

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

## A07a. Umysł i Ewolucja

[Kosmiczny kalendarz](#) | [Umysł zwierząt](#) | [Możliwości umysłowe naczelnych](#)

### 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.

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

**Wszystko jest takie, jakie jest, bo takie 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.

### A07.1. 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.

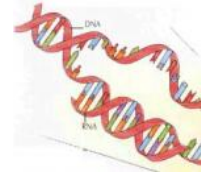
Prześledźmy rozwój form życia i funkcji poznawczych (rozumianych jako przetwarzanie informacji przydatne do sterowania zachowaniem).

Oto [historia świata w 3 minuty](#).

Data	Czas (lata)	Zdarzenia	Funkcje poznawcze
01.01	13.7 mld	<a href="#">Wielki Wybuch</a> : powstanie Wszechświata i setek miliardów galaktyk.	
.....			
07.01	13 mld	Powstała <a href="#">Droga Mleczna</a> , ok. 400 mld gwiazd powstało ze skupiska wodoru, przyciągniętego przez masywną czarną dziurę <a href="#">Sagittarius A*</a> . Wokół większości gwiazd powstają planety, jest ich około $10^{24}$ .	
.....			
03.08	4.6 mld	<a href="#">Powstanie Układu Słonecznego</a> , najstarsze meteoryty; nieco wcześniej eksplozja supernowej typu 1A wyrzuciła ciężkie pierwiastki, żelazo które mamy w jądrze ziemi i <a href="#">hemoglobinie</a> , 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 ziarenekch zyrkoni dają wynik 4.567 mld); [tabela stratygraficzna](#), czyli epoki geologiczne.

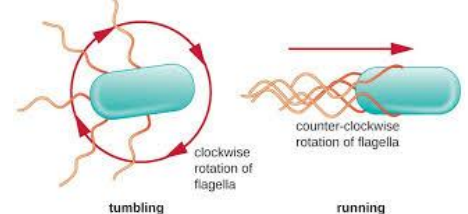
09.10 3.7 mld [Kończą się kataklizmy](#), najstarsze skały na Ziemi noszą ślady skamieniałych bakterii (w stromatolitach, utworzonych przez [sinice](#), [cyjanobakterie wykorzystujące fotosyntezę](#)). DNA skupione jest w chromosomach.



Replikacja złożonych struktur.

16.09 3.5 mld Pojawia się [LUCA, ostatni uniwersalny wspólny przodek](#) i [bakterie prekariotyczne](#), które nie potrafią tworzyć organizmów wielokomórkowych, rozwija się [mechanizm fotosyntezy](#) używany przez sinice, [prokarioty](#) zawierające chlorofil, oraz wirusy, wewnątrzkomórkowe pasożyty.

[Chemotaksja](#), orientacja w kierunku stężenia substancji chemicznych (np. pożywienia) i celowy [ruch rzęsek](#).



01.10 3-2 mld Atmosferę Ziemi zatruwa 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 zniszczeniem (np. antybiotykami czy pastą do zębów). Większe organizmy mają cytoskielet i sprawne mechanizmy wymiany substancji z zewnętrznym środowiskiem, zyskują przewagę żywiąc się mniejszymi i produkowanymi przez nie substancjami (symbioza).

Udoskonalone mechanizmy orientacji pozwalają na rozpoznanie partnera do rozmnażania. Pamięć temperatury i koncentracji tlenu pozwala na uczenie się na podstawie prostych bodźców. Wariacja genomu pozwala 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 nibynóżek, wykazuje chemotaksję, fototaksję i termotaksję, eksploruje teren zapominając obszary bez pożywienia, tworzy najkrótszą [drogę łączącą źródła pokarmu](#).

800-600 mln Znaczny wzrost ilości tlenu, pomagający w rozwoju zróżnicowanych wielokomórkowych organizmów. Pierwsze zwierzęta powstały w morzu: gąbki, korale, stułbie i meduzy, a około 630 mln lat temu płazińce. Wymaga to zgodności komórkowej (dlatego organizmy powstają z jednej komórki i różnicują się powoli) oraz współpracy komórek spełniających różne funkcje, zwiększającej szanse przeżycia całego złożonego organizmu. 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.
			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.
15.12	540-480 mln	<a href="#">Kambryjska</a> eksplozja życia: początkowo plankton, sinice, glony, trylobity, archeocyty (organizmy morskie), później eksplozja form życia, pierwsze kręgowce, ryby chrząstkowe a później kostnoszkieletowe, o silnych szczękach; powstają główne typy organizmów.	
16.12	480-450 mln	<a href="#">Ordowik</a> : liczne organizmy morskie, głowonogi, strunowce, z których rozwinęły się ryby mięśniopłetwe, rozwój flory, 465 mln lat - kolonizacja lądów przez rośliny, <a href="#">438 mln lat - wymarło 85% wszystkich gatunków</a> .	Zwoje nerwowe, złożona kontrola ruchów, mechanizmy orientacji i liczne instynkty.
19.12	440-420 mln	<a href="#">Sylur</a> : rośliny wychodzą na ląd, pierwsze kręgowce - bezszczękowce i ryby mięśniopłetwe i <a href="#">fałdopłetwe</a> , z których rozwinęły się kończyny kręgowców, wielkie <a href="#">drapieżne łodziki</a> , <a href="#">staroraki</a> , 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	<a href="#">Dewon</a> : paprocie, widłaki, skrzypy, stawonogi, ryby dwudyszne, stonogi o wydłużonym, symetrycznym kształcie pozwalającym na szybsze poruszanie się. 375 mln lat temu powstają formy przejściowe pomiędzy <a href="#">rybami i czworonogami</a> , a z nich <a href="#">czworonogi lądowe</a> , płazy mające prymitywne płuca, z przodu ciała otwór gębowy, duże skupiska neuronów, podział na przodo-, śród- i tyłomózgowie oraz rdzeń kręgowy. <a href="#">364 mln lat temu wymarło 83% wszystkich gatunków</a> .	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 mln	<a href="#">Karbon</a> : rośliny szpilkowe, owady skrzydlate, płazy, gady, zwierzęta zdolne do rozwoju zarodków na lądzie ( <a href="#">owodniowce</a> ) i <a href="#">synapsydy</a> , grupa gadów z których rozwinęły się ssaki. Istnieje 27 typów bezkręgowców, i jeden kręgowców, o bardzo zróżnicowanych planach budowy.	Poruszanie się po większym terytorium, konieczne do odżywiania dużych zwierząt, wymagało rozwoju pamięci, czułych zmysłów i instynktów opieki nad potomstwem.
23.12	300-250 mln	<a href="#">Perm</a> : drzewa iglaste, miłorzębowe, rozwój gadów ssakokształtnych (synapsyd), w tym wszytkożernych ciepłokrwistych <a href="#">cynodontów</a> wielkości psów; stałocieplność wymaga większej aktywności w zdobywaniu pożywienia. <a href="#">250 mln lat temu</a> nastąpiło znaczne ocieplenie klimatu, wymarło 90% organizmów morskich, przeszło 60% rodzin gadów i płazów, 30% rzędów owadów ( <a href="#">Youtube wideo</a> , <a href="#">kopia lokalnie</a> ).	Nocny tryb życia cynodontów spowodował utratę widzenia w kolorze (tylko ssaki naczelné odzyskały tę zdolność), rozwój węchu i słuchu, stałocieplność wymagała regulacji temperatury ciała.
25.12	250-200 mln	<a href="#">Trias</a> : pierwsze dinozaury; gady królują na Ziemi przez następne 4 dni i pod koniec tego okresu (210 mln lat) pojawiają się małe ssaki; <a href="#">200 mln lat temu wymarło 80% gatunków morskich</a> .	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 zachowań dzięki długiemu okresowi opieki nad potomstwem pozwala na szybsze dostosowanie się do różnych warunków i środowisk.
27.12	150-66 mln	<a href="#">Kreda</a> : pojawiają się ssaki łożyskowe,; kolejne <a href="#">wielkie wymieranie ok. 75% gatunków</a> (uderzenie planetoidy? superwulkany?). Około 70 mln lat temu owadożerne ssaki żyjące na drzewach dają początek ssakom naczelnym (lemury, tarsiery).	Integracja zmysłów, widzenie głębi (oczy z przodu głowy), sprawność ruchów kończyn potrzebna do nadrzewnych akrobacji, pamięć, uczenie się rozróżniania roślin i owoców nadających się na pokarm, złożone zachowania społeczne.
30.12	66-28 mln	<a href="#">Paleogen</a> : koniec dinozaurów, wielkie wymieranie gatunków (65 mln lat temu), ssaki opanowują większość środowisk, rozwija się <a href="#">rodzina ssaków naczelnych</a> , rozpowszechniają 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 <a href="#">Miocenu</a> 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, <a href="#">terytorializm</a> i walkę o dominację. Małpy nie mogą konkurować siłą z szybkością z dużymi drapieżnikami, ale

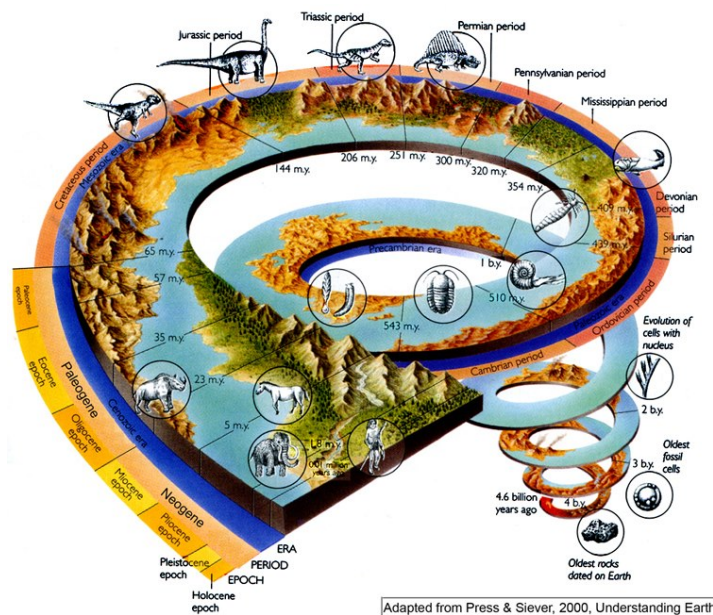
wyróżniają się sprytem, powstają liczne [hominidy \(człowiekowate\)](#).

31.12, 19:00	7 mln	<a href="#">Antropogeneza</a> : pojawiają się liczne hominidy i następuję szybki rozwój mózgow, zmiany klimatyczne powodują częste zmiany ekosystemu.	Dwunożność wymusza złożony mechanizm równowagi, uwalnia górne kończyny, pierwsze narzędzia tworzone przez australopiteków.
31.12, 10:30	2 mln	<i>Homo sapiens sapiens</i> - przed 5 minutami; dalszy rozwój mózgu ( <a href="#">encefalizacja</a> ), kamienne narzędzia; ostatni wspólny przodek ludzi i neandertalczyków żył ok. 0.5 mln lat temu. Ostatnie 30 sekund to <a href="#">epoka lodowcowa</a> , 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 [antropoceniem](#), w której wpływ człowieka na biosferę stał się widoczny: zanika bioróżnorodność, zmienia się gwałtownie klimat, powierzchnię planety pokrywa beton i zanieczyszczenia.

Inne przykłady [historii życia](#) (Wikipedia), lub [universe timeline](#), krótka [historia świata](#), oraz świetny [Big History Project](#).

"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 człowiekowate 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.

[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 inni 2013](#)) w tym okresie, chociaż już 40 mln lat wcześniej liczba wymierających gatunków zaczęła przewyższać liczbę nowo powstających ([Sakamoto i inni, PNAS 2016](#)). Asteroidy, superwulkany i zmiany klimatyczne to nie jedyny 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.

[Kalendarze 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.

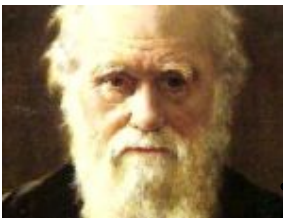
Najstarsze znane miejsce kultu na świecie to [Göbekli Tepe](#), kompleks słupów megalitycznych o wadze 10-20 ton (jeden niedokończony ma 50 ton), datowany jest na ok. 11-12.000 lat. Są to pozostałości miejsca kultu, a nie miasta. Na ścianach tych megalitów jest też rysunek spadającej komety. Niedaleko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

Przez ostatnie 2 mln lat aż 90% czasu było w Europie zimno, większość lądu 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 12 tysięcy lat? W ostatnich latach tempo [topnienia lodowców](#) znacznie wzrosło.

Czemu co ok. 26 mln lat wymierało większość gatunków? Mogły to spowodować [duże meteoryty](#), albo planetoidy, i powstające w wyniku tego [superwulkany](#).

- Wniosek 1: **czasu było niezmiernie dużo**, wielkie katastrofy stwarzały szansę na pojawianie się nowych gatunków, które w stabilnych warunkach klimatycznych i przy zapełnionych niszach 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 skraca się bardzo szybko.



[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 kręgów szyjnych co żyrafa i kret?

Skąd wzięła się taka dziwna budowa [mechanizmu słuchu](#), z młoteczką, kowadełką, strzemiączką, bębenkiem?

- Dlaczego mamy [rzęski](#) w uchu, oku, tchawicy i czemu są one takie jak u [orzęsków](#)?
- Które zwierzęta mogą zastąpić człowieka w badaniach 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](#)?
- Dlaczego kolorowe 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 zmniejszyły 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).

**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 skopiiowane.

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**.

Selekcja pozytywnych cech jest ważna ale to tylko jeden z wielu procesów, większość zmian nie ma istotnego wpływu na przeżycie bo kodowanie aminokwasów przez DNA jest redundantne 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" 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. Tylko jeden z tak powstałych leków ([Humira, przeciwciało monoklonalne](#)) znalazł zastosowanie w leczeniu wielu chorób autoimmunologicznych a jego roczna sprzedaż warta jest ok. 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 młodą Ziemię sprzeczna jest z tysiącami faktów z bardzo wielu dziedzin.

Jednak najbardziej podważana jest możliwość spontanicznego powstania życia.

