

Scenariusz 1a: Podstawy fizyczne klimatu



Grupa docelowa:

uczniowie klas szkoły ponadpodstawowej (w szczególności dla klasy przyrodnicze, biologiczno-chemiczne, z podstawową geografią i fizyką lub dla kółek szkolnych związanych z tematem ochrony środowiska i klimatu)

Czas zajęć:

45 minut

Cel lekcji:

- Uczniowie wiedzą, od czego zależy temperatura na Ziemi.
- Uczniowie rozumieją różnice w pochłanianiu energii przez różne rodzaje powierzchni.
- Uczniowie są świadomi procesu wymiany energii pomiędzy powierzchnią ziemi a atmosferą wraz ze wszystkimi elementami wpływającymi na zatrzymanie energii w atmosferze.
- Uczniowie potrafią wskazać punkty krytyczne i rozumieją konsekwencje ich przekroczenia.

Metody pracy:



pogadanka



quiz



burza mózgów



praca własna

Szczegółowe cele kształcenia:

- przedstawienie uczennicom i uczniom, od czego zależy temperatura na Ziemi,
- wyjaśnienie kwestii pochłaniania energii,
- przedstawienie bilansu energetycznego Ziemi,
- wyjaśnienie, czym są punkty krytyczne i jakie są konsekwencje ich przekroczenia.

Wskazówki dla nauczyciel:

Część I scenariusza może być nauczana we wszystkich klasach profilowanych. Wstęp warsztatowy można uzupełnić filmem dostępnym na stronie: <https://www.youtube.com/watch?v=EgSlnl3CRT4>.

Część II scenariusza przeznaczona jest dla klas o profilu przyrodniczym lub kół naukowych z zainteresowaniem tematyką ochrony środowiska i klimatu.

Część III należy traktować jako materiał dodatkowy.



Wstęp

Wprowadzenie dla uczniów:

W ramach pierwszych zajęć omówimy fizyczne podstawy klimatu. Drugie zajęcia poświęcone będą czynnikom klimatotwórczym i historii zmian klimatu. Trzecie zajęcia skupiają się na wspólnym oddziaływaniu wody, lądolodów i lodu na klimat. Ostatnie zajęcia z cyklu klimatologii poświęcone będą analizie danych i modelom klimatycznym.

Rozpocznij zajęcia od rozgrzewki. Wyjaśnij, czym różni się od siebie klimat i pogoda.

Co to jest pogoda?

Zbiór zjawisk atmosferycznych, np. ilość i rodzaj opadów atmosferycznych, prędkość i kierunek wiatru, temperatura i ciśnienie powietrza obserwowane w określonym miejscu i czasie.

Potocznie

Warunki atmosferyczne panujące w tej chwili za oknem.

Porównanie

Nastrój, jaki mam w danej chwili.

Co to jest klimat?

W najprostszym rozumieniu klimat to wszystkie zjawiska pogodowe (obejmujące temperaturę, wiatr, zachmurzenie, nasłonecznienie czy wielkość opadów, jakie obserwuje się przez wiele lat (zwykle jest to 30-letni przedział czasowy - **okres referencyjny**), aby ustalić ich średnie wartości i zakres zmienności dla danego miejsca lub kraju.

Potocznie

To, czego spodziewasz się w danym miejscu i czasie na podstawie wieloletnich obserwacji.

Porównanie

To, jaki mam charakter (aby poznać charakter, trzeba kogoś/siebie obserwować przez dłuższy czas).

Klimat i pogoda to nie tylko pojęcia zarezerwowane dla geografii. Badania klimatu to obszar interdyscyplinarny, czyli poruszany przez różne dziedziny nauki.

Zadaj uczniom pytanie:

Z jakich dziedzin korzysta nauka o klimacie?

Możliwe odpowiedzi:

fizyka, geografia, biologia, meteorologia, matematyka, energetyka, statystyka, chemia, nauki humanistyczne – ekonomia, socjologia, historia, psychologia.

Część 1 – Promieniowanie i pochłanianie energii

Wyjaśnij uczniom:

Wszelkie procesy, które zachodzą na powierzchni Ziemi, wymagają energii; podobnie jak energii wymagają czynności wykonywane przez nasz organizm (takie jak przeżuwanie, oddychanie czy aktywność fizyczna).

Energia ta jednak nie pochodzi z wewnętrznego systemu, a jest dostarczana do powierzchni Ziemi z zewnątrz i następnie rozproszona pomiędzy różne organizmy i systemy. Rośliny wykorzystują taką energię na przykład do tworzenia związków chemicznych, które budują ich łodygi, liście itp. Energia ta jest również pochłaniana między innymi przez oceany, wpływając tym samym na temperaturę wody.

Zadaj uczniom pytanie:

Co jest głównym źródłem energii w przypadku procesów zachodzących na powierzchni Ziemi?

Zbierz i podsumuj odpowiedzi:

Pierwotnym źródłem energii w przypadku zachodzących na powierzchni Ziemi procesów jest promieniowanie słoneczne (czyli Słońce).

Wprowadź uczniów w kolejne pojęcia:

Energia słoneczna, docierająca do powierzchni Ziemi w postaci promieniowania słonecznego, jest pochłaniana (np. przez wspomniane wcześniej oceany), a wraz z tym pochłanianiem rośnie energia i tym samym temperatura powierzchni Ziemi.

Bilans energetyczny jest bardzo istotnym zjawiskiem na Ziemi, związanym z dostarczaniem energii przez źródła takie jak Słońce. Promienie słoneczne, które docierają do powierzchni Ziemi, po części są pochłaniane (np. przez rośliny do wspomnianych wyżej procesów chemicznych). Część jednak nie zostaje pochłonięta, a odbita i opuszcza naszą planetę. Bilans energetyczny jest więc zachowaniem równowagi między ilością energii dostarczanej do powierzchni Ziemi a ilością energii przez nią emitowanej i odbijanej.

Bilans energetyczny oraz ilość dostarczanej, odbijanej i emitowanej energii powiązane są z kolejnym pojęciem – **efektem cieplarnianym**. Jest to skomplikowany proces, który zachodzi w atmosferze. W uproszczeniu: pewne gazy utrzymujące się w górnych warstwach atmosfery posiadają właściwości pozwalające na zatrzymywanie części tego odbitego od powierzchni Ziemi promieniowania słonecznego, tak aby nie mogło ono opuścić naszej planety¹. To jest właśnie **efekt cieplarniany**. Nie jest on sam w sobie zjawiskiem negatywnym. Zależy nam, aby zatrzymać część promieniowania słonecznego, bo dzięki temu temperatura na Ziemi jest optymalna dla życia. Jeżeli jednak ilość tych gazów o odpowiednich właściwościach (są to tzw. **gazy cieplarniane**, z których najbardziej znanym przykładem jest dwutlenek węgla, CO₂) zwiększy się, wówczas na Ziemi pozostanie zbyt dużo energii słonecznej, co w konsekwencji doprowadzi do zmiany bilansu energetycznego oraz wzrostu temperatury.

Innym źródłem energii na Ziemi jest ciepło płynące z głębi naszej planety. Jest ono jednak zaniedbywalnie małe w porównaniu z ilością energii docierającej do Ziemi ze Słońca, dlatego też pomijamy je w naszych rozważaniach.

Zadaj uczniom pytanie:

Od czego zależy średnia temperatura powierzchni Ziemi?

Podpowiedź znajduje się w powyższych opisach definicji bilansu klimatycznego i efektu cieplarnianego.

Zbierz i podsumuj odpowiedzi:

Średnia temperatura powierzchni Ziemi zależy m.in. od:

- ilości promieniowania, które zostanie pochłonięte lub odbite przez powierzchnię Ziemi,
- ilości i rodzajów gazów cieplarnianych.

