



فصل ۵

تبادل گازها

است، پیدا کرده است (شکل ۵-۱).
دستگاه تنفسی پرندگان در اساس با دستگاه تنفسی سایر مهره داران متفاوت است. جریان هوای درون شش های پرندگان یک طرفه و از عقب به سوی جلو است.

کار دستگاه تنفسی رساندن اکسیژن به بدن است

موجودات تک سلولی آبی اکسیژن مورد نیاز خود را از طریق انتشار می گیرند و دی اکسید کربن را نیز از همین طریق دفع می کنند.

تنفس جانوران پرسلولی به شکل های گوناگونی انجام می شود. بعضی جانوران برای انجام تنفس از همه سطح بدن خود استفاده می کنند. به این نوع تنفس، تنفس پوستی می گویند. تنفس کرم خاکی پوستی است: اکسیژن از جدار نازک مورگ های پوستی عبور می کند و وارد خون می شود. دی اکسید کربن نیز به همین طریق از بدن دفع می شود (شکل ۵-۲).

افرادی که برفراز کوه های هیمالیا، بین هندوستان و چین با هواپیما پرواز کرده اند، ممکن است دسته هایی از غازهای وحشی دیده باشند که در ارتفاع ۹ کیلومتری بالای سطح زمین، جایی که آدمی به علت سرمای شدید و کمبود اکسیژن، نمی تواند زندگی کند، در حال پرواز و مهاجرت اند.

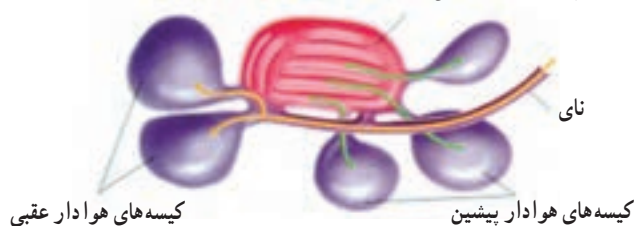
یکی از عوامل ایجاد کننده این سازگاری در غازهای وحشی، کارایی بالای شش های آنهاست که می توانند مقدار بسیار اندک اکسیژن هوا را جذب کنند. هموگلوبین آنها نیز قدرت پیوستگی زیادی با اکسیژن دارد. تعداد مورگ های آنها فراوان است و خون فراوانی به ماهیچه های پروازی، می رسانند. در ماهیچه های پروازی آنها ماده ای شبیه به هموگلوبین، به نام میوگلوبین وجود دارد که می تواند همیشه مقداری اکسیژن ذخیره داشته باشد. بنابراین دستگاه تنفس این پرندۀ حداکثر کارایی و سازگاری را که برای جذب اکسیژن و دفع دی اکسید کربن لازم

(ب) بازدم



شش راست

(الف) دم



شکل ۵-۱ - دستگاه تنفسی پرندگان، تعداد کیسه های هوادار ۹ عدد است که یکی از آنها بین دو نیمه بدن مشترک است.

(الف) هنگام دم هوا (بیکان های زرد رنگ) عمدتاً (حدود ۷۰ درصد) به کیسه های هوادار عقبی می رود. در این حال هوای تهویه شده حاصل از دم قبلی (بیکان های

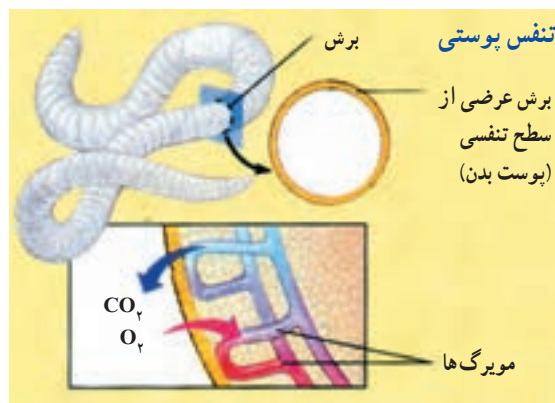
سبز رنگ) به کیسه های هوادار پیشین منتقل می شود.

(ب) هنگام بازدم هوای تهویه نشده حاصل از دم (بیکان های زرد رنگ) به درون شش ها وارد می شود. در این حال هوای تهویه شده حاصل از دم قبلی (بیکان های

سبز رنگ) از کیسه های هوادار پیشین خارج می شود.

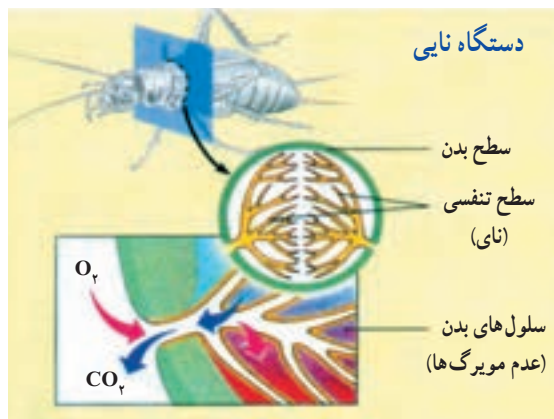
(سطح مبادله اکسیژن و دی اکسید کربن) جانوران ساکن خشکی، به درون بدن منتقل شده است.

حشرات سیستم تنفسی متفاوتی دارند. این سیستم از تعدادی لوله‌های درونی به نام نای تشکیل شده است (شکل ۴-۵). شاخه‌های نای در سراسر بدن منشعب می‌شوند. تبادل گازها (اکسیژن و دی اکسید کربن) از این انشعابات با سلول‌های بدن، به طور مستقیم و بدون نیاز به همکاری سیستم گردش مواد، انجام می‌گیرد.



شکل ۲-۵ - تنفس کرم خاکی

کرم خاکی و موجودات دیگری که تنفس پوستی دارند باید در محیط‌های مرطوب و یا در آب زندگی کنند تا سطح بدن آنها همیشه مرطوب بماند. این جانوران معمولاً جثه کوچک دارند و بسیاری از آنها بدن دراز (کرم خاکی) یا پهن (کرم پهن) دارند. این سازگاری‌ها برای افزایش سطح تنفس انجام شده است. پوست بیشتر جانوران برای انجام تنفس مناسب نیست؛ بنابراین در بدن این جانوران بخش‌های ویژه‌ای برای تنفس تمایز یافته‌اند. ماهی‌ها با آبشش تنفس می‌کنند. در دو طرف سر ماهی ردیف‌هایی از آبشش‌ها قرار دارد (شکل ۳-۵). اکسیژن محلول در آب از سطح آبشش‌ها وارد مویرگ‌ها می‌شود و دی اکسید کربن در خلاف جهت اکسیژن از مویرگ‌ها به درون آب انتشار می‌یابند. در جانوران خشکی زی آبشش برای تنفس مناسب نیست، زیرا در نبود آب رشته‌های آبششی به هم می‌چسبند و آبشش‌ها قادر به جذب اکسیژن موجود در هوا نیستند؛ بنابراین سطوح تنفسی



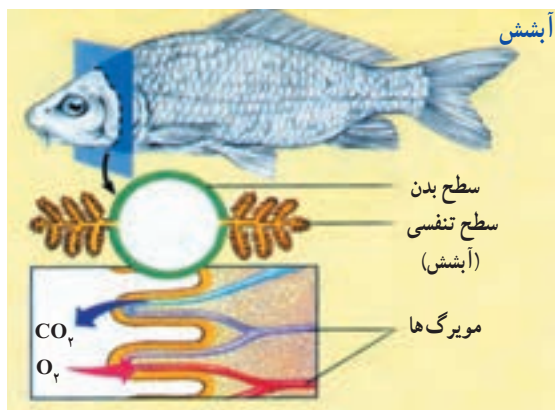
شکل ۴-۵ - دستگاه تنفسی نایی حشرات

بیشتر مهره‌داران ساکن خشکی شش دارند. شش‌ها کیسه‌هایی هستند که جدار آنها از یک لایه نازک سلول‌های پوششی درست شده است.

همان‌طور که در شکل ۵-۵ می‌بینید، سطوح داخلی شش‌ها به دفعات چین خورده و سطح تنفس بزرگی تشکیل داده است. انتقال گازها بین شش‌ها و سلول‌های بدن با کمک سیستم گردش مواد انجام می‌گیرد.



