

"Nie rozumiem ludzi, którzy są wystraszeni przez nowe idee, ja boję się starych."
John Cage.

A6. Ewolucja, czyli skąd приходzimy

[Kosmiczny kalendarz](#) | [Zasady ewolucji](#) | [Krytyka ewolucji](#) | [Atawizmy i budowa organizmów](#) | [Płeć i wielkie przyspieszenie](#)

Są przynajmniej trzy rodzaje pytań: co, jak i dlaczego?

Nie wystarczy zrozumieć **co** mamy w mózgu, z czego się składa, ani **jak** to działa, trzeba poszukiwać przyczyn, **dla czego** pewne funkcje rozwinęły się w taki, a nie inny sposób.

Czasami formułowane są twierdzenia, że nauka na pytania "dlaczego" nie odpowiada i konieczne jest odwołanie do religii. To oczywista nieprawda. Wyjaśnienia religijne są pozorne, nie dotyczą wyjaśnień konkretnych faktów.

W tej części omówimy wiele zagadnień dotyczących ewolucji nie wchodząc głębiej w podstawy związane z genetyką.

Dlaczego świat jest taki, jaki jest? Prosta odpowiedź brzmi:

Wszystko jest takie, jakie jest, bo tak się zrobiło (D'Arcy Thompson, On Growth and Form, 1917).

Na początku wszystko było całkiem inne, później tylko nieco inne niż teraz, ale wszystko się zmienia i musi dostosować do całego środowiska. Gąsienica przechodzi drastyczną przemianę w motyla, zarodek rozwija się w płód, dziecko dorasta całkiem się zmieniając.

Ewolucja to po prostu zmiana. Organizmy dostosowują się do swoich nisz ekologicznych, w końcu przeważają te z nich, które mają najbardziej przydatne cechy, reszta zanika, wymiera nie zostawiając potomstwa.

Człowiek zaadaptował się do "niszy największej adaptacji", ludzie żyją w skrajnie odmiennych warunkach, od równika po bieguny.

Żadne zwierzę nie zajmuje tak wielu nisz ekologicznych. Niektóre ssaki (np. niedźwiedzie) żyją od biegunów do równika, w górach jak i nad morzem, ale nie potrafią przeżyć poza swoim specyficznym ekosystemem. Na Antarktydzie ich nie spotkamy.

Czy można symulując ewolucję stworzyć inteligentne istoty takie jak my, od nowa?

Wątpliwe, bo wszystkich przyczyn składających się na historię zmian gatunku nie da się odtworzyć. Gdyby warunki chociaż nieznacznie się zmieniły ewolucja na wielu etapach mogłaby przebiegać całkiem inaczej. Być może powstałyby całkiem odmienne istoty obdarzone wysoką inteligencją, np. inteligentne dinozaury a nie ssaki.

Wszystkie inteligentne istoty zadawały by sobie prawdopodobnie podobne pytania: dlaczego jesteśmy tacy, jacy jesteśmy? Czemu mamy usta i zęby, a nie dzioby? Czemu ręce, a nie skrzydła? Czemu zwierzęta mają 10 palców, a nie np. 12? Dlaczego mam nos nad ustami, a oczy nad nosem? Dlaczego widzę kolory, ale nie polaryzację światła? Skąd tak wiele różnych języków na Ziemi?

Jest bardzo wiele pytań "dlaczego", na które perspektywa ewolucyjna daje nam odpowiedzi. Przed odkryciem teorii ewolucji rozumowania i akceptowane odpowiedzi były bardzo naiwne. Skoro ludzi jest coraz więcej to kiedyś było ich mniej, więc musiała być pierwsza para. Mity takie jak historia wieży Babel dawały proste odpowiedzi, jednocześnie wzmacniając pożądane społecznie zachowania, posłuszeństwo wobec pochodzącej od bogów władzy. Czy pomieszanie języków przez zazdrosnego Boga cokolwiek wyjaśnia? Lingwiści badają [pochodzenie języków](#) i związki między nimi. Wiele z nich ma wspólne korzenie, ale jeden wspólny język całej ludzkości nigdy nie istniał. Izolowane społeczności, np. na Nowej Gwinei, stworzyły ponad 800 języków papuaskich.

A6.1. Kosmiczny kalendarz - orientacyjne daty

Załóżmy, że 1 mld lat to ok. 30 dni, co z grubsza odpowiada [wiekowi Wszechświata](#) (ok. 13.80 mld lat, z błędem rzędu 0.04 mld); 1 dzień to około 33 mln lat;

1,4 mln lat = 1 godzina, 23 000 lat = 1 minuta, 386 lat = 1 sek.

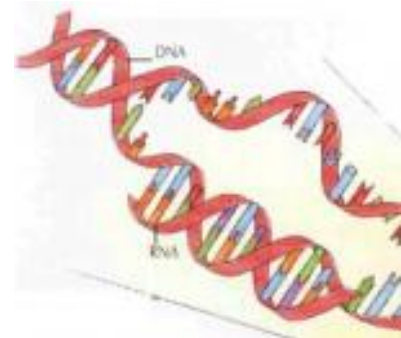
Prześledźmy rozwój form życia i funkcji poznawczych (rozumianych jako przetwarzanie informacji przydatne do sterowania zachowaniem). Oto [historia świata w 3 minuty](#).

Data	Czas (lata)	Zdarzenia	Funkcje poznawcze
01.01	13.7 mld	Wielki Wybuch : powstanie Wszechświata i setek miliardów galaktyk.	
.....			
07.01	13 mld	Powstała Droga Mleczna , ok. 400 mld gwiazd powstało ze skupiska wodoru, przyciągniętego przez masywną czarną dziurę Sagittarius A* . Wokół większości gwiazd powstają planety, jest ich około 10^{24} .	



-
- 03.08 4.6 mld [Powstanie Układu Słonecznego](#), najstarsze meteoryty; nieco wcześniej eksplozja supernowej typu 1A wyrzuciła ciężkie pierwiastki, żelazo które mamy w jądrze ziemi i [hemoglobinie](#), koniecznej do transportu tlenu w żywych organizmach.
- 01.09 4.6-4 mld Powstanie planet, w tym Ziemi, z popiołu po supernowych (pomiaru stosunku ilości izotopów z ziarenekach zyrkoni dają wynik 4.567 mld); [tabela stratygraficzna](#), czyli epoki geologiczne.

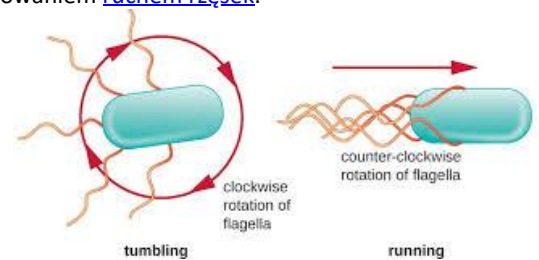
- 09.09 3.7 mld [Kończą się kataklizmy](#), najstarsze skały na Ziemi noszą ślady skamieniałych bakterii (w stromatolitach, utworzonych przez [sinice](#), [cyjanobakterie wykorzystujące fotosyntezę](#)). DNA skupione jest w chromosomach.



Replikacja złożonych struktur.

- 16.09 3.5 mld Pojawia się [LUCA, ostatni uniwersalny wspólny przodek](#) i [bakterie prekariotyczne](#), które nie potrafią tworzyć organizmów wielokomórkowych ale mają już błony komórkowe, pozwalające oddzielić środowisko wewnętrzne od zewnętrznego. Rozwijają się [mechanizm fotosyntezy](#) używany przez sinice, [prokarioty](#) zawierające chlorofil, oraz wirusy, wewnątrzkomórkowe pasożyty. W naszym genomie 8% DNA to wirusy, które się zintegrowały z naszym materiałem genetycznym

Powstaje [chemotaksja](#), orientacja w kierunku stężenia substancji chemicznych (np. pożywienia) lub w kierunku przeciwnym (szkodliwe substancje), wraz ze sterowaniem [ruchem rzęsek](#).



- 01.10 3-2 mld Atmosferę Ziemi zatrzuwa duża ilość tlenu, 1.8 mld lat temu było go już ok. 15%, umożliwiając rozwój złożonych organizmów, pojawiają się [pierwotniaki \(protozoa\)](#).

Wici i nibynóżki, pozwalające na chaotyczną eksplorację i ukierunkowany ruch, odżywianie heterotroficzne, aktywne poszukiwanie związków organicznych, ukierunkowane przez chemotaksję i bodźce elektryczne (polaryzacja błony komórkowej).

- 08.11 1.8 mld Rozwijają się [komórki eukariotyczne](#) (z jądrem i mitochondriami), powstałe prawdopodobnie dzięki endosymbiozie, czyli wchłonięciu protobakterii przez prymitywną [komórkę archeonu](#). Dzięki mitochondriom komórki eukariotyczne produkują nawet [200 000 razy więcej energii](#) w przeliczeniu na jeden gen niż prokarioty, umożliwiając powstanie znacznie większych (nawet ponad 10 000 razy) organizmów, żyjących się prokariotami.

Rozwój organelli umożliwia reakcję na światło (fototaksja), chemotaksja umożliwia poszukiwanie atraktorów (pożywienia) i repelentów (toksyn).

- 17.11 1.5 mld-0.9 mld Prokarioty rozmnażają się przez podział, w biosferze jest ich ponad 10^{30} . Eukarioty odkryły rozmnażanie płciowe, co zwiększa tempo ewolucji. Bakterie gromadzą się w [biologiczne błony \(biofilmy\)](#) chroniąc się przed

Udoskonalone mechanizmy orientacji pozwalają na rozpoznanie partnera do rozmnażania. Pamięć temperatury i koncentracji tlenu pozwala na uczenie się na podstawie prostych bodźców. Wariacja genomu

		zniszczeniem (np. antybiotykami czy pastą do zębów). Większe organizmy mają cytoszkielet i sprawne mechanizmy wymiany substancji z zewnętrznym środowiskiem, zyskują przewagę żywiąc się mniejszymi i produkowanymi przez nie substancjami (symbioza).	pozwała przeżyć nielicznym organizmom, które reagują w przydatny sposób, tempo rozmnażania jest wysokie, więc zmiany są szybkie.
06.12	900-800 mln	Organizmy wielokomórkowe powstawały kilkadziesiąt razy. Początkowo tworzyły się kolonie, np. śluzowce (często obecnie spotykane) duże rozmiary. Pierwszymi organizmami wielokomórkowymi, w których wyróżnić można różne grupy komórek, były prawdopodobnie rośliny wodne.	Śluznia porusza się w sposób skoordynowany za pomocą nibynózek, wykazuje chemotaksję, fototaksję i termotaksję, eksploruje teren zapominając obszary bez pożywienia, tworzy najkrótszą drogę łączącą źródła pokarmu .
10.12	800-600 mln	Znaczny wzrost ilości tlenu w atmosferze pomógł w rozwoju zróżnicowanych wielokomórkowych organizmów. Woda zawiera tlen silnie związany, więc mało użyteczny, potrzebny był tlen rozpuszczony w wodzie by wytworzyć energię. Pierwsze zwierzęta powstały w morzu: gąbki, korale, stułbie i meduzy, a około 630 mln lat temu płazińce. Współpraca komórek spełniających różne funkcje zwiększa szanse przeżycia całego złożonego organizmu, ale wymaga zgodności komórkowej (dlatego organizmy powstają z jednej komórki i różnicują się powoli). Ziemia-śnieżka, czyli trwające w sumie ponad 150 mln lat 3 okresy globalnego zlodowacenia Ziemi , tworzy trudne warunki dla przetrwania.	Gąbki mają geny, które okazały się przydatne do budowy neuronów parzydełkowców . Kontrola ruchu większych wielokomórkowych organizmów wymaga neuronów i mięśni, różnych tkanek. Obecnie wszystkie tkanki dzieli się na 4 grupy: nabłonkową, łączną, mięśniową i nerwową.
13.12	600-540 mln	Metazoa, liczne organizmy wielokomórkowe , radialne meduzy i ukwiały, płazińce, wydłużone robaki, stawonogi, mięczaki, rozgwiazdy.	Reakcje na dotyk, grawitację, liczne receptory światła, smak i węch, czyli stężenie chemicznych substancji. Koordynacja różnych zmysłów i ruchów macek dzięki neuronom łączącym receptory zmysłowe z wiciami i mięśniami. Meduzy mają skupiska neuronów umożliwiających generację oscylacji, które kontrolują różne formy ruchu - szybkie i wolne pływanie, chwytanie ofiar, przekazywanie spermy.
15.12	540-480 mln	Kambryjska eksplozja życia: początkowo plankton, sinice, glony, trylobity, archeocyaty (organizmy morskie), później eksplozja form życia, pierwsze kręgowce, ryby chrząstkowe a później kostnoszkieletowe, o silnych szczękach; powstają główne typy organizmów.	Powstanie skupisk neuronów i synaps umożliwia uczenie się szybsze niż ewolucyjna selekcja. Rozwój układu nerwowego umożliwia integrację sensomotoryczną, doskonalsze receptory zmysłowe, złożone odruchy orientacyjne, instynkty umożliwiające polowanie i dobór płciowy. Konkurencja drapieżników i ofiar zwiększa tempo zmian.
16.12	480-450 mln	Ordowik : liczne organizmy morskie, głowonogi, strunowce, z których rozwinęły się ryby mięśniopłetwe, rozwój flory, 465 mln lat - kolonizacja lądów przez rośliny, 438 mln lat - wymarło 85% wszystkich gatunków .	Zwoje nerwowe, złożona kontrola ruchów, mechanizmy orientacji i liczne instynkty.
19.12	440-420 mln	Sylur : rośliny wychodzą na ląd, pierwsze kręgowce - bezszczętkowce i ryby mięśniopłetwe i fałdopłetwe , z których rozwinęły się kończyny kręgowców, wielkie drapieżne łodziki , staroraki , oraz skorpiony; kolejne wielkie wymieranie z powodu zmian klimatycznych.	Dalszy rozwój koordynacji danych zmysłowych i ruchów, ewolucyjny wyścig drapieżników i ich ofiar.
20.12	420-360 mln	Dewon : paprocie, widłaki, skrzypy, stawonogi, ryby dwudyszne, stonogi o wydłużonym, symetrycznym kształcie pozwalającym na szybsze poruszanie się. 375 mln lat temu powstają formy przejściowe pomiędzy rybami i płazami (czworonogami), takie jak znaleziony w Arktyce Tiktaalik , a z nich czworonogi lądowe , płazy mające prymitywne płuca, z przodu ciała otwór gębowy, duże skupiska neuronów, podział na przodo-, śród- i tyłomózgowie oraz rdzeń kręgowy. 364 mln lat temu wymarło 83% wszystkich gatunków .	Mózg i rdzeń kręgowy umożliwił kontrolę licznych odnóży, wydłużony kształt, lepsze zmysły i mózg przetwarzający sensoryczne informacje na doskonalenie strategii polowań.
21.12	360-300	Karbon : rośliny szpilkowe, owady skrzydlate, płazy, gady, zwierzęta zdolne do rozwoju zarodków na lądzie	Poruszanie się po większym terytorium, konieczne do odżywiania dużych zwierząt, wymagało rozwoju

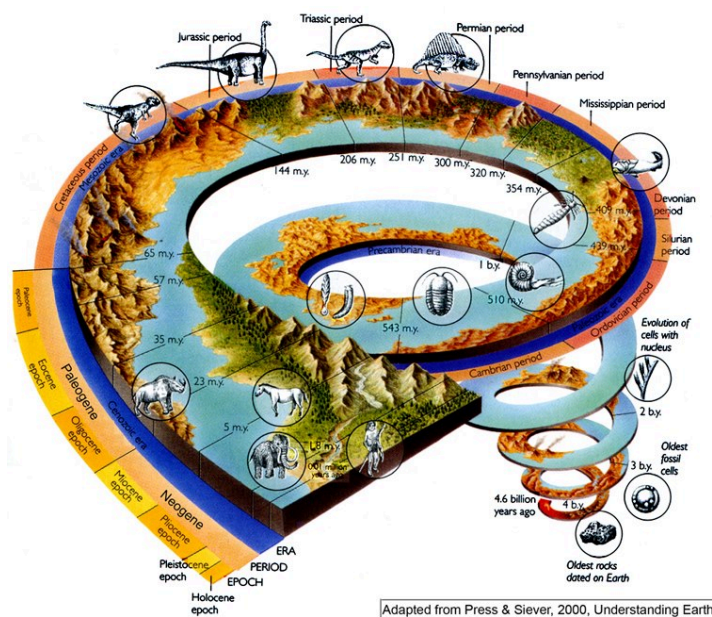
	mln	(owodniowce) i synapsydy , grupa gadów z których rozwinęły się ssaki. Istnieje 27 typów bezkręgowców, i jeden kręgowców, o bardzo zróżnicowanych planach budowy.	pamięci, czułych zmysłów i instynktów opieki nad potomstwem.
23.12	300-250 mln	Perm : drzewa iglaste, miłorzębowe, rozwój gadów ssakokształtnych (synapsyd), w tym wszytkożernych ciepłokrwistych cynodontów wielkości psów; stałocieplność wymaga większej aktywności w zdobywaniu pożywienia. 250 mln lat temu nastąpiło znaczne ocieplenie klimatu, wymarło 90% organizmów morskich, przeszło 60% rodzin gadów i płazów, 30% rzędów owadów (Youtube wideo).	Nocny tryb życia cynodontów spowodował utratę widzenia w kolorze (tylko ssaki naczelnie odzyskały tą zdolność), rozwój węchu i słuchu, stałocieplność wymagała regulacji temperatury ciała.
25.12	250-200 mln	Trias : pierwsze dinozaury; gady królują na Ziemi przez następne 4 dni i pod koniec tego okresu (210 mln lat) pojawiają się małe ssaki; 200 mln lat temu wymarło 80% gatunków morskich .	Drapieżne gady, niektóre gatunki współpracowały ze sobą w czasie polowań.
26.12	200-150 mln	Jura: wielkie gady wodne i lądowe, powstają pierwsze ptaki (archeopteryks) i małe zwinne ssaki.	Uczenie się nowych zachowań dzięki długiemu okresowi opieki nad potomstwem pozwala na szybsze dostosowanie się do różnych warunków i środowisk.
27.12	150-66 mln	Kreda : pojawiają się ssaki łozyskowe; kolejne wielkie wymieranie ok. 75% gatunków (uderzenie planetoidy? superwulkany?). Około 70 mln lat temu owadożerne ssaki żyjące na drzewach dają początek ssakom naczelnym (lemury, tarsjery).	Integracja zmysłów, widzenie głębi (oczy z przodu głowy), sprawność ruchów kończyn potrzebna do nadzwyczajnych akrobacji, pamięć, uczenie się rozróżniania roślin i owoców nadających się na pokarm, złożone zachowania społeczne.
30.12	66-28 mln	Paleogen : koniec dinozaurów, wielkie wymieranie gatunków (65 mln lat temu), ssaki opanowują większość środowisk, rozwija się rodzina ssaków naczelnych , która dzieli się na lemury i pozostałe, rozpowszechniają się rośliny okrytonasienne.	Część ssaków prowadzi dzienny tryb życia, polowania i poszukiwanie owoców wzmagają konkurencję pomiędzy zwierzętami, wymaga pamięci i planowania, wymusza współpracę i rozwój inteligencji.
31.12	28-7 mln	Jest już większość obecnie istniejących rodzin ptaków i ssaków, niektóre ssaki wracają do wody, pojawiają się drapieżniki i małpy człekokształtne, w okresie Miocenu zmiany tektoniczne i powstaje większość obecnie istniejących gatunków; na początku tego okresu był ostatni wspólny przodek małp i człekokształtnych.	Rozwinięty układ limbiczny pozwala na szybkie reakcje emocjonalne, terytorializm i walkę o dominację. Małpy nie mogą konkurować siłą czy szybkością z dużymi drapieżnikami, ale wyróżniają się sprytem, powstają liczne hominidy (człowiekowate) .
31.12, 9:00	7 mln	Antropogeneza : pojawiają się liczne hominidy i następuję szybki rozwój mózgow, zmiany klimatyczne powodują częste zmiany ekosystemu.	Dwunożność wymusza złożony mechanizm równowagi, uwalnia górne kończyny. Powstały pierwsze narzędzia tworzone przez australopiteków.
31.12, 10:30	2 mln	<i>Homo sapiens sapiens</i> - przed 5 minutami; dalszy rozwój mózgu (encefalizacja), kamienne narzędzia; ostatni wspólny przodek ludzi i neandertalczyków żył ok. 0.5 mln lat temu. Ostatnie 30 sekund to epoka lodowcowa , rozwój cywilizacji, rolnictwa ok. 12 tys. lat temu.	Rozwój cywilizacji, pismo, nagromadzenie wiedzy, planowanie, specjalizacja funkcji społecznych, rozwój nauki, teorii umysłu i samoświadomości.
31.12, 11:59.50	10 sek	Cywilizacja, wynalazek pisma i cała spisana historia ludzkości, gromadzenie wiedzy, rozwój nauki, wymieranie z powodu pandemii.	Systematyczna edukacja, myślenie abstrakcyjne, wspólne rozwiązywanie lokalnych problemów, nauki empiryczne.
31.12	0,2 sek	Ostatni wiek: gwałtowny rozwój liczby ludności, niszczenie ekosystemów i wielkie wymieranie gatunków.	Przełomowy moment w którym zaczyna się era myślenia wspomaganego przez systemy sztucznej inteligencji, zrozumienie ekosystemów i analizy globalnych danych na temat procesów na Ziemi.

Jak widać powstanie życia nie było łatwe i zajęło miliardy lat, później ewolucja przyspieszyła - widać zaletę wielokomórkowych organizmów, które łatwiej przystosowują się do nowych nisz ekologicznych. Teraz nastąpiła nowa epoka zwana [antropocenem](#), w której wpływ człowieka na biosferę stał się widoczny: zanika bioróżnorodność, która jest konieczna by mogły istnieć złożone ekosystemy. W połowie 18 wieku zaraza ziemniaczana zniszczyła jedyny uprawiany w Irlandii gatunek ziemniaków, brak różnorodności spowodował wielki głód i śmierć około miliona osób i emigrację podobnej liczby ludności do USA (było to 20-25% całej populacji kraju). Obecnie zmienia się gwałtownie klimat, powierzchnię planety pokrywa beton i liczne zanieczyszczenia.

Inne przykłady [historii życia](#) (Wikipedia), lub krótka [historia świata](#), oraz świetny [Big History Project](#) oraz [Evolutionary Tree of Life](#) (YouTube), pokazujące jak wygląda obecnie drzewo życia łączące wszystkie organizmy. Jest tam też dyskusja dowodów jak i zrzutów co do ewolucji, wyjaśniająca wiele wątpliwości.

"Głęboka historia" powstania początków życia opisana jest szczegółowo w książce Josepha LeDoux (2019). Część tej pradawnej historii możemy nadal rozpoznać w budowie komórek, mechanizmach fizjologicznych, rozmnażania, planach budowy kręgowców i bezkręgowców.

Bertrand Russell komentując ewolucyjne kroki napisał: "Od pierwotniaków do człowieka nigdzie nie widać wielkich przepaści ani budowy ani zachowania organizmów."



Na ile są to pewne ustalenia? Sensacją 2010 roku było przesunięcie o 18 mln lat przy około 400 mln (a więc o 5%) datowania pojawienia się tetrapodów (czworonożnych kręgowców, których ślady odkryto w Górach Świętokrzyskich). Widać więc, że korekty rzędu 5% są dużą niespodzianką i większe zmiany wydają się mało prawdopodobne.

Jesteśmy w niezwykłym momencie historii! Przez setki milionów lat uczenie pozwalające na lepszą adaptację organizmów do środowiska było oparte na selekcji genetycznej, było powolne i kończyło się wymieraniem słabo przystosowanych organizmów. Od paru milionów lat człowiekowie nauczyły się przekazywać wiedzę z pokolenia na pokolenie, konstruować narzędzia. Zaledwie kilka tysięcy lat temu wynalazek pisma pozwolił na gromadzenie wiedzy na znacznie większą skalę. Kolejnym krokiem jest powstanie uniwersytetów w ostatnim tysiącleciu. Wreszcie w drugiej połowie XX wieku konstrukcja komputerów gromadzących i przetwarzających informację, globalna komunikacja i obserwacje stanu Ziemi, zrozumienie globalnych zagrożeń, a w szczególności rozwój sztucznej inteligencji w ostatnich latach całkowicie zmieniły sposób zdobywania i wykorzystywania zgromadzonej wiedzy. Wiele wskazuje na to, że nadchodzi [Technologiczna Osobliwość](#), głębokie zmiany natury ludzkiej wynikające z rozwoju technologii.

[Hipoteza Luisa Alvareza](#) (1980) o uderzeniu asteroidy w Ziemię znalazła potwierdzenie po odkryciu cienkiej warstwy irydu, powstałej 66 mln 38 tysięcy lat temu (z błędem około 11 tysięcy lat, jak wynika z radioaktywnego rozpadu argonu). Iryd jest rzadkim pierwiastkiem na Ziemi, a występuje w dużym stężeniu w asteroidach. Energia tego uderzenia była 2 miliony razy silniejsza niż najpotężniejsza dotychczas testowana bomba termojądrowa. [Krater Chicxulub](#) na Yukatanie jest pozostałością po tym uderzeniu, ma 150 km średnicy, zewnętrzny pierścień ma 240 km. Przyczyniło się to prawdopodobnie do ostatecznej zagłady dinozaurów ([Renne i inn 2013](#)) w tym okresie, chociaż już 40 mln lat wcześniej liczba wymierających gatunków zaczęła przewyższać liczbę nowo powstających (Sakamoto i inn, PNAS 2016).

Asteroidy, superwulkany i zmiany klimatyczne to nie jedyne przyczyny globalnych katastrof.

Nasze rozumienie historia życia na Ziemi na pewno zmieni się w szczegółach, ale jest mało prawdopodobne by [paleontologia](#) zmieniła się w bardziej dramatyczny sposób. Jest wiele [metod datowania](#) procesów geologicznych i artefaktów archeologicznych i dają one spójny obraz chronologii rozwoju organizmów.

[Kalendarz holoceni](#) dodaje 10.000 lat do obecnego roku, z grubsza mierząc czas rozkwitu cywilizacji od końca epoki lodowcowej (około 12.000 lat temu).

[Badania osadów w morzach, jeziorach i lodowcach](#) w 170 miejscach na świecie dowodzą, że zaledwie **12 800 lat temu, pod koniec epoki lodowcowej, upadek fragmentu większej komety spowodował pożar, który zniszczył ok. 10% biomasy na świecie**. Wyginęło wiele dużych zwierząt, zmniejszyła się populacja ludzi, powstała dziura ozonowa i wzrosło tempo mutacji, zmieniły się prądy morskie i klimat na Ziemi, spadek temperatury trwał 1500 lat. Wpływ tego wydarzenia na rozwój cywilizacji z pewnością był wielki, przetrwanie wymagało współpracy i wymiany doświadczeń, by zapewnić sobie pożywienie. Zbieractwo i polowania już nie wystarczały, rozwinęło się rolnictwo. **Echo tej katastrofy przetrwało w licznych mitach**.

Najstarsze znane miejsce kultu na świecie to [Göbekli Tepe](#), kompleks słupów megalitycznych o wadze 10-20 ton (jeden niedokończony ma 50 ton), datowany jest na ok. 11-12.000 lat. Są to pozostałości miejsca kultu, a nie miasta. Na ścianach tych megalitów jest też rysunek spadającej komety. Niedaleko rośnie dzika odmiana pszenicy, uważana za pierwsze udomowione zboże.

A6.2 Zasady ewolucji

Przez ostatnie 2 mln lat aż 90% czasu było w Europie zimno, większość łądu pokryta była lodem. Średnie temperatury podlegają powolnym zmianom, np. w latach 1550-1850 panował [mały okres lodowcowy](#). Dlaczego topnienie lodowców jest dla nas tak zaskakujące, skoro topnieją od 25 tysięcy lat, okresu maksimum zlodowacenia? Od tego czasu poziom wody w morzach podniósł się o 120 metrów, to tylko ostatnie 6000 lat były bardzo stabilne. Przedtem [poziom morza](#) podnosił się nawet o 100 cm/stulecie, a w niektórych okresach nawet o kilka cm na rok. W ostatnich latach tempo [topnienia lodowców](#) znacznie wzrosło.

Czemu co ok. 26 mln lat wymierało większość gatunków? Mogły to spowodować [duże meteoryty](#), albo planetoidy, oraz wybuchy [superwulkanów](#), zdarzające się co 50-100 tysięcy lat. Wybuch [wulkanu Toba](#) na Sumatrze 75 tysięcy lat temu spowodował dramatyczne ochłodzenie klimatu, które mogło trwać nawet 1000 lat.

- Wniosek 1: **czasu było niezmiernie dużo**, wielkie katastrofy stwarzały szansę na pojawianie się nowych gatunków, które w stabilnych warunkach klimatycznych i przy zapełnionych niszcach ekologicznych nie mają szans powstać i się rozmnożyć.
- Wniosek 2: **wszystkie gatunki muszą być na głębszym poziomie spokrewnione**, widać to na poziomie mechanizmów komórkowych i genetyki.
- Wniosek 3: czas pomiędzy [kolejnymi ważnymi wydarzeniami](#) w historii rozwoju cywilizacji skraca się bardzo szybko.



Darwin

[Karol Darwin](#) wydał "O pochodzeniu gatunków" w 1859 roku; jego biografię (White, Gribbin 1998) naprawdę warto przeczytać.

Biologia bez ewolucji nie ma sensu; ewolucja krytykowana jest przez tych, którzy jej zupełnie nie rozumieją. Żadna inna teoria nie potrafi odpowiedzieć na pytania zadane poniżej: biologia ma sens tylko w świetle ewolucji.