¹ Nie zapominaj, że jednocześnie cały czas do powierzchni Ziemi dociera promieniowanie słoneczne.

W celu wiedzy o znaczeniu ilości energii docierającej do powierzchni Ziemi oraz gazów cieplarnianych dla temperatury na Ziemi przypomnij:

Kwestia gazów cieplarnianych dotyczy tego, ile energii zostanie zatrzymane przez atmosferę, a ile uleci (zostanie wypromieniowane) w przestrzeń kosmiczną. Im więcej gazów cieplarnianych w atmosferze, tym więcej zatrzymanej energii. Rodzaj gazów ma także znaczenie, ponieważ różne gazy mają różną zdolność do odbijania energii² (np. metan, którego jest mniej w atmosferze, ma on większą zdolność odbijania energii niż na przykład dwutlenek węgla; metan jest 23 razy silniejszym gazem cieplarnianym niż dwutlenek węgla).

Jednym z gazów cieplarnianych jest także para wodna, która tworzy chmury.

Chociaż nadmiar gazów cieplarnianych jest szkodliwy dla klimatu Ziemi, ich zbilansowany udział w składzie atmosfery jest konieczny dla podtrzymania życia (oczywiście w odpowiednich ilościach!). Bez gazów cieplarnianych praktycznie całe ciepło uciekałoby (czyli zostałoby wypromieniowane) do przestrzeni kosmicznej, skutkując spadkiem temperatury powierzchni Ziemi.

Przedstaw uczniom definicję albedo i odwołaj się do ich doświadczeń:

Rozmawiając o pochłanianiu i odbijaniu promieniowania, poznajmy także definicję **albedo**, czyli parametru, który określa zdolność odbijania promieni przez daną powierzchnię. Jak już wspomnieliśmy wcześniej, część promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni Ziemi jest przez nią odbite z powrotem w kierunku atmosfery i poza naszą planetę. Nie odbywa się to jednak równomiernie, ponieważ różne powierzchnie mają inną zdolność odbijania (mierzoną właśnie współczynnikiem albedo), np.

Najlepszym przykładem będzie tutaj kolor koszulek noszonych w ciepłe słoneczne dni: w której będzie nam bardziej gorąco – w czarnej czy białej?

Zbierz odpowiedzi i poprowadź rozmowę na przykładzie Ziemi:

Będzie nam cieplej w koszulce czarnej, ponieważ czarny kolor bardziej pochłania promieniowanie słoneczne niż kolor biały.

Analogicznie będzie z powierzchnią Ziemi. Ciemniejsze miejsca na powierzchni Ziemi zwykle mają większą zdolność pochłaniania promieni niż miejsca jaśniejsze.

Zadaj uczniom pytanie:

jak myślicie, co będzie miało mniejsze albedo, czyli będzie lepiej pochłaniało energię: lód czy ocean?

Zbierz i podsumuj odpowiedzi:

