


# Ziemia

<b>Ziemia</b> ⊕	
	
Charakterystyka orbity (J2000) <sup>[1] [2]</sup>	
Średnia odległość od Słońca	149 597 890 km (1,000 j.a.)
Obwód orbity	924 375 700 km
Mimośród	0,01671022
Peryhelium	147 100 000 km (0,983 j.a.)
Aphelium	152 100 000 km (1,017 j.a.)
Rok gwiazdowy <sup>[3]</sup>	365,256 dnia
Obieg synodyczny	nie dotyczy
Średnia prędkość orbitalna <sup>[3]</sup>	29,78 km/s
Maks. prędkość <sup>[3]</sup>	30,29 km/s
Min. prędkość <sup>[3]</sup>	29,29 km/s
Nachylenie orbity względem ekliptyki	0,00005°
Satelity naturalne	1 (Księżyc)
Charakterystyka fizyczna <sup>[3]</sup>	
Średnica równikowa	12 756,2 km
Średnica biegunowa	12 713,6 km
Przeciętna średnica	12 742 km
Spłaszczenie	0,00335
Przeciętny obwód	40 041,455 km
Powierzchnia <sup>[4] [5]</sup>	510 072 000 km <sup>2</sup> 148 940 000 km <sup>2</sup> lądu (29,2%) 361 132 000 km <sup>2</sup> wody (70,8%)
Objętość	1,08321×10 <sup>12</sup> km <sup>3</sup>

Masa	$5,9736 \times 10^{24}$ kg									
Gęstość	5,515 g/cm <sup>3</sup>									
Przyspieszenie ziemskie średnie	9,80 m/s <sup>2</sup>									
Prędkość ucieczki	11,186 km/s									
Średnia prędkość kołowa	$7,2921150(1) \times 10^{-5}$ rad/s <sup>[6]</sup>									
Nachylenie równika względem płaszczyzny orbity	23,45°									
Deklinacja	90°									
Albedo	0,367									
Temperatura powierzchni <sup>[2]</sup>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>min.</th> <th>śred.</th> <th>maks.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>185K</td> <td>288K</td> <td>331K</td> </tr> <tr> <td>-88°C</td> <td>15 °C</td> <td>58 °C</td> </tr> </tbody> </table>	min.	śred.	maks.	185K	288K	331K	-88°C	15 °C	58 °C
min.	śred.	maks.								
185K	288K	331K								
-88°C	15 °C	58 °C								
Ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza	101,325 kPa									
<b>Skład atmosfery<sup>[3] [7]</sup></b>										
Azot	78,084%									
Tlen	20,946%									
Argon	0,934%									
Dwutlenek węgla (wg krzywej Keelinga)	0,0385%									

**Ziemia** (łac. *Terra*) – trzecia licząc od Słońca, a piąta co do wielkości planeta Układu Słonecznego. Pod względem średnicy, masy i gęstości jest to największa planeta skalista Układu.

Ziemia, zamieszkała przez miliony gatunków, wliczając w to człowieka<sup>[8]</sup>, jest jedynym znanym miejscem we wszechświecie, w którym występuje życie<sup>[9]</sup>. Planeta uformowała się  $4,54 \pm 0,05$  miliarda lat temu<sup>[10]</sup>, a życie pojawiło się na jej powierzchni w ciągu pierwszego miliarda lat po uformowaniu. Następnie, biosfera ziemską wpłynęła na atmosferę i inne czynniki abiotyczne planety, umożliwiając rozwój organizmów aerobowych oraz powstanie ozonosfery. Rozwój życia na lądzie umożliwiła powłoka ozonowa, zmniejszająca natężenie promieniowania ultrafioletowego<sup>[11]</sup> oraz magnetosfera, odbijająca cząstki wiatru słonecznego.

Litosfera podzielona jest na kilkadziesiąt segmentów nazywanych płytami tektonicznymi, które przez miliony lat przesuwały się względem siebie, co prowadzi do znacznej zmiany położenia kontynentów w czasie. Powierzchnię w 70,8% zajmuje woda wszechoceanu zawarta w morzach i oceanach; pozostałe 29,2% stanowią kontynenty i wyspy. Niezbędnej do życia na Ziemi wody w stanie ciekłym nie wykryto na powierzchni innych ciał niebieskich<sup>[12] [13]</sup>. Wnętrze Ziemi składa się z grubego płaszcza, płynnego jądra zewnętrznego (generującego pole magnetyczne) oraz stałego jądra wewnętrznego.

Ziemia oddziałuje grawitacyjnie z innymi ciałami w przestrzeni kosmicznej. Planeta wykonuje jedno okrążenie wokół Słońca raz na każde 366,256 obrotów wokół własnej osi. Czas jednego okrążenia wokół Słońca nazywa się rokiem gwiazdowym i odpowiada 365,256 dniom czasu słonecznego<sup>[14]</sup>. Nachylenie osi Ziemi do prostej prostopadłej do płaszczyzny orbity wynosi 23,45°, co prowadzi do rocznych wahań oświetlenia, które powodują m.in. występowanie pór roku. Wokół Ziemi krąży jeden naturalny satelita – Księżyc, który orbituje wokół niej od ok. 4,53 miliarda lat. Wywołuje on pływy morskie i stabilizuje kąt nachylenia osi obrotu względem orbity. Bombardowanie przez komety we wczesnej historii Ziemi przyczyniło się do powstania oceanów<sup>[15]</sup>, a upadki

pojedynczych planetoid mogły prowadzić do niektórych masowych wymierań.

Zasoby naturalne skorupy ziemskiej i umiejętność ich przetworzenia zapewniają przetrwanie m.in. globalnej populacji ludzkiej. Populacja ta podzielona jest politycznie na około 200 niepodległych państw. W kulturze ludzkiej wykształciły się różne poglądy na temat planety, takie jak personifikacja w postaci bóstwa, wiara, że Ziemia jest płaska, oraz nowoczesna idea świata jako wrażliwego, zintegrowanego środowiska. Człowiek po raz pierwszy umownie opuścił Ziemię w 1961, kiedy Jurij Gagarin wyleciał lotem orbitalnym na około 2 godziny (jedno okrążenie) nieco ponad jej atmosferę, a w 1969 Neil Armstrong i Buzz Aldrin jako pierwsi wylądowali na powierzchni innego ciała niebieskiego – Księżycu.

Przewiduje się, że za około 7,59 mld lat planeta zostanie wchłonięta przez atmosferę Słońca i ulegnie zniszczeniu<sup>[16]</sup>

## Historia Ziemi

Ziemia oraz pozostałe planety Układu Słonecznego powstały  $4,54 \pm 0,05$  mld lat temu<sup>[10] [17] [18] [19]</sup> z mgławicy słonecznej – obłoku gazu i pyłu, który podczas powstawania Słońca przekształcił się w dysk. Początkowe bombardowanie przez planetoidy spowodowało, że powłoka zewnętrzna Ziemi była w fazie płynnej. Akumulacja pary wodnej i innych gazów w atmosferze doprowadziła jednak do powstania gęstych chmur, które przysłoniły promieniowanie słoneczne i wyzwołyły opady deszczu. W ten sposób powierzchnia zaczęła stygnąć, formując stałą skorupę<sup>[20]</sup>. Następnie, według teorii wielkiego zderzenia, nastąpiła kolizja planety z obiektem wielkości Marsa i masie 1/10 masy Ziemi, nazywanym czasami Theą<sup>[21]</sup>. Część masy ciała zintegrowała się z Ziemią, a niektóre odłamki uleciały w przestrzeń kosmiczną. Z części odłamków i fragmentów skorupy ziemskiej wyrzuconych przy zderzeniu w kosmos uformował się Księżyc<sup>[22] [23]</sup>.

Odgazowanie<sup>[24]</sup> i aktywność wulkaniczna wytworzyły zasadniczą atmosferę. Skraplająca się para wodna wraz z lodem i wodą płynną pochodzącymi z asteroid, protoplanet, komet i transneptunów, doprowadziły do powstania ziemskich oceanów<sup>[15]</sup>. Spekuluje się, że ok. 4 mld lat temu w naładowanej energią chemiczną mieszance substancji organicznych (tzw. "pierwotnej zupie"), jedna z cząsteczek uzyskała możliwość powielania samej siebie, zapoczątkowując życie na planecie. Ok. 3,8 – 3,5 mld lat temu miał istnieć wspólny przodek wszystkich żyjących obecnie na Ziemi organizmów<sup>[25] [26]</sup>.

Rozwój fotosyntezy u niektórych prokariotów umożliwił im wykorzystanie energii słonecznej jako źródła energii; wydalaný przez nie tlen gromadził się w atmosferze i doprowadził do powstania w jej górnej warstwie powłoki ozonu (odmiany alotropowej tlenu, O<sub>3</sub>). W wyniku wchłaniania mniejszych komórek przez większe w procesie endosymbiozy, rozwinęły się eukarioty<sup>[27]</sup>. Specjalizacja kolonii komórkowych stała się motorem ewolucji wielokomórkowców – początkowo roślin, a następnie zwierząt<sup>[28]</sup>.

W eonie hadeiku planeta praktycznie pozbawiona była suchego lądu<sup>[29]</sup>, w kolejnych epokach powierzchnia obszarów wznoszących się ponad poziom morza stopniowo wzrastała. W ciągu ostatnich 2 mld lat, powierzchnia wszystkich kontynentów zwiększyła się dwukrotnie<sup>[30]</sup>. Proces kształtowania się powierzchni powodował w skali setek milionów lat nieustanny rozpad i ponowne formowanie kontynentów. Wskutek migracji płyt litosferycznych, parokrotnie powstawał superkontynent. Około 750 mln lat temu rozpadła się Rodinia, jedna z najstarszych tego typu formacji. Później kontynenty złączyły się ponownie i w okresie 600-540 mln lat temu istniał superkontynent Pannocja. Następnie powstała Pangea, która rozpadła się ok. 180 mln lat temu<sup>[31]</sup>.

W latach 60. zaproponowano hipotezę Ziemi-śnieżki, która sugeruje, że w neoproterozoiku, większość powierzchni planety pokrywał lód. Wydarzenie to poprzedziło eksplozję kambryjską, okres gwałtownego wzrostu liczby gatunków organizmów wielokomórkowych, w szczególności zwierząt<sup>[32]</sup>. W toku dalszej ewolucji, rozwinęły się m.in. następujące grupy zwierząt i roślin: ryby (505 mln lat temu), rośliny lądowe (438 mln), płazy (408 mln), gady (320 mln), ssaki (208 mln) i okrytonasienne (140 mln lat temu)<sup>[33]</sup>.

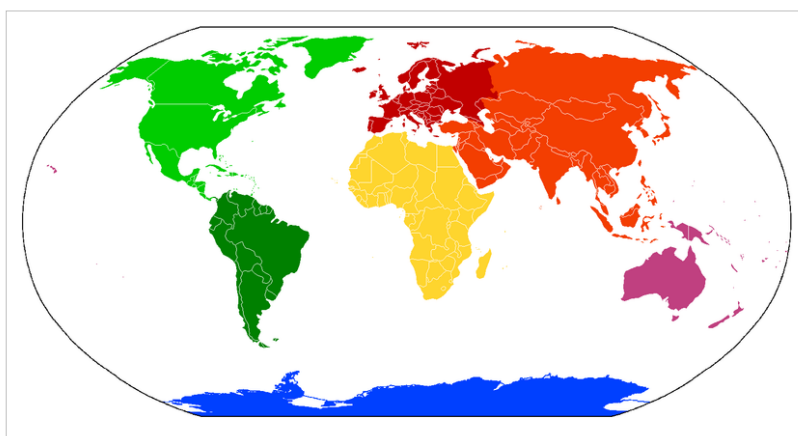
W ciągu ostatnich 540 mln lat na Ziemi nastąpiło pięć wielkich masowych wymierań<sup>[34]</sup>. Ostatnie z nich – wymieranie kredowe, ok. 65,5 mln lat temu – wywołane zostało prawdopodobnie upadkiem 10-kilometrowej asteroidy. Kolidacja obiektu z Ziemią wyzwoliła duże ilości pary i pyłów, które uniosły się do górnych warstw atmosfery i utrudniały docieranie promieni słonecznych na powierzchnię. Doprowadziło to do wyginięcia większości gatunków naziemnych (m.in. nieptasich dinozaurów), choć mniejsze i liczniejsze ssaki przetrwały. Kolejne 65 mln lat historii Ziemi charakteryzowała ewolucja i wzrost różnorodności gatunkowej przedstawicieli gromady ssaków. Kilka milionów lat temu, afrykańska małpa człekokształtna wykształciła dwunożność i zdolność chodzenia w pozycji wyprostowanej<sup>[35]</sup>. Dalsza ewolucja jednego z gatunków z rodziny człowiekowatych faworyzowała zdolność korzystania z narzędzi i komunikację, które stymulowały rozwój mózgu. Ostatecznie, powstał człowiek współczesny – *Homo sapiens sapiens*. Wytworzenie własnej kultury, rozwój rolnictwa i postęp technologiczny zapewniły mu w krótkim czasie status dominującego gatunku na Ziemi<sup>[36]</sup>.

Około 3,2 mln lat temu nasiliły się wahania klimatu – po fali zimna (glacjał) następowało ocieplenie (interglacjał). Strefy podbiegunowe przechodziły cykle zlodowacenia i topnienia, powtarzające się co 40–100 000 lat. Taka sytuacja utrzymywała się przez całą epokę plejstoceńską. Ponieważ przez znaczną część swojej historii planeta prawdopodobnie pozbawiona była (lub miała niewielką ilość) lodu, epoka ta nazywana jest również epoką lodową. Ostatnie zlodowacenie zakończyło się 11700 lat b2k (przed rokiem 2000). Od tego czasu Ziemia jest w okresie interglacjału, w epoce holocenu<sup>[37]</sup>.

## Geografia

Kartografia, sztuka sporządzania i badania map, oraz pośrednio geografia, historycznie poświęcone były próbom zobrazowania planety. Geodezja, badająca położenie i dystans, oraz nawigacja, zajmująca się pozycją na powierzchni Ziemi, dostarczyły danych liczbowych.

Wyróżnia się do siedmiu kontynentów, w kolejności od największej do najmniejszej powierzchni: Azja, Afryka, Ameryka Północna, Ameryka Południowa, Antarktyda, Europa i Australia. Niektóre podziały traktują Amerykę Płn. i Południową jako jeden kontynent – Amerykę, a Europa i Azja to Eurazja.



Wyróżnia się też trzy, cztery lub pięć oceanów. W systemie pięciu oceanów,

w kolejności od największej do najmniejszej powierzchni wymienia się: Ocean Spokojny, Ocean Atlantycki, Ocean Indyjski, Ocean Południowy i Ocean Arktyczny. Ogólne określenie całości tych wód morskich to wszechocean.

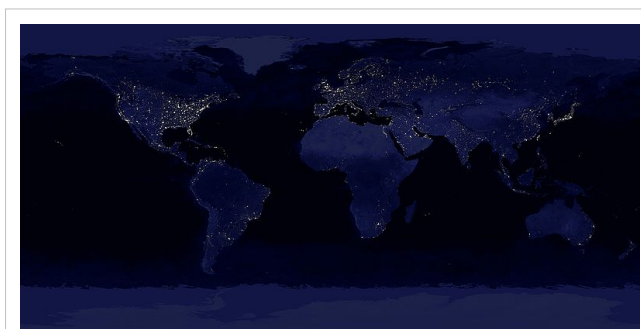
Położenie poszczególnych punktów na Ziemi określane jest na podstawie współrzędnych geograficznych. Umieszczenie lokacji w pionie określa szerokość geograficzna, a w poziomie – długość geograficzna. Punkty o tej samej szerokości leżą na tym samym równoleżniku, a punkty o tej samej długości dzielą wspólny południk. Najdłuższym równoleżnikiem jest równik.

Biegun geograficzny jest miejscem przecięcia się osi obrotu Ziemi z jej powierzchnią. Biegun północny znajduje się na Oceanie Arktycznym, a południowy na Antarktydzie. Ze względu na niewielkie nachylenie osi ziemskiej do osi obiegu wokół Słońca, promienie słoneczne padają na bieguny pod niewielkim kątem, co uniemożliwia ich znaczne ogrzanie. Nawet w czasie dni polarnych, mimo wydłużonej ekspozycji na promieniowanie Słońca, temperatura nie podnosi się znacząco z uwagi na wysoki współczynnik odbicia promieni słonecznych od lodu i śniegu. Pierwszym człowiekiem, który dotarł do bieguna północnego był Robert Edwin Peary, zdobywcą bieguna południowego był

Roald Amundsen.

## Geografia społeczna

Według szacunków z 1 stycznia 2009, Ziemię zamieszkuje ok. 6 750 820 000 ludzi<sup>[38]</sup>. Prognozy sugerują, że światowa populacja ludzka wzrośnie do 8,3 mld w 2030 i 9,2 miliardów w 2050<sup>[39]</sup>, głównie poprzez zwiększanie się ludności krajów rozwijających się. Gęstość populacji waha się w zależności od regionu, jednak największe skupiska ludności występują w Azji, m.in. w Chinach i Indiach. W 2020, 60% światowej ludności zamieszkiwać będzie miasta, na skutek urbanizacji i migracji z rejonów wiejskich<sup>[40]</sup>.



Ziemia w nocy – kompozycja, z użyciem danych z sensorów Defense Meteorological Satellite Program (DMSP).

Łądowe obszary Ziemi, poza kontynentem Antarktydy, i otaczające je pasma morskich wód przybrzeżnych (zazwyczaj, ale nie zawsze, akwen 12 mil morskich) jest podzielony na państwa. Niektóre z nich roszczą sobie (czasami sprzeczne) prawa do poszczególnych powierzchni lądowych, z wyjątkiem niektórych obszarów Antarktydy. W 2008 istniało ok. 203 *de facto* suwerennych państw<sup>[41]</sup> (kilkanaście z nich było nieuznawanych w jakimś stopniu prawnie przez inne). Z tej liczby tradycyjnie wyróżnia się 192 państwa członkowskie ONZ, państwo-observatora w ONZ, Watykan, oraz jednostki o statusie niepaństwowego obserwatora w ONZ, (Palestyna, Zakon Kawalerów Maltańskich)<sup>[42]</sup>.

