

## Honorata Korpikiewicz

### KOSMOS

**Kosmos**, w ogólnym znaczeniu: wszystko, co nas otacza: Wszechświat, albo Świat (z dużej litery). Nazwa **Kosmos** pochodzi od Pitagorasa (ok. 572-497 p.n.e) bądź jego uczniów, którzy pierwsi nazwali otaczający Świat Kosmosem – czyli **Ładem** lub Porządkiem (*Kosmos*, *κοσμος* = *ład*, /gr./).

Pitagorejczycy poszukiwali w Kosmosie harmonii i doskonałości. Uważali Ziemię za kulistą, umieszczoną nieruchomo w centralnym punkcie Świata. Był to **pogląd geocentryczny**, (*γη* *Gea* - *ziemia*, *κεντρο* – *środek*, /gr./) panujący aż do czasów przyjęcia **teorii heliocentrycznej** (*ηλιοζ* - *Helios* – *Słońce*, *κεντρο* - *centrum*, *środek*, /gr/). Mikołaja Kopernika. Dookoła nieruchomej Ziemi miały krążyć ciała niebieskie w następującej kolejności: Księżyc, Słońce, Merkury, Wenus, Mars, Jowisz, Saturn).

Skoro Wszechświat – Kosmos miał być doskonały, to musiał być zbudowany z doskonałych elementów. Podstawowym elementem ładu i zasadą wszechrzeczy była liczba. Liczba jeden miała oznaczać punkt, dwa – linię, trzy – figurę płaską, cztery – kształt bryły, pięć – własności fizyczne. Sześć – symbolizowała życie, siedem – duszę, a osiem – miłość. Dziewiątka – sprawiedliwość, a dziesiątka – doskonałość Wszechświata. Na doskonałość Wszechświata składały się więc figury geometryczne - punkt, prosta, figura płaska, bryła:  $1+2+3+4=10$ . Filolaos (V wiek p.n.e.) pitagorejczyk, przyjmując taki obraz Świata, do znanych ciał Układu Słonecznego – który wtedy stanowił cały Wszechświat - postulował istnienie jeszcze dwóch nieznanymi: Przeciwiemi, oraz Ognia Centralnego - Hestii. W taki sposób udoskonalił liczbę ciał doskonałego Kosmosu do 10-ciu. W centrum Kosmosu znajdował się Święty Ogień, a pozostałe ciała obiegały go po orbitach kołowych ruchem jednostajnym: Przeciwiemia, Ziemia, Księżyc, Merkury, Wenus, Słońce, Mars, Jowisz, Saturn. Poza Saturnem znajdowała się sfera gwiazd stałych. Nie był to wszakże układ heliocentryczny, choć Ziemia była w ruchu: w środku Świata bowiem znajdował się Ogień Centralny.

Dla pitagorejczyków teoria ruchów ciał niebieskich była matematyką proporcji: odległości od Ziemi do poszczególnych ciał niebieskich miały przedstawiać określone ciągi liczb, powiązanych ze sobą doskonałą regułą. Miał być nią związek pomiędzy liczbami całkowitymi a harmonią tonów, odkryty przez Pitagorasa: odległości planet od centrum Kosmosu miały odpowiadać tonom harmonicznym. Rozmieszczenie planet na ich orbitach musiało być źródłem niezwykłych dźwięków, nazwanych **harmonią sfer**. Najwyższe dźwięki miały wydawać planety najdalsze – Jowisz i Saturn, a planety bliższe – dźwięki niższe. Pogląd o harmonii sfer dotrwał aż do najwcześniejszych prac Jana Keplera (1571-1630).

Koncepcja doskonałości Świata, a więc kulistości ciał i ruchu jednostajnego po okręgach, była przyjęta przez Platona (ok. 427 –347 p.n.e.). Kula, zajmująca przy obrocie tę samą część przestrzeni, została uznana za twór geometrycznie doskonały, a ruchem doskonałym miał być ruch jednostajny (ze stałą prędkością) po okręgu. Ciała niebieskie miały być boskie, a więc wieczne, a ich ruch można było przedstawić tylko za pomocą ruchu kołowego. Doskonałość kształtów i ruchów miała być odbiciem świata idei, na wzór którego Demiurg zbudował świat materialny (alegoria jaskini w VII księdze *Państwa* Platona).

Z pojęciem doskonałości Świata łączyły się **żywioty**, z których miał być zbudowany Świat: woda, ogień, ziemia, powietrze. Matematycy greccy odkryli, że istnieje 5 brył doskonałych – wielościanów foremnych, których ściany są regularnymi, równymi sobie wielokątami: (czworościan- tetraedr, sześciąt –heksaedr, ośmiościan – oktaedr, dwunastościan – dodekaedr, dwudziestościan – ikosaedr. Platon w dialogu *Timaios* ogłosił, że te wielościany są podstawą budowy żywiołów: ogień – składał się z czworościanów, ziemia – ze sześciąt, woda – z dwudziestościanów, powietrze – z ośmiościanów. Ciała ziemskie miały być zmienne, przechodzące jedne w drugie. Natomiast Kosmos miał być niezmienny. Arystoteles, uczeń Platona, wprowadził więc piątą, najdoskonalszy żywioł pozaziemski, nazwany **eterem** lub później **quinta essentia** – (*quintus* –piaty, *sum, fui, esse* – być, istnieć /*ać*/).

Pitagorejsko-platońska idea doskonałości budowy i ruchów ciał niebieskich była trudna do obronienia w świetle obserwacji ruchów planet: ich ruch dla ziemskiego obserwatora nie jawił się jako jednostajny, ale na tle nieba planety wykazywały pętle. Ażeby mimo wszystko, pozostać na gruncie ruchów doskonałych, próbowano usunąć tę sprzeczność przy pomocy skomplikowanych teorii geometrycznych.

Najwcześniejszą koncepcją astronomii matematycznej była teoria **sfer homocentrycznych** Eudoksosa z Knidos (ok. 408-355 p.n.e.): Ziemię otacza przezroczysta sfera ze środkiem w środku Ziemi, która obraca się razem ze sferą gwiazd stałych, wewnątrz niej znajdują się kolejno 4 sfery. Planeta jest przytwierdzona do równika czwartej sfery, a każda ze sfer obraca się ze stałą prędkością wokół osi przytwierdzonej w poprzedniej sferze. Ruch planety opisuje więc ruch wszystkich 4 sfer. W teorii Eudoksosa było 27 sfer (po 4 dla każdej z planet, po 3 dla Księżyca i Słońca (nie obserwowano ich ruchów wstecznych) i jedna dla sfery gwiazd stałych). Koncepcję Eudoksosa przejął Arystoteles komplikując koncepcję do 55 sfer.

Inna próba dopasowania teorii Świata do obserwacji była teoria **ekscentryków oraz epicykli i deferentów** Apolloniosa z Perge (ok. 262 – ok. 200 p.n.e.) – były to konstrukcje geometryczne na płaszczyźnie: planeta poruszała się po okręgu zwanym epicyklem, a środek epicykla poruszał się wokół Ziemi po większym okręgu – deferencie, ponadto Ziemia nie leżała dokładnie w środku deferenta, tylko nieco z boku (ekscentryk). Koncepcje i konstrukcje Apolloniosa przejął Ptolemeusz (ok. 100-168 n.e.). Zarówno Ptolemeusz, jak i jego następcy modyfikowali teorię dodając kolejne epicykle planet.

Pojawianie się pętli w ruchu planet na niebie udało się wytłumaczyć dopiero przyjmując **teorię heliocentryczną** Mikołaja Kopernika; wynikają one z nałożenia się ruchu planety po orbicie i ruchu obserwatora, znajdującego się na ruchomej Ziemi. Jednakże Kopernik za starożytnymi przyjmował, że planety poruszają się po okręgach ruchem jednostajnym. Zmusiło go to do przyjęcia pewnej ilości epicykli i deferentów (szczególnie w teorii ruchu Księżyca). Dopiero porzucenie ruchów po okręgach, które nastąpiło wraz z odkryciem przez Jana Keplera 3 praw ruchów planet, oraz późniejszego wyprowadzenia ich z teorii powszechnej grawitacji Izaaka Newtona (1642-1727), pozwoliło opisywać ruch planet na podstawie praw mechaniki nieba, które wynikają z prawa powszechnej grawitacji.

### **Cykliczność Świata (Wszehświata)**

Przekonanie o doskonałości ruchów po okręgach – cyklicznych, powtarzalnych, odbiło się nie tylko na rozwoju teorii dotyczącej obrotów ciał Układu Słonecznego. Zrodziło także pogląd o **cykliczności Świata (Wszehświata)**, (oraz cykliczności życia człowieka).

Wszechświat miał co jakiś czas ginąć w kataklizmach i odradzać się w identycznej formie, jak to twierdzili m.in. Heraklit z Efezu (540-480 p.n.e.), Empedokles z Akragantu (490 - 430 p. n. e) i stoicy (ok. III-II w. p.n.e.). Jeśli Kosmos ulegał zagładzie, to także ginął człowiek, a odradzanie się Świata wiązało się również z odradzaniem się człowieka. Według Heraklita, który utworzył pierwszy model **apokatastazy kosmicznej** (*αποκαταστασις* = *apokatastasis* - *ponowne włączenie, odnowienie, /gr./*) - Kosmos jest wieczny i ta wieczność jest realizowana poprzez niekończący się cykl kataklizmów – świat ginie w ogniu – ale odradza się w tej samej formie. Symbolem tych przemian była metafora koła, linii bez początku i bez końca.. Empedokles natomiast podkreślał znaczenie zmagania sił kosmicznych: Miłości i Nienawiści. W zależności od zwycięzcy – albo istnieje Świat, albo pochłania go ogień. Według stoików bóg, niezniszczalny i wieczny, jest zawarty w materii jako logos, i to on cyklicznie pochłania substancję Świata, by ją znowu z siebie zrodzić. Narodziny i zagłada powtarzają się nieskończoną ilość razy, bez początku i końca.

W patrystyce greckiej (nauce starożytnych ojców Kościoła) apokatastaza była przekonaniem o przywróceniu po kataklizmie całego stworzenia do pierwotnej doskonałości. Czasem nazywany je teorią „pustego piekła” – wszyscy zostaną zbawieni. W katolicyzmie pogląd ten nie jest popularny i traktowany raczej jako symbol ostatecznego zwycięstwa dobra nad złem.

W filozofii Wschodu – buddyzmie – istnieje ważne pojęcie - **kołowrotu życia i śmierci** (inaczej: narodzin i śmierci). Buddyzm, którego założycielem był Siddhartha Gautama, nazwany Buddą (560-480 p.n.e.) głosi metempsychozę – wędrówkę dusz. **Samsara** – to cykl kolejnych reinkarnacji (kolejnych wcieleń), któremu podlegają wszystkie istoty żywe, nawet boskie. Jedynie osiągnięcie najwyższego oświecenia (nirwany) pozwala się wyzwolić z kołowrotu kolejnych wcieleń.

Koncepcję cykliczności Świata głosił w czasach nowożytnych Giordano Bruno (1548-1600). Jednakże nie rozumiał jej tak jak starożytni – powrotu po kataklizmie do tego samego stanu, tylko jako powrót do *podobnych* zjawisk. W taki sposób był możliwy **rozwój**, a historia Świata przebiegała nie po zamkniętym kole, ale po spirali. Substancja Świata jest zawsze ta sama; cokolwiek powstaje, rodzi się z tego, co już było, poprzez przemianę. Rozwój więc następuje przez rotację, obrót, **kołowrót zdarzeń**. Kolejną różnicą w stosunku do poglądów starożytnych był ateizm Bruna. Uważał, że Wszechświat jest mechanizmem, złożonym z wielkiej ilości obracających się tarcz, a podstawową zasadą jest „**prawo kołowrotu**”, to ono jest stwórcą Świata. Bruno stosował także prawo kołowrotu do ludzi – fortuna kołem się toczy, a czas wszystko daje i wszystko odbiera; rządceni stają się rządzonymi i na odwrót.

We współczesnej kosmologii teorie cykliczności Świata są raczej mało popularne. W związku z próbą przewyższenia konsekwencji wzrostu entropii (śmierci cieplnej Wszechświata) rozważa się **oscylacyjny model kosmologiczny** Tolmana, kiedy to w kolejnych Wszechświatach entropia podczas ekspansji wzrasta, ale podczas kontrakcji maleje. Natomiast w związku z hipotezą tensora Weyla wysuwa się hipotezę, że jeśli Wszechświat odrodzi się na nowo po Wielkim Krachu, entropia w nim będzie maleć, czyli będą obowiązywały inne prawa przyrody.

**Mikrokosmos** – teoria filozoficzna wywodząca się z myśli greckiej, że całości niższego rzędu są obrazami (odbiciem) całości rzędu wyższego. Najczęściej to człowiek miał być odbiciem Kosmosu; idea ta przedstawiana była w postaci rysunku „człowieka kosmicznego” – kształt człowieka z naniesionymi na tło jego ciała symbolami obiektów kosmicznych: Słońca, Księżyca i planet. Symbol człowieka kosmicznego przeniknął do astrologii; gdzie obrazował wpływy poszczególnych obiektów niebieskich na różne organa. W sensie potocznym – mi-

krokosmos to świat obiektów drobnych, niedostrzegalnych, możliwych do zarejestrowania przy pomocy przyrządów optycznych, np. mikroskopu. Nie należy mylić pojęcia mikrokosmosu z **mikroświatem** – jest to świat zjawisk kwantowych.

**Makrokosmos** – to przeciwieństwo mikrokosmosu i w dosłownym znaczeniu – świat zjawisk o dużych rozmiarach („makroskopowych”), porównywalnych z wymiarami człowieka. W fizyce – świat ciał, do których nie potrzeba stosować praw kwantowych.

**Akosmizm.** W epoce oświecenia rozważano problem, czy Kosmos istnieje realnie, czy może jest tylko sumą wrażeń zmysłowych? Przecież nasz obraz rzeczy materialnych jest tylko odbiciem wrażeń zmysłowych i istnieje tak długo, jak długo te wrażenia odbieramy. Może również rzeczy istnieją tylko wtedy, gdy są postrzegane? Wg George`a Berkeley`a (1685-1753), rzeczywiste jest tylko to, co postrzegamy. *Esse = percipi (istnieć = być postrzeganym /łac/)*. Gdy wrażeń zmysłowych brak, nic nie potrafimy powiedzieć o obserwowanym przedmiocie i o świecie. Berkeley wzorował się na empiryzmie Johna Locke`a, tworząc swój skrajny idealizm subiektywny – solipsyzm: *solus, -a, -um –sam jeden; ipse = ja sam (łac.)*, istnieją tylko ja sam. Wątpliwości takie zrodziły pogląd że cały Wszechświat jest jedynie złudzeniem zmysłów albo atrybutem boga: **akosmizm** (Kosmosu nie ma, nie istnieje).

**Wszechświat** – współczesny odpowiednik pojęcia **Kosmos**. Na ogół używamy tych określeń zamiennie; w kosmologii zdaje się przeważać termin „Wszechświat”. Współczesny Wszechświat bardzo się rozrósł w porównaniu do pojęcia starożytnych, dla których był złożony głównie z pięciu planet Układu Słonecznego, wraz ze Słońcem i Księżycem, oraz „sfery gwiazd stałych”. Odkryto kolejne planety: Urana (1781), Neptuna (1846) i Plutona (1930). Ich odkrycie było triumfem mechaniki nieba – odkryto je na podstawie zakłóceń (perturbacji) ruchu planet sąsiednich. Wiele z planet ma księżyce, które obiegają je podobnie jak ziemski Księżyc obiega Ziemię. W Układzie Słonecznym znajdują się także mniejsze ciała – planetoidy, ciała meteorowe i komety. Planetoidy są rozmieszczone głównie w pasie pomiędzy Marsem a Jowiszem, oraz w pasie Kuipera, poza orbitą Neptuna. Plutona zalicza się dziś do planetoid pasa Kuipera. Wszystkie te ciała obiegają Słońce.

Słońce jest gwiazdą, jakich znajduje się w naszej Galaktyce – Drodze Mlecznej ok. 150 miliardów. Nasza Galaktyka jest otoczona mgławicami i gromadami kulistymi gwiazd – jest to halo galaktyczne. Takich galaktyk są miliardy. Oprócz gwiazd na różnych etapach ewolucji (karły, olbrzymy, nowe, supernowe, neutronowe, pulsary, czarne dziury), gromadzących się czasem w gromady, galaktyki zawierają także pył międzygwiazdowy - mgławice: jasne (emisyjne, gazowe) i ciemne (pyłowe). Oprócz „zwykłych” galaktyk (optycznych) w przestrzeni kosmicznej znajdują się także radiogalaktyki i kwazary (quasi-gwiazdy, prawdopodobnie są to galaktyki, widoczne z ogromnej odległości). Galaktyki gromadzą się w gromady i, prawdopodobnie, także układy wyższego rzędu. Czasem nazywa się je metagalaktykami, chociaż wielu kosmologów nazwę tę stosuje do całego, dostępnego obserwacjom Wszechświata (**Metagalaktyka** – przez M- duże).

**Kosmogonia** – pochodzi od Kosmos (*Wszechświat, ład, porządek, γονος (gonos) – nasienie, rodzenie, pochodzenie, /gr./*). Jako wiedza naukowa jest to dział astronomii, zajmujący się ewolucją Układu Słonecznego i innych układów planetarnych.

Natomiast **mit kosmogoniczny**, kosmogonie różnych ludów, kosmogonia przednaukowa, to opowieści o powstaniu Świata (Wszechświata), często wraz z człowiekiem, zachowane w różnych kulturach w mitologiach i religiach. Taka kosmogonia może się łączyć z **teogonią** – opisem stworzenia Świata przez Boga (bogów). Jest to **kosmogonia kreacyjna**. W kosmogo-

niach często występuje pojęcie **chaosu** (czeluści, otchłani, nieporządku, jednorodności, bezładu), z którego miał powstać Świat. Rzadziej jest to pustka, próżnia, nicłość. Np. kosmogonia kreacyjna Platona zakładała ukształtowanie Kosmosu przez Demiurga z odwiecznie istniejącej materii w stanie chaosu.

**Kosmogeneza** – pochodzi od Kosmos oraz *γενεσις* (*genesis*) – na początku./gr/. Słowo geneza określa pochodzenie, powstanie, i było pierwszym słowem Księgi Rodzaju, Pierwszej księgi Mojżeszowej (I Księgi Biblii, należącej do Starego Testamentu) – po hebrajsku Bereszit, po grecku: genesis. W wiedzy o Wszechświecie, zarówno kosmogonia, jak i rzadziej używana kosmogeneza, oznacza wiedzę o pochodzeniu i ewolucji Układu Słonecznego i innych układów planetarnych.

Za początki **naukowej kosmogonii** uważa się prace Kartezjusza (Rene Descartes, 1596-1650). Do jego czasów Świat uważany był za twór stabilny i niezmienny, nie ewoluujący. On pierwszy głosił **materiałną jedność** nieba i Ziemi oraz zakładał, że Układ Słoneczny nie istnieje wiecznie. Jego składniki wciąż się zmieniają i wyewoluowały z form prostszych w formy bardziej złożone. Według niego Bóg stworzył materię w stanie chaosu i ustanowił prawa przyrody, według których Świat się dalej rozwijał. Układ Słoneczny, jak i hipotetyczne inne układy planetarne, miały powstawać z „wichrów” materii wirujących wokół własnej osi.

Odkrycie praw ruchu planet przez Jana Keplera i wyprowadzenie ich z prawa powszechnego ciężenia, pozwoliło zrozumieć, dlaczego ciała niebieskie kontynuują ruch po orbicie w określony sposób, jednak nie tłumaczyło, jak się na owych orbitach znalazły. Inaczej: grawitacja wyjaśniała składową radialną siły działającej na planetę, natomiast drugą jej składową, tangencjalną, Izaak Newton tłumaczył boskim „pierwszym pchnięciem”: *primum mobile* = *pierwsza przyczyna ruchu, łac./.*

Według Immanuela Kanta (1724-1804) w pierwotnym pyłowym obłoku chaotycznie poruszającej się materii działały siły przyciągania i odpychania. Te ostatnie uniemożliwiły zapadnięcie się obłoku pod wpływem siły grawitacji. Wirowanie mgławicy powodowało kondensację materii w pierścienie i „wybrzuszenia”, z których powstawało Słońce i planety. Jego koncepcja nie wyjaśniała jednak, w jaki sposób obłok zaczął się obracać – zaprzeczala zasadzie zachowania momentu pędu, gdyż wypadkowa ruchów chaotycznych daje zero.

Pierre Simon de Laplace (1749-1827) założył, że moment pędu pierwotnej mgławicy gazowej był różny od zera (mgławica się obracała). To założenie wyjaśniało obrót mgławicy i późniejszy obrót planet na orbitach. Jednak żadna z hipotez nie tłumaczyła rozkładu momentu pędu pomiędzy Słońce (2 %) i planety (98%). Z tego względu zwrócono się ku hipotezom katastroficznym: zderzenia Słońca z kometą (Georges Leclerc Buffon, 1707-1788), zderzenia się Słońca lub zbliżenia się gwiazdy do Słońca (James Hopwood Jeans (1877-1946), Harold Jeffreys (1891-1989), bądź rozpadu układu podwójnego gwiazd, w skład którego wchodziło Słońce (Raymond Arthur Lyttleton, 1911-1995). Hipotezy te tłumaczyły obrót mgławicy wyrwanej ze Słońca, jednak nie wyjaśniały jej kondensacji w planety.

Zwrot ku hipotezom ewolucyjnym nastąpił wraz z ogłoszeniem przez Wasilija G. Fiesienkowa (1889-1972) hipotezy ewolucji mgławicy pyłowej i hipotezy Otto Jurija Szmida (1891-1956), który zakładał ewolucję wirującego obłoku pyłowo-gazowego, otaczającego wcześniej Słońce. Planety powstawały więc po uformowaniu się Słońca. Niezależnie hipotezę o powstawaniu planet z zimnych bryłek ciał meteorowych, wysunął Harold C. Urey (1893-1981). Żadna z tych hipotez nie tłumaczyła jednak rozkładu momentu pędu pomiędzy Słońce i planety i dlatego Szmidt założył, że pierwotna mgławica, która miała już pewien moment obrotowy

wy, została wychwycona przez Słońce z przestrzeni międzygwiazdowej. Innym wytłumaczeniem stała się hipoteza Hannesa Alfvena (1908-1995) i Freda Hoyle'a (1915-2001) tłumacząca, że rozkład momentu obrotowego w Układzie Słonecznym nastąpił przy udziale silnego pierwotnego pola magnetycznego („szprychy magnetyczne”). Natomiast Evry Schatzman (1920) założył wybuchową przeszłość Słońca jako gwiazdy typu *T Tauri*, której wybuch spowodował wyrzucenie szybko wirującej otoczki, która utworzyła pierścień protoplanetarny.

Współczesne badania, szczególnie ewolucji małych ciał Układu Słonecznego, dowodzą, że istnieje związek ewolucyjny pomiędzy nimi. Przyjmuje się, że planety Układu powstały z otaczającego Słońce wirującego obłoku zimnych ciał meteorowych, które zderzając się ze sobą zlepiły w coraz większe bryły.

**Kreacjonizm** - (*creatio* – stwarzam, /łac./) to pogląd o boskiej ingerencji w stworzenie Świata (Wszechświata, wraz z człowiekiem), dominujący do czasu przyjęcia teorii ewolucji Karola Darwina (1809-1882). Kreacjonizm jest poglądem religijno-filozoficznym i wiąże się z teizmem bądź deizmem.

**Teizm** (*θεός* - *theos* – bóg, /gr./) – to przekonanie, że istnieje Bóg (bogowie) stwarzający Świat i ingerujący w jego zdarzenia. W odróżnieniu od niego **deizm** (*deus* = bóg, /łac./) to pogląd przyjmujący stworzenie Świata przez Boga, który jednak nie ingeruje w swoje dzieło. Według deistów racjonalizm Świata i stałość praw przyrody jest dowodem na istnienie Boga, nie mieszającego się do spraw Świata.

**Ateizm** (*a-* zaprzeczenie, *theos* – bóg /gr./), przekonanie o nieistnieniu Boga (bogów). Na gruncie filozofii przyrody ateizm jest tożsamy z przekonaniem o naturalnym, na drodze ewolucji, pochodzeniu zarówno przejawów życia we Wszechświecie (darwinowska ewolucja) jak i powstaniu wszystkich struktur materii nieożywionej (kosmologia - ewolucja Wszechświata, w tym ewolucja układów planetarnych - kosmogonia).

**Panteizm** jest poglądem filozoficznym utożsamiającym Boga ze światem przyrody – Wszechświatem. Bóg-Przyroda przenika każdą cząstkę Świata, czyniąc każdy element materii uduchowionym. Panteizm neguje istnienie boga rozumowego. Ma swoje korzenie w starożytności (stoicyzm, neoplatonizm, teozofia, filozofia Giordano Bruno (1548-1600) i Benedykta Spinozy (1632-1677).

Natomiast **panenteizm** (*pan en theo* – wszystko w Bogu; *παν* - wszystko, /gr./) był niejako poglądem szerszym: wszystko pochodzi od Boga i wszystko jest w Bogu, także Wszechświat, jednakże Bóg jest czymś więcej, niż tylko Wszechświatem, jak uważali panteiści. Jednym z przedstawicieli panenteizmu był Pierre Teilhard de Chardin (1881-1955), zwolennik teorii ewolucji, który stworzył ewolucjonizm chrześcijański. Według niego Świat jest cząstką Boga i ewoluuje od punktu Alfa do Omega, mających początek i koniec w Jezusie Chrystusie. Materia i duch stanowią nierozdzielalną całość, a Bóg jest we wszystkim, co nas otacza. Ewolucja przebiega w kierunku coraz większego udziału pierwiastka duchowego w materii Świata.

**Kosmologia** – dziedzina wiedzy, powstała na pograniczu fizyki teoretycznej i astronomii, zajmująca się naukowym wyjaśnianiem pochodzenia, struktury i ewolucji Wszechświata jako całości (*Kosmos* = Ład, *λογος* - *logos* = słowo, prawo /gr./). Michał Heller nazywa ją **kosmologią empiryczną** w odróżnieniu od **kosmologii filozoficznej**, której głównym celem jest rozumienie miejsca człowieka w świecie.

Do czasów Kartezjusza Świat (Wszechświat) uważano za obiekt stały, nieewoluujący. Rene Descartes pierwszy podjął problem ewolucji Świata (Wszechświata); jego teorię dziś odnosimy do pochodzenia Układu Słonecznego, a więc do kosmogonii.

Albert Einstein (1879-1955) w 1915 roku sformułował ogólną teorię względności, której równania przewidywały ruch galaktyk w przestrzeni (oddalanie się lub zbliżanie). Jego model kosmologiczny opierał się na geometrycznych własnościach czasoprzestrzeni, która miała być zakrzywiona i zamknięta. Wynikało z tego, że zarówno promień Wszechświata, jak i zawarta w nim materia, są skończone. Świat miał być skończony (miał skończoną objętość), ale nieograniczony (żaden jego punkt nie był topologicznie wyróżniony). Z poczynionych założeń wynikało, że średnia gęstość materii jest stała zarówno w czasie jak i w przestrzeni.

Kosmologiczne rozważania Einsteina wynikły zarówno z wpływu racjonalistycznej filozofii Benedykta Spinozy jak i pozytywistycznych poglądów Ernsta Macha (1838-1916). Od Spinozy przyjął przekonanie, że Wszechświat jest systemem logicznie zamkniętym, a jego własności można wyprowadzić geometrycznie z najogólniejszych idei. Od Macha - że nie istnieje absolutna przestrzeń i absolutny czas, są to pojęcia nieempiryczne.

Jednakże jeżeli wszystkie ciała we Wszechświecie mają masę grawitacyjną, pojawić powinien się ruch, jako wynik przyciągania się ciał. Niemożliwe jest bowiem, żeby materia ta była rozłożona w nieskończonej przestrzeni doskonale równomiernie. Einstein przekonany o statyczności Wszechświata, założył istnienie sił przeciwstawnych grawitacji i dodał do swych równań słynną „stałą kosmologiczną”, zwaną dziś czasem „największym błędem Einsteina”.

Inne rozwiązanie równań Einsteina, znalezione jako drugie z kolei, zwane jest **modelem kosmologicznym Willema de Sittera** (1872-1934): czasoprzestrzeń Wszechświata jest zakrzywiona, ale pusta. Jednak obliczenia Georges'a Lemaitre'a (1894-1966) wykazały, że taki Wszechświat musi podlegać ewolucji. Jeśli w pustej czasoprzestrzeni umieścić dwie cząstki materialne to okaże się, że promieniowanie wysłane przez jedną z nich obserwator znajdujący się na drugiej będzie odbierał jako przesunięte ku czerwieni: cały Wszechświat musi się zacząć rozszerzać. Alexander Friedmann (1888-1925) doszedł do wniosku, że rozwiązania Einsteina i de Sittera są przypadkami szczególnymi (o dodatniej krzywiznie przestrzeni); w ogólności krzywizna Wszechświata może być dodatnia, ujemna lub zerowa i może zmieniać się w czasie - Wszechświat może się kurczyć lub rozszerzać.

W 1912 roku Vesto Melvin Slipher (1875-1964) odkrył, że widmo wielu obserwowanych galaktyk jest przesunięte ku czerwieni. Fakt ten zinterpretowano zgodnie z efektem Dopplera - oddalaniem się obiektu od obserwatora i nazwano **ucieczką galaktyk**. W 1929 roku Edwin Hubble (1889-1953), opierając się na wyznaczonych prędkościach galaktyk, sformułował prawo, nazwane **prawem Hubble'a**: przesunięcie ku czerwieni linii w widmie (prędkość oddalania się galaktyki -  $v$ ) jest proporcjonalne do odległości ( $r$ ) od nas obserwowanej galaktyki, stałą w tej proporcji jest tzw. **stała Hubble'a**:  $v = H \times r$ .

Ucieczkę galaktyk uznano za dowód na ogólną **ekspansję (rozszerzanie się) Wszechświata**. Nawiązując do wyników Hubble'a, Georges Lemaitre powtórzył odkrycie Friedmanna, budując swój model rozszerzającego się Wszechświata (dziś zwane są one modelami Friedmanna-Lemaitre'a). Jeśli Wszechświat się rozszerza, to maleje w nim gęstość materii oraz jej temperatura. Ekstrapolując w tył otrzymujemy w przeszłości gorący Wszechświat, zagęszczony w jednym punkcie – **praatomie**. Wybuch praatomu – **Wielki Wybuch** – był początkiem istnienia Wszechświata i przyczyną do dziś obserwowanej jego ekspansji. Pozostałością po gorącej fazie Wszechświata miało być **promieniowanie tła (promieniowanie reliktove)**, przewi-

dziane w 1896 roku przez C.E. Guillaume, a potem w 1948 roku przez G. Gamow, które odkryto w 1965 roku. Model Wszechświata oparty na Wielkim Wybuchu, nazywamy **modelem standardowym**.

Teoria narodzin galaktyk w ochładzającym się Wszechświecie wymagała, by na pewnym etapie jego rozwoju zaczęły w nim powstawać zagęszczenia materii, co powinno uwidocznić się w anizotropii promieniowania szczałkowego. Jednak, pomimo poszukiwań, na taką anizotropię nie natrafiano. W 1981 roku Alan Guth (1947) wprowadził **teorię inflacji**, która uzasadniała, dlaczego Wszechświat jest właśnie jednorodny i izotropowy. Wynikało z niej, że młody Wszechświat, w wieku  $10^{-35}$  sekundy, doznał gwałtownego rozszerzenia, powiększając swe rozmiary  $10^{30}$  razy, co wygładziło wszelkie zagęszczenia i niejednorodności. Za siłę sprawczą inflacji, a nawet całego Wielkiego Wybuchu, uznano bardzo długie i cienkie nici, zbudowane z fałszywej próżni, nazwane **strunami kosmicznymi**. Struny miały powstawać jako wynik przejść fazowych we wczesnym, szybko stygnącym Wszechświecie, a przewidywał ich istnienie Thomas Kibble. Struny badał także Jakov Borysowicz Zeldowicz. Zrodziła się nadzieja, że teoria strun pozwoli wyjaśnić tworzenie się galaktyk oraz różnorodnych ich form. Model inflacyjny wzmocnił pozycję modelu jednorodnego i izotropowego Wszechświata, który miał ekspandować zgodnie z tempem modelu płaskiego.

Izotropowość Wszechświata jednakże okazała się fikcją i zbędne się stało jej uzasadnianie teorią inflacji: w 1992 roku ogłoszono odkrycie anizotropii mikrofalowego promieniowania tła. Amplituda odchyłeń od doskonałej izotropii wynosi około 30 mikrokelwinów. Jeszcze wcześniej udało się odkryć niejednorodność materii Wszechświata ze stosunkowo „bliskiej” przeszłości: nierównomierny rozkład galaktyk i ich gromad. Ujawniono istnienie ogromnych struktur galaktycznych: Wielki Atraktor i Wielki Mur. Ogromna „ściana” galaktyk, ciągnąca się około miliard lat świetlnych (Wielki Mur) okazała się największą z odkrytych struktur Wszechświata.

Wielu kosmologów stoi jednak na stanowisku, że obserwacyjna niejednorodność Wszechświata nie odzwierciedla prawdziwej jego struktury. Można bowiem przypuścić, że Wszechświat jest jednorodny, jak zakładają standardowe modele Friedmanna-Lemaitre'a, ale większość materii jest dla nas niewidoczna - nie świeci. Nie znając jej ilości we Wszechświecie nie jesteśmy w stanie oszacować średniej gęstości Wszechświata i dokonać wyboru pomiędzy modelem Wszechświata rozszerzającego się w nieskończoność a modelem oscylującym - od Wielkiego Wybuchu - do Wielkiego Zapadania. Obserwacje zdają się wskazywać, że Wszechświat ekspanduje według modelu płaskiego, jednak w takim przypadku średnia gęstość materii powinna być równa **gęstości krytycznej**, ok.  $5 \times 10^{-30} \text{ g/cm}^3$ . Obserwacje i proste rachunki pokazują, że materii, zgromadzonej w obserwowanych na niebie obiektach, jest znacznie, ok. 100x mniej. Większość zawarta jest w gwiazdach, gazie i pyłe. Jest to przede wszystkim materia świecąca, choć obserwujemy także ciemne obłoki pyłowe, a to dzięki świeceniu obiektów, znajdujących się poza nimi. Zakłada się więc, że dominująca część materii Wszechświata (90-99%) zawarta jest w tzw. **ciemnej materii**, której nie potrafimy jeszcze zarejestrować: gaz i pył, małe ciała - komety i ciała meteorowe, układy planetarne, gwiazdy na pewnym etapie ewolucji (słabo świecące białe karły, brązowe karły, gwiazdy neutronowe czy czarne dziury). Istnieje także możliwość, że duża część ciemnej materii zawiera się w cząstkach elementarnych, pozostałych po Wielkim Wybuchu (neutrinach, hipotetycznych axionach czy WIMP-ach - słabo oddziałujących masywnych cząstkach, i in.). Wykrycie ciemnej materii jest możliwe jedynie przez obserwację pośrednią - efektów, jakie jej obecność wywołuje w otoczeniu. Problem ten został najobszerniej opracowany dla **czarnych dziur**. Możliwość ich istnienia wynikała z Ogólnej Teorii Względności, która opisywała je jako ciała



o tak silnej grawitacji, że nic nie może ich opuścić, nawet światło. Nie można zaobserwować ich bezpośrednio, jedynie zarejestrować spadającą na nie świecąca materię, albo efekt ugięcia obrazu odległej galaktyki.

Zakrzywienie biegu promieni światła przez materię pozwoliło przewidzieć taki szczególny przypadek tego zakrzywienia, gdy źródło wysyłające światło, zakrzywiająca masa grawitacyjna oraz ziemski obserwator znajdują się na jednej linii. Wtedy masa grawitacyjna ugina i zwielokrotnia obraz znajdującego się za nią źródła światła. Na niebie pojawiają się dwa (lub nawet kilka) obrazy źródła, przy czym ich wzajemna odległość kątowa jest proporcjonalna do pierwiastka kwadratowego z masy tak utworzonej **soczewki grawitacyjnej**. Światło z obydwu obrazów soczewkowanego obiektu nie dociera do obserwatora jednocześnie. Bywa, że soczewkowany kwazar wykazuje zmienność blasku - w takim przypadku jego obrazy będą rozjaśniały się i ściemniały niejednocześnie. Odstęp czasu pomiędzy tymi zjawiskami zależy od wzajemnego usytuowania źródła, soczewki i obserwatora, a także od geometrii Wszechświata. Ta z kolei, jak to pokazują modele kosmologiczne, jest związana ze średnią gęstością materii oraz stałą Hubble'a. Im krótszy więc czas upływa między odbiorem dwóch obrazów tego samego kwazara (dwoma jego rozbłyskami), tym mniejszy jest Wszechświat i tym większe tempo jego ekspansji, czyli stała Hubble'a. Można więc niezależnie od pomiarów widm galaktyk ocenić wielkość stałej Hubble'a i dokonać przewidywań co do przyszłości Wszechświata - czy będzie się rozszerzał w nieskończoność, czy też po ekspansji nastąpi kontrakcja.

Dotychczasowe metody pozwoliły na wyznaczenie stałej Hubble'a w granicach 50-100 km na sekundę na megaparsek (najczęściej przyjmuje się wartość 75 km /s.x Mpc). Obliczenia oparte na soczewkowaniu grawitacyjnym nie pozwoliły jak dotąd uściślić tego wyniku. Rachunki wskazują bowiem na wartość 20 - 100 km na sekundę na megaparsek. Jednak na uwagę zasługuje fakt otrzymania stałej Hubble'a w podobnych granicach, całkiem inną metodą.

Dla oceny przyszłości Wszechświata i wyboru pomiędzy jego wiecznym rozszerzaniem się a modelem oscylacyjnym, potrzebna jest ocena średniej gęstości materii w przestrzeni. Większa bowiem gęstość oznacza większe hamowanie ekspansji przez grawitacyjne oddziaływanie materii, a więc malenie tempa ekspansji wraz z upływem czasu. W konsekwencji ekspansja „zatrzymuje się” i rozpoczyna się kurczenie. Aby ocenić spowalnianie ekspansji (tzw. **parametr deceleracji**), korzysta się z przewidzianego przez standardową kosmologię zjawiska wzrostu rozmiarów kątowych obiektów w funkcji przesunięcia ku czerwieni. Porównując więc obraz obiektów w stosunku do ich „poczerwienienia” można ocenić spowolnienie ekspansji, a na jego podstawie średnią gęstość Wszechświata. Niektóre oceny wskazują na gęstość krytyczną Wszechświata. Dla przyszłości Wszechświata oznacza to sytuację graniczną pomiędzy nieskończoną ekspansją a oscylacjami. Inne, na gęstość poniżej gęstości krytycznej, co oznacza, że spełniony jest warunek dla rozszerzania się Wszechświata do nieskończoności. Jednakże nie znamy udziału ciemnej materii we Wszechświecie, co może zmienić oceny gęstości materii całkowitej.

Wartość stałej Hubble'a oraz gęstość materii jest także konieczna dla uściślenia **wieku Wszechświata**. Jak dotąd różne sposoby jego obliczania prowadzą do różniących się znacznie wyników. Na podstawie stosunku izotopów radioaktywnych i stabilnych otrzymujemy wiek w granicach 6,5 - 21 miliardów lat, w zależności od wyboru pary izotopów. Biorąc pod uwagę ewolucję gromad gwiazd dostajemy wiek zawarty pomiędzy 14 - 18 miliardami lat. Wiek modelowego Wszechświata jest uzależniony od sposobu, w jaki on ewoluuje: Im większa jest gęstość zawartej w nim materii tym szybciej ekspansja zostaje wyhamowana.

Oprócz modelu standardowego, wprowadzającego pojęcie **Wielkiego Wybuchu**, istniały konkurencyjne teorie, np. **Wszechświata stacjonarnego** autorstwa Hermanna Bondiego (1919-2005), Thomasa Golda (1920-2004) i Roberta Hoyle'a (1915-2001). Wszechświat jako całość, miał pozostawać niezmienny, a stałą gęstość materii w nim zapewniała **kreacja materii**.

Obecnie coraz większe grono kosmologów (w Polsce – Konrad Rudnicki) dopuszcza możliwość, że „ucieczka galaktyk” jest pozorna, a przesunięcia w widmach mają inne źródło, np. wynikają ze starzenia się materii - upływającego wieku Wszechświata. Podnosi się zarzut, że ani temperatura promieniowania tła, ani charakter jego anizotropii, nie jest zgodny ze scenariuszem standardowego modelu Wielkiego Wybuchu. Co więcej, przesunięcia w widmach mają nieco inną wartość, niżby to wynikało z efektu Dopplera. Jeśli miałyby one być efektem oddalania się galaktyk, należałoby uzupełnić teorię o inne jeszcze hipotezy, np. dotyczące zmęczenia światła, istnienia nieznanymi cząstek elementarnych czy obłoków międzygalaktycznej plazmy.

**Śmierć cieplna Wszechświata** – to pogląd o wyrównywaniu się temperatur (energii we Wszechświecie), nieustannym wzroście **entropii** aż do stanu, w którym jakikolwiek rozwój nie będzie już możliwy.

Obecnie obiekty Wszechświata są bardzo zróżnicowane pod względem temperatury. Wnętrza białych i błękitnych olbrzymów osiągają prawdopodobnie około 20-50 milionów kelwinów, powierzchnie gwiazd mają kilka tysięcy kelwinów, natomiast w próżni temperatura osiąga wartość bliską zera bezwzględnego (promieniowanie reliktove ma ok. 3 kelwiny). **II zasada termodynamiki (zasada wzrostu entropii)** jest matematycznym sformułowaniem prawa, w myśl którego nie można wykonać pracy na koszt ciała, obniżając jego temperaturę poniżej temperatury otoczenia. Zbudowanie silnika, który by pracował pobierając ciepło z otoczenia, zmuszając ciepło, by płynęło od ciała chłodniejszego do cieplejszego, wciąż podnosząc jego temperaturę, jest niemożliwe. Taki hipotetyczny, nieistniejący silnik Wilhelm Ostwald (1853-1932) nazwał **perpetuum mobile drugiego rodzaju**. Jego działanie przeczy II zasadzie termodynamiki, która można również sformułować: nie jest możliwe zbudowanie perpetuum mobile drugiego rodzaju. (*perpetuum mobile = wiecznie, nieustająco ruchome, /tać./*)

Każdy rodzaj energii może zostać zamieniony na energię cieplną. Natomiast proces odwrotny jest możliwy tylko w pewnych, ściśle określonych warunkach. Na tym właśnie polega **nieodwracalność procesów** Wszechświata. Wszystkie ciała Wszechświata dążą do wyrównania swoich temperatur: gorące do ochłodzenia, wypromieniowując swoje ciepło w przestrzeń, natomiast chłodne - do ogrzania się, pochłaniając ciepło. Zasada wzrostu entropii wyznacza kierunek przebiegu procesów we Wszechświecie: wszystkie dążą do równowagi, aż do osiągnięcia letniej, równej dla wszystkich obiektów temperatury. Jest to **termodynamiczna strzałka czasu**. Obecnie entropia Wszechświata stale wzrasta i kiedyś w przyszłości osiągnie wartość największą. Nie będzie już wtedy możliwy przepływ ciepła ani jakikolwiek proces, ponieważ każdy musi być związany ze wzrostem entropii. Ustaną więc procesy narodzin i śmierci: gwiazd, galaktyk, istot żywych. Wszechświat osiągnie swój kres, zwany **śmiercią cieplną**.

Takie wnioski wyciągnął z II prawa termodynamiki William Thompson (Kelvin) (1824-1907). Wkrótce po nim do tego przekonania doszedł sam Rudolf Clausius (1822-1888), który sformułował II zasadę. Także Ludwig Boltzmann (1844-1906) pierwotnie podzielał wiarę w śmierć cieplną Wszechświata, choć później przeciwstawił się tej koncepcji, wysuwając **hipotezę fluktuacyjną**: wzrost entropii jest w obserwowanym Wszechświecie o wiele

bardziej prawdopodobny niż jego spadek; ten ostatni nie jest jednak niemożliwy. Wszechświat istnieje wiecznie i osiągnął już stan równowagi cieplnej, choć niektóre jego obszary mogą odchyłać się od tego stanu. Zjawisko takie nazwał **fluktuacją**. Gdzieś tam tworzą się w nim stany mało prawdopodobne, czyli mniejsze lub większe fluktuacje. Takim stanem musi być obserwowany przez nas Wszechświat, ze względu na mało prawdopodobny w nim rozkład energii, który jednak był konieczny dla narodzin życia. Ale i „nasza” fluktuacja prędzej czy później musi zniknąć, ustępując miejsca stanowi równowagi. W ten sposób wciąż jedne światy się rodzą, a inne umierają.

Koncepcja śmierci cieplnej Wszechświata, jak i sama II zasada w postaci sformułowanej przez Clausiusa, spotkały się z krytyką. Przez filozofów były one traktowane jako stanowisko idealistyczne i zwalczane przez materializm dialektyczny. Jeśli bowiem jest możliwe istnienie maksimum entropii (śmierć cieplna), to musiało istnieć na początku Świata minimum entropii, utożsamiane z jego początkiem. Rozumowanie takie przytaczano często jako **entropijny dowód stworzenia Świata**. Jednakże przekonanie o uporządkowaniu materii (minimum entropii) na początku Świata kłóciło się z tradycyjnymi kosmogoniami i wierzeniami o powstaniu Świata z chaosu.

Henri Poincare (1854-1912) wysunął hipotezę, że nie ma zjawisk nieodwracalnych, a te, które za takie uważamy, powracają do stanu wyjściowego w bardzo długich okresach czasu (tzw. **twierdzenie o powrocie**). Istnieje więc pewna preferencja Przyrody odnośnie kierunku przebiegu zjawisk, z tym, że zdarzają się także zjawiska biegnące w odwrotnym kierunku.

Alternatywą dla śmierci cieplnej stało się poszukiwanie procesów antyentropijnych.

Takimi były **ruchy Browna** odkryte przez angielskiego botanika Roberta Browna (1773-1858) w 1827 roku: każda mikroskopijna „cząstka” unosząca się w cieczy wykonuje nieregularne ruchy, które są widoczne pod mikroskopem. Takie ruchy „cząstek” można było wyjaśnić przy pomocy teorii atomistycznej; były one dowodem istnienia atomów oraz cząsteczek i ich wzajemnych zderzeń, jak również fluktuacji gęstości.

Przewidziane teoretycznie przez Boltzmanna fluktuacje potwierdził eksperymentalnie Marian Smoluchowski (1872-1917). Opierając się na hipotezie Poincarego, że powrót do stanu sprzed wzrostu entropii wymaga znacznie dłuższego czasu, próbował czas ten skrócić, przechodząc od makroukładów do mikroukładów.

Doświadczenia te pokazały niewłaściwość ścisłego rozumienia II zasady termodynamiki, która spadła do poziomu reguły, ważnej tylko w grubszym przybliżeniu i w zwykłym sformułowaniu okazała się niesłuszna. Nieodwracalność jest tylko subiektywnym wrażeniem ludzkiego obserwatora i wynika z faktu dokonywania obserwacji w zbyt krótkim czasie. Każdy stan, najbardziej nawet „nieprawdopodobny”, z biegiem czasu nastąpi.

**Termodynamika relatywistyczna** Richarda C. Tolmana (1881-1948) na bazie teorii względności prowadziła do wniosku, że równowaga termodynamiczna zależy nie tylko od temperatur, ale również od potencjałów grawitacyjnych ciał. Wyrównanie się temperatur nie oznacza śmierci cieplnej. Dopóki będą istnieć różnice potencjałów grawitacyjnych, entropia będzie wzrastać nigdy nie osiągając maksimum. Wszechświat więc dąży do maksimum entropii, jednak w nieskończoności. Tolman zaproponował **oscylacyjny model kosmologiczny**, w którym podczas ekspansji Wszechświata entropia wzrasta, ale w czasie kontrakcji – maleje. Kolejne fazy mają coraz większą amplitudę i trwają coraz dłużej, a entropia kolejnych ekspansji jest coraz większa. Entropia dąży do nieskończoności, ale w nieskończonym czasie.

W grawitacji widziano więc ratunek na odsunięcie śmierci Wszechświata w nieskończoność. Nie znano jeszcze czarnych dziur, które okazały się potężnymi źródłami entropii: grawitacyjne zapadanie się materii do stadium czarnej dziury – oznacza ogromny wzrost entropii, przy których wyrównywanie się temperatur ma niewielkie znaczenie. W 1965 roku odkryto **promieniowanie reliktowe** – pozostałość po Wielkim Wybuchu, które długi czas uważano za największe źródło entropii. We wczesnej fazie istnienia Wszechświat był wypełniony izotermicznym i jednorodnym gazem o temperaturze ok. 3000 K. Było to 300 000 lat po Wielkim Wybuchu, kiedy Wszechświat stał się przezroczysty dla promieniowania. Nie ma uporządkowania gazu, jest tylko gorący chaos o entropii znacznie wyższej niż obecnie. W gorącym, ekspandującym Wszechświecie teoria zakłada istnienie fluktuacji gęstości, które odkryto w 1992 roku, i które na skutek grawitacyjnego zapadania rozrosły się do obserwowanych współcześnie obiektów kosmicznych. Po ok. 20 miliardach lat promieniowanie reliktowe ochłodziło się do ok. 3 K. Entropię promieniowania relikowego ocenia się jako  $10^8$  fotonów na barion. Jeśli we Wszechświecie znajduje się  $10^{80}$  barionów, to całkowita entropia pochodząca z promieniowania relikowego wynosi  $10^{88}$ . Jednakże ekspansja Wszechświata niweczy wzrost entropii, gdyż przestrzeń się rozszerza. W efekcie ilość fotonów w jednostce objętości nie zmienia się w czasie.

Nie tylko grawitacja, ale także inne siły przyrody dążą do maksymalizacji entropii: siła grawitacji, elektromagnetyczna, jądrowa oraz Fermiego wiążą elementy Kosmosu, przekształcając część ich masy w energię, zgodnie z wzorem Einsteina  $E = mc^2$ . Pierwsze trzy siły mogą tworzyć struktury trwałe. Siła grawitacji może stworzyć czarną dziurę, siły elektromagnetyczne – gazy szlachetne, siły jądrowe – jądra żelaza. Gdyby ekspansja odbywała się wolniej, wszystkie nukleony zostałyby wbudowane w jądra żelaza. Powstałby stan trwały i stabilny, o maksymalnej entropii jądrowej. Także gdyby nie niezwykle gorąco początkowego stadium Wszechświata, które tłumilo wszelkie zaczątki kondensacji, dążność sił grawitacyjnych mogłaby zostać zrealizowana do końca – powstałaby jedna super czarna dziura. Entropia wynikająca z działania sił grawitacji znacznie przewyższa entropię promieniowania relikowego, a entropia promieniujących gwiazd jest przy nich praktycznie do pominięcia. Siły grawitacji, w których Tolman znajdował nadzieję na odsunięcie śmierci cieplnej w nieskończoność, mogą stać się źródłem jeszcze większej entropii

W obecnym Wszechświecie, możliwość przyciągania się i łączenia czarnych dziur w coraz większe obiekty prowadzi do nieograniczonego wzrostu entropii – w **Wielkim Końcu** (Wielkim Krachu) – maksymalnej. Być może wybuch takiej końcowej czarnej dziury może zapoczątkować kolejny **Wielki Wybuch** i kolejny etap ekspansji Wszechświata.

Rozważania na temat śmierci cieplnej wiodą do wniosku, że entropia Wszechświata wzrasta, chociaż są czynniki, przeciwdziałające temu wzrostowi, a także, że nie musi z jej wzrostu wynikać, że w przeszłości była minimalna. Niektórzy fizycy uważają, że entropia może wzrastać w obu kierunkach czasu (współcześnie Roger Penrose <1931>, a wcześniej Willard Gibbs <1839-1903>). Niektórzy badacze w promieniowaniu tła i strukturze wszechświata widzą dowód, że przeszłość była gorącym jednorodnym chaosem. Inni, opierając się na konsekwencji II zasady, wbrew obserwacjom i tradycji, umieszczają przeszłość Wszechświata w minimum entropii. Z hipotezy tensora Weyla (opisującego krzywiznę pustej przestrzeni, bez materii) wynika, że osobliwości początkowa i końcowa mają się od siebie różnić. Jeśli prawdziwy byłby model pulsacyjny Wszechświata, to entropijny stan końcowy jednej fazy byłby jednocześnie stanem początkowym kolejnej fazy rozwoju. Inaczej więc, jak w modelu Tolmana, w kolejnej fazie Wszechświata, zjawiska przebiegały by w kierunku malejącej entropii. Oznaczałoby to, że prawa fizyki nie są **transcendentne**, niezależne od istnienia

Wszechświata, ale **immanentne**, manifestujące się w naszym Wszechświecie dzięki jego istnieniu.

**Zasada kosmologiczna** – to ogólne twierdzenie na temat właściwości Wszechświata, wyprowadzone na podstawie obserwacji pewnego jego rejonu, służące do ekstrapolacji właściwości części obserwowalnej na odległe obszary nieobserwowalne.

Spośród zasad kosmologicznych (których w swej monografii wymienia Konrad Rudnicki przeszło trzydzieści), w kosmologii najbardziej doniosłe znaczenie miała **kopernikańska zasada kosmologiczna**. W swej oryginalnej formie brzmi ona następująco: „*Wszechświat oglądany z każdej planety wygląda z grubsza tak samo*” (sformułowanie zasad: kopernikowskiej, einsteinowskiej i doskonałej podaję wg Konrada Rudnickiego). Współcześnie, zdając sobie sprawę z ogromu Wszechświata, gwiazd i planet, stosujemy jej uogólnienie: „*Wszechświat obserwowany z każdego ciała niebieskiego i w każdym kierunku wygląda z grubsza tak samo*”.

Albert Einstein do uogólnionej zasady kopernikańskiej dodał założenie, że przeciętne dane dotyczące Wszechświata, np. gęstość materii czy temperatura, są we wszystkich jego obszarach jednakowe. Tak powstała **einsteinowska zasada kosmologiczna**, zwana także **zwykłą, wąską albo słabą**: „*Wszechświat jest z grubsza jednorodny i izotropowy*”. Wbrew swojej nazwie („słaba”) przyjęcie jednorodności i izotropii nakładało silne ograniczenia na modele Wszechświata: dopuszczało tylko ruchy radialne, z prędkością proporcjonalną do odległości. Wniosek o liniowym rozszerzaniu się Wszechświata z prędkością proporcjonalną do odległości (stała proporcjonalności zwana **stałą Hubble’a**) nie wynikał więc bynajmniej z ogólnej teorii względności Einsteina, ale z przyjęcia einsteinowskiej zasady kosmologicznej: założenia o jednorodności i izotropii. Stała Hubble’a może być (teoretycznie) dodatnia (ekspansja), ujemna (kontrakcja) bądź równa zero (Wszechświat statyczny).

Einsteinowska zasada kosmologiczna została uogólniona przez Hermana Bondiego i Thomasa Golda (1948) do **doskonałej (mocnej) zasady kosmologicznej**: „*Wszechświat widziany z każdego punktu, w każdym kierunku i w każdym czasie wygląda z grubsza tak samo*”. Albo: „*Wszechświat jest z grubsza jednorodny w przestrzeni i czasie, i izotropowy w przestrzeni*”. Rudnicki zwraca jednak uwagę, że **całkowicie uogólniona doskonała zasada kosmologiczna powinna nakładać** warunki na całość czasoprzestrzeni (a nie oddzielnie na czas i oddzielnie na przestrzeń - kierunek).

Wielką popularność wśród szerszego grona badaczy, nie tylko kosmologów, wzbudziła **antropiczna zasada kosmologiczna**, zwana często krótko **zasadą antropiczną**. Zasada antropiczna zwraca uwagę, że z faktu istnienia człowieka rozumnego wynika, iż jego miejsce we Wszechświecie musiało spełniać określone warunki. Zauważenie tego faktu miało miejsce już przed naszą erą. W obecnej formie zasada antropiczna swe korzenie wywodzi z XVII wieku, od J. Raya, J. Huttona, poprzez J. Śniadeckiego, W. Whewella, B. Rumforda, A. Wallace’a i L. Hendersona, którzy w swych pracach wymieniali wiele właściwości ziemskiego i kosmicznego środowiska, sprzyjających opartemu na węglu życiu. Należały do nich: anormalna rozszerzalność wody, szczególne chemiczne właściwości węgla, odległość Ziemi od Słońca, czy posiadanie masywnego satelity – Księżyca i in..

Pogląd, uważany dziś za sformułowanie **słabej zasady antropicznej** ogłosił Robert H. Dicke (ur. 1916) w 1957 roku. Pokazał on, że cechy Wszechświata, w szczególności wielkość, wiek i stałe fizyczne nie mogły być dowolne, jeśli miało w nim zaistnieć życie.

Do podobnych wniosków doszedł w l. 70 Igor Karacenczew oraz Brandon Carter, który pierwszy użył określenia: **zasada antropiczna** na Sympozjum Międzynarodowej Unii Astronomicznej w 1973 roku w Krakowie. Carter zwrócił uwagę na fakt, że ewolucja biologiczna jest ściśle związana ze strukturą całego Wszechświata, a nie tylko miejscem człowieka w przestrzeni. Dokonał jednocześnie rozróżnienia pomiędzy **słabą** a **silną zasadą antropiczną** (inaczej: słabą i silną *wersją* tej zasady). Różne wersje zasady podawali: B. Carter, J. Barrow, F. Tipler i in. Obecnie **zasadę słabą** formułujemy następująco: *Ponieważ życie jest faktem, obserwowana część Wszechświata musi posiadać ściśle określone cechy, które jego rozwojowi sprzyjały*. Inaczej: *Nasze istnienie nakłada ograniczenia dla naszego miejsca we Wszechświecie*. Życie mogło się we Wszechświecie nie pojawić, jednak jeśli istnieje, to parametry Świata musiały być jakimś niezwykłym zbiegiem okoliczności takie a nie inne. Słaba wersja zasady mówi więc o obserwowanych własnościach Wszechświata nie wykraczając poza nie i często się uważa, że nie ma wartości poznawczej, a nawet bywa traktowana jako tautologia.

**Zasada silna (mocna)** natomiast głosi, że „*Fizyczne właściwości Wszechświata wynikają z faktu, że w częściach jego czasoprzestrzeni istnieją obserwatorzy*”. Inaczej: „*Nasze istnienie nakłada ograniczenia na własności Wszechświata*”. Całego Wszechświata, a nie tylko naszego miejsca w czasoprzestrzeni. Życie więc *musiało* się pojawić. Związki pomiędzy ewolucją biologiczną a parametrami Wszechświata są związkami koniecznymi i teleologicznymi.

Podaje się szereg parametrów rozwijającego się Wszechświata, które miały sprzyjać ewolucji w kierunku narodzin życia. A więc musiała istnieć asymetria kwarków, bo Wszechświat zawierałby tylko promieniowanie. Stała grawitacji nie mogła być inna (przy obecnej wartości pozostałych sił), gdyż większa spowodowałaby szybki kolaps materii i koniec Wszechświata, mniejsza natomiast – gwałtowną ekspansję, w której nie zdążyłyby uformować się gwiazdy i galaktyki. Aby powstały pierwiastki ciężkie (węgiel, żelazo i inne) konieczna była ewolucja gwiazd i ich wybuch na końcowym etapie rozwoju. W reakcjach termojądrowych działają siły jądrowe, które przewyższają odpychanie elektrostatyczne. Gdyby ładunki elektronu i protonu były większe, reakcja jądrowa nigdy by się nie zaczęła. Wszechświat zakończyłby ewolucję na stabilnych atomach wodoru. Gdyby jednak siły jądrowe były nieco większe niż obecnie, nastąpiłoby związanie dwóch protonów w diproton i wybuchowe spalanie wodoru w hel. Wodór przestałby istnieć, a w gwiazdach helowych nie było by nukleosyntezy. Stała kosmologiczna powinna mieścić się w wąskim przedziale parametrów i być stosunkowo mała, choć wcale nie koniecznie równa zero. Dla rozwoju życia potrzeba bowiem i wystarcza, aby galaktyki istniały przynajmniej kilka miliardów lat.

W kontekście zasady antropicznej rozważa się także problem **wielkich liczb Diraca**, zauważony przez Hermanna Weyl'a (1885-1955) w 1919 roku. Są to liczby dotyczące podstawowych sił Wszechświata, a ich stosunki tworzą niezwykle koincydencje. Np. stosunek natężenia siły elektromagnetycznej do grawitacyjnej wynosi  $10^{40}$ , stosunek promienia horyzontu kosmologicznego do promienia protonu jest oceniany na  $10^{40}$ , całkowita ilość cząstek we Wszechświecie szacuje się na  $10^{2 \times 40}$  itd. Czy zbieżności te są (mogą być) przypadkowe? Mirosław Zabierowski uważa, że zawierają one głęboki sens i sugeruje, że działa jakieś nieznan nam jeszcze prawo, które w szczególnie sposób organizuje Wszechświat.

John Archibald Wheeler (1911-2008) w l. 70. XX w. sformułował **partycypacyjną zasadą antropiczną**. Zauważa, że aby teoria kwantów miała sens, musi istnieć inteligentny obserwator, a nawet – że życie musi przenikać każdą część Wszechświata, aby wszystkie źródła informacji o Świecie mogły zostać wykorzystane w obserwacjach. „*Obserwator jest konieczny, aby wprowadzić Wszechświat w istnienie*”. Obserwator więc ma moc wydobywania Wszechświata z potencjalności, wręcz uczestniczy (partycypuje) w jego narodzinach. Partycypacyjna

zasada spotkała się z silną krytyką jako nienaukowa, spekulatywna, wręcz przywołująca berkeleyowski sensualizm i solipsyzm. Steven Weinberg (1933) podnosi, że jest to zbyt dosłowne traktowanie zasad pozytywizmu..

Najbardziej skrajne sformułowanie *zasady* stanowi **finalna (ostateczna) zasada antropiczna**, sformułowana przez F. J. Barrowa i J. D. Tiplera: „*Rozumne przetwarzanie informacji musi się pojawić we Wszechświecie i będzie trwało wiecznie*”. Pogląd ten nawiązuje do teorii Teilharda de Chardin: ewolucji kosmicznej od punktu Alfa do Omega, który stanowi jej ostateczny cel. W tym punkcie życie i świadomość uzyskuje kontrolę nad materią Wszechświata. Obserwator finalny – punkt Omega nie jest jednakże utożsamiany z Bogiem.

Zasada antropiczna od początku budziła kontrowersje, szczególnie jej silna forma, jako wiodąca do interpretacji teleologicznych i teologicznych. Ale także sama jej nazwa nie przez wszystkich była akceptowana. Mówiąca o „najwyższym etapie ewolucji biologicznej” – człowieku, brzmiąca w przymiotniku: „antropiczna”, odpowiadała uczonym, którzy uważają, że życiu inteligentnemu (człowieka) należy przypisać specjalny status. Budziła jednakże protest zwolenników równego traktowania wszystkich form życia – biocentryzmu i przeciwników antropocentryzmu w nowej szacie.

Hubert Reeves (1932) postuluje, żeby pozbawić *zasadę* antropocentrycznego zabarwienia i nazywać ją **zasadą złożoności**, formułując następująco: *Wszechświat posiada [...] właściwości konieczne do wprowadzenia materii na drogę pokonywania szczebli złożoności.*”. Proponowano także in. nazwy: „zasada poznawalności” czy „zasada samoselekcji”, albo „zasada kosmoekologiczna”, jak proponuje Honorata Korpikiewicz, gdyż rozwój złożoności nie musiał być skierowany na powstanie życia.

Powstaje pytanie, jakie są **wartości epistemologiczne zasady antropicznej?**

Sztandarowym przykładem jej słuszności i wartości poznawczej zdawało się być odkrycie nieznanego poziomu energetycznego jądra węgla. Skoro istnieje życie, to w gwiazdach w wyniku nukleosyntezy, musi powstawać węgiel. Dwa jądra helu mogą utworzyć jądro berylu, które czasem zdąży przyłączyć jądro helu i utworzyć węgiel. Najczęściej jednak beryl rozpada się z powrotem na hel; proces tworzenia węgla jest więc mało wydajny.

Fred Hoyle stwierdził, że bardziej efektywny proces tworzenia węgla może odbywać się w warunkach rezonansu: wtedy, gdy całkowita energia zderzających się jąder berylu i helu jest równa energii jednego z poziomów energetycznych nowego jądra węgla. Poziom ten, jeszcze wtedy nieznan, został odkryty przez W. Fowlera i wynosi 7,6 MeV. Odkrycie nieznanego poziomu energetycznego węgla, który umożliwia wydajną produkcję tego pierwiastka w gwiazdach i kolejno – cięższych pierwiastków, koniecznych dla powstania życia, sugerowało skomplikowany „dobór” stałych fizycznych (masy, ładunki elementarne), przy których zarówno rezonans Hoyle'a, jak i dalsza nukleosynteza, są możliwe.

Jednakże w ostatnich latach fizycy atomowi krytycznie przyjrzeni się tym koincydencjom. Okazało się, że gdyby energia poziomu energetycznego jądra węgla była o wiele większa, to nie wpłynęłoby to na ilość tego pierwiastka produkowanego w wyniku nukleosyntezy. Uważa się także, że inne, nieznanie jeszcze stany energetyczne jądra węgla lub innych pierwiastków mogłyby pozwolić na syntezę pierwiastków cięższych w zupełnie innym łańcuchu nukleosyntezy.

Co najważniejsze, a dotąd jakoś umykało zwolennikom *zasady*, odkrycie nieznanego stanu kwantowego nie wynikało wcale z zasady antropicznej. Nie trzeba bowiem zakładać, że Wszechświat jest sprzyjający życiu, wystarczyło tylko zauważyć, że galaktyki (gwiazdy, pył) zawierają duże ilości węgla. A jeśli tak, to musi istnieć proces jego wydajnej syntezy. Takim nieznanym warunkiem umożliwiającym ten proces, brakującym ogniwem nukleosyntezy węgla, był odkryty przez Hoyle`a poziom energetyczny.

Jakie wnioski wynikają z przyjęcia silnej zasady antropