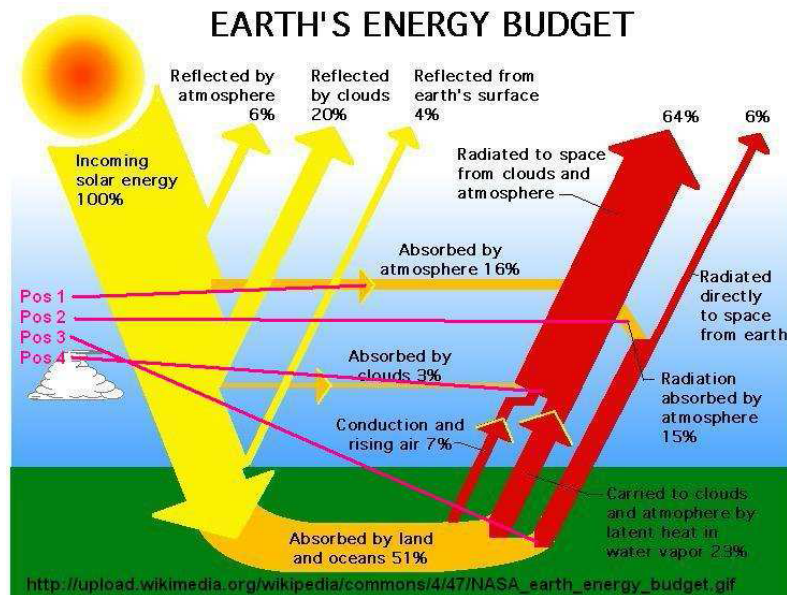


Dlaczego CO2 chłodzi powierzchnię ziemi¹

Dr Gerhard Stehlik², Hanau,
Prof. Dr - Inż. Vollrath Hopp, Dreieich, Przewodniczący działu środowiska Zrzeszenia Inżynierów
Niemieckich (VDI) dla rejonu Frankfurt – Darmstadt
Dr Edmund Wagner, GIANT, Wiesbaden
© 22. sierpnia 2013

Najlepsze przedstawienie rzeczywistych przepływów energii na powierzchni planety Ziemi, jakie możemy znaleźć, pochodzi z zasobów NASA (rys. 1)³. Podobne przedstawia to Międzypaństwowy Zespół ds. Zmian Klimatu (IPCC). Wartości pomiarów globalnych przepływów energii przedstawiane przez NASA i IPCC⁴ nie różnią się od siebie jakościowo. Ale występuje kilka różnych wartości liczbowych. Te subtelności nie mają żadnego znaczenia.

Rys. 1:



Wykres NASA przedstawia - w różnych odcieniach żółtego koloru - promieniowanie słoneczne na Ziemię (100%) i jego dystrybucję. Trzy części zostają odbite, dwie kolejne przemieszczają się do atmosfery, a główna część (51%) ogrzewa powierzchnię Ziemi.

Ocieplenie Ziemi przez Słońce jest zjawiskiem podstawowym i niezaprzeczalnym, podobnie jak usytuowanie promieniowania słonecznego w spektrum elektromagnetycznym (rys. 2). Nie ulega wątpliwości, że Ziemia nie jest w stanie ogrzać się sama. A to oznacza, że żadna substancja chemiczna

