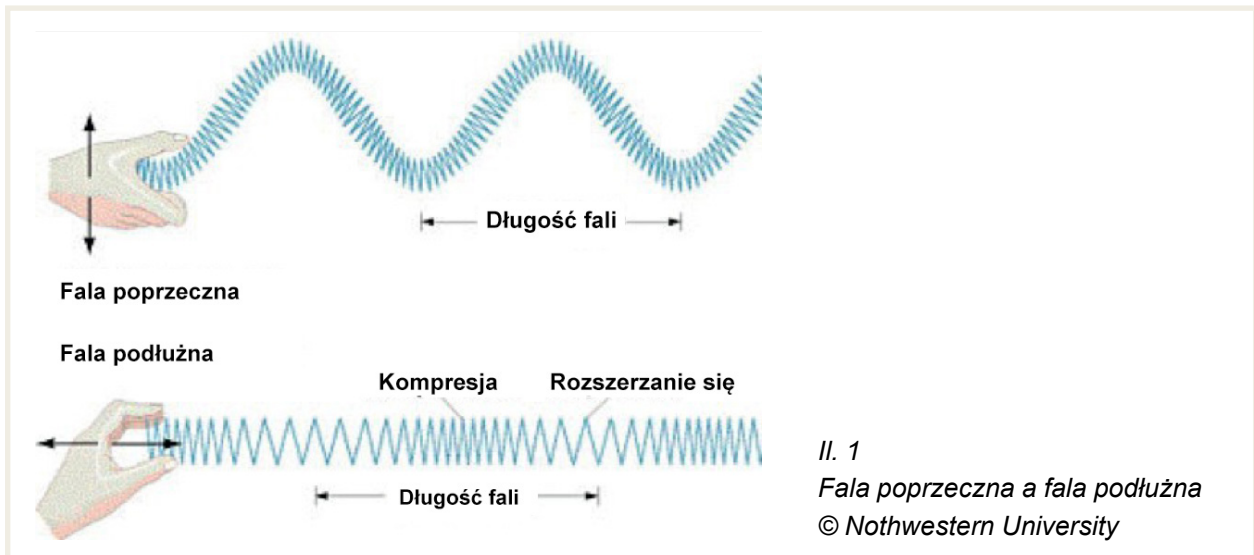


Akustyka to gałąź fizyki zajmująca się dźwiękiem i falami dźwiękowymi; bada procesy wytwarzania, rozchodzenia się, (propagacji) oddziaływania i odbioru dźwięku. Bioakustyka to interdyscyplinarna nauka stanowiąca połączenie biologii i akustyki, która zajmuje się naukowym badaniem, rejestrowaniem i analizą dźwięków wydawanych przez zwierzęta.

1. Czym jest dźwięk?



Dźwięk jest falą przemieszczającą się w wodzie lub w powietrzu, podobnie do fal oceanu, jakie można zaobserwować z plaży. Dźwięk potrzebuje ośrodka – może to być ciecz (np. woda), substancja stała (np. dno morza) lub gaz (np. powietrze). Bez niego istnieć nie może. W przestrzeni kosmicznej dźwięk się nie przemieszcza, ponieważ panuje tam próżnia – brak jakiegokolwiek medium, w którym mogłyby się rozchodzić. Fala dźwiękowa określana jest mianem fali poprzecznej lub podłużnej. Cząsteczki fali podłużnej poruszają się równolegle do kierunku przemieszczania się fali.

Z kolei w przypadku fali poprzecznej cząsteczki poruszają się w kierunku góra-dół, prostopadle do kierunku przemieszczania się fali. Falą poprzeczną jest na przykład "La Ola" wykonywana regularnie podczas kibicowania wydarzeniom sportowym.

2. Jak ssaki morskie słyszą/komunikują/postrzegają swoje otoczenie?

Fauna morska żyje i komunikuje się w środowisku wodnym, które na ogół jest ciemne i zmętnione (przykładowo Morze Północne). Z tego też powodu zmysł wzroku jest tu praktycznie nieprzydatny. Zwłaszcza walenie rozwinęły wyróżniające je strategie komunikacji i systemy orientacji, które pozwalają im na zlokalizowanie ofiary, a nawet na utrzymywanie komunikacji na duże odległości z innymi osobnikami.

