



Podwójne oddychanie

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Grafika interaktywna](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Podwójne oddychanie

Krogulec zwyczajny (*Accipiter nisus*) podczas lotu wymaga dużego nakładu energii, którą uzyskuje dzięki podwójnemu oddychaniu.

Źródło: TheOtherKev, Pixabay, domena publiczna.

Ptaki (*Aves*) ze względu na zdolność do aktywnego lotu różnią się od innych zwierząt budową ciała i przebiegiem wielu procesów fizjologicznych. Wykształciły wiele cech, które umożliwiają im lot. Jedną z nich są rurkowate płuca połączone z workami powietrznymi, które umożliwiają podwójne oddychanie.

Twoje cele

- Przedstawisz budowę układu oddechowego ptaków.
- Poznasz drogę przepływu powietrza przez płuca w czasie wdechu i wydechu.
- Wyjaśnisz mechanizm i znaczenie podwójnego oddychania.

Przeczytaj

Aktywny lot i utrzymywanie wysokiej temperatury ciała na stałym poziomie wiąże się z dużym zapotrzebowaniem energetycznym. Do tego niezbędne są stałe, duże dostawy tlenu i pokarmu.

Tlen zapewniają ptakom rurkowate płuca, obecność worków powietrznych i mechanizm [podwójnego oddychania](#).

Ptaki wędrowne przemierzają setki kilometrów dziennie bez odpoczynku. Przez wiele godzin wykonują ruchy skrzydłami. Zapotrzebowanie energetyczne ptaków jest stale na wysokim poziomie, nie tylko podczas wędrówek. Wpływa na to tryb życia ptaków, wysoki metabolizm oraz termoregulacja.



Niektóre bociany białe (*Ciconia ciconia*) w drodze do zimowisk przemierzają nawet 10 000 km.

Źródło: Flickr, licencja: CC BY-ND 2.0.

Więcej informacji na temat ptaków w e-materiale [Ogólna charakterystyka ptaków](#).

Budowa układu oddechowego ptaków

Drogi oddechowe rozpoczynają się nozdrzami prowadzącymi przez jamę nosową do krtani, a dalej do szerokiej i długiej tchawicy.

Szczytowa część tchawicy łączy się z krtanią górną, a miejsce rozgałęzienia na dwa oskrzela główne z krtanią dolną.

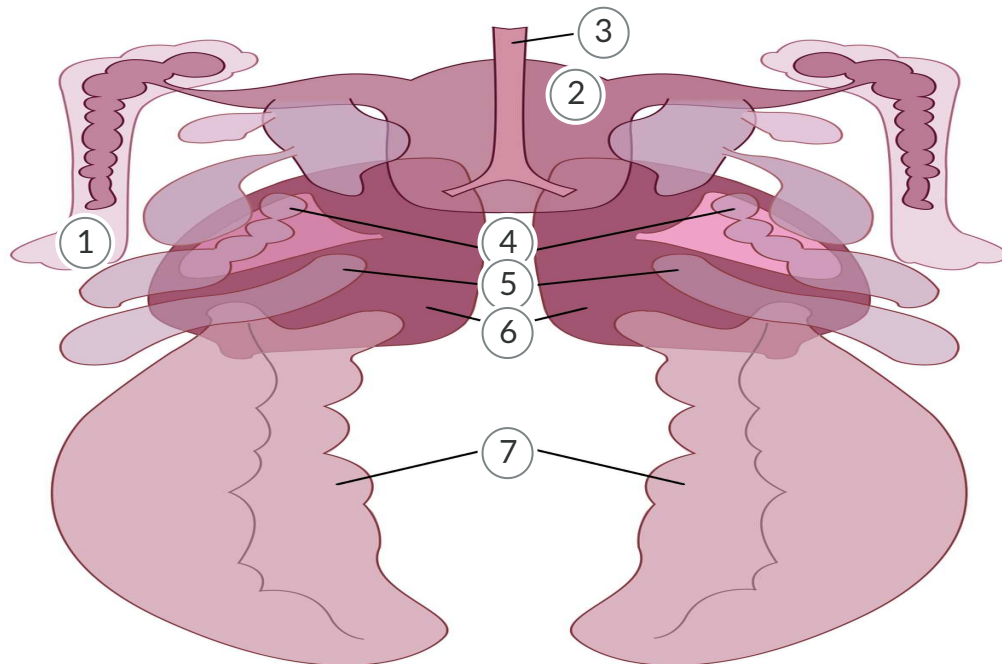
Oskrzelka kończą drogi oddechowe i prowadzą do **płuc** zbudowanych z **parabronchi** – rurek oplecionych naczyniami włosowatymi.