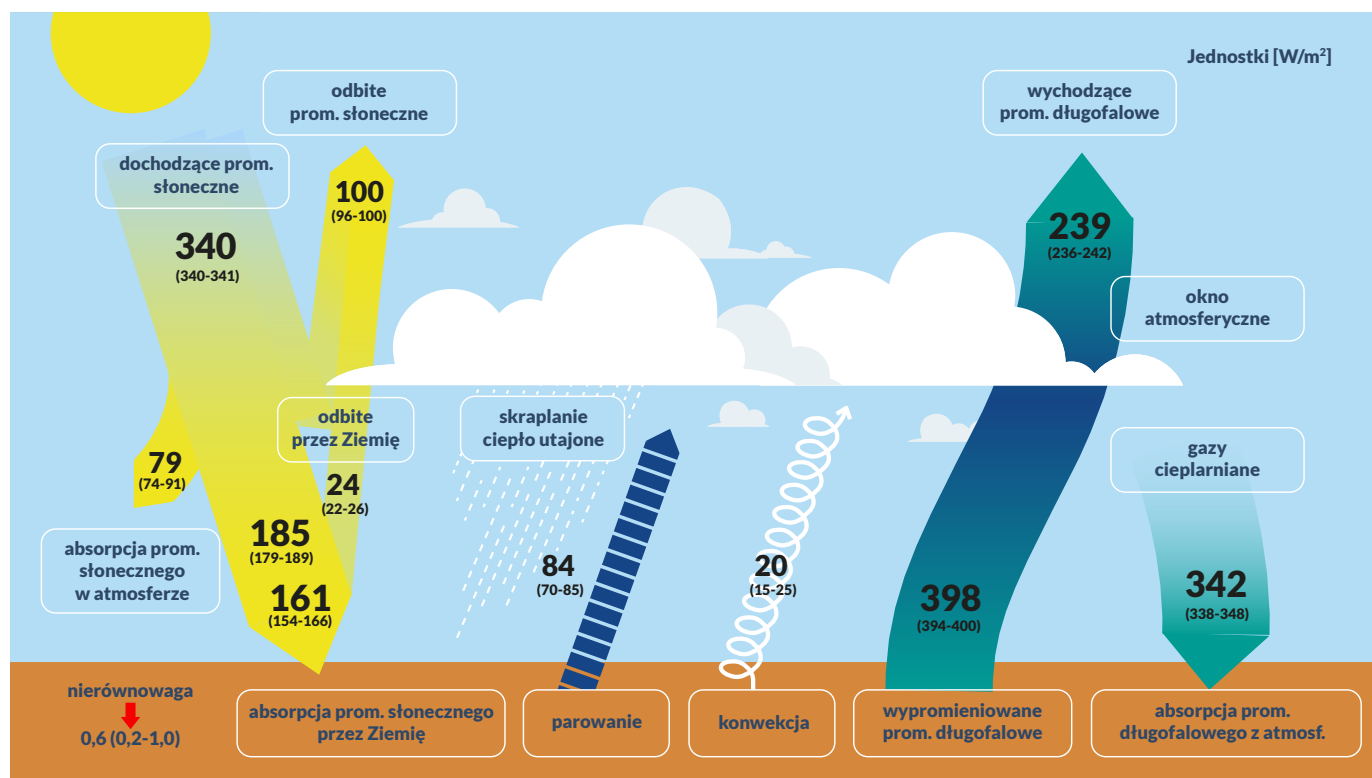
Lód ma duże albedo – odbija dużą część padającego na niego promieniowania słonecznego. Woda ma małe albedo – pochłania większość padającego na nią promieniowania słonecznego. Dlatego im więcej stopionych lodowców i lądolodów, tym większa powierzchnia oceanu oraz tym więcej pochłoniętej energii.

Wszystkie powyższe informacje należy brać pod uwagę, badając bilans energetyczny Ziemi – ilość pochłanianego i odbijanego promieniowania słonecznego, albedo, efekt cieplarniany. Jest to istotne, ponieważ zmiany w tych procesach, a tym samym w bilansie energetycznym, wpływają na temperaturę na Ziemi.

² Będąc bardziej precyzyjnym/precyzyjną: gazy cieplarniane mają zdolność pochłaniania emitowanego (odbitego) z Ziemi promieniowania długofalowego, a przepuszczania promieniowania krótkofalowego. Więcej na ten temat można przeczytać tutaj: <https://naukaoklimacie.pl/aktualnosci/efekt-cieplarniany-abc/>.

Część 2 – Bilans energetyczny Ziemi i sprzężenie zwrotne

Zaprezentuj uczniom bilans energetyczny Ziemi w formie graficznej.



Źródło: <https://naukaoklimacie.pl/aktualnosci/efekt-cieplarniany-dla-sredniozaawansowanych-7-bilans-energetyczny-ziemi-428/>

Opis do prezentacji:

Ilustracja przedstawia jedynie jedno źródło energii na Ziemi: Słońce. Do innych źródeł energii zaliczamy wewnątrz Ziemi (czyli energię geotermalną) oraz energię z ludzkiej działalności (takiej jak spalanie paliw kopalnych, m.in. węgla), jednak ich wpływ na bilans energetyczny planety jest znacząco mniejszy (inaczej musiałyby zostać uwzględnione na wykresie).

Analizę zaczynamy od lewej strony wykresu, na którym przedstawiamy strumień energii (w W/m²)³ dochodzącej do powierzchni Ziemi ze Słońca (grubość strzałek ma znaczenie):

- 1 – promieniowanie słoneczne dochodzące do powierzchni Ziemi i tam zaabsorbowane, czyli wchłonięte,
- 2 – część energii zostaje odbita przez chmury,
- 3 – część energii zostaje zaabsorbowana przez atmosferę,
- 4 – część energii zostaje odbita przez Ziemię.

³Wartości w nawiasach wskazują zakres niepewności, co do średniej ilości energii docierającej/odbijanej do/z powierzchni Ziemi

Prawa strona rysunku:

- 1 – Ziemia wypromieniowuje energię, czyli pozbywa się jej nadmiaru,
- 2 – część promieniowania uchodzi w przestrzeń kosmiczną, w postaci tzw. promieniowania długofalowego, czyli promieniowania podczerwonego,
- 3 – część promieniowania zostaje odbita w kierunku Ziemi przez gazy cieplarniane.

Ciekawostka:

Dodatkowo ciepło ucieka z powierzchni Ziemi w wyniku parowania, konwekcji⁴.

Przedstaw uczniom i uczniom wnioszek wynikający z powyższego wykresu bilansu energetycznego oraz wyjaśnij czym jest sprzężenie zwrotne dodatnie:

Zwiększenie ilości gazów cieplarnianych powoduje zatrzymanie większej ilości energii na Ziemi, zaburzając bilans energetyczny. Wicie już, czym jest albedo, czyli zdolność do odbijania energii słonecznej. Zwiększenie energii pozostającej na Ziemi powoduje wzrost średniej temperatury. Wzrost średniej temperatury powoduje topnienie lodowców i lądolodów. Topnienie lodowców zmniejsza powierzchnię, która łatwo odbija promieniowanie słoneczne (lód, lodowce, lądolody), co prowadzi do zwiększenia ilości energii pozostającej na Ziemi, a więc mamy powrót do punktu wyjścia (**sprzężenie zwrotne dodatnie**⁵).

⁴ Konwekcja – przenoszenie ciepła w wyniku ruchu materii w gazie, cieczy lub plazmie.

⁵ Sprzężenie zwrotne dodatnie występuje w momencie, kiedy zewnętrzne zakłócenie pewnego systemu (np. bilansu energetycznego Ziemi przez gazy cieplarniane) uruchamia kolejne procesy zwiększające wpływ tego zakłócenia. Sprzężenie zwrotne działa trochę na zasadzie pętli - w wyniku zakłócenia danego elementu systemu (np. wielkości pokrywy lodowej) zmieniony element pogłębia jeszcze bardziej negatywne oddziaływanie procesu, który doprowadził do jego zakłócenia (np. dalsze topnienie lodu w wyniku zwiększenia ilości energii docierającej do Ziemi).

Część 3 – Punkty krytyczne klimatu

Wyjaśnij krótko, czym są punkty krytyczne klimatu:

Punkt krytyczny to wartość, po której przekroczeniu zmienia się stan równowagi systemu. Punkt krytyczny w ziemskim systemie klimatycznym to **wartość, której przekroczenie może prowadzić do znaczącej zmiany klimatu, która może być nieodwracalna.**

Pojęcie to często powiązane jest ze sprzężeniem zwrotnym dodatnim. Wprowadzając zmiany w systemie (np. dostarczając dodatkową ilość energii), możemy uruchomić procesy, które „same się nakręcają”, tak jak w sprzężeniu zwrotnym dodatnim, uruchamiając koło, którego nie da się zatrzymać ani cofnąć.