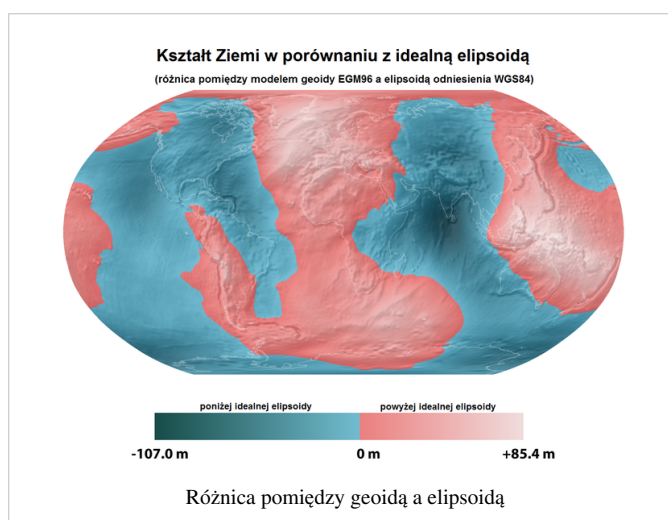
Historycznie, Ziemia nigdy nie miała suwerennego rządu z władzą rozciągającą się na cały glob, choć niektóre państwa usiłowały uzyskać światową dominację. Organizacja Narodów Zjednoczonych to docelowo uniwersalna organizacja międzynarodowa, założona głównie w celu zapobiegania zbrojnym konfliktom pomiędzy narodami, rozwoju współpracy i przestrzeganiu praw człowieka. Nie jest ona jednak rządem światowym. Choć ONZ umożliwia ustanawianie prawa międzynarodowego<sup>[43]</sup> oraz, za zgodą członków, zbrojną interwencję, jest to przede wszystkim międzynarodowe forum dyplomatyczne.

## Skład i struktura

Ziemia, podobnie jak i pozostałe planety skaliste, ma skalną powłokę. Pod względem masy i średnicy jest to największa planeta skalista Układu Słonecznego. Ma również największą gęstość, najsilniejsze pole magnetyczne i grawitacyjne oraz najszybszy ruch obrotowy<sup>[44]</sup>. Jest to jedyna znana planeta, na której są aktywne płyty tektoniczne<sup>[45]</sup>.

## Kształt

Kształt Ziemi zbliżony jest do elipsoidy obrotowej, kuli lekko spłaszczonej na biegunach. Ruch obrotowy Ziemi sprawia, że średnica równika jest o 43 km większa niż średnica pomiędzy biegunami<sup>[46]</sup>. Przeciętna średnica wynosi 12 742 km.



Różnica pomiędzy geoidą a elipsoidą

Rzeczywisty kształt planety jest nazywany geoidą – jest to powierzchnia prostopadła do pionu w każdym jej punkcie. Geoida zerowa pokrywałaby się z powierzchnią oceanów przy pełnej równowadze znajdujących się w nich mas wodnych<sup>[47]</sup>, czyli bez krótkotrwałych zmian poziomu morza przez prądy morskie i pogodę. Odchylenia geoidy od idealnej elipsoidy wynoszą od -106 m do 85 m<sup>[48]</sup>. Ponieważ nieregularności geoidy mogą mieć znaczenie przy dokładnym określaniu położenia, przy pomiarach i obliczeniach geodezyjnych preferowane jest odniesienie do elipsoidy<sup>[47]</sup>. W porównaniu do idealnej elipsoidy, odchylenie względne geoidy wynosi ok. 1/584, czyli 0,17%. Jest to mniej niż wymagana tolerancja kul bilardowych (0,22%)<sup>[49]</sup>.

Największe lokalne odchylenia powierzchni to Mount Everest (8 848 m n.p.m.) i rów Mariański (10 911 m p.p.m.). Najbardziej oddalonym miejscem powierzchni od środka planety jest wierzchołek Chimborazo w Ekwadorze.

### Tlenki skorupy ziemskiej<sup>[50]</sup>

Związek	Wzór	Udział
dwutlenek krzemu	SiO <sub>2</sub>	59,1%
tlenek glinu	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,8%
tlenek wapnia	CaO	6,4%
tlenek magnezu	MgO	4,4%
tlenek sodu	Na <sub>2</sub> O	3,2%
tlenek żelaza	FeO <sub>T</sub> <sup>[51]</sup>	6,6%
tlenek potasu	K <sub>2</sub> O	1,88%
tlenek manganu(II)	MnO	0,11%
tlenek tytanu(IV)	TiO <sub>2</sub>	0,7%
tlenek fosforu(V)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,2%
<b>Łącznie</b>		<b>98,39%</b>

### Skład chemiczny

Masa Ziemi wynosi  $5,98 \times 10^{24}$  kg. Planeta składa się głównie z żelaza (32,1%), tlenu (30,1%), krzemu (15,1%), magnezu (13,9%), siarki (2,9%), niklu (1,8%), wapnia (1,5%) oraz glinu (1,4%). Pozostałe pierwiastki występują w śladowych ilościach (1,2%). Jądro zbudowane jest przede wszystkim z żelaza (88,8%), a także niklu (5,8%), siarki (4,5%) i śladowych ilości (mniej niż 1%) innych pierwiastków<sup>[52]</sup>.

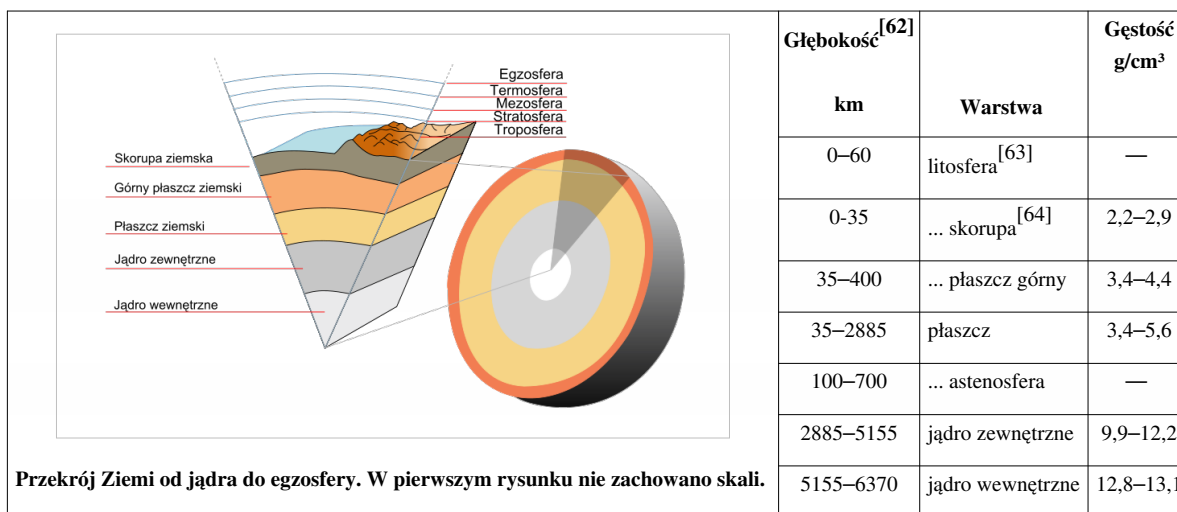
Geochemik Frank W. Clarke określił skład ilościowy skorupy ziemskiej. Obliczył, że składa się ona w 46,6% z tlenu<sup>[53]</sup>, wchodzącego głównie w skład skał ziemskich w postaci tlenków, przede wszystkim tlenków glinu, żelaza, wapnia, magnezu, sodu oraz potasu. Dwutlenek krzemu (krzemionka) występuje w przyrodzie w czystej postaci jako kwarc, tworzy też sole zwane krzemianami – minerały, z których zbudowane jest ponad 90% skał tworzących skorupę ziemską.

### Struktura wewnętrzna

Wnętrze Ziemi można podzielić ze względu na chemiczne lub mechaniczne (reologiczne) właściwości. Pod względem budowy chemicznej, planeta składa się z krzemianowej skorupy, bogatego w krzem, magnez i żelazo płaszczu oraz żelaznego jądra. Pod względem właściwości mechanicznych, wyróżnia się stałą litosferę, plastyczną astenosferę, stałą mezosferę, płynne jądro zewnętrzne i stałe jądro wewnętrzne. Badanie właściwości poszczególnych warstw odbywa się z użyciem pomiarów sejsmologicznych. W górnych rejonach skorupy ziemskiej możliwe jest pobieranie próbek geologicznych. Najgłębszym odwiertem na świecie jest SG-3, o głębokości 12 262 m<sup>[50]</sup>.

Temperatura środka planety może wynosić 4000-7000 K, a ciśnienie dochodzić do 360 GPa<sup>[54]</sup>. Początkowo, ciepło wewnętrzne Ziemi pochodziło głównie z kontrakcji grawitacyjnej w okresie formowania się planety. Obecnie, najwięcej ciepła (45 do 90%) pochodzi z rozpadu radioaktywnego izotopów potasu (<sup>40</sup>K), uranu (<sup>238</sup>U) i toru (<sup>232</sup>Th)<sup>[55]</sup> <sup>[56]</sup>. Czas połowicznego rozpadu tych pierwiastków wynosi, odpowiednio, 1,25 miliardów, 4 miliardy i 14 miliardów lat<sup>[57]</sup>. Źródła ciepła upatruje się też częściowo w ochładzaniu się płaszcza, tarcia wewnętrznym wywołanym siłami pływowymi i zmianami w prędkości obrotu Ziemi. Część energii termicznej jądra transportowana jest do skorupy ziemskiej poprzez pióropusz płaszcza, który może powodować powstawanie plam gorąca i pokryw lawowych<sup>[58]</sup>. Szacowana ilość ciepła wypływającego z jądra Ziemi wynosi od 4 do 15 TW, a wpływ ciepła na powierzchnię ma wartość ok. 46 TW<sup>[59]</sup> <sup>[60]</sup>. Jest to niewiele w bilansie energetycznym powierzchni Ziemi – ok. 1/10 W/m<sup>2</sup>, co stanowi około 1/10000 energii promieniowania słonecznego docierającego do Ziemi.

### Geologiczne warstwy Ziemi<sup>[61]</sup>



### Skorupa

Skorupa ziemna jest zewnętrzną powłoką Ziemi. Zajmuje do 1% objętości globu oraz 0,7% jego masy, jest to jednak najbardziej zróżnicowana chemicznie i fizycznie geosfera. Granicę pomiędzy płaszczem a skorupą wyznacza nieciągłość Mohorovičića (zwana też *powierzchnią Moho*). Nieciągłość Moho, odkryta przez chorwackiego geofizyka Andriję Mohorovičića w 1909, pod kontynentami znajduje się na głębokości około 35 km, a pod oceanami ok. 5-8 km. Dolna część skorupy ziemskiej (warstwa bazaltowa) jest oddzielona od części górnej (warstwa granitowa) przez nieciągłość Conrada.

Skorupa ziemna dzielona jest na skorupę kontynentalną i oceaniczną, które różnią się grubością, gęstością, budową geologiczną i składem chemicznym. Gęstość skorupy kontynentalnej wynosi średnio 2,7 g/cm<sup>3</sup>. W rejonach aktywnych tektonicznie ma ona grubość 35-45 km, a w regionach stabilnych – 55-70 km. Skorupa oceaniczna ma grubość 10-12 km i średnią gęstość 3,0 g/cm<sup>3</sup><sup>[65]</sup> <sup>[62]</sup>.

## Płaszcz

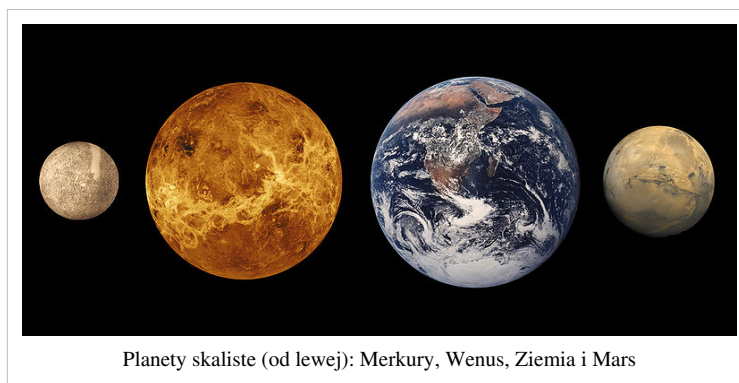
Głębokość płaszczu ziemskiego wynosi od 35 do 2890 km, co czyni go najgrubszą warstwą planety. Ciśnienie u jego podstawy ma wartość ok. 140 GPa (1,4 Matm). Rozróżnia się do czterech warstw płaszczu, które składają się głównie z substancji bogatych w żelazo i magnez: płaszcz górny, strefa przejściowa, płaszcz dolny i warstwa D.

Płaszcz górny, zwany zewnętrznym, budują związki chromu, żelaza, krzemu i magnezu (tzw. *profesima*). Średnia gęstość tej sfery wynosi 4,0 g/cm<sup>3</sup>. Górna część płaszczu ma od 35 do 400 km głębokości; jest to warstwa o cechach plastycznych i zapewnia skorupie ziemskiej ruchliwość – wywodzą się z niej procesy tektoniczne. Płaszcz dolny, zwany też wewnętrznym, zbudowany jest głównie z niklu, żelaza, krzemu i magnezu (tzw. *nifesima*). Średnia gęstość płaszczu wewnętrznego waha się w granicach 5,0-5,6 g/cm<sup>3</sup>. W płaszczu Ziemi zachodzą zjawiska związane z powolnym przemieszczaniem się w górę plastycznych mas materii pod wpływem ciepła (ruchy konwekcyjne).

Punkt topnienia substancji zależy m.in. od ciśnienia, jakiemu jest ona poddawana. Im głębiej, tym ciśnienie większe, zatem uważa się, że płaszcz dolny jest w stanie stałym, a górny – w stanie plastycznym (półpłynnym). Średnia globalna lepkość płaszczu górnego wynosi ok.  $10^{20} - 10^{21}$  Pa·s<sup>[66]</sup>, a płaszczu dolnego ok.  $10^{22}$  Pa·s<sup>[67]</sup>.

## Jądro

Gęstość Ziemi wynosi 5,515 g/cm<sup>3</sup>, czyniąc ją najgęstszą planetą w Układzie Słonecznym. Gęstość wzrasta wraz z głębokością – przy powierzchni ma wartość 2,2-2,9 g/cm<sup>3</sup>, jądro składa się z najgęstszych substancji – 12-13 g/cm<sup>3</sup>. Około 4,54 mld lat temu, podczas formowania się planety, Ziemia stanowiła półpłynną stopioną masę. Cięższe substancje opadały w kierunku środka, podczas gdy lżejsze materiały odpływały ku powierzchni. W efekcie jądro składa się głównie z żelaza i niklu. Inne cięższe pierwiastki, jak ołów i uran, występują zbyt rzadko, żeby przewidzieć ich dokładne rozmieszczenie oraz mają tendencję do tworzenia wiązań z lżejszymi pierwiastkami, pozostają zatem w płaszczu.



Planety skaliste (od lewej): Merkury, Wenus, Ziemia i Mars

Jądro podzielone jest na dwie części: stałe jądro wewnętrzne o promieniu ok. 1215 km i płynne jądro zewnętrzne wokół niego, o grubości 2270 km. Przyjmuje się, że jądra mają taki sam skład chemiczny, choć w innych stanach skupienia. Konwekcja jądra zewnętrznego połączona z ruchem rotacyjnym Ziemi (efekt Coriolisa) wytwarza ziemskie pole magnetyczne przez proces znany jako efekt dynama. Stałe jądro wewnętrzne jest zbyt gorące aby utrzymać stałe pole magnetyczne (temperatura Curie) ale prawdopodobnie działa stabilizująco na pole magnetyczne wytwarzane przez ciekłe jądro zewnętrzne. Badania wskazują, że jądro wewnętrzne Ziemi obraca się szybciej niż reszta planety, o ok. 0,3-0,5° rocznie<sup>[68]</sup>.

## Tektonika płyt

W XIX wieku zauważono, że kontynenty "pasują" do siebie jak elementy układanki. Co więcej, na odpowiadających sobie wybrzeżach znaleziono te same formacje skalne, mimo że lądy te były oddalone od siebie o tysiące kilometrów. Ponadto, skamieniałości wspólnego pochodzenia znajdowano w miejscach zupełnie odmiennych i oddalonych, np. na Antarktydzie i w Indiach. To skłoniło uczonych do spekulacji na temat "ewolucji" skorupy ziemskiej. Teoria Wegenera z 1912 sugerowała wędrówkę kontynentów; nie wyjaśniała ona jednak w jaki sposób kontynenty mogą się przemieszczać. W latach 30. XX wieku hipoteza Wegenera została zarzucona, a na początku lat 60. wykrystalizowały się dwie nowe teorie – teoria tektoniki płyt oraz hipoteza ekspandującej Ziemi, w pewnym stopniu oparte o wywody Wegenera i wyjaśniające inne fakty geologiczne.



Według dominującej obecnie teorii tektoniki płyt, powłoka zewnętrzna Ziemi składa się z dwóch warstw: sztywnej litosfery i płynnej astenosfery. Astenosfera to region, który ze względu na wyższą temperaturę i ciśnienie zachowuje się jak ciało plastyczne i może bardzo powoli płynąć. Litosfera pod wpływem ciepła ulega deformacji i rozkłada się na bloki nazywane płytami tektonicznymi, które unoszą się na płynnym materiale astenosfery jak tafle lodu na powierzchni oceanu. Płyty stopniowo przesuwają się względem siebie; wyróżnia się trzy typy granic płyt: rozbieżne (płyty oddalają się od siebie, np. Grzbiet Śródatlantycki), zbieżne (jedna płyta podsuwa się pod drugą, np. Andy) i przesuwcze (płyty przesuwają się względem siebie, np. San Andreas). Na granicach płyt tektonicznych może zachodzić aktywność wulkaniczna, orogeneza, trzesienia ziemi oraz formowanie się rowów oceanicznych<sup>[69]</sup>.



Główne płyty tektoniczne Ziemi<sup>[70]</sup>. Z 16 głównych płyt (pomniejsze nazwano w literaturze anglojęzycznej mianem *microplate*), nie jest zaznaczona, będąca w procesie formowania się, płyta somalijska. Dokładniejsza mapa, z zaznaczeniem płyty somalijskiej oraz ruchem płyt: Tectonic plates boundaries detailed-en.png Na styku płyt afrykańskiej i somalijskiej uformował się potężny system rowów tektonicznych, nazywanych Wielkimi Rowami Afrykańskimi. Jest to zarówno region wielkich trzęsień ziemi, jak i najstarszych źródeł paleontologicznych praczłowieka.

## 16 głównych płyt tektonicznych Ziemi

Nazwa płyty	Powierzchnia mln km <sup>2</sup>
płyta afrykańska	61.3
płyta antarktyczna	60.9
płyta arabska	5.0
płyta australijska	47.2
płyta eurazjatycka	67.8
płyta filipińska	5.4
płyta karajska	3.3
płyta kokosowa	2.9
płyta indyjska	11.9
płyta Juan de Fuca	0.3
płyta Nazca	15.6
płyta północnoamerykańska	75.9

plyta południowoamerykańska	43.6
plyta pacyficzna	103.3
plyta Scotia	1.7
plyta somalijska	16.7

Płyta australijska złączyła się z płytą indyjską ok. 50-55 mln lat temu. Najbardziej aktywne są płyty oceaniczne, takie jak płyta kokosowa, przesuwaną się z prędkością 75 mm/rok<sup>[71]</sup> i płyta pacyficzna (52–69 mm/rok). Najmniej aktywna jest płyta eurazjatycka, przesuwaną się z szybkością 21 mm/rok<sup>[72]</sup>.