Płuca połączone są z cienkościnnymi **workami powietrznymi**.

Zapamiętaj!

Worki powietrzne nie biorą udziału w wymianie gazowej. Umożliwiają pobieranie większej ilości tlenu, magazynują i wtłaczają powietrze do płuc, zmniejszając ciężar ciała, biorą udział w termoregulacji.

Ptaki w spoczynku zużywają dużo więcej tlenu niż inne kręgowce, a podczas lotu zapotrzebowanie na tlen wielokrotnie wzrasta. Małe, sztywne rurkowate płuca nie zmieniają objętości podczas wdechu i wydechu. Płuca z workami powietrznymi zapewniają ptakom odpowiednią ilość tlenu.



1

Kość ramienna

2

Worek obojczykowy

3

4

Worki piersiowe przednie

5

Worki piersiowe tylne

6

Płuca

7

Worki brzuszne

Rozmieszczenie worków powietrznych u gołębia skalnego (*Columba livia*).

Źródło: Englishsquare Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ważne!

Podczas spoczynku wentylacja płuc ptaków jest wynikiem skurczów mięśni międzyżebrowych.

Wentylacja płuc w czasie lotu jest wynikiem zmiany rozmiaru klatki piersiowej, wywołanej ruchem skrzydeł.

Większość ptaków ma **dziewięć worków powietrznych**:

- nieparzysty obojczykowy;
- dwa worki szyjne;
- dwie pary worków piersiowych (przednie i tylne);
- dwa worki powietrzne brzuszne.

Niektóre gatunki ptaków mają więcej lub mniej worków powietrznych:

- bocian biały (*Ciconia ciconia*) ma tylne worki powietrzne podzielone, worek obojczykowy, razem 11 worków;

- perkoz dwuczuby (*Podiceps cristatus*) ma 4 worki powietrzne obojczyka, nie ma worków szyjnych, razem 10 worków;
- dzięcioł zielony (*Picus viridis*), podobnie jak kukułka zwyczajna (*Cuculus canorus*), mają niesparowany worek powietrzny obojczyka; połączony z przednimi workami powietrznymi, razem 7 worków.

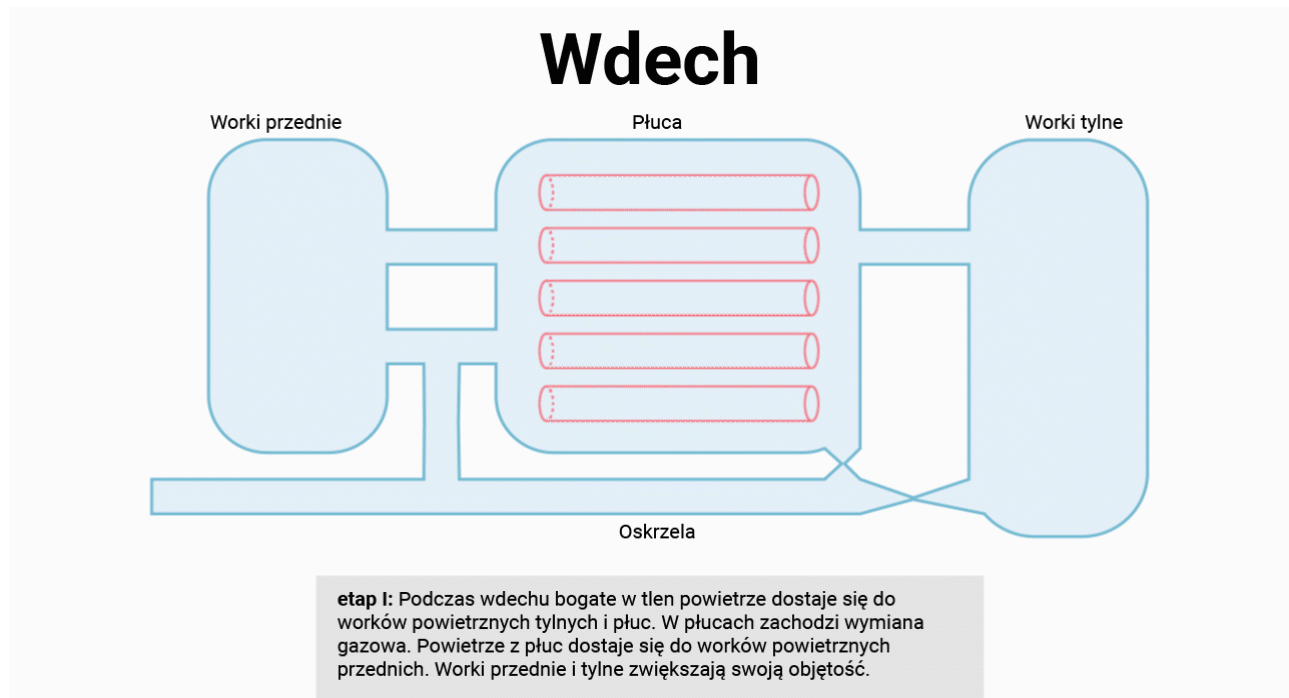
Zapamiętaj!

Worki powietrzne to element układu oddechowego spotykany tylko u ptaków.

Więcej na temat wentylacji płuc u kręgowców w e-materiale [Mechanizmy wentylacji płuc u kręgowców lądowych](#).

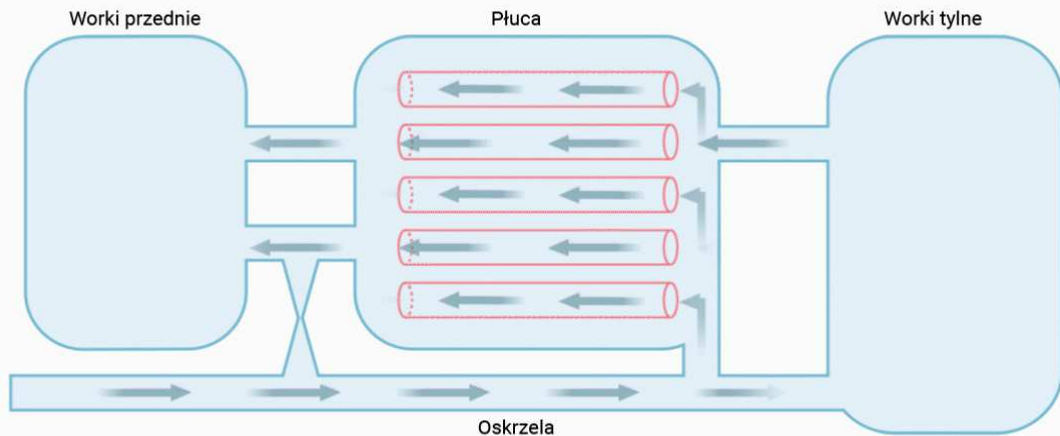
Podwójne oddychanie

Płuca ptaków łączą się z workami powietrznymi, które nie biorą bezpośrednio udziału w wymianie gazowej. Umożliwiają dwukrotny, jednokierunkowy przepływ powietrza bogatego w tlen przez płuca - podczas wdechu i podczas wydechu.



Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Wydech



etap II: Gdy worki powietrzne przednie i tylne zmniejszają swoją objętość, powietrze bogate w tlen z tylnych worków przechodzi przez płuca i zachodzi druga wymiana gazowa. Powietrze z płuc i worków powietrznych przednich wydostaje się przez drogi oddechowe na zewnątrz.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Wymiana gazowa podczas wdechu

Podczas wdechu **worki powietrzne tylne i płuca wypełniają się** wchodzącym przez tchawicę i oskrzela powietrzem bogatym w tlen. Powietrze **przepływa przez płuca**, a następnie **wypełnia worki powietrzne przednie**. W tym czasie droga łącząca oskrzela z workami powietrznymi przednimi jest zamknięta, worki powietrzne tylne i przednie są rozciągnięte. Na tym etapie worki powietrzne tylne wypełnione są powietrzem bogatym w tlen, które jeszcze nie dotarło do płuc. Worki powietrzne przednie zawierają powietrze po wymianie gazowej, bogate w dwutlenek węgla.

