




Mechanizm falowania wód morskich. Kryteria podziału i typy falowania mórz i oceanów

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Animacja 3D](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Mechanizm falowania wód morskich. Kryteria podziału i typy falowania mórz i oceanów

Źródło: CC0 Public Domain, dostępny w internecie: <https://pxhere.com/en/photo/43380>.

Wody Wszechoceanu otaczające kontynenty Ziemi pozostają w nieustannym ruchu, o czym dowodzi wiele dynamicznych zjawisk w nim zachodzących. Dobrym przykładem takich procesów jest falowanie.

Z niniejszej lekcji dowiesz się, czym jest falowanie i jakie jest znaczenie falowania dla środowiska przyrodniczego oraz dla gospodarki człowieka.

Twoje cele

- Poznasz rodzaje fal i mechanizmy powodujące ich powstawanie.
- Nauczysz się mierzyć fale.
- Zrozumiesz znaczenie falowania dla środowiska przyrodniczego i gospodarki człowieka.

Przeczytaj

Wody oceaniczne pozostają w nieustannym ruchu, co prowadzi do ich cyrkulacji, która jest spowodowana różnicą gęstości wody morskiej. Napędzana jest siłą wiatru. Dowodem na istnienie dynamiki morskiej jest występowanie fal, pływów czy sejsz.

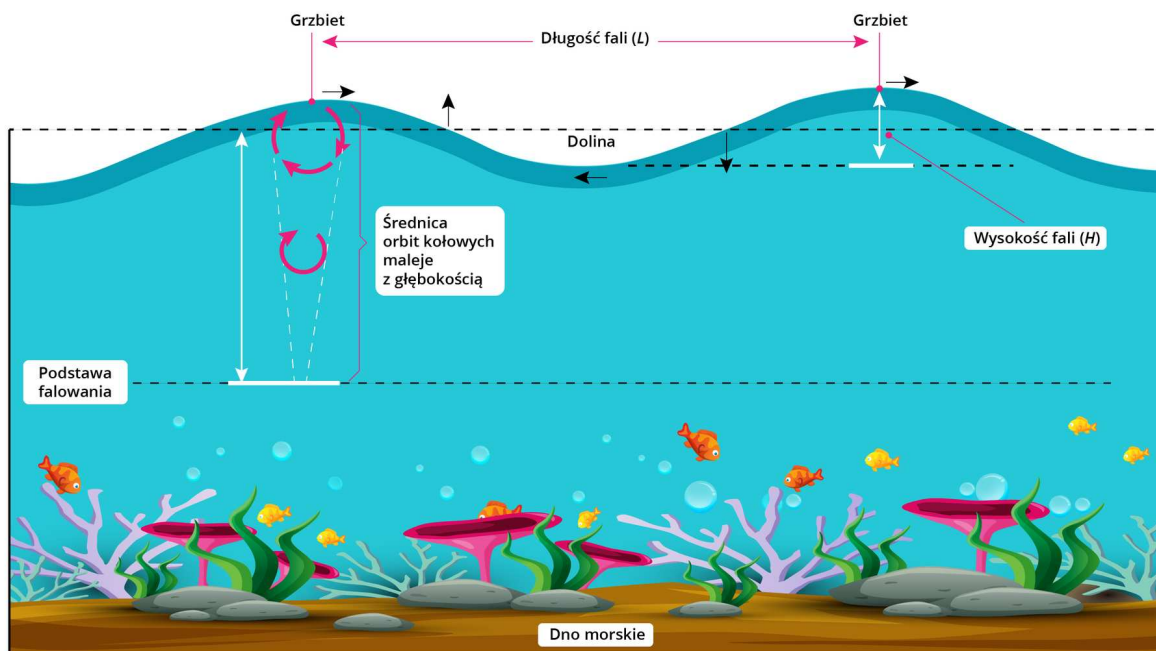
Przyczyny powstawania fal

- wiatrowe (tarcie wiatru o powierzchnię wody),
- baryczne (zmiana ciśnienia atmosferycznego powoduje powstawanie fal długich i zmianę poziomu wody),
- pływowe (skutek przyciągania księżyca i słońca, specyficzny rodzaj falowania – zostanie omówiony w osobnej lekcji),
- sejsmiczne (wywołane trzęsieniami ziemi),
- okrętowe (wywołane ruchem ciał stałych).

