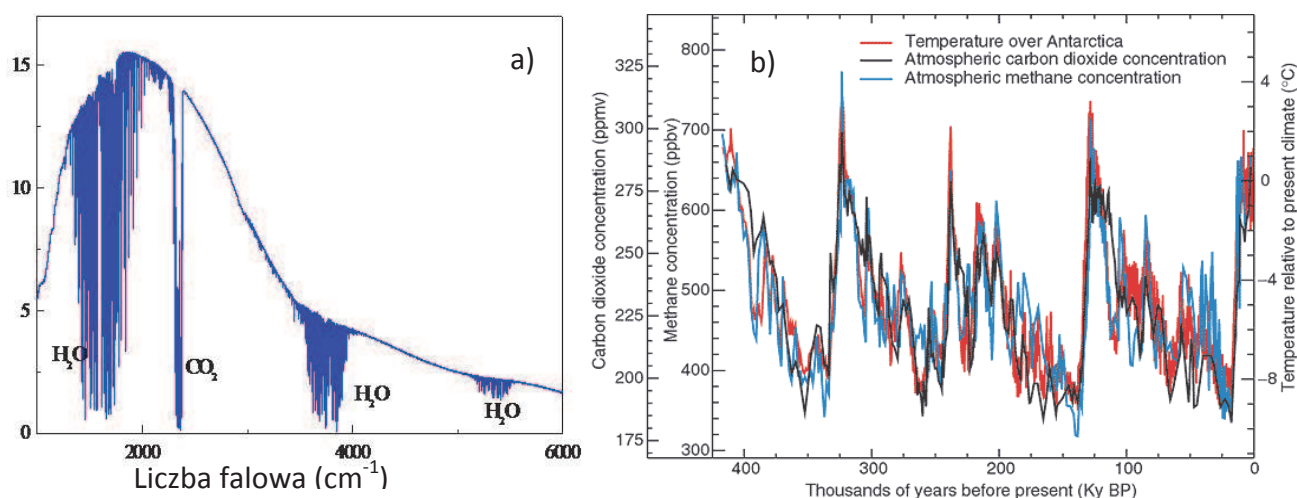


Rozdział VI. Zastosowania fizyki

6.1. Czy grozi nam efekt cieplarniany?

Dyskusja na temat występowania lub nie efektu cieplarnianego w odniesieniu do globalnego klimatu na Ziemi jest bardzo gorąca, jak na klimat przystało. Konieczność dostosowania się do regulacji prawnych Unii Europejskiej oznacza dodatkowe podatki, tzw. „carbon tax”, które obciążają ceny paliw, gazu, a także wszystkich innych dóbr, szczególnie tych energochłonnych, jak materiały budowlane. Przeciwnicy tych uregulowań prawnych podnoszą argument o występowaniu *naturalnego* efektu cieplarnianego. Tak! Występuje on rzeczywiście, i to dużo większy niż efekt spowodowany działalnością człowieka.

Naturalny **efekt cieplarniany** jest jednym z mechanizmów, dzięki któremu istnieje życie na Ziemi. Mimo ogromnej ilości energii docierającej do Ziemi ze Słońca (1340 W na każdy metr kwadratowy powierzchni prostopadłej do padania promieni) średnia temperatura na Ziemi wynosiłaby, bez atmosfery, zaledwie -15°C . Główne składniki atmosfery, azot N_2 , tlen O_2 , argon Ar (1%) są dla światła słonecznego prawie w całym zakresie widma przezroczyste. Inaczej jest z gazami w postaci cząsteczek wieloatomowych, jak para wodna (H_2O), dwutlenek węgla CO_2 , a także spotykane w śladowych ilościach w atmosferze ziemskiej podtlenek¹ azotu N_2O , metan CH_4 . Wieloatomowa struktura pozwala tym gazom efektywnie pochłaniać promieniowanie podczerwone (którego niesie około 40% energii w widmie Słońca). Promieniowanie podczerwone dociera do powierzchni Ziemi, ale w swej powrotnej drodze w kosmos jest pochłaniane przez gazy wieloatomowe², zob. rys.3.10. W skutek tego, średnia temperatura na Ziemi jest wyższa niż to wynikałoby z danych „astronomicznych”, aż o 33 K, i wynosi $+18^{\circ}\text{C}$. Dla życia opartego na wodzie, zasadnicza różnica!



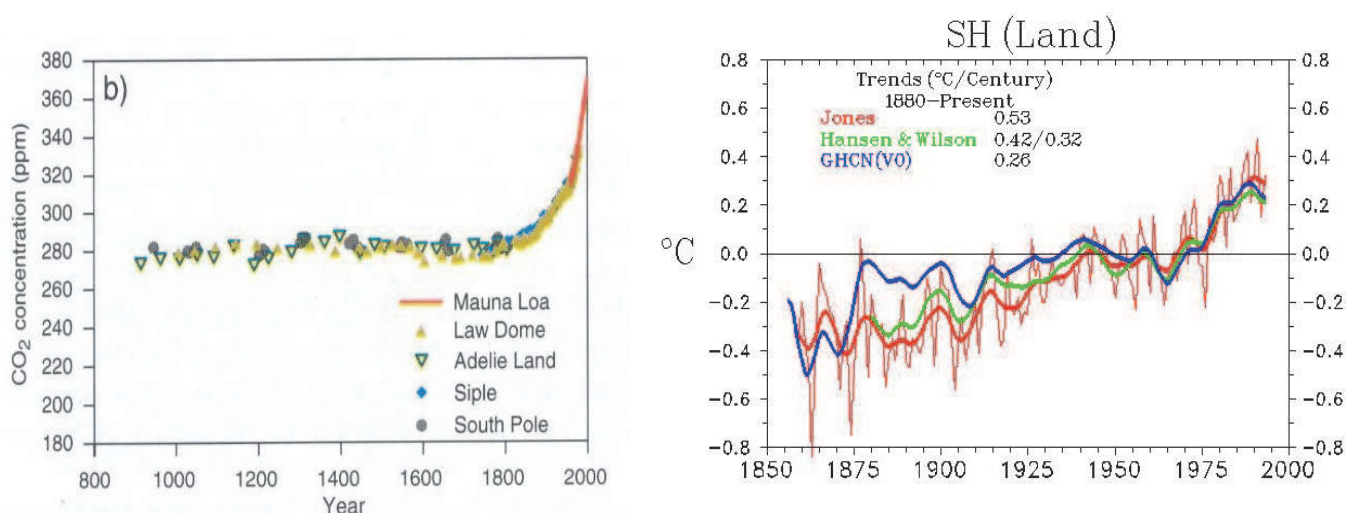
Ryc. 6.1. Mechanizmy efektu cieplarnianego: **a)** widmo (natężenie, jednostki względne) promieniowania elektromagnetycznego w temperaturze 290 K ma maksimum w zakresie podczerwieni (długość fali około $9\text{ }\mu\text{m}$); N_2 i O_2 w tym zakresie długości fal nie pochłaniają energii, więc atmosfera jest „przezroczysta”; energia jest jednak dobrze pochłaniana przez H_2O i CO_2 – ich zakresy absorpcji się uzupełniają; CO_2 „zamyka” skutecznie możliwe okno ucieczki ciepła z Ziemi (pomiar autor); **b)** w ciągu ostatnich 400 tys. lat temperatura na Antarktydzie (linia czerwona) i zawartość CO_2 w atmosferze (linia czarna) były ściśle skorelowane (źródło: NAOA)

¹ Poprawne chemicznie nazwy tych związków przedstawiliśmy w rozdziale III; tu stosujemy nazwy tradycyjne.

² Ta dziwna pozornie zależność jest konsekwencją prawa Plancka. Docierające do Ziemi promieniowanie ma „temperaturę” 5700 K a wysyłane przez Ziemię w kosmos około 300 K. W konsekwencji, większość energii cieplnej powracającej z Ziemi w kosmos jest unoszona przez promieniowanie podczerwone. Gazy cieplarniane przeszkadzają w tej ucieczce, co w konsekwencji podnosi średnią temperaturę na Ziemi.