- Dlaczego mamy tyle samo kręgowców szyjnych co żyrafa i kret?
- Skąd wzięła się taka dziwna budowa [mechanizmu słuchu](#), z młoteczką, kowadełkiem, strzemiączkiem, bębenkiem?
- Dlaczego mamy [rzęski](#) w uchu, oku, tchawicy i czemu są one takie jak u [orzęsków](#)?
- Które zwierzęta mogą zastąpić człowieka w testowaniu nowych leków i procedur medycznych?
- Czy badania nad drożdżami mogą nam coś powiedzieć o procesach starzenia u ludzi

(np. gen i białko TOR)?

- Dlaczego mamy tysiące gatunków fantastycznych form [morskich ślimaków nagoskrzelnych](#) i [mikroorganizmów w planktonie](#)?
- Dlaczego ryby, a nawet pająki [odbywają tańce godowe](#), podobne do ptaków?

Wiele innych pytań tego rodzaju każdy może dopisać sam. **Ptaki wywodzą się od dinozaurów**, znaleziono pośrednie formy opierzonych gadów. Długość ich genomów jest znacznie mniejsza niż większości płazów i ssaków. Wiadomo, że [dinozaury miały stosunkowo krótkie genomy](#). Być może zmniejszyło to zróżnicowanie cech różnych gatunków dinozaurów, co w połączeniu z innymi czynnikami (takimi jak rozmiar i sposób odżywiania) przyczyniło się do mniejszej odporności na zmiany klimatyczne i globalne katastrofy (wulkany, asteroidy) i w konsekwencji do ich wyginięcia.

Zasady, na których opiera się proces ewolucji:

1. Konieczne są wzorce, np. geny, memy lub ciągi bitów.
2. Konieczna jest możliwość powielania wzorców.
3. Wzorce czasami powielane są z błędami lub ulegają zmianom (mutacjom).
4. Organizmy, powstające w oparciu o wzorce, konkurują ze sobą.
5. Zmienne środowisko faworyzuje pewne organizmy (dobór naturalny).
6. Tylko niektóre organizmy przetrwają do wieku reprodukcyjnego i ich wzorce zostaną skopiuwane.

Życie zaczęło się w oceanach. Prymitywne organizmy takie jak gąbki nie mają neuronów, ale [mają geny i białka](#) potrzebne do konstrukcji neuronów, a ich komórki komunikują się za pomocą modulacji stężenia jonów wapnia.

Wici meduz były prawdopodobnie pierwszymi organami sterowanymi przez neurony z długimi, cienkimi aksonami. Początkowo neurony były rozproszone, ale [cefalizacja](#) (wyodrębnienie się części głowowej), a następnie [encefalizacja](#), specjalizacja funkcji w węzłach nerwowych, doprowadziła do całej różnorodności typów mózgów, jaką obecnie obserwujemy.

Materiał genetyczny upakowany jest w [chromosomach](#), składających się z par długich łańcuchów DNA, dwóch "ramion" nazwanych [chromatydami](#), połączonych w jednym punkcie zwanym centromerem. Proste organizmy mogą mieć tylko jeden chromosom (mówka), inne bardzo wiele (motyle do 452), ale nie ma tu prostego związku z okresem powstania organizmów. Człowiek ma **23 pary chromosomów** (czyli w sumie 46), ślimak 27, jeź 45, a zimorodek aż 66. Niektóre rośliny mają ponad tysiąc chromosomów i znacznie dłuższe genomy niż ssaki. Taki układ jest bardzo stabilny: fragmenty chromosomów przetrwały w genomach obecnie istniejących organizmów w prawie niezmiennym stanie [przez 600 mln lat!](#) Uległy tylko przetasowaniu, łącząc się w odmienny sposób. [Chromosomy człowieka](#) mają różną długość, od około 50 do 250 mln par zasad, są to więc bardzo duże struktury. Zwykle mamy pary chromosomów, dwie prawie identyczne wersje zapewniające nadmiarowość kodowanej informacji i większą odporność na przypadkowe mutacje. Czasami dochodzi do [polisomii](#), czyli powstania dodatkowych chromosomów. Takie zjawisko występuje u wszystkich organizmów biologicznych, głównie z powodu zaburzeń podziału komórek (na etapie mejozy). Najczęstszą polisomią u ludzi (nieco ponad 1 przypadek na 1000) jest trisomia, czyli trzeci chromosom 21, powodujący wrodzone wady [zespołu Downa](#). Różne [polisomie chromosomu Y](#) (XYY; XYYY; XXYY; XXXYY) zdarzają się w sumie z podobną częstością.

Zmiany w materiale genetycznym to nie tylko **mutacje, ale też powielanie lub utrata całych genów, fragmentów genomu, przesunięcie (HGT, horizontal gene transfer), wszczepianie nowych fragmentów przez endosymbiozę i procesy epigenetyczne, regulujące ekspresję (aktywność) genów** pod wpływem czynników środowiskowych.

Selekcja pozytywnych cech jest ważna, ale to tylko jeden z wielu procesów prowadzących do adaptacji. Większość zmian nie ma istotnego wpływu na przeżycie, bo kodowanie aminokwasów przez DNA jest redundantne (różne trójki par w łańcuchu DNA kodują ten sam aminokwas), a zmiany fragmentów białek, które nie biorą udziału w oddziaływaniach niewiele wnoszą.

Zrozumienie tych zasad spowodowało rewolucję w biotechnologii. W latach 1990 Frances Arnold (California Institute of Technology, Pasadena, Kalifornia) wpadła na pomysł "kontrolowanej ewolucji", tak by genetycznie modyfikować bakterie produkujące enzymy (białka katalizujące reakcje, czyli pomagające w przeprowadzaniu reakcji biochemicznych), a następnie wybierać te enzymy, które są użyteczne do produkcji leków czy biopaliw. Pierwszy z tak powstałych leków ([Humira, przeciwciężko monoklonalne](#)) znalazł zastosowanie w leczeniu wielu chorób autoimmunologicznych (nazwa jest skrótem od *human monoclonal antibody in rheumatoid arthritis*). Jego roczna sprzedaż (lek nazwano [Adalimumab](#)) warta jest ponad 20 mld \$.

Przystosowanie mogą też zwiększać **kwazi-Lamarckowskie procesy epigenetyczne**.

Już w 1953 roku zaobserwowano (Conrad Waddington) zmiany w strukturze skrzydeł u muszek owocówek powstające w wyniku czynników środowiskowych, przekazywane kolejnym pokoleniom. Czynniki środowiskowe nie zmieniają bezpośrednio struktury DNA ale mają wpływ na regulację odczytywania tej struktury, a więc aktywację genów. DNA nie może w ciągły sposób produkować białek do budowy struktur organizmu, tempo rozwoju się bardzo różni w różnym okresie życia. Nie jest więc zaskoczeniem, że różne czynniki środowiskowe, wewnętrzne i zewnętrzne, regulują aktywność genów. Zaskoczeniem było odkrycie, że cechy w ten sposób nabyte, pomagające radzić sobie ze stresem, okresami głodu czy traumatycznymi sytuacjami, mogą być do pewnego stopnia przekazywane przez kilka pokoleń.

Współczesna teoria ewolucji odbiega więc znacznie od pierwotnej koncepcji Darwina ([M. Skinner, 2016](#)).

Gatunek to zbiór organizmów, które mogą się krzyżować i płodzić potomstwo, ale znanych jest coraz więcej przypadków [krzyżowania się pomiędzy różnymi gatunkami](#), mieszania się ich genomów. Dotyczy to zarówno ptaków jak i ssaków, w tym ludzi. Zmiany na poziomie genetycznym mogą mieć niewielkie, neutralne skutki, ale też nawet drobne zmiany mogą silnie wpływać na fenotypy. Zwłaszcza we wczesnym okresie powstawania życia możliwe były drastyczne zmiany w planie budowy organizmów. Nie ma wątpliwości, że komórki rozwinęły się z bardziej prymitywnych form, które były mocno odmienne od dzisiaj spotykanych.

Powstawanie całkiem nowych form życia (nie tylko nowych gatunków), czyli **makroewolucja**, opiera się na powielaniu całego genomu lub większych jego fragmentów (poliploidalność obserwowana w świecie roślin i zwierząt), prawdopodobnie jest również wynikiem krzyżowania się podobnych do siebie organizmów jak i endosymbiozy.

Można też przeanalizować ewolucję techniczną, np. rozwój samochodów czy komputerów, przyglądając się jak działają wymienione wyżej zasady ewolucji biologicznej. Liczne kategorie (odpowiadające gatunkom) urządzeń technicznych są co roku ulepszone na podstawie reakcji środowiska (konsumentów), a spośród licznych ulepszeń tylko nieliczne znajdują akceptację.

Czy DNA mogło powstać

samoczynnie? Jest to ciągle kwestionowane przez religijnych fundamentalistów, którzy wierzą, że Ziemia ma tylko nieco ponad 6000 lat. Wiek Ziemi i Wszechświata opiera się na badaniach astronomii (obserwowana ucieczka galaktyk), fizyki (liczne metody datowania), geologii (ruchy płyt tektonicznych), paleontologii (skamieniałości wymarłych gatunków), paleoklimatologii, paleogenetyki i wielu innych nauk, dających spójne wyniki. Wiara w młodość Ziemi sprzeczna jest z tysiącami faktów z bardzo wielu dziedzin. Jednak najbardziej podważana jest możliwość spontanicznego powstania życia.

Oczywiście trudno jest stworzyć dobrą **teorię biogenezy**, bo procesy za nią odpowiedzialne działy się miliardy lat temu i nie ma po nich śladów. Jednakże w tej dziedzinie obserwujemy ciągłe postępy i powstają coraz lepsze modele weryfikowane w eksperymentach odtwarzających hipotetyczne warunki z okresu powstawania życia.

DNA z podwójnym skręconym łańcuchem nie powstało do razu w dzisiejszej formie. Prostsza forma przekazywania informacji genetycznej **umożliwia replikacja samego RNA**, wykorzystywana przez najstarsze formy życia. **Abiotyczna ewolucja materii** daje się częściowo odtworzyć w laboratorium, a jej badania mają **długą historię**. Cząsteczki chemiczne mają tendencję do tworzenia coraz bardziej złożonych struktur. Aminokwasy są widoczne nawet w chmurach gwiazdowego pyłu. Nie jest to kwestia przypadku tylko chemicznych oddziaływań między cząsteczkami.

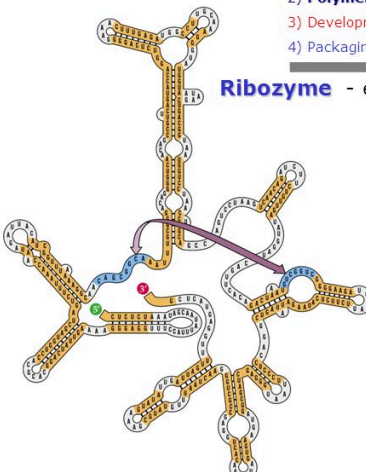


Historical Geology

Four Stage Hypothesis for Emergence of Life

Development of Self-Replicating Molecule

- 1) **Synthesis** of amino acids and nucleotides
- 2) **Polymerization**
- 3) Development of **self-replicating molecules**
- 4) Packaging of these molecules into **protobionts**

Ribozyne - enzymes composed of RNA instead of protein.

Tetrahymena thermophila

- ciliated protozoan
- 1 macronucleus and 1 micronucleus
- eukaryote
- contains spliced RNAs

Cech and Altman
1989 Nobel Prize for Chemistry

Life evo 4 stages

W grudniu 2013 roku pojawiła się [praca pokazująca](#), jak w procesach samoorganizacji, w warunkach odtwarzających wysychające zamulone sadzawki, powstaje RNA (prace [grupy Nicholasa Huda](#)), dając możliwości powielania się struktury organizmów. Laboratorium [Jeremy England](#) na MIT zajmuje się samoreplikacją. W tym laboratorium udowodniono, że nawet w przestrzeni kosmicznej dochodzi do powstawania złożonych struktur mających tendencje do autoreplikacji.

[Ostatni uniwersalny wspólny przodek](#) (ang. skrót to LUCA) to była prawdopodobnie prymitywna bakteria powstała przed ponad 3.5 mld lat. Badania genetyczne pozwoliły na identyfikację zbioru 355 genów, które są wspólne wszystkim organizmom i występują nadal w bakteriach rozwijających się beztlenowo koło kominów hydrotermalnych.

Nosimy w sobie nie tylko ślady wybuchów supernowych ale zachowujemy ślady rozwoju DNA trwającego miliardy lat!

Uwagi historyczne.

W średniowieczu wyobrażano sobie, że świat stworzony został na miarę człowieka. Odkrycie Kopernika, że Ziemia nie jest środkiem Wszechświata tylko krąży wokół Słońca oznaczało, że gwiazdy muszą być bardzo daleko (po 6 miesiącach Ziemia jest o 300 mln km od początkowego położenia a kąt, pod którym widzimy gwiazdy prawie się nie zmienia). Było to wielkim szokiem. Świat w tak wielkiej skali przestrzennej i czasowej był z religijnego punktu widzenia całkiem niezrozumiały. Po co było tworzyć dwa tysiące miliardów galaktyk liczących po 100 miliardów gwiazd każda, skoro nigdy do nich nie dotrzemy?

Argumenty przeciwko powoływaniu się na Boga jako wyjaśnienia istnienia życia zamiast prób zrozumienia mechanizmów ewolucji można więc znaleźć zarówno ze strony nauki jak i religii. Nauka wskazuje wyjaśnienia naturalne, pozwalające na głębsze zrozumienie "dlaczego" i "jak" doszło do tego, że świat jest taki jaki jest. Odwołanie się do nadprzyrodzonej interwencji niczego nie tłumaczy.

Czy można **udowodnić, że życie nie mogło powstać w naturalny sposób**? Kreationiści mają taką nadzieję, ale to zarówno z naukowego jak i religijnego punktu widzenia zły pomysł.

Z naukowego punktu widzenia twierdzenie, że coś jest niemożliwe, zwłaszcza w przypadku biologii molekularnej, jest po prostu naiwne: są to systemy niezwykle złożone i nie znamy wszystkich ścieżek reakcji i możliwości budowy organizmów, nie znamy szczegółowych warunków panujących w przeszłości, nie możemy więc powiedzieć, co jest możliwe, a co nie. Próba dowodzenia, że życie nie mogło powstać samoistnie jest równie przekonująca jak argumenty wysuwane na przełomie 19/20 wieku, że [maszyny cięższe od powietrza nie mogą latać](#).

Z religijnego punktu widzenia to również zły pomysł (np. M. Heller, *Bóg i Nauka*, 2013). Jak wskazywało wielu teologów powoływanie się na Boga tam gdzie czegoś nie rozumiemy prędzej czy później kończy się [naukowym wyjaśnieniem](#). Jeśli można udowodnić istnienie Boga to wiara staje się pewnością. Pozostaje wtedy pytanie:

dlaczego Bóg stworzył niezliczone wirusy i bakterie wąglika, tasiemce i białaczkę oraz tysiące innych chorób, po co było tworzyć miliony gatunków insektów? Ospa zabiła setki milionów ludzi, czy bez wirusa ospy ekosystem nie mógłby istnieć? Czemu potrzebne były miliardy lat rozwoju różnych form życia, z których 99% wymarło (Stearns i Stearns, 1999)? Czemu istnieją miliardy galaktyk, a w każdej setki miliardów gwiazd i planet? Raczej nie po to, by rozświetlać nam niebo.