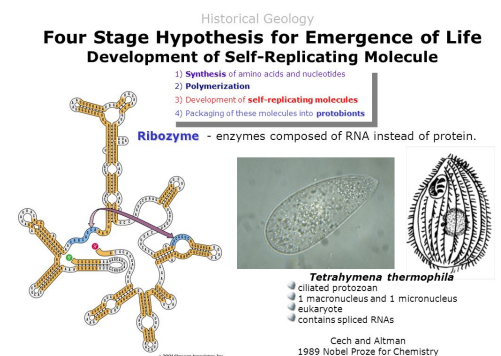
Oczywiście trudno jest stworzyć dobrą **teorię biogenezy**, bo procesy za nią odpowiedzialne działy się miliardy lat temu i nie ma po nich śladów. Jednakże w tej dziedzinie obserwujemy ciągłe postępy i powstają coraz lepsze modele weryfikowane w eksperymentach odtwarzających hipotetyczne warunki z okresu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

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. Do powstania życia nie potrzebny był inteligentny kreator. 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 pewną ciągłość rozwoju DNA od miliardów 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**? Kreacjoniści 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 wiemy 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? Cemu potrzebne były miliardy lat rozwoju różnych form życia, z których 99% wymarło (Stearns i Stearns, 1999)?

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 kreacji w DNA lub geologicznych strukturach i zostawiając nam jedynie mity spisane przez nieznaną starożytnych proroków, musiałby być bardzo złośliwy, karać ludzi za posługiwanie się rozumem, który jest największym darem człowieka, a nagradzać za naiwność. Taka wizja nie pasuje do wyobrażeń teologów.



**Modele komputerowe** ([kopia tylko lokalnie](#)) 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 strusowi do latania, ale jeszcze całkiem nie zanikły.

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. Około 3 mutacji zdarza się przy podziale jednej komórki, czyli jeden błąd na miliard par zasad tworzących DNA. 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 mogło by się naprawiać bardziej sprawnie - widać to u zwierząt żyjących na terenie wysokiego promieniowania w okolicach Czernobyla - 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.

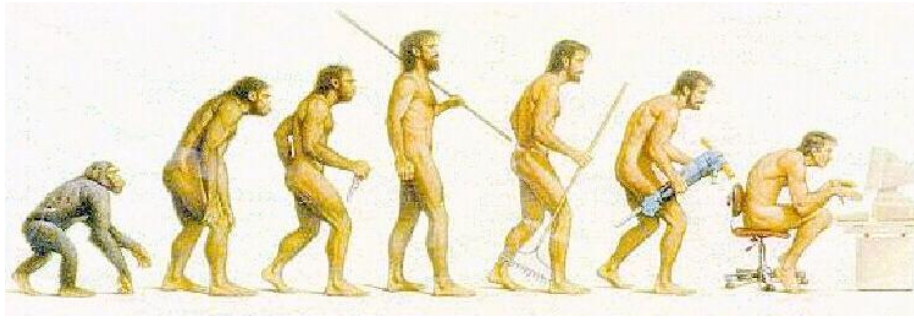
**Tempo mutacji i napraw DNA jest kolejnym przykładem kompromisu między stabilnością a plastycznością.**

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 rozprzestrzeniali 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.



**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 (wyspy, Australia),
- konkurencja między gatunkami.
- [Odwrócenia biegunów magnetycznych Ziemi](#) zdarza się nieregularnie, może wpływać na zniszczenie warstwy ozonowej, ale nie wiadomo jak silnie wpływało to na biosferę.

Te czynniki, oraz wielka presja na zajmowanie wolnych niszy 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 łapać 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.

Kilka często zadawanych **pytań, wynikających z braku zrozumienia 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. 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. Mamy jednak nadal szczątkową kość ogonową (4 małe kręgi na końcu kręgosłupa, znane jako kość guziczna), widać to w rozwoju embrionalnym, czasami ludzie [rodzą się z ogonem](#). Przyczepione są do niej 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 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.

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 przypadkowo. By 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



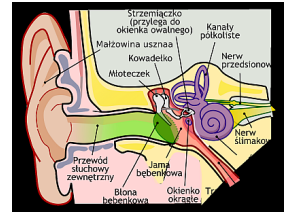
wykorzystywały informację w postaci wibracji powietrza, ciepła czy światła?

Zwierzęta mają przynajmniej 9 **różnych typów oczu** (por. różnice u owadów, ślimaków, ryb i ssaków), powstały one około 40 razy niezależnie w wyniku ewolucji. Artykuł [T.D. Lamba w Świecie Nauki](#) (2011), oraz jego artykuły specjalistyczne, opisują ewolucję oka od plamki światłoczułej, przez dwie komórki reagujące na światło w pierścienic (jeszcze nie 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 **entooptyczne 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 łóżyskowych 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.

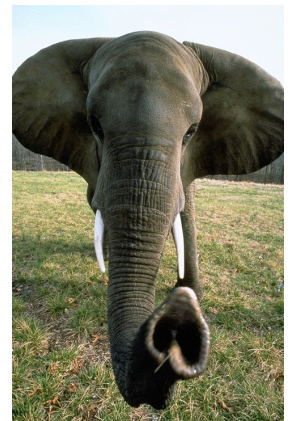
#### 4. Nie było dostatecznie dużo czasu, by mogły powstać nowe gatunki.

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.

Jak wyglądała by ewolucja człowieka przy takiej presji selekcyjnej? Co było 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 (Avisé, 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.

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 jednak duże różnice regionalne, np. 5% w Chinach do 27% w Turcji)). Nie ma to wpływu na siłę uścisku ręki.

#### Dlaczego zwierzęta i ludzie są tak agresywni?

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](#) u insektów, ryb, ptaków, gryzoni, drapieżnych ssaków. Zwycięski samiec nie tylko ma obronić stado, ale też przekazać swoje geny potomstwu. Zwierzęta prowadzą ostre walki o przywództwo, o dostęp do terytorium, o kontrolę nad samicami i możliwość zostawienia potomstwa. Podobnie prowadzą je ludzie.

Dlaczego armia Dżingis-chana w pierwszej połowie 13 wieku szybko podbiła większą część świata, od Chin po Europę? Jedną z



przyczyn był rozpowszechniona wśród Mogołów mutacja pozwalająca im trawić laktozę. 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 spawalniało 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 rozwinęła się mutacja pozwalająca na trawienie alkoholu.

## 6. Teoria ewolucji "to tylko teoria".

**Teoria** 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 trudności ewolucyjnej historii rozwoju organizmów ogólnym stwierdzeniem "to 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.



**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. 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, teoria fazy skondensowanej w fizyce doprowadziła do rozwinięcia przemysłu elektronicznego wartego tryliony dolarów, a teoria ewolucji 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; kreacjoniści 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; z metodologicznego punktu widzenia to ich główna wina.

Czemu ludzie nie mający pojęcia o nauce, a biologii w szczególności wypowiadają się na tematy, których nie rozumieją?

**Najpierw trzeba zrozumieć co się krytykuje**, 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? 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 pokładach geologicznych prekambryjskich teoria ewolucji miałaby poważny problem (jak zauważył J.B.S. Haldane). Gdyby się znalazło zwierzę z pazurami i kłami jedzące trawę, np. trawożerne podobne do lwa, a więc takie, które nie jest przystosowane do środowiska to by podważyło teorię ewolucji, ale jest dokładnie odwrotnie: widać ściśle przystosowania do środowiska a w zapisie kopalnianym stopniowe zmiany budowy zależnie od zmian klimatu. Ewolucja nie jest wszechmocna. Nasze zmysły pozwalają na reagowanie na sytuacje, które zwiększają szanse przeżycia: ból pozwala zająć się raną i ją oczyścić (choć nie wszędzie potrafimy się wylizać) nie dopuszczając do zakażenia, niskie poziom wody 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 chłodzi, 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.

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

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 nie 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 wątrobą pod płucami, podobnie jest początkowo u ludzkich zarodków, dopiero potem schodzą w dół, przy okazji oślabiając podbrzusze, przez co mamy tendencje do przepukliny.



Fantastyczne zdjęcia rozwoju zarodków pokazują jak wyrastają [tylne łapy u delfinów i wielorybów](#), a potem są wchłaniane - są to ślady po wczesnych etapach ewolucji.

Jest wiele [pozostałości w ciele człowieka](#) po wcześniejszych etapach ewolucji, określanymi 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. Nerve 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](#).

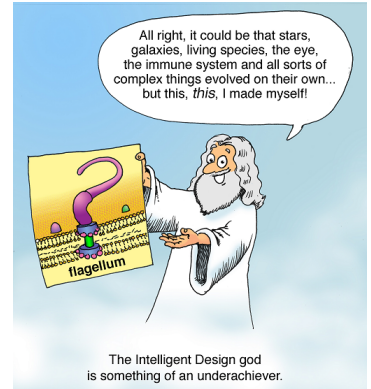
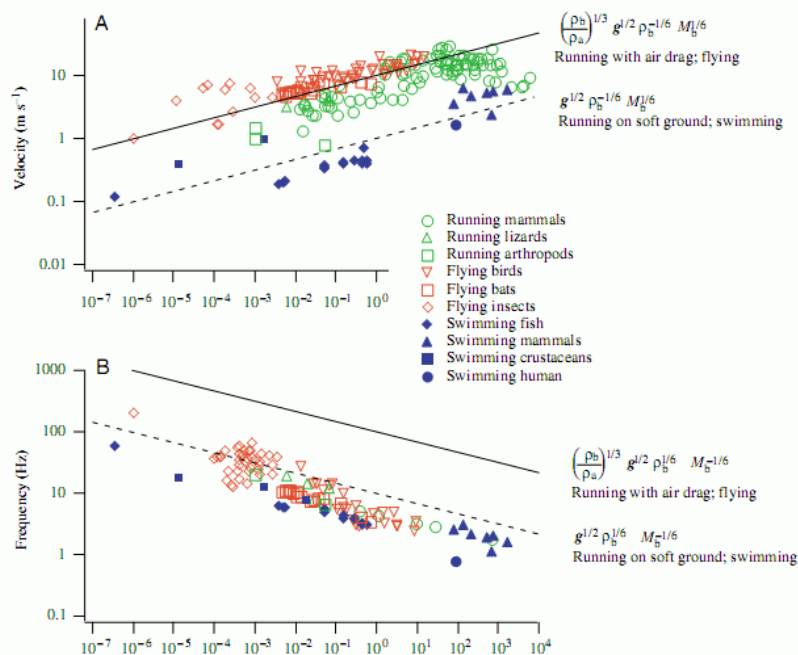
Miliony gatunków to wariacje na niewielką liczbę tematów. Trudno jest zmienić raz ustalony podstawowy plan genetycznej synchronizacji funkcji życiowych - wynika to z hierarchicznej natury kontroli genetycznej. Jednakże niektóre organizmy (np. ślimaki nagoskrzelne, które są obojnakami) mają bardzo wiele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

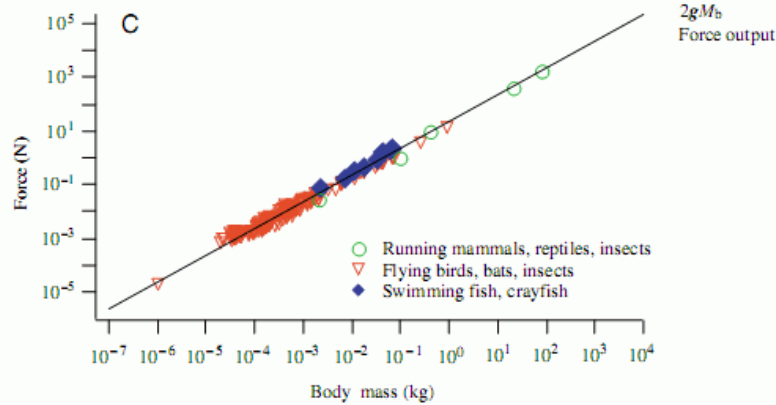
Niewielkie różnice w porządku i czasie włączania się poszczególnych genów w sieci interakcji wywołują duże różnice w budowie i w zachowaniu się organizmów.

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

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.





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 [czerniaka, raka skóry](#), który rozwija się głównie u ludzi o jasnej skórze. Z drugiej strony 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 [kwasy foliowej](#) (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 mózgów. [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!

Ćmy 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.



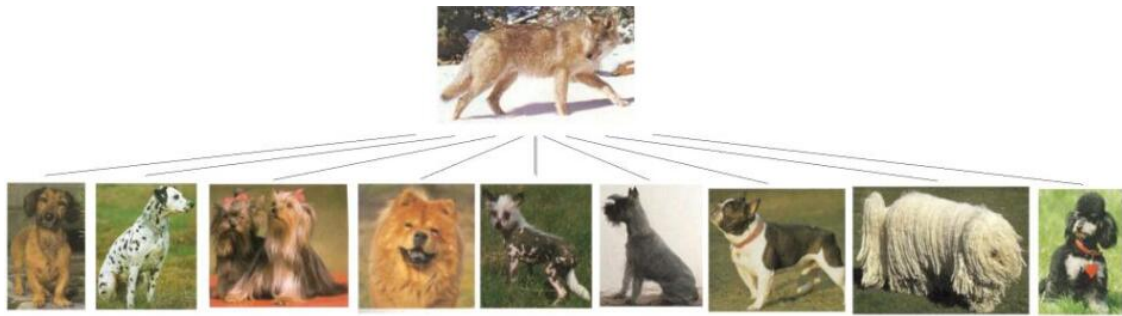
Rasy małych psów powstały w wyniku mutacji jednego genu.

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

**Ko-ewolucja człowieka i wilka:** człowiek upodobił 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 wędz uległ znacznemu osłabieniu.

Lisy udało się udomowić już po [kilkudziesięciu latach eksperymentalnej hodowli](#) prowadzonej w Instytucie Cytologii i Genetyki w Nowosybirsku.



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 [pawii ogon](#). 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 zebry](#) 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 zebry 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.

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 zebry, 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?

**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 5 mln](#) gatunków (ale znanych poniżej 100 000).
- 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 około 200 mln insektów! Ich masa jest około 300 razy większa niż masa przeciętnego człowieka.

**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 posługujące 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 od komórki do szympansa nie jest znacznie dłuższa niż od szympansa do Pigmeja? Czy od Pigmeja do profesora Harvardu jest tak bardzo daleko? A może Pigmej 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.

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.

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 pomagają 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 (przyczynowość odgórna, downward causation), ale i geny wpływają na budowę organizmu i jego szanse przetrwania, a więc i na środowisko (upward causation, przyczynowość oddolna).

Część genów nabywa selektywnej wartości dopiero w kontekście kultury: zdolności muzyczne nie zwiększają same z siebie szans przeżycia. 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 mózgzach powstałą w wyniku procesów społecznych, podlegającą selekcji ewolucyjnej, stąd współzależności czyli ko-ewolucja.