¹ przetłumaczone przez Patrycja Kwapik, Kraków, PKwapik@kolping.pl

² Dr. Gerhard Stehlik, gerhard.stehlik@gmx.de, www.gerhard-stehlik.de

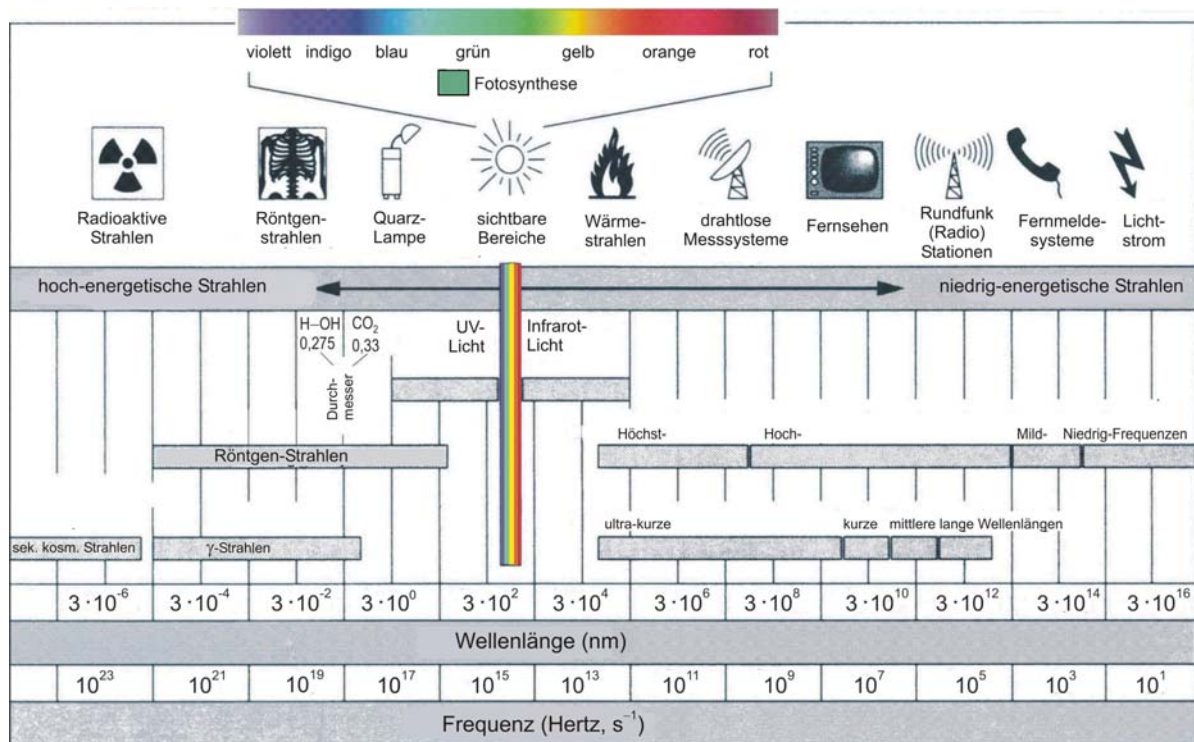
³ NASA - National Aeronautics and Space Administration, USA

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/47/NASA_earth_energy_budget.gif

⁴ IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Frequently Asked Question 1.1 „What Factors Determine Earth's Climate“ Page 94 [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA

na świetle, również cząsteczka gazu CO₂, nie może nagrzewać się sama. Jeżeli CO₂ ma ogrzać się sam i ponadto jeszcze swoje otoczenie, musi mu zostać dostarczona energia z zewnątrz.

Rys. 2:



Das Spektrum der energetischen Solarstrahlung in Nanodimensionen

(Durchmesser eines Wassermoleküls 0,275 nm
eines Kohlenstoffdioxid-Moleküls, kinetisch: 0,33 nm; statisch: 0,4 nm)

Straty ciepła Ziemi do wszechświata wymagają zróżnicowanej obserwacji pojęć atmosfery ziemskiej i powierzchni Ziemi. Straty energii cieplnej do wszechświata zostały zaznaczone na rys. 1 na czerwono.⁵ Trzy obszary strat ciepła do wszechświata doprowadzają do spadku temperatury na powierzchni Ziemi: Pierwszy obszar dotyczy ruchu powietrza (termika), przez który następuje 7% utrata ciepła. Drugi i najważniejszy obszar to utrata ciepła (chłodzenie) przez parowanie powierzchni wody w wysokości 23%. Na trzeci obszar składa się utrata ciepła na powierzchni ziemi do wszechświata w wysokości 15 – 6%.

Zjawisko przejścia ciepła z atmosfery na powierzchnię Ziemi nie istnieje. Efekt cieplarniany o temp. +33 °C wymaga jednak takiego przepływu energii.