Pomysł, że tak złożony Wszechświat został stworzony tylko po to, by testować charakter człowieka przed sądem ostatecznym wydaje się skrajnie megalomański. Bóg, który zostawia nam liczne mylne wskazówki dotyczące ewolucji i przeszłości świata, na które nabierają się najlepsze umysły ludzkości, ukrywając jednocześnie niepodważalne dowody w DNA lub geologicznych strukturach i zostawiając nam jedynie liczne sprzeczne ze sobą mity spisane przez nieznaną starożytnych proroków, musiałby być bardzo złośliwy. Musiałby karać ludzi za posługiwanie się rozumem, który jest największym darem człowieka, a nagradzać za naiwność. Albowiem "mądrość tego świata jest głupstwem". Takie stwierdzenia wydają się dzisiaj głupie, ale w czasach, gdy je pisano wiedza, czyli mądrość tego świata, nie pomagała pocieszyć strapiionych ani uleczyć chorych, pozostawała tylko modlitwa o zdrowie. Czasy się bardzo zmieniły a niewielu ludzi rozumie kontekst kulturowy starożytnych tekstów.



Oresme Spheres

[Modele komputerowe](#) i [Evolution for idiots](#), pokazują, jak nieznacznie większa przydatność pewnych cech budowy ciała (np. obecność plamki reagującej na światło) może w ciągu kilkuset pokoleń doprowadzić do wykształcenia złożonych organów, takich jak oko, na wiele sposobów.

Mechanizm ewolucji w rzeczywistym środowisku, w którym wiele różnych cech decyduje o przeżyciu, jest bardzo skomplikowany i nie zawsze w sieci wzajemnych powiązań można określić, kto jest najlepiej przystosowany: główny drapieżca może np. wymrzeć z różnych powodów i skrzydła przestają służyć strusiowi do latania, ale jeszcze całkiem nie zanikły.

Teoria historii życia ([life history theory](#)), rozwinięta w latach 1950, bada, w ramach biologii ewolucyjnej, różne strategie organizmów, warianty ich cykli życiowych, pozwalających im osiągnąć sukces reprodukcyjny. Dotyczy to wpływu mechanizmów doboru naturalnego w określonym ekosystemie na anatomię organizmów i sposoby ich zachowania w różnych okresach historii ich życia: od narodzin, niemowlęctwa, dojrzewania, rozmnażania, do starości i śmierci.

Ewolucja nie jest przetrwaniem najsilniejszych, lepszą metaforą jest przetrwanie populacji najlepiej zorganizowanych, dzięki czemu są

lepiej przystosowani. Jednym ze sposobów na lepszą organizację jest wzmacnianie spójności grupy, związane z relacjami rodzinnymi, plemiennymi, wspólnym językiem, czy wiarą w tych samych bogów.

Tempo ewolucji określone jest przez tempo uszkodzeń DNA minus tempo napraw.

Mutacje są możliwe dzięki promieniowaniu kosmicznemu, ultrafioletowemu, naturalnemu promieniowaniu tła, czynnikom chemicznym obecnym w środowisku. Średnio nieco ponad jedna mutacja zdarza się przy podziale zdrowej komórki człowieka (komórki rakowe mutują 100 razy szybciej), czyli jeden błąd na 3 miliard par zasad tworzących DNA (Werner i inni 2020). To ogromna dokładność kopiowania. DNA jest niezwykle stabilną substancją, może przetrwać dziesiątki tysięcy lat. Ponieważ mamy bardzo wiele komórek ulegających w każdej sekundzie podziałowi **w ciele człowieka zachodzi około 1.8 mln mutacji na sekundę**.

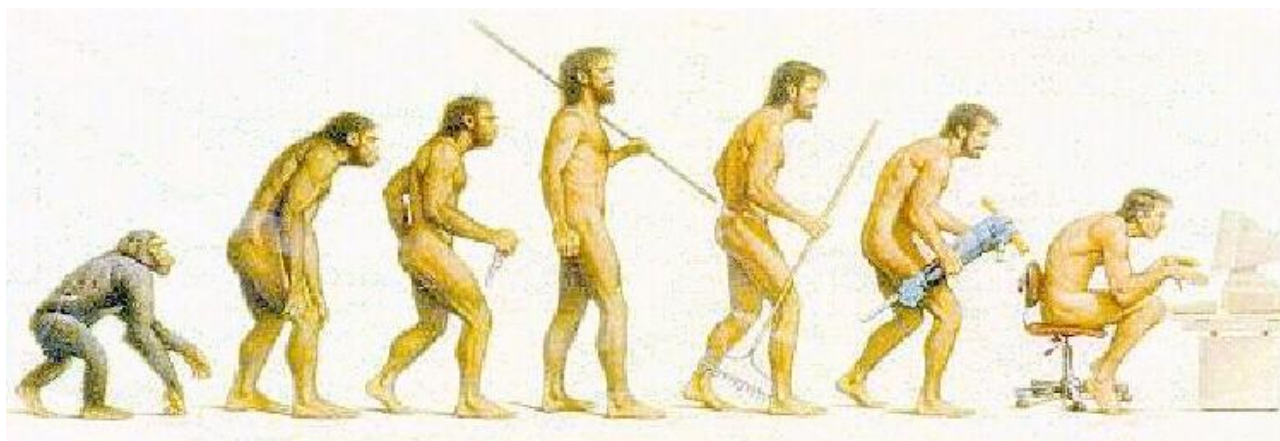
Błędy się powoli gromadzą i organizm się starzeje. Teoretycznie DNA mogłoby się naprawiać bardziej sprawnie - widać to u zwierząt żyjących na terenie wysokiego promieniowania w okolicach Czarnobyla - ale wtedy ewolucja by była znacznie wolniejsza. Tempo eksploracji zmian budowy organizmu powinno być dostosowane do tempa zmian klimatycznych. Zbyt szybkie zmiany ekosystemu mogą doprowadzić do wymarcia całego gatunku, ale krzyżówki z innymi lub zmutowane osobniki mogą czasem przeżyć. **Paleontolodzy oceniają**, że ponad 99% wszystkich gatunków, które żyły na Ziemi, już wymarło.

Tempo mutacji i napraw DNA jest kolejnym przykładem kompromisu między stabilnością a plastycznością.

Ewolucja się nie cofa, te same mechanizmy używane są przez setki milionów lat. Życie to forma istnienia białka ... stąd podobieństwo genetyczne ludzi nawet do tak prymitywnych organizmów jak **drożdże**.

Badania szybkości ewolucji ludzi pokazały znaczne przyspieszenie tempa mutacji naszego genomu w ciągu ostatnich 40.000 lat. Tolerancja laktozy pozwalająca osobom dorosłym pić mleko jest rezultatem mutacji jaka zaszła już po udomowieniu bydła. Rozwinęła się wśród Mongołów, ale nie wśród Chińczyków Han. W rezultacie Mongołowie mieli wielką przewagę, pili dużo końskiego mleka, mieli mocne kości, nie musieli wozić za sobą dużo żywności, a ich armia zwyciężyła chociaż była 10 razy mniej liczna niż chińska. Nomadzi i ich zwierzęta rozprzestrzeniały choroby wśród rolniczych, osiadłych społeczności. Ludzie byli poddani wielu różnym czynnikom wymuszającym zmiany: rosnącej gęstości populacji, chorobom z tym związanym, zmianom klimatycznym wymuszającym reorganizację form życia, migracjom na tereny o całkiem odmiennych warunkach (np. zasiedlając wyżyny Tybetu, adaptując się do mrozów Alaski czy tropikalnych wysp Polinezji), oraz walkom plemiennymi i lokalnym wojnom. Presję selekcyjną przypisuje się także katastrofom naturalnym takim jak wybuch **wulkanu Toba 75.000 lat temu**, podejrzewany o spowodowanie globalnych zmian klimatycznych i **efekt "wąskiego gardła"** (wymierania większości hominidów) w ewolucji człokształtnych. Są to jednak kontrowersyjne teorie. Wybuch wulkanu **Tambora** w 1815 roku w Indonezji uśmiercił setki tysięcy ludzi z powodu klęski głodu, wymarło kilka grup etnicznych, rok później **nie było lata** w Europie, USA i Chinach, spadek średniej temperatury o kilka stopni, klęski głodu wywołały zamieszki we Francji, Szwajcarii i Wielkiej Brytanii, migracje w stronę zachodniego wybrzeża w USA. Wybuch **wulkanu Krakatau** w 1883 roku był nieco słabszy, ale zginęło około 40.000 osób.

Grupy ludzkie konkurowały ze sobą w wykorzystywaniu naturalnych zasobów do zwiększania swojej populacji. Obserwacja zwierząt w naturalnym środowisku pokazuje jak ciągle czują się zagrożone, reagują na wszelkie oznaki niebezpieczeństwa, ciągle walczą o życie. Parę tysięcy lat temu ludzie byli również w podobnej sytuacji.



Men history

Przyczyny okresowego wielkiego wymierania i dużej śmiertelności organizmów w początkowym okresie rozwoju życia to:

- zmienność klimatyczna,
- drastyczne zmiany ekosystemu (np. pojawienie się tlenu w atmosferze),
- działalność wulkaniczna,
- upadki asteroid,
- ruch kontynentów, izolacja ekosystemów (Australia, Nowa Zelandia, Madagaskar, liczne izolowane wyspy),
- konkurencja między gatunkami.
- **Odwrócenia biegunów magnetycznych Ziemi** zdarza się nieregularnie, może to wpływać na zniszczenie warstwy ozonowej i zwiększenie tempa mutacji, ale nie wiemy jak silnie wpływało to na biosferę.

Te czynniki, oraz wielka presja na zajmowanie wolnych nisz ekologicznych i lepsza adaptacja do nowych warunków spowodowały **wymarcie 99% gatunków istniejących na Ziemi!** W pierwszym przybliżeniu wszystkie gatunki już wymarły ... a na naszych oczach wymiera reszta, ekosystemy bardzo zubożały.

Delfiny mają wielkie mózgi, ale większa stabilność warunków w oceanach niż na lądzie oznacza mniejszy nacisk ewolucyjny na szybkie

zmiany. Potrafią posługiwać się wielkimi muszlami by łąpać w nie małe ryby wynosząc nad powierzchnię i wyjadając; ta umiejętność rozpowszechniła się szybko w ostatnich latach ([Underwater times](#)).

Wydaje się obecnie, że to katastrofy klimatyczne spowodowały skupianie się ludności na mniejszych obszarach, powstanie większych osiedli i rozwój cywilizacji.

A6.3 Krytyka ewolucji

Na poziomie genetyki mechanizmy ewolucyjne są niezwykle skomplikowane i nie do końca poznane. Kilka ogólnych, często zadawanych pytań, wynikających z braku rozumienia teorii ewolucji:

1. Człowiek nie może pochodzić od małpy.

Oczywiście, że człowiek nie pochodzi od małpy, teoria ewolucji tego nigdy nie zakładała. Ten przesąd pokazuje, że krytycy ewolucji całkiem nie rozumieją o co chodzi w ewolucji i posługują się [argumentem "chochoła"](#), czyli atakują zniekształcone poglądy, zwykle nie rozumiejąc poglądów, które chcą obalić. Cofając się wstecz w czasie o miliony lat widzimy w materiale kopalnianym, jak zmieniał się *Homo sapiens* i poprzedzający go praludzie, jak malała wielkość czaszki i umiejętności wytwarzania narzędzi. Zmieniały się również antropoidy i jeśli się cofnąć o 7 milionów lat odkrywamy już tylko szczątki prymitywnych form, praprzodków zarówno ludzi jak i człekokształtnych małp, czyli [nadrodziny bezogoniastych naczelnych](#), których 4 rodziny wymarły a dwie (człowiekowatych i gibbonów) rozwijają się do dzisiaj.

Co nam zostało po naszych praprzodkach? Liczne [atawizmy](#). Mamy szczątkową kość ogonową (4 małe kręgi na końcu kręgosłupa to kość guziczna). W rozwoju embrionalnym widać to wyraźnie, ogon może być nawet długości 1/6 całego embrionu, ale zanika na skutek apoptozy. Regulacja genetyczna tego procesu została zbadana na myszach. U ludzi ten sam gen wpływa na formowanie się ogona. Bardzo rzadko ludzie [rodzą się z ogonem](#), często to tylko deformacja ciała. Do kości guzicznej przyczepione są mięśnie pośladkowe, konieczne do utrzymywania pionowej postawy ciała i zachowaniu równowagi w czasie siedzenia.

[Narządy szczątkowe](#) utraciły swoją pierwotną funkcję. Już w 19 wieku znanych było 86 takich narządów, ale udało się odkryć jakieś funkcje większości z nich, więc teraz uznaje się około 10 za prawdopodobnie zbędne. Takie narządy jak wyrostek robaczkowy, usuwany u około 5% populacji ludzkiej, wydają się nie mieć znaczenia. Wyrostek powstał przynajmniej 65 mln lat temu, pojawił się w 30 liniach ewolucyjnych, ale nie wszystkie gatunki obecnie go mają. Okazało się jednak, że wyrostek jest wylęgarnią bakterii jelitowych, koniecznych do sprawnego działania układu immunologicznego. Narządy szczątkowe mogły się dostosować do nowych funkcji, nie zawsze łatwych do odkrycia.

W kąciku oka mamy pozostałość [trzeciej powieki](#). [Mięsień dłoniowy długi](#) przydatny był do bujania się na gałęziach i zanikł już u około 15% populacji. [Guzek Darwina](#) to niewielkie zgrubienie u góry małżowiny usznej, pozostałość po mięśniu pozwalającym na poruszanie uszami by zwrócić je w stronę źródła dźwięku (koty, psy i wiele innych zwierząt to potrafią). Animowane ilustracje takich pozostałości można obejrzeć na [wideo TEDEd](#).

Stopa ma wiele mięśni i aż 1/4 wszystkich kości ludzkiego ciała; utraciliśmy zdolność chwytania się gałęzi stopami, ale nie zanikły jeszcze wszystkie potrzebne do tego mięśnie.

Czy można zaprzeczać, że świat się zmieniał? Epoka kamienia łupanego to nie był świat z kreskówki o Flinstonach, ludzie byli inni niż są teraz.

