

Efekt cieplarniany – wpływ na klimat



Imię i nazwisko:

Data:

Równowaga radiacyjna Ziemi

System klimatyczny Ziemi jest zależny od promieniowania słonecznego. Temperatura na powierzchni Słońca wynosi 5700 °C. Ta wysoka temperatura zapewnia, że emitowane promieniowanie znajduje się w zakresie krótkofalowym, a tym samym w zakresie widzialnym. Nad atmosferą ziemską natężenie promieniowania słonecznego wynosi 1.366 W/m² (watów na metr kwadratowy). Ta wartość jest również znana jako stała słoneczna. Ze względu na kulisty kształt Ziemi i odwróconą od Słońca stronę nocną, do atmosfery dociera tylko jedna czwarta stałej słonecznej (342 W/m²).

Całkowita moc promieniowania słońca na Ziemi wynosi:

$$P = E_0 \cdot \pi \cdot r_E^2 = 1,74 \cdot 10^{17} \text{ W}$$

$$P = \text{moc} \quad E_0 = \text{stała słoneczna} = 1.366 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \quad r_E = \text{promień kuli ziemskiej}$$

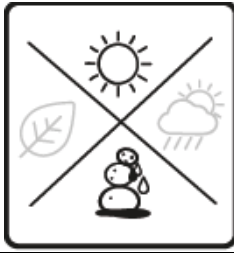
Promieniowanie słoneczne jest częściowo odbijane, a częściowo pochłaniane. Około 31% jest odbijane bezpośrednio od powierzchni Ziemi i w atmosferze wypromieniowane bezpośrednio w przestrzeń kosmiczną. Pozostała część promieniowania (69%) jest pochłaniana przez atmosferę i powierzchnię Ziemi, co sprawia, że są one podgrzewane. Ta sama ilość energii słonecznej, która została pochłonięta w określonym czasie, jest uwalniana z powrotem w przestrzeń kosmiczną jako niewidzialne długofalowe promieniowanie ciepłe.

Ogólnie rzecz biorąc, ilość bezpośrednio odbitego krótkofalowego promieniowania słonecznego i wypromieniowanego długofalowego promieniowania ciepłego odpowiada dostarczonej energii słonecznej. Tym samym Ziemia jest w równowadze radiacyjnej z otoczeniem. Gdyby ta równowaga nie istniała, od dawna byłaby ona świecąca się kulą magmy.

Naturalny efekt cieplarniany

Dla naszego klimatu na Ziemi istotne jest, aby długofalowe promieniowanie ciepłe, które jest ponownie emitowane przez powierzchnię Ziemi, nie było odbijane z powrotem w sposób bezpośredni, ale okrężny. Naturalne gazy cieplarniane i chmury pochłaniają tę energię i częściowo wypromieniowują ją z powrotem w stronę Ziemi, która następnie się nagrzewa i ponownie emituje długofalowe promienie ciepłe itd. Oznacza to, że w niższej atmosferze następuje kumulacja ciepła, która sprawia, że dopiero wtedy życie na Ziemi staje się możliwe w komfortowych średnio +15°C. Podobnie jak w szklarni, krótkofalowe promieniowanie

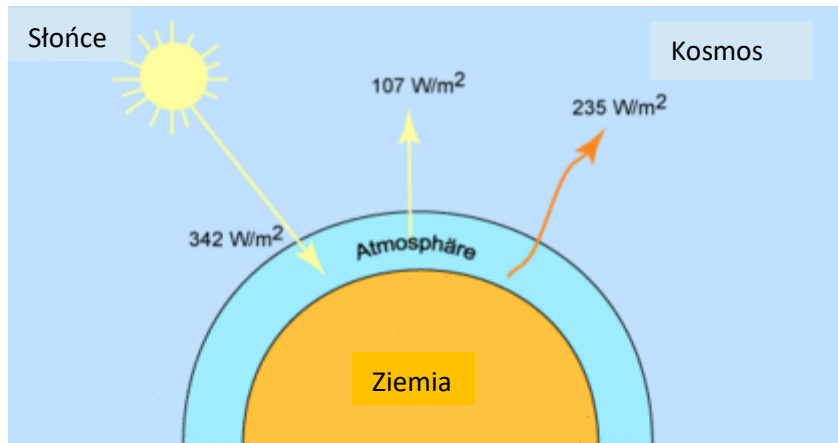
Efekt cieplarniany – wpływ na klimat



Imię i nazwisko:

Data:

słoneczne może po prostu przechodzić przez atmosferę, podczas gdy długofalowe promieniowanie ciepłe w zakresie podczerwieni jest pochłaniane.