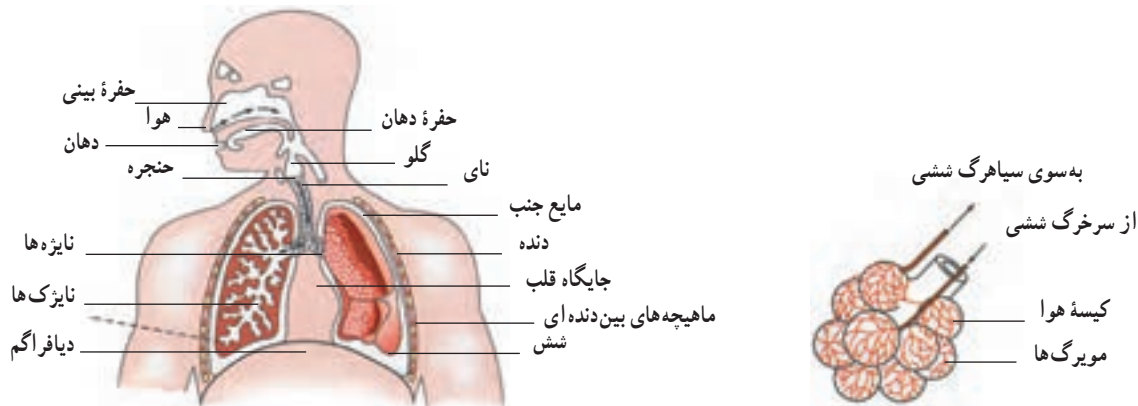
شکل ۵-۵ - دستگاه تنفسی جانداران خشکی



شکل ۳-۵ - دستگاه تنفسی آبشش ماهی

دستگاه تنفسی انسان شامل شش‌ها، مجاری هوا و قفسه سینه است

پرده دوجداره جنب شش‌ها را به دیواره قفسه سینه مربوط می‌کند. مقدار کمی مایع در بین دو دیواره جنب وجود دارد که لغزنده است و حرکت شش‌ها را آسان می‌کند. دم و بازدم نتیجه تبعیت شش‌ها از حرکات قفسه سینه است که شش‌ها را در خود جای داده است. (شکل ۶-۵).



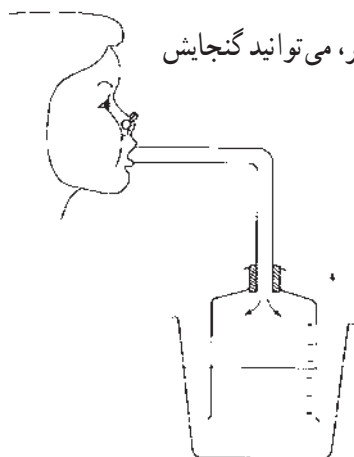
شکل ۶-۵- شکل ساده‌ای از دستگاه تنفس انسان. تعداد نایزک‌ها و کیسه‌های هوایی در بدن انسان بسیار بیشتر از چیزی است که در شکل دیده می‌شود.

خودآزمایی

۵-۱

- ۱- نوع تنفس را در موجودات زیر بنویسید.
الف) کرم خاکی ب) ماهی ج) ملخ
- ۲- دستگاه تنفس پرندگان چه سازگاری‌هایی یافته است؟

فعالیت ۵-۱ ✓



ظرفیت شش‌های افراد مختلف مساوی نیست. با ساختن دستگاهی مانند شکل زیر، می‌توانید گنجایش

شش‌های خود و همکلاسی‌هایتان را اندازه بگیرید.

برای دمیدن از طریق لوله، ابتدا نفس بسیار عمیقی بکشید و تا جایی که می‌توانید در لوله فوت کنید. بهتر است برای خنثی کردن وزن دستگاه در آب، درحالی که شما فوت می‌کنید، یک نفر دیگر، به آرامی ظرف را بالا بیاورد.

۱- آیا عددی که در اینجا نشان داده می‌شود، ظرفیت واقعی شش‌های شماست؟ دلیل بیاورید.