2. Człowiek jest zbyt złożony by mógł powstać przypadkiem: potrząsając worek z kośćmi nigdy nie ułożymy szkieletu.

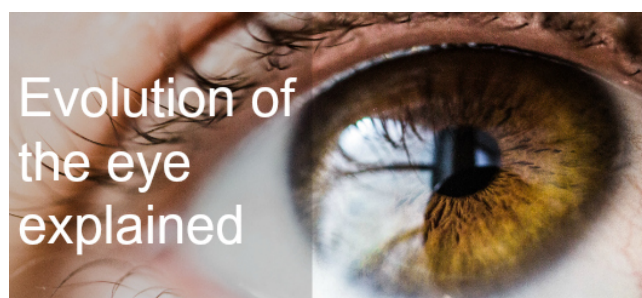
Oczywiście, że w ten sposób nie ułożymy szkieletu żadnego zwierzęcia, ani nie powstanie żywa komórka. Ewolucja nie jest dziełem przypadku, tylko wynikiem doboru naturalnego, skomplikowanych oddziaływań odpowiedzialnych za rozwój organizmów wielokomórkowych. Nie oznacza to, że przypadek nie odgrywa żadnej roli w ewolucji. Małpy stukając przypadkowo w klawisze nie napiszą sonetu Szekspira, ale gdyby ich przeżycie zależało od wytworów ich działania to albo by wyginęły albo rozwinęły pożądane cechy i narzędzia. Nie ma bezpośredniej drogi do powstania systemów złożonych. Żeby stworzyć sonety Szekspira najpierw ewolucja stworzyła człowieka. Żeby stworzyć komórki eukariotyczne, z których powstały wielokomórkowe istoty, trzeba było paru miliardów lat i połączenia dwóch prostszych komórek. Ewolucja jest ślepa - bo nie ma celu, idzie we wszystkich możliwych kierunkach - ale nie przypadkowa. Aby zrozumieć procesy ewolucyjne trzeba szukać pośrednich etapów. Zrozumienie końcowego efektu nie jest konieczne by stworzyć projekt budowy organizmu lub nowych funkcji, może się on wyłonić z interakcji prostych elementów.

Ręka człowieka umożliwia precyzyjne manipulacje i podobna jest do ręki małp kopalnych, jak i naszych praprzodków sprzed kilkunastu milionów lat. To ręce małp zmieniły się, pozwalając na lepszy chwyt gałęzi (dzięki dłuższym palcom) i większej sile uchwytu. Małpy żyjące na ziemi (np. dżelady) mają ręce podobne do ludzkich.

3. Oko, ucho lub skrzydło jest przydatne dopiero w ostatecznej formie.

Nieprawda, chociaż w sprawie oka nawet Darwin miał początkowo wątpliwości. Jaka informacja przydatna jest do orientacji i zwiększa szansę przeżycia? Jak ewolucja mogła w oparciu o dostępny materiał biologiczny zmodyfikować organizmy tak, by lepiej wykorzystywały informację w postaci wibracji powietrza, ciepła czy światła?

Zwierzęta mają przynajmniej 9 [różnych typów oczu](#) (por. różnice u owadów, ślimaków, ryb i ssaków),

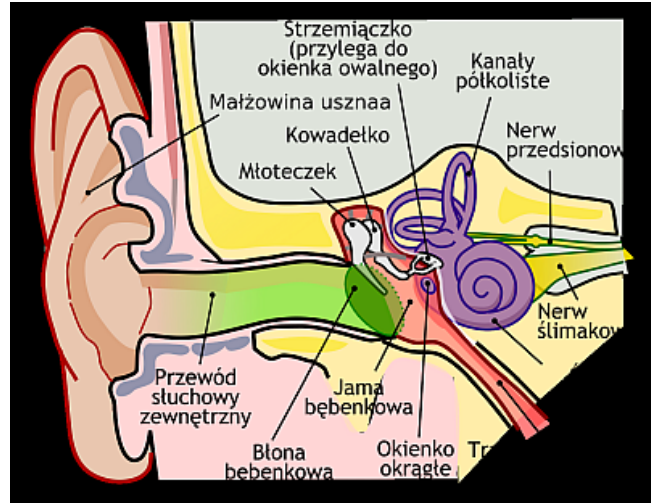


powstały one około 40 razy niezależnie w wyniku ewolucji. Ewolucja oka zaczęła się od plamki światłoczułej, przez dwie komórki reagujące na światło u pierścienic (nie było to jeszcze widzenie, tylko reakcje fototaktyczne i rytmy okołodobowe), matrycę takich komórek u trylobitów, oczy fasetkowe owadów, oczy ssaków i głowonogów. Dane pozwalające odtworzyć historię ewolucji pochodzą z analiz genomicznych oraz rozwoju embrionalnego. Oczy kręgowców dalekie są od doskonałości ukazujących etapy ewolucji. Elementy światłoczułe (czopki i pręciki) [siatkówki](#) są w głębi, przysłonięte przez kilka warstw komórek zwojowych i naczyń krwionośnych. Patrząc na niebieskie niebo można zauważyć drobne białe plamki; to białe krwinki poruszające się w kapilarach oka (zjawisko [entoptyczne Scheerera](#)). Około miliona aksonów komórek zwojowych wychodzi przez plamkę ślepą tworząc nerw wzrokowy. Oczy są atakowane przez pasożyty i podatne na różne choroby, [wady wzroku](#) ma około 300 mln ludzi na świecie, jest ponad 40 mln niewidomych.

Dlaczego ucho ma taką dziwną budowę?

Ucho, z kowadełkiem, młoteczkiem i resztą aparatu słuchowego, powstało z kości szczęki gadów, które opuszczają dolną część szczęki na podłoże by wyczuwać wibracje. Komórki włosowate, które w uchu zamieniają wibracje na elektryczne impulsy to pozostałość po wiciach organizmów jednokomórkowych, takie komórki są również w oku. To właśnie przewiduje teoria ewolucji.

Wibracje odczuwane są przez żuchwę gady, zbudowanych z kosteczek, które przekształciły się w elementy ucha środkowego. Torbacze, które są ssakami, oddzieliły się od ssaków łozyskowych ponad 120 mln lat temu. U kangurów, które rozwijają się krótko wewnątrz organizmu matki a długo w torbie, można prześledzić proces migracji kości w stronę ucha środkowego. Kosteczki słuchowe są u nich przez kilka tygodni połączone z żuchwą, potem to połączenie zanika. Słuch ostrzega przed niebezpieczeństwem, umożliwia komunikację, znalezienie partnera, ale nie tylko bezpośrednia presja ewolucyjna spowodowała rozwój narządu słuchu, przyczyniła się do tego też większa czaszka.



Budowa ucha

4. Nie było dostatecznie dużo czasu, by mogły powstać nowe gatunki.

Modele pokazują, że soczewka rybiego oka mogła powstać z komórek światłoczułych w czasie krótszym niż 0.5 mln lat ([wideo z PBS](#)).

Wielkie okresy wymierania zwalniały liczne nisze ekologiczne, tempo ewolucji było zmienne. W przeszłości jak i obecnie śmiertelność niektórych gatunków może być bardzo wysoka, więc tylko najlepiej przystosowane mają szansę przeżycia. Zdolność rozrodczą osiąga np. 1 ośmiornica na 1000 urodzonych, musi się więc wykazać dużą inteligencją. Ośmiornice żyją zwykle 2-3 lat, prowadzą zwykle samotniczy tryb życia, gdyby żyły dłużej być może stworzyłyby złożone społeczności.

Jak wyglądałaby ewolucja człowieka przy takiej presji selekcyjnej? Co byłoby dawniej największym zagrożeniem i jakie cechy taka presja rozwijała? Popatrzmy na Wielki Kanion: jeśli materiał jest dostatecznie plastyczny to w ciągu milionów lat nawet zwykła erozja może wytworzyć bardzo skomplikowaną strukturę. Ciało zmienia się znacznie wolniej niż struktura mózgu.

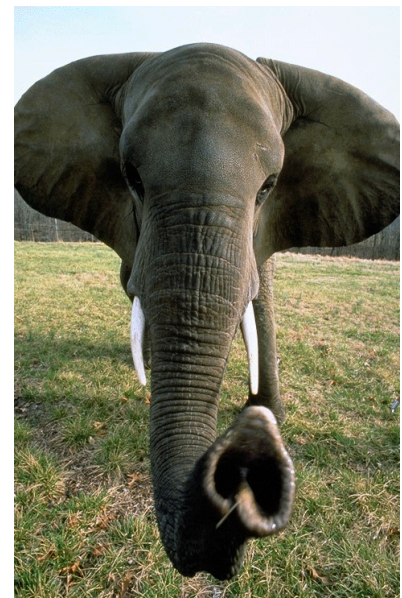
5. Dlaczego powstały inteligentne ssaki naczelne, a nie inne zwierzęta? Może jednak był jakiś [inteligentny projekt](#)?

Trąba słonia jest niezrównana, ma 6 grup mięśni zawierających 100.000 fragmentów (cały człowiek ma tylko 639 mięśni), macki ośmiornicy też ... czyli w biologii wszystko jest cudem. Organizmy zwierząt, ich zmysły, są zdumiewające. Powstało niezwykle wiele gatunków zwierząt, najwięcej tych najprostszych czyli insektów, których są miliony. Najbardziej oddalonym ewolucyjnie od człowieka ssakiem jest [dziobak](#), jednak ma on podobne narządy wewnętrzne do innych ssaków.

Coraz więcej zwraca się uwagę na **błędy ewolucji**: budowa organizmu jest [daleka od doskonałości](#), od błędów w DNA (Awise, 2010), problemów anatomicznych (ślepa plamka oka, przebieg nerwów, jelit, przepuklina), po prowizorkę w mózgu (Marcus, 2009).

[Medycyna ewolucyjna](#) (Darwinowska) to młoda gałąź nauki (Nesse, Williams, 1995), ale bez niej nie da się zrozumieć wielu zjawisk. Biologia ewolucyjna powinna być podstawą dla wszystkich nauk medycznych, pozwala na zrozumienie reakcji układu immunologicznego, gorączki, ewolucji odporności na antybiotyki, zakażenia, infekcje i rolę wielu procesów w utrzymaniu dobrostanu organizmu.

Richard Dawkins pokazał dziwną drogę [nerwu krtaniowego wstecznego](#) u żyrafy. Najwyraźniej zabrakło tu inteligentnego projektanta.



Trąba słonia

Dlaczego mamy gęsią skórę? Może ją wywołać strach, ale też i muzyka.

Na skórze mamy mieszki włosowe, nasi owłosieni praprzodkowie w sytuacjach zagrożenia reagowali produkując noradrenalinę, która przygotowywała ich do walki, ale też pozwalała nastroszyć włosy tak, by wyglądać groźniej. Zimno wywołuje podobną reakcję.

[Mięsień dłoniowy długi](#) przestał już pełnić swoją pierwotną funkcję i zanikł u 14% populacji świata (są tu jednak duże różnice regionalne, np. 5% w Chinach do 27% w Turcji). Nie ma to wpływu na siłę uścisku ręki.

6. Dlaczego zwierzęta i ludzie są tak agresywni, czy nie jest to "zepsucie człowieka"?

Dobry inżynier genetyczny mógłby takie zepsucie łatwo naprawić i zmniejszyć instynkt agresji człowieka, ale z ewolucyjnego punktu widzenia nie byłoby to dobre rozwiązanie. Agresja jest powszechna u zwierząt żyjących w grupach, od insektów po szympansy i ludzi. Przetrawanie grupy wymaga silnego przywództwa. Utrata przywództwa u wielu gatunków zwierząt kończy się [masowym dzieciobójstwem](#) - tak jest u insektów, ryb, ptaków, gryzoni, drapieżnych ssaków. Zwycięski samiec nie tylko ma obronić stado, ale też przekazać dobre geny swojemu potomstwu. Zwierzęta prowadzą ostre walki o przywództwo, o dostęp do terytorium, o kontrolę nad samicami i możliwość zostawienia potomstwa. Podobnie prowadzą je ludzie - bez tego nie mogliby konkurować z innymi gatunkami w przeszłości. Agresja przestaje być potrzebna jeśli zapewnimy sobie odpowiednie warunki, zadowalający poziom zrównoważonego rozwoju. Nawet stosunkowo drobne zmiany ewolucyjne mogą przyczynić się do sukcesu. Dlaczego [armia Czyngis-chana](#) w pierwszej połowie 13 wieku szybko podbiła większą część świata, od Chin po Europę? Jedną z przyczyn była rozpowszechniona wśród Mongołów mutacja pozwalająca im trawić laktozę - nie byli do tego wówczas zdolni Chińczycy, a większość innych narodów. Wystarczyło kilka kobył, które dawały mleko przerabiane na sery, oraz trochę suszonego mięsa pod siodłem, by armia mogła się szybko posuwać do przodu bez troski o zaopatrzenie, co spowalniało inne wojska.

Mleko nie jest jedynym napojem, które nie jest tolerowane w Azji. Picie wody było zawsze niebezpieczne ze względu na liczne mikroby. W Europie i Afryce Północnej odkryto, że fermentacja zabija bakterie, dlatego pito piwo i wino. W Azji gotowano wodę i pito herbatę. W efekcie na Dalekim Wschodzie nie rozwinęła się mutacja pozwalająca na trawienie alkoholu.



Goosebumps

7. Teoria ewolucji "to tylko teoria".

[Teoria naukowa](#) to nie spekulacje, tylko spójny system pojęciowy porządkujący jakąś dziedzinę, opisujący i wyjaśniający relacje pomiędzy obserwacjami. Prawdziwość teorii weryfikuje się badając jej konsekwencje. Dla zwolenników płaskiej Ziemi jej kulisty kształt to tylko teoria, a loty kosmiczne to oszustwo. Nie ma "teorii inteligentnego projektu", bo to tylko pozorne wyjaśnienie wszystkich niejasności szczegółów ewolucyjnej historii rozwoju organizmów, określeniem przyczyny jako "inteligentny projekt". To jednak niczego konkretnego nie wyjaśnia, nie pozwala formułować szczegółowych pytań, poszukiwać na nie odpowiedzi, zrozumieć podobieństw między budową różnych organizmów. Na żadne z pytań opisanych powyżej nie dostajemy odpowiedzi, która cokolwiek wyjaśnia. Dlatego nie można tych rozważań nazywać teorią.



Intelligent falling

[Teoria inteligentnego spadania](#) powstała w 17 wieku. Teoria ta głosi, że wytłumaczeniem grawitacji i ruchu planet jest działanie zewnętrznego, inteligentnego bytu utrzymującego planety na swoich torach ... Wszystko więc doskonale tłumaczy, ale czy jest to alternatywa dla teorii Newtona? Czy może zastąpić mechanikę klasyczną i pozwoli nam polecieć na Księżyc, lub choćby obliczyć trajektorię komety Halleya? Teoria cząstek elementarnych prowadzi do budowy akceleratorów za miliardy dolarów, oraz bardzo efektywnej terapii protonowej pozwalającej na precyzyjne zabijanie komórek rakowych. Teoria mechaniki kwantowej, zastosowana do półprzewodników, pozwoliła rozwinąć przemysł elektroniczny warty tryliony dolarów.

Teoria ewolucji prowadzi do rozwoju medycyny ewolucyjnej, która ma ogromną wartość dla zrozumienia przyczyn wielu chorób i niedoskonałości naszego organizmu.

Wraz z upływem czasu zarzuty zwolenników inteligentnego projektu znajdują swoje wyjaśnienie, mamy np. coraz lepsze teorie i symulacje komputerowe pokazujące ewolucję oka, przydatność prymitywnego mechanizmu widzenia. Wielu innych pozornie trudnych do wyjaśnienia zagadnień powoli daje się zrozumieć. Nauka wyciąga wnioski z obserwacji, nie przyjmując z góry konkluzji; kreationiści biorą za fakty mity opisane w Biblii i szukają do nich potwierdzenia. Zwolennicy inteligentnego projektu nie próbują niczego wyjaśniać. Nie odnoszą się do prawdziwych (lub przynajmniej prawdopodobnych) mechanizmów ewolucji, a tylko próbują ośmieszyć błędne interpretacje ewolucji, które sami głoszą.