[Bibliografia efektu Baldwina](#) jest spora.

## [Psychologia ewolucyjna](#)

Idee ewolucyjne można też zastosować do wyjaśnienia nie tylko biologicznej budowy organizmów ale i ich zachowania, psychologii, struktury umysłów. Różne gatunki (w tym praludzkie) musiały rozwiązywać problemy adaptacji do swoich nisz ekologicznych, związane ze zdobywaniem pożywienia, utrzymaniem swojego terytorium, obroną przed drapieżnikami, agresywnymi osobnikami i konkurencyjnymi stadami, pasożytami. Ważnym zagadnieniem jest oczywiście dobór płciowy, który doprowadził do powstania wielu złożonych zachowań specyficznych dla różnych gatunków, oraz współpraca w obrębie danej grupy.

Chociaż wiele mechanizmów kształtowało reakcje na wyzwania środowiska nie można ich w pełni zrozumieć bez odwołania się do ewolucji. Rozwinięta kultura osłabia bezpośredni wpływ czynników biologicznych na zachowanie człowieka, ale wszystkie formy zachowań mają u swoich podstaw fundament ewolucyjny. Na tym samym fundamencie może jednakże powstać bardzo wiele różnych rozwiązań problemów adaptacyjnych. Należy więc ostrożnie podchodzić do prób prostych wyjaśnień ewolucyjnych w przypadku ludzi i niektórych bardziej rozwiniętych zwierząt.

## A07.2. Umysły zwierząt.

Co oznacza mieć umysł? Jeśli mieć umysł "oznacza możliwość nauczenia się operowania symbolami w taki sposób, by własna aktywność nadawała im znaczenie i czyniła je symbolami", to [taniec pszczół](#) może spełniać takie kryterium. Owady takie jak mrówki i pszczoły wykazują zbiorową inteligencję znacznie wykraczającą poza indywidualne możliwości jednego owada. Jest to inspiracja dla wielu ["algorytmów rojowych"](#) w inteligencji obliczeniowej, używanych do optymalizacji, oraz symbiotyczną lub [kolektywną inteligencję](#). Mózgi można również uznać za przykład takiej [kolektywnej inteligencji](#) (Duch i Mandziuk, 2004). Proste elementy działając razem tworzą emergentne hierarchiczne systemy o coraz większych możliwościach:



- Neurony mózgu mogą lokalnie niewiele pamiętać, a ich wzajemne oddziaływania ograniczone są głównie przez powoli zmieniające się połączenia synaptyczne;
- grupy neuronów (minikolumny) mają złożone stany wewnętrzne i znacznie bogatsze oddziaływania,

- złożone z nich większe regiony mózgu biorą udział w tworzących się w dynamiczny sposób konfiguracjach oddziałujących ze sobą obszarów;
- na poziomie całych mózgow ten mechanizm się powtarza, w każdym jest bogata wiedza a ich współpraca umożliwia rozwiązywanie skomplikowanych problemów stojących przed społeczeństwem.

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 mózgow, jaką obecnie obserwujemy.

O istnieniu umysłów innych ludzi wnioskujemy na podstawie ich zachowania. Obserwacje zwierząt prowadzone przez [etologów](#) pozwalają zrozumieć świat zwierząt. Obraz świata tworzący się w umysłach zwierząt i ludzi jest odmienny od naszego, bo ich zmysły są odmienne, a mózgi filtrują z otoczenia inne informacje niż te, na które my reagujemy.

Najprostszy system nerwowy ma [nicień C. elegans](#), żyjący w glebie, żywiący się bakteriami. Ma 302 neurony, znany jest jego konektom (zbiór wszystkich połączeń neuronów), ma rozwinięte chemo i mechanoreceptory i wiemy o nim [bardzo dużo](#). Nie jest łatwo symulować procesy zachodzące w układzie nerwowym nicienia bo są one sprzężone z całą biochemią organizmu. Z tego powodu zrozumienie prostych organizmów wcale nie jest proste.

Złożoność form zachowania wyraźnie rośnie wraz ze wzrostem stopnia złożoności mózgu. Normalne ludzkie zachowania są znacznie bardziej złożone niż zwierzęce, ale można dostrzec podobne formy zachowań i podobny poziom złożoności u różnych zwierząt i ludzi cierpiących na różne formy niedorozwoju mózgu.

[Inteligencja zwierząt](#) badana jest obecnie na wiele sposobów, zdolności zwierząt mogą być wyrefinowane ale są silnie wyspecjalizowane, odmienne dla każdego gatunku.

### [Inteligencja ptaków](#)

Ptaki (kruki, papugi, kormorany, gołębie i inne) potrafią:

- liczyć do około 6,
- kojarzyć skomplikowane sygnały wizualne i słuchowe z nagrodami, potrafią rozpoznać kamienie i inne przedmioty;
- wykazują znakomitą orientację przestrzenną;
- potrafią obejść przezroczyste przeszkody oddzielające je od pożywienia,
- potrafią uczyć się nowych zachowań przez wzajemną obserwację;
- kruki japońskie zrzucają orzechy na szosę by je rozjechały samochody;
- kruki oraz zięby Darwina używają gałązek do wyciągania insektów z drzew;
- [kruk Betty](#) zgiął nawet drut i użył go jako haczyka;
- wrony potrafią też urywać ostre krawędzie roślin by używać ich jako narzędzi do wyciągania robaków;
- krukowate potrafią wrzucać do wąskiego, wysokiego naczynia ciężkie kamienie by woda podniosła leżący na dnie orzeszek lub robaki; szybko uczą się, że nie należy wrzucać lekkich, pływających kulek.



Wiele badań przeprowadzono [nad gołębiami](#), które wykazują różnorakie inteligentne zachowania.

**Kury domowe** mają złożone życie społeczne i emocjonalne, znają swoje miejsce w hierarchii stada, rozpoznają już w kilka dni po narodzinach gdzie schowano więcej ziarna, wyróżniono przynajmniej 24 różne wokalizacje kur służące komunikacji, mają też odmienne osobowości. [Lori Marino. Thinking chickens: a review of cognition, emotion, and behavior in the domestic chicken. Animal Cognition, 2017.](#)



Zaskakujące wyniki z [papugą żako o imieniu Alex](#) osiągnęła Irene Pepperberg: papuga nauczyła się rozpoznawać pięćdziesiąt przedmiotów, rozróżniać siedem kolorów, pięć geometrycznych kształtów, nazywać relacje przestrzenne, oraz liczyć do sześciu, posługując się w sensowny sposób 150 słowami. Powołano [Fundację Alex](#).

[Arielle, wielka papuga Ararauna](#), zna około 4000 zwrotów. Another Kind of Mind: A Talking Bird Masters English, Arielle Publishing, 2007.

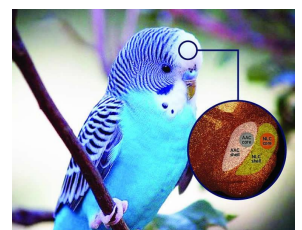
Testy z szarą [papugą afrykańską Griffin](#) pokazały, że jej możliwości logicznego wnioskowania są na poziomie 5-latka.

Zdolności papug do imitacji złożonych dźwięków zostały powiązane z ich ewolucją i powstały prawdopodobnie około 29 mln lat temu.

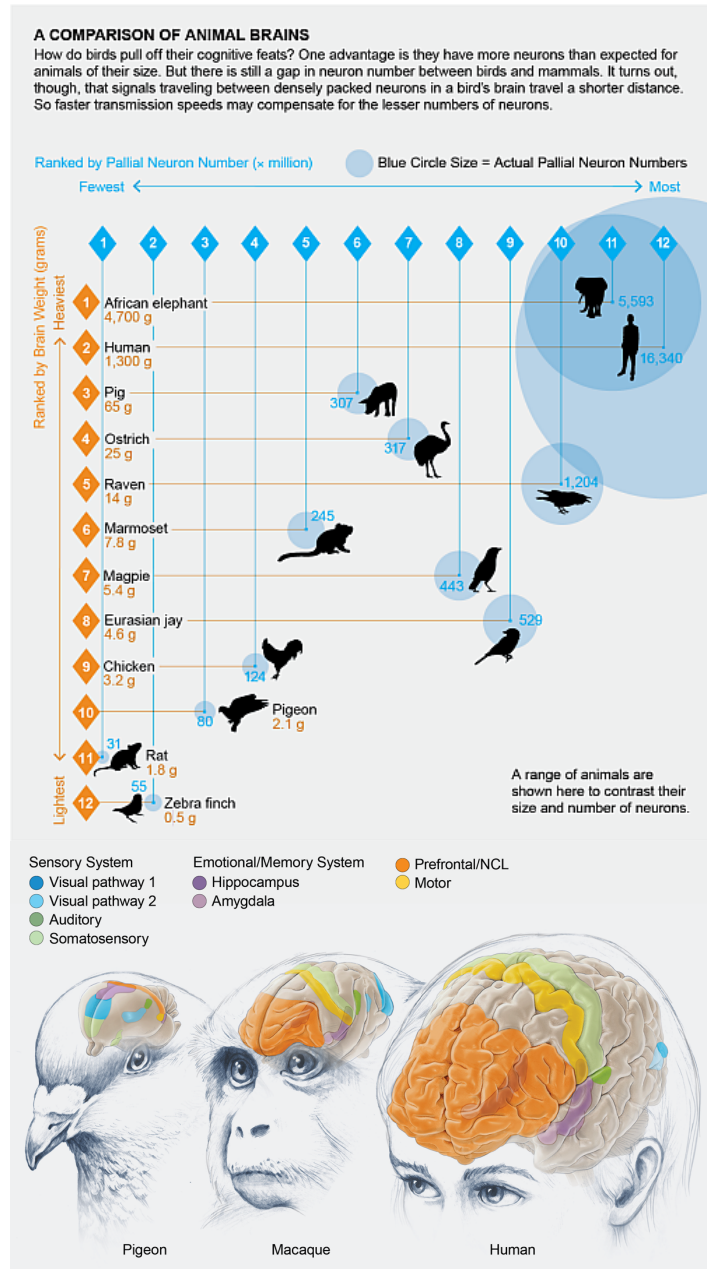
Uczenie się imitacji dźwięków związane jest z dodatkowymi warstwami neuronów wokół ośrodków kontrolujących ruch mięśni odpowiedzialnych za modulowanie dźwięków. Podwajanie się pewnych struktur jest na poziomie genetycznym dość częste, późniejsza specjalizacja pozwala im spełniać nieco odmienne funkcje.

Wikipedia opisuje [mówiące ptaki](#).

Jak to możliwe, że ptaki, które mają mózgi o masie kilku gramów (gołębie 2 g, kruki aż 14 g), wykazują [w wielu eksperymentach](#) inteligencję dorównującą ssakom naczelnym? Porównanie liczby neuronów w mózgu 28 gatunków ptaków pokazało, że krukowate i papugi mają dwa razy więcej neuronów niż można się było spodziewać po mózgu ich wielkości. Ponad miliard gęsto upakowanych neuronów (kruki ok. 1.2 mld, papugi 1.3 mld) pozwala im szybko rozwiązywać skomplikowane zadania równie dobrze jak szympansom, które mają ponad 7 mld neuronów. Człowiek ma w korze około 16 mld neuronów. Ogólna struktura mózgu ptaków okazała się dość podobna do mózgu ssaków, pomimo powierzchownych różnic. Sieci kontrolujące zachowanie u ptaków i ssaków mają bardzo podobne cechy na poziomie neurochemii, fizjologii i własności funkcjonalnych. W szczególności obszar odpowiadający korze przedczołowej u ssaków jest podobny do obszaru NCL (nidopallium caudolaterale) w mózgu ptaków. Uczenie się, pamięć, wyobraźnia, generalizacja i podejmowanie decyzji oparte jest na identycznych zasadach. Ścieżka ewolucyjna ssaków doprowadziła do powstania większych mózgow, a ptaków do lepiej



zoptymalizowanych i gęściej upakowanych. W czasie lotu mózgi ptaków rozwiązują problemy sterowania w bardzo krótkim czasie, nie mogą więc pozwolić sobie na opóźnienia synchronizacji pracy dużych mózgów.



Więcej o inteligencji ptaków: N. Emery, [Ptasia inteligencja](#). Rozważania nad intelektem ptaków. Multico 2017

## Psy

Julia Fischer z German Primate Center nauczyła [Rico, psa rasy collie](#), odróżniać nazwy 200 zabawek, które potrafi przynieść; rozumie też prostą składnię poleceń związanych z przyniesieniem zabawek. Rico pamiętał nazwy zabawek nawet 4 tygodnie po treningu, potrafił też zapamiętać nazwę słysząc ją jeden raz (Word Learning in a Domestic Dog: Evidence for "Fast Mapping," by J. Kaminski, J. Call and Julia Fischer, Science, June 8, 2004).

Dialekty i rozwinięty język komunikacji piesków preriowych zbadał [Con Slobodchikoff](#): różne okrzyki alarmowe odpowiadają różnym rodzajom drapieżców; okrzyki zmieniają się w zależności od rozmiaru, koloru i szybkości poruszania się zagrożenia; odgrywanie tych okrzyków prowadzi do specyficznych reakcji ucieczki.

Rozwój [neuronów lustrzanych](#), pozwalających na imitację, może być kluczem do powstania inteligencji, chociaż złożone życie społeczne i zmiany klimatyczne, wymuszające szukanie nowych sposobów na przeżycie na pewno też gra rolę.

Psy uznawane są za bardzo inteligentne, bo dobrze odczytują intencje człowieka.

Reakcje na polecenia słowne i gesty obejmują średnio 165 symboli, a u najbardziej inteligentnych ras nawet 250 ([Live Science](#)), są więc na poziomie 2-2.5 letniego dziecka.

Za najbardziej inteligentne uznano [Border collie](#), pudel, owczarki niemieckie, Golden retriewers, doberman, szetlandy i labradory, za najmniej charty afgańskie, basenji i buldogi. Te informacje podaje Stanley Coren, profesor psychologii z University of British Columbia w Vancouver ([Intelligence of Dogs](#), 1994). Jego testy polegały bardziej na ocenie stopnia wytrenowania psów niż inteligencji. [Rezultaty innych badań](#) inteligencji psów potwierdziły ogólne wnioski Corena.