## Pole magnetyczne

Ziemia wytwarza pole magnetyczne, odpowiadające, w pobliżu powierzchni Ziemi, w przybliżeniu polu dipola, którego bieguny położone są w pobliżu biegunów geograficznych. Oś magnetyczna nie pokrywa się jednak z osią obrotu Ziemi, lecz jest od niej odchylona o kilkanaście stopni i zmienia swoje położenie; obecnie odchylenie to wynosi około 11°.

Jako biegun północny igły magnetycznej (i ogólnie magnesów) przyjęło się wskazywać ten z jej końców, który wskazuje północ. Jest on przyciągany przez odwrotnie spolaryzowany biegun magnetyczny Ziemi, skąd wynika, iż na północnej półkuli Ziemi znajduje się jej południowy biegun magnetyczny i odwrotnie, na południu biegun północny<sup>[73]</sup>. Mimo to często stosowane jest oznaczanie biegunów magnetycznych Ziemi zgodnie z nazwami biegunów geograficznych, a odwrotnie w stosunku do oznaczeń biegunów magnesu stosowanych w fizyce.

Według teorii dynama, pole magnetyczne Ziemi powstaje w zewnętrznym płynnym jądrze Ziemi, w wyniku ruchów konwekcyjnych porządkowanych przez ruch wirowy Ziemi. Ruchy te generują prąd elektryczny, który wytwarza pole magnetyczne. Ruchy konwekcyjne w jądrze są z natury chaotyczne i okresowo zmieniają ustawienie co jest prawdopodobną przyczyną przebiegunowania Ziemi, następującego nieregularnie, średnio kilka razy w przeciągu miliona lat. Ostatnie przebiegunowanie miało miejsce około 700 000 lat temu<sup>[74] [75]</sup>.

Pole magnetyczne tworzy magnetosferę ziemską, która odchyła cząstki wiatru słonecznego, wskutek czego pole ulega deformacji. Część odchylonych cząsteczek wiatru słonecznego powoduje powstanie koncentrycznych pierścieni naładowanych elektrycznie cząstek, nazywanych pasami Van Allena. Kiedy plazma przenika atmosferę Ziemi w pobliżu biegunów magnetycznych, zachodzi zjawisko zorzy polarnej<sup>[76]</sup>. Dział nauki zajmujący się badaniem pola magnetycznego planety to geomagnetyzm.

## Sfery Ziemi

Wyróżnia się 4 główne sfery ziemskie: atmosfera (powietrze), litosfera (skały), hydrosfera (woda) i biosfera (życie)<sup>[77] [78] [79]</sup>. Bardziej szczegółowe podziały wymieniają też powłokę wodną w stanie stałym – kriosfera, sferę gleb – pedosfera oraz sferę, w obręb której wchodzi działalność gospodarcza człowieka – epigeosfera. W biosferze wyróżnia się obszar zamieszkiwany przez zwierzęta (zoosfera) i obszar, który zamieszkują rośliny (fitosfera)<sup>[80] [81]</sup>

## Biosfera

Przestrzeń, w której występują organizmy żywe planety nazywa się biosferą. Ziemia jest jedynym znanym miejscem występowania życia. Planeta znajduje się w centrum strefy, w której panują jedyne w Układzie Słonecznym warunki (temperatura od -70 °C do 80 °C, ciekła woda, tlen cząsteczkowy), umożliwiające rozwinięcie się organizmów o strukturze takiej jak ziemskie. Ekosfera ta rozciąga się od 0,95 j.a. do 1,37 j.a. od Słońca<sup>[82] [83] [79]</sup>. Uważa się, że pierwsze organizmy, a wraz z nimi biosfera, powstały ok. 3,5–3,7 mld lat temu. Według niektórych naukowców, ich zaistnienie wymagało skrajnie nieprawdopodobnej kombinacji zjawisk astrofizycznych i geologicznych, w związku z czym biosfery podobne do ziemskiej występują we wszechświecie niezwykle rzadko, bądź nie ma ich wcale (hipoteza jedynej Ziemi)<sup>[84]</sup>. Pogląd ten przeciwstawia się zasadzie kopernikańskiej, która stwierdza, że położenie

Ziemi we wszechświecie nie jest w żaden sposób uprzywilejowane.

Biosfera dzieli się na biomy – obszary wyróżniające się szatą roślinną tworzącą charakterystyczne formacje roślinne oraz swoistą fauną. Decydujący wpływ na charakter i zróżnicowanie biotopów ma klimat i dlatego biomy tworzą pasy w zależności od szerokości geograficznej, których układ jest modyfikowany przez lokalne warunki klimatyczne. Ziemskie biomy leżące w Arktyce i Antarktydzie są względnie ubogie w życie roślinne i zwierzęce, podczas gdy biomy najbogatsze w formy życia leżą w strefie równikowej.

Biosfera stanowi sumę wszystkich ziemskich ekosystemów. W skład ekosystemów wchodzi wszystkie organizmy żywe znajdujące się na danym obszarze (biocenoza) i wszystkie elementy nieożywione (biotop) danego obszaru. Biocenozę tworzą populacje – wszystkie osobniki określonego gatunku żyjące w danym środowisku i wzajemnie na siebie wpływające. Na jeszcze mniejszym poziomie organizacji żywej materii jest organizm – istota, której poszczególne części i struktury tworzą zharmonizowaną całość, wykazującą wszelkie cechy życia. Bardziej złożone organizmy składają się z narządów (które mogą tworzyć układy narządów), a te z kolei z tkanek. Podstawową jednostką życia, obecną we wszystkich ziemskich organizmach, jest komórka, zdolna do przemiany materii i rozmnażania<sup>[85]</sup>.

Wszystkie organizmy występujące na ziemi są klasyfikowane w ramach systematyki biologicznej. Podział zaproponowany w 1990 przez Carla Woese, oparty na badaniach molekularnych, dzieli świat żywy na trzy domeny: bakterie, archeowce i jądrowce. Wcześniej organizmy klasyfikowano najczęściej na pięć królestw: bakterie, protisty, grzyby, rośliny i zwierzęta. Organizmy klasyfikowane są w układzie jednostek (taksonów) tworzonych ze względu na kryterium pokrewieństwa ewolucyjnego, poniżej poziomu wspomnianego królestwa, przez typy, gromady, rzędy, rodziny, rodzaje i gatunki<sup>[85]</sup>. Opisano ok. 2 miliony gatunków żyjących obecnie na Ziemi, ich szacowana liczba wynosi jednak do 100 milionów<sup>[86]</sup> [8].

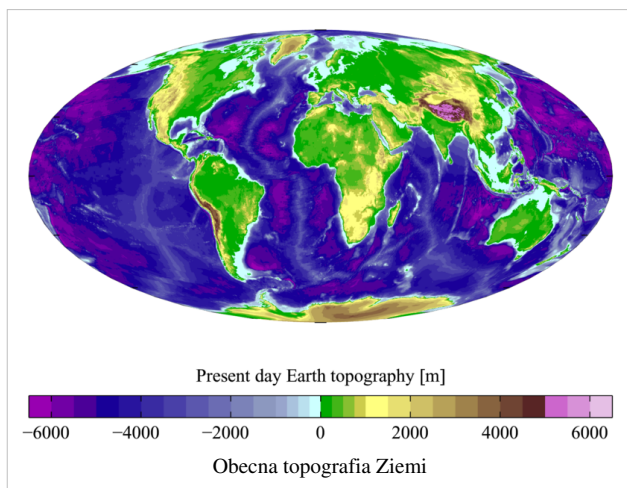
Na podstawie zróżnicowania skamieniałości i długiej historii życia, szacuje się, że ok. 99% gatunków jakie kiedykolwiek żyły na Ziemi, wymarło. Gatunkiem, który współcześnie ma ogromny wpływ na kształtowanie warunków życia na Ziemi jest człowiek rozumny. Jego działalność spowodowała tak daleko idące przeobrażenie warunków do utrzymania i rozwoju życia na Ziemi, że przypisywane jest mu powodowanie lub przyspieszenie obecnego masowego wymierania (zwanego "szóstym wymieraniem"<sup>[87]</sup> lub "szóstą katastrofą"<sup>[88]</sup>). Szacuje się, że obecne tempo zaniku różnorodności gatunkowej jest do 1000 razy większe niż w ciągu ostatnich 100 000 lat<sup>[85]</sup>. Czerwona Księga Gatunków Zagrożonych z 2008 podaje, że 16 928 gatunków jest zagrożonych wyginięciem<sup>[89]</sup>.

## Zagrożenia

Niektóre obszary podatne są na skrajne zjawiska pogodowe, takie jak huragany, cyklony czy tajfuny. W innych miejscach mogą występować klęski żywiołowe, jak trzęsienia ziemi, osuwiska, tsunami, erupcje wulkaniczne, leje krasowe, susze, powódzie, zamiecie śnieżne lub pożary. Wiele stref lokalnych znajduje się pod wpływem spowodowanego przez człowieka zanieczyszczenia wody i powietrza, kwaśnego deszczu i substancji toksycznych, utraty roślinności (przez intensywny wypas, wylesianie i pustyńnienie), zaniku dzikiej przyrody, degradacji i utraty gleby, erozji oraz rozprzestrzeniania się gatunków inwazyjnych.

Najprawdopodobniej wywołany działalnością ludzi wzrost emisji dwutlenku węgla jest główną przyczyną globalnego ocieplenia<sup>[90]</sup>. Według prognoz, rosnąca temperatura powodować ma m.in. wzrost poziomu morza, cofanie się lodowców, topnienie lądolodów, nasilenie się ekstremalnych zjawisk pogodowych oraz zmiany w ilości i strukturze opadów atmosferycznych<sup>[91]</sup>.

## Litosfera



Rzeźba terenu różni się w poszczególnych miejscach na Ziemi. Około 70,8% powierzchni pokrywa woda, a szelf kontynentalny znajduje się średnio 130 m poniżej poziomu morza<sup>[92]</sup>. Powierzchnia podwodna ma zarówno cechy góryste: góry podwodne, grzbieity śródoceaniczne, rowy oceaniczne, podwodne wulkany, płaskowyże oceaniczne, jak i równinne, np. równiny abisalne<sup>[46]</sup>. Na lądach (29,2%) spotyka się góry, pustynie, równiny, płaskowyże i inne typy ukształtowania geomorfologicznego.

Powierzchnia planety ulega przekształceniom ze względu na tektonikę i erozję. Cechy powierzchni utworzone lub zdeformowane przez płyty tektoniczne

podatne są na wietrzenie, cykle termiczne i efekty chemiczne. Zlodowacenie, tworzenie się raf koralowych i upadek meteorytów również wpływają na ukształtowanie powierzchni.

Skorupa ziemna oceaniczna jest stale tworzona w granicach rozbieżnych płyt (w grzbietach śródoceanicznych) z zastygającej magmy płaszczu oraz niszczona – wciągana z powrotem do płaszczu – w granicach zbieżnych (strefach subdukcji). W wyniku tych procesów, materiał z którego zbudowane jest dno oceaniczne ulega stałemu przetwarzaniu. Większość dna ma mniej niż 100 mln lat, a szacowany wiek najstarszej skorupy oceanicznej, na zachodnim Pacyfiku, wynosi 200 mln lat. Porównując, najstarsze znalezione na lądzie skamieniałości mają ok. 3 miliardy lat<sup>[93]</sup> <sup>[94]</sup>.

Skorupa ziemna kontynentalna składa się głównie ze skał magmowych o małej gęstości – granitu i andezytu. W mniejszej proporcji w jej skład wchodzi również najczęściej występująca skała na Ziemi – bazalt, który jest podstawowym składnikiem dna oceanicznego<sup>[95]</sup>. Wskutek nagromadzenia się materiału przynieszonego przez czynniki zewnętrzne powstają też skały osadowe. Występują one na 75% powierzchni, choć tylko 5% położona jest do 10 km głębokości skorupy<sup>[96]</sup>. Skorupę ziemską budują także skały metamorficzne, powstałe pod wpływem wysokiej temperatury lub ciśnienia, takie jak gnejs, łupek, marmur czy kwarcyt. Składnikami skał o budowie krystalicznej są minerały. Najczęściej występują minerały z grupy krzemianów – kwarc, skaleń, amfibole, miki, pirokseny i oliwiny<sup>[97]</sup>. Powszechne minerały z grupy węglanów to kalcyt (budulec wapienia), aragonit oraz dolomit<sup>[98]</sup>.

Pedosfera to powierzchniowa warstwa skorupy ziemskiej, w której zachodzą procesy glebotwórcze. Gleba wpływa na produkcję i rozkład biomasy, przepływ energii i obieg materii w ekosystemie.

### Użytkowanie zasobów naturalnych

Litosfera zapewnia zasoby naturalne, które są eksploatowane dla bytowania i gospodarki człowieka. Niektóre z nich to surowce nieodnawialne, których ponowne uzupełnienie w wyniku procesów naturalnych jest niemożliwe w krótkim czasie.

Ze złóż paliw kopalnych zawartych w skorupie ziemskiej wydobywa się ropę naftową, węgiel, gaz ziemny, torf i klatrat metanu. Są one wykorzystywane przez człowieka jako główne źródło energii. W 2005, około 86% wyprodukowanej energii pochodziło z paliw kopalnych, 6,3% z elektrowni wodnych, 6,0% z energii jądrowej, a pozostałe 0,9% to energia geotermalna, słoneczna, wiatru i biomasa<sup>[99]</sup>. Z głębi Ziemi wydobywa się też minerały rudne zawierające związki metali, m.in. rudy żelaza, cynku, miedzi i ołowiu.

Z ziemskiej biosfery produkowane są naturalnie lub syntetycznie produkty biologiczne, m.in. pokarm, drewno, leki i kompost. Człowiek używa materiałów budowlanych do budowy domów i ochrony dobytku. Ingeruje także w cykl

hydrologiczny dla zapewnienia wody słodkiej do konsumpcji, celów przemysłowych i nawadniania. Według artykułu naukowego z 2005, około 40% powierzchni lądu zajmują tereny rolnicze i pastwiska<sup>[100]</sup>. Światowy ślad ekologiczny człowieka w 2008 wyniósł 2,7 globalnych hektarów (gha)<sup>[101]</sup> na osobę, a możliwości planety do regeneracji zasobów naturalnych oszacowano na mniej o 0,6 gha na osobę<sup>[102]</sup>.

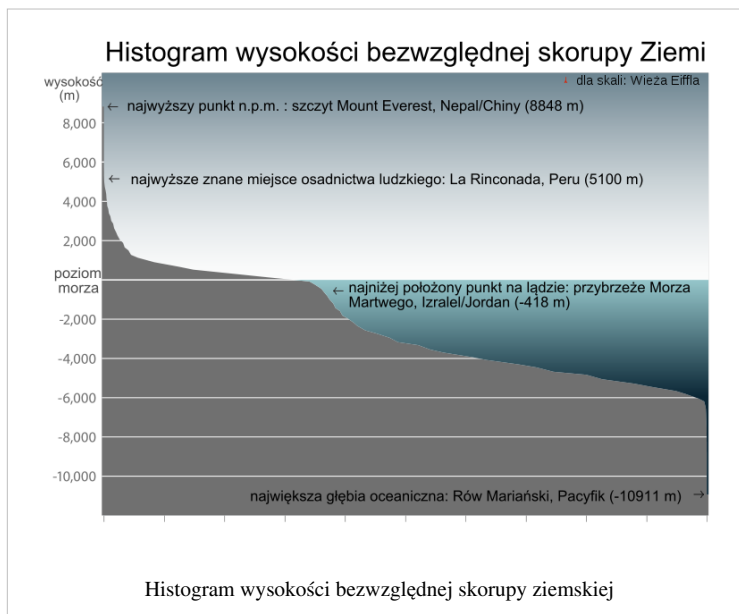
## Atmosfera

Masę atmosfery ziemskiej szacuje się na  $5,1 \times 10^{18}$  kg. Na poziomie morza gęstość powietrza wynosi  $1,217 \text{ kg/m}^3$ , a ciśnienie atmosferyczne –  $101,325 \text{ kPa}$  i maleje wraz z wysokością. Powietrze składa się przede wszystkim z azotu (78% objętości powietrza), tlenu (20,9%) oraz argonu (0,9%). Zawiera także śladowe ilości dwutlenku węgla i gazów szlachetnych. Zawartość pary wodnej w atmosferze ulega częstej zmianie i wynosi średnio ok. 1%<sup>[3]</sup>. Atmosfera Ziemi stale ulatnia się w kosmos w tempie około 3 kg wodoru i 50g helu na sekundę<sup>[103]</sup>.

Najniższą i najcieńszą warstwą atmosfery jest troposfera. Jej górna granica zmienia się

wraz z szerokością geograficzną i porą roku; wynosi ona od mniej niż 8 km nad biegunami w zimie do 17,5 km nad Azją Południowo-Wschodnią w lecie<sup>[104]</sup>. Biosfera ziemská zmieniła skład chemiczny atmosfery. Ewolucja fotosyntezy tlenowej ok. 2,7 mld lat temu doprowadziła do wzrostu zawartości tlenu w atmosferze. Umożliwiło to rozwój organizmów aerobowych i uformowanie się powłoki ozonowej, która blokuje szkodliwe dla organizmów żywych promieniowanie ultrafioletowe, pole magnetyczne zaś nie dopuszcza do Ziemi cząsteczek wiatru słonecznego.

Inne funkcje atmosfery sprzyjające życiu na Ziemi to transport pary wodnej, dostawa różnorodnych gazów, spalanie mniejszych meteorów przed uderzeniem w powierzchnię i regulacja temperatury<sup>[105]</sup>. To ostatnie zjawisko znane jest jako efekt cieplarniany: atmosfera "zatrzymuje" część energii termicznej emitowanej z jej powierzchni w kosmos, przez co podnosi się temperatura. Głównymi gazami cieplarnianymi są dwutlenek węgla, para wodna, metan, podtlenek azotu i ozon troposferyczny. Bez efektu cieplarnianego, średnia temperatura kuli ziemskiej wynosiłaby  $-19 \text{ }^\circ\text{C}$ <sup>[106] [107]</sup>. Ze względu na zróżnicowane pochłanianie i odbijanie promieniowania słonecznego przez zawarte w niej gazy (ultrafiolet pochłaniany jest w dużej mierze przez tlen, zwłaszcza w postaci ozonu, niektóre przedziały podczerwieni przez gazy cieplarniane) atmosfera ziemská jest przezroczysta jedynie dla światła o pewnych długościach fal. W związku z tym organizmy wykorzystują głównie pewien zakres promieniowania słonecznego, określany jako światło widzialne lub promieniowanie czynne fotosyntetycznie<sup>[108]</sup>.



## Klimat i pogoda

Klimat i pogodę na Ziemi kształtują trzy podstawowe procesy klimatotwórcze: obieg ciepła, obieg wody i krążenie powietrza, a także czynniki geograficzne: układ lądów i oceanów, wysokość n.p.m. i odległość od morza (oceanu). Pogoda to ogół zjawisk atmosferycznych zachodzących w danej chwili i miejscu. Klimat to przebieg zjawisk pogodowych na danym obszarze w okresie wieloletnim (ok. 30 lat)<sup>[109]</sup>.