Zębowce posługują się echolokacją. Przystosowały się w budowie anatomicznej do tej unikalnej formy komunikacji i orientacji. Są one w stanie wytwarzać fale dźwiękowe o bardzo wysokiej częstotliwości, zasysając powietrze narządem analogicznym do ludzkiej jamy nosowej, zwanym ustami fonicznymi. Wygenerowane w ten sposób kliknięcia są przez tzw. tłuszcz akustyczny przekazywane do przedniej części głowy zwanej melonem i emitowane w postaci wiązki dźwięku jako szereg kliknięć i gwizdów o wysokiej częstotliwości. Te fale dźwiękowe rozchodzą się w

wodzie do momentu natrafienia na jakiś obiekt – może nim być potencjalna ofiara lub podwodna przeszkoda. Obiekty te następnie odbijają fale dźwiękowe tak, że wracają one z powrotem do waleni. Powracające echo jest odbierane przez kości żuchwy zlokalizowane blisko ucha. Emitując ultradźwiękowe kliknięcia lub krótkie pulsacyjne dźwięki, walenie potrafią zatem wykrywać echo odbijane przez obiekty znajdujące się pod wodą. W zasadzie „widzą” otoczenie za pomocą fal dźwiękowych, które emitują, podobnie jak sonar na statku.

Duże walenie i foki nie korzystają wprawdzie z echolokacji, nadal posługują się jednak dźwiękiem i słuchem. Większe wieloryby komunikują się na duże odległości z innymi osobnikami, wysyłając dźwięki o niskiej częstotliwości zdolne pokonywać odległe dystanse pod wodą. Dźwięki te powstają w krtaniowych workach powietrznych. Poza dobrą zdolnością słyszenia pod wodą i w powietrzu, płetwonogie (foki i lwy morskie) mogą wykrywać/wyczuwać drgania wody dzięki wibrysom. Dźwięk, podobnie jak u innych ssaków i ludzi, powstaje u nich w krtani, a z innymi osobnikami komunikują się poprzez emisję fal dźwiękowych.

3. Co to jest zanieczyszczenie akustyczne?

W środowisku występuje wiele różnych dźwięków pochodzenia naturalnego, takich jak odgłosy burzy, wiatru, zwierząt, deszczu lub dźwięków pochodzenia antropogenicznego, których źródłem jest człowiek i jego działalność. Ssaki morskie bardzo dobrze zaadaptowały się do naturalnie występujących dźwięków: rozumieją ich znaczenie, nauczyły się je ignorować lub odpowiednio na nie reagować. Zanieczyszczenie akustyczne jest sumą wszystkich dodatkowych dźwięków, które mogą oddziaływać na ssaki morskie w ich środowisku i cechuje je zazwyczaj duży stopień uciążliwości. Na terenach zurbanizowanych i wysoko uprzemysłowionych źródłem zanieczyszczeń akustycznych może być wiele różnych dźwięków wytwarzanych np. przez łodzie rekreacyjne, statki komercyjne, farmy wiatrowe, szyby wiertnicze, podwodne wydobywanie surowców, konstrukcje itd. Istnieje wiele sposobów eksploatacji oceanów i wiele z nich pociąga za sobą obecność dźwięku w naturalnym środowisku. Suma tych nienaturalnych dźwięków określana jest mianem zanieczyszczeń akustycznych.

4. Dlaczego zanieczyszczenie akustyczne jest ważne/niebezpieczne dla ssaków morskich?

Ponieważ dźwięk to główne narzędzie służące do lokalizowania pokarmu, komunikowania się z innymi osobnikami i orientacji w przestrzeni (jak np. u zębówców), sprawny system słuchowy jest ssakom morskim niezbędny. Jeżeli wzajemną komunikację tych zwierząt zakłóca antropogeniczny hałas, mogą one nie usłyszeć sygnałów wysyłanych przez inne osobniki w okresie godowym lub sygnałów informujących o źródle pożywienia, a to nierzadko znacząco wpływa na szanse przetrwania pojedynczych osobników czy nawet całego gatunku. Skrajny hałas może również spowodować wyleganie na brzeg i w konsekwencji śmierć zdesperowanych waleni próbujących uciec od źródła podwodnego hałasu.