## Świnie



Świnie są nawet [bardziej inteligentne](#) od psów. W testach, które prowadził Stanley Curtis (Penn State University) używano joysticków i gier wideo, świnie uczyły się abstrakcyjnych rozróżnień typu "wskaż na określony obiekt", podczas gdy psy mogły się nauczyć tylko miejsca (np. lewy górny róg). Świnie nauczyły się również poleceń "siad, skocz, przynieś" i pamiętały je przez lata uogólniając nauczone zachowania na różne przedmioty.



Świnie prowadzą złożone życie społeczne, mruczą do swojego potomstwa by je uspokoić, mają [fazę REM snu](#) w której wydają się mieć sny (wiele innych zwierząt również), dobrą orientację przestrzenną, uczą się na podstawie wzajemnej obserwacji, potrafią zwodzić inne świnie zapewniając sobie pożywienie.

Świnie wykazują się [dużą inteligencją](#), lubią się bawić i pozbawionej tej możliwości w ciasnych pomieszczeniach stają się agresywne, dlatego przepisy europejskie nakazują zapewnienie im gumowych zabawek, takich jak piłki - mniejszy stres wiąże się z niższym poziomem kortyzolu i lepszym mięsem (za to większym u rolników narzekających na biurokratów z Brukseli, którzy wymyślają takie przepisy).

Eksperymenty z [świnkami Kune Kune](#) (małe świnki z Nowej Zelandii) pokazały, że uczą się wzajemnie od siebie i kopiują zachowania starszych świń. Stojąc przed tym samym wyzwaniem pół roku później świnki przypominały sobie właściwe działania, mają więc bardzo dobrą pamięć długotrwałą.

[Szczury zaskoczyły badaczy](#), uwalniając inne szczury z klatek! 23 z 30 szczurów biorących udział w eksperymencie uwolniło inne zamknięte w klatkach szczury (klatki można było otworzyć tylko z zewnątrz).

Chociaż szczury przepadają za czekoladą połowa wolała uwolnić innego szczura niż dobrać się do czekolady. W połowie eksperymentów swobodny szczur mający dostęp do czekolady uwalniał swojego towarzysza zostawiając mu trochę czekolady.



[Surykatki](#) to żyjące stadnie w Afryce zwierzęta o silnie rozwiniętych więzach społecznych. Obserwowano samca alfa, który przez miesiąc opiekował się niewidomym maluchem, po czym zginął wybiegając z nory by odciągnąć uwagę polującego w okolicy geparda od nawołującej surykatki.

W 2012 roku po raz pierwszy zaobserwowano [psy dingo przysuwające stół](#) z drugiego końca klatki by się po nim wspiąć do zawieszonoego wysoko jedzenia.

Zwierzęta - od mrówek po szympansy - nie tylko walczą o terytorium, ale prowadzą też zorganizowane **działania wojenne**. Mit "[szlachetnego dzikusa](#)" jest fikcją, normy nieagresywnego współżycia wśród ludzi były stopniowo akceptowane przez wieki, ale widać tu pewien postęp ([Pinker, History of violence](#)). Na Nowej Gwinei w każdym pokoleniu ponad 10 procent młodych mężczyzn skazywano na karę śmierci za różne przewiny i nadmierną agresję. Na 100,000 mieszkańców rocznie z [powodu morderstw](#) w USA ginie ok. 5 osób, w Polsce 1.3 (w 2010 r). Wśród członków plemienia Yanomamo w Brazylii (1970-74) było to około 166 osób, a plemienia Hewa na Nowej Gwinei (1959-68) aż 778. Morderstwa w społeczeństwach pierwotnych zdarzały się jeszcze niedawno setki razy częściej niż obecnie.

Znacznie więcej ludzi [umiera z powodu samobójstw](#); wielokrotnie więcej mężczyzn niż kobiet. W Polsce odebrało sobie życie (2010 rok) ok. 33 mężczyźni i 5 kobiet na 100.000 mieszkańców (średnia to 18.5); w sumie ponad 7000 tysięcy osób. Nie wydaje się jednak by jakieś zwierzę było zdolne do samobójstwa.

Nie ma wątpliwości, że zwierzęta [wykazują dużą inteligencję](#), reagują w świadomy sposób, zdolne są do nauki abstrakcyjnych rozróżnień, rozpoznawania indywidualnych osobników różnych gatunków, zachowań uznawanych przez ludzi za moralne, potrafią w celowy sposób rozwiązywać problemy, [używać narzędzi](#). Mózgi zwierząt różnią się od mózgów ludzi na wiele sposobów, w zależności od zwierzęcia, ale przetwarzają informację w podobny sposób.

Liczne przykłady eksperymentów pokazujących inteligencję zwierząt można obejrzeć w serii filmów "[Genialne zwierzaki](#)" BBC Earth. W niektórych przypadkach dzieci nie radzą sobie z rozwiązywaniem problemów tak dobrze jak ptaki, foki czy szympansy.

Badacze są obecnie bardzo ostrożni by nie dać się nabrać na syndrom [mądrego Hansa](#) jak i [szybkich ocen](#), które można pomylić z liczeniem. [Koń Hans](#), żyjący na początku XX wieku, potrafił dodawać i literować wyrazy, przekonał o tym grono ekspertów. Koń nie nauczył się dodawać, tylko robił coś, czego nie potrafili ludzie, zauważał subtelne zmiany ich zachowania. Znaki dawał mu nieświadomie nie tylko jego właściciel ale też inni pytający. Jednak wystarczyło się odwrócić a koń cały czas stukał kopytem nie zatrzymując się na właściwej odpowiedzi.

Słonie odwiedzają swoje cmentarzyska i wykazują zainteresowanie czaszkami, kłami i kośćmi zmarłych słoni (McComb 2006). Mają fenomenalną pamięć, potrafią odnaleźć źródła wody odwiedzane kilkadziesiąt lat wcześniej. Inteligencja zwierząt w jednym obszarze przekracza ludzką, a w innych jest daleko w tyle. Nie ma wątpliwości, że zwierzęta mają umysły pozwalające na pamiętanie, myślenie i planowanie, prawdopodobnie również wyobrażanie sobie intencji innych zwierząt, a więc pewną formę "teorii umysłu".



## Samoświadomość u zwierząt

Zagadnienie [samoświadomości zwierząt](#) jest analizowane z wielu punktów widzenia. [Eksperymenty z lustrami](#) prowadzone przez Gordona Gallupa, były jednymi z pierwszych prób eksperymentalnej weryfikacji zdolności do rozpoznawania siebie. W czasie snu umieszcza się bezwonną płamę na ciele zwierzęcia i obserwuje jego zachowanie przed lustrem, w którym zwierzę się wcześniej oglądało.

Koty, psy, konie i większość innych zwierząt nie potrafi rozpoznać siebie w lustrze, traktując odbicie jako inne zwierzę. Niektóre terytorialne ryby widząc swoje odbicie traktują je jako konkurenta i rozpoczynają zachowania godowe (postawcie lustro przed bojownikiem ryjamskim!). Test lustra przeszły szympansy (zwykle i bonobo), orangutany, delfiny, orki, słonie (nie wszystkie), świnie, gołębie, sroki, kruki, sowy, niektóre papugi i dzieci, ale zwykle dopiero w 18-24 miesiącu życia, ale nie zdają go koty, psy czy małpy poza człowiekowatymi.

Goryle unikają kontaktu wzrokowego uznając to za działanie agresywne, ale Koko też przeszła test.

Niektóre małpy przed lustrem robiły do siebie miny, upiększały się, zachowując podobnie do ludzi; [makaki przez parę dni](#) potrafią chodzić z lustrem i stroić do niego miny.

Młode koty bawią się ze swoim odbiciem ale po paru dniach przestają się nim interesować, być może dlatego, że przewidują wszystkie

ruchy odbitego kota, oraz nie czują jego zapachu i brakuje im informacji akustycznej. Jeśli poruszać lustrem kot będzie się interesował parę dni dłużej swoim odbiciem, ale nie rozpoznaje siebie.

Słonie i świnię potrafią znaleźć pokarm widziany tylko w lustrze (Povinelli, 1989).

Delfiny są zainteresowane plamami narysowanymi na nich, ale nie oglądają się wzajemnie, mało zwracają uwagę na swój wygląd.

Wiele eksperymentów nie zostało jeszcze powtórzonych a wnioski oparte na zachowaniu pojedynczych osobników są dalece niepewne ([dotyczy to słoni, delfinów, srok, płaszczyk i ośmiornic](#)). Zachowanie zwierząt może mieć inne przyczyny niż rozpoznanie siebie. Pamiętajmy o syndromie "Mądrego Hansa".

Test lustra przechodzą nie tylko ssaki i ptaki, ale również niektóre [ryby i insekty](#).

Wargacze czyściciele (często spotykane ryby na rafach koralowych) żywią się pasożytami na większych rybach, rozpoznając je wzrokowo. Działają w grupach, wykazując złożone interakcje społeczne, przewidując zachowanie ryb, które czyszczą i ryb swojego gatunku. Wargacze dostrzegają swoje odbicia i reagują na nie wykazując społeczne reakcje, w drugim etapie próbują różnych nietypowych zachowań obserwując swoje odbicia, a w trzecim etapie po stwierdzeniu braku agresywnych zachowań odbicia dokładnie się sobie przyglądają. Umieszczenie kolorowej plamy powoduje działania zmierzające do jej wytarcia. Takiego zachowania nie obserwuje się w przypadku plam przezroczystych czy przy braku lustra.

Zaskoczeniem były wyniki badań mrówek (Cammaerts and Caemmaerts, 2015). Mrówki słabo widzą, mają fasetkowane oczy (badane gatunki miały poniżej 10 fasetek). Widząc w lustrze niebieskie plamy na swoich głowach próbowały je na sobie wymazać. Bardzo młode mrówki nie wykazywały takich zachowań, brązowe plamy również nie powodowały prób ich wymazania. Mrówki próbują też dotykać swojego odbicia w lustrze a ignorują widok innych mrówek po drugiej stronie szyby.



Tego rodzaju eksperymenty trzeba powtórzyć by się upewnić, że jest to wynik rozpoznania wzrokowego a nie chemorepcji czy innych czynników. W 2019 roku [DARPA ogłosiła konkurs](#) na stworzenie modelu układu nerwowego insektów, spekulując, że mamy tu do czynienia z pierwotną formą świadomości.

**Czy rzeczywiście rozpoznanie w lustrze jest równoznaczne z samoświadomością?** Trudno to jednoznacznie określić, bo nie jesteśmy pewni na co zareagowały różne zwierzęta, nie mamy listy warunków, które wystarczy spełnić by uznać, że dana istota jest świadoma swojego istnienia. Dzieci rozpoznają siebie w lustrze około 18 miesiąca i jest to skorelowane z pojawieniem się emocji wymagających samoświadomości, takich jak duma, wstyd lub poczucie winy, oraz z użyciem zaimka "ja" (Lewis 1990). Około 4 roku życia dzieci przechodzą testy świadczące o zdolności do wyobrażenia sobie świata z innej niż swoja perspektywy, rozwijają więc "teorię umysłu", chociaż niektóre elementy rozwijają się wcześniej (np. zdolność do oszukiwania, znana również ptakom i ssakom).

Można więc przypuszczać, że poziom świadomości najbardziej rozwiniętych zwierząt nie przekracza poziomu 2-3 letnich dzieci. Nawet mózgi małych człokształtnych są zbyt proste by osiągnąć wyższy poziom.

Inne podejście do zrozumienia, czy zwierzęta mają podobne odczucia lub są świadome w sposób podobny do ludzi opiera się na analizie struktury ich mózgow. Jeśli brakuje im struktur mózgu, od poziomu komórkowego i mikroobwodów neuronowych po strukturę połączeń całego mózgu pozwalających na powstawanie podobnych aktywacji neuronalnych można uznać, że nie są zdolne do bardziej złożonych funkcji.

W przypadku ryb mamy reakcje na ból, ale trudno je interpretować jako przeżywanie bólu ([B. Key, 2016](#)). W przypadku ssaków nie ma co do tego wątpliwości. Również głowonogi - ośmiornice, kałamarnice i mątwy, pomimo bardzo odmiennej organizacji układu nerwowego, wydają się mieć mechanizmy neuronalne odpowiedzialne za świadome odczuwanie świata. Jest to przykład konwergencji funkcji, które są przydatne by przeżyć w trudnych warunkach. Ewolucja może doprowadzić niespokrewnione gatunki o różnej budowie anatomicznej do podobnego poziomu przystosowania.

Ośmiornice to bezkręgowce o 3 sercach i 9 mózgowopodobnych centrach nerwowych. Mają tylko 30% neuronów w centralnej części mózgu, pozostałe 60% tworzą skupiska sterujące ośmioma ramionami, które w znacznej mierze działają autonomicznie. Wykazują się wielką inteligencją, używają narzędzi budując sobie schronienie, rozpoznają indywidualne osoby, mają pamięć przestrzenną, potrafią zmieniać nie tylko kolor ale i fakturę ciała w zdumiewający sposób. Kałamarnice mają 10 ramion i wykazują się równie wysoką inteligencją. [W publikacji z 2021 roku](#) pokazano, że potrafią powstrzymać się przed natychmiastową gratyfikacją - odpowiednikiem słynnego [testu ciasteczka \(marshmallow experiment\)](#), w którym dzieci były nagradzane za powstrzymanie się przed zjedzeniem ciasteczka, czekając na obiecane dwa. [Muzeum historii naturalnej](#) ma wiele ciekawostek i filmików na temat ośmiornic.



### Czy prostsze mózgi wystarczają by wykazać się jakąś formą świadomości?

W roju, mrowisku czy innej grupie żyjących społecznie zwierząt lub ludzi konieczna jest komunikacja.

Sprawne działanie wymaga pamięci i przypomnienia sobie istotnych zdarzeń po to, by się podzielić informacją z innymi osobnikami. Pszczoły robią to w ulu wieczorem opowiadając sobie za pomocą tańca gdzie warto szukać nektaru. To bardzo istotny mechanizm biologiczny, który wymaga pobudzenia pamięci, wyobraźni minionego zdarzenia, a więc wewnętrznej aktywacji neuronów mózgu bez dopływu zewnętrznych bodźców.

Wyobraźnia uzewnętrzniona w postaci mowy czy gestów pozwala przekazać ważne informacje, a w bardziej złożonych mózgach rozwinięta reprezentację siebie w relacji do innych i do świata. Wtedy można mówić o samoświadomości i test lustra Gallupa w jakimś stopniu o tym świadczy.

Ten prosty model: **świadomość = wyobraźnia + komunikacja**, gesty lub werbalizacja, a więc komentarz pozwalający uzewnętrznic to co wyobrażone wystarczy by testować wiele własności świadomości. Co i w jakich warunkach staje się świadomym przeżyciem? Czemu patrząc na obraz raz widzę staruszkę a raz młodą kobietę, albo raz widzę sześcian w jedną stronę a raz w drugą. Badanie iluzji wzrokowych i innych jest tu bardzo pomocne i robimy to zarówno eksperymentalnie jak i przez symulacje sieci neuronowych.

Pszczoły mają zaledwie milion neuronów i około miliarda synaps. Obserwacje dowodzą, że pszczoły przewidują zmianę miejsca nektaru (co wiadomo od dawna), uczą się wzajemnie od siebie, kojarzą wrażenia wzrokowe z miejscem i nagrodą. Artykuł ["Bee-brained"](#), napisany przez profesora behawioralnej ekologii i filozofkę, zawiera spekulacje na temat świadomości owadów. Wieczorami pszczoły przypominają sobie położenie źródeł pożywienia i przekazują sobie informacje za pomocą tańca. To oznacza, że nie tylko reagują na bodźce, ale też mogą w swoich mózgach wywoływać podobne stany dzięki wewnętrznej dynamice sieci neuronowych. To oznacza, że jest sens mówić o pewnym

"życiu wewnętrznym" pszczół. Czy nazwiemy to już świadomością? Na pewno są pewne aspekty świadomości człowieka, których nie doszukamy się nawet u małych naczelnych (de Waal, 2015), ale to co nazywamy świadomością jest funkcją mózgu o różnym stopniu złożoności.

[Golce piaskowe](#) to żyjące na obszarach pustynnych Afryki gryzonie budujące gniazda i kolonie o strukturze społecznej podobnej do pszczół, z podziałem na kasty i królową.

[Delfiny i wieloryby](#) żyją w silnie ze sobą związanych społecznościach, są pomiędzy nimi skomplikowane relacje, mają złożony sposób porozumiewania się, stąd badacze porównuje te społeczności do wczesnych grup ludzkich. Długa lista podobieństw form zachowania obejmuje:

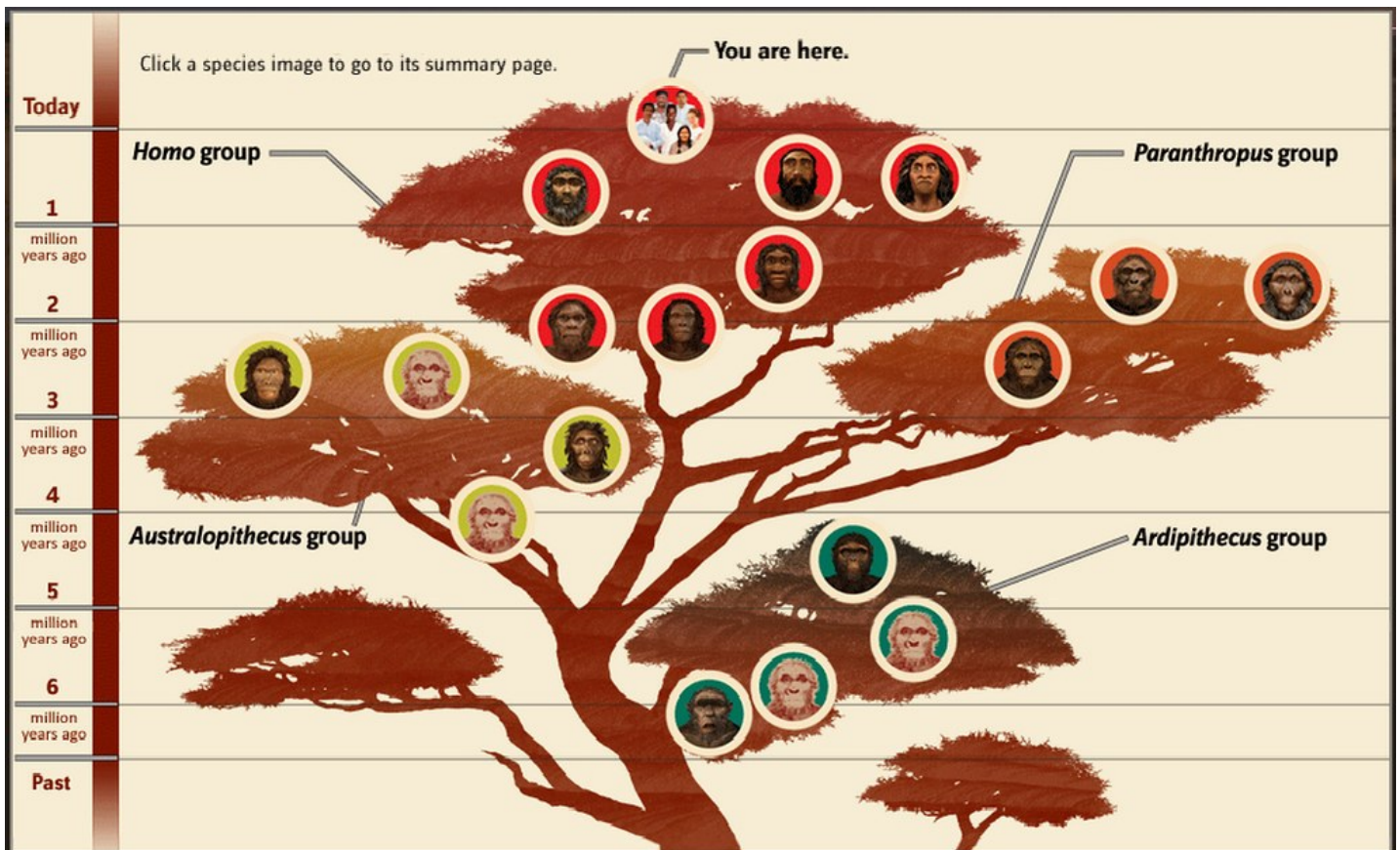


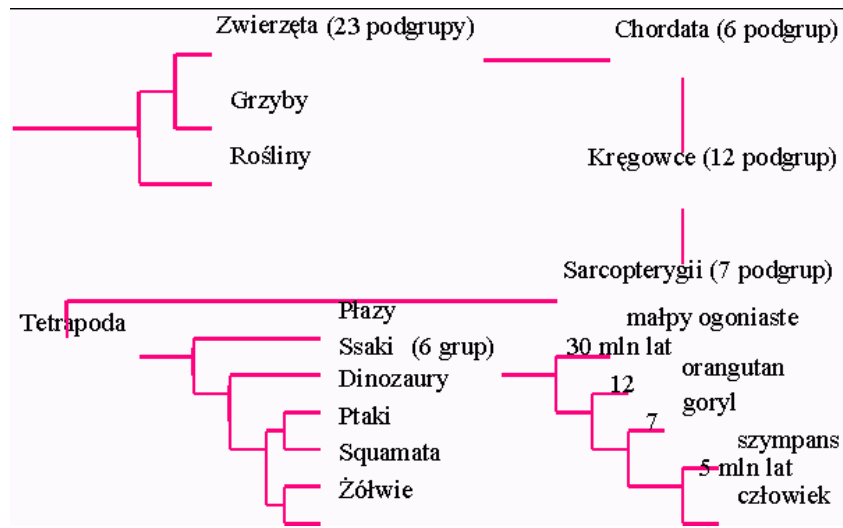
- złożone relacje sojuszy pozwalające na współpracę i wspólne korzyści;
- wzajemne uczenie się technik polowania i sposobów koordynacji wspólnych działań, a nawet używania narzędzi do polowania;
- złożone formy wokalizacji, regionalne dialekty w sposobach porozumiewania się;
- unikalne dźwięki ("imiona") identyfikujące indywidualne zwierzęta, rozpoznawanie wzajemne za pomocą tych dźwięków;
- współpraca z ludźmi i ze zwierzętami innych gatunków;
- dzielenie się z innymi osobnikami obowiązkami związanymi z opieką nad własnym potomstwem (alloparenting);
- wspólne zabawy wzmacniające więzi społeczne.

Prawdziwe kłopoty są z określeniem na ile można zwierzętom przypisać [świadomość autoonoetyczną](#), czyli zdolność do wyobrażania siebie w alternatywnych sytuacjach czy przeszłości lub przyszłości. LeDoux (2019) skłonny jest przyznać zwierzętom "niewerbalną świadomość noetyczną", która różni się od ludzkiej tylko tym, że przeżywane stany wewnętrzne odnoszą się do subiektywnego poczucia "ja". Emocje i myśli mogą w tym przypadku być bezosobowe, ale pozwalają na wykorzystanie pamięci do rozróżnienia swoich odczuć od innych. Może o tym świadczyć podobieństwo przetwarzania informacji przez mózgi zwierząt i ludzi. Są to jednak rozważania trudne do jednoznacznej weryfikacji eksperymentalnej.

### A07.3. Możliwości umysłowe naczelnych.

Istnieje ponad 400 [gatunków małp](#) naczelnych, w tym [4 człowiekowate](#) (antropoidalne), najbliższe spokrewnione z człowiekiem: orangutany w jednej podrodzinie, i szympansy (dwa podgatunki), goryle oraz ludzie w drugiej podrodzinie, oraz liczne wymarłe gatunki pokrewne.





Szympanśy oddzieliły się od przodków człowieka ok. 6 mln lat temu, goryle ok. 7 mln. lat temu, a człowiekowate od małp ogoniastych 35 mln lat.

Ze względu na podobieństwa budowy ciała i [struktury DNA](#) biolodzy nazwali człowieka "trzecim szympansem".

Badanie pokrewieństwa człowieka z naczelnymi jest nadal kontrowersyjne.

J. Grehan i J.H. Schwartz (2009) krytykują wyniki badań DNA i twierdzą, że orangutany są bliżej spokrewnione z ludźmi niż szympanśy; spośród 63 cech unikalnych dla małp człekokształtnych ludzie mają aż 28 cech wspólnych z orangutanami a tylko dwie z szympanśami i 7 z gorylami. Długoletnie [obserwacje zachowania orangutanów](#) (Carel van Schaik) doprowadziły do przekonania, że kluczową rolę w rozwoju ich inteligencji pełni kultura, czyli umiejętność uczenia się od innych przez obserwację.

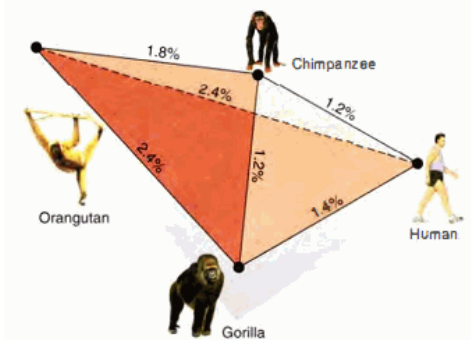
Orangutany używają gałązek do jedzenia owoców mających parzące fragmenty, podobnie jak ludzie w Azji używają pałeczki.



[Różnice genetyczne Homo sapiens i człowiekowatych](#), w procentach, są to tylko [dane szacunkowe](#) (rysunek obok ma stare dane), oparte na mutacjach, nie uwzględniając powtórzeń i usunięć fragmentów:

	Sz. pospolity	Sz. bonobo	Człowiek	Goryl	Orangutan
Sz. pospolity	0	0.7	1.2	2.4	3.6
Sz. bonobo	0.7	0	1.6	2.3	3.6
Człowiek	1.2	1.6	0	1.6	3.1
Goryl	2.4	2.3	1.6	0	3.5
Orangutan	3.6	3.6	3.1	3.5	0

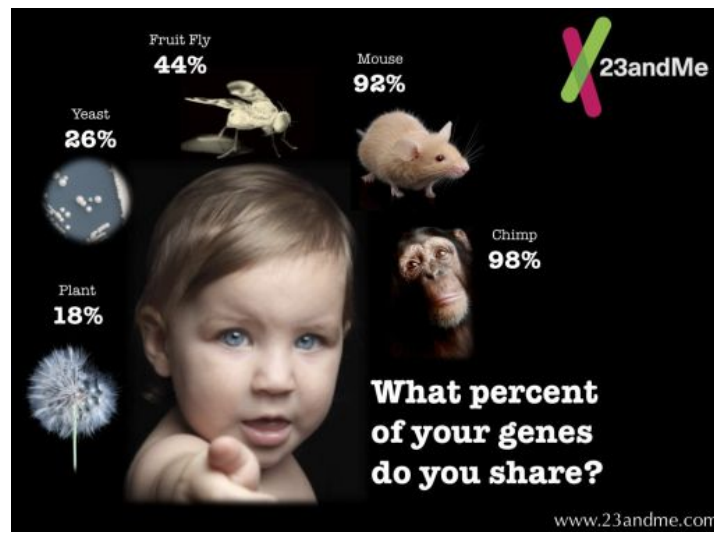
A pyramid illustrating the percentage differences in DNA among the four major species of hominids.



Redrawn with permission from Lewin, R. *Human Evolution: An illustrated Introduction*, Boston: Blackwell Scientific Publications, 1984.

Takie tabele dają tylko [bardzo przybliżone porównanie](#), podobieństwo jest różne w zależności od badanego obszaru genomu jak i wymaganej dokładności nakładania się sekwencji.

Podobieństwo określa się w skomplikowany sposób różnymi metodami, za pomocą tempa mutacji, czyli "zegara" DNA i mitochondrialnego DNA, zmian pojedynczych genów, zmian sekwencji aminokwasów w białkach, jak również na podstawie wykopalisk (Portin 2007, 2008). Tempo mutacji zmierzone bezpośrednio (6/2011) na podstawie porównania zmian DNA u jednego dziecka dla dwóch rodzin okazało się powolne, jedna mutacja na 85 mln nukleotydów, 30-50 zmian w całym genomie. Może to przesunąć wstecz czas rozchodzenia się gatunków.



Genom człowieka i szympansa różni ok. 35 mln [polimorfizmów pojedynczych nukleotydów](#) (SNP, single nucleotide polymorphism). Ok. 76% dokładnie zbadanych sekwencji ludzkiego genomu różni się w 1.2% SNP od genomu szympansa. Ok. 2.7% różnic genomów to usunięcia i powtórzenia fragmentów, ale tylko niewielka część tych różnic ma wpływ na budowę organizmu; mniej niż połowa zmian nastąpiła u człowieka, nieco więcej u szympansa.

Liczba kopii genów u człowieka i szympansa może być mniejsza lub większa, 93.6% genów występuje w jednakowej liczbie u obu gatunków: 755 genów różni się liczbą kopii, w tym 689 jest bardziej liczna u człowieka a 26 u szympansa.