Atmosfera ziemską nie ma określonej granicy – jej gęstość zmniejsza się wraz z wysokością, ostatecznie przechodząc w przestrzeń kosmiczną. Trzy czwarte masy atmosfery zawarte jest w początkowych 11 km, w warstwie nazywanej troposferą. Słońce nagrzewa powierzchnię Ziemi, a najniższe warstwy atmosfery nagrzewają się od powierzchni, co powoduje rozszerzanie powietrza. Ciepłe powietrze jest lżejsze i unosi się do góry, w jego miejsce napływa chłodniejsze, o większej gęstości. Proces ten nazywany jest cyrkulacją powietrza i prowadzi do redystrybucji ciepła na planecie<sup>[110]</sup>. Główne prądy powietrzne to pasaty, wiejące w strefie do 30° szerokości geograficznej oraz wiatry zachodnie, wiejące od 30° do 60° szerokości<sup>[111]</sup>. Prądy morskie również w istotny sposób wpływają na klimat, w szczególności cyrkulacja termohalinowa, która prowadzi do wymiany energii cieplnej pomiędzy tropikami a strefami polarnymi<sup>[112]</sup>.

Następuje również cyrkulacja pary wodnej, pochodzącej z wyparowywania powierzchni Ziemi. Kiedy warunki atmosferyczne umożliwiają unoszenie się ciepłego i wilgotnego powietrza, następuje kondensacja (sublimacja lub skraplanie) pary. Wskutek tego, powstają chmury i woda spada na powierzchnię jako opad atmosferyczny<sup>[110]</sup>. Większość wody transportowana jest na niższe wysokości przez systemy rzeczne, przeważnie powracając do oceanów lub osiadając w jeziorach. Ten cykl hydrologiczny to kluczowy mechanizm zapewniający życie na lądzie oraz główny czynnik erozji powierzchni. Ilość opadów waha się w poszczególnych rejonach, od poniżej milimetra na rok do kilku metrów na rok. Jest to uwarunkowane cyrkulacją atmosferyczną, cechami topograficznymi i temperaturą<sup>[113]</sup>.



Zdjęcie z orbity – Księżyc częściowo przystonięty ziemską atmosferą

Ziemię można podzielić na równoleżnikowe pasy, w których występuje względnie jednorodny klimat. Wyróżnia się następujące strefy klimatyczne, zaczynając od biegunów: klimat okołobiegunowy, umiarkowany, podzwrotnikowy, zwrotnikowy i równikowy<sup>[114]</sup>. Klimat można też klasyfikować ze względu na temperaturę i ilość opadów – regiony, w których występują prawie jednolite masy powietrza. Cztery podstawowe masy powietrza to: arktyczne (PA), polarne (PP), zwrotnikowe (PZ) i równikowe (PR).

## Atmosfera górna

Powyżej troposfery znajduje się stratosfera (10-50 km n.p.m.), mezosfera (50-80 km n.p.m.) i termosfera (80-500 km n.p.m.)<sup>[115]</sup>. Wykazują one różnice w pionowym gradiencie temperatury (zmianą temperatury wraz z wysokością). W stratosferze znajduje się powłoka ozonowa<sup>[116]</sup>. Powyżej tych warstw jest egzosfera, w której zanikają ostatnie ślady obecności powietrza. Umowna granica pomiędzy atmosferą ziemską i przestrzenią kosmiczną, przebiegająca na wysokości 100 km n.p.m., nazywa się Linią Kármána<sup>[117]</sup>.

Energia termiczna powoduje, że niektóre cząsteczki znajdujące się w górnej atmosferze osiągają prędkość ucieczki i zdolne są do opuszczenia pola grawitacyjnego planety. Skutkuje to stałym, stopniowym ulatywaniem atmosfery w kosmos. Ponieważ wodór w stanie wolnym ma małą masę atomową, ulatuje on w szybszym tempie niż inne

gazy<sup>[118]</sup>. Doprowadziło to do zmiany stanu planety, z początkowej redukcji do obecnego utlenienia. Częściowa utrata reduktorów takich jak wodór miała być przyczyną dużej akumulacji tlenu w atmosferze<sup>[119]</sup>, zdolność tego pierwiastka do ucieczki w przestrzeń kosmiczną wpłynęła więc na rozwinięcie się życia na planecie<sup>[120]</sup>. Jednak w obecnej atmosferze, o dużej zawartości tlenu, większość atomów wodoru wchodzi w reakcję z tlenem i powstaje woda, która ulega kondensacji i nie dociera do górnych warstw atmosfery. Jego utrata następuje więc głównie poprzez rozbijanie cząsteczek metanu przez światło słoneczne w górnej atmosferze<sup>[121]</sup>.

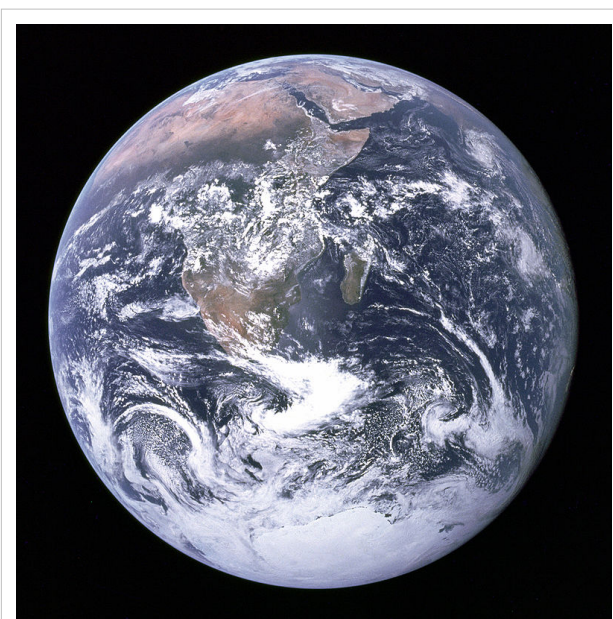
## Hydrosfera

Ze względu na unikalną w Układzie Słonecznym wodną powłokę – hydrosferę, Ziemia ma przydomek "Błękitnej planety". Tworzą ją wody powierzchniowe (oceany, morza, rzeki, jeziora, bagna) i podziemne, jak również lodowce, pokrywy śnieżne oraz para wodna.

Najważniejszym składnikiem hydrosfery są oceany – zawierają one ok.  $1,35 \times 10^{18}$  ton wody (1/4400 masy Ziemi), co daje objętość  $1,386 \times 10^9$  km<sup>3</sup>. Średnia głębokość oceanów wynosi 3800 m, czyli ponad cztery razy więcej niż średnia wysokość kontynentów<sup>[122]</sup>. Woda morska ma istotny wpływ na klimat globalny, ponieważ oceany są zbiornikami ciepła<sup>[123]</sup>. Zmiany w temperaturze powierzchni oceanów mogą prowadzić do anomalii pogodowych, takich jak El Niño<sup>[124]</sup>. W skład wód oceanicznych wchodzi rozpuszczone gazy atmosferyczne, niezbędne do życia organizmom wodnym<sup>[125]</sup>.

Za trzy najdłuższe rzeki świata generalnie uważa się Nil (6695 km), Amazonkę (6400 km) oraz Jangcy (6300 km<sup>[126]</sup>)<sup>[127]</sup>. Największym jeziorem świata jest Morze Kaspijskie, o powierzchni 386 400 km<sup>2</sup><sup>[128]</sup> <sup>[129]</sup>. Najwyższym wodospadem na Ziemi jest Salto del Angel, który ma wysokość 979 m<sup>[130]</sup>. Najniżej położona podwodna lokacja to głębia Challenger w rowie Mariańskim na Pacyfiku, z głębokością 10 911,4 m<sup>[131]</sup>.

Woda na Ziemi jest w 97,5% słona, a w 2,5% słodka. Większość wody słodkiej (68,7%) występuje obecnie w formie lodu<sup>[132]</sup>. Około 3,5% masy oceanów stanowi sól, która pochodzi głównie z aktywności wulkanicznej lub skał magmowych<sup>[133]</sup>.



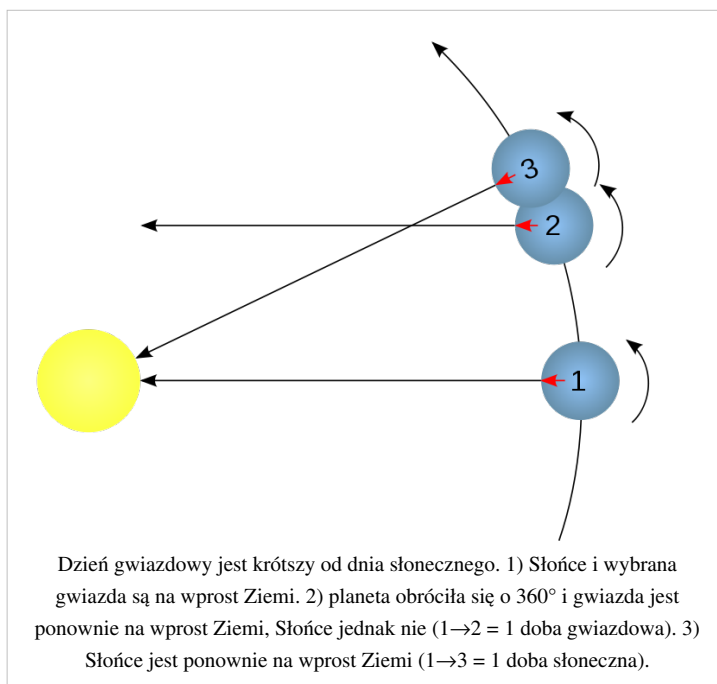
Zdjęcie "Blue Marble" – Ziemia widziana z pokładu Apollo 17

## Orbita i rotacja

### Rotacja

Okres obrotu Ziemi wokół własnej osi względem gwiazd odpowiada jednej dobie gwiazdowej, którą zdefiniowano jako 86164,098903691 sekund lub 23 godzin 56 minut i 4,098903691 sekund czasu uniwersalnego (UT1)<sup>[6]</sup>. Są to wartości uśrednione, gdyż okres ten potrafi się wahać o całe milisekundy z roku na rok.

Okres obrotu Ziemi wokół własnej osi względem Słońca odpowiada jednej dobie słonecznej lub 86400 sekundom czasu słonecznego. Obecnie, sekunda czasu słonecznego jest nieznacznie dłuższa niż sekunda SI, ponieważ siły pływowe powodują spowolnienie rotacji planety<sup>[134]</sup>. Od 1820 jeden dzień czasu słonecznego wydłużył się o 2 milisekundy w stosunku do czasu atomowego<sup>[135]</sup>. W celu utrzymania synchronizacji zegarów z obrotem Ziemi co pewien czas zegary przestawia się o 1 sekundę zwaną sekundą przestępną.



Wskutek oddziaływania grawitacyjnego Słońca i Księżycy, kierunek ziemskiej osi obrotu ulega powolnym zmianom w ruchu zwanym precesją. Precesja prowadzi do zatoczenia przez oś obrotu na tle nieba pełnego okręgu w roku platońskim, wynoszącym ok. 25 800 lat. Powoduje to różnice pomiędzy rokiem gwiazdowym a rokiem zwrotnikowym.

Ponieważ obrót Ziemi wokół własnej osi sprawia, że Słońce wykonuje ruch dzienny na sferze niebieskiej (ok. 24 godziny), świat podzielono na 24 strefy czasowe, każda po 15 stopni długości geograficznej (z lokalnymi różnicami, związanymi z podziałem politycznym). Strefy czasowe zapisywane są według ich różnicy względem czasu uniwersalnego koordynowanego (UTC) – np. UTC+1 dla Polski. Do 1972 międzynarodowy czas podawano względem leżącego na południku zerowym obserwatorium astronomicznego w Greenwich (czas uniwersalny lub GMT).

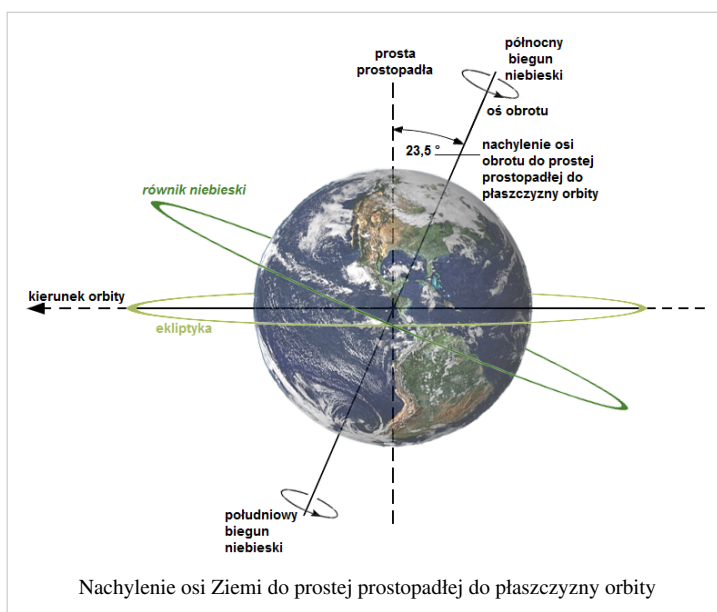
### Orbita

Ziemia wykonuje jeden obrót wokół Słońca na każde 365,256 dni czasu słonecznego, co odpowiada jednemu roku gwiazdowemu. Średnia odległość od Słońca wynosi 150 mln km. Z punktu widzenia ziemskiego obserwatora, Słońce wykonuje pozorny ruch na wschód względem gwiazd, z szybkością 1°/dzień. Prędkość orbitalna planety wynosi średnio 29,78 km/s<sup>[3]</sup>.

Księżyc obraca się wraz z Ziemią wokół wspólnego środka ciężkości raz na 27,32 dni względem gwiazd (miesiąc gwiazdowy). Środek ciężkości układu Ziemia – Księżyc znajduje się w przybliżeniu w 3/4 promienia Ziemi od jej środka. Jako układ Ziemia-Księżyc obracający się wokół Słońca, okres miesiąca synodycznego pomiędzy kolejnymi nowami Księżycy wynosi 29,53 dni. Oglądany z północnego bieguna niebieskiego, ruch Ziemi i Księżycy jest lewoskrętny. Płaszczyzna orbity nie jest równoległa do płaszczyzny równika: oś ziemską jest nachylona ok. 23,45° do prostej prostopadłej do płaszczyzny Ziemia-Słońce, a płaszczyzna Ziemia-Księżyc jest nachylona ok. 5° względem płaszczyzny Ziemia-Słońce. Bez tych nachyleń, raz na dwa tygodnie następowałoby zaćmienie Słońca lub Księżycy (na przemian)<sup>[3] [136]</sup>.



Promień strefy Hilla Ziemi wynosi ok. 1,5 Gm (1 500 000 km)<sup>[137]</sup>. Jest to maksymalny dystans, na którym siła oddziaływania grawitacyjnego Ziemi na mniejsze obiekty jest większa niż Słońca i innych planet. Ciała niebieskie znajdujące się w tej strefie mogą orbitować wokół planety, będąc poza nią zostaną od niej oddalone wskutek oddziaływania grawitacyjnego Słońca. W pobliżu planety lub na jej powierzchni dominuje przyciąganie Ziemi objawiające się przyspieszeniem spadających swobodnie na powierzchnię Ziemi ciał. Standardowa wartość przyspieszenia to  $9,80665 \text{ m/s}^2$ , jednak zmienia się ono wraz z szerokością geograficzną i wysokością nad poziomem morza<sup>[138]</sup>.



Ziemia wraz z Układem Słonecznym położona jest 28 000 lat świetlnych od centrum Drogi Mlecznej, w Ramieniu Oriona. Znajduje się około 20 lat świetlnych od płaszczyzny równika Galaktyki<sup>[139]</sup>.

## Nachylenie osi

Ze względu na ruch obrotowy i nachylenie osi ziemskiej względem płaszczyzny ekliptyki, ilość promieniowania słonecznego docierającego w dane miejsce na powierzchni planety jest zmienna. Prowadzi to do wahań klimatu w przeciągu całego roku, w szczególności do występowania pór roku. Kiedy biegun północny zwrócony jest w stronę Słońca, na półkuli północnej trwa wiosna lub lato a na południowej jesień lub zima, a kiedy jest od niego odwrócony, występuje odwrotne zjawisko. W czasie wiosny i lata dni są dłuższe, a Słońce położone jest wyżej na niebie; w jesieni i zimie, klimat się ochładza, a dni są krótsze. W kręgach polarnych, Słońce okresowo znajduje się stale pod horyzontem – od 20 godzin nad kołami podbiegunowymi do 179 dni nad biegunami<sup>[140]</sup>. Jeżeli stan taki utrzymuje się przez co najmniej 24 godziny, zjawisko określane jest jako noc polarna<sup>[141]</sup>. Przeciwnym zjawiskiem jest okres, podczas którego tarcza słoneczna pozostaje stale nad horyzontem – od 20 godzin do 186 dni<sup>[142]</sup>. Jeżeli utrzymuje się to przez co najmniej 24 godziny, występuje dzień polarny<sup>[141]</sup>.

Podstawą wyznaczania dat zmian astronomicznych pór roku jest zjawisko przesilenia (momentu maksymalnego nachylenia się lub odchylenia się osi ziemskiej od Słońca) oraz równonocy (czasu, w którym oś Ziemi leży w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku Ziemia – Słońce). Przesilenie letnie następuje ok. 21 czerwca, przesilenie zimowe – 21 grudnia, równonoc wiosenna następuje ok. 20 marca, a równonoc jesienna – 23 września<sup>[143]</sup>.

W czasach nowożytnych, Ziemia osiąga peryhelium (punkt największego zbliżenia się do Słońca) 3 stycznia, a aphelium (punkt największego oddalenia się od Słońca) około 4 lipca. Daty te ulegają jednak zmianom wskutek precesji i innych cyklicznych zmian orbity ziemskiej, zwanych cyklami Milankovicia. Przy peryhelium, wartość docierającej na planetę energii słonecznej wzrasta o 6,9% w odniesieniu do aphelium. Ponieważ półkula południowa zwrócona jest w stronę Słońca w okresie kiedy dystans Ziemi od gwiazdy jest bliski wartości minimalnej, otrzymuje ona ogólnie w przeciągu całego roku więcej energii. Jednak wody oceaniczne półkuli południowej absorbują większość uzyskanej energii słonecznej, co wpływa na jej klimat. Większe znaczenie na ilość promieniowania docierającego na daną powierzchnię ma nachylenie osi<sup>[144]</sup> <sup>[145]</sup>. Kąt nachylenia osi obrotu jest relatywnie stabilny. Oś podlega jednak drganiu zwanym nutacją, której największa składowa ma okres 18,6 roku.

## Księżyc

Księżyc to jedyny stały naturalny satelita ziemski. Jego średnica wynosi 3474,8 km (ok. 1/4 średnicy Ziemi), co czyni go największym księżycem w Układzie Słonecznym w stosunku do orbitowanej planety. Masa satelity wynosi  $7,349 \times 10^{22}$  kg, a okres orbitalny trwa 27 dni 7 godzin 43,7 minut.