Wymiana gazowa podczas wydechu

Znaczenie podwójnego oddychania

U ptaków – zarówno **podczas wdechu, jak i wydechu** – **przez płuca przepływa powietrze bogate w tlen. Dwa razy**, przy wdechu i przy wydechu, w płucach zachodzi **wymiana gazowa**.

Mechanizm ten nosi nazwę **podwójnego oddychania**. Dwukrotna wymiana gazowa zapewnia ptakom dużą ilość tlenu i utrzymanie **wysokiego tempa metabolizmu**. Dzięki temu możliwe jest utrzymanie wysokiej, **stałej temperatury ciała i uzyskanie dużych ilości energii niezbędnej do aktywnego lotu**.

Przykład zmiany tempa wentylacji płuc spowodowanej różnym zapotrzebowaniem energetycznym u koliberka rubinobrodego (*Archilochus colubris*)



Koliberek rubinobrody (*Archilochus colubris*).

Źródło: Pslawinski, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 4.0.

Tętno u kolibrów jest niezwykle wysokie, podczas lotu osiąga nawet 1250 uderzeń na minutę. Powoduje to szybkie krążenie krwi, która dostarcza tlen do mięśni podczas ich szybkich ruchów w trakcie lotu.

Tętno spoczynkowe spada do około 250 uderzeń na minutę.

Zwarte i symetryczne płuca kolibra dostarczają tlen do krwioobiegu i służą do chłodzenia. Dziewięć cienkościennych worków powietrznych tłoczy powietrze do płuc.

Częstość oddechów tych ptaków wynosi około 250 oddechów na minutę – około czterech oddechów na sekundę.

Aby zaspokoić niezwykle duże zapotrzebowanie energetyczne, zwłaszcza podczas lotu, koliber ważący 4-5 g spożywa około 2 g sacharozy dziennie. Przed migracją wzrasta zawartość tłuszczu w organizmie. Koliber gromadzi około 0,15g lipidów dziennie na gram masy ciała – jest to wartość, która u człowieka odpowiadałaby przyrostowi masy ciała o 10 kg dziennie.

Słownik

parabronchi

cienkie rurki budujące płuca ptaków; kapilary umożliwiają przepływ powietrza w głąb sąsiadujących naczyń krwionośnych

podwójne oddychanie

mechanizm oddychania charakterystyczny dla ptaków; dzięki obecności worków powietrznych wymiana gazowa w płucach zachodzi dwa razy, podczas fazy wdechu i fazy wydechu