Dla zrozumienia różnic istotna jest "odległość ewolucyjna" tj. ocena liczby mutacji koniecznej do powstania takich różnic - powielenie dużego fragmentu może powstać w wyniku jednej mutacji dającej wiele różnic, ale nie zmieniającej w istotny sposób budowy i funkcji całego organizmu.

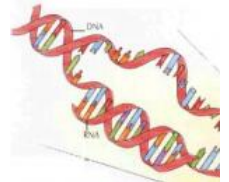
Zależy to od położenia genu w sieci powiązanych ze sobą procesów; dla genów związanych z białkami występującymi w korze mózgu około 17.4% powiązań pomiędzy genami jest unikalnych dla człowieka.

Zrozumienie procesów ewolucyjnych jest istotne między innymi by zrozumieć, dlaczego np. szympansy nie chorują na Alzheimera i inne choroby, które dotyczą ludzi.

Zgodność DNA między małpami człekokształtnymi i innymi małpami to znacznie mniej, około 92.7%. Sekwencje DNA ludzi różnią się zaledwie w 0.5% miejsc.

Co z informacją w 98% DNA poza obszarami kodującymi geny?

Tworzy się [Encyclopedia of DNA Elements](#) (ENCODE), dokumentująca regulacyjną rolę pozostałych obszarów, modulującą tempo i rodzaj aktywacji i deaktywacji genów i tworzonych przez nie struktur (białek, metylacji DNA, modyfikacji epigenetycznych). Posiadanie określonych genów nie oznacza, że będą aktywnie uczestniczyć w budowie organizmu, w tym mózgu, ważna jest regulacja ich aktywności, zależna od procesów na etapie rozwoju embrionalnego a później czynników środowiskowych. [Pozagenowe dziedziczenie](#), podobne do idei Lamarcka, gra istotną rolę w procesach ewolucyjnych. Mechanizmy ewolucji są jednak tak skomplikowane, że wymagają osobnego wykładu by je zrozumieć.



Ogólnie rzecz biorąc rodzina małp człekokształtnych dzieli z ludźmi około 97% DNA, ma bardzo zbliżoną budowę molekularną i fizyczną, w zasadzie identyczne typy neuronów, wykazuje zdolności do komunikacji symbolicznej i prostych zachowań kulturowych.

W rozwoju mózgu szympansa jest o 3 podziały neuronów mniej niż u człowieka, w efekcie jego kora jest 8 razy mniejsza i zdolności intelektualne są odpowiednio mniejsze.

Za zmienność dziedziczną człowieka i innych gatunków odpowiadają drobne zmiany, rzędu 0.5% nukleotydów, z tego 85% to SNP. Różnice genetyczne pomiędzy ludźmi związane są w znacznym stopniu z odmiennym uporządkowaniem fragmentów sekwencji (CNV, copy-number variants), czyli powtórzeniami i inwersjami. Takie zmiany strukturalne oceniane są na 0.12%, a zmiany na poziomie nukleotydów na 0.08%. Stąd wniosek, że w pewnym okresie pozostało bardzo niewielu przodków naszej linii ewolucyjnej. Nawet drobne zmiany mają jednak wpływ na podatność na różne choroby, dlatego badanie odmiennych wzorców (haplotypów) prowadzone jest na dużą skalę w ramach [projektu HapMap](#), a obecnie w ramach projektu [1000 genomów](#).

Aktywność poszczególnych genów zmienia się wraz z wiekiem, mózg się reorganizuje, szczególnie szybko przed samymi narodzinami, ale nawet w wieku 50-70 lat zachodzą duże zmiany. Zmiany w sekwencjach regulatorowych genów mogą mieć dalece idące konsekwencje dla budowy mózgu, białek z których składają się komórki glejowe i neurony, szybkości przewodzenia impulsów i liczby synaps, a więc również dla inteligencji. Genetycy molekularni uważają życie społeczne za ważniejszy czynnik presji selekcyjnej prowadzącej do dużych mózgowi niż sam ekosystem (Portin 2008).

Nieliczne geny związane z budową mózgu zmieniały się szybciej u przodków człowieka niż u szympansov, a jeszcze wolniej u gryzoni. Białko związane z [genem FOX2](#) różni się tylko 3 pozycjami aminokwasów od białka myszy i orangutana, a dwiema pozycjami od szympansa i goryla; pojedyncza mutacja powoduje duże problemy z artykulacją mowy.

**Mowa** wykracza poza prosty system sygnalizacji, znany zwierzętom.

Ptaki mają rozbudowany system sygnalizacji i chociaż [ich pieśni](#) są zróżnicowane to uczą się ich przez imitację z drobnymi błędami i znaczenie jest zwykle jednoznaczne: jestem silny, głośno śpiewam bo mam swoje terytorium i czekam na samicę.

Podobnie z [pieśniami wielorybów](#): jest dużo wariacji (ta sama sekwencja nigdy się nie powtarza), wspólne tematy na pobliskich obszarach i

całkiem odmienne na odległych, ale nie ma w nich nowych znaczeń (tak przynajmniej sądzą eksperci). Małpy nie naśladują wokalnych dźwięków, nie łączą ich w sekwencje o zmiennej strukturze.

Czy mowa musi być liniowa?

Być może istnieje język obrazowo-dźwiękowy u delfinów? Czy echosonda pozwala przesyłać im obrazy a ich mózgi wykonują analogiczny program do analizy USG? Specjaliści badający porozumiewanie się delfinów w ramach Speak Dolphin Project podejrzewają, że jest to [Sono-Pictorial Exo-holographic Language](#) (SPEL), czyli język pozwalający z fragmentów sygnałów sonicznych (odbitych ultradźwięków) odtworzyć konkretne obrazy.

8 plastikowych przedmiotów pokazano delfinowi, a następnie zapisano odbite od nich ultradźwięki i odtworzono innym delfinom, które w 86% rozpoznały o który obiekt chodzi (J. Kasewitz, J.S. Reid, 2011). Autorzy twierdzą, że udało im się budować zdania zawierające rzeczowniki i czasowniki z sygnałów wysyłanych

[Cymascope](#) to technika wizualizacji sygnałów akustycznych, wibracje większej membrany lub powierzchni wody reagującej na akustyczny sygnał.

Jak by rozwijało się nasze myślenie, gdyby było czysto obrazowe, a nie oparte na sekwencyjnej mowie? Prawdopodobnie byłoby znacznie bardziej konkretne. Teraz słowa wywołują w nas skojarzenia i często niejednoznaczne obrazy, ale przesyłanie dosłowne obrazów byłoby bardziej jednoznaczne.

Szympansy na wolności rozpoznają przynajmniej 66 różnych gestów, służących im do komunikacji (Hobaiter, Byrne, 2011). Próby [uczenia szympansów języka migowego](#) (ASL) kończą się na maksymalnie 200-250 symboli, konstrukcje zdaniowe mają do 7 znaków. Nauczone [szympansy porozumiewają się językiem migowym](#) z ludźmi, ale również między sobą. Wyniki badań nad używaniem języka migowego do komunikacji z małpami znalazły interesujące zastosowania w opiece nad dziećmi autystycznymi. Ludzkie niemowlęta potrafią się też posługiwać językiem migowym zanim zaczną kontrolować swój aparat głosowy.

[Początki powstania języków](#) naturalnych to temat kontrowersyjny, od 1866 roku Akademia Francuska nie przyjmuje prac na ten temat.

[Lingwistyka ewolucyjna](#) zrobiła w ostatnich latach postępy dzięki badaniom genetycznym, lingwistycznym jak i symulacjom komputerowym obrazującym proces nabierania sensu wymienianych symboli pomiędzy grupą robotów pracujących nad jednym zadaniem.

Tradycyjna szkoła "skokowa" pochodzenia języka: tylko człowiek ma "instynkt języka", [protojęzyk](#) powstał 50-200 tysięcy lat temu.

Szkoła "stopniowa": język człowieka to udoskonalona forma komunikacji zwierzęcej, mógł rozwinąć się z mowy gestów. Utrata owłosienia zmusiła ludzi do używania mimiki twarzy, gestów i dźwięków do komunikacji ("Naga Prawda", N.H. Jablonski, [Świat Nauki, marzec 2010](#))



Czy mowa małp to tylko syndrom "mądrygo Hansa"?

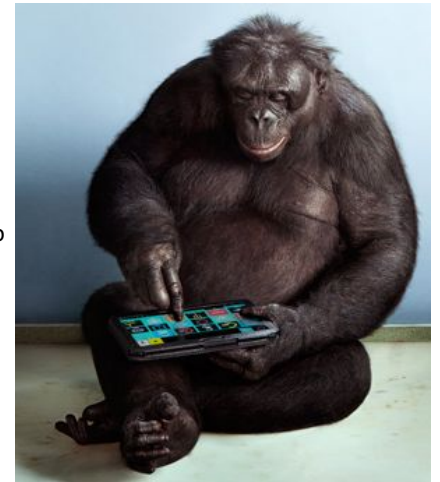
Sama reakcja na polecenie nie wystarczy. Czy małpy mogą zrozumieć składnię?

[Kanzi](#), szympans-pigmej (bonobo), rozumie całkiem złożone polecenia przekazywane mu przez słuchawki. Np. na pytanie "Czy możesz tak zrobić by pies ugryźć żmiję?", którego nigdy nie słyszał, Kanzi znalazł psa-zabawkę i włożył w jego pysk żmiję-zabawkę, zamykając pysk psa swoją ręką. W teście złożonym z 600 skomplikowanych gramatycznie pytań jego zachowania były w 74% poprawne.

[Kanzi nauczył się rozbijać kamienie](#) by tworzyć ostre krawędzie i używać ich do otwierania skrzynek jak i dobierania się do pożywienia.

Inne szympansy, które nauczono porozumiewania językiem migowymi i za pomocą symboli (około 600 leksykogramów) na tablicy to [Washoe, Vicki, Sarah](#), Panbanisha (siostra Kanzi), i [Nim Chimpsky](#); kilka innych szympansów nie udało się wiele nauczyć.

[Historia Nima \(film z 2011 roku\)](#) wychowanego przez ludzi pokazuje, że przestał on już być zwykłym szympansem, wywołując etyczne kontrowersje związane z jego traktowaniem. Nim potrafił używać około 125 symboli w odpowiednim kontekście, chociaż nie nauczył się gramatyki, składania symboli w nowy sposób. Nie wydaje się jednak by poziom opanowania składni przez szympansa mógł przekroczyć poziom dwulatka. Pewne sukcesy odniesiono też z gorylem Koko i orangutanem Chantek. Koko wykazywała się przy tym poczuciem humoru.



Zastosowanie klawiatur z symbolami [przynosi ciekawe efekty](#).

Ken Schweller, zajmujący się uczeniem bonobo języka, twierdzi, że jego podopieczni znają kilka tysięcy pojęć.

Dość szokująca jest jego wypowiedź: "What we now believe is that language, rather than being a uniquely human trait, is something other species can develop to varying degrees under the right circumstances—not to our level of sophistication but certainly to the point where we can communicate intelligently with them."

Szympansy robią sobie proste narzędzia, zarówno "wędki" do wyciągania termitów, jak i [dźwidy \(zaostrzone kije\) do polowania](#) na małe małpy. Kapucynki w Brazylii używają ciężkich kamieni, które przynoszą z daleka, by rozbijać orzechy, suszone przez nie wcześniej na słońcu, ucząc się od siebie przez imitację.



Szympany potrafią planować przyszłe działania. Szympan Santino z Zoo w Furuvik zbierał przed otwarciem ZOO kamienie, by dużo później rzucać nimi w turystów (Osvath, 2009).

Szympany mają również teorię umysłu: po obejrzeniu wideo przedstawiającego jakąś problematyczną sytuację szympan potrafił wybrać zdjęcie, które zawierało element potrzebny do rozwiązania problemu, np. klucz do otworzenia klatki lub kij do ściągnięcia banana (Premack, Woodruff, 1978).

Prymatolog i etolog [Frans de Waal](#) udokumentował liczne **przykłady zachowań opiekuńczych, altruistycznych, lojalności**, przebaczenia, negocjacji pokojowych, kontroli agresji, zachowań stanowiących biologiczną podstawę decyzji moralnych. Według niego *Homo sapiens* jest "małą dwubiegową", czymś pośrednim "pomiędzy szympansem a bonobo". Szympany właściwe są bardziej agresywne i preferują współzawodnictwo zamiast współpracy, samiec alfa kontroluje swój harem. Grupy szympanów liczą zwykle dwukrotnie więcej samic. Chociaż samców rodzi się tyle samo, ciągłe walki o władzę przyczyniają się do krótkiego życia znacznej części populacji.

Szympany bonobo tworzą większe grupy. Samice odgrywają w ich stadach dominującą rolę, potrafią się obronić przed agresywnymi samcami działając wspólnie, więc nie ma wśród nich samców alfa i haremów, a relacje są bardziej egalitarne. Bonobo zdolne są do silnej empatii, mogą nawet "umrzeć z głodu, byle oszczędzić innym cierpień" (de Waal). Całe stado potrafi dostosować się do jednego kulawego osobnika, może chronić słabszego przed nadmierną agresją jakiegoś samca. Wzajemne pieczyoty (iskanie, seks) są dla nich źródłem budowanych przez lata więzi społecznych.

Bonobo często chodzą wyprostowane na dłuższych dystansach. Wykład Susan Savage-Rumbaugh na TED świetnie pokazuje [możliwości bonobo](#), łącznie z rysowaniem leksykogramów i grą w PacMana.

Opisano też szereg zachowań pokazujących empatię międzygatunkową, np. szympansicę Kuni pomagającą szpakowi, który uderzyła się o szybę i leżał oszołomiony. Nie jest to przypadek odosobniony. Duży rozgłos zdobyła w 1996 roku gorylica [Binti Jua](#), z ZOO w Chicago. Trzyletni chłopiec spadł z płotu jej ogrodzenia 8 metrów na beton i stracił przytomność. Gorylica ostrożnie wzięła go na ręce, zanurzyła w wodzie próbując ocucić i zaniosła do drzwi ogrodzenia. Chłopiec po 4 dniach w szpitalu wyzdrowiał. Zachowało się [nagranie wideo tego wydarzenia](#).

Szympany uważają pożywienie, seks i władzy za najważniejsze, odwzajemniają przysługi dzieląc się żywnością (strategia odwzajemniania), planują swoje działania. W stadach szympanów zaobserwować można wszystkie ludzkie wady i zalety charakterów: od zemsty do współczucia, od poczucia sprawiedliwości do oszustwa, od [beziinteresownej pomocy](#) do okrucieństwa.