Mechanizmy efektu cieplarnianego nie są proste, stąd i jego skutki nie są bezpośrednie. W szczególności, o ile zawartość dwutlenku węgla w atmosferze nie zależy od temperatury³, to ilość pary wodnej zależy niezwykle silnie: od zawartości prawie 0% w temperaturze 0°C do zawartości 100% w temperaturze 100°C⁴. Mały wzrost temperatury na Ziemi powoduje znaczny wzrost ilości H₂O w atmosferze, co potęguje efekt cieplarniany. Jest to rodzaj *dodatniego sprzężenia zwrotnego*, jak piszczące głośniki, kiedy w pobliżu jest mikrofon!

Ilość CO₂ w atmosferze, w przeciągu ostatnich setek tysięcy lat zmieniała się niewiele, co potrafimy udokumentować badając głębokie pokłady lodu na Antarktydzie, zob. ryc. 6.1a. Okazuje się, że średnia temperatura na Ziemi (a tę znamy np. z badania osadów muszli skorupiaków) jest ściśle skorelowana z zawartością CO₂ (ryc. 6.1b). Zawartość CO₂ zmieniała się od 200 ppm (części na milion) – wówczas średnia temperatura spadała o 8°C, do nieco ponad 300 ppm – wówczas temperatura rosła o +2°C. Ryc. 6.2a przedstawia zmiany koncentracji CO₂ w ciągu ostatniego tysiąca lat. Od początku ery przemysłowej, tak około 1850 roku, obserwujemy wzrost CO₂ – do dziś naturalny poziom tego gazu w atmosferze (wynoszący około 280 ppm) został przekroczony prawie o 30%!



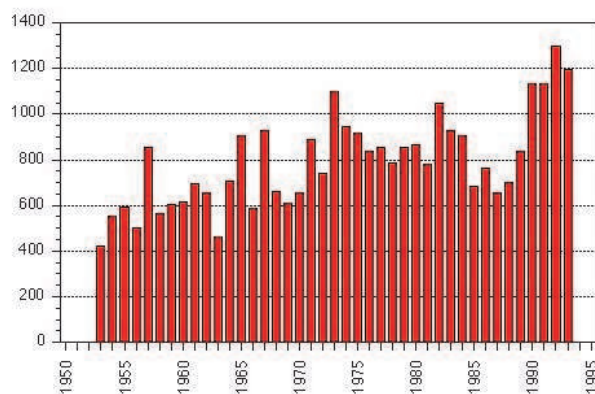
Ryc. 6.2.a) Wzrost CO₂ w atmosferze; **b)** zmiany temperatury na półkuli południowej (NOAA)

Wzrost poziomu CO₂ nie oznacza wzrostu temperatury *wszędzie i zawsze*. Efekt cieplarniany oznacza niekoniecznie większą temperaturę, ale większą ilość *ciepła* akumulowanego w atmosferze. Atmosfera, z prądami powietrznymi, wiatrami, opadami deszczu, burzami używa tego ciepła do napędzania wewnętrznych procesów. Stąd efekt cieplarniany może oznaczać nawet *niższe* temperatury latem i w dzień, pochmurne lata, ciepłe zimy ale z gwałtownymi prądami mroźnego powietrza znad bieguna.

Oceń sam, czy grozi nam dodatkowy efekt cieplarniany spowodowany spalaniem paliw przez człowieka, jakie może mieć skutki i jak można jemu zapobiec!

Ryc. 6.3. Liczba tornad w USA w okresie 1955-1995 (Źródło: NOAA, USA)

NUMBER OF OBSERVED TORNADOES - U.S.



³ Jak to pokazuje przykład Wenus z gigantycznymi ilościami CO₂ w atmosferze i ogromną temperaturą (do 500° C) ilość CO₂ w atmosferze nie zależy od temperatury tylko w „rozsądnym” zakresie temperatur.

⁴ W saunie jest duszno z powodu małej zawartości tlenu – ciśnienie pary wodnej wypycha z sauny powietrze.