Hałas może także zaburzyć naturalne zachowanie tych zwierząt, wymusić na nich opuszczenie – tymczasowo lub na stałe – znanego im środowiska w poszukiwaniu cichszych siedlisk, prowadzić do poronień wskutek nagłego narażenia na skrajny stres i skutkować nieodwracalnymi zmianami na mapie ich występowania. Długotrwały lub pojawiający nagle bardzo głośny dźwięk może także upośledzać zdolność słyszenia pewnych częstotliwości, co zakłóca wychwytywanie kluczowych sygnałów (jakie towarzyszą np. zbliżaniu się do statku czy zawołaniom godowym). Stała ekspozycja

na zanieczyszczenie akustyczne może prowadzić do obniżenia odporności i zwiększyć podatność na choroby zakaźne i infekcje pasożytnicze. Wiele ssaków morskich słyszy i komunikuje się na częstotliwościach niedostępnych ludzkiemu uchu. Negatywny wpływ mogą mieć na nie także dźwięki niesłyszalne dla człowieka ani pod wodą ani w powietrzu. Zatem istotne jest, by przy ocenie wpływu zanieczyszczeń akustycznych na ssaki morskie używać rejestratorów szerokopasmowych częstotliwości do nasłuchiwania szerokiej gamy dźwięków, także tych niesłyszalnych przez ludzkie ucho, oraz adekwatnych systemów ich analizy.

5. Jak można poprawić obecną sytuację?

Należy monitorować i badać aktualne poziomy hałasu w oceanach oraz ich wpływ na ssaki morskie. Politycy i osoby decyzyjne muszą wziąć ten postulat pod uwagę przy ocenie nowych rozwiązań czy propozycji eksploatacji oceanów. Budowa nowych obiektów powinna być np. poprzedzona oceną ryzyka uwzględniającą profil hałasu. Ponadto należy wdrożyć rozwiązania minimalizujące jego poziom. Mogą to być systemy takie jak kurtyny bąbelkowe instalowane podczas prac budowlanych lub projektowanie cichszych turbin silników statków (dalsze wyjaśnienia można znaleźć w prezentacji Power Point przedstawiającej eksperyment z użyciem kurtyny bąbelkowej; po obejrzeniu prezentacji można przeprowadzić podobny eksperyment z uczniami).

Kupowanie lokalnych produktów zamiast towarów przewożonych statkami na duże odległości to kolejny sposób na redukcję transportu morskiego. Modyfikując nasze zachowania i nawyki zakupowe, możemy poprawić sytuację ssaków morskich, a także środowisko morskie w ogóle.