Właściwie jednak wykres NASA przedstawia - oznaczone kolorem żółtobrązowym - dwa przepływy energii, które doprowadzają do atmosfery energię promieniowania. Dostarczanie energii ze Słońca zostało przedstawione za pomocą długiej poziomej strzałki (pozycja 1). Wykazuje ona udział 16% promieniowania słonecznego. Odptyw promieniowania cieplnego z powierzchni Ziemi (pozycja 2) został wykazany jako odchodząca strzałka, która stanowi udział 15%. To promieniowanie ciepłe odpowiadające czerwonej strzałce po prawej stronie na dole (pozycja 3), przemieszcza się od

⁵ Pozycja 2 stanowi wyjątek.

powierzchni ziemi i rozdziela się w atmosferze ziemskiej na dwa przepływy energii na poziomie 15% (żółto-brunatny)⁶ i 6% (czerwony).

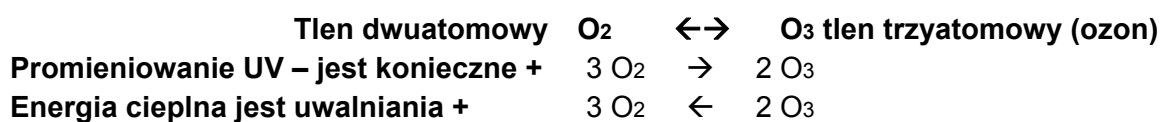
Przepływ energii w wysokości 15% (pozycja 2) to sedno sprawy, jest decydujący w odpowiedzi na pytanie: CO₂ chłodzi czy podgrzewa? Ponieważ energia cieplna odpywa z powierzchni Ziemi w kierunku wszechświata a nie odwrotnie, na powierzchni Ziemi występuje chłodzenie poprzez emisję cieplną, tak więc straty ciepła z powierzchni Ziemi w kierunku atmosfery (konwekcja) wynoszą 15%, a bezpośrednio do wszechświata za przyczyną promieniowania cieplnego 6%.

Zjawisko przejścia ciepła z powierzchni Ziemi w kierunku atmosfery zgodne jest z zasadą zachowania energii (Stefan Boltzmann). Z drugiej zasady termodynamiki wynika, że energia cieplna nie może zostać całkowicie przekształcona w energię użyteczną, powstaną straty. Wciąż się uważa, że energię cieplną można otrzymać jedynie przy współudziale materii z energii promieniowania. Dodaj jedną substancję do drugiej, posiadającej mniej energii, odłącz energię, pozostanie ilość energii otrzymanej łącznie. Dodaj jedną substancję zawierającą energię cieplną do drugiej, jedna schłodzi się przez utratę ciepła, druga nagrzeje się aż do całkowitej wymiany energii cieplnej przy zgodności temperatur.

Ocieplenie się substancji przez promieniowanie cieplne możliwe jest tylko wtedy, gdy moc promieniowania zostanie zaabsorbowana a nie przepuszczona. Części pierwsze atmosfery azot (N₂) i tlen (O₂) pozwalają przepływać promieniowaniu słonecznemu⁷, tak więc też promieniowaniu cieplnemu od strony powierzchni Ziemi. W związku z tym nie występuje ani ocieplenie się poprzez zewnętrzne promieniowanie cieplne, ani nie powstają w ten sposób straty cieplne.

Jeżeli w dalszym ciągu występowałyby przepływy energii z i do tych gazów, oznaczałoby to, że energia cząsteczek gazu została przyjęta i oddana.

Promieniowanie UV Słońca z udziałem 16% promieniowania słonecznego zostanie przekształcone poprzez te dwa procesy ozonowe w ciepło, budowa ozonu z tlenu poprzez absorbcję światła UV i rozkład ozonu z powrotem na tlen w wyniku uwolnienia ciepła. Uwolnione ciepło jest mierzalne jako podwyższona temperatura „warstwy ozonowej”.



Zarówno przed jak i po procesie ozonowym cząsteczka O₂ występuje niezmienną, a cząsteczka O₃ już nie przetrwa. Dlatego proces ozonowy nie jest niczym innym niż całkowitą konwersją energii promieniowania – UV Słońca w energię cieplną w wyższych warstwach atmosfery. Proces ozonowy nie odpowiada prawu promieniowania Plancka.

Decydujący dla naszego tematu przepływ promieniowania cieplnego (pozycja 2) wymaga dokładniejszej obserwacji. Najważniejszy jest jego stosunek do cząsteczki gazu CO₂.