Rys. 1: Bilans promieniowania w atmosferze

Źródło: https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Strahlungshaushalt_der_Atmosph%C3%A4re

Wynika to głównie z pary wodnej (H_2O) i gazów śladowych dwutlenku węgla (CO_2), metanu (CH_4), podtlenku azotu (N_2O) i ozonu troposferycznego (O_3), a także innych gazów cieplarnianych, które są w stanie pochłaniać długofalowe promieniowanie ciepłe w zakresie podczerwieni. Para wodna odpowiada za 2/3 naturalnego efektu cieplarnianego i pochłania promieniowanie ciepłe w zakresie spektralnym 3 μm , 5 μm i 20 μm . Dwutlenek węgla pochłania w zakresie spektralnym 4 μm i 15 μm . Ozon, podtlenek azotu i metan z kolei wypełniają inne obszary widma długości fal. Z drugiej strony gazy azot, tlen i argon są transparentne dla promieniowania podczerwonego i nie odgrywają żadnej roli w efekcie cieplarnianym.

Bez naturalnego efektu cieplarnianego średnia temperatura na Ziemi wynosiłaby ok. $-18^{\circ}C$. Istnienie życia bez tej ochrony atmosfery nie byłoby możliwe.

Antropogeniczny (wywołany przez człowieka) efekt cieplarniany

Wraz z początkiem ery przemysłowej ludzie poprzez różne działania zaczęli zwiększać stężenie naturalnych gazów cieplarnianych. W szczególności do atmosfery coraz częściej uwalniany jest dwutlenek węgla, metan i podtlenek azotu. Najczęstszymi tego przyczynami są spalanie paliw kopalnych i zmiany w użytkowaniu gruntów. W wyniku działalności człowieka jest uwalnianych do atmosfery dodatkowo ponad 36 miliardów ton CO_2 rocznie,

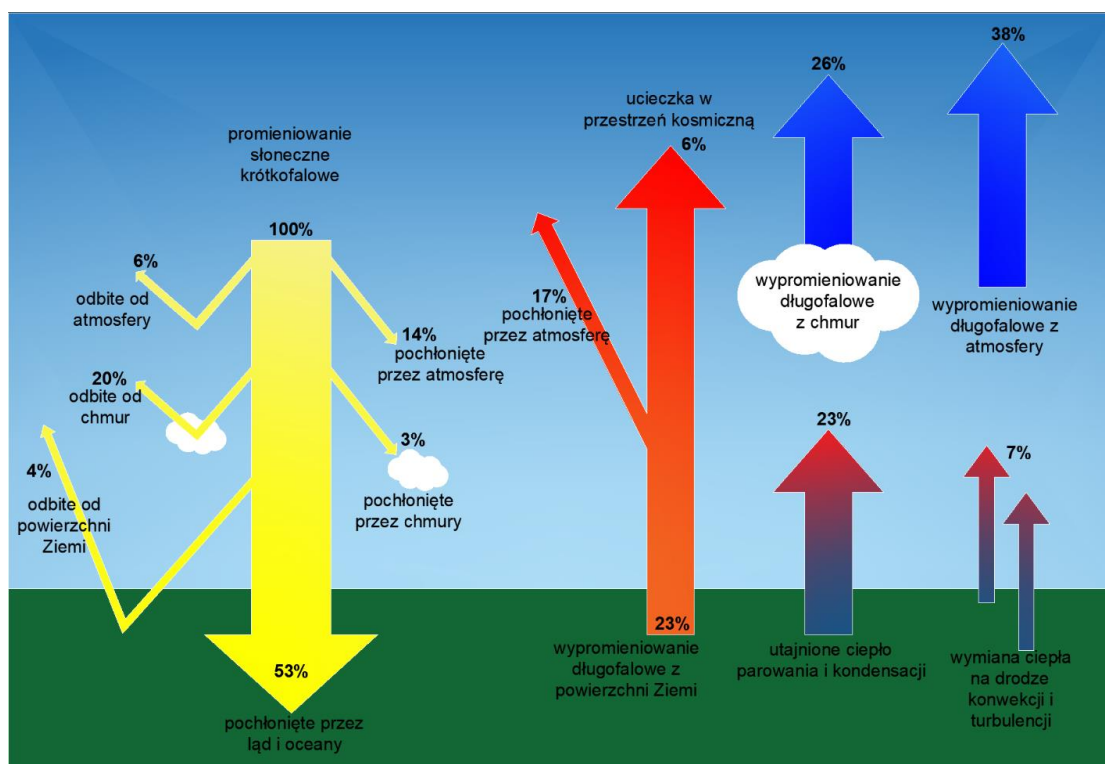
Efekt cieplarniany – wpływ na klimat



Imię i nazwisko:

Data:

dlatego też sama tylko emisja CO₂ odpowiadają za ponad połowę antropogenicznego efektu cieplarnianego. Ponadto wraz z freonami -CFC (chlorofluorowęglowodory) pojawiły się inne gazy cieplarniane, które nie występują naturalnie w przyrodzie.



Rys.2: Przepływy energii w atmosferze Ziemi

Decydująca jest również żywotność gazów w atmosferze, tj. jak długo cząsteczki pozostają w atmosferze. Wynika to z jednej strony z samej ich ilości, a z drugiej z tego, z jaką szybkością dany gaz cieplarniany jest usuwany z atmosfery. W przypadku CO₂ dzieje się to np. poprzez fotosyntezę roślin, rozpuszczanie gazu w oceanie czy wchłanianie w glebie. Dwutlenek węgla rozkłada się bardzo powoli; cały proces trwa kilka tysięcy lat. Natomiast średni czas życia metanu w atmosferze wynosi tylko 12 lat, ponieważ jest eliminowany z atmosfery poprzez utlenianie z OH. Z drugiej strony jest on 25 razy skuteczniejszy od CO₂, tzn. cząsteczki metanu pochłaniają więcej energii cieplnej niż cząsteczki CO₂. Z czasem retencji 114 lat, podtlenek azotu ma nawet 265-krotnie większy potencjał tworzenia efekty cieplarnianego.

Podsumowując, można powiedzieć, że ilość dodatkowego emitowanego gazu cieplarnianego, względny potencjał tworzenia efektu cieplarnianego i czas pozostawania gazu w atmosferze

Efekt cieplarniany – wpływ na klimat



Imię i nazwisko:

Data:

określają, jaki udział ma gaz w ogólnym efekcie cieplarnianym wywołanym przez człowieka. Równowagę radiacyjną zaburza wzrost stężenia gazów śladowych w atmosferze. Ziemia coraz bardziej się ociepla, co powoduje zmiany klimatu.

Eksperyment dotyczący efektu cieplarnianego

Jak powstaje efekt cieplarniany? Aby się tego dowiedzieć możecie spróbować wykonać następujący eksperyment.

Co będzie potrzebne?

Materiały na jeden zespół		Dodatkowo potrzebne będzie...	
☐	3 słoiki o jednakowych wymiarach	☐	Woda gazowana
☐	3 termometry	☐	Cola
☐	Folia spożywcza	☐	2 gumki do uszczelnienia
☐	Słońce lub 1-2 lampy (min. 60W)		



Efekt cieplarniany – wpływ na klimat



Imię i nazwisko:

Data:

Tak wygląda eksperyment:

1. Napełnij 2 słoiki wodą gazowaną, 1 słoik colą i włóż termometr do każdego z nich. Upewnij się, że wszystkie słoiki są równo napełnione. Woda i cola na początku doświadczenia powinny mieć temperaturę pokojową.
2. Jeden słoik z wodą i słoik z colą przykryj folią spożywczą i uszczelnij gumką. Trzeci słoik pozostaw otwarty.