Jak scharakteryzować falę?

Fala najczęściej jest wynikiem działania wiatru, który wprawia cząsteczki wody w ruch. Od siły wiatru zależy wielkość fali, którą można opisać za pomocą poniższych parametrów (Migoń, 2012):

- **wysokość fali (H)** to pionowa odległość pomiędzy grzbietem a doliną fali [m],
- **długość fali (L)** to pozioma odległość pomiędzy grzbietami [m],
- **okres (T)** to czas, jaki mija przy przejściu jednej długości fali [s],
- **prędkość rozprzestrzeniania fali (c)** jest to odległość, jaką przebywa dany punkt fali w określonej jednostce czasu, obliczana jest ze wzoru $c = L/T$, [m/s],
- **stromość fali (K)**, czyli stosunek wysokości fali do połowy długości $K = 2H/L$.

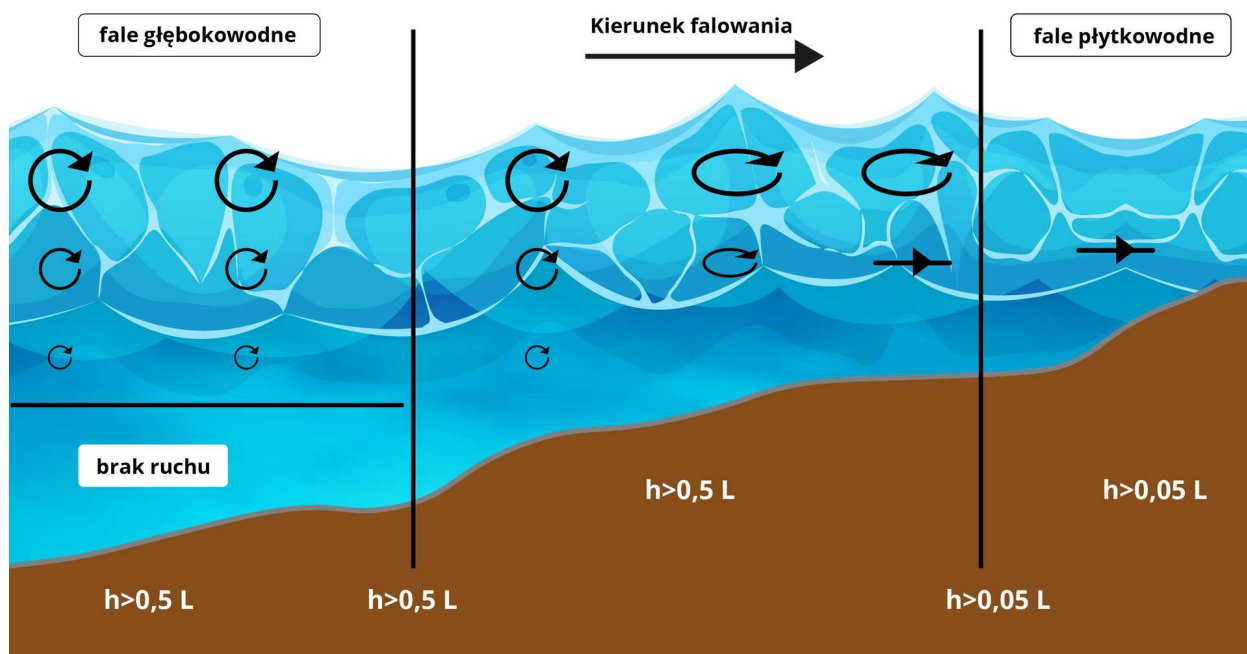


Elementy budowy fali morskiej

Opracowano na podstawie: E. Bajkiewicz, *Hydrologia ogólna*.

Źródło: Eduexpert Sp. z o.o., domena publiczna.

Ruch cząsteczek wody w morzu jest zróżnicowany. W głębokich zbiornikach, gdzie głębokość akwenu (h) przekracza 0,5 długości fali, cząstki wody poruszają się po orbitach kołowych z prędkością wprost proporcjonalną do długości fali. Ich ruch jest przekazywany cząstkom poniżej tylko w pewnym stopniu, by w końcu zaniknąć na głębokości równej połowie długości fali. Fale głębokowodne stanowią fale krótkie. W przypadku zbiorników płytkich przemieszczanie cząstek wody ma kształt elipsy (prędkość jest wprost proporcjonalna do głębokości wody), jednak przy dnie, które jest płytko, występuje tylko ruch horyzontalny. W takim przypadku mówimy o falach długich.



Schemat obrazujący deformację fali przy zbliżaniu się do strefy przybrzeżnej

Źródło: English square sp. z o. o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Fale, zbliżając się do brzegu, zmieniają kształt. W wyniku tarcia o dno maleje ich prędkość i długość, a zwiększa się wysokość. Gdy głębokość wody wynosi $3/4$ wysokości fali, a kąt szczytowy fali to 120° , dochodzi do załamania i powstania fali przybojowej. Jeśli głębokość wody zmaleje do $1/20$ długości fali oraz stosunek głębokości wody do długości fali będzie wynosić $1,1-1,5$, rozpocznie się poziome przemieszczanie wody, prędkości na szczytach fal będą większe i cząstki wody zaczną się z nich urywać, przekształcając całą falę w grzywacz. Miejsca, gdzie powstają grzywacze, nazywane są strefą kipieli.

Klasyfikacja i typy falowania

Fale poddaje się najczęściej klasyfikacji ze względu na ich okres oraz długość. Z tego względu można wyróżnić:

- zmarszczki,
- fale wiatrowe,
- martwe fale,
- martwe fale długie,
- fale długookresowe,
- pływy.

Okres	Długość fali	Nazwa fali
0-0,2 s	centymetry	zmarszczki
0,2-9 s	do ok. 130 cm	fale wiatrowe
9-15 s	setki metrów	martwa fala
15-30 s	wiele setek metrów	długa martwa fala lub zwiastun tsunami
0,5 min-godziny	do tysięcy kilometrów	fale długookresowe, np. tsunami
12,5 lub 25 godz.	tysiące kilometrów	plywy

Klasyfikacja fal na podstawie okresu

Źródło: Allen P. A., *Procesy kształtujące powierzchnię Ziemi*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000.

Typy fal w zależności od genezy:

- **sejsmiczne** - wywołane przez trzęsienia ziemi,
- **plywowe** - wywołane oddziaływaniem księżyca,
- **baryczne** - wywołane różnicami ciśnienia atmosferycznego,
- **okrętowe** - wywołane przez transport morski.

Główne przyczyny i mechanizmy powstawania fal morskich

Wiatr

Odpowiedzialny jest za powstawanie fal wiatrowych. Gdy wieje z małą prędkością, na powierzchni morza pojawiają się niewielkie zmarszczki zwane falami kapilarnymi. Mają one zaokrąglone grzbiety i wąskie doliny. Drobne podwyższenie prędkości skutkujące wydłużeniem fali do 1,5 cm całkowicie ją zmienia. Grzbiety i doliny stają się podobne. Dalsze przyspieszanie poruszania się powietrza zwiększa stromość fal, aż do pojawienia się grzywaczy. Ma to miejsce przy 7 m/s prędkości wiatru. Kolejne wzrosty prędkości sprawiają, że fale poruszają się w tym samym tempie co wiatr, a ich wierzchołki stają się

spiczaste. W czasie trwania sztormów, kiedy ruch powietrza przekracza 20 m/s, powstają olbrzymie fale o wysokości od 7 do ponad 30 m. Warto zaznaczyć, że tworzenie się fal wiatrowych wymaga nie tylko dużego akwenu lub prędkości, ale także odpowiednio długiego czasu wiania wiatru, co jest istotne w „napędzaniu” falowania, które odpowiada za przypowierzchniowy ruch wody.

Układy baryczne

Przesuwające się nad oceanem duże układy baryczne (np. cyklony) powodują odkształcenie powierzchni wody. Przy niżach każdy spadek ciśnienia o 1 hPa powoduje lekkie podniesienie się oceanu (średnio o 1 cm). Powoduje to powstanie fal barycznych. Pomimo niewielkiej wysokości, szybko przesuwający się tajfun, zbliżając się do wybrzeża, może uformować falę, która osiągnie kilkanaście metrów.