Widać silny konformizm, uczenie się od stojących wyżej w hierarchii, trzymanie się tego samego zachowania pomimo bardziej atrakcyjnych możliwości, np. jedzenia, co sprzyja tworzeniu różnych kultur (Hopper i inni 2011).

Być może jedynie emocje wymagające samoświadomości, takie jak wstyd, są zwierzętom niedostępne.

Książki de Waala są obecnie dostępne w polskim tłumaczeniu. Wiele ciekawych informacji jest na stronie [Center for the Advanced Study of Ape and Human Evolution](#). Liczne przykłady sfilmowanych eksperymentów z szympanami są też na stronie uniwersytetu Kyoto [Chimpanzee AI](#).

Hierarchie wśród zwierząt walczących o terytorium lub żyjących w stadach powstały setki milionów lat temu. [Krab](#) nie zmieniły się od około 350 mln lat, jest ich ponad 10 tysięcy gatunków. Kraby zaciekle walczą o terytorium, najlepsze legowiska i możliwość rozmnażania się. Ptaki zaciekle walczą ze sobą. Hierarchie w stadach kur są widoczne po [porządku dziobania](#).

Mechanizmy neuronalne związane z walką zwierząt o dominację są widoczne u wszystkich zwierząt, podobne u krabów jak i u ludzi (Peterson, 2018). Poziom serotoniny wpływa na postawę jak i skłonność do walki lub ucieczki. Zarówno u krabów jak i u ludzi osobniki nisko w hierarchii mają niski poziom serotoniny, spadający po każdej przegranej walce lub poniżeniu, zmniejszaniu się poczucia własnej wartości, silniejszej reakcji na stres, co skorelowane jest z krótszym życiem. Te mechanizmy związane są z działaniem najstarszych systemów regulacyjnych mózgu, znajdujących się najbliżej rdzenia kręgowego u kręgowców.

Różne testy inteligencji zwierząt doprowadziły do opracowania [przybliżonej hierarchii](#), od wielkich małp człekokształtnych, pozostałych małp, delfinów i wielorybów, psów, ośmiornic, ptaków, koniowatych.

Te mechanizmy są uniwersalne. Osobniki wysoko w hierarchii mają dostęp do lepszych miejsc gniazdowania, legowisk, większego terytorium, zostawiają więcej potomstwa. Hierarchie są również widoczne w wielu kulturach, np. systemie kastowym w Indiach, czy [brytyjskim systemie klasowym](#).

## Inteligencja społeczna

[Szympansy](#) mają bardzo podobną budowę ciała co ludzie i z biologicznego punktu widzenia (od genomiki po anatomię, 32 zęby i układ kości, a nawet budowę mózgu) różnice są bardzo małe. Stąd wynikają też podobieństwa zachowań. Szympansy:

- rodzą się po 9 miesiącach tak jak ludzie i żyją do 60 lat,
- urządzają grupowe polowania i potrafią współpracować w czasie polowań;
- porozumiewają się między sobą w trakcie polowań i podziału łupów;
- wydają ostrzegawcze okrzyki jeśli w okolicy jest jakiś szympans, które jeszcze nie dostrzegł węża;
- prowadzą wojny plemienne, wykazują podobne zachowania agresywne do ludzi;
- mają ustaloną hierarchię w stadzie, zależną przede wszystkim od doświadczenia i wieku, u samców również od siły;
- niemowlaki do pierwszego roku życia mają całkowitą swobodę i nie są karczone;
- ustalanie hierarchii w stadzie jest złożonym procesem, w którym agresja pełni mniejszą rolę niż lekceważenie, ignorowanie, odsuwanie od wspólnej zabawy czy odmowa iskania;
- mają złożony system rozładowania napięć, walka i agresja kończy się często pocieszaniem i wzajemnym przeproszaniem;
- dzieci przebywają 8 lat pod opieką matki ucząc się zachowań społecznych i hierarchii w stadzie (w niewoli żyją do 60 lat);
- matki wspierają swoich potomków w zajmowaniu wysokich pozycji w stadzie; koalicje zależą od pokrewieństwa;
- samice opiekują się również sierotami i kalekami;
- podział ról podobny jak u ludzi - polowanie i ochrona terytorium to domena samców, zbieranie owadów i wychowanie dzieci to zajęcia samic;
- młode samice [bawią się kijkami](#) traktując je jak lalki;
- seks nie ogranicza się do okresu rui, nie jest dla nich związany ściśle z prokreacją, ale zabawą i przyjemnością;
- używają i robią narzędzia, np. przygotowują kije do robienia dziur i cieńsze jako wędki na termity i mrówki, oraz kije z zaostrzonym końcem jako dzidy do polowania;
- jedzą aż 300 gatunków roślin i owoców; znają równie dużo gatunków, które należy omijać;
- uczą się przez obserwację innych szympansów i ludzi; potrafią się nauczyć robić prymitywne narzędzia kamienne;
- znają radość odkrycia, reakcję "Eureka" - po okresie myślenia rozwiązują nietrywialne problemy, np. wlewając wodę do cylindra by orzeszek wypłynął do góry ;
- mimika małp naczelnych jest bardzo bogata, choć nie potrafią ukryć swoich prawdziwych uczuć;
- potrafią oszukiwać i mają poczucie winy; są do siebie głęboko przywiązane i przeżywają śmierć swoich bliskich;
- mają poczucie sprawiedliwości, potrafią wyrażać zbiorową opinię przez zbiorowe hałasowanie powstrzymując nieuzasadnioną agresję członka grupy;
- niektóre ich zachowania (np. wynik łaskotania) można interpretować jako śmiech, a małpy nauczone języka migowego wykazują poczucie humoru;
- zachodzi u nich ewolucja kulturowa: "wynalazki" przekazywane z pokolenia na pokolenie;
- szorują sobie zęby i czyszczą uszy zwiniętymi liśćmi, dbając o higienę;
- przy tworzących się po silnych deszczach wodospadach obserwowano [spontaniczne tańce](#) i wpadanie w trans;
- lokalne obyczaje, sposoby pozdrowień, zachowania, sposób używania narzędzi, czyli [kultura](#), różni się u grup szympansów żyjących na różnych terytoriach.



Film PBS Nova, pokazywany przez National Geographic, "[Małpa geniuszem](#)" (Ape Genius) pięknie ilustruje wyniki badań nad szympansami. Problemem człowieka i w znacznie większym stopniu małp człekokształtnych jest regulacja emocjonalna, duża impulsywność, brak motywacji, brak wzajemnej stymulacji emocjonalnej.

Kliki pawianów w ZOO w Bronx cechuje wysoka inteligencja społeczna. Przykład z książki "[Reguła Przetrwania](#)" Vitusa Dröschera, który opisuje: wyrafinowane formy powitań, intrygi, walka o władzę, kliki, etykieta "dworu" przywódcy, taktyczne oszustwa, radości i stresi, konieczność odreagowania, instytucja "chłopca do bicia", pomaganie silniejszemu, sojusze i zdrady, bunty i rewolucje. Ich zachowanie, polegające głównie na knuciu intryg, nie różni się od zachowania wielu ludzi i potrafi być niemal równie wyrafinowane. [Opis jest tutaj](#). Zachowanie członków takiego stada przypomina serial obyczajowy ...



Na wyspie małp (Cayo Santiago) w pobliżu Puerto Rico naukowcy obserwują zachowania makaków,

Na Nowej Zelandii dyskutowana była propozycja uznania antropoidów za "osoby" w sensie prawa. [Projekt Wielkich Małp](#) porównuje ich sytuację do umysłowo upośledzonych.

### Różnice pomiędzy ludźmi i człekokształtnymi.

Mając znacznie większe mózgi ludzie są znacznie bardziej zorientowani na życie wewnętrzne, zajmując się wytworami własnego umysłu, podczas gdy umysły zwierząt zorientowane są na analizę zdarzeń "teraz i tutaj", pozwalającą im skupić się i szybko reagować by przeżyć. W znacznie mniejszym stopniu zorientowane są na planowanie i wyobrażanie sobie przyszłości, chociaż są do tego w pewnym stopniu również zdolne.



Oczekiwanie nagrody stwarza przymus natychmiastowego działania, ale cierpliwość może prowadzić do większej nagrody (Rosati i inni 2007). Ludzie mogą sobie wyobrazić przyszłość i podejmować decyzje, które są dla nich korzystne w dłuższym okresie czasu.

Zwierzęta zorientowane są na teraźniejszość, są impulsywne, co utrudnia im współdziałanie wykraczające poza ewolucyjnie wykształcone zachowania grupowe. Jednakże polowania uczą je cierpliwości, nie rzucają się w pogoni za zwierzyną zanim nie nadejdzie odpowiedni moment; może to być podstawą do rozwinięcia mechanizmu odroczonej nagrody.

Szympansy (bonobo i zwykłe) wykazują dużą cierpliwość, czekając na nagrodę w postaci jedzenia nawet dłużej niż dorośli ludzie, co nie jest zaskakujące, bo ludziom na jedzeniu nie zależy tak bardzo jak szympansom. Ludzie wykazują większą cierpliwość jeśli chodzi o nagrody pieniężne, mają odmienny mechanizm nagrody i przypisywania wartości.

**"Teoria umysłu"**, pozwalająca dziecku w wieku 4-5 lat spojrzeć na świat z czyjegoś innego punktu widzenia (np. przekonywająco kłamać, by manipulować rodzicami), wydaje się być znacznie lepiej rozwiniętą cechą człowieka, wymagającą dużej wyobraźni.

Czym jest teoria umysłu? Ludzie wnioskuje na temat intencji obserwowanych zwierząt lub ludzi oceniając ich działania w określonym środowisku, co pozwala im zrozumieć stany mentalne i cele stojące za zachowaniami. Wood i inni. (2007) pokazali, że rezusy, tamarynki i szympansy w spontaniczny sposób też wyciągają takie wnioski na podstawie kontekstu działań. Wyklucza to proste skojarzenia percepcji i działania (zachowania sensomotoryczne). Skojarzenia są konieczne, ale nie wystarczają do zrozumienia inteligencji, potrzebne jest odwołanie do pamięci epizodycznej, przypomnienie kontekstu.

Dzięki teorii umysłu możliwa jest przybliżona racjonalność działania bez konieczności symbolicznego rozumowania (Pavinelli).

**Eksperymenty pokazały**, że **człękkształtne małpy mają teorię umysłu** i kiedy w czasie nieobecności eksperymentatora zmieni się miejsce ukrycia przebranej za małpę osoby wiedzą, gdzie eksperymentator będzie jej szukał ([Krupenye i inni, 2016](#)). Potrafią więc sobie wyobrazić sytuację z punktu widzenia innej osoby lub małpy.

Małpy człękkształtne mają jednak słabo rozwiniętą teorię innych umysłów: nie podążają wzrokiem w tym samym kierunku, w którym patrzy inna małpa lub człowiek, lub za wskazówkami dawanymi za pomocą gestów, nie mają potrzeby dzielenia się odkryciami z innymi, nie współpracują ze sobą (np. nie ułatwią innej małpie zerwania owoców przytrzymując gałąź).

Pozornie niewielkie różnice pomiędzy homo sapiens i innymi człowiekowatymi umożliwiły zupełnie inny rozwój dzięki rozwijaniu współpracy i wzajemnej nauce. Najważniejszym momentem w ewolucji naszego gatunku mogło być pojawienie się wspólnej intencjonalności, synchronizacji uwagi, umożliwiającej wspólne działania.

Nie należy porównywać człowieka współczesnego żyjącego w rozwiniętym technologicznie środowisku 21 wieku z człękkształtnymi małpami. Nawet [plemiona izolowane](#) czy np. [Sentinelczycy](#), prawdopodobnie nie znający nawet ognia, są bardziej rozwinięci niż obecnie żyjące małpy człękkształtne.

"Genom, w ogóle układ chromosomów, zawiera wręcz niewiarygodnie bogatą skarbnicę informacji, które zostały nagromadzone wskutek przebiegu w najwyższym stopniu pokrewnego uczeniu się metodą prób i błędów" ([Konrad Lorenz](#)).

**Instynkt** to wrodzona predyspozycja do pewnych zachowań, jest wynikiem mikroprogramów w mózgu sterujących zachowaniem.

**U ludzi do instynktów** zaliczyć można instynkt samozachowawczy, macierzyński, moralny, motywacyjny, poczucie sprawiedliwości; są też liczne reakcje instynktowne dotyczące percepcji, poczucia wstrętu, uczenia się mowy czy chodzenia na dwóch nogach.

Instynkty zwierząt można wyzwolić pobudzając prądem fragmenty śródmózgowia, lub zmienić instynkty gatunkowe przeszczepiając embrionom fragmenty mózgu innego gatunku - tworząc **chimery**.

Chimery kurczaków i japońskich przepiórek (1997): postawa i sposób nawoływania zamienia się jeśli przeszczepić fragment śródmózgowia i fragment tylnej części pnia mózgu.

Przeszczep przedniej części śródmózgowia wywołuje preferencje do reakcji na głos ptaka od którego przeszczepiono komórki. Chimera chodziła jak kurczak ale wydawała i reagowała na odgłosy przepiórki. Mózgi muszą być dostatecznie podobne by transplantacja się udała.



Na uniwersytecie Sun Yat Sena stworzono **chimery różnych gatunków** gryzoni wykorzystując komórki macierzyste.

**Geep** = koza + owca, wyhodowana w 1984 roku, zmieszane komórki na poziomie embrionalnym, ma kawałki skóry z sierścią i kawałki z wełną.

Naturalnie poczęte chimery to: **liger** = lew + tygryś (wielkie zwierzę!), **tiglon** = lwica + tygryś, **kot Ashera** = hybryda serwala, azjatyckiego leoparda i kota, stojąc na łapach ma ok. 120 cm.

Jest też **osłomuł**, **zebroid** i **zebrula**, **zedonk** i inne krzyżówki.

Większość chimery ma dla człowieka znaczenie czysto poznawcze, ale pamiętajmy, że **muł** (skrzyżowanie klaczy konia domowego z ogierem osła) to najbardziej znana przydatna chimera.

Czy powstaną chimery ludzkie?

**Połączono DNA człowieka** z DNA królika, krowy i owcy, na razie tylko na poziomie niewielu komórek, embriony rozwijały się do 3 dni, skończyło się na 32 komórkach, ale kto wie co się stanie w przyszłości.