Oddziaływanie grawitacyjne pomiędzy Ziemią a Księżycem wywołuje pływy morskie na planecie. To samo oddziaływanie spowodowało spowolnienie rotacji Księżyca, wskutek czego satelita jest obecnie w obrocie synchronicznym: okres obrotu Księżyca wokół własnej osi równy jest okresowi obiegu wokół Ziemi. Wskutek tego, zwrócony jest on do planety stale tą samą stroną. Ze względu na rotację, oświetlenie przez Słońce widocznej z Ziemi części Księżyca jest zmienne, co objawia się w cyklicznej zmianie faz Księżyca.

Działanie sił pływowych powoduje, że Księżyc oddala się od Ziemi z szybkością 38 mm na rok. Wynikłe z tego wydłużanie się dnia ziemskiego o 23  $\mu$ s na rok kumuluje się znacząco w skali setek milionów lat<sup>[146]</sup>. Przykładowo, w okresie dewonu (ok. 410 mln lat temu) jeden rok miał 400 ówczesnych dni, a średnia długość dnia słonecznego wynosiła 21,8 godzin<sup>[147] [148]</sup>.

Według niektórych artykułów naukowych, Księżyc miał duży wpływ na rozwój życia na Ziemi poprzez łagodzenie klimatu planety. Dowody paleontologiczne i symulacje komputerowe wykazują, że oddziaływanie pływowe z satelitą stabilizuje nachylenie ziemskiej osi obrotu<sup>[149]</sup>. Bez tej stabilizacji przeciwko momentom siły aplikowanym przez Słońce i inne planety, oś Ziemi mogłaby podlegać chaotycznym zmianom w skali setek milionów lat, co ma miejsce w przypadku Marsa<sup>[150]</sup>. Zrównanie się osi obrotu z płaszczyzną ekliptyki doprowadziłoby do występowania skrajnych pór roku – jeden biegun znajdowałby się na wprost Słońca w okresie letnim, a drugi w okresie zimowym. W rezultacie wyginęłyby większe zwierzęta i część roślinności<sup>[151]</sup>.

Średnica Słońca jest ok. 400-krotnie większa niż średnica satelity, zaś odległość Ziemi od Słońca jest 400-krotnie większa w porównaniu do Księżyca. Wskutek tego, rozmiar kątowy (pozorny rozmiar) obu ciał jest niemal jednakowy, a na Ziemi dochodzi do całkowitego lub obrączkowego zaćmienia Słońca<sup>[152]</sup>.



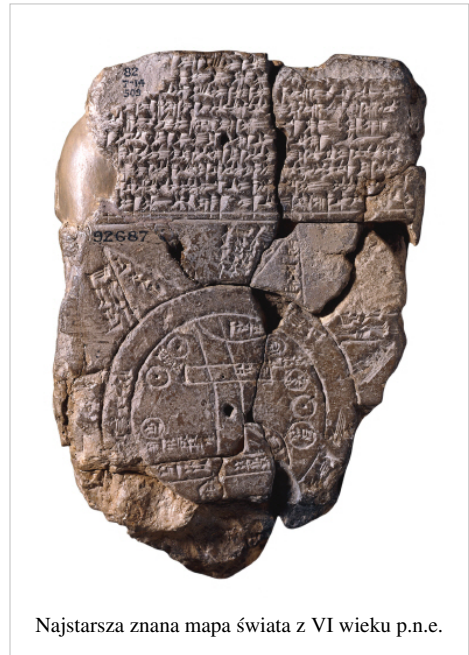
Ziemia, Księżyc i dzieląca je odległość w jednakowej skali

Ponadto, z Ziemią oddziałują co najmniej cztery obiekty koorbitalne: 3753 Cruithne, 2002 AA<sub>29</sub>, 2003 YN<sub>107</sub> i (164207) 2004 GU<sub>9</sub><sup>[153]</sup>.

## Historia badań i kultura

Ziemia to jedyna planeta, której polska nazwa nie wywodzi się z greckiej ani rzymskiej mitologii. Symbolem astronomicznym Ziemi jest równoramienny krzyż wpisany w okrąg, znany jako krzyż słoneczny, krzyż Odyna lub krzyż celtycki. Początkowym symbolem astronomicznym planety było jabłko królewskie<sup>[154]</sup>.

Z Ziemią wiązały się szeroko rozpowszechnione kultury bóstw tellurycznych i chtonicznych, wśród których przeważały bóstwa żeńskie. W wielu kulturach, bogini matka (lub Matka Ziemia) przedstawiana jest jako bogini płodności, pomyślności i dostatku. Aztekowie nazywali planetę Tonan lub Tonantzin – "nasza matka", Inkowie – Pachamama ("Matka Ziemia"). Chińska bogini Ziemi Hou Tu<sup>[155]</sup> jest podobna do Gai, Ziemi-Matki w mitologii greckiej. Hindusi nazywali ją Bhuma Devi – "bogini Ziemi", a Słowianie – Mokosz. W mitologii skandynawskiej, bogini Ziemi Jörd była matką Thora. W mitologii starożytnego Egiptu Ziemię utożsamia męskie bóstwo Geb.



Najstarsza znana mapa świata z VI wieku p.n.e.



*Tractatus de sphaera* Sacrobosco,  
wydana w 1230.

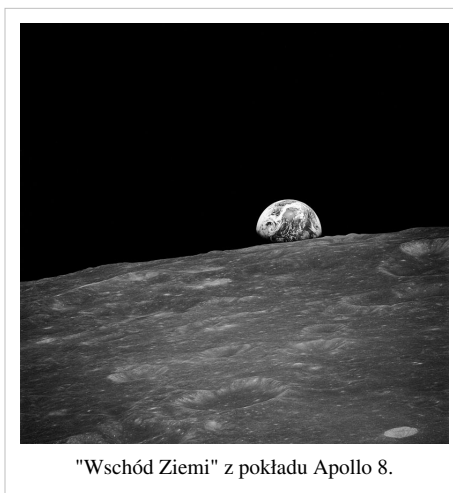
Wiele mitologii i wierzeń religijnych zawiera opowieści dotyczące powstania Ziemi wskutek interwencji boga lub bóstw. Różnorodne grupy religijne, do których przynależą m.in. fundamentalne odłamy protestantyzmu<sup>[156]</sup> i islamu<sup>[157]</sup> zakładają, że opis stworzenia świata zawarty w ich świętych księgach jest prawdą dosłowną i powinien być traktowany na równi lub zastąpić obecny pogląd naukowy nt. uformowania się Ziemi i rozwoju życia na planecie<sup>[158]</sup>. Środowiska naukowe<sup>[159]</sup> [160] i inne grupy religijne sprzeciwiają się tym twierdzeniom<sup>[161]</sup> [162] [163]. Jednym z aspektów kontrowersji jest sprzeciw wobec teorii ewolucji przez zwolenników kreacjonizmu i inteligentnego projektu.

W starożytności rozpowszechniony był pogląd, że Ziemia jest płaska. Ludy Mezopotamii przedstawiały świat jako płaski dysk otoczony przez ocean, a Egipcjanie jako kwadrat<sup>[164]</sup>. Najstarsze znane mapy świata pochodzą z Babilonii – *Imago Mundi*, wykonana w VI-V wieku p.n.e.<sup>[165]</sup> oraz Grecji, którą wykonał Anaksymander<sup>[166]</sup>. Koncepcja kulistej Ziemi pojawiła się co najmniej w VI wieku p.n.e. – znana była pitagorejczykom, spośród których niektórzy utrzymywali ponadto, że Ziemia nie jest centrum wszechświata<sup>[167]</sup>. Po III wieku p.n.e. fakt, że planeta jest okrągła akceptowali wszyscy wykształceni obywatele Grecji i Rzymu<sup>[168]</sup>. Około 240 roku p.n.e. Eratostenes oszacował obwód planety (z 5-10% błędem pomiarowym) i nachylenie osi względem płaszczyzny ekliptyki<sup>[169]</sup>. W średniowieczu, z nielicznymi wyjątkami, nie było w Europie wykształconych ludzi, którzy uważaliby że Ziemia jest płaska, a wydana w XIII w. praca Sacrobosco *O Sferach* stała się podstawowym podręcznikiem akademickim przez następne cztery stulecia. Mimo to, współcześnie popularna jest idea o rozpowszechnionej wierze w "płaską Ziemię" w dawniejszych epokach<sup>[170]</sup> [168].

Postęp techniczny w nawigacji i budownictwie okrętowym doprowadził do epoki wielkich odkryć geograficznych na przełomie XV i XVI wieku. W 1488 Bartolomeu Dias opłynął Przylądek Dobrej Nadziei, w 1492 dotarcie do wybrzeży Ameryki przez Kolumba zapoczątkowało jej europejską kolonizację, a w 1498 Vasco da Gama odkrył drogę morską do Indii. W latach 1519-1521 Ferdynand Magellan jako pierwszy Europejczyk odbył podróż dookoła

świata. Wydana w 1543 *O obrotach sfer niebieskich* Mikołaja Kopernika zawiera teorię heliocentrycznej budowy świata i stwierdza, że Ziemia krąży wokół Słońca. Zastąpiła ona ptolemeuszowy geocentryzm, który głosił, że Ziemia jest centrum wszechświata. W 1570 Abraham Ortelius jako pierwszy wydał usystematyzowany zbiór map świata – *Theatrum Orbis Terrarum*<sup>[171]</sup>. W latach 1585-1595 kolekcję map opublikował również Gerard Merkator i nazwał zbiór atlasem, nawiązując do mitologicznego Atlasa.

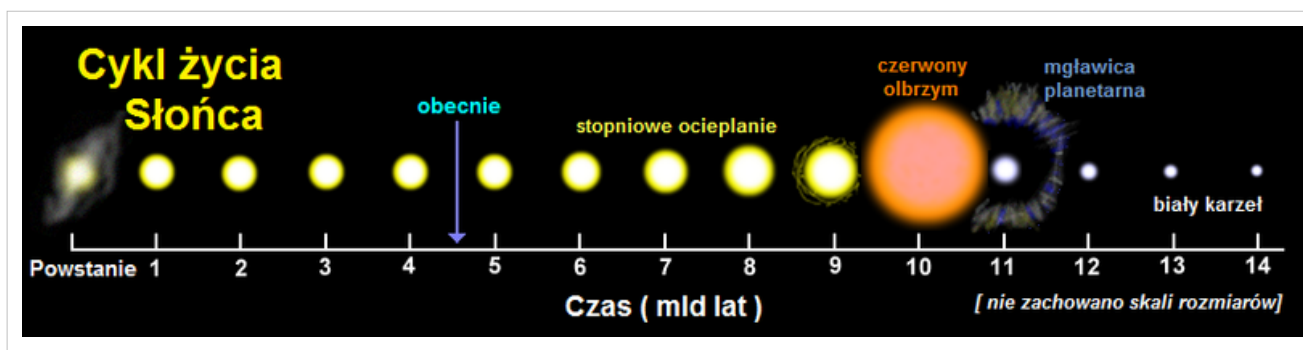
Ziemię po raz pierwszy sfotografował z kosmosu Explorer 6 w 1959<sup>[172]</sup>. Jurij Gagarin w 1961 został pierwszym człowiekiem, który obserwował planetę z przestrzeni kosmicznej. Załoga Apollo 8 w 1968 jako pierwsza obserwowała wschód Ziemi z orbity księżycowej. W 1972 załoga Apollo 17 wykonała słynne zdjęcie "Blue Marble" z orbity okołoziemskiej. Fotografia przedstawia kulę, w której znajduje się pokryty chmurami błękitny ocean, przedzielony zielono-brązowymi kontynentami. Jest to jedno z najbardziej rozpowszechnionych zdjęć w historii i jedna z niewielu fotografii całkowicie oświetlonej planety<sup>[173]</sup><sup>[174]</sup>. Z kolei zdjęcie Ziemi przez opuszczającego Układ Słoneczny *Voyagera 1* z 1990 zainspirowało Carla Sagana do nazwania fotografii "Pale Blue Dot" (*bladoniebieska kropka*)<sup>[175]</sup>.



"Wschód Ziemi" z pokładu Apollo 8.

W ciągu ostatnich dwu stuleci wyłoniły się nurty zwracające uwagę na negatywny wpływ człowieka na planetę. Proponowane przeciwdziałanie to ochrona środowiska, między innymi poprzez kontrolę zasobów naturalnych (np. wody i lasów), przeciwdziałanie zanieczyszczeniom i racjonalne użytkowanie gruntów<sup>[176]</sup>. Ekolodzy, m.in. organizacje o globalnym zasięgu – Greenpeace i World Wildlife Fund, apelują o zmiany w polityce społecznej i racjonalną eksploatację surowców, w szczególności zasobów nieodnawialnych, takich jak ropa naftowa. Apelom tym przeciwstawiają się niektóre firmy i organizacje, zwracające uwagę na koszt ekonomiczny ochrony środowiska<sup>[177]</sup><sup>[178]</sup>. Od lat 60. XX wieku niektórzy przedstawiają planetę jako "Statek kosmiczny Ziemia" (ang. *Spaceship Earth*), z systemem podtrzymywania życia, który wymaga stałej konserwacji<sup>[179]</sup>. Istnieje również hipoteza Gai, sugerująca, że ziemską biosferę i czynniki fizyczne stanowią jeden spójny organizm<sup>[180]</sup>. Od lat 70., 22 kwietnia obchodzony jest Światowy Dzień Ziemi.

## Przyszłość



Przyszłość planety związana jest z cyklem życia Słońca. Stopniowe wyczerpywanie się zasobów wodoru w jądrze gwiazdy i wynikająca z tego akumulacja w jej wnętrzu helu, prowadzi do zwiększania się świetlności Słońca, która ma wzrosnąć o 10% w ciągu 1,1 miliarda lat, a o 40% za 3,5 mld lat<sup>[181]</sup>. Modele klimatu sugerują, że wzrost promieniowania docierającego na powierzchnię Ziemi do 1,4 obecnej wartości jest wystarczający do całkowitego wyparowania jej oceanów<sup>[182]</sup>. Inne scenariusze przewidują, że wody powierzchniowe mają wyparować całkowicie za 2,5 mld lat<sup>[183]</sup> lub w ciągu miliarda lat<sup>[184]</sup>.

Stopniowy wzrost temperatury powierzchni Ziemi powodować ma przyspieszenie wietrzenia skał, co z kolei doprowadzi do spadku zawartości dwutlenku węgla w atmosferze poniżej krytycznego minimum (10 ppm) dla roślin. Poziom ten ma zostać osiągnięty w ciągu 900–1500 mln lat. Uniemożliwi on organizmom samożywym fotosyntezę, a wynikiły z tego zanik tlenu w atmosferze doprowadzi do wyginięcia organizmów aerobowych<sup>[183]</sup>.

Za ok. 5 mld lat Słońce, wskutek swojej ewolucji, przekształci się w czerwonego olbrzyma. Promień gwiazdy zwiększy się 250-krotnie, do około 1 j.a. (150 000 000 km)<sup>[181] [16] [185]</sup>. Słońce straci również ok. 30% swojej obecnej masy, co spowoduje oddalenie się ziemskiej orbity od niego. Przy maksymalnej przewidywanej średnicy Słońca, Ziemia będzie od niego oddalona o 1,69 j.a. (ok. 253 000 000 km). Planeta miałaby więc uniknąć wchłonięcia przez atmosferę słoneczną, mimo całkowitego, lub niemal całkowitego, wyginięcia na niej życia<sup>[181]</sup>. Artykuł z 2008 roku sugeruje jednak, że ziemską orbitę, z powodu sił pływowych i oporu aerodynamicznego w dolnej chromosferze, wejdzie w atmosferę Słońca i planeta ulegnie zniszczeniu. Miałoby to nastąpić za  $7,59 \pm 0,05$  mld lat<sup>[16]</sup>.

Ponadto, nawet pomijając cykl życiowy Słońca, kontynuacja ochładzania się wnętrza Ziemi doprowadziłaby do utraty atmosfery i oceanów wskutek zredukowanej aktywności wulkanicznej<sup>[186]</sup>.

## Adnotacje

- [1] Wg NASA: Podane tu wartości nie są "oficjalnymi" wartościami, nie ma jednolitego, uzgodnionego zbioru wartości. Są one przedmiotem bieżących badań i mogą zmienić się w każdej chwili. Poczyniono wszelkie starania aby zaprezentować najbardziej zaktualizowane dane, przy korzystaniu z nich należy jednak zachowywać ostrożność. Patrz: NASA: Notes on the Fact Sheets ([http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/fact\\_notes.html](http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/fact_notes.html)). [dostęp 2009-01-13].
- [2] NASA: Earth: Facts & Figures (<http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Earth&Display=Facts&System=Metric>). [dostęp 2008-12-22].
- [3] David R. Williams: Earth Fact Sheet (<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/earthfact.html>). NASA, 2004-09-01. [dostęp 2007-03-17].
- [4] Michael Pidwirny. *Surface area of our planet covered by oceans and continents. (Table 8o-1)* (<http://www.physicalgeography.net/fundamentals/8o.html>). „Fundamentals of Physical Geography” (2006-02-02). University of British Columbia, Okanagan. [dostęp 2007-11-26].
- [5] Staff: World (<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/xx.html>). W: *The World Factbook* [on-line]. Central Intelligence Agency, 2008-07-24. [dostęp 2008-08-05].
- [6] Staff: Useful Constants (<http://hpiers.obspm.fr/eop-pc/models/constants.html>). International Earth Rotation and Reference Systems Service (IERS), 2007-08-07. [dostęp 2008-09-23].
- [7] Najważniejsze składniki, objętościowo, w suchym powietrzu
- [8] May RM. *How Many Species Are There on Earth?* (<http://www.ciesin.org/docs/002-253/002-253.html>). „Science (New York, N.Y.)”. 4872 (241), ss. 1441-1449 (wrzesień 1988). doi:10.1126/science.241.4872.1441 (<http://dx.doi.org/10.1126/science.241.4872.1441>). PMID 17790039.
- [9] *The Limits of Organic Life in Planetary Systems* ([http://books.nap.edu/openbook.php?record\\_id=11919&page=5](http://books.nap.edu/openbook.php?record_id=11919&page=5)). Washington, D.C.: National Academies Press, 2007, s. 5. ISBN 978-0-309-10484-5.
- [10] G.B. Dalrymple: *The Age of the Earth*. Kalifornia: Stanford University Press, 1991. ISBN 0-8047-1569-6.
- [11] Roy M. Harrison, Ronald E. Hester: *Causes and Environmental Implications of Increased UV-B Radiation*. Royal Society of Chemistry, 2002. ISBN 0854042652.
- [12] Powierzchnie innych planet w Układzie Słonecznym są zbyt zimne lub zbyt ciepłe, aby występowała na nich woda w stanie ciekłym. Potwierdzono jednak istnienie wody ciekłej na Marsie w przeszłości; może ona istnieć również obecnie. Patrz: Msnbc: Rover reveals Mars was once wet enough for life (<http://www.msnbc.msn.com/id/4202901/>). NASA, 2007-03-02. [dostęp 2007-08-28].; Staff: Simulations Show Liquid Water Could Exist on Mars (<http://dailyheadlines.uark.edu/5717.htm>). University of Arkansas, 2005-11-07. [dostęp 2007-08-08].
- [13] Parę wodną wykryto w atmosferze tylko jednej planety pozasłonecznej; jest to gazowy olbrzym. Patrz: G. Tinetti, i inni. *Water vapour in the atmosphere of a transiting extrasolar planet* (<http://www.nature.com/nature/journal/v448/n7150/abs/nature06002.html>). „Nature”, ss. 169–171 (lipiec 2007). doi:10.1038/nature06002 (<http://dx.doi.org/10.1038/nature06002>).
- [14] W roku liczba dni czasu słonecznego jest o 1 mniejsza niż liczba dni czasu gwiazdowego ponieważ ruch orbitalny Ziemi wokół Słońca wymaga 1 dodatkowego obrotu planety wokół własnej osi
- [15] A. Morbidelli, J. Chambers, J. I. Lunine, J. M. Petit i inni. *Source regions and time scales for the delivery of water to Earth* (<http://adsabs.harvard.edu/abs/2000M&PS...35.1309M>). „Meteoritics & Planetary Science”. 6 (35), ss. 1309–1320 (2000). [dostęp 2007-03-06].
- [16] K. P. Schröder, Robert Cannon Smith. *Distant future of the Sun and Earth revisited*. „Monthly Notices of the Royal Astronomical Society”, s. 155 (2008). doi:10.1111/j.1365-2966.2008.13022.x (<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2966.2008.13022.x>).

- [17] William L. Newman: Age of the Earth (<http://pubs.usgs.gov/gip/geotime/age.html>). Publications Services, USGS, 2007-07-09. [dostęp 2007-09-20].
- [18] G. Brent Dalrymple. *The age of the Earth in the twentieth century: a problem (mostly) solved* (<http://sp.lyellcollection.org/cgi/content/abstract/190/1/205>). „Geological Society, London, Special Publications”, ss. 205–221 (2001). doi:10.1144/GSL.SP.2001.190.01.14 (<http://dx.doi.org/10.1144/GSL.SP.2001.190.01.14>). [dostęp 2007-09-20].
- [19] Chris Stassen: The Age of the Earth (<http://www.talkorigins.org/faqs/faq-age-of-earth.html>). The TalkOrigins Archive, 2005-09-10. [dostęp 2007-09-20].
- [20] Pre-biotic Earth ([http://www.chem.duke.edu/~jds/cruise\\_chem/Exobiology/PBearth.html](http://www.chem.duke.edu/~jds/cruise_chem/Exobiology/PBearth.html)). Cruising Chemistry. [dostęp 2008-11-08].
- [21] R. M. Canup, E. Asphaug: An impact origin of the Earth-Moon system (<http://adsabs.harvard.edu/abs/2001AGUFM.U51A..02C>). American Geophysical Union, Fall Meeting 2001. [dostęp 2007-03-10].
- [22] R.M. Canup, E Asphaug. *Origin of the Moon in a giant impact near the end of the Earth's formation..* „Nature”. 6848 (412), ss. 708–12 (sierpień 2001). doi:10.1038/35089010 (<http://dx.doi.org/10.1038/35089010>). PMID 11507633.
- [23] JI Lunine. *Physical conditions on the early Earth.* (<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1664683>). „Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences”. 1474 (361), ss. 1721–31 (październik 2006). doi:10.1098/rstb.2006.1900 (<http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2006.1900>). PMID 17008213.
- [24] G. Turner. *The outgassing history of the Earth's atmosphere* (<http://jgs.geoscienceworld.org/cgi/content/abstract/146/1/147>). „Journal of the Geological Society”. 1 (146) (luty 1989). doi:10.1144/gsjgs.146.1.0147 (<http://dx.doi.org/10.1144/gsjgs.146.1.0147>).
- [25] Eric J. Chaisson: Chemical Evolution ([http://www.tufts.edu/as/wright\\_center/cosmic\\_evolution/docs/text/text\\_chem\\_2.html](http://www.tufts.edu/as/wright_center/cosmic_evolution/docs/text/text_chem_2.html)). W: *Cosmic Evolution* ([http://www.tufts.edu/as/wright\\_center/cosmic\\_evolution/docs/splash.html](http://www.tufts.edu/as/wright_center/cosmic_evolution/docs/splash.html)) [on-line]. Tufts University, 2005. [dostęp 2006-03-27].
- [26] Doolittle. *Uprooting the tree of life.* ([http://shiva.msu.montana.edu/courses/mb437\\_537\\_2004\\_fall/docs/uprooting.pdf](http://shiva.msu.montana.edu/courses/mb437_537_2004_fall/docs/uprooting.pdf)). „Scientific American”. 2 (282), ss. 90–5 (luty 2000). PMID 10710791.
- [27] L. V. Berkner, L. C. Marshall. *On the Origin and Rise of Oxygen Concentration in the Earth's Atmosphere* (<http://adsabs.harvard.edu/abs/1965JAAtS...22..225B>). „Journal of Atmospheric Sciences”. 3 (22), ss. 225–261 (1965). [dostęp 2007-03-05].
- [28] Kathleen Burton: Astrobiologists Find Evidence of Early Life on Land ([http://www.nasa.gov/centers/ames/news/releases/2000/00\\_79AR.html](http://www.nasa.gov/centers/ames/news/releases/2000/00_79AR.html)). NASA, 2002-11-29. [dostęp 2007-03-05].
- [29] W. U. Reimold, Roger F. Gibson: *Processes on the early Earth* (<http://books.google.com/books?id=Up1Hfo9eRAoC&hl=pl>). Boulder, Colo.: Geological Society of America, 2006, s. 7. ISBN 0-8137-2405-8.
- [30] Donald Brownlee, Peter Ward: *The Life and Death of Planet Earth : How the New Science of Astrobiology Charts the Ultimate Fate of Our World* (<http://books.google.com/books?id=WVb6Uu9aluYC&hl=pl>). Owl Books, 2002. ISBN 0-8050-7512-7.
- [31] J.B. Murphy, R.D. Nance. *How do supercontinents assemble?* (<http://scienceweek.com/2004/sa040730-5.htm>). „American Scientist”, ss. 324–33 (1965). doi:10.1511/2004.4.324 (<http://dx.doi.org/10.1511/2004.4.324>). [dostęp 2007-03-05].
- [32] William J. Schopf, Cornelis Klein: *The Proterozoic biosphere: a multidisciplinary study* (<http://www.gps.caltech.edu/~jkirschvink/pdfs/firfirstsnowball.pdf>). Cambridge: Cambridge University Press, 1992, ss. 51-52. ISBN 0-521-36615-1.
- [33] Early History of the Earth. W: M. Pidwirny: *Fundamentals of Physical Geography* (<http://www.physicalgeography.net/fundamentals/5b.html>). 2006.
- [34] D. M. Raup, J. J. Sepkoski. *Mass Extinctions in the Marine Fossil Record* (<http://adsabs.harvard.edu/abs/1982Sci...215.1501R>). „Science”. 4539 (215), ss. 1501–1503 (1982). doi:10.1126/science.215.4539.1501 (<http://dx.doi.org/10.1126/science.215.4539.1501>). [dostęp 2007-03-05].
- [35] Stephen J. Gould. *The Evolution of Life on Earth* (<http://brembs.net/gould.html>). „Scientific American” (październik 1994). [dostęp 2007-03-05].
- [36] B. J. McElroy. *The impact of humans on continental erosion and sedimentation* (<http://bulletin.geoscienceworld.org/cgi/content/abstract/119/1-2/140>). „Bulletin of the Geological Society of America”. 1–2 (119), ss. 140–156 (2007). doi:10.1130/B25899.1 (<http://dx.doi.org/10.1130/B25899.1>). [dostęp 2007-04-22].
- [37] Staff: Paleoclimatology – The Study of Ancient Climates (<http://www.lakepowell.net/sciencecenter/paleoclimate.htm>). Page Paleontology Science Center. [dostęp 2007-03-02].
- [38] United States Census Bureau: World POP Clock Projection (<http://www.census.gov/ipc/www/popclockworld.html>). W: *United States Census Bureau International Database* [on-line]. 2009-01-20. [dostęp 2009-01-20].
- [39] Staff: World Population Prospects: The 2006 Revision (<http://www.un.org/esa/population/publications/wpp2006/wpp2006.htm>). United Nations. [dostęp 2009-01-20].
- [40] Staff: Human Population: Fundamentals of Growth: Growth (<http://www.prb.org/Educators/TeachersGuides/HumanPopulation/PopulationGrowth/QuestionAnswer.aspx>). Population Reference Bureau, 2007. [dostęp 2007-03-31].
- [41] Counting countries (<http://www.economist.com/blogs/theworldin2009/countries/>) (ang.). W: *The Economist* [on-line]. The Economist Newspaper Limited, 2008-10-24. [dostęp 2009-01-08].
- [42] United Nations Member States (<http://www.un.org/members/list.shtml>) (ang.). United Nations.
- [43] Staff: International Law (<http://www.un.org/law/>) (ang.). United Nations. [dostęp 2007-03-27].
- [44] David P. Stern: Planetary Magnetism (<http://astrogeology.usgs.gov/HotTopics/index.php?archives/147-Names-for-the-Columbia-astronauts-provisionally-approved.html>). NASA, 2001-11-25. [dostęp 2007-04-01].

- [45] Paul J. Tackley. *Mantle Convection and Plate Tectonics: Toward an Integrated Physical and Chemical Theory*. „Science”. 5473 (288), ss. 2002–2007 (2000-06-16). doi:10.1126/science.288.5473.2002 (<http://dx.doi.org/10.1126/science.288.5473.2002>). PMID 10856206.
- [46] D. T. Sandwell, W. H. F. Smith: Exploring the Ocean Basins with Satellite Altimeter Data (<http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/bathymetry/predicted/explore.HTML>). NOAA/NGDC, 2006-07-07. [dostęp 2008-11-11].
- [47] Jacek Dzierżawski: Elipsoida odniesienia ([http://uklady\\_wspolrzednych.webpark.pl/index06.html](http://uklady_wspolrzednych.webpark.pl/index06.html)). W: *Charakterystyka układów współrzędnych* [on-line]. Uniwersytet Mikołaja Kopernika. [dostęp 2008-11-24].
- [48] GRACE: Earth's Gravity Definition ([http://www.csr.utexas.edu/grace/gravity/gravity\\_definition.html](http://www.csr.utexas.edu/grace/gravity/gravity_definition.html)). The University of Texas at Austin. [dostęp 2008-11-16].
- [49] Staff: WPA Tournament Table & Equipment Specifications ([http://www.wpa-pool.com/index.asp?content=rules\\_spec](http://www.wpa-pool.com/index.asp?content=rules_spec)). World Pool-Billiards Association, listopad 2001. [dostęp 2007-03-10].
- [50] Roberta L. Rudnick, David M. Fountain. *Nature and Composition of the Continental Crust: A Lower Crustal Perspective* (<http://www.agu.org/journals/rg/v033/i003/95RG01302/95RG01302.pdf>). „Reviews of Geophysics”. 3 (33), ss. 267-309 (1995).
- [51] Żelazo występuje w naturze jako jony  $\text{Fe}^{2+}$  (FeO jako tlenek żelaza(II)) oraz  $\text{Fe}^{3+}$  ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  jako tlenek żelaza(III)). Obecnie, rzadko używana jest metoda analizy skał, w której zawartość FeO i  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  podawana jest osobno. Zazwyczaj skały analizuje się więc z użyciem spektrometrii rentgenofluorescencyjnej (XRF), w której całkowita zawartość żelaza wyrażona jest jako  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Ponieważ większość żelaza w magmach występuje jednak jako jony  $\text{Fe}^{2+}$ , całkowita zawartość żelaza w skałach magmowych często podawana jest jako FeO i oznaczana jako  $\text{FeO}_T$ , mimo iż oryginalne pomiary wyrażone były jako  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Inna metoda – mikroanaliza rentgenowska (EPMA), również wyraża całkowitą zawartość żelaza jako FeO. Możliwe jest przeliczenie, używając równania  $\text{FeO}=0,9\times\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Patrz: Stephen Blakes, Tom Argles: *Growth and Destruction – continental Evolution at Subduction Zones: Block 3* ([http://books.google.com/books?id=mGQ-hMoN7v4C&pg=PA57&lpg=PA57&dq=FeOt=+FeO+++Fe2O3&source=bl&ots=1bZ\\_bdhKgI&sig=0fMdlUy2VDbStA7pqntc8qfUn7w&hl=pl&sa=X&oi=book\\_result&resnum=1&ct=result#PPA57,M1](http://books.google.com/books?id=mGQ-hMoN7v4C&pg=PA57&lpg=PA57&dq=FeOt=+FeO+++Fe2O3&source=bl&ots=1bZ_bdhKgI&sig=0fMdlUy2VDbStA7pqntc8qfUn7w&hl=pl&sa=X&oi=book_result&resnum=1&ct=result#PPA57,M1)). 2003. ISBN 0749256664.
- [52] J.W. Morgan, E. Anders. *Chemical composition of Earth, Venus, and Mercury*. „Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America”. 12 (77), ss. 6973–6977 (grudzień 1980). PMID 16592930.
- [53] R. Nave: Abundances of the Elements in the Earth's Crust (<http://www.mwit.ac.th/~Physicslab/hbase/tables/elabund.html>). HyperPhysics. [dostęp 2008-11-26].
- [54] D. Alfè, M. J. Gillan, L. Vocablo, J. Brodholt i inni. *The ab initio simulation of the Earth's core* (<http://chianti.geol.ucl.ac.uk/~dario/publicazioni/PTRSA2002.pdf>). „Philosophical Transaction of the Royal Society of London”. 1795 (360), ss. 1227–1244 (2002). [dostęp 2007-02-28].
- [55] US Department of Energy: 9. Geothermal (<http://www.eia.doe.gov/cneaf/solar.renewables/renewable.energy.annual/backgrnd/chap9b.htm>). [dostęp 2008-12-13].
- [56] Joe Anuta: Probing Question: What heats the earth's core? (<http://www.physorg.com/news62952904.html>). physorg.com, 30 marca 2006. [dostęp 2008-12-13].
- [57] Robert Sanders: Radioactive potassium may be major heat source in Earth's core ([http://www.berkeley.edu/news/media/releases/2003/12/10\\_heat.shtml](http://www.berkeley.edu/news/media/releases/2003/12/10_heat.shtml)). UC Berkeley News, 2003-12-10. [dostęp 2007-02-28].
- [58] M. A. Richards, R. A. Duncan, V. E. Courtillot. *Flood Basalts and Hot-Spot Tracks: Plume Heads and Tails* (<http://adsabs.harvard.edu/abs/1989Sci...246..103R>). „Science”. 4926 (246), ss. 103–107 (1989). doi:10.1126/science.246.4926.103 (<http://dx.doi.org/10.1126/science.246.4926.103>). PMID 17837768. [dostęp 2007-04-21].
- [59] D. F. Hollenbach, J. M. Herndon. *Thermodynamics from first principles: temperature and composition of the Earth's core* (<http://www.pnas.org/cgi/content/full/98/20/11085>). „PNAS”. 20 (98), ss. 11085–11090 (25 września 2001). doi:10.1073/pnas.201393998 (<http://dx.doi.org/10.1073/pnas.201393998>). PMID 11562483. [dostęp 2007-03-01].
- [60] Thorne Lay, Joe Hearn i Bruce Buffett. *Core–mantle boundary heat flow* (<http://www.nature.com/nggeo/journal/v1/n1/full/ngeo.2007.44.html>). „Nature Geoscience”, ss. 25-32 (2008).
- [61] TH Jordan. *Structural geology of the Earth's interior*. „Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America”. 9 (76), ss. 4192–4200 (wrzesień 1979). doi:10.1073/pnas.76.9.4192 (<http://dx.doi.org/10.1073/pnas.76.9.4192>). PMID 16592703.
- [62] Structure and composition of the Earth (<http://www.amonline.net.au/geoscience/earth/structure.htm>). Australian Museum Online (<http://www.amonline.net.au>). [dostęp 2007-09-14].
- [63] Lokalnie waha się od 5 do 200 km.
- [64] Lokalnie waha się od 5 do 70 km.
- [65] M Pidwirny: Structure of the Earth (<http://www.physicalgeography.net/fundamentals/10h.html>). W: *Fundamentals of Physical Geography* [on-line]. 2006. [dostęp 2008-12-15].
- [66] Jacqueline E. Dixon, T.H. Dixon, i inni. *Lateral variation in upper mantle viscosity: role of water* ([http://www.rsmas.miami.edu/divs/mgg/People/Faculty/DixonJ/Publications/pdfs/Dixon04\\_MantleVisc.pdf](http://www.rsmas.miami.edu/divs/mgg/People/Faculty/DixonJ/Publications/pdfs/Dixon04_MantleVisc.pdf)). „Earth and Planetary Science Letters”, ss. 451-467 (2004).
- [67] Holgen Steffen: Determination of a consistent viscosity distribution in the Earth's mantle beneath northern and Central Europe ([http://www.diss.fu-berlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS\\_derivate\\_000000002636/07\\_Steffen2006\\_7.pdf](http://www.diss.fu-berlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS_derivate_000000002636/07_Steffen2006_7.pdf)). 2006. [dostęp 2008-11-24].
- [68] Richard A. Kerr. *Earth's Inner Core Is Running a Tad Faster Than the Rest of the Planet*. „Science”. 5739 (309), s. 1313 (2005-09-26). doi:10.1126/science.309.5739.1313a (<http://dx.doi.org/10.1126/science.309.5739.1313a>).
- [69] W. J. Kious, R. I. Tilling: Understanding plate motions (<http://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/understanding.html>). USGS, 1999-05-05. [dostęp 2007-03-02].

- [70] W. K. Brown, K. H. Wohletz: SFT and the Earth's Tectonic Plates (<http://www.ees1.lanl.gov/Wohletz/SFT-Tectonics.htm>) (ang.). Los Alamos National Laboratory, 2005. [dostęp 2009-01-04].
- [71] M. Meschede, U. Udo Barckhausen: Plate Tectonic Evolution of the Cocos-Nazca Spreading Center ([http://www-odp.tamu.edu/publications/170\\_SR/chap\\_07/chap\\_07.htm](http://www-odp.tamu.edu/publications/170_SR/chap_07/chap_07.htm)). W: *Proceedings of the Ocean Drilling Program* [on-line]. Texas A&M University, 2000-11-20. [dostęp 2007-04-02].
- [72] Staff: GPS Time Series (<http://sideshow.jpl.nasa.gov/mbh/series.html>). NASA JPL. [dostęp 2007-04-02].
- [73] C.R. Nave: Magnetic Field of the Earth (<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/magnetic/magearth.html>) (ang.). 2005. [dostęp 1 stycznia 2009].
- [74] Richard Fitzpatrick: MHD dynamo theory (<http://farside.ph.utexas.edu/teaching/plasma/lectures/node69.html>). NASA WMAP, 2006-02-16. [dostęp 2007-02-27].
- [75] Wallace Hall Campbell: *Introduction to Geomagnetic Fields*. New York: Cambridge University Press, 2003, s. 57. ISBN 0521822068.
- [76] David P. Stern: Exploration of the Earth's Magnetosphere (<http://www-spf.gsfc.nasa.gov/Education/wmap.html>). NASA, 2005-07-08. [dostęp 2007-03-21].
- [77] British National Space Centre: Earth's four spheres (<http://www.bnsc.gov.uk/4576.aspx>). [dostęp 2008-12-27].
- [78] Center for Educational Technologies: Earth System Science (<http://www.cotf.edu/ete/ESS/ESSmain.html>). [dostęp 2008-12-27].
- [79] W języku polskim, terminem "ekosfera" nazywa się czasami cztery główne sfery Ziemi. Patrz: ekosfera.pl: Definicja terminu : ekosfera ([http://www.ekologia.pl/ekoslownik/115\\_Leksykon\\_ekologii\\_i\\_ochrony\\_srodowiska/1535\\_1\\_E\\_0\\_ekosfera.html](http://www.ekologia.pl/ekoslownik/115_Leksykon_ekologii_i_ochrony_srodowiska/1535_1_E_0_ekosfera.html)). [dostęp 2008-12-27].
- [80] Marek Degórski: Środowisko geograficzne (<http://www.geo.uj.edu.pl/zaklady/zgf/bukowina/prezentacje/Degorski.pdf>). PAN IGiPZ. [dostęp 2008-12-29].
- [81] Lucyna Wachecka-Kotkowska: Wstęp do geografii fizycznej (<http://www.geo.uni.lodz.pl/sekcje/pliki/131/IwGeografiaFizyczna.ppt>). [dostęp 2008-12-29].
- [82] James F. Kasting, Daniel P. Whitmire. *Habitable Zones around Main Sequence Stars* (<http://adsabs.harvard.edu/abs/1993Icar..101..108K>). „ELSEVIER”. 1 (101), ss. 108-128 (1993).
- [83] Michał Różyczka. *Ekosfery Gwiazdowe* (<http://kosmos.icm.edu.pl/PDF/2006/381.pdf>). „Kosmos”. 4 (55), ss. 381-388 (2006).
- [84] *Rare Earth: Why Complex Life is Uncommon in the Universe*. Wyd. 1st edition. New York: Springer-Verlag, 2000-01-14. ISBN 0387987010.
- [85] Neil Campbell, Jane Reece: *Biology*. San Francisco: Pearson, Benjamin Cummings, 2005, ss. 4-5,13-14, 1209. ISBN 0-8053-7146-X.
- [86] Andrea Thompson: How many species exist on Earth? (<http://www.msnbc.msn.com/id/20109284/>). [dostęp 2008-12-29].
- [87] George C. McGavin: *Zagrożona przyroda*. Warszawa: Bellona, 2008. ISBN 83-1110-870-7.
- [88] Richard Leakey: *Szósta katastrofa*. Warszawa: Prószyński i S-ka, 1999. ISBN 83-7180-812-7.
- [89] IUCN Red List: Numbers of threatened species by major groups of organisms ([http://www.iucnredlist.org/documents/2008RL\\_stats\\_table\\_1\\_v1223294385.pdf](http://www.iucnredlist.org/documents/2008RL_stats_table_1_v1223294385.pdf)). [dostęp 2008-12-29].
- [90] Royal Society: A guide to facts and fictions about climate change (<http://www.royalsoc.ac.uk/downloaddoc.asp?id=1630>). Marzec 2005. [dostęp 20 grudnia 2008].
- [91] Staff: Evidence is now 'unequivocal' that humans are causing global warming – UN report (<http://www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=21429&Cr=climate&Cr1=change>). United Nations, 2007-02-02. [dostęp 2007-03-07].
- [92] PhysicalGeography.net: Chapter 10. Introduction to the Lithosphere (<http://www.physicalgeography.net/fundamentals/10o.html>). [dostęp 2008-12-03].
- [93] Fred Duennebie: Pacific Plate Motion (<http://www.soest.hawaii.edu/GG/ASK/plate-tectonics2.html>). University of Hawaii, 1999-08-12. [dostęp 2007-03-14].
- [94] Mueller, R.D.; Roest, W.R.; Royer, J.-Y.; Gahagan, L.M.; Sclater, J.G.: Age of the Ocean Floor Poster (<http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/fliers/96mkg04.html>). NOAA, 2007-03-07. [dostęp 2007-03-14].
- [95] Staff: Layers of the Earth ([http://volcano.oregonstate.edu/vwdocs/vwlessons/plate\\_tectonics/part1.html](http://volcano.oregonstate.edu/vwdocs/vwlessons/plate_tectonics/part1.html)). Volcano World. [dostęp 2007-03-11].
- [96] David Jessey: Weathering and Sedimentary Rocks (<http://geology.csupomona.edu/drjessey/class/Gsc101/Weathering.html>). Cal Poly Pomona. [dostęp 2007-03-20].
- [97] Staff: Minerals (<http://natural-history.uoregon.edu/Pages/web/mineral.htm>). Museum of Natural History, Oregon. [dostęp 2007-03-20].
- [98] Ronadh Cox: Carbonate sediments (<http://madmonster.williams.edu/geos.302/L.08.html>). Williams College, 2003. [dostęp 2007-04-21].
- [99] International Energy Annual 2005 (<http://www.eia.doe.gov/iea/overview.html>). [dostęp 2007-09-09].
- [100] A. Foley Jonathan, Ruth DeFries, i inni. *Global Consequences of Land Use* ([http://www.verticalfarm.com/pdf/sci\\_global\\_consequences\\_of\\_land\\_use.pdf](http://www.verticalfarm.com/pdf/sci_global_consequences_of_land_use.pdf)). „Science”. 5734 (309), ss. 570-574 (2005-07-22).
- [101] A "Constant Global Hectare" Method for Representing Ecological Footprint Time Trends ([http://www.brass.cf.ac.uk/uploads/fullpapers/Kitzes\\_M66.pdf](http://www.brass.cf.ac.uk/uploads/fullpapers/Kitzes_M66.pdf)). BRASS, maj 2007. [dostęp 2009-01-02].
- [102] Data Sources ([http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/data\\_sources/](http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/data_sources/)). Global Footprint Network, 2008-10-29. [dostęp 2008-12-12].
- [103] David C. Catling, Kevin J. Zahnle. *Ulotne atmosfery planet*. „Świat Nauki”. 6 (214), s. 30 (czerwiec 2009). Joanna Zimakowska. Prószyński Media. ISSN 0867-6380 (<http://worldcat.org/issn/0867-6380>) (pol.).



- [104] B. Geerts, E. Linacre: The height of the tropopause (<http://www-das.uwoyo.edu/~geerts/cwx/notes/chap01/tropo.html>). W: *Resources in Atmospheric Sciences* [on-line]. University of Wyoming, listopad 1997. [dostęp 2006-08-10].
- [105] Staff: Earth's Atmosphere ([http://www.nasa.gov/audience/forstudents/9-12/features/912\\_liftoff\\_atm.html](http://www.nasa.gov/audience/forstudents/9-12/features/912_liftoff_atm.html)). NASA, 2003-10-08. [dostęp 2007-03-21].
- [106] Zarys historyczny nauki o zmianach klimatu (<http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter1.pdf>). W: *IPCC WG1 AR4 Report* [on-line]. IPCC, 2007. [dostęp 10 kwietnia 2008].
- [107] Michael Pidwirny: Fundamentals of Physical Geography (<http://www.physicalgeography.net/fundamentals/7h.html>). PhysicalGeography.net, 2006. [dostęp 2007-03-19].
- [108] Earth's Radiant Energy Balance and Oceanic Heat Fluxes (<http://oceanworld.tamu.edu/resources/oceanography-book/radiationbalance.htm>). oceanworld.tamu.edu. [dostęp 2008-12-20].
- [109] Climate averages (<http://www.metoffice.gov.uk/climate/uk/averages>). Met Office. [dostęp 2008-05-17].
- [110] Joseph M. Moran: Weather ([http://www.nasa.gov/worldbook/weather\\_worldbook.html](http://www.nasa.gov/worldbook/weather_worldbook.html)). W: *World Book Online Reference Center* [on-line]. NASA/World Book, Inc., 2005. [dostęp 2007-03-17].
- [111] Wolfgang H. Berger: The Earth's Climate System (<http://earthguide.ucsd.edu/virtualmuseum/climatechange1/cc1syllabus.shtml>). University of California, San Diego, 2002. [dostęp 2007-03-24].
- [112] Stefan Rahmstorf: The Thermohaline Ocean Circulation ([http://www.pik-potsdam.de/~stefan/thc\\_fact\\_sheet.html](http://www.pik-potsdam.de/~stefan/thc_fact_sheet.html)). Potsdam Institute for Climate Impact Research, 2003. [dostęp 2007-04-21].
- [113] Various: The Hydrologic Cycle ([http://ww2010.atmos.uiuc.edu/\(Gh\)/guides/mtr/hyd/home.rxml](http://ww2010.atmos.uiuc.edu/(Gh)/guides/mtr/hyd/home.rxml)). University of Illinois, 1997-07-21. [dostęp 2007-03-24].
- [114] Staff: Climate Zones ([http://www.ace.mmu.ac.uk/eae/Climate/Older/Climate\\_Zones.html](http://www.ace.mmu.ac.uk/eae/Climate/Older/Climate_Zones.html)). UK Department for Environment, Food and Rural Affairs. [dostęp 2007-03-24].
- [115] Staff: Stratosphere and Weather; Discovery of the Stratosphere (<http://scienceweek.com/2004/rmps-23.htm>). Science Week, 2004. [dostęp 2007-03-14].
- [116] Science: Ozone Basics. (<http://www.ozonlayer.noaa.gov/science/basics.htm>). [dostęp 2007-01-29].
- [117] S. Sanz Fernández de Córdoba: 100 km. Altitude Boundary for Astronautics (<http://www.un.org/members/list.shtml>). Fédération Aéronautique Internationale, 2004-06-21. [dostęp 2007-04-21].
- [118] S. C. Liu, T. M. Donahue. *The Aeronomy of Hydrogen in the Atmosphere of the Earth* (<http://adsabs.harvard.edu/abs/1974JAstS...31.1118L>). „Journal of Atmospheric Sciences”. 4 (31), ss. 1118–1136 (1974). [dostęp 2007-03-02].
- [119] David C. Catling, Kevin J. Zahnle, Christopher P. McKay. *Biogenic Methane, Hydrogen Escape, and the Irreversible Oxidation of Early Earth* (<http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/293/5531/839>). „Science”. 5531 (293). Ss. 839-843.
- [120] Stephen T. Abedon: History of Earth (<http://www.mansfield.ohio-state.edu/~sabedon/biol1010.htm>). Ohio State University, 1997-03-31. [dostęp 2007-03-19].
- [121] D. M. Hunten, T. M. Donahue. *Hydrogen loss from the terrestrial planets* (<http://adsabs.harvard.edu/abs/1976AREPS...4..265H>). „Annual review of earth and planetary sciences”, ss. 265–292 (1976). [dostęp 2008-11-07].
- [122] H. U. Sverdrup, Richard H Fleming: *The oceans, their physics, chemistry, and general biology* (<http://repositories.cdlib.org/sio/arch/oceans/>). Scripps Institution of Oceanography Archives, 1942-01-01.
- [123] Michon Scott: Earth's Big heat Bucket (<http://earthobservatory.nasa.gov/Study/HeatBucket/>). NASA Earth Observatory, 2006-04-24. [dostęp 2007-03-14].
- [124] Sharron Sample: Sea Surface Temperature (<http://web.archive.org/web/20070429030121/http://science.hq.nasa.gov/oceans/physical/SST.html>). NASA, 2005-06-21. [dostęp 2007-04-21].
- [125] Ron M. Morris: Oceanic Processes (<http://seis.natsci.csulb.edu/rmorris/oxy/oxy4.html>). NASA Astrobiology Magazine. [dostęp 2007-03-14].
- [126] Encyclopaedia Britannica: Yangtze River (<http://www.britannica.com/eb/article-9110538/Yangtze-River>). [dostęp 2009-03-21].
- [127] Długość rzek różni się jednak w zależności od źródła. Przykładowo, niektóre źródła uważają Amazonkę za najdłuższą rzekę świata. Więcej w osobnych artykułach.
- [128] Caspian Sea » General background (<http://www.caspianenvironment.org/caspian.htm>). CaspianEnvironment.org. [dostęp 2007-05-25].
- [129] Ponieważ jest to jezioro bezodpływowe, jego powierzchnia i głębokość ulegają zmianom, dlatego podawane wartości różnią się w zależności od źródła. Wg ONZ oraz Europejskiej Agencji Kosmicznej, Morze Kaspijskie ma powierzchnię 371 000 km<sup>2</sup> ([http://www.esa.int/esaEO/SEM5GYTLWFE\\_index\\_0.html](http://www.esa.int/esaEO/SEM5GYTLWFE_index_0.html)) (<http://www.un.org/Pubs/chronicle/2004/issue3/0304p44.asp>)
- [130] World Waterfall Database: Angel, Salto (<http://www.world-waterfalls.com/waterfall.php?num=1/>). 2006-09-23. [dostęp 2009-03-21].
- [131] 7,000 m Class Remotely Operated Vehicle *KAIKO 7000* (<http://www.jamstec.go.jp/e/about/equipment/ships/kaiko7000.html>). Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC). [dostęp 2008-06-07].
- [132] Igor A. Shiklomanov, et. al.: World Water Resources and their use Beginning of the 21st century" Prepared in the Framework of IHP UNESCO (<http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/shiklomanov/summary/html/summary.html>). State Hydrological Institute, St. Petersburg, 1999. [dostęp 2006-08-10].
- [133] Leslie Mullen: Salt of the Early Earth (<http://www.astrobio.net/news/article223.html>). NASA Astrobiology Magazine, 2002-06-11. [dostęp 2007-03-14].
- [134] Milan Burša, Z. Šimon: On the non-tidal secular acceleration of the Earth's rotation (<http://www.springerlink.com/content/13863x17241156v1/>). SpringerLink 2005. [dostęp 15.11.2008]. Cytat: Opóźnienie kątowne rotacji Ziemi jest mniejsze o ok.  $1,6 \cdot 10^{-22} 1/s^2$  z

- czego wynika, że inne czynniki też mają wpływ na prędkość kątową Ziemi.
- [135] Leap seconds (<http://tycho.usno.navy.mil/leapsec.html>). Time Service Department, USNO. [dostęp 2008-11-07].
- [136] David R. Williams: Moon Fact Sheet (<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/moonfact.html>). NASA, 2004-09-01. [dostęp 2007-03-21].
- [137] M. Vázquez, P. Montañés Rodríguez, E. Palle: The Earth as an Object of Astrophysical Interest in the Search for Extrasolar Planets (<http://www.iac.es/folleto/research/preprints/files/PP06024.pdf>). Instituto de Astrofísica de Canarias, 2006. [dostęp 2007-03-21].
- [138] NIST: The International System of Units (SI) (<http://physics.nist.gov/Document/sp330.pdf#page=39>). 2001. [dostęp 2008-12-17]. s. 39.
- [139] Astrophysicist team: Earth's location in the Milky Way ([http://imagine.gsfc.nasa.gov/docs/ask\\_astro/answers/030827a.html](http://imagine.gsfc.nasa.gov/docs/ask_astro/answers/030827a.html)). NASA, 2005-12-01. [dostęp 2008-06-11].
- [140] NSIDC: Glossary ([http://nsidc.org/arcticmet/glossary/polar\\_night.html](http://nsidc.org/arcticmet/glossary/polar_night.html)). [dostęp 2008-11-26].
- [141] Astronomical Institute/ Utrecht University: Astronomy Answers (<http://www.astro.uu.nl/~strous/AA/en/antwoorden/tijd.html#15>). [dostęp 2009-01-08].
- [142] NSIDC: Glossary ([http://nsidc.org/arcticmet/glossary/polar\\_day.html](http://nsidc.org/arcticmet/glossary/polar_day.html)). [dostęp 2008-11-26].
- [143] Irv Bromberg: The Lengths of the Seasons (on Earth) (<http://www.sym454.org/seasons/>). University of Toronto, 2008-05-01. [dostęp 2008-11-08].
- [144] US Department of Energy: Solar Radiation Basics ([http://apps1.eere.energy.gov/consumer/renewable\\_energy/solar/index.cfm/mytopic=50012](http://apps1.eere.energy.gov/consumer/renewable_energy/solar/index.cfm/mytopic=50012)). [dostęp 2008-11-27].
- [145] Jack Williams: Earth's tilt creates seasons (<http://www.usatoday.com/weather/tg/wseason/wseason.htm>). USA Today, 2005-12-20. [dostęp 2007-03-17].
- [146] F. Espenak, J. Meeus: Secular acceleration of the Moon (<http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/SEcat5/secular.html>). NASA, 2007-02-07. [dostęp 2007-04-20].
- [147] Hannu K. J. Propodas: Using Coral as a Clock (<http://www.skepticfiles.org/origins/coralclo.htm>). Skeptic Tank, 1991-12-16. [dostęp 2007-04-26].
- [148] Stephen Jones: Re: Tides Record 18-Hour Earth Days (<http://www.asa3.org/archive/evolution/199607/0052.html>). [dostęp 2008-11-27].
- [149] J. Laskar, P. Robutel, F. Joutel, M. Gastineau i inni. *A long-term numerical solution for the insolation quantities of the Earth* (<http://adsabs.harvard.edu/abs/2004A&A...428..261L>). „Astronomy and Astrophysics”, ss. 261–285 (2004). doi:10.1051/0004-6361:20041335 (<http://dx.doi.org/10.1051/0004-6361:20041335>). [dostęp 2007-03-31].
- [150] N. Murray, M. Holman. *The role of chaotic resonances in the solar system* (<http://arxiv.org/abs/astro-ph/0111602v1>). „Nature”. 6830 (410), ss. 773–779 (2001). doi:10.1038/35071000 (<http://dx.doi.org/10.1038/35071000>). [dostęp 2008-08-05].
- [151] D.M. Williams, J.F. Kasting. *Habitable planets with high obliquities* (<http://adsabs.harvard.edu/abs/1996LPI....27.1437W>). „Lunar and Planetary Science”, ss. 1437–1438 (1996). [dostęp 2007-03-31].
- [152] David R. Williams: Planetary Fact Sheets (<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/planetfact.html>). NASA, 2006-02-10. [dostęp 2008-09-28].
- [153] David Whitehouse: Earth's little brother found (<http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/2347663.stm>). BBC News, 2002-10-21. [dostęp 2007-03-31].
- [154] Group 29: Multi-axes symmetric, both soft and straight-lined, closed signs with crossing lines. W: Carl G. Liungman: *Symbols -- Encyclopedia of Western Signs and Ideograms*. New York: Ionfox AB, 2004, ss. pp. 281–282. ISBN 91-972705-0-4.
- [155] E. T. C. Werner: *Myths & Legends of China* (<http://www.gutenberg.org/etext/15250>). New York: George G. Harrap & Co. Ltd., 1922.
- [156] S.I. Dutch. *Religion as belief versus religion as fact* ([http://nagt.org/files/nagt/jge/abstracts/Dutch\\_v50n2p137.pdf](http://nagt.org/files/nagt/jge/abstracts/Dutch_v50n2p137.pdf)). „Journal of Geoscience Education”. 2 (50), ss. 137–144 (2002). [dostęp 2008-04-28].
- [157] *A World Designed by God: Science and Creationism in Contemporary Islam* (<http://www2.truman.edu/~edis/writings/articles/CFI-2001.pdf>). Amherst: Prometheus, 2003. ISBN 1-59102-064-6.
- [158] M.R. Ross. *Who Believes What? Clearing up Confusion over Intelligent Design and Young-Earth Creationism* ([http://www.nagt.org/files/nagt/jge/abstracts/Ross\\_v53n3p319.pdf](http://www.nagt.org/files/nagt/jge/abstracts/Ross_v53n3p319.pdf)). „Journal of Geoscience Education”. 3 (53), s. 319 (2005). [dostęp 2008-04-28].
- [159] RT Pennock. *Creationism and intelligent design*. „Annu Rev Genomics Hum Genet”, ss. 143–63 (2003). doi:10.1146/annurev.genom.4.070802.110400 (<http://dx.doi.org/10.1146/annurev.genom.4.070802.110400>). PMID 14527300.
- [160] Science, Evolution, and Creationism ([http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=11876](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=11876)). National Academy Press, 2005. [dostęp 2008-11-23].
- [161] A. Colburn, L. Henriques. *Clergy views on evolution, creationism, science, and religion*. „Journal of Research in Science Teaching”. 4 (43), ss. 419–442 (2006). doi:10.1002/tea.20109 (<http://dx.doi.org/10.1002/tea.20109>).
- [162] *Is God a Creationist? The Religious Case Against Creation-Science..* Scribner's, 1983. ISBN 0-68417-993-8.
- [163] S.J. Gould. *Nonoverlapping magisteria* ([http://www.jbburnett.com/resources/gould\\_nonoverlapping.pdf](http://www.jbburnett.com/resources/gould_nonoverlapping.pdf)). „Natural History”. 2 (106), ss. 16–22 (1997). [dostęp 2008-04-28].
- [164] The Flat Earth (<http://www.lhup.edu/~dsimanek/flat/flateart.htm>)
- [165] Jim Siebold: Slide #103 (<http://www.henry-davis.com/MAPS/Ancient Web Pages/103.html>). [dostęp 2008-11-25].
- [166] J J O'Connor i E F Robertson: Anaximander of Miletus (<http://www-history.mcs.st-and.ac.uk/Printonly/Anaximander.html>). Univ. of St Andrews, lipiec 2008. [dostęp 2008-11-25].

- [167] Carl Huffman: Philolaus (<http://plato.stanford.edu/entries/philolaus/#CosCos>). Stanford Encyclopedia of Philosophy. [dostęp 2008-01-01].
- [168] Jeffrey B. Russell: The Myth of the Flat Earth (<http://www.asa3.org/ASA/topics/history/1997Russell.html>). American Scientific Affiliation. [dostęp 2007-03-14].
- [169] Jeffrey B. Russell: The Round Earth (<http://www-istp.gsfc.nasa.gov/stargaze/Scolumb.htm>). NASA. [dostęp 24 stycznia 2008].
- [170] Rudolf Simek, Angela Mary Hall: *Heaven and earth in the Middle Ages: the physical world before Columbus* (<http://books.google.com/books?id=gXBSKZAIAdMC&hl=pl>). Woodbridge, Suffolk, UK: Boydell Press, 1996. ISBN 0-85115-608-8.
- [171] Frans Koks: Ortelius Atlas (<http://memory.loc.gov/ammem/gmdhtml/gnrlort.html>). [dostęp 2008-12-12].
- [172] Staff: Explorers: Searching the Universe Forty Years Later ([http://www.nasa.gov/centers/goddard/pdf/106420main\\_explorers.pdf](http://www.nasa.gov/centers/goddard/pdf/106420main_explorers.pdf)). NASA/Goddard, październik 1998. [dostęp 2007-03-05].
- [173] Neil Fraser: The one, the only, photograph of Earth (<http://neil.fraser.name/writing/earth/>). marzec 2001. [dostęp 2008-11-25].
- [174] NASA: Apollo 17 30th Anniversary (<http://svs.gsfc.nasa.gov/vis/a000000/a002600/a002680/>). [dostęp 2008-11-25].
- [175] Staff: Pale Blue Dot ([http://gtrc911.quaker.org/pale\\_blue\\_dot.html](http://gtrc911.quaker.org/pale_blue_dot.html)). SETI@home. [dostęp 2006-04-02].
- [176] Anthony J. McMichael: *Planetary Overload: Global Environmental Change and the Health of the Human Species*. Cambridge University Press, 1993. ISBN 0521457599.
- [177] Stephen M. Meyer: MIT Project on Environmental Politics & Policy (<http://web.mit.edu/polisci/mpepp/>). Massachusetts Institute of Technology, 2002-08-18. [dostęp 2006-08-10].
- [178] Mari Margil: Companies' Support Goes against the Environment (<http://www.commondreams.org/views07/0213-24.htm>). Seattle Post-Intelligencer, 2007-02-13. [dostęp 2008-11-25].
- [179] R. Buckminster Fuller: *Operating Manual for Spaceship Earth* (<http://www.futurehi.net/docs/OperatingManual.html>). Wyd. First edition. Nowy Jork: E.P. Dutton & Co., 1963. ISBN 0-525-47433-1.
- [180] James E. Lovelock: *Gaia: A New Look at Life on Earth*. Wyd. 1. Oxford: Oxford University Press, 1979. ISBN 0-19-286030-5.
- [181] I. J. Sackmann, A. I. Boothroyd, K. E. Kraemer. *Our Sun. III. Present and Future* ([http://articles.adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-iarticle\\_query?1993ApJ...418..457S&data\\_type=PDF\\_HIGH&whole\\_paper=YES&type=PRINTER&filetype=.pdf](http://articles.adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-iarticle_query?1993ApJ...418..457S&data_type=PDF_HIGH&whole_paper=YES&type=PRINTER&filetype=.pdf)). „Astrophysical Journal”, ss. 457–468 (1993). doi:10.1086/173407 (<http://dx.doi.org/10.1086/173407>). [dostęp 2008-07-08].
- [182] J.F. Kasting. *Runaway and Moist Greenhouse Atmospheres and the Evolution of Earth and Venus* (<http://adsabs.harvard.edu/abs/1988Icar...74..472K>). „Icarus”, ss. 472–494 (1988). doi:10.1016/0019-1035(88)90116-9 ([http://dx.doi.org/10.1016/0019-1035\(88\)90116-9](http://dx.doi.org/10.1016/0019-1035(88)90116-9)). [dostęp 2007-03-31].
- [183] Ken Caldeira, James F. Kasting. *The life span of the biosphere revisited* (<http://www.nature.com/nature/journal/v360/n6406/abs/360721a0.html>). „Nature”, ss. 721-723 (1992-12-31).
- [184] Damian Carrington: Date set for desert Earth ([http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/specials/washington\\_2000/649913.stm](http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/specials/washington_2000/649913.stm)). BBC News, 2000-02-21. [dostęp 2007-03-31].
- [185] Jason Palmer: Hope dims that Earth will survive Sun's death ([http://space.newscientist.com/article/dn13369-hope-dims-that-earth-will-survive-suns-death.html?feedId=online-news\\_rss20](http://space.newscientist.com/article/dn13369-hope-dims-that-earth-will-survive-suns-death.html?feedId=online-news_rss20)). W: *NewScientist.com news service* [on-line]. 2008-02-22. [dostęp 2008-03-24].
- [186] H. Guillemot, V. Greffoz. *Ce que sera la fin du monde*. „Science et Vie” (marzec 2002) (fr.).

## Przypisy

## Bibliografia

- Tjeerd Hendrik van Andel: *Nowe spojrzenie na starą planetę: zmienne oblicze Ziemi* (<http://www.worldcat.org/wcpa/oclc/69596972>). Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 1997. oryginał dostępny w Google Books: *New Views on an Old Planet: A History of Global Change* (<http://books.google.com/books?id=LFYkFYAD9fUC>). ISBN 8301122447. OCLC 69596972 (<http://worldcat.org/oclc/69596972>).
- Cliff Ollier: *Tektonika a formy krajobrazu* (<http://books.google.com/books?id=ISyqAQAACAAJ>). Warszawa: Wydawnictwa Geologiczne, 1987. oryginał skatalogowany przez Australian Government/Geoscience Australia: *Tectonics and landforms / Cliff Ollier ; series editor: K. M. Clayton*. ([https://www.icsm.gov.au/oracle/library/catalogue\\_details.php?id=79041722](https://www.icsm.gov.au/oracle/library/catalogue_details.php?id=79041722)). ISBN 8322002548.
- Jerzy Dzik: *Dzieje życia na Ziemi : wprowadzenie do paleobiologii* (<http://www.worldcat.org/oclc/69558361>). T. Wydanie 3. unowocześnione. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2003. ISBN 8301140380. OCLC 69558361 (<http://worldcat.org/oclc/69558361>).
- William Schopf: *Kolebka życia: o narodzinach i najstarszych śladach życia na Ziemi* (<http://books.google.com/books?id=NHQ2AgAACAAJ>). 2002. oryginał dostępny w Google Books: *Cradle of Life By J. William Schopf* (<http://books.google.com/books?id=YJHBAolcIk8C>). ISBN 8301136855. OCLC 69509199 (<http://worldcat.org/oclc/69509199>).

org/oclc/69509199).

## Linki zewnętrzne

- Nineplanets.pl – Ziemia (<http://www.nineplanets.pl/earth.html>) (pol.)
- Strona o Ziemi (<http://kosmos01.w.interia.pl/ziemia.htm>) (pol.)
- Astronomia dla każdego – ZIEMIA (<http://adk.astronet.pl/ziemia1.shtml>) (pol.)
- Earth Profile (<http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Earth>) (ang.) – profil Ziemi na stronie NASA
- NASA Earth Observatory (<http://earthobservatory.nasa.gov/>) (ang.) – obserwacje planety prowadzone przez NASA
- AGU Reference Shelf (<http://www.agu.org/reference/mainrefshelf.html>) (ang.) – pełny dostęp do podręczników opisujących budowę i strukturę Ziemi
- USGS Geomagnetism Program (<http://geomag.usgs.gov>) (ang.) – obserwacje pola magnetycznego Ziemi
- Ziemia widoczna z Marsa (<http://marsrovers.jpl.nasa.gov/gallery/press/spirit/20040311a/11-ml-02-earth-A067R1.jpg>) (ang.)
- Wschód Ziemi nad powierzchnią Księżyca w HD ([http://space.jaxa.jp/movie/20080411\\_kaguya\\_movie01\\_e.html](http://space.jaxa.jp/movie/20080411_kaguya_movie01_e.html)) (ang.)

# Źródła i autorzy artykułu

**Ziemia** Źródło: <http://pl.wikipedia.org/w/index.php?oldid=23481949> Autorzy: A., AbdA, Adamt, Adi, Adik7swiony, Alloo, Amariusz, Arek1979, ArturM, Ataleh, BartekChom, Bartozza, BatiX, Beau, Beno, Berasategui, Blueshade, Bukaj, Bulwersator, ChP94, Cheldro, Chrumps, Chrzanu, CiaPan, Cotopaxi, Damipl, Dixi, Dominik2002, EMeczKa, Egon, Ejdzex, EmCe, Farmer Jan, Faxe, FilMys, Filemon, Fizykaa, Fraximus, Goral105, Grimsson, Grotesque, Grzegorz Dąbrowski, Gytha, Gładka, Halibutt, Hashar, Herr Kriss, Holec, Hulek, Ijon Tichy, Interfector, Jakubhal, Jerry, Jersz, John Belushi, Joi, Jojo, Jotempe, Jozef-k, Kaczorgw, KamStak23, Karol007, Kaszkawal, Kb, Kbsc, Kenraiz, Kielek, Kocio, Koń, Kpjas, Krol11, Krzysiu Jarzyna, Kuba G, Laforge, Lajsikonik, Lampak, Leinad, Lord Ag.Ent, Louve, LukKot, Lukasz Lukomski, Lzur, Maciejpl12, Maglocunus, Maikking, Makawity, Marek2, Marek545, Mareklug, Margoz, Mario58, Markiel, Markotek, Marmale, Marshau, Martinwilke1980, Masti, Masur, Mat86, Mathel, Matma Rex, Matman z Lublina, Matrix0123456789, MesserWoland, Mic k ing, Michał Sobkowski, Micpol, Milvvi, Mimiru, Mirek46, Misiak1983, Mix321, Mkk3a, Mlepicki, Modulo, Monika Mężyzńska, Mpfiz, Musp, Nux, Olaf, Outsider, PS., Panek, Paradox, Patrol110, Patryk1995, PawelJan, Paweł ze Szczecina, PawelMM, Pepos, Peter.max, Piastu, Pimke, Piotr967, Piotron, Pisum, Pixel, Pkuczynski, Polimerek, Rabidmoon, Radosław Ziomber, Raz1el, Rentier, Rewizor, Riczównaa, Robken, Roo72, Sam, Screen2, Sei, Selena von Eichendorf, Sialababamak, Siemen, Slawojar, Sobi3ch, Staszek99, Stok, Stv, Superborsuk, Szachista, Szczureq, Slawojar, TOR, Tadam, The boss, Tilia, ToSter, Tomekzjózefowa, Tomtal, Topory, Trang Oul, Triskaidekafil, Tsca, Tvmsi, VanDut, Vikom, Vividuper, Voytek s, Vuvar1, Wames, Wiggles007, Wikipedyja, Wikipek, Wojtek 1956, Wojtek z Legnicy, Woyteck, Wpedzich, Yarl, Youandme, Yves6, Zwiadowca21, conversion script, pc24.torun.cvx.ppp.tpnet.pl, Cwok, Żbiczek, 265 anonimowych edycji

# Źródła, licencje i autorzy grafik

**Plik:File-Earth symbol v2.svg** Źródło: [http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:File-Earth\\_symbol\\_v2.svg](http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:File-Earth_symbol_v2.svg) Licencja: Public Domain Autorzy: User:OsgoodeLawyer

**Plik:Earth Eastern Hemisphere.jpg** Źródło: [http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Earth\\_Eastern\\_Hemisphere.jpg](http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Earth_Eastern_Hemisphere.jpg) Licencja: Public Domain Autorzy: 84user, Dysmorodrepanis, EVula, Haham hanuka, Kanabekobaton, Mozzan, 3 anonimowych edycji

**Image:Continents vide couleurs.png** Źródło: [http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Continents\\_vide\\_couleurs.png](http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Continents_vide_couleurs.png) Licencja: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 Autorzy: Bvontob, Cogito ergo sumo, Editor at Large, Gerrit, Lycaon, OlympiADdict, QuartierLatin1968, Timeshifter, 7 anonimowych edycji

**Plik:Earthlights dmsp.jpg** Źródło: [http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Earthlights\\_dmsp.jpg](http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Earthlights_dmsp.jpg) Licencja: Public Domain Autorzy: Data courtesy Marc Imhoff of NASA GSFC and Christopher Elvidge of NOAA NGDC. Image by Craig Mayhew and Robert Simmon, NASA GSFC.

**Plik:Geoida.png** Źródło: <http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Geoida.png> Licencja: GNU Free Documentation License Autorzy: User:Adi

**Plik:Earth-crust-cutaway-polish.svg** Źródło: <http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Earth-crust-cutaway-polish.svg> Licencja: Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 Autorzy: User:Surachit

**Plik:Terrestrial planet size comparisons.jpg** Źródło: [http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Terrestrial\\_planet\\_size\\_comparisons.jpg](http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Terrestrial_planet_size_comparisons.jpg) Licencja: Public Domain Autorzy: wikipedia user Brian0918

**Plik:Płyty tektoniczne.svg** Źródło: [http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Płyty\\_tektoniczne.svg](http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Płyty_tektoniczne.svg) Licencja: Public Domain Autorzy: User:Adi4000

**Plik:AYool topography 15min.png** Źródło: [http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:AYool\\_topography\\_15min.png](http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:AYool_topography_15min.png) Licencja: Creative Commons Attribution 2.5 Autorzy: Plumbago

**Plik:Wysokość bezwzględna Ziemi.svg** Źródło: [http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Wysokość\\_bezwzględna\\_Ziemi.svg](http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Wysokość_bezwzględna_Ziemi.svg) Licencja: Public Domain Autorzy: User:Adi4000

**Plik:Full moon partially obscured by atmosphere.jpg** Źródło: [http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Full\\_moon\\_partially\\_obscured\\_by\\_atmosphere.jpg](http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Full_moon_partially_obscured_by_atmosphere.jpg) Licencja: Public Domain Autorzy: NASA

**Plik:The Earth seen from Apollo 17.jpg** Źródło: [http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:The\\_Earth\\_seen\\_from\\_Apollo\\_17.jpg](http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:The_Earth_seen_from_Apollo_17.jpg) Licencja: Public Domain Autorzy: NASA. Photo taken by either Harrison Schmitt or Ron Evans (of the Apollo 17 crew).

**Plik:Sidereal day (prograde).svg** Źródło: [http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Sidereal\\_day\\_\(prograde\).svg](http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Sidereal_day_(prograde).svg) Licencja: GNU Free Documentation License Autorzy: User:Chris828, User:Gdr

**Plik:Nachylenie osi obrotu.png** Źródło: [http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Nachylenie\\_osi\\_obrotu.png](http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Nachylenie_osi_obrotu.png) Licencja: Creative Commons Attribution 3.0 Autorzy: User:Adi4000

**Plik:Earth-Moon2.jpg** Źródło: <http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Earth-Moon2.jpg> Licencja: GNU Free Documentation License Autorzy: Bryan Derksen, Objix, Orion 8, Samulili, Santosga, Saperaud, Sertion, 5 anonimowych edycji

**Plik:Baylonianmaps.JPG** Źródło: <http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Baylonianmaps.JPG> Licencja: Public Domain Autorzy: Artaxiad, Chaojoker, JMCC1, Mattes, Mmcannis, 1 anonimowych edycji

**Plik:Sacrobosco sphaera1.jpg** Źródło: [http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Sacrobosco\\_sphaera1.jpg](http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Sacrobosco_sphaera1.jpg) Licencja: Public Domain Autorzy: Leinad-Z

**Plik:AS8-13-2329.jpg** Źródło: <http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:AS8-13-2329.jpg> Licencja: Public Domain Autorzy: Frank Borman

**Plik:Cykl życia Słońca.png** Źródło: [http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Cykl\\_życia\\_Słońca.png](http://pl.wikipedia.org/w/index.php?title=Plik:Cykl_życia_Słońca.png) Licencja: GNU Free Documentation License Autorzy: Hasky\_ISJ

# Licencja

Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported  
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>