۲- چگونه می‌توانید به کمک این دستگاه، مقدار هوای دم و بازدم خود را نیز اندازه بگیرید؟

و باز شدن طبیعی آنها را تسهیل می‌کند. سورفاکتانت در اواخر دوران جنینی ساخته می‌شود به همین جهت بعضی از نوزادان زودرس که مقدار سورفاکتانت در آنها به مقدار کافی ساخته نمی‌شود، به زحمت تنفس می‌کنند.

اگر در جدار قفسه سینه شکافی ایجاد شود، شش‌ها به روی خود می‌خوابند و هوا به درون حفره سینه مکیده می‌شود.

گنجایش شش‌های افراد مختلف با یکدیگر متفاوت است. هر یک از مادر هر دم (فرو بردن هوا به درون دستگاه تنفسی) و بازدم (خارج کردن هوا از دستگاه تنفسی) در حدود ۵۰۰ میلی لیتر هوا را جابه‌جا می‌کنیم. به این میزان هوا، هوای جاری گفته می‌شود. نزدیک به دو سوم هوای جاری دمی به شش‌ها می‌رسد و بقیه آن در مجاری تنفسی می‌ماند و نمی‌تواند دی‌اکسید کربن و اکسیژن خود را با خون مبادله کند. این یک سوم هوا را هوای مرده می‌نامند.

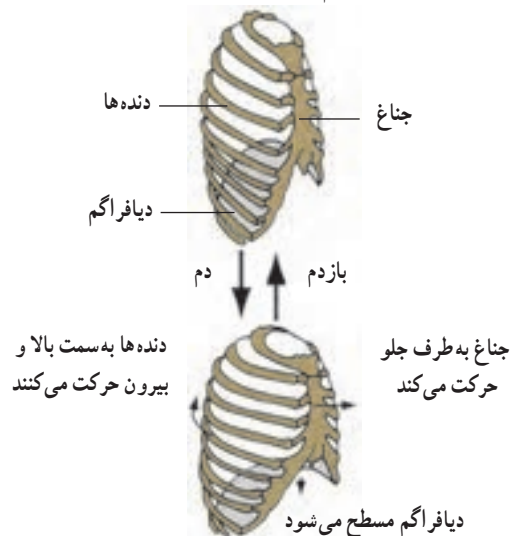
پس از هر دم معمولی می‌توان با یک دم عمیق حجم بیشتری از هوا را به درون شش‌ها فرستاد. این حجم هوا را هوای ذخیره دمی یا هوای مکمل می‌نامند. هم چنین هوایی را که پس از هر بازدم معمولی و با یک بازدم عمیق می‌توان از شش‌ها خارج کرد، هوای ذخیره بازدمی می‌نامند.

به مجموع هوایی که هر فرد پس از یک دم عمیق، طی یک بازدم عمیق بیرون می‌دهد، ظرفیت حیاتی می‌گویند.

پس از حداکثر بازدم، هنوز مقداری هوا درون شش‌ها باقی می‌ماند که به آن هوای باقی مانده می‌گویند. اگر حجم هوای جاری را در تعداد حرکات تنفس در یک دقیقه ضرب کنیم، حجم تنفسی در دقیقه به دست می‌آید (شکل ۵-۸).

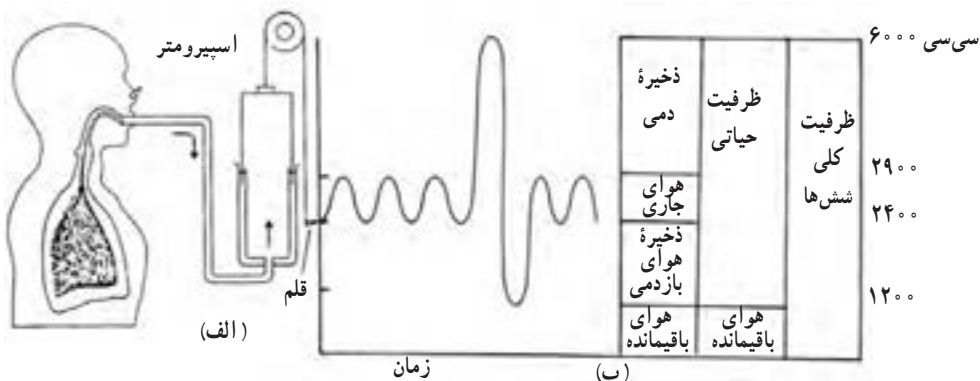
در انسان و سایر پستانداران، قفسه سینه به وسیله پرده دیافراگم از حفره شکم جدا شده است.