3. Postaw hipotezę, jak zmieni się temperatura w słoikach i jakich różnic temperatur oczekujesz w poszczególnych słoikach w porównaniu względem siebie:

Słoik 1 (woda z folią):

Słoik 2 (cola z folią):

Słoik 3 (woda bez folii):

4. Włącz lampy i skieruj je w stronę słoików, a następnie zmierz temperaturę w każdym słoiku w równych odstępach czasu. Wartości wstaw do poniższej tabeli:

Efekt cieplarniany – wpływ na klimat



Imię i nazwisko:

Data:

	T po 5 min	T po 10 min	T po 15 min	T po 20 min	T po 30 min			
Stoik 1 (woda z folią)								
Stoik 2 (cola z folią)								
Stoik 3 (woda bez folii)								



5. Porównajcie swoje wyniki z hipotezą. Czy Wasze założenia były poprawne? Uzasadnijcie swoje wyniki.

Efekt cieplarniany – wpływ na klimat



Imię i nazwisko:

Data:

Dlaczego tak jest?

To, że ciepło słoneczne kumuluje się w szklarni lub w pomieszczeniu z dużą ilością okien wszyscy już kiedyś zauważyliśmy. Bezpośrednie krótkofalowe promieniowanie słoneczne bardzo dobrze przechodzi przez szybę szklarni i jest tam pochłaniane przez powierzchnię ziemi – w naszym przypadku przez wodę i rolę. Ciecz nagrzewa się i ponownie oddaje to ciepło jako długofalowe promieniowanie cieplne. Jednak to promieniowanie długofalowe nie wydostaje się tak szybko, jak dostało się do środka krótkofalowe promieniowanie słoneczne. Jest pochłaniane przez folię, czyli atmosferę, i wypromieniowane z powrotem do cieczy. W słoiku z wodą bez folii promieniowanie cieplne może swobodnie wydostać się na zewnątrz, ponieważ brakuje osłony ochronnej, która pochłaniałaby ciepło.

Zadania dotyczące efektu cieplarnianego:

1. Zastanówcie się i przedyskutujcie, jakie działania człowieka powodują efekt cieplarniany:

2. Które gazy cieplarniane są największym motorem zmian klimatycznych?

Efekt cieplarniany – wpływ na klimat



Imię i nazwisko:

Data:

3. Jak silny byłby efekt cieplarniany, gdyby nasza atmosfera składała się tylko z azotu, tlenu i argonu?

4. Czy na planecie bez atmosfery możliwy jest efekt cieplarniany?

Efekt cieplarniany – wpływ na klimat



Imię i nazwisko:

Data:

Materiał dodatkowy:

Gaz	Wzór chemiczny	Przeznaczenie	Potencjał tworzenia efektu cieplarnianego w ciągu 100 lat w porównaniu do CO ₂
Metan	CH ₄	paliwo	25
R-1234yf = 2,3,3,3 – Tetrafluoropropen	C ₃ H ₂ F ₄	Czynnik chłodniczy do układów klimatyzacji samochodowej.	4,4
R-134a = 1,1,1,2 – Tetrafluoroetan	C ₂ H ₂ F ₄	Czynnik chłodniczy do lodówek	1300
R-410A = 50% Difluorometan + 50% Pentafluoroetan	50% CH ₂ F ₂ + 50% CF ₃ CHF ₂	Czynnik chłodniczy, gaśniczy	3500
R-23 = Trifluorometan/ Fluoroform,	CHF ₃	Czynnik chłodniczy, gaśniczy	14 000
Podtlenek azotu	N ₂ O	(różne)	265
Heksafluorek siarki	SF ₆	Urządzenia rozdzielcze z izolacją gazową, przewody wysokiego napięcia	23 500

Tabela 1: Potencjał tworzenia efektu cieplarnianego gazów śladowych w porównaniu do CO₂

Efekt cieplarniany – wpływ na klimat



Imię i nazwisko:

Data:

UDZIAŁ GAZÓW CIEPLARNIANYCH W EFEKCIE CIEPLARNIANYM

- Dwutlenek węgla (CO₂)
- Metan (CH₄)
- Podtlenek azotu (N₂O)
- Dichlorodifluorometan (CFC - 12)
- Trichlorofluorometan (CFC - 11)
- 15 pozostałych gazów cieplarnianych