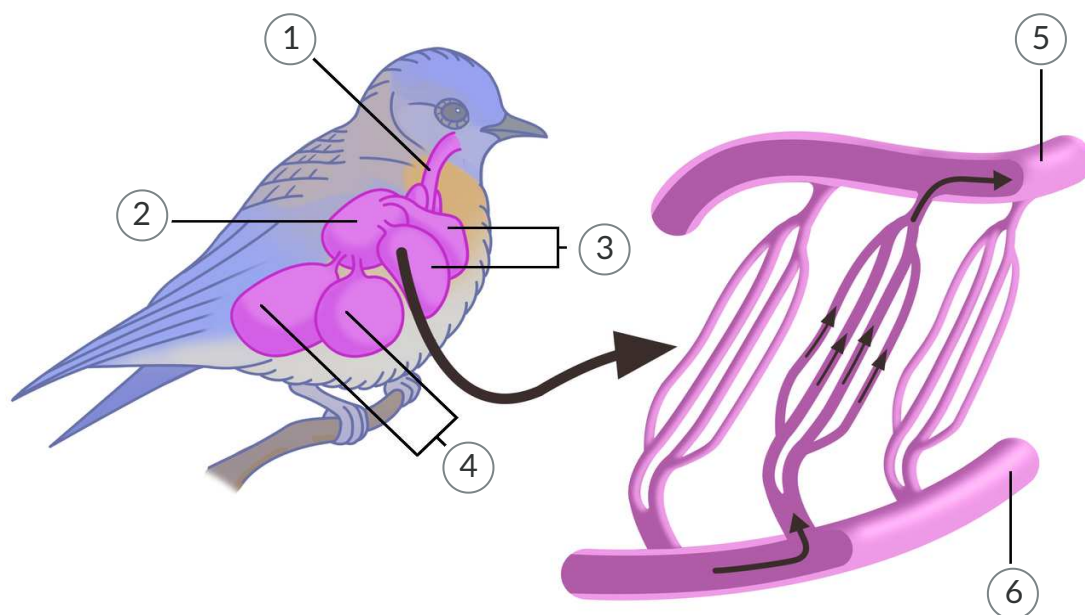
rurkowate płuca

charakterystyczne dla ptaków płuca, zbudowane z licznych rurek, które są głównymi drogami przepływu powietrza podczas oddychania

worki powietrzne

cienkościenne uchyłki płuc ptaków należące do układu oddechowego; uczestniczą w procesie podwójnego oddychania

Grafika interaktywna



1

Tchawica

2

Płuca

3

Worki powietrzne przednie

4

Worki powietrzne tylne

5

Oskrzele II-rzędowe

Oskrzele II-rzędowe

Płuca ptaków mają budowę rurkową. Drobne oskrzela, tworzące system odgałęzień oskrzeli głównych, układają się równolegle względem siebie. Podczas wdechu powietrze przepływające przez oskrzela rozdzielane jest do worków powietrznych tylnych oraz płuc. W płucach zachodzi wymiana gazowa. Zużyte powietrze przechodzi do worków powietrznych przednich. W czasie wydechu jest ono wyprowadzane przez oskrzele główne, a świeże powietrze z worków powietrznych tylnych przepływa przez płuca.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 1

Przeanalizuj grafikę interaktywną, a następnie wyjaśnij, w jaki sposób są wentylowane płuca ptaków.

Polecenie 2

Wykaż, że mechanizm podwójnego oddychania ma związek ze zdolnością ptaków do lotu.

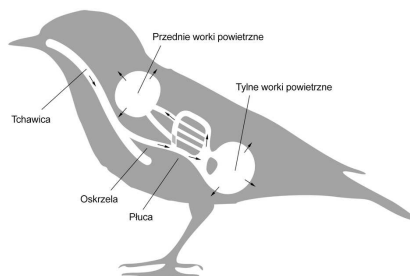
Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

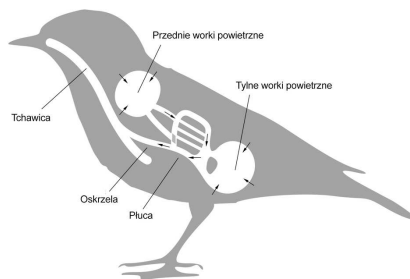
Ćwiczenie 1



II



I



Źródło: EnglishSquare.pl Sp. z o. o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Na powyższym schemacie przedstawiono układ oddechowy ptaka. Określ, który rysunek przedstawia wdech, a który wydech.

II

Wdech

I

Wydech

Ćwiczenie 2



Przyporządkuj definicje do pojęć.

Podwójne oddychanie

Cienkościenne uchyłki płuc ptaków magazynujące powietrze.

Worki powietrzne

Drobne, rurkowe struktury dróg oddechowych charakterystyczne dla ptaków.

Parabronchi

Mechanizm oddychania, w którym wymiana gazowa w płucach następuje zarówno podczas fazy wdechu, jak i wydechu.

Ćwiczenie 3



Rozwiąż krzyżówkę. Litery w szarych polach utworzą hasło.