دیافراگم با حرکت خود به پایین و بالا، حجم قفسه سینه را افزایش و کاهش می‌دهد و در تنفس آرام و طبیعی مهم‌ترین نقش را در حرکات شش‌ها دارد. بالا و پایین رفتن دنده‌ها (با کمک ماهیچه‌های بین دنده‌ای) و استخوان جناغ، با افزایش و کاهش حجم قفسه سینه به عمل دیافراگم کمک می‌کند. در تنفس شدید، انقباض عضلات شکم نیروهای قبلی را تقویت می‌کند. ماهیچه‌هایی که قفسه سینه را بالا می‌برند و حجم آن را افزایش می‌دهند ماهیچه‌های دم و ماهیچه‌هایی که قفسه سینه را پایین می‌برند، ماهیچه‌های بازدم به حساب می‌آیند (شکل ۵-۷).



شکل ۵-۷ - تغییر حجم قفسه سینه هنگام دم و بازدم

ماده‌ای به نام سورفاکتانت از برخی سلول‌های دیواره کیسه‌های هوایی ترشح می‌شود، سطح داخلی این کیسه‌ها را می‌پوشاند و کشش سطحی مایع پوشاننده آنها را کاهش می‌دهد



شکل ۵-۸ - اسپرومتر (الف) زمان نمایش میزان هواهای تنفسی در یک اسپروگرام (ب)

حجم هوای درون شش‌ها

۱- کار پرده جنب چیست؟

۲- نقش سورفاکتانت را در تنفس بنویسید.

۳- اصطلاحات زیر را تعریف کنید :

الف) هوای جاری	ب) ظرفیت حیاتی	ج) هوای باقی مانده
د) هوای ذخیره دمی (مکمل)	ه) هوای مرده	و) هوای ذخیره بازدمی

دی اکسید کربنی که در بافت‌ها تولید می‌شود به صورت مستقیم با هموگلوبین ترکیب می‌شود. ۷ درصد باقی مانده نیز به صورت محلول در پلاسما انتقال می‌یابد.

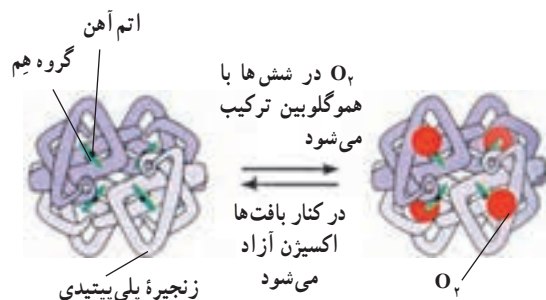
تنفس واقعی در سلول‌ها انجام می‌شود

تنفس واقعی سلول‌های بدن با رسیدن اکسیژن به مایع بین سلولی صورت می‌گیرد. اختلاف فشار زیاد اکسیژن بین خون و مایع بین سلولی، در مجاورت مویرگ‌ها، موجب انتشار سریع اکسیژن به مایع بین سلولی می‌شود و با افزایش جریان خون در بافت‌ها این انتشار نیز بیشتر می‌شود. هرچه مصرف اکسیژن سلول‌ها بیشتر باشد، فشار اکسیژن در مایع بین سلولی کم‌تر و ورود اکسیژن به آن شدیدتر می‌شود. دی اکسید کربن ایجاد شده به وسیله سلول‌ها از مایع بین سلولی به داخل مویرگ‌ها منتشر می‌شود و چون انتشار آن بسیار سریع‌تر از اکسیژن صورت می‌گیرد، اختلاف فشار کم این ماده که از چند میلی‌متر جیوه بیشتر نیست، برای انتشار آن کافی است.