Na wstępie zostało ustalone, że Ziemia i wszystkie substancje chemiczne Ziemi nie są w stanie ogrzać się same, bez wpływów zewnętrznych. W przeciwieństwie do tego muszą jednak prawie wszystkie

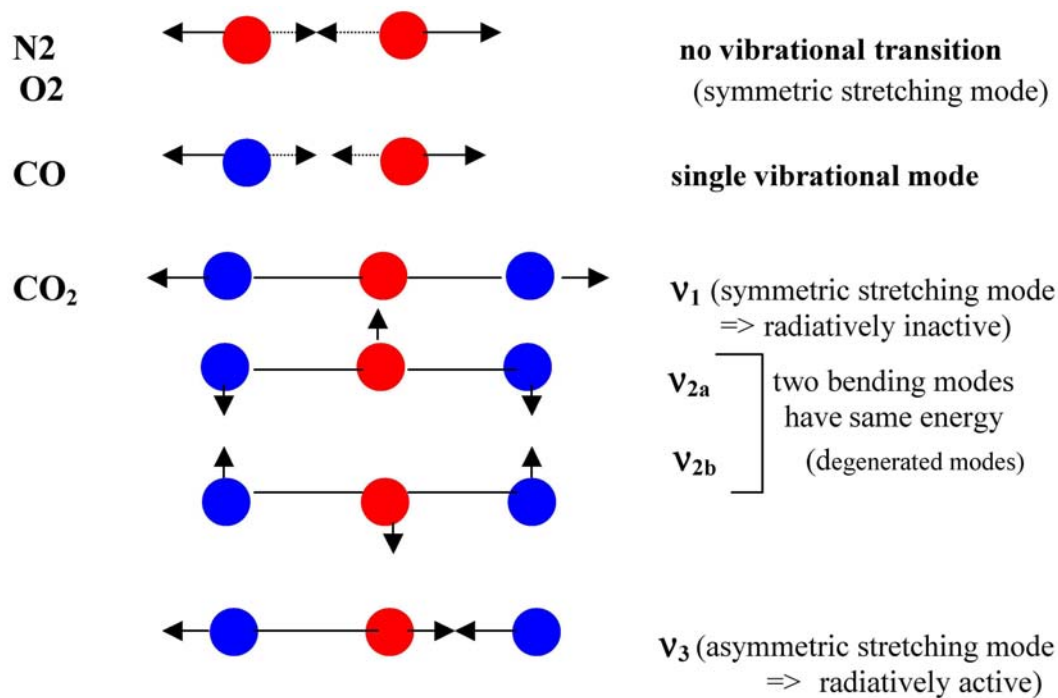
⁶ Powinien on być też czerwony (dla promieniowania cieplnego) nasycony żółto-brunatny (dla promieniowania słonecznego)!

⁷ Wyjątek stanowi proces ozonowy światła słonecznego UV (pozycja 3)

substancje w rozumieniu prawa chłodzenia Newtona – niezamiennie – po wypromieniowaniu w przestrzeń kosmiczną (do wszechświata) tracą swoje ciepło, czyli ulegają ochłodzeniu. Nieliczne substancje chemiczne, które stanowią wyjątek, mają znaczenie dla dyskusji o CO₂. Te kilka wyjątków ukazuje wolne sferycznie symetryczne i całkowicie niepolarne atomy, co na przykład jest wykrywalne w przypadku gazu szlachetnego argonu, dotyczy również obu symetrycznych cząsteczek gazowych azotu (N₂) i tlenu (O₂), głównych składników atmosfery ziemskiej. Nie posiadają one elektrycznego momentu dipolowego. Bez momentu dipolowego⁸ ruchy termiczne części cząsteczek nie mogą ani emitować ani absorbować elektromagnetycznego promieniowania cieplnego.

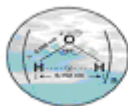
Nocne chłodzenie atmosfery pokazuje, że ona właściwie nie jest żadnym „ciałem”, które w myśl prawa chłodzenia Newtona oddaje energię cieplną do wszechświata, czyli traci to, co w rzeczywistości odnosi się tylko do powierzchni ziemskiej za pomocą jej substancji molekularnej. Ta wyjątkowa sytuacja ziemskiej powłoki gazowej dotyczy jej tylko ze względu na bardzo wysoką symetrię cząsteczkową głównych składników N₂ i O₂, a w konsekwencji braku aktywności IR.