Najpierw trzeba zrozumieć co się krytykuje. Czemu ludzie nie mający pojęcia o nauce, a w szczególności o biologii, wypowiadają się na skomplikowane tematy, których nie rozumieją?

Poglądy na temat ewolucji powinny być oparte na konkretnych argumentach. Tymczasem krytyka opiera się na przesądach na temat ewolucji, a nie na jej rzeczywistym zrozumieniu. Czy to, że trudno sobie wyobrazić skomplikowane mechanizmy oddziaływań środowiska i genów zachęca do wymyślania naiwnych, prostych wyjaśnień? Mamy komputerowe modele pokazujące, jak złożone struktury wyłaniają się z prostych oddziaływań. Istnieje wiele [algorytmów ewolucyjnych](#), pokazujących jak procesy ewolucyjne prowadzą do powstawania dobrych rozwiązań i złożonych struktur. Dziedzina nazywana "sztucznym życiem" ([artificial life](#)) wykorzystuje symulacje komputerowe by badać procesy ewolucyjne. Prosty przykład ewolucji [biomorfów](#), którymi można się samemu pobawić, pokazuje jak nawet bardzo uproszczone reguły prowadzą do ewolucji bardzo złożonych struktur.

Znacznie mniej osób interesuje się np. **teorią ewolucji gwiazd**, powstawaniem planet i pochodzeniem ciężkich pierwiastków, z których zbudowane jest nasze ciało, chociaż to również są procesy, które trudno sobie wyobrazić.

Teoria musi być falsyfikowana, np. gdyby skamienielina królika została znaleziona w prekambryjskich pokładach geologicznych teoria ewolucji miałaby poważny problem (zauważył to J.B.S. Haldane). Gdyby odkryto zwierzę z pazurami i kłami jedzące trawę, np. trawożerne stworzenie podobne do lwa, które nie byłoby przystosowane do swojego środowiska, to byłby argument przeciwko teorii ewolucji. Jest jednak dokładnie odwrotnie: widać ściśle przystosowania do środowiska, a w zapisie kopalnianym stopniowe zmiany budowy organizmów przystosowanych do zmian klimatu.

W książce "[Od bakterii do Bacha. O ewolucji umysłów](#)" (2017) i wcześniej w książce "Niebezpieczna idea Darwina" (1996) [Daniel Dennett](#) opisał wiele przykładów procesów ewolucyjnych i szczegółowo omówił błędy krytyków ewolucji.

Idea ewolucji zrobiła ogromną karierę nie tylko w biologii. Jeśli jakiś układ fizyczny jest zdolny do adaptacji, to przystosowuje się do zmieniających się warunków. Dotyczy to całego ekosystemu — zmienia się w zależności od klimatu, który zależy od cykli słonecznych, czy katastrofalnych wydarzeń — jak i społeczeństw ludzi czy zwierząt żyjących w zorganizowanych grupach.

Obserwujemy adaptację na poziomie genetyki i biologii molekularnej. Nieco inaczej działają procesy transportu tlenu u organizmów żyjących wysoko w górach a inaczej na poziomie morza. Przypadkowe zmiany genetyczne umożliwiają życie tam, gdzie innym już brakuje tlenu. Zmiany tego rodzaju dokonują się stopniowo w dłuższym okresie czasu.

Idee adaptacji i selekcji zrobiły karierę na wszystkich poziomach opisu świata. Mamy [kwantowy Darwinizm](#), opisujący jak procesy kwantowe wpływają na selekcję stanów środowiska, pozwalając na obiektywne obserwacje zgodne z fizyką klasyczną. Mamy [algorytmy ewolucyjne](#) w informatyce.

Neurony w naszych mózgach masowo giną w procesach apoptozy i pokrewnych. Procesy uczenia się można rozpatrywać z punktu widzenia selekcji, stąd teoria "[neuronalnego Darwinizmu](#)" Geralda Edelmanna, który za podobny pomysł dotyczący mechanizmów selekcji w układzie immunologicznym dostał nagrodę Nobla z medycyny i fizjologii w 1972 roku. Procesy selekcji można zastosować do analizy przyczyn upadku całych cywilizacji, które nie dopuszczały dostatecznej różnorodności by się dostosować do zmieniających się warunków.

Na każdym poziomie opisu, nie tylko organizmów żywych, można się doszukać procesów adaptacji, samoorganizacji, powiązać je z selekcją. Nazywanie takich procesów adaptacji Darwinowskimi jest oczywiście pewnym uproszczeniem, bo nie są one oparte na takich samych mechanizmach, jak ewolucja organizmów biologicznych.

[Evolution Institute](#) próbuje opisywać różne zjawiska z ewolucyjnego punktu widzenia. Jest sporo ciekawych raportów na stronie tego instytutu, np. na temat psychologii ewolucyjnej. Autorzy tego raportu się zastanawiają, co jest solidną nauką, a co można odrzucić. Może niektóre aspekty są słabo uzasadnione. Oceniając jakieś naukowe pomysły zawsze warto się dokładnie przyjrzeć, czy oferują wyjaśnienia spójne z dobrze ugruntowanymi teoriami, czy wyjaśniane zjawiska dają się zrozumieć w oparciu o prostsze mechanizmy, czy alternatywne teorie potrafią to wyjaśnić, czy raczej unikają konkretnych pytań, a próbują odpowiadać na abstrakcyjne pytania, których nie da się empirycznie zweryfikować.

A6.4 Atawizmy i budowa organizmów

Ewolucja nie jest wszechmocna. W szczególności narządy, które się kiedyś rozwinęły, a potem w wyniku zmian warunków i całego organizmu stały się mało przydatne, nie będą eliminowane. W efekcie mamy różne narządy szczątkowe, atawizmy omawiane już wcześniej. Trudno jest też rozwinąć przydatne funkcje jeśli ich przełożenie na szanse przeżycia jest zbyt odległe w czasie.

Nasze zmysły pozwalają na reagowanie, zwiększając szanse przeżycia: ból pozwala zająć się raną i ją oczyścić (choć nie wszędzie potrafimy się wylizać) nie dopuszczając do zakażenia, niski poziom wody w organizmie wywołuje poczucie pragnienia, pozwalając uniknąć odwodnienia. Jednak braku witaminy C nie dostrzegamy, a [szkorbut](#), tylko pomiędzy 16 a końcem 18 wieku odpowiedzialny był za śmierć około dwóch milionów żeglarzy. Ewolucja mogła wyeliminować te organizmy, które nie reagowały na niebezpieczne bodźce, ale braki witaminy C powodują chorobę dopiero po miesiącu, a w zimie w umiarkowanym klimacie i tak nie było dobrego źródła witamin. Owoce cytrusowe nie były dostępne i nie dają się długo przechowywać bez chłodni, a kiszona kapusta znana jest dopiero od paru tysięcy lat. Nie było więc presji selekcyjnej na rozwój zmysłów braku większości substancji niezbędnych do życia. Gdybyśmy mieli receptory takich substancji byłby to poważny kłopot dla teorii ewolucji. Tam, gdzie niedobory dały się zmniejszyć dzięki reakcji behawioralnej możliwe stało się instynktowne poszukiwanie "czegoś słonego". Niski poziom sodu powoduje [hiponatremię](#), zaburzenia gospodarki wodnej w organizmie. Dlatego zwierzęta zlizują pot, szukają minerałów zawierających sód, a handel solą był ważny już w starożytności na całym świecie. Karawany transportujące sól przemierzały Saharę i góry Tybetu.

[Ernest von Haeckel](#) zauważył (1866) podobieństwo rozwoju embrionalnego wszystkich zwierząt. "Rozwój [ontogenetyczny \(formy osobnika\)](#), powtarza rozwój [filogenetyczny \(ewolucyjne zmiany gatunków\)](#)", głosi jego [teoria rekapitacji](#).

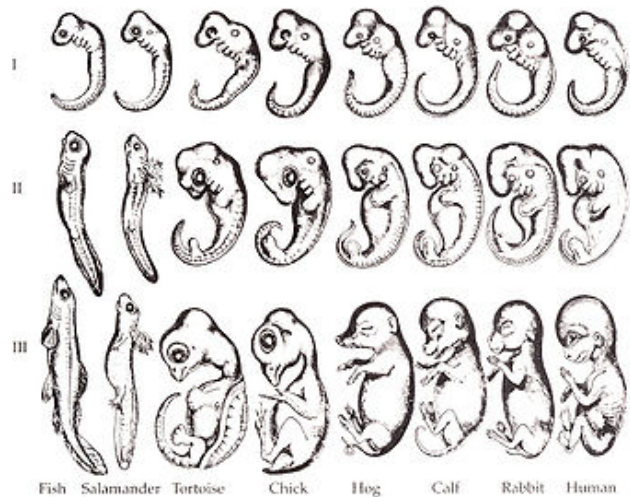
Jest to częściowo błędna teoria, podobieństwo jest pozorne, rysunki obok zrobiono na podstawie pobieżnych obserwacji. Ludzki

zarodek nie przechodzi przez wszystkie etapy filogenezy; już Darwin słusznie zauważył, że wczesne stadia embrionów bliskich sobie gatunków są podobne raczej do siebie, niż do dorosłych osobników.

Związki onto i filogenetyczne są znacznie bardziej skomplikowane. Jednakże formowanie się wszystkich zarodków przebiega w początkowych fazach bardzo podobnie, [przypominając zarodki ryby](#). Szczególnie formowanie się twarzy zarodka i pojawienie się bruzdy pod nosem pokazuje naszą rybią przeszłość.

Gonady rekina są za wątroby pod płucami, podobnie jest początkowo u ludzkich zarodków, dopiero potem schodzą w dół, przy okazji osłabiając podbrzusze, przez co mamy tendencje do przepukliny.

Fantastyczne zdjęcia rozwoju zarodków pokazują jak wyrastają [tylne łapy u delfinów i wielorybów](#), a potem są wchłaniane i niewidoczne na zewnątrz - są to ślady po wczesnych etapach ewolucji. Za to kości palców są widoczne w płetwach ssaków morskich.



Haecel embryo

Jest wiele [pozostałości w ciele człowieka](#) po wcześniejszych etapach ewolucji, określanych jako [atawizmy](#).

1. Pozostałość po trzeciej powiece, [zwanej migotką](#), widoczna jest w kącie oka.
2. Palmaris longus to mięsień w nadgarstku widoczny u 86% ludzi, przydatny do bujania się na gałęziach drzew.
3. [Guzek Darwina](#), kiedyś pozwalał nam ruszać uszami w kierunku dźwięku tak jak to robią zwierzęta.
4. [Gęsia skórka](#) pojawiająca się na skutek zimna lub strachu to pozostałość po uwłosieniu, które potrafi się zjeżyć by zachować ciepło lub zrobić wrażenie większego rozmiaru ciała.
5. [Kość ogonowa \(guziczna\)](#), to szczątkowy ślad po ogonie. Widoczna jest u zarodka ludzkiego, czasami ludzie rodzą się [z ogonem](#), nawet ponad 30 cm. Zwykle usuwa się takie pozostałości chirurgicznie w momencie narodzin.
6. [Odruchy atawistyczne](#), np. odruch czepny u noworodków.

Kręgosłup powstał ok. 500 mln lat temu, mają go wszystkie kręgowce, wcześniej były to struny. Czaszka powstała ok. 420 mln lat temu. [Minogi](#) nie mają jeszcze żuchwy, to prymitywne zwierzęta. 300-400 mln lat temu minogi miały już oczy, w skamieniałościach znaleziono komórki siatkówki. [Lancetniki](#), które są ewolucyjnie jeszcze starsze, nie mają jeszcze czaszki a ich oczy reagują tylko na jasność światła. Wszystkie kręgowce wywodzą się od [ryb pancernych](#). Łuki skrzelowe u ryb mają promienie, które przekształciły się w palce, ten sam mechanizm genetyczny powoduje rozwój parzystych wypustków u zwierząt, w tym kończyn u ludzi. Trzecia para kończyn przekształciła się w zewnętrzne narządy płciowe. Nerw przeponowy jest długi, wychodzi z górnej części kręgosłupa zamiast z poziomu przepony, dlatego czasami zagina się, jest uciskany i mamy czkawkę. Ponad 350 mln lat temu skrzela były z tyłu głowy i nerw przeponowy był krótki. Mechanizmy genetyczne mogły łatwiej powodować wydłużanie się tego nerwu niż zmianą wyjścia tego nerwu z kręgosłupa.

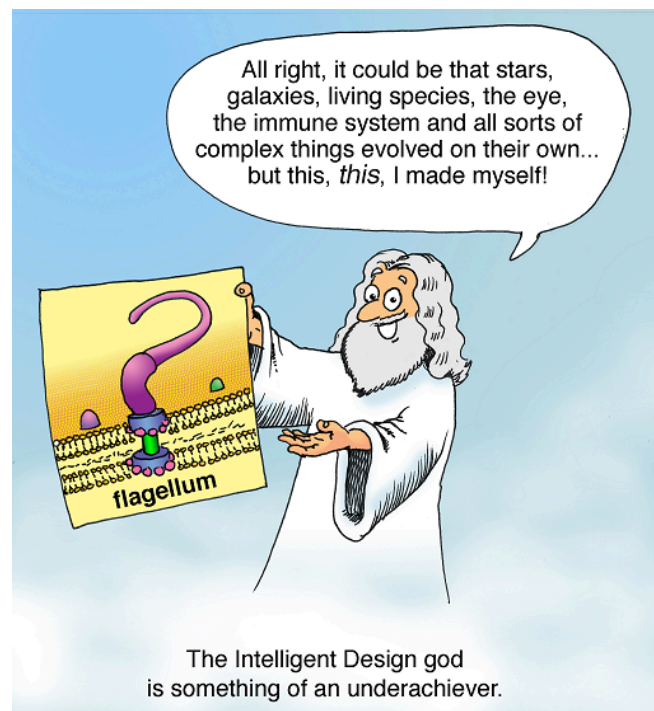
Film "[Historia ewolucji ludzkiego ciała](#)" pokazuje wiele szczegółów na temat odkryć związanych z budową ludzkiego organizmu i jego ewolucją, powiązaną z ewolucją wielu zwierząt. Jest też kilka filmów pokazujących jak można ulepszyć ciało człowieka, jak usunąć liczne niedoskonałości.

Jest zaledwie około 20 planów [budowy organizmu](#), np. grzybów, stawonogów, mięczaków, roślin, owadów, gadów, ssaków itp, tymi zagadnieniami zajmuje się [klasyfikacja biologiczna](#).

Miliony gatunków to wariacje na niewielką liczbę tematów. Trudno jest zmienić raz ustalony podstawowy plan genetycznej synchronizacji funkcji życiowych - wynika to z hierarchicznej natury kontroli genetycznej. Jednakże niektóre organizmy (np. ślimaki nagoskrzelne, które są obojnakami) mają bardzo wiele kształtów, chociaż zasadniczy plan ich budowy jest podobny. Musi to wynikać z konstrukcji ich genomu.

Niewielkie różnice w porządku i czasie włączania się poszczególnych genów w sieci interakcji wywołują duże różnice w budowie i w zachowaniu się organizmów.

[Taksonomia lub systematyka molekularna](#) znacznie ulepszyła metody tworzenia [drzew filogenetycznych](#).



The Intelligent Design god is something of an underachiever.

God made flagellum

Początkowo teoria ewolucji zajmowała się drobnymi różnicami (np. kształt dzioba spokrewnionych ptaków na różnych wyspach). Nieskończone wariacje skupiają się wokół ograniczonej liczby planów budowy organizmów, wynikających z przeporządkowania, powtarzania, podziału i zmiany skali. Przejawia się to w niewielkich zmianach na poziomie genetycznym, chociaż morfologia może się zewnętrznie znacznie zmienić.

[Bejan i Marden \(2006\)](#) pokazali, jak wzorce ruchu zwierząt pływających, biegających lub latających, od ryb i płazów po ssaki, dają się wyjaśnić równaniami uwzględniającymi siłę, energię, masę i częstość; są to ogólne zasady budowy organizmów wynikające z wytrzymałości kości i masy organizmów, która zależy od siły grawitacji. Astronaucci mieszkający na stacji kosmicznej nie odczuwają grawitacji co powoduje wiele niekorzystnych efektów, takich jak zmniejszanie się masy i gęstości kości. Poniżej widać jak dokładny jest wzór wiążący masę ciała zwierząt, od insektów do nietoperzy i kreketek, z ich siłą. Podobnie uniwersalne zależności można znaleźć między masą ciała a szybkością biegania, pływania czy latania, lub częstotliwością poruszania kończynami.

Jest wiele innych uwarunkowań biologicznych, które zdecydowały o kierunku ewolucji. Kolor skóry w ciągu paru dni dostosowuje się do nasłonecznienia na danym obszarze dzięki opalaniu, a w sposób trwały zmienia się w ciągu paru tysięcy lat. Komórki pigmentowe zwane [melanocytami](#) produkują ciemny pigment zwany melaniną, chroniący przed promieniowaniem ultrafioletowym (UV). Nadmiar ekspozycji na UV wywołuje [czerniakę](#), [raka skóry](#), który rozwija się głównie u ludzi o jasnej skórze. Z drugiej strony promieniowanie UV potrzebne jest do produkcji [witaminy D](#) w organizmie, która ma bardzo wiele funkcji biologicznych. W

pożywieniu jest zwykle jej zbyt mało, stąd popularne picie tranu, tłuszczu rybiego, zawierającego dużo witaminy D. Kolor skóry jest więc wynikiem kompromisu, zmienia się zależnie od położenia geograficznego i diety. Wystarczy by dana populacja przez około 500 lat mieszkała w jednym miejscu by kolor skóry dostosował się do wymagań nasłonecznienia, produkcji witaminy D i [kwasu foliowego](#) (witaminy z grupy B). Jest prosta [liniowa korelacja](#) pomiędzy poziomem promieniowania UV i jasnością skóry. Im dalej na północ, gdzie nasłonecznienie jest mniejsze, tym jaśniejsza skóra. Wyjątkiem są Eskimosi, którzy mają ciemną skórę. Witaminę D spożywają z tłuszczem ryb, fok i wielorybów, stanowiących podstawę ich pożywienia.

Zwierzęta porośnięte sierścią pocą się mało efektywnie wyciągając języki i dysząc. Małpy nie są zdolne do biegów na długie dystanse bo się przegrzewają. Ludzkie mózgi zużywają dużo energii, więc trzeba je chłodzić bardziej efektywnie. Ich rozwój umożliwiła częściowa utrata owłosienia, która nastąpiła prawdopodobnie około 1.5 mln lat temu (wiadomo to z analiz genetycznych). Ułatwiło to pozbywanie się pasożytów na skórze, umożliwiło pocenie się w tempie 1-2 litrów wody na dobę w spoczynku, lub ponad 1 litra na godzinę przy dużym wysiłku (stąd nawadnianie konieczne by uniknąć dehydratacji, zwłaszcza w ciepłych krajach). Pocenie powoduje parowanie wody na skórze i efektywną utratę ciepła. Umożliwiło to rozwój dużych mózgow. [Pot](#) zawiera oprócz wody również sól i związki mineralne, stąd potrzeba uzupełniania tych związków. Brak fosforu i innych pierwiastków w pożywieniu powoduje żucie różnych substancji niejadalnych ([u ludzi takie zaburzenie nazywa się pica](#)), np. [kości \(osteofagia\)](#), [gleby \(geofagia\)](#). Plemię [Janomanów](#) znad Amazonki spożywa w rytuale pogrzebowym sproszkowane kości swoich zmarłych.

Biologiczne uwarunkowania są często niezwykle skomplikowane i tłumaczą wiele dziwnych zachowań i meandrów ewolucji.

Ewolucja dzieje się na naszych oczach.

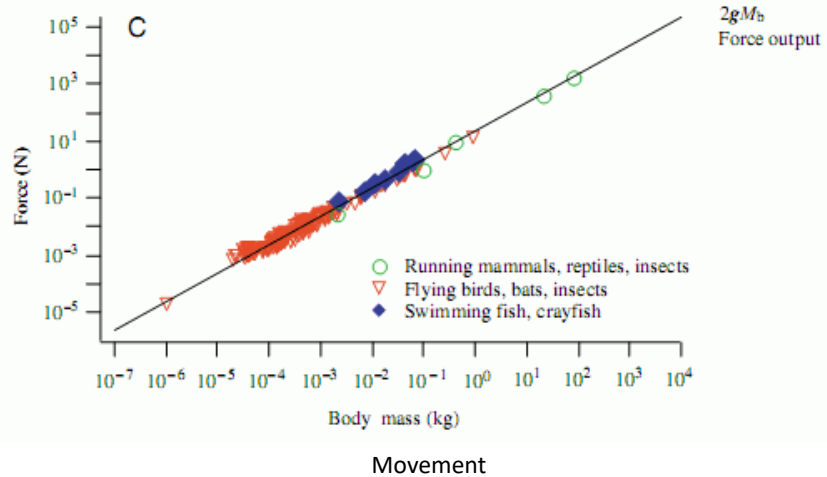
[Legenda o japońskim klanie Heike](#), który przegrał (w 1185 r) z klanem Minamoto, a duch samurajów Heike wszedł w ciała krabów; od tego czasu rybacy wyrzucali do morza kraby z plamami na grzbiecie przypominającymi ludzkie twarze i mamy teraz japońskie kraby ([Heike-gani](#)) z całkiem ładnymi wizerunkami twarzy!

Cmy szybko ewoluują w halach przemysłowych, zmieniając kolor i zachowanie; bakterie zmieniają się najszybciej.

Liczne [rasy psów](#) i innych udomowionych zwierząt powstały w ciągu ostatnich 30.000 lat, prawdopodobnie początkowo były to wilki podobne do Husky. Połowa ras psów powstała w ciągu ostatnich 100 lat, wcześniej wyhodowano specjalne rasy psów do polowań na różne zwierzęta. Psy umożliwiły ochronę zbiorów przed szkodnikami, a także udomowienie różnych zwierząt, które psy chroniły przed drapieżnikami. Patrząc na wilki, przodków psów, trudno byłoby sobie wyobrazić, że tak szybko powstaną bernardyny, chihuahua czy pudelki.

Rasy małych psów powstały w wyniku mutacji jednego genu.

Wilki żyły z praludźmi już prawdopodobnie już około 135.000 lat temu, chociaż zmiany genetyczne pokazujące zdolność do trawienia skrobi, a więc dzielenia z ludźmi nie tylko mięsa, rozwinęła się dopiero 11.000 lat temu.



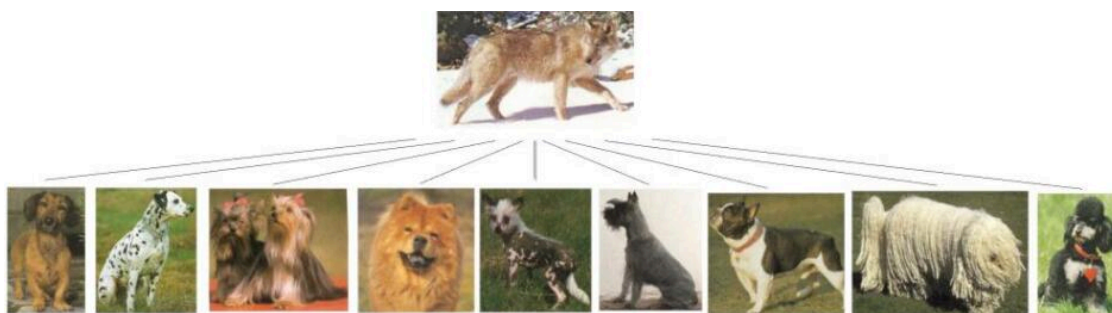
Hike Crab

Ko-ewolucja człowieka i wilka: człowiek upodobnił się do wilka dzięki jego udomowieniu, ale zaszło to w czasach gdy ludzkie wspólnoty nie prowadziły osiadłego trybu życia (McGhee, 2002; Schleidt i Shalter, 2003). Wilki współpracują w stadach nie tylko w czasie polowań, ale opieki nad potomstwem, kopania nor itd. Dzięki tej współpracy ludzki węż uległ znacznemu osłabieniu.

Lisy udało się udomowić już po [kilkudziesięciu latach eksperymentalnej hodowli](#) prowadzonej w Instytucie Cytologii i Genetyki w Nowosybirsku. Zmienił się nieco ich fizyczny wygląd, wielkość czaszki, kolory futer, fizjologia, merdają ogonami, a ich interakcje z ludźmi podobne są do psów. Potrafią, podobnie jak psy, podążać wzrokiem za wskazywanym kierunkiem - tego nie potrafią małpy naczelne. Jednak nadal zachowały swoje instynkty, kopią w ziemi i próbują w domu, znaczą teren uryną i mają silny instynkt łowiecki (Bregman, 2022).



Hunt petroglyph



Niektóre cechy organizmu mogą być przypadkowe, inne są istotne dla przeżycia.

Wśród cech koniecznych do przetrwania wyróżnia się cechy sprzyjające doborowi płciowemu: może to być pokaz inteligencji, jak u [altanników](#), lub [pawiego ogona](#). Do czego taki wielki i ciężki ogon jest przydatny?

Paw pokazuje, jakie ma silne geny, pomimo takiego ogona dobrze sobie radzi, każda samica powinna to docenić.

Trudno dociec, jakie znaczenie mają niektóre cechy, bo warunki życia zmieniały się szybko i takie cechy mogły być kiedyś przydatne.

Przykład koewolucji: paski zebry i muchy tse-tse.

Dlaczego [zebry](#) mają paski? Najbardziej prawdopodobna teoria jest taka: [Rozkład pasków zebra](#) różni się w różnych częściach Afryki. Zebry przybyły na tereny afrykańskie około 2 milionów lat temu, było ponad 10 mln lat. Zebry nie są odporne na ukąszenia much [tse-tse](#), było zdążyło się uodpornić ewoluując jednocześnie z muchami. Ukąszenia much tse-tse wywołują panikę wśród zebra i obojętność u bydła.

[Oko złożone](#) (fasetkowe) muchy nie widzi pasiastej zebry przez falujące powietrze. Paski zwiększają też szanse przetrwania dzięki łatwiejszemu rozpoznawaniu się i koordynacji ucieczki w grupie; jest więc wiele współdziałających ze sobą czynników.



Altannik

Jak można to udowodnić? Muchy końskie i inne krwiożercze insekty najmniej chętnie siadają na modelach koni pomalowanych w czarno-białe paski (Egri i inn, 2012). Płód zebry ma ciemną skórę, dopiero przed samymi narodzinami pojawiają się paski; w toku ewolucji potomstwo zostawiło najwięcej zebra, które miały białe plamy a później plamy łączące się w paski i w końcu zostały tylko zebry w paski.



Dlaczego ryby pływają w wielkich ławicach? Czemu drapieżnikom trudniej jest złapać ofiary w dużym stadzie? Aby zrozumieć zachowanie zwierząt trzeba uwzględnić czynniki ewolucyjne, które doprowadziły do powstania zmysłów i możliwości ruchu zwierząt.

Ile jest gatunków organizmów żywych? Oceny są dość rozbieżne.

- Gatunków bakterii jest około 10 mln, w jednej łyżeczce gleby jest 100 mln bakterii należących do 40 000 gatunków; organizmy żywe to ekosystemy komórkowo-bakteryjne. W ciele człowieka bakterie to 1-2 kg.
- Przy pocałunku w ciągu 10 sekund następuje wymiana 80 mln bakterii należących do 700 gatunków, zwykle z korzyścią dla obu osób.
- Gatunków [insektów](#) jest ok. 1-30 mln (oceny są bardzo rozbieżne, znanych jest około 900 tysięcy).
- [Roślin](#) znanych jest około 300 000 gatunków.
- [Grzybów](#) jest ponad milion gatunków (ale opisanych jest tylko około 148 000).
- Mięczaków 81 000, [skorupiaków](#) opisanych ok. 70 000 gatunków.

- Ryb jest 32 700 [na liście Fishbase](#), co tydzień odkrywa się około 3 nowych gatunków.
- Ptaków znamy około 10 000 gatunków.
- Gadów znanych jest około 9 800, a płazów około 6 500.
- [Ssaków](#) jest 5 490, w tym gryzoni ok. 2200, nietoperzy ok. 1100, [naczelnych](#) 424 gatunki.



Ciekawostka: na jednego człowieka przypada koło 160 mln insektów! Ich masa jest koło 300 razy większa niż masa przeciętnego człowieka. Najliczniejszym organizmem lądowym jest rodzaj roztocza, czyli mikroskopijny stawonóg [Oppiella nova](#), o długości 0.2-0.3 mm. [Stawonogi](#) rozwijają się od ponad 500 mln lat, osiągnęły w tym czasie największy sukces ewolucyjny i są najbardziej zróżnicowanym typem zwierząt. Należą do nich owady, pajęczaki, wiję i skorupiaki.

Skąd się biorą nowe gatunki? Darwin sądził, że to przez nagromadzenie drobnych zmian, ale to nie prowadzi do powstania całkiem nowych gatunków. To najbardziej kontrowersyjny temat związany z teorią ewolucji. Jest tu wiele pomysłów.

[Symbiogeneza](#) to teoria (Mereszkowski, 1909;) głosząca, że nowe gatunki powstają przez symbiotyczną integrację różnych gatunków, w tym bakterii. Boris Mikhaylovich Kozo-Polyansky napisał w 1924 książkę "Symbiogeneza: Nowa zasada ewolucji", w której uznał zasady Darwina za odpowiedzialne za eliminację, a symbiogenezę za biologiczne innowacje. Teoria [endosymbiotycznego](#) pochodzenia mitochondriów i chloroplastów komórek, opracowana przez [Lynn Margulis](#) jest jej powszechnie uznawanym rozwinięciem (Margulis, 2000).

[Morskie ślimaki odżywiane fotosyntetycznie](#) są pięknym przykładem takiej symbiozy. Istnieją też organizmy postępujące się chemosyntezą, w tym skąposzczety, które nie mają otworu gębowego ani odbytu, wykorzystują obecne w piasku bakterie do przetwarzania substancji dających się wykorzystać jako substancje odżywcze.

[Rzęski komórek](#) pozwalają bakteriom i mikrokom takim jak pantofelki poruszać się, są w komórkach spermy, są obecne w zmodyfikowanej formie u kręgowców: mają je czopki i pręciki siatkówki oka, ma je ucho środkowe. Bakterie potrafią reagować na światło i poruszać się w kierunku zmian stężenia chemicznych cząsteczek, mogły należeć do [rodziny krętków](#), reagującej ruchem na światło.

Kościół Katolicki (ale poza tym niewiele innych organizacji religijnych) [uznał teorię ewolucji](#) za "coś więcej niż hipotezę". Jednak człowiek uznawany jest za wyjątek, który stoi poza ewolucją, gdyż ma "duszę duchową", jak napisał Jan Paweł II. Coraz więcej obserwacji świadczy o tym, że świat zwierząt nie jest tak mocno odmienny od ludzkiego, jak to się wcześniej wydawało.

Czy droga do komórki do szympansa nie jest znacznie dłuższa niż od szympansa do Pimeja? Czy od Pimeja do profesora Harvardu jest tak bardzo daleko? A może Pimej wykształcony od dzieciństwa w USA mógłby zostać takim profesorem? [Daniel Gajdusek](#), laureat Nagrody Nobla (1976) pracujący nad chorobą kuru na Nowej Gwinei i wyspach Pacyfiku, zaadoptował i sprowadził stamtąd do USA ponad 50 dzieci w wieku kilkunastu lat, zapewniając im wykształcenie. Przynajmniej jeden z jego adoptowanych synów został profesorem pediatrii w Harvard Medical School.

Łysy [szympan Oliver](#) był zaskakująco podobny do ludzi i chodził zwykle na dwóch nogach. Ogłoszono go nawet pośrednią formą pomiędzy człowiekiem a szympansem.

[Algorytmy ewolucyjne](#), [algorytmy genetyczne](#) pozwalają na komputerowe symulowanie uproszczonych procesów ewolucji.

[Sztuczne życie](#) to dziedzina pokazująca rozwój całych populacji ewoluujących sztucznych żyjątek, ale w porównaniu z biologicznymi organizmami są one bardzo prymitywne. Idee ewolucyjne pomagają w uczeniu się systemów sztucznych.

Efekt Baldwina.

W 1896 roku [James Mark Baldwin zauważył](#), że **procesy uczenia się wpływają na zwiększenie szans przeżycia, ewolucja kulturowa może więc zmienić ewolucję biologiczną.**

Zachowania wyuczone mogą w dłuższym okresie czasu stać się zachowaniami instynktownymi, są więc przekazywane z pokolenia na pokolenie; przypomina to [dziedziczność według Lamarcka](#) (i Łysenki), chociaż mechanizm przekazu nie jest związany z dziedziczeniem, tylko kształtowaniem swojego środowiska.

Kierunek i szybkość zmian mogą podlegać wpływom kulturowym na dwa sposoby:

- Genetyczna asymilacja: dziedziczone są nie tyle cechy związane z wyuczonymi zachowaniami, co tendencje do nabywania pewnych cech, zwiększających sukces reprodukcyjny.
- Nisza ekologiczna: kultura prowadzi do rekonstrukcji środowiska, zmieniając szanse przeżycia.

Np. bobry i ludzie uczą się zachowania które pomaga im przebudować swoje środowisko, wpływając na swoją zdolność do przetrwania we wrogim środowisku, zmieniając mechanizmy ewolucyjne. Zwierzęta żyjące w grupach uczą się od siebie wielu zachowań, a sprawność tej nauki wpływa na szanse przeżycia; środowisko wybiera przydatne geny (nazywa się to przyczynowością odgórną, downward causation), ale geny też wpływają na budowę organizmu i jego szanse przetrwania, a więc i na środowisko (to przyczynowość oddolna, upward causation).

Część genów nabywa selektywnej wartości dopiero w kontekście kultury: zdolności muzyczne nie zwiększają same z siebie szans przeżycia i wielu muzyków nie gra dla kariery, tylko dla samej przyjemności. Czy w kulturach, w których muzyka nie byłaby ceniona można rozwijać zdolności muzyczne?

Wstręt do kazirodztwa jest związany z kulturowym tabu ale i biologicznie uzasadniony, przyczynia się do zdrowszego potomstwa.

[Koewolucja genetyczno-kulturowa](#) rozpatruje kulturę jako informację w ludzkich mózгах powstałą w wyniku procesów społecznych,

podlegającą selekcji ewolucyjnej, stąd współzależności czyli ko-ewolucja.

[Bibliografia efektu Baldwina](#) jest spora.

A6.5 Płeć i wielkie przyspieszenie

Dlaczego istnieje płeć? To są tylko krótkie uwagi na temat ewolucji płci, więcej będzie w kolejnych wykładach.

Powstanie płci pozwoliło na szybsze zmiany ewolucyjne dzięki [rekombinacji genomów](#). Stało się to powszechne nie tylko u zwierząt i roślin, ale nawet u tak prymitywnych organizmów jak grzyby czy jednokomórkowce ([protisty](#)).

Zróżnicowanie genetyczne wzmacnia odporność na choroby; identyczne organizmy, rozmnażające się bezpłciowo, mogą wszystkie zginąć w wyniku ataku wirusa. Organizmy zróżnicowane na skutek mieszania się genów mają większą szansę na przetrwanie w niesprzyjających warunkach. Medycyna ewolucyjna udokumentowała obecnie wiele takich przykładów również w populacjach ludzkich. Jest ogromnie wiele sposobów rozmnażania i doboru płciowego (najwięcej wśród insektów), dzięki czemu wybierane są kombinacje genów prowadzące do najlepiej przystosowanych organizmów.

Skoro to taki dobry mechanizm **dlaczego nie mamy więcej płci?**

Mówiąc o płci odwołujemy się do względnie stabilnych form organizmów, utrzymujących się w populacji i biorących udział w rozmnażaniu. Mieszanie puli genów jest motorem ewolucji, pozwala populacji pozbyć się szkodliwych mutacji ale i naraża na niebezpieczeństwo nowych błędów, dostarcza niezbędnego zróżnicowania cech organizmów, które w zmiennym środowisku mogą sobie radzić lepiej lub gorzej. Wyzwaniem staje się odszukanie partnera do rozmnażania - pomyślcie o tysiącach gatunków [ślimaków](#) [nagoskrzelnych](#), lub milionach gatunków owadów: łączenie się w pary jest wielkim wyzwaniem, a w trójki byłoby znacznie trudniejsze. Jest to trudne, ale organizmy żyjące w większych grupach mogą sobie na to pozwolić.

Liczba typów płciowych może się zmieniać w zależności od warunków, wielkości populacji i częstości mutacji. W tym sensie więcej niż dwie płci mają mrówki, pszczoły i niektóre ryby. Malutkie muszki owocówki mają 5 płci, związanych z [11 wariantami chromosomów X, Y i autosomów A](#) (autosomy to chromosomy mające wpływ na cechy płciowe, tworzących jednakowe pary).

Orzęski, jednokomórkowe pierwotniaki rozmnażające się przez podział, mają wiele form, np. [tetrahymena](#) ma 7 płci (typów organizmu). Potrafią wymieniać DNA łącząc się w pary na 21 sposobów, mają więc aż 21 "orientacji seksualnych". Takie łączenie nie jest jednak rozmnażaniem, ale zmienia już istniejące organizmy. Taka forma różnicowania nie jest możliwa u wielokomórkowych organizmów, nie da się w taki sposób połączyć trylionów komórek ze sobą.

U wielu organizmów spotykane jest **trwałe obojnactwo (hermafrodytyzm)**, dotyczy to wielu gatunków robaków, ślimaków i ryb.

[Gynandromorf](#) to organizm, który ma cechy obu płci. Jest to dość częsty przypadek u motyli, ale zdarza się i u homarów a nawet ptaków. Jedna połowa organizmu znacznie różni się od drugiej, kolorem, kształtem i cechami płciowymi. Takie zmiany tworzą się na bardzo wczesnym etapie 8-64 komórek.

Możliwa jest też wielokrotna zmiana płci, czyli [sekwencyjny hermafrodytyzm](#). U niektórych gatunków ryb zmiana płci może następować wielokrotnie. Np. popularne błazenki, żyjące w ukwiałach w hierarchicznie zorganizowanych grupach po kilka osobników, mają na szczycie hierarchii samice i pozostałe samce. Po śmierci samicy dominujący samiec zamienia się w samicę i przewodzi grupie.



W następnym wykładzie zajmiemy się ewolucją mózgow.

Zadanie:

Jakie znasz najdziwniejsze zachowania zwierząt lub ludzi, które mogą mieć ewolucyjne wyjaśnienie?

Jakie znasz przykłady zachowań, które powstały by udoskonalić dobór płciowy?

Dlaczego ból zęba jest tak intensywny?

Miliony lat rozwoju potrzebne były do powstania kolejnych funkcji poznawczych. W jakim sensie można mówić o "wyższej inteligencji", a w jakim o innym rodzaju inteligencji, dostosowanym do specyficznych cech środowiska?

Przykładowe pytania (tu dość ogólne, na egzaminie będą bardziej szczegółowe):

1. W jaki sposób można odpowiedzieć na pytania „dlaczego tacy jesteśmy”?
2. Kosmiczny kalendarz: ile było okresów wielkiego wymierania? Dlaczego?
3. Jakie były prawdopodobne przyczyny wielkiego wymierania?
4. Jakie przyczyny mogły spowodować wymarcie innych człokształtnych?
5. Na jakich zasadach opiera się proces ewolucji?
6. Dlaczego teoria inteligentnego projektu jest nieprzydatna w nauce?
7. Czy ewolucja to sprawa przypadku?
8. Jakie mechanizmy związane z zachowaniem mogą wpływać na ewolucję?
9. Czy można powiedzieć, że człowiek pochodzi od małpy?
10. Ile czasu potrzeba do wykształcenia się rybiego oka z światłoczułej plamki?

11. Co to jest teoria rekapitulacji?
12. Co to jest efekt Baldwina?
13. Co mogło przyczynić się do osłabienia ludzkiego wężu?
14. Dlaczego paw ma wielki ogon?
15. Dlaczego zebry mają paski?
16. Dlaczego ryby pływają w wielkich ławicach?
17. Ile jest gatunków ssaków? Ile naczelnych? Ile człokształtnych?
18. Co to jest instynkt? Jakie instynkty widać u ludzi?
19. Jak procesy epigenetyczne mogą wpłynąć na proces ewolucji?
20. Jak wygląda kompromis pomiędzy stabilnością i plastycznością w przypadku genomu?
21. Jaki jest prawdopodobny mechanizm powstawania nowych gatunków?
22. Jak ewolucja kulturowa może wpływać na biologiczną?
23. Opisz jakiś przykład koewolucji.
24. Co to jest medycyna ewolucyjna? Podaj jakieś przykłady jej odkryć.
25. Dlaczego mamy tak znaczne podobieństwo genetyczne do gryzoni?

Literatura

Filmy:

Planete+

[Bakterie - mikroskopijni władcy świata](#)

[Niesamowity mały świat](#) |

Paul Nurse, [The 5 core principles of life](#) (7 min, Youtube).

[Evolution FAILS in the Human Body](#), o błędach ewolucji naszego ciała.

Interesujące linki:

Do książki F.J. Futuyma, Evolution 4th ed 2021, jest [dodatkowa strona](#) podsumowująca rozdziały, oraz karty z pytaniami do sprawdzania wiedzy, warto się przetestować. | [Medycyna ewolucyjna](#)

- Bregman R. (2022). Homo Sapiens. Ludzie są lepsi niż myślisz. Wyd. Dolnośląskie.
 - Coolidge, F. L. (2020). Evolutionary Neuropsychology: An Introduction to the Structures and Functions of the Human Brain. Oxford University Press.
 - Dawkins R, [Samolubny gen](#), Prószyński 2007
 - [Dawkins Richard](#), Ślepy zegarmistrz. PIW, W-wa 1994
 - Dawkins Richard, Wspinaczka na szczyt nieprawdopodobieństwa, Prószyński 1998
 - White M. Gribbin J, Darwin - żywot uczonego. Prószyński i S-ka, Warszawa 1998
 - [What's Wrong \(and Right\) About Evolutionary Psychology?](#) Special issue of "This view of life", 2016
-
- Anderson, M. L. (2010). Neural reuse: A fundamental organizational principle of the brain. Behavioral and Brain Sciences, 33(4), 245–266.
 - Avise John, Inside the Human Genome, Oxford University Press 2010
 - Bejan, A, Marden, J.H. Unifying constructal theory for scale effects in running, swimming and flying. The Journal of Experimental Biology 209, 238-248, 2005.
 - Ádám Egri et al. Polarotactic tabanids find striped patterns with brightness and/or polarization modulation least attractive: an advantage of zebra stripes. Journal of Experimental Biology, 2012 DOI: 10.1242/jeb.065540
 - Dennett, D. Darwin's Dangerous Idea: Evolution and the Meanings of Life, 1996.
 - Dennett, D. Od bakterii do Bacha. O ewolucji umysłów, Copernicus Center Press, Kraków 2017.
 - LeDoux Joseph, [Historia naszej świadomości](#): Jak po czterech miliardach lat ewolucji powstał świadomy mózg (Copernicus Center Press, 2021)
 - Margulis Lynn, Symbiotyczna planeta, tłum. Marcin Ryszkiewicz, Warszawa 2000, Wyd. CiS
 - McGhee, Robert. (2002): Co-Evolution: New Evidence Suggests That To Be Truly Human Is To Be Partly Wolf. Alternatives, 28 (1).
 - Moalem S, Prince J, [Survival of the sickest](#). A Medical Maverick Discovers Why We Need Disease. HarperLuxe 2007.
 - Nesse, R.M, Williams, G.C. Why We Get Sick: the New Science of Darwinian Medicine. Times Books, 1995.
 - Rowe TB, Macrini TE, Luo Z-X. Fossil Evidence on the Origin of the Mammalian Brain. Science, May 20, 2011.
 - Schleidt W.M, Shalter M.D. (2003): [Co-evolution of Humans and Canids](#): An Alternative View of Dog Domestication, Evolution and Cognition Vol. 9, No. 1.
 - B.P. Stearns, S.C. Stearns: [Watching, from the Edge of Extinction](#). New Haven, CT: Yale University Press, 1999

Cytowanie: [Włodzisław Duch](#), Wstęp do Kognitywistyki. Rozdz. 6: Ewolucja. Skąd przychodzimy. UMK Toruń 2025.

W. Duch, [Wstęp do kognitywistyki - spis treści](#) | Następny wykład: [Ewolucja mózgow: kim jesteśmy](#).