مثلاً فشار لازم برای دفع ادرار که در حالت طبیعی ۱۵ تا ۳۰ میلی‌متر جیوه است برای فردی که دچار بیماری تورم پروستات است به ۷۰ میلی‌متر جیوه می‌رسد. فشار مثنانه را می‌توان با گذاشتن سوند از طریق مجرای ادرار یا فرو بردن سوزن به داخل مثنانه از طریق شکم، اندازه گرفت. در این دو روش، فشار مثنانه از طریق یک مایع به فشارسنجی آبی منتقل می‌شود. چون استفاده از آب برای انتقال فشار و پر کردن فشارسنج خیلی راحت است، فشار مثنانه معمولاً بر حسب سانتی‌متر آب اندازه‌گیری می‌شود. این فشار در حالت طبیعی از ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر آب است و در طی دفع ادرار تا ۱۵۰ سانتی‌متر هم می‌رسد.

ب. فشار مغزی نخاعی. کاسه‌ی سر و ستون فقرات محتوی شاره‌ی مغزی نخاعی است. این شاره با نیروی شناوری که مانند یک بالشتک محافظ عمل می‌کند وزن مغز را نگه می‌دارد و مواد غذایی گرفته شده از خون را به مغز می‌رساند. شاره‌ی مغزی نخاعی در کاسه‌ی سر تولید می‌شود و از طریق حفره‌هایی در مغز به دور مغز می‌چرخد و از مجرای مرکزی طناب نخاعی پایین می‌آید. معمولاً این شاره بلافاصله پس از تولید در کاسه‌ی سر، جذب ستون فقرات می‌شود. اما ممکن

است حفره‌ها یا مجاری آب مغزی بنا به دلایلی مسدود شوند و این باعث ایجاد فشار در جمجمه شود. به این بیماری هیدروسفالی می‌گویند و می‌تواند به بزرگ شدن سر، کندذهنی یا حتی مرگ بینجامد. اندازه‌گیری مستقیم فشار در مغز، به علت ساختار استخوانی آن کار راحتی نیست و معمولاً برای تشخیص هیدروسفالی از روش‌های دیگری استفاده می‌شود.

پ. فشار در چشم. فشار شاره‌ی داخل چشم باعث می‌شود. شکل چشم در حالت طبیعی باقی بماند. گستره‌ی معمولی مقادیر این

فشار ۱۲ تا ۲۴ میلی‌متر جیوه است. چشم دو محفظه پر از شاره دارد، محفظه جلویی حاوی زلالیه و محفظه عقبی حاوی زجاجیه است. حدود 5 cm^3 زلالیه هر روز در چشم تولید می‌شود. شاره اضافی از طریق یک مجرا خارج و جذب جریان خون می‌شود. زلالیه مثل شاره مغزی- نخاعی مواد غذایی را به عدسی و قرنیه چشم، که عروق خونی ندارند، می‌رساند. فشاری که زلالیه تولید می‌کند به سرتاسر زجاجیه منتقل می‌شود. شاره زجاجیه جریان ندارد و دوباره نیز تأمین نمی‌شود. فشار موجود در زجاجیه، شبکه را به قسمت‌های درونی کره چشم می‌چسباند و به حفظ شکل چشم کمک می‌کند. انسداد جزئی در مجرای تخلیه زلالیه باعث ایجاد فشار در تمامی چشم می‌شود. فشار داخل چشم می‌تواند تا 85 mmHg افزایش یابد. در فشارهای بیشتر از این مقدار، زلالیه از دیواره‌های شریان نفوذ می‌کند و به داخل جریان خون راه می‌یابد. فشار بیش از حد داخل چشم نشانه بیماری گلوکوم است که ممکن است با معیوب کردن شبکه به کوری بینجامد. فشار داخل چشم به چند طریق اندازه‌گیری می‌شود که اکثر آنها مستلزم وارد آوردن نیرو به چشم در ناحیه معینی از چشم و مشاهده تغییر شکل حاصل و بازگشت مجدد آن به جای اولیه است.

ت. فشار در دستگاه معده‌ای- روده‌ای. غذا و آشامیدنی‌ای که در مجرای ۶ متری گوارش حرکت می‌کنند ماهیتی شاره‌ای دارند. شارش این مواد را فشار دستگاه گوارش و مخصوصاً در پیچه‌ها و عضلات تنگ‌کننده (اسفنکتر) تنظیم می‌کند. فشار دستگاه گوارش با بلعیدن هوا یا بر اثر گاز معده حاصل از عمل باکتری‌ها (که باعث گرفتگی عضلانی یا کرامپ می‌شود) افزایش می‌یابد. این به‌خصوص در کودکان که همراه با خوردن غذا هوا را نیز می‌بلعند بسیار رایج است. انسداد در بخشی از دستگاه گوارش موجب افزایش فشاری ناشی از تجمع شاره‌ها می‌شود که ممکن است حتی به پارگی نیز بینجامد.

معده کشسان است، بنابراین فشار در آن به آهستگی بالا می‌رود و شما وقتی آن را احساس می‌کنید که بیش از حد پر شده

باشد. وقتی گرسنگی احساس می‌شود که فشار در معده کم است. شخصی که پیوسته پرخوری می‌کند، معده‌اش به‌طور چشمگیری کش می‌آید و خالی بودن یک معده بزرگ، احساس گرسنگی را پیش از آنکه شخص نیاز داشته باشد، تحریک می‌کند.

۱۵. در اینجا آزمایش مشهوری معرفی می‌شود که ادوین لند درباره رنگ‌بینی پیشنهاد کرد. دو تصویر از یک منظره یکی با فیلتر قرمز، و دیگری با فیلتر آبی، روی فیلم سیاه- سفید گرفته می‌شود. سپس اسلایدهای سیاه- سفید حاصل را روی پرده می‌اندازند و بر هم می‌نهند تا یک تصویر سیاه سفید حاصل شود. بعد از آن یک فیلتر قرمز را جلوی اسلایدی که با نور قرمز گرفته شده است قرار می‌دهند و در اینجا نیز تصاویر حاصل از دو تصویر را روی یک پرده برهم می‌نهند. این بار تصویر به جای اینکه به صورت سایه‌های قرمز، صورتی، و سفید درآید ناگهان کاملاً رنگی به‌نظر می‌رسد. اگر سلول‌های مخروطی شبکه فقط به طول موج‌ها و شدت‌های دریافتی واکنش نشان می‌دادند، آنگاه تصویر حاصل باید همان‌طور که گفته شد به صورت قرمز، صورتی، و سفید ظاهر می‌شد زیرا طول موج‌های قرمز فراوان‌ترین طول موج‌ها هستند. علت چیست؟

○ ادوین لند ثابت بودن رنگ را دارای اهمیت اساسی می‌داند و نظریه‌ای پیشنهاد کرده است که ثابت بودن رنگ را لحاظ می‌کند، ضمن آنکه با سایر خواص شناخته شده رنگ‌بینی نیز سازگار است. طبق نظریه لند سلول‌های مخروطی کاملاً مستقل از هم عمل نمی‌کنند، بلکه در سه سیستم مستقل سامان یافته‌اند که هر کدام مربوط به یک نوع از سلول‌های مخروطی است. این سیستم‌ها را رتینکس (تلفیقی از رتینا و کورتکس) نامیده‌اند تا نشان‌دهنده شبکه و قشر مغز باشند. هر رتینکس تصویری مستقل از میدان دید تشکیل می‌دهد. مقایسه بین رتینکس‌ها اطلاعات لازم برای تعیین رنگ واقعی یک

جسم را به‌دست می‌دهد. در واقع به‌نظر می‌رسد همین سیستم رتینکس است که می‌تواند یک تصویر سیاه- سفید را که روی یک تصویر قرمز و سفید نهاده شده است با هم مقایسه کند و رنگ‌های واقعی را تشخیص دهد. در هر حال صحت نظریه و رتینکس هنوز به‌طور کامل تأیید نشده است.

۱۶. آیا شباهتی بین سازوکار کنترل دما در جانوران خونگرم و دستگاه‌های حرارت مرکزی وجود دارد؟

○ در دستگاه حرارت مرکزی از تبخیر و تقطیر آب برای انتقال گرما از کوره به رادیاتور استفاده می‌شود. هر کیلوگرم آب وقتی بخار شود 226×10^6 (گرمای نهان تبخیر آب) از کوره به رادیاتور منتقل می‌کند که در رادیاتور تقطیر می‌شود و مجدداً به کوره بازمی‌گردد. هرگاه دمای آب گرم 60°C و دمای آب سرد پس از گردش در رادیاتور 40°C باشد، حدود 27 kg آب باید در دستگاه بچرخد تا



معادل یک کیلوگرم بخار گرما منتقل شود. سازوکار کنترل دما در جانوران خونگرم نیز روند مشابهی دارد. وقتی هیپوتالاموس در مغز احساس بالا رفتن دما در خون کند، غده‌های عرق فعال می‌شوند. همین که عرق در سطح بدن تبخیر شود، بدن خنک می‌شود، زیرا گرمای تبخیر خود را از بدن می‌گیرد. گرما توسط خون از درون بدن به سطح خارجی منتقل می‌شود. در بدن رگ‌ها نقش لوله و قلب نقش پمپ را در دستگاه حرارت مرکزی بازی می‌کند.