اعمال مجاری تنفس: بعد از نای و نایژه‌ها، مجاری تنفس بیش از ۲۰ بار به انشعابات باریک‌تر به نام نایژک تقسیم می‌شوند. حلقه‌های غضروفی زیادی که در دیواره نای و نایژه‌ها وجود دارد، مجرای آنها را همیشه باز نگاه می‌دارد. در بیماری آسم نایژک‌ها تنگ می‌شوند و تنفس را مشکل می‌کنند. سطح داخلی دیواره مجاری هوا از بینی تا نایژک‌های انتهایی از یک بافت پوششی مژه‌دار پوشیده شده است و ترشحات مخاطی روی این سلول‌ها لایه چسبناکی به وجود می‌آورد که علاوه بر مرطوب کردن هوای

هموگلوبین برای انتقال گازها در خون، به کار می‌رود

در حدود ۹۷ درصد اکسیژن به وسیله هموگلوبین و بقیه به صورت محلول در پلاسما به بافت‌ها منتقل می‌شود. اگر فشار اکسیژن زیاد باشد مقدار بیشتری از آن با هموگلوبین ترکیب و هرگاه فشار اکسیژن کم باشد، اکسیژن از هموگلوبین رها می‌شود (شکل ۸-۵). در شرایط عادی که فشار اکسیژن در هوای کیسه‌های هوایی شش‌ها در حدود ۱۰۴ میلی‌متر جیوه است، هموگلوبین در حدود ۹۷ درصد توان خود اکسیژن می‌گیرد و در خون سیاهرگ‌هایی که از بافت‌ها بازمی‌گردند، هموگلوبین هنوز در حدود ۷۸ درصد توسط اکسیژن اشباع شده است. وجود مونواکسید کربن که با هموگلوبین میل ترکیبی بسیار شدیدتر از اکسیژن دارد، مانع ترکیب اکسیژن با هموگلوبین و در نتیجه باعث مسمومیت و سرانجام مرگ می‌شود. تقریباً ۷۰ درصد دی اکسید کربن در خون به صورت بیکربنات درمی‌آید و به شش‌ها منتقل می‌شود. مقداری دی اکسید کربن با اثر آتریم آیدراز کربنیک که در غشای گلبول‌های قرمز وجود دارد، با آب ترکیب می‌شود و اسید کربنیک می‌سازد که بیشترین مقدار آن به یون‌های بیکربنات و هیدروژن تجزیه می‌شود. تقریباً ۲۳ درصد



شکل ۹-۵- هموگلوبین با چهار مولکول اکسیژن ترکیب می‌شود.

ورود گازها و مواد خارجی باعث واکنش سرفه یا عطسه شود. در این حالت هوا با فشار از راه دهان (سرفه) یا بینی (عطسه) همراه با مواد خارجی به بیرون رانده می‌شود. در شروع سرفه یا عطسه حنجره بسته می‌شود و هوا را در داخل شش‌ها محبوس می‌کند. سپس با باز شدن ناگهانی حنجره، هوا با فشار خارج می‌شود. عطسه بر اثر تحریک مجاری بینی ایجاد می‌شود و در آن زبان کوچک به پایین کشیده می‌شود و هوا از طریق بینی خارج می‌گردد.

تنفسی، ذرات ریز موجود در هوای دم را جذب می‌کند. حرکت ضربانی مژه‌ها به سوی حلق باعث رانده شدن این ترشحات به همراه ذرات خارجی به سوی گلو می‌شود.

تکلم: تکلم با شرکت دستگاه تنفس و مراکز عصبی تکلم صورت می‌گیرد. تولید صدا با ارتعاش تارهای صوتی حنجره و واژه‌سازی به وسیله لب‌ها، دهان و زبان صورت می‌گیرد.

سرفه و عطسه برای بیرون راندن مواد از راه‌های تنفسی انجام می‌شود

حساسیت زیاد نای، نایژه‌ها و مجاری بینی باعث می‌شود تا

✓ فعالیت ۲-۵

تغییرات فشار و حجم در مدل قفسه سینه

۱- دستگاهی مطابق طرح روبه‌رو بسازید؛ این مدل، مدل قفسه سینه و دستگاه تنفسی است. چه قسمت‌هایی از این مدل معادل شش‌ها، نای، نایژه‌ها، دنده‌ها و دیافراگم هستند؟

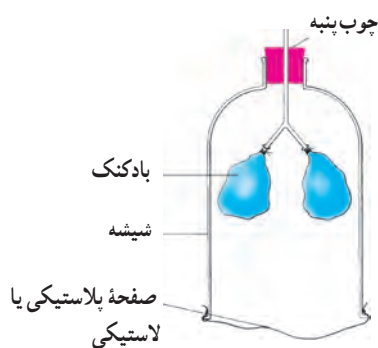
۲- به آرامی صفحه لاستیکی را به طرف پایین بکشید. با دقت به بادکنک‌ها نگاه کنید. چه اتفاقی می‌افتد؟ توضیح دهید.