6. Jak można wykorzystać badania akustyczne, by chronić ssaki morskie i lepiej je poznać?

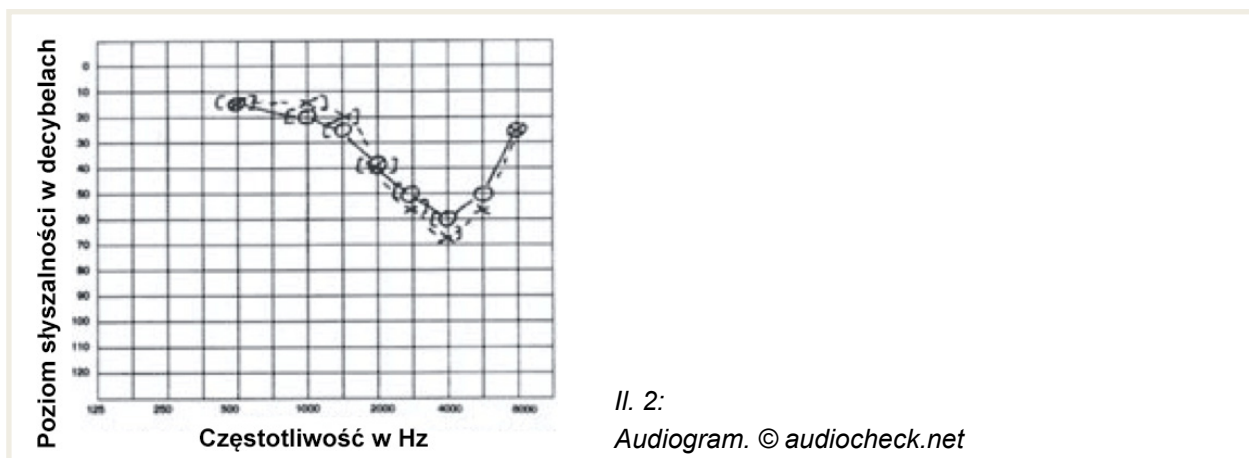
Nadal niewiele wiadomo na temat tego, w jaki sposób ssaki morskie komunikują się między sobą i orientują się w przestrzeni podwodnej za pomocą dźwięku. By zgłębić te mechanizmy, badacze pracują z trenowanymi zwierzętami z zasłoniętymi oczami; próbują upewnić się, że podczas eksperymentu korzystają one wyłącznie z sygnałów dźwiękowych. W ten sposób można dowieść na przykład, że zębowce są w stanie odnaleźć właściwą drogę w labiryncie czy namierzyć ofiarę. Mogą także badać zdolności słuchowe trenowanych zwierząt. Zdolności słuchowe wyrzuconych na brzeg osobników mierzy się za pomocą słuchowych potencjałów wywołanych – jest to jeden z parametrów badanych przed wypuszczeniem zwierzęcia. Zanim zwierzę zostanie puszczone wolno, należy upewnić się, że jest w stanie usłyszeć dźwięki o charakterystycznych dla swojego gatunku częstotliwościach.

Innym sposobem jest statyczny monitoring akustyczny. Wzdłuż kluczowych siedlisk lub tras transportowych kotwicz się rejestratory danych akustycznych, które zapisują odgłosy obserwowanych gatunków. W ten sposób naukowcy mogą lepiej zrozumieć rozkład populacji i sposób, w jaki poszczególne osobniki wykorzystują swoje środowisko bez konieczności stałej, fizycznej obecności przy obserwacji z łodzi i bez potrzeby niepokojenia zwierząt. Aby uniknąć możliwej kolizji łodzi z waleniami, pasywne sensory akustyczne transmitują dźwięki fok i walenii w czasie rzeczywistym przez łącza radiowe lub satelitarne do jednostki odbiorczej, która następnie informuje załogę łodzi i badaczy, że na danym obszarze występują walenie i że z chwilą otrzymania alertu należy zachować szczególną ostrożność: <http://www.listenforwhales.org/page.aspx?pid=434>.

Ćwiczenia dydaktyczne

1. Frequencer:

Gra Frequencer to płyta CD (pliki do pobrania na www.marine-mammals.com) z dźwiękami o różnej częstotliwości i natężeniu do głośnego odtwarzania. Dodatkowo uczniowie otrzymują do wypełnienia arkusz audiogramu. Jest on bardzo prosty i wygląda podobnie jak na przykładzie po prawej. Rozdaj egzemplarze audiogramu zanim odtworzysz dźwięki (dźwięki są wymienione w odpowiedniej kolejności). Zadaniem uczniów jest zaznaczyć słyszany dźwięk lub pozostawić puste pole, jeśli danego dźwięku nie usłyszeli. W rezultacie otrzymują swój osobisty „profil słyszenia”, osobisty audiogram!