Badania te motywowane są chęcią stworzenia przydatnych do przeszczepu ludzkich narządów w ciele zwierząt.

Opisano **mikrochimeryzm**, ponad 30 przypadków ludzi, którzy mają niektóre narządy z innymi chromosomami niż w komórkach z innych części ciała, co może się zdarzyć w wyniku podwójnego zapłodnienia.

Pokazano migrację komórek płodu myszy do ciała matki, zwłaszcza okolic uszkodzonych, np. serca. Matkom chorym na serce poprawia się zdrowie.

Również u ludzi to pokazano ([Male Microchimerism in the Human Female Brain](#)).

Zaskakująca wiadomość, na razie potwierdzona tylko w kilku przypadkach to wpływ przeszczepu szpiku kości na DNA biorcy: nie tylko DNA w komórkach krwi uległo przemianie ale we wszystkich badanych tkankach, łącznie z całkowitą wymianą na DNA dawcy w spermie! Co

więcej, szpik kobiet przeszczepiony mężczyznom daje im też żeńskie chromosomy w komórkach. Jak to wpłynie na potomstwo na razie nie wiadomo (New York Times, When a DNA Test Says You're a Younger Man, Who Lives 5,000 Miles Away, 7.12.2019). Problemem zmian DNA zainteresowani są kryminolodzy.

Warto pamiętać, jak hipokrytyczny jest stosunek ludzi do zwierząt (czyli "mięska"). Setki milionów kurczaków zabijanych jest codziennie. Wysoka inteligencja świń - wyższa niż psów - nie chroni ich przed złym traktowaniem, chociaż "ty świnię" jest może w niektórych kulturach mniej pogardliwe niż "ty psie".

Psy potrafią lepiej nam się podlizywać ([odczytywać ludzkie intencje](#)), więc są uważane za inteligentne i są obecnie rzadko zjadane. Czy odczytywanie ludzkich intencji słusznie uznajemy za najważniejszą cechę świadczącą o inteligencji? Psy rzucają się na ciężarówkę, próbując je ugryźć - czy to świadczy o ich odwadze czy głupocie?

Kotów również nie hoduje się na skóry czy mięso. Zwierzątka domowe objęte są częściowym tabu, w Unii Europejskiej obowiązuje zakaz handlu psim mięsem.

W czasach głodu również w Europie jadano psy i koty. Do tej pory w niektórych regionach Szwajcarii można dostać [potrawy z psów i kotów](#).

**Zadanie:**

**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?**

**Jakie są istotne różnice pomiędzy naczelnymi a pozostałymi zwierzętami na poziomie budowy biologicznej (od genów, komórek, budowy ciała do mózgow) a jakie w zakresie ich zdolności poznawczych?**

**Jakie funkcje afektywno-poznawcze wydają się być unikalne tylko dla małych naczelnych? Spróbujcie oprzeć się na kilku konkretnych przykładach.**

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 człękoksztalnych?
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 węchu?
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 człękoksztalnych?
18. Jakie zdolności poznawcze wykazują ptaki? Świnie?
19. Czy bardziej inteligentne są psy czy świnię?
20. Jak bada się samoświadomość zwierząt?
21. Jakie zwierzęta przeszły test Gallupa?
22. Jak można sprawdzić, czy zwierzę ma jakąś formę samoświadomości?
23. Czy zwierzęta mają świadomość autooetyczną?
24. Jakie jest podobieństwo genetyczne człowieka i małych człękoksztalnych?
25. Dlaczego kora mózgu szympansa jest 8 razy mniejsza niż u człowieka?
26. Jaki procent zmiany DNA odpowiedzialny jest za zmienność dziedziczną człowieka?
27. Co to jest syndrom "mąrego Hansa"?
28. Jakie są możliwości porozumiewania symbolicznego antropoidów?
29. Co świadczy o inteligencji społecznej szympansov?
30. Jakie są główne różnice w możliwościach poznawczych antropoidów i ludzi?
31. Jakie zachowania ludzi nie są prawdopodobnie możliwe dla człękoksztalnych małych?
32. Z czego mogą wynikać różnice w możliwościach poznawczych antropoidów i ludzi?
33. W jakim stopniu małpy są zdolne do nauki języka?
34. Co to jest instynkt? Jakie instynkty widać u ludzi?
35. Jakie znasz chimery?
36. Jak procesy epigenetyczne mogą wpłynąć na proces ewolucji?
37. Jak wygląda kompromis pomiędzy stabilnością i plastycznością w przypadku genomu?
38. Jakie pozostałości po praprzodkach homo sapiens można zaobserwować u ludzi?
39. Jakie błędy ewolucji można zauważyć w budowie ciała człowieka?

40. Jakie receptory by się nam przydały ale ewolucja nie potrafiła ich stworzyć?
41. Dlaczego ludzie nie mają gęstego owłosienia tak jak większość ssaków?
42. Jaki jest prawdopodobny mechanizm powstawania nowych gatunków?
43. Jak ewolucja kulturowa może wpływać na biologiczną?
44. Opisz jakiś przykład koewolucji.
45. Dlaczego ptaki wykazują wysoką inteligencję pomimo małych mózgów?
46. Czy zwierzęta zdolne są do zachowań altruistycznych?
47. Jakie mogły być główne przyczyny rozwoju ludzkiego umysłu?
48. Czy ludzkie mózgi są znacznie większe niż można się spodziewać po wielkości człowieka?
49. Co to jest medycyna ewolucyjna? Podaj jakieś przykłady jej odkryć.
50. Dlaczego mamy tak znaczne podobieństwo genetyczne do gryzoni?

## Literatura

### Filmy:

Planete+

[Bakterie - mikroskopijni władcy świata](#)

[Niesamowity małpi świat](#) |

### Interesujące linki:

Do książki F.J. Futuyma, Evolution 4th ed 2021, jest [companion site](#) podsumowujący rozdziały, oraz flashcards do sprawdzania wiedzy, warto się przetestować.

[Archeowieści](#), prehistoria, paleontologia. | [Becoming human](#) | [DNA Ancestry project](#) | [Medycyna ewolucyjna](#)

[The Matrix of Comparative Anthropogeny \(MOCA\)](#), informacje o różnicach między ludźmi i małpami naczelnymi.

[Cognitive Evolution Group](#). | [Cognitive Evolution Lab](#), Harvard.

[Język u zwierząt](#). | [Canine cognition lab](#). [All about chimps](#) (infografika interakcyjna)

- [Calvin William](#), Jak myśli mózg. Wydawnictwo CIS, Warszawa 1997
  - Dawkins R, [Samolubny gen](#), Prószyński 2007
  - [Dawkins Richard](#), Ślepy Zegarmistrz. PIW, W-wa 1994
  - Dawkins Richard, Wspinaczka na szczyt nieprawdopodobieństwa, Prószyński 1998
  - Diamond J, Trzeci szympan. PIW 1992.
  - Diamond J, Strzelby, zarazki i maszyny. Prószyński i S-ka, Poznań 2000
  - Doidge N. (2017). Mózg zmienia się sam. Wyd. Vital.
  - Dröscher V. B, Reguła przetrwania (PIW, Warszawa 1982)
  - [Futuyma D.J: Ewolucja](#), Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2005 (4th ed 2021, [companion site](#)).
  - Goodall J, Przez dziurkę od klucza. 30 lat obserwacji szympanów (Prószyński i Ska 1995)
  - Johnson Mark, Znaczenie ciała, Estetyka rozumienia ludzkiego. Wyd. Uniw. Łódzkiego 2015
  - [Leakey R](#), Pochodzenie człowieka. Wydawnictwo CIS, W-wa 1995
  - Marcus G, Prowizorka w mózgu. O niedoskonałościach ludzkiego umysłu. SAW Smak Słowa 2009
  - Prum R.O. Ewolucja Piękna. Jak darwinowska teoria wyboru partnera kształtuje świat zwierząt i nas samych? Copernicus Center Press, Kraków 2019
  - Ryszkiewicz M, Nieodłączni towarzysze. Świat Nauki 2/2009.
  - Shubin N.H, Nasze zimnokrwiste ciała. Świat Nauki 2/2009.
  - Shreeve J, Zagadka neandertalczyka. W poszukiwaniu rodowodu współczesnego człowieka. Prószyński 1998.
  - [Frans de Waal](#), Małpa w każdym z nas. Dlaczego seks, przemoc i życzliwość są częścią natury człowieka? Copernicus Center Press, 2015;  
Bystre zwierzę. Czy jesteśmy dość mądrzy, aby zrozumieć mądrość zwierząt? (wydanie II);  
Ostatni uścisk Mamy. Emocje zwierząt i co one mówią o nas samych.  
Wiek empatii. Jak natura uczy nas życzliwości.
  - [Frans de Waal](#), Małpy i filozofowie. Skąd pochodzi moralność? Copernicus Center Press, 2013.
  - [Frans de Waal](#), Bonobo i ateista. W poszukiwaniu humanizmu wśród naczelnych. Copernicus Center Press, 2015.
  - White M. Gribbin J, Darwin - żywot uczonego. Prószyński i S-ka, Warszawa 1998
- 
- 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.
  - Bonner J, The Evolution of Culture in Animals (Princeton University Press, Princeton 1980)
  - 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
  - Duch W, Mandziuk J, Quo Vadis Computational Intelligence? In: Machine Intelligence. Quo Vadis? Eds: P. Sinčák, J. Vaščák, K. Hirota. Advances in Fuzzy Systems - Applications and Theory - Vol. 21, World Scientific, 2004, pp. 3-28
  - Grehan J.R, Schwartz J.H, [Evolution of the second orangutan](#): phylogeny and biogeography of hominid origins. Journal of Biogeography, 2009
  - Hammerstein P (red.) The Genetic and Cultural Origins of Cooperation. Cambridge: MIT Press, 2003

- Hauser, M.D., Chomsky, N, Fitch, W.T. (2002). The faculty of language: What is it, who has it, and how does it evolve? *Science*, 298, 1569-1579.
- Hobaiter C, Byrne R.W. The gestural repertoire of the wild chimpanzee. *Anim Cogn*. 2011 May 1;: 21533821
- Hopper, L. M., Schapiro, S. J., Lambeth, S. P, Brosnan, S. F. (2011). Chimpanzees' socially maintained food preferences indicate both conservatism and conformity. *Animal Behaviour*. doi:10.1016/j.anbehav.2011.03.002
- LeDoux Joseph, [The deep history of oneself](#): The Four-Billion-Year Story of How We Got Consciousness (Viking Books, 2019)
- Lewis M, Self-conscious emotions and the development of self. In Shapiro T, Emde RN (Eds), *Affect: Psychoanalytic Perspectives*. Madison, CT: International Universities Press, Inc, 1992, pp. 45-73.
- Margulis Lynn, *Symbiotyczna planeta*, tłum. Marcin Ryszkiewicz, Warszawa 2000, Wyd. CiS
- McComb K, Baker L, Moss C, [African elephants](#) show high levels of interest in the skulls and ivory of their own species. *Biology Letters* 2 (2006) 26-28
- 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.
- M. Osvath, Spontaneous planning for future stone throwing by a male chimpanzee. 19(5), R190-R191, 2009. *Current Biology* 2009.
- Povinelli, D.J. (2000). Folk physics for apes: The chimpanzee's theory of how the world works. Oxford: Oxford University Press
- Penn, D.C, Povinelli D.J. [On Becoming Approximately Rational](#): The Relational Reinterpretation Hypothesis. *Rational Animals, Irrational Humans*. S. Watanabe, A. P. Blaisdell and L. Huber. Tokyo, Keio University Press (w druku).
- Penn, D.C, Holyak KJ, Povinelli D.J. [Darwin's mistake](#): Explaining the discontinuity between human and nonhuman minds. *Behavioral and Brain Sciences* 2008
- Peterson, J. *12 rules for life. An Antidote to Chaos*. Random House Canada, 2018.
- Pinker, S. *Zmierzch przemocy. Lepsza strona naszej natury*. Zysk i Ska, 2015
- Portin P. [Evolution of man](#) in the light of molecular genetics: a review. Part I. Our evolutionary history and genomics. *Hereditas* 144(3):80-95, 2007; Part II. Regulation of gene function, evolution of speech and of brains. *Hereditas* 145(3):113-25, 2008.
- D. Premack, G. Woodruff, [Does the chimpanzee have a theory of mind?](#), *Behavioral and Brain Sciences* 1, 515-526, 1978.
- Pyyysiäinen I, Hauser M. (2010) [The origins of religion](#): evolved adaptation or by-product? *Trends in Cognitive Sciences* 14(3), pp 104-109
- Rosati, A.G., Stevens, J.R., Hare, B., & Hauser, M.D. (2007). The evolutionary origins of human patience: Temporal preferences in chimpanzees, bonobos, and human adults. *Current Biology*. 17(19): 1663-1668.
- Rowe TB, Macrini TE, Luo Z-X. Fossil Evidence on the Origin of the Mammalian Brain. *Science*, May 20, 2011. DOI: 10.1126/science.1203117
- Savage-Rumbaugh E.S, Lewin R. *Kanzi: The Ape at the Brink of the Human Mind* (John Wiley & Son 1996)
- 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.
- Schwartz J.H, *The Red Ape: Orangutans and Human Origins, Revised and Updated*. Westview Press, 2005.
- S. Shultz, R. Dunbar. Encephalization is not a universal macroevolutionary phenomenon in mammals but is associated with sociality. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2010; DOI: 10.1073/pnas.1005246107
- B.P. Stearns, S.C. Stearns: [Watching, from the Edge of Extinction](#). New Haven, CT: Yale University Press, 1999
- Temple G, Johnson C, [Animals in Translation](#), Using the Mysteries of Autism to Decode Animal Behavior. Harvest Books 2006.
- [Frans de Waal, Good Natured](#): The Origins of Right and Wrong in Humans and Other Animals (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1996);
- Frans de Waal, [Peacemaking among Primates](#) (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1989).
- Frans de Waal, [The age of empathy](#) (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1989).
- Wood, J, Glynn, D, Phillips, B. i Hauser, M. (2007). The perception of rational, goal-directed action in nonhuman primates. *Science*. 317(5843):1402-1405.

---

Cytowanie: Włodzisław Duch, Wstęp do Kognitywistyki. Rozdz. 7: Umysł i Ewolucja I. UMK Toruń 2020.

W. Duch, [Wstęp do kognitywistyki - spis treści](#) | Następny wykład: [A07b: Umysł i ewolucja: ludzie](#).