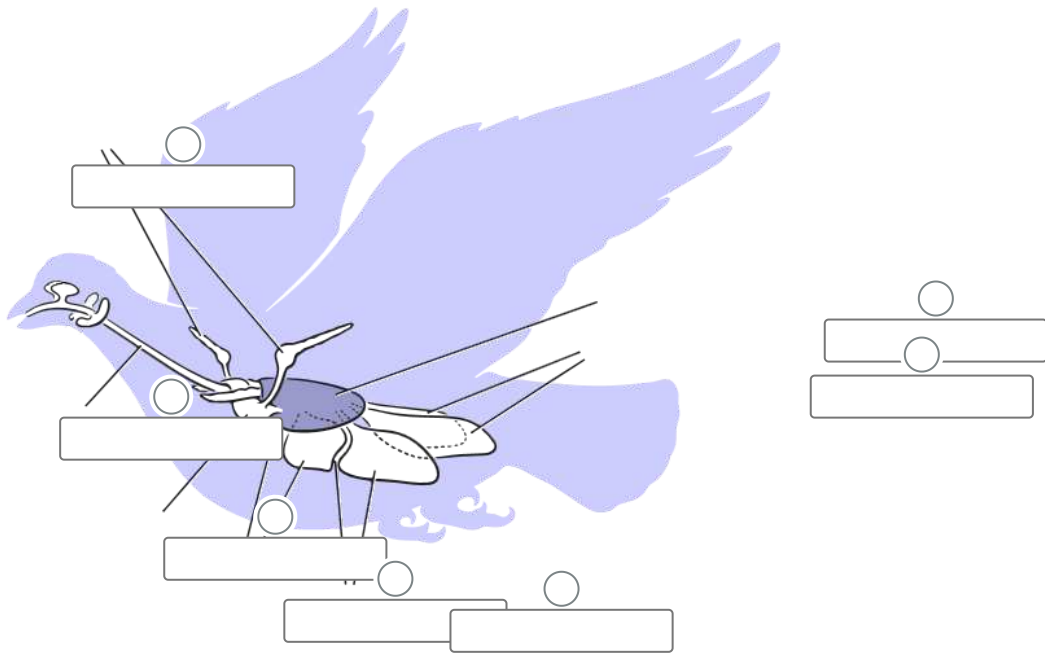
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									

1. Jedne z największych parzystych worków powietrznych znajdujące się pod płucami w jamie o tej samej nazwie.
2. Główna funkcja, którą pełnią płuca ptaków.
3. Budowa płuc ptaków.
4. Nazwa jednego z narządów dróg oddechowych.
5. Ich ruch reguluje objętość klatki piersiowej w czasie lotu.

Ćwiczenie 4



Przeciągnij w odpowiednie miejsca pasujące określenia.



Uchyłek pachowy worka obojczkowego

Worek powietrzny brzuszny

Tchawica

Worek powietrzny obojczkowy

Tylny worek powietrzny piersiowy

Płuca

Przedni worek powietrzny piersiowy

Źródło: C. Abraczinskas, Wikimedia Commons, licencja: CC BY 2.5.

Ćwiczenie 5



Oceń prawdziwość poniższych stwierdzeń.

Stwierdzenie	Prawda	Fałsz
Dzięki workom powietrznym możliwe jest podwójne oddychanie.	☐	☐
Ptaki, jako zwierzęta zmiennocieplne, posiadają wysoko wyspecjalizowany układ oddechowy, który pozwala na przepływ powietrza przez płuca podczas obu etapów wentylacji – wdechu i wydechu.	☐	☐
Ptaki wędrowne zawdzięczają mechanizmowi podwójnego oddychania prawidłową podaż tlenu niezbędnego do dalekich lotów pochłaniających dużo energii.	☐	☐

Ćwiczenie 6



Spośród podanych niżej mięśni wybierz te, które związane są z mechanizmem wentylacji płuc ptaków podczas spoczynku.