2. Ludzka echolokacja:

Do przeprowadzenia tego eksperymentu potrzeba kilkunastu arkuszy np. z cienkiej sklejki, plastiku lub tektury (format A0 lub zbliżony); można użyć starych kartonów lub innych materiałów dostępnych w szkole. Przed przystąpieniem do eksperymentu uczniowie powinni wyemitować szereg kliknięć próbnych, używając własnej dłoni jako bariery, by sprawdzić, czy robią to skutecznie. Osiągnięcie zakładanej wydajności może zająć im nieco czasu, ale jest to zabawne ćwiczenie w grupach. Podczas eksperymentu dla uzyskania jak najlepszych wyników konieczne jest zachowanie ciszy. Uczniowie powinni stanąć w kręgu, z uniesionych arkuszy tworząc szczelną kolistą „ścianę”. W środku powinna znaleźć się jedna osoba z zawiązanymi oczami, której zadaniem będzie poruszać się wolno naprzód, emitując szereg kliknięć i gwizdów. Pozostali uczniowie trzymają w górze skierowane w jej stronę kartonowe arkusze. W miarę zbliżania się do ściany, uczeń zauważa zmianę dźwięku spowodowaną bliskością przeszkody, co zmusza go do zmiany kierunku. W zależności od poziomu zaciekawienia uczniów i dostępnego czasu, eksperyment można powtarzać, zmieniając osoby wewnątrz kręgu.

3. Kierunek dźwięku:

Do tego eksperymentu potrzebna jest szara tuba zakończona pomarańczowym lejkiem. Pierwszy uczeń trzyma ją za jeden koniec przy lewym uchu, oplata za plecami i za drugi koniec trzyma przy uchu prawym. Drugi uczeń delikatnie uderza w tubę za jego plecami w różnych miejscach i po każdej stronie tak, by jego kolega mógł wskazać, w której części tuba została uderzona. Im bliżej środka znajduje się źródło dźwięku, tym trudniej będzie uczniowi ocenić jego kierunek.

4. Nazwij dźwięk:

Do wykonania tego ćwiczenia potrzebna będzie prezentacja PPT z różnymi dźwiękami pochodzenia naturalnego i antropogenicznego. Uczniowie mają do wyboru 4 możliwe odpowiedzi (a,b,c,d) i muszą odgadnąć, jaki usłyszeli dźwięk. Ćwiczenie można wykonywać samodzielnie lub w niewielkich grupach, gdzie zadaniem uczestników jest wspólne uzgodnienie poprawnej odpowiedzi, co stymuluje dyskusję i rozwija zdolność argumentacji.

5. Eksperyment z kurtyną bąbelkową (szczegóły w osobnym opisie)

Wszystkie materiały niezbędne do przeprowadzenia eksperymentu znajdują się w skrzyni transportowej. Potrzebne będzie również akwarium, pojemnik lub wypełnione wodą wiadro. Połącz tubę do bąbelków z tubą dostępną w zestawie do pompy akwarium i ułóż ciasno w dwa zwoje. Zwiniętą tubę z ciężarkami umieść wewnątrz pojemnika z wodą, tak, by opadła na dno. Do zestawu dołączony jest alarm odstraszający, który emituje ostrzegawczy dźwięk; uruchamia się go, pociągając za sznurek, a wyłącza wsuwając z powrotem do środka niewielką zawleczkę. Urządzenie należy zanurzyć w wodzie. UWAGA: upewnij się, że alarm wisi w kolumnie wody, a nie leży na dnie zbiornika. W tym drugim przypadku ściany akwarium/wiadra zadziałają jak nadajniki dźwięku i eksperyment się nie uda, ponieważ dźwięk alarmu rozproszy się równomiernie wzdłuż wszystkich ścian zbiornika. Po wysłuchaniu dźwięku zanurzonego urządzenia, w fazie eksperymentu z użyciem kurtyny bąbelkowej uczniowie powinni zachować ciszę. Aby uruchomić kurtynę, włącz pompę akwarium. Odczuwalny będzie spadek poziomu głośności. Nie pozwól, by eksperyment trwał zbyt długo, ponieważ ucho ludzkie przyzwyczaja się do głośności dźwięku i dźwięk alarmowy słyszany ponownie po jakimś czasie wydaje nam się głośniejszy.

6. Zbuduj własny hydrofon

W skrzyni transportowej znajdziesz materiał niezbędny do skonstruowania hydrofonu i nasłuchiwanie za jego pomocą podwodnych dźwięków (szczegóły w osobnym opisie).