Rys. 3⁹

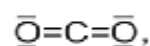


Prawo chłodzenia Newtona obowiązuje z całą pewnością dla asymetrycznych trzyatomowych cząsteczek gazu

z wody



i dwutlenku węgla



⁸ Wiązanie chemiczne posiada elektryczny moment dipolowy, jeżeli różne atomy są ze sobą połączone. W takim wypadku jeden atom zawsze pozostaje w stosunku do innych elektrycznie dodatni, a drugi o tej samej masie elektrycznie ujemny i tym samym na zewnątrz zostaje zachowana elektryczna obojętność. Ruch termiczny obu chemicznie powiązanych atomów powoduje elektromagnetyczne promieniowanie cieplne.

⁹ <http://www.heliosat3.de/e-learning/remote-sensing/Lec7.pdf> (tłum.)

które posiadają elektryczny moment dipolowy w swych wiązaniach chemicznych, a zatem są IR aktywne (patrz również rys. 3). To pokazuje, że do znacznej części atmosfery jest dodane ok. 2% normalnej masy ziemskiej. Te 2% wynika ze średniego stężenia cząsteczek H₂O (ok 0 do 4%) i cząsteczek CO₂ (0,04%, co odpowiada 400 ppm). H₂O i CO₂ zachowują się wobec wszechświata tak jak powierzchnia Ziemi. Wszystkie trzy substancje tracą energię cieplną do wszechświata. Ochłodzenie H₂O i CO₂ jest jednak, ze względu na ich niewielki udział (tylko 2%) w całkowitej substancji Ziemi, niemożliwe do zmierzenia przy meteorologicznych pomiarach temperatury na wysokości 2 m powyżej powierzchni Ziemi. Ochłodzenie H₂O i CO₂ o jedyne 2% jest niemierzalne.

Inaczej jest w bilansie energetycznym całkowitej kolumny atmosferycznej o wysokości około 75 km aż do przerwy turbulencji. Oczywiście 2% zawartość H₂O i CO₂ wystarcza do ostudzenia całej kolumny atmosferycznej tak dobrze, że jej zawartość ciepła będzie równomiernie niższa aż do samej góry.¹⁰ Podczas gdy atmosfera o swej całkowitej objętości do wysokości ok. 75 km traci swoje ciepło do wszechświata, ogranicza się objętość powierzchni Ziemi, która również traci swoje ciepło do wszechświata, do głębokości kilku centymetrów swojej substancji. To wyjaśnia dużą różnicę w potencjale utraty ciepła (potencjał chłodzenia) atmosfery (64%) i powierzchni Ziemi (6%).

Potencjał chłodzenia atmosfery, czyli jej zdolność do oddawania energii do wszechświata poprzez promieniowanie cieplne¹¹, jest ogromny. Atmosfera transportuje nie tylko całą energię, którą otrzymuje z powierzchni Ziemi dalej w przestrzeń, ale także oba przepływy energii, które otrzymuje bezpośrednio od Słońca: 16% pochodzi z procesu ozonowego UV a kolejne 3% ponad chmurami. Pomimo tego całego odprowadzania energii, nie ma przepływu wstecznego energii z atmosfery do powierzchni Ziemi, tylko cały transport energii jest zawsze skierowany w górę do wszechświata, a atmosfera jest średnio zawsze chłodniejsza niż powierzchnia Ziemi.

Dlatego zaleca się, aby spojrzeć dokładnie na diagram przepływów energii NASA i zrozumieć każdy pojedynczy przepływ energii.

Wartości procentowe w diagramie NASA odnoszą się do promieniowania słonecznego, które dociera do Ziemi rozumianej jako całość. Jest ono oznaczone jako 100%. W tym diagramie chłodzenie śladowych gazów H₂O i CO₂, które odpowiada prawu chłodzenia Newtona, zostało przedstawione za pomocą czerwonej strzałki po prawej stronie na dole (pozycja 3) odnoszącej się do promieniowania cieplnego. To promieniowanie cieplne dzieli się w atmosferze na dwie części. Jedna część (kolor czerwony) o wartości 6% unosi się bezpośrednio w przestrzeń. Druga (kolor żółtobrunatny) o wartości 15% skręca do atmosfery.