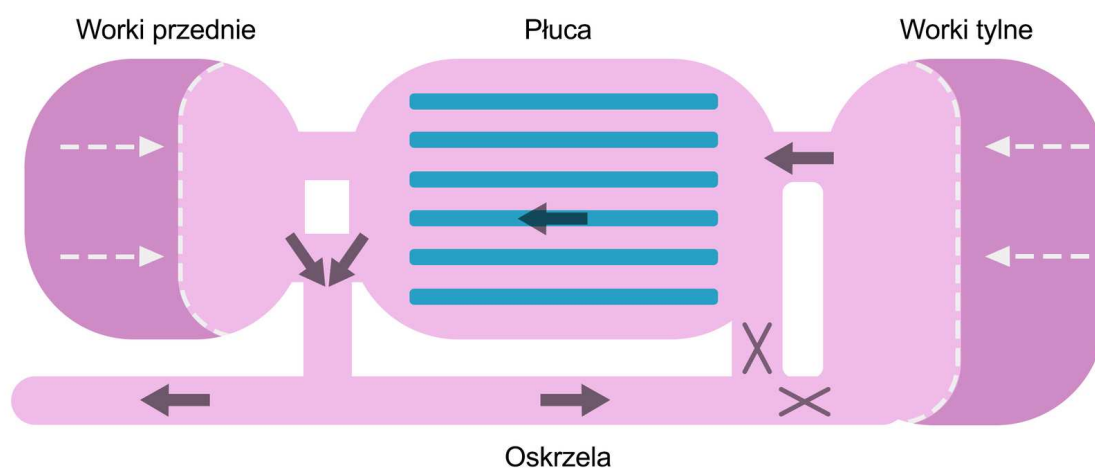
☐ Mięśnie tłoczni brzusznej

☐ Mięśnie międzyżebrowe wewnętrzne

☐ Mięśnie międzyżebrowe zewnętrzne

☐ Mięsień piersiowy większy

☐ Przepona



Na schemacie przedstawiono jeden z etapów oddychania u ptaków.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Przeanalizuj schemat i określ, co przedstawia: wdech czy wydech? Odpowiedź uzasadnij.



„W 2011 r. zespół Cassondry Williams z University of California w San Diego ogłosił wyniki badań pingwinów cesarskich, z których wynikało, że ptaki te podczas nurkowania korzystają z tlenu na dwa sposoby. W pierwszym całkowicie odcinają dopływ krwi do mięśni. Muszą wtedy polegać wyłącznie na zasobach tlenu zmagazynowanych w mioglobinie. Kiedy te się skończą, mięśnie przechodzą na oddychanie beztlenowe (tak jak u ludzi podczas długotrwałego wysiłku). Produktem ubocznym tego procesu jest kwas mlekowy, w dużych ilościach toksyczny. Po nurkowaniu, które spowodowało silne „zakwaszenie” mięśni, pingwiny muszą długo odpoczywać. Dlatego w sytuacji, gdy potrzebują wiele razy szybko zanurzyć się w wodzie, np. podczas pogoni za ławicą ryb, korzystają z drugiego sposobu gospodarowania tlenem. Ich układ krążenia od razu przekierowuje krew do mięśni, tak by dostarczyła im jak najwięcej tlenu. Taki tlenowy zastrzyk tuż przed nurkowaniem zapobiega „zakwasom”, ale też zmusza do szybszego wynurzenia się spod wody, bo życiodajnego gazu zaczyna brakować innym narządom”.

Źródło: W. Mikołuszko, *Zwierzęta morskie: ekstremalni nurkowie*, [w:] „Focus”, 2014, nr 5. Dostępny także w internecie na portalu: www.focus.pl

Odnosząc się do powyższego tekstu, oceń prawdziwość następującego zdania: „Mechanizm podwójnego oddychania w znaczący sposób ułatwia morskim ptakom polowanie pod wodą”.

Odpowiedź uzasadnij.

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: Biologia

Temat: Podwójne oddychanie

Grupa docelowa: uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie rozszerzonym

Podstawa programowa:

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

X. Różnorodność zwierząt. Uczeń:

4) wymienia cechy pozwalające na rozróżnienie bezczaszkowców i kręgowców, a w ich obrębie kręgloustych, ryb, płazów, gadów, ssaków i ptaków; na podstawie tych cech identyfikuje organizm jako przedstawiciela jednej z tych grup.

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii.

Cele operacyjne (językiem ucznia):

- Przedstawisz budowę układu oddechowego ptaków.
- Poznasz drogę przepływu powietrza przez płuca w czasie wdechu i wydechu.
- Wyjaśnisz mechanizm i znaczenie podwójnego oddychania.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- analiza grafiki interaktywnej;
- gwiazda pytań;

- analiza tekstu źródłowego.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca w parach;
- praca w grupach;
- praca całego zespołu klasowego.

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda;
- telefony z dostępem do internetu;
- arkusze papieru A3 z ilustracją gwiazdy.