7. Test luk

Wypełnij luki wyrazami i liczbami podanymi poniżej (dokonaj niezbędnych zmian gramatycznych). Każdego określenia możesz użyć tylko raz.

Słowa i wartości do wykorzystania:

340,1500, amplituda, antropogeniczny, błony bębenkowe, ciśnienie, cykl, częstotliwość (3x), czynnik, długość fali, dźwięk, echolokacja, eksploracja, fala, gatunek, gęstość, głośny, głośność, hydrofon, identyfikować, komunikować się, konstrukcja, maskowanie, mikrofony, minimalizujący, natężenie, obniżyć się, odległość, podwodny, pożywienie, słyszeć, słyszenie, technologia, temperatura, tymczasowy, uraz, wibrujący, wyczuć, wyższy (2x), wzrost, zachowanie, zakres słuchowy, zasolenie, zębowiec, zniszczenie, źródło.

Dźwięki, które słyszymy, to w rzeczywistości _____ rozchodzące się w powietrzu lub w wodzie, które odbieramy za pomocą _____. Dźwięki może wydawać _____ obiekt. Dźwięk określa się, podając _____, _____ i _____

_____ to różnica w ciśnieniu w miarę przemieszczania się fali dźwięku. Zwiększenie amplitudy dźwięku czyni go głośniejszym, podobnie jak zwiększenie _____ radio. Wraz ze _____ amplitudy fali dźwiękowej, wzrasta natężenie dźwięku. Dźwięki o _____ natężeniu odbieramy jako głośniejsze. _____ to wielkość fizyczna opisująca liczbę cykli, jaką fala dźwiękowa wykonuje w ciągu 1 sekundy. Składają się na nią wysokie i niskie tony; gdy zwiększasz częstotliwość dźwięku, otrzymujesz dźwięk o _____ tonie, gdy _____ częstotliwość, uzyskujesz dźwięk o niższym tonie.

Długość fali odpowiada długości jednego _____, liczonego od jednego najwyższego położenia fali do drugiego. Dźwięk rozchodzi się w powietrzu z prędkością ok. _____ m/sek., podczas gdy w wodzie morskiej rozchodzi się z prędkością _____ m/sek. Prędkość dźwięku zależy od _____, _____, _____ materii, w której się on przemieszcza, a w oceanie dodatkowo od _____.

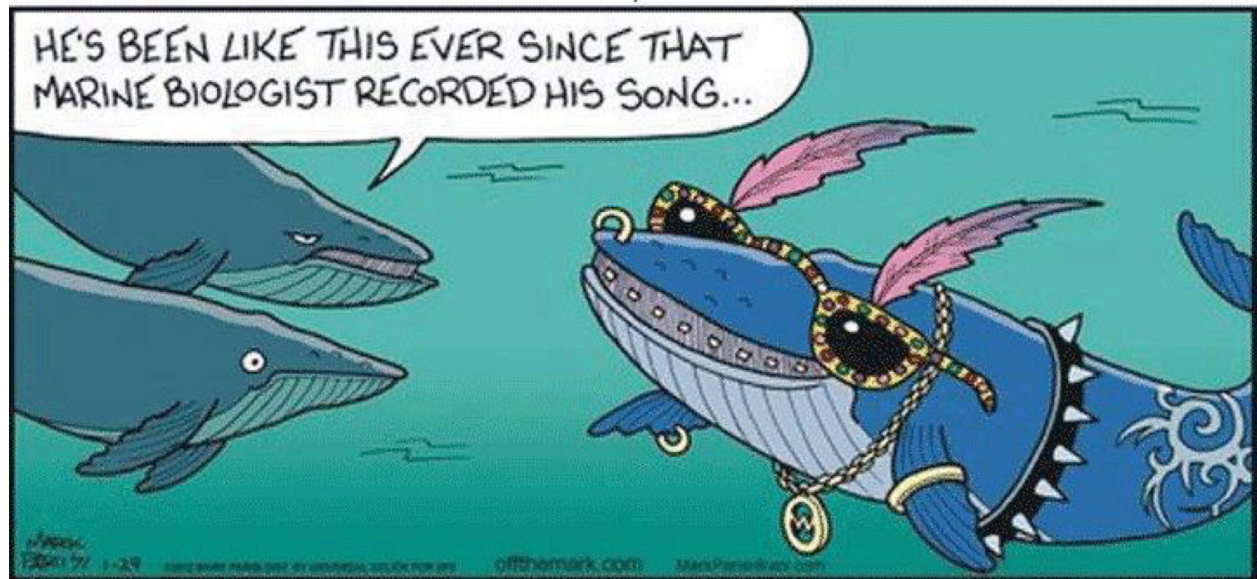
Przyrządy służące do nagrywania dźwięku to _____ w powietrzu, a _____ pod wodą. _____ jest ważny, by zwierzęta mogły _____ zdarzenia dookoła nich na duże _____ we wszystkich kierunkach. Ssaki morskie polegają na dźwięku, by _____ otoczenie, komunikować się, lokalizować _____ i chronić siebie.