۳- اکنون به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

الف) وقتی که صفحه لاستیکی را به طرف پایین می‌کشید، حجم و فشار داخل ظرف چه تغییری می‌کند؟

ب) با کمک پاسخ پرسش الف توضیح دهید که چرا بادکنک‌ها هنگام پایین کشیدن صفحه لاستیکی پر از هوا می‌شوند؟

ج) در این مدل از قفسه سینه انسان، نقش کدام یک از ماهیچه‌های مهم بدن در نظر گرفته نشده است؟



شکل ۱۰-۵ - مدل قفسه سینه

✓ فعالیت ۳-۵

مقایسه مقدار دی‌اکسید کربن در هوای دم و بازدم

برای انجام این آزمایش می‌توانید از محلول آب‌آهک یا برم تیمول بلو (آبی رنگ) که معرف CO_2 هستند استفاده کنید. اگر دی‌اکسید کربن به آنها دمیده شود، آب‌آهک حالت شیری رنگ به خود می‌گیرد و محلول رقیق برم تیمول بلو، زرد رنگ می‌شود.

الف) دستگاه را مطابق شکل سوار کنید. انتهای لوله طویل را در داخل محلول و انتهای لوله کوتاه را در بالای

محلول قرار دهید.

ب) به آرامی از طریق لوله مرکزی عمل دم و بازدم انجام دهید. در هنگام دم از انتهای کدام لوله حباب هوا خارج می‌شود؟ در هنگام بازدم چگونه؟

ج) دم و بازدم را ادامه دهید تا رنگ معرف در یکی از لوله‌ها تغییر کند. آن را یادداشت کنید.

د) چند دقیقه دیگر نیز به دم و بازدم ادامه دهید و تغییرات بعدی را که در رنگ هر دو لوله مشاهده می‌کنید، یادداشت کنید.

اکنون به پرسش‌های زیر پاسخ دهید :

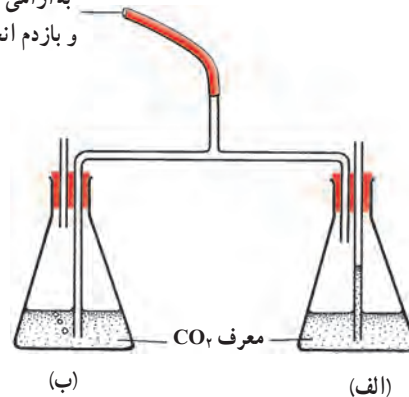
الف) به نظر شما چرا هوای دمی به یک لوله وارد می‌شود و هوای بازدمی به لوله دیگر؟

ب) نخست در کدام لوله تغییر رنگ مشاهده کردید؟ در لوله هوای دمی و یا لوله بازدمی که حباب‌های هوا از

آن خارج می‌شوند؟

ج) آیا معرف در هر دو لوله سرانجام تغییر رنگ داد؟ این موضوع چه چیزی را برای ما روشن می‌کند؟

به آرامی در این لوله دم
و بازدم انجام دهید



شکل ۱۱-۵ - مقایسه مقدار دی‌اکسیدکربن هوای دم و بازدم

خودآزمایی

۵-۳

۱- چرا تنفس گاز مونواکسید کربن خطرناک است؟

۲- بیشترین مقدار دی‌اکسید کربن به چه طریقی در خون حمل می‌شود؟

۳- منظور از تنفس واقعی چیست؟

۴- با توجه به مسیر تنفس، در نقطه چین‌ها کلمه‌های مناسب قرار دهید.

بینی ← حلق ← نای ← ... ← کیسه هوایی ← ... ← ... ← بینی