Wyjątkowym rodzajem fal są sejsze, czyli fale stojące. Występują one w zatokach, zalewach oraz dużych jeziorach i morzach zamkniętych. Ich długość zbliżona jest do wymiarów akwenu, na którym powstają. Sprawia to, że gdy w jednym miejscu następuje podniesienie wody, w przeciwnym dochodzi do opadania, niczym w wahadle. W środku akwenu woda praktycznie się nie rusza – to miejsce nazywane jest węzłem sejszy. Przyczynami powstawania sejsz są: różnice w ciśnieniu atmosferycznym po przeciwnych stronach brzegowych zbiornika, szybkie przejścia frontów atmosferycznych, porywiste wiatry, pływy lub trzęsienia ziemi. Wysokość sejsz jest zmienna i wynosi od kilku centymetrów do jednego metra. Trwają one zazwyczaj do kilkunastu minut.



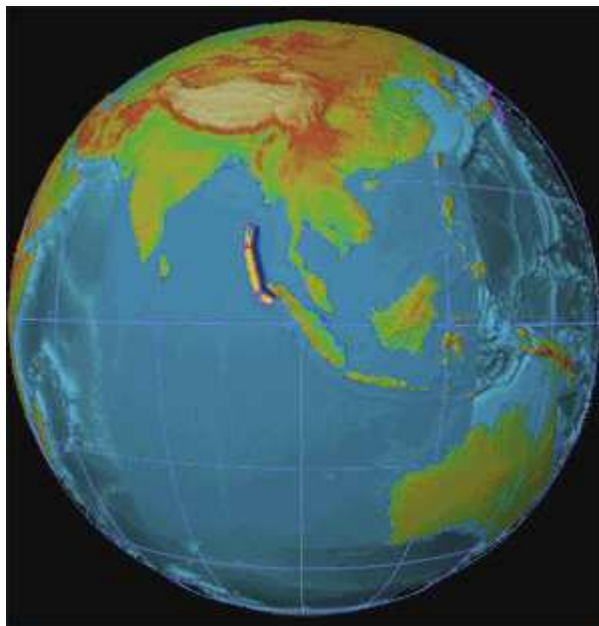
Sejsze - jezioro Loch Ness

Źródło: dostępny w internecie: wikipedia.org, licencja: CC BY-SA 3.0.

Trzęsienia ziemi i wybuchy podwodnych wulkanów

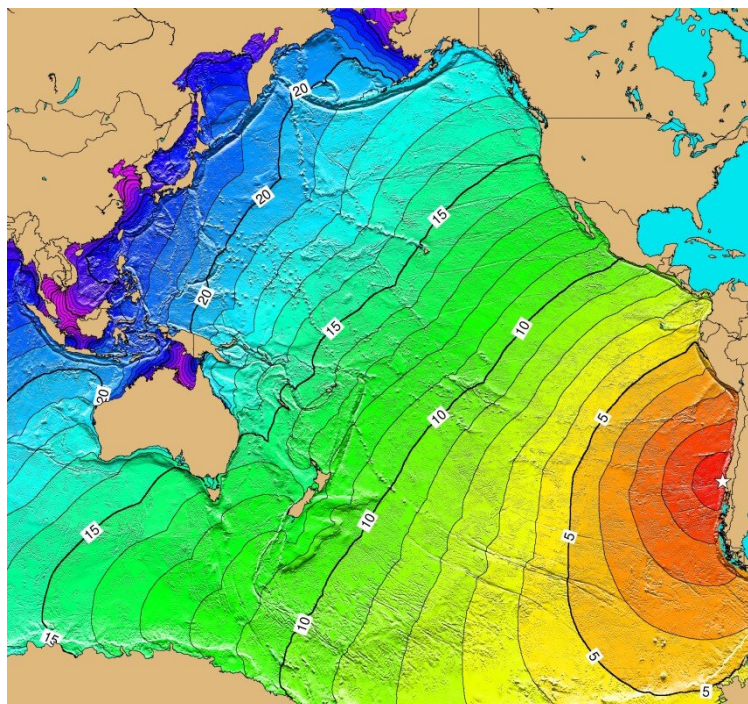
Tsunami jest falą wzbudzoną poprzez podmorskie trzęsienia ziemi, wybuchy podwodnych wulkanów, ale także osuwiska podwodne. Podczas przemieszczania się po oceanie bywa praktycznie niezauważalna dla dużych statków (wysokość fali to około 1 m). Przy brzegu

jednak szybko spiętrza się do około 30–40 m. Ponieważ rozchodzi się po oceanie promieniście, stanowi zagrożenie dla dużych obszarów.