_____ wykorzystują _____ by _____ obiekty takie jak potencjalne ofiary, przeszkody czy inne wieloryby. Jest wiele _____, które wpływają na to, czy i jak wiele _____ dźwięku oddziałuje na ssaki morskie. Od _____ źródła dźwięku, tego, jakie _____ go emitują, na jakim obszarze występuje oraz jaki _____ występuje na danym obszarze – wszystkie te czynniki należy wziąć pod uwagę. Jeśli są to _____ odgłosy zwierząt _____, powyższe czynniki mogą na nie wpływać. Mogą uniemożliwić zwierzętom _____ ważnych dźwięków, co nazywa się _____, lub zmusić zwierzęta do zmiany _____. Jeśli dźwięk jest bardzo głośny, może spowodować fizyczne _____ u zwierząt. Ekspozycja na hałas może wywołać _____ lub stałe _____ słuchu.

Aktywność generująca dźwięk to m.in. transport, _____, działania obronne, _____ geofizyczne oraz badania oceanograficzne. Celem technik _____ i alternatywnych _____ jest ograniczenie wpływu _____ (wynikłych z aktywności ludzkiej) dźwięków na ssaki morskie.

off the mark.com

by Mark Parisi



Informacje dla nauczycieli i edukatorów:

Niniejszy moduł wyjaśnia złożoność świata akustyki i ma na celu wzbudzić zainteresowanie młodzieży zagadnieniami z jej obszaru.

Informacje ogólne zawiera prezentacja PPT, którą warto przekazać uczniom jako materiał dodatkowy. Informacje bardziej szczegółowe można znaleźć pod adresem: <http://www.dosits.org> oraz <http://www.acs.psu.edu/drussell/demos.html> (w języku angielskim).

Moduł obejmuje również kilka praktycznych eksperymentów do wykonania samodzielnie lub w grupach.

Każdą część można zrealizować w trakcie 45 minutowych zajęć, przedłużyć lub skrócić w zależności od potrzeb. Można je również dowolnie łączyć lub pomijać. Nie ma potrzeby wykorzystania całości materiału w jednym cyklu kształcenia. Jeżeli uczniowie wykażą szczególne zainteresowanie jakimś tematem, nauczyciel może go pogłębić, rezygnując ze szczegółowego omówienia pozostałych zagadnień lub całkowicie je pomijając. Powodzenie i optymalne przeprowadzenie eksperymentów zależą w dużej mierze od zdolności uczniów do skupienia uwagi. Jeśli są niespokojni, pobudliwi można na eksperymenty przeznaczyć więcej czasu.