Przed lekcją:

1. **Przygotowanie do zajęć.** Nauczyciel loguje się na platformie i udostępnia uczniom e-materiał „Podwójne oddychanie”. Prosi uczestników zajęć o rozwiązanie ćwiczenia nr 1 (w którym mają za zadanie określić, który rysunek przedstawia wdech u ptaka, a który wydech) z sekcji „Sprawdź się” na podstawie treści w sekcji „Przeczytaj”.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla i odczytuje temat lekcji oraz zawarte w sekcji „Wprowadzenie” cele zajęć. Prosi uczniów lub wybraną osobę o sformułowanie kryteriów sukcesu.
2. **Wprowadzenie do tematu.** Nauczyciel rozpoczyna pogadankę, zadając pytanie:
 - Jakie jest znaczenie podwójnego oddychania u ptaków?

Faza realizacyjna:

1. **Gwiazda pytań.** Nauczyciel dzieli klasę na trzy grupy. Każdy zespół otrzymuje arkusz papieru A3 z ilustracją gwiazdy. Zadaniem uczniów jest umieszczenie na ramionach gwiazdy pięciu pytań dotyczących tematu lekcji. Każdy zespół po napisaniu pytań przekazuje gwiazdę innej grupie, zgodnie z kierunkiem wskazówek zegara. Teraz zadaniem uczniów jest udzielenie odpowiedzi na zadane pytania na podstawie wiadomości znajdujących się w e-materiale. Uczniowie swoje odpowiedzi zapisują na otrzymanym arkuszu papieru A3. Po upływie wyznaczonego czasu grupy prezentują swoje gwiazdy. Nauczyciel w razie potrzeby uzupełnia informacje, wyjaśnia wątpliwości.

2. **Praca z multimedium („Grafika interaktywna”).** Nauczyciel wyświetla grafikę interaktywną i wspólnie z uczniami dokonuje jej analizy. Prosi podopiecznych, by pracując w parach, wyjaśnili, w jaki sposób są wentylowane płuca ptaków (polecenie nr 1), a następnie opisali, jak przebiega podwójne oddychanie u ptaków, i wykazali, że ma to związek ze zdolnością do latania (polecenie nr 2). Uczniowie konsultują rozwiązania z inną, najbliższą siedzącą parą. Wybrane zespoły prezentują swoje odpowiedzi na forum klasy, a pozostali uczniowie wraz z nauczycielem weryfikują ich poprawność.
3. **Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Nauczyciel przechodzi do sekcji „Sprawdź się”. Uczniowie wykonują indywidualnie ćwiczenie interaktywne nr 7 (w którym mają za zadanie określić, czy na schemacie przedstawiono wdech, czy wydech oraz uzasadnić odpowiedź), a następnie porównują swoje odpowiedzi z kolegą lub koleżanką.
4. Uczniowie wykonują w parach ćwiczenie nr 8 (w którym mają za zadanie określić, w odniesieniu do tekstu źródłowego, czy podane zdanie jest prawdziwe: „Mechanizm podwójnego oddychania w znaczący sposób ułatwia morskim ptakom polowanie na pożywienie pod wodą”), wyświetlone przez nauczyciela na tablicy. Podczas wspólnych dyskusji rozwiązują zadanie, następnie łączą się z inną parą i kontynuują swoją dyskusję, uzasadniając swój wybór.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie indywidualnie rozwiązują krzyżówkę (ćwiczenie nr 3).
2. Nauczyciel wyświetla na tablicy temat lekcji i cele zawarte w sekcji „Wprowadzenie”. W tym kontekście dokonuje podsumowania najważniejszych informacji przedstawionych na lekcji oraz wyjaśnia wątpliwości uczniów.

Praca domowa:

1. Wykonaj ćwiczenia od 4 do 6 z sekcji „Sprawdź się”.

Materiały pomocnicze:

- Jane B. Reece i in., „Biologia Campbella”, tłum. K. Stobrawa i in., Dom Wydawniczy REBIS, Poznań 2021.
- „Encyklopedia szkolna. Biologia”, red. Marta Stęplewska, Robert Mitoraj, Wydawnictwo Zielona Sowa, Kraków 2006.

Dodatkowe wskazówki metodyczne:

- Nauczyciel może wykorzystać medium zamieszczone w sekcji „Grafika interaktywna” do podsumowania lekcji.