Schemat rozchodzenia się fal tsunami

Źródło: dostępny w internecie: https://pl.wikipedia.org/wiki/Tsunami#/media/Plik:2004_Indonesia_Tsunami.gif, domena publiczna.



Prędkość rozchodzenia się tsunami po trzęsieniu ziemi w Chile w 1960

Źródło: dostępny w internecie: https://pl.wikipedia.org/wiki/Tsunami#/media/Plik:Tsunami_travel_time_Valdivia_1960.jpg, domena publiczna.

Pływy

Przemieszczenia wód morskich spowodowane oddziaływaniem grawitacyjnym księżyca i słońca, zachodzącym najintensywniej w momentach górowania i dołowania księżyca, skutkują powstawaniem fal pływowych. Występują na wszystkich morzach i oceanach, jednak zauważalne są jedynie w miejscach o dużych amplitudach pływów. W pozostałych przypadkach maskują je inne rodzaje fal.

Słownik

długość fali (L)

pozioma odległość pomiędzy grzbietami [m]

okres (T)

czas, jaki mija przy przejściu jednej długości fali [s]

prędkość rozprzestrzeniania fali (c)

odległość, jaką przebywa dany punkt fali w określonej jednostce czasu; obliczana jest ze wzoru $c = L/T$, [m/s]

stromość fali (K)

stosunek wysokości fali do połowy długości $K = 2H/L$.

wysokość fali (H)

pionowa odległość pomiędzy grzbietem a doliną fali [m]

Animacja 3D

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DVesah7XI>

Mechanizm powstawania fal morskich

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

Animacja przedstawia mechanizm powstawania fal morskich: fal sejsmicznych tsunami.

Polecenie 1

Wymień obszary świata, w których występują fale omawiane w animacji.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Na zdjęciu przedstawiono teren przed i po działaniu pewnego rodzaju fali. Odpowiedz, jaki to rodzaj fali. Spróbuj uzasadnić swój wybór.



Źródło: By DLR, CC-BY 3.0, CC BY 3.0 de, <https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/de/deed.en>, dostępny w internecie: <https://commons.wikimedia.org/>.

Ćwiczenie 2



Uzupełnij tekst podanymi możliwościami.

11 marca 2011 roku na wschód od wyspy Honsiu wystąpiło trzęsienie ziemi. Wywołało ono falę . Początkowo na oceanie jej wysokość była . Gdy dotarła do wybrzeża, wysokość fali zaczęła , by osiągnąć 15 m. Wody oceanu przelały się przez umocnienia, uszkadzając elektrownię atomową w Fukushima. Nie był to koniec zniszczeń, ponieważ fale wywołane trzęsieniem ziemi rozchodzą się po oceanie, przez co wiele obszarów na wybrzeżu Pacyfiku zostało zalanych przez ocean. Na brzegu, , załamujące się fale pchały w głąb lądu statki i elementy infrastruktury portowej. Po kilku godzinach i kilku seriach fal morze uspokoiło się w rejonie Honsiu, pozostawiając księżycowy krajobraz po przejściu .

niewielka

promieniście

sejsmiczną

w strefie kipieli

tsunami

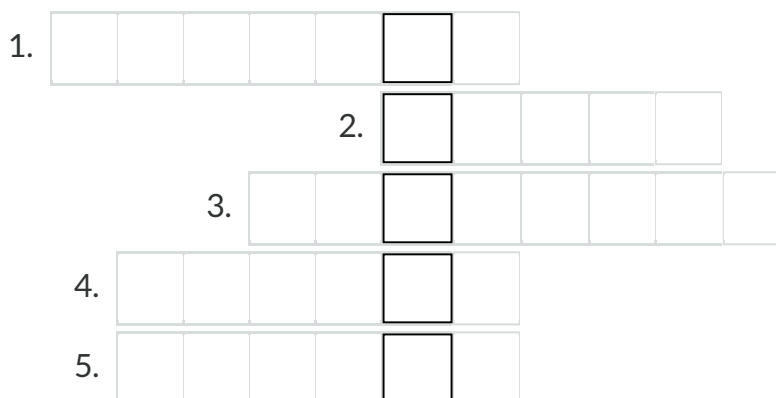
rosnąć

Źródło: tvnmeteo.tvn24.pl, *Tragiczny dzień Japonii - raport specjalny*

Ćwiczenie 3



Rozwiąż krzyżówkę.