Moduł składa się z:

- **Ogólnych informacji na temat akustyki (prezentacja PPT)**
- **Pytań dla uczniów**
 - Co oznacza termin „akustyka”?
 - W jaki sposób ssaki morskie słyszą/komunikują się ze sobą/ postrzegają otoczenie?
 - Dlaczego hałas/zanieczyszczenie akustyczne jest ważne/niebezpieczne dla ssaków morskich?
 - Co to jest zanieczyszczenie hałasem?
 - Jak można obniżyć poziom natężenia podwodnego hałasu?
 - Jak można wykorzystać wiedzę o akustyce do ochrony ssaków morskich i lepszego ich poznania?
- **Gry/eksperymenty wspierające proces dydaktyczny**
 - Frequencer (Audio CD /pliki dźwiękowe do pobrania pozwalające stworzyć własny audio gram – profil słuchania)
 - Ludzka zdolność echolokacji (Uczeń porusza się z zasłoniętymi oczami w uszczelnionym okręgu, emitując szereg gwizdów i kliknięć. Ściany odbijają dźwięk, co ostrzega ucznia przed przeszkodą i wymusza zmianę kierunku ruchu.)
 - Kierunek dźwięku (Uczeń zatyka uszy dwoma końcami tuby. Na podstawie uderzeń po obu jej stronach rozpoznaje kierunek dźwięku)
 - Nazwij dźwięk (Prezentacja zawierająca różne dźwięki pochodzenia naturalnego i antropogenicznego. Zadaniem ucznia jest ich rozpoznanie i porównanie)
 - Hydrofon (Uczniowie mogą zbudować własny hydrofon, umieścić go w zbiorniku wodnym i przekonać się, ile są w stanie usłyszeć pod wodą)
 - Eksperyment z kurtyną bąbelkową (Kurtynę buduje się wokół źródła hałasu, by w praktyce przedstawić działanie urządzenia łagodzącego hałas)
 - Test luk (Okazja do powtórzenia i utrwalenia przyswojonych informacji)
 - Porównanie słyszenia i spektrum komunikacji morświnów i orek

Ogólne informacje o akustyce

Aby ugruntować i rozszerzyć posiadaną wiedzę, wykorzystaj załączoną prezentację PowerPoint. Całą prezentację lub jej część możesz przekazać również uczniom.

Pytania do uczniów

Zainicjuj temat sesją pytań i odpowiedzi, aby skłonić uczniów do rozważenia zagadnień dotyczących ssaków morskich i dźwięku. Czy posiadają już jakąś wiedzę na temat akustyki?

- Co oznacza termin „akustyka”?
- Czym jest dźwięk?
- W jaki sposób ssaki morskie słyszą/komunikują się/ postrzegają otoczenie?
- Dlaczego hałas/zanieczyszczenie akustyczne jest ważne/niebezpieczne dla ssaków morskich?
- Co to jest zanieczyszczenie hałasem?
- Jak można obniżyć podwodnego hałasu?
- Jak można wykorzystać wiedzę o akustyce do ochrony ssaków morskich i lepszego ich poznania?

Po wysłuchaniu wypowiedzi uczniów, wyjaśnij, jaka jest prawidłowa odpowiedź na poszczególne pytania. Uczyni to, bazując na wypowiedziach uczniów oraz szczegółowych informacjach zawartych w prezentacji PowerPoint, dostosowując złożoność przekazu do wieku uczniów.

Odpowiedzi do tekstu luk

Fala, błony bębenkowe, wibrujący, natężenie, częstotliwość, długość fali, amplituda, głośność, wzrost, wyższy, częstotliwość, wyższy, 340, 1500, temperatura, ciśnienie, gęstość, zasolenie, mikrofon, hydrofon, dźwięk, komunikować się, odległość, wyczuć, pożywienie, zębowce, echo-lokacja, identyfikować, czynnik, źródło, częstotliwość, gatunek, zakres słuchu, maskowanie, zachowanie, uraz, tymczasowy, zniszczenie, konstrukcja, eksploracja, minimalizujący, technologia, antropogeniczny.

Dodatkowe informacje:

W sieci dostępne są aplikacje do analizy akustycznej, np. „Analyze” (<https://itunes.apple.com/us/app/analyzer/id454225351?mt=8>), Jeżeli szkoła zezwala na używanie tabletów lub iPadów, można pobrać taką aplikację, by ocenić różne środowiska pracy i źródła dźwięków.