Przykładami elementów, które mogą być podatne na takie punkty krytyczne, są pokrywy lodowe na wodach Arktyki, na Grenlandii, w zachodniej i wschodniej Arktyce. Wzrost temperatury na Ziemi prowadzi do ich topnienia, a to z kolei podnosi poziom wody mórz i oceanów.

Zadaj uczniom pytanie:

Czy słyszeliście o innych punktach krytycznych? Zbierz i podsumuj odpowiedzi:

Inne przykłady punktów krytycznych:

- rozmarzanie wieloletniej zmarzliny na Syberii,
- susze w lasach deszczowych Amazonii, deforestacja (wylesianie) i pożary,
- osłabienie prądów morskich na Atlantyku,
- zniszczenie lasów iglastych w umiarkowanej strefie klimatycznej,
- zniszczenie Wielkiej Rafy Koralowej.

Pogłębianie się zmian możemy zredukować, ograniczając antropogeniczne emisje gazów cieplarnianych.

Podsumowanie

Wyświetl uczniom pytania z quizu na prezentacji PowerPoint.

Quiz

1. Który gaz odpowiada za największy udział w efekcie cieplarnianym?

- a) dwutlenek węgla
- b) metan
- c) jodochlorian jodu

2. Jak nazywa się punkt, po przekroczeniu którego zmienia się stan równowagi systemu?

- a) niewybaczalny
- b) potrójny
- c) krytyczny

3. Przykładem lądolodu jest:

- a) Atlantyda
- b) Arktyka
- c) Antarktyda

4. Bilans z definicji jest:

- a) >0
- b) $=0$
- c) <0

5. Jak nazywa się zdolność odbijania promieniowania?

- a) albedo
- b) libido
- c) credo

Pokaż uczniom punktację do odpowiedzi i zaprezentuj opis wyników.

Odpowiedzi:

- 1: a (3 pkt), b (1 pkt), c (0 pkt),
- 2: a (0 pkt), b (1 pkt), c (3 pkt),
- 3: a (0 pkt), b (1 pkt), c (3 pkt),
- 4: a (0 pkt), b (3 pkt), c (0 pkt),
- 5: a (3 pkt), b (0 pkt), c (0 pkt).

Jak uczniowie poradzili sobie z materiałem

0 - 5 pkt

Czy wiedza zaczerpnięta z hitów filmowych, takich jak „Gwiezdne Wojny”, „Harry Potter” czy „Aquaman”, łączy się z nauką o klimacie? W wolnej chwili przejrzyj: <https://www.youtube.com/watch?v=DF7hKa1xu-g>
<https://www.youtube.com/watch?v=Ni7dFk5psH8>

6-10 pkt

Coś dzwoni, ale na Twojej lekcji królowały chyba social media. Oby to były przynajmniej treści edukujące o klimacie. W wolnej chwili przejrzyj:

<https://www.youtube.com/watch?v=EgSlnI3CRT4>

* Pamiętajmy, że również w mediach społecznościowych można znaleźć wartościową wiedzę – czasami trzeba jednak bardzo uważać na tzw. fake newsy -> więcej o dezinformacji w Scenariuszach pt. Obrona przed dezinformacją o klimacie, Fake newsy i manipulacja informacjami o klimacie Zachęcamy do spędzania wolnego czasu na czytaniu blogów naukowych takich jak „Nauka o klimacie”:

<https://naukaoklimacie.pl>

11-15 pkt

Brawo Ty! Podstawy fizyczne klimatu to dla Ciebie pestka! Jeżeli chcesz dowiedzieć się jeszcze więcej przejrzyj:

<https://www.youtube.com/watch?v=osm5vyJjNY4>