1. Fale wywołane przez trzęsienia Ziemi.
2. Czas, jaki mija przy przejściu jednej długości fali.
3. Stosunek wysokości fali do jej długości.
4. Fale wywołane nagłą zmianą warunków atmosferycznych.
5. Strefa, w której powstają grzywacze.

Ćwiczenie 4



Połącz w pary rodzaj fali z miejscem jej wystąpienia.

Tsunami

Morze Bałtyckie

Pływy

Morze Filipińskie

Sejsze

Morze Ochockie

Fale wiatrowe

Morze Sargassowe

Ćwiczenie 5



Spośród poniższych twierdzeń zaznacz te, które dotyczą fal wiatrowych.

☐ W trakcie sztormów mogą być wysokie na 30 m.

☐ Rozchodzą się promieniście z jednego punktu.

☐ Na ich powstanie ma wpływ oddziaływanie Księżyca.

☐ Ich kształt zależy od prędkości wiatru.

Uzupełnij tabelę brakującymi elementami, tak aby każdy rodzaj fal odpowiadał czynnikowi determinującemu jego powstanie oraz odpowiedniej fotografii.



Fotografia nr 1

Źródło: dostępny w internecie: pixabay.com, licencja: CC BY-SA 1.0.



Fotografia nr 2

Źródło: dostępny w internecie: wikipedia.org, licencja: CC BY 1.0.



Fotografia nr 3

Źródło: dostępny w internecie: wikipedia.org, licencja: CC BY 1.0.



Fotografia nr 4

Źródło: dostępny w internecie: wikipedia.org, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 7



Jedne z wyższych fal to fale sejsmiczne. Są to także fale, które obejmują swym wpływem duże obszary wybrzeży. Dlaczego takich fal nie widzimy na polskim wybrzeżu, gdzie podczas silnych sztormów także występują wysokie fale osiągające nawet 10 m wysokości?

Ćwiczenie 8



Podaj trzy negatywne skutki oddziaływania falowania na życie człowieka.

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora: Włodzimierz Juśkiewicz

Przedmiot: geografia

Temat zajęć: Mechanizm falowania wód morskich

Grupa docelowa: I etap edukacyjny, liceum/technikum, zakres rozszerzony, klasa I

PODSTAWA PROGRAMOWA

IV. Dynamika procesów hydrologicznych: ruchy wody morskiej, wody podziemne i źródła, ustroje rzeczne, typy jezior. Uczeń:

1) wyjaśnia mechanizm falowania wód morskich i upwellingu oraz wpływ mechanizmu ENSO na środowisko geograficzne

Kompetencje kluczowe

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

Cele operacyjne

Uczeń:

- definiuje, czym jest fala morska,
- wie, jak powstają fale morskie,
- rozpoznaje różne mechanizmy kształtowania się fal morskich,
- syntetyzuje wiadomości na podstawie już posiadanych umiejętności i modeli teoretycznych.

Strategie nauczania: asocjacyjna, operacyjna

Metody i techniki nauczania: metoda tekstu przewodniego, dyskusja, debata, burza mózgów, praca z atlasem

Formy zajęć: praca indywidualna, praca w grupach, praca całego zespołu klasowego

Środki dydaktyczne: podkładowe mapy świata (ksero), jedna bardzo duża mapa podkładowa świata o szerokości co najmniej 1 m (ksero), zasoby multimedialne zwarte w e-materiale, atlasy świata

Materiały pomocnicze

Szymkiewicz R., Gąsiorowski D., *Podstawy hydrologii dynamicznej*, WNT, Warszawa 2010.

PRZEBIEG LEKCJI

Faza wprowadzająca

Nauczyciel wprowadza uczniów w temat zajęć, zadając pytania: czy pamiętają swoją wycieczkę nad morze/jezioro?, co się z nimi działo, gdy płynęli statkiem?, dlaczego czasami w miejscach strzeżonych nie można wchodzić do wody?.

Nauczyciel naprowadza uczniów na temat zajęć kolejnymi pytaniami: czy wiesz, kiedy najlepiej zbierać bursztyn?, jakie fale sprzyjają poszukiwaczom?.