Żółta strzałka przedstawia schładzanie promieniowania powierzchni Ziemi przez śladowe gazy atmosfery H₂O i CO₂. Ten strumień promieniowania wynosi 15%. W tym strumieniu zawarte jest sedno. Przedstawia on chłodzenie promieniowania powierzchni Ziemi.

To skutecznie mierzalne chłodzenie promieniowania jest dokładnym przeciwieństwem postulowanego przez badaczy klimatu efektu cieplarnianego, czyli ocieplenia o +33 °C. Droga do obliczenia tego wzrostu temperatury o +33 °C jest z punktu widzenia fizyki bezcelowa.

¹⁰Z wyjątkiem anomalii ozonowych UV.

¹¹Łącznie z chmurami stanowiącymi 7%.

Najważniejsze dla całkowitego bilansu energetycznego Ziemi jest jednak promieniowanie ciepłe atmosfery (pozycja 4), przedstawione za pomocą grubej czerwonej strzałki, która całą energię jaka przedostaje się do atmosfery, odprowadza bezpośrednio do wszechświata. Ten ogromny chłodzący strumień promieniowania ciepłego stanowi 64%. To, co zostało graficznie przedstawione jako nagłe powstanie strzałki gdzieś w atmosferze, w rzeczywistości nie wynika nagle, lecz ciągle powyżej wysokości 75 km w formie coraz chłodniejszego rozprzestrzeniania się atmosfery w górę.

Temperatura atmosfery wraz z wysokością obniża się więcej niż tylko o znane $-0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ na każde 100 m wysokości, co odpowiada wpływowi grawitacji na gęstość i temperaturę. Ten ogromny przepływ promieniowania ciepłego z atmosfery do wszechświata, który z wartością 64% jest wyższy niż strumień energii słonecznej na powierzchnię Ziemi o wartości 51% sprawia, że CO₂ jest najważniejszym czynnikiem chłodzącym Ziemi, mimo iż jest obecny w kolumnie atmosferycznej tylko w śladowej ilości 400 ppm. Zawartość wody w postaci gazowej na wysokości ok 12 km na górnej granicy troposfery obniża się do ok. 10 ppm, ponieważ woda w postaci gazowej zamienia się w lód. Na wysokości od 12 do 75 km chłodzenie promieniowania odbywa się w mniejszym lub większym stopniu jedynie przy pomocy CO₂.

CO₂ jest – jak udowodniono przepływami energii z powierzchni Ziemi – najważniejszym czynnikiem chłodzącym Ziemi z powodu wyjątkowo intensywnej aktywności IR¹² tej cząsteczki. (rys. 4). Nadanie tutaj akurat CO₂ działania ocieplającego - nazywanego efektem cieplarnianym – to jeden z największych błędów naukowców.

Rys. 4¹³

Quelle: http://irina.eas.gatech.edu/EAS8803_Fall2009/Lec6.pdf

- ✓ Atmospheric pressure strongly affects the absorption spectra of gases (through pressure broadening). This poses a major problem in computing the transfer of IR radiation through the atmosphere with varying pressure, temperature, and amount of gases.

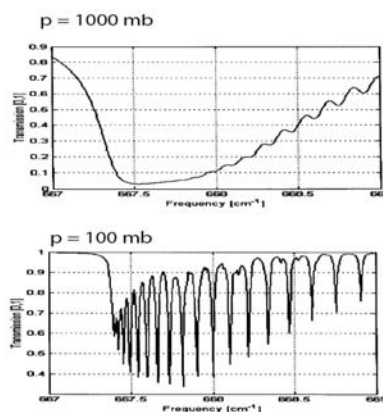


Figure 6.1 Example of *high spectral* resolution transmission spectra of a one-meter path with typical CO₂ concentration at 1000 mb and 100 mb.

¹² Wiązanie C=O cząsteczki CO₂ jest bardziej polarne niż wiązanie H-O cząsteczki H₂O. Dlatego pasma IR cząsteczki CO₂ są bardziej intensywne niż cząsteczki H₂O.

¹³ http://irina.eas.gatech.edu/EAS8803_Fall2009/Lec6.pdf (tłum.)