Nauczyciel informuje, jakie cele będą realizować:

1. poznanie definicji fali morskiej,
2. rozróżnienie typów fal morskich ze względu na mechanizm powstawania,
3. stworzenie mapy potencjalnego występowania fal.

Następnie prowadzący pyta klasę, czym jest dla nich fala i z jakiego powodu powstaje. Następuje burza mózgów. Uczniowie wymieniają dowolne hasła, które kojarzą im się z tymi terminami.

Po zakończeniu burzy mózgów nauczyciel prosi uczniów o zapoznanie się z wybranymi przez nauczyciela e-materiałami (definicja fali) i zweryfikowanie swoich wyobrażeń z rzeczywistością. Następuje dyskusja. Uczniowie dzielą się swoimi uwagami.

Faza realizacyjna

Nauczyciel prosi uczniów o dobranie się w cztery zespoły, z których każdy otrzyma podkład mapy świata oraz atlas geograficzny (lub zestaw map). Zadaniem grup będzie opracowanie map potencjalnego występowania fal powstałych w związku z różnymi siłami wywołującymi falowanie. Prowadzący przydziela grupy do opracowania mapy: fal wiatrowych, barycznych, sejsmicznych i pływowych.

Nauczyciel prosi zespoły żeby zastanowiły się, czy mają pomysł na zrealizowanie zadania. Uczniowie w grupach dyskutują, a następnie przedstawiają swoje plany. Rozpoczyna się dyskusja klasowa, podczas której każdy uczeń może zgłaszać pomysły do każdej mapy. Nauczyciel moderuje wymianę zdań i naprowadza zespoły w kierunku optymalnych rozwiązań:

- Mapa fal wiatrowych powstaje na podkładzie mapy średniej prędkości wiatru. Zakłada się, że im większa prędkość wiatru, tym większe fale.

załącznik

Plik o rozmiarze 201.17 KB w języku polskim

- Mapa fal barycznych powstaje na podkładzie mapy tras cyklonów tropikalnych.

załącznik

Plik o rozmiarze 218.45 KB w języku polskim

- Mapa fal sejsmicznych powstaje na podkładzie mapy stref sejsmicznych. Im większe wartości fal sejsmicznych w danym regionie, tym większe prawdopodobieństwo powstania fal.

załącznik

Plik o rozmiarze 338.00 KB w języku polskim

- Mapa fal pływowych powstaje na podkładzie mapy intensywności pływów.

załącznik

Plik o rozmiarze 100.37 KB w języku polskim

Uczniowie generalizują dane i przenoszą je na swoje podkłady map świata. Nauczyciel prosi każdą grupę, aby opowiedziała na forum klasy, w jakich regionach świata jest najwięcej miejsc tworzenia fal danego typu. W dalszej kolejności nauczyciel wyjaśnia, jak powstaje ostateczna mapa potencjalnego występowania fal powstałych w związku z różnymi siłami wywołującymi falowanie. Stanowi ona kompilację danych z map częściowych poszczególnych grup. Następnie cała klasa nanosi częściowe dane różnymi kolorami z poszczególnych map grupowych na jeden duży podkład.

W kolejnym etapie zajęć nauczyciel zawiesza dużą mapę w widocznym miejscu na tablicy i zwraca się z pytaniami do klasy: gdzie występuje koncentracja miejsc tworzenia fal?, gdzie występują miejsca o mniejszym nasileniu zjawiska?, następnie uczniowie są proszeni o wykonanie ćwiczeń z e-materiałów.

Faza podsumowująca

Nauczyciel zadaje uczniom następujące pytania:

1. Czego dowiedzieliście się z dzisiejszej lekcji?
2. Co było dla was najciekawsze?
3. O czym chcielibyście dowiedzieć się więcej?

Następuje krótka dyskusja podsumowująca treści poruszone podczas lekcji. W razie potrzeby prowadzący wyjaśnia kwestie sporne i problematyczne oraz odpowiada na dodatkowe pytania uczniów. Uczniowie przystępują do indywidualnego rozwiązywania ćwiczeń na końcu e-zasobu. Zadania, których licealiści nie zdążą rozwiązać w klasie, można zadać jako pracę domową.

Praca domowa

Opisz pozytywny i negatywny wpływ falowania na życie człowieka.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium

E-materiał może posłużyć także jako punkt wyjściowy do omówienia niszczycielskich efektów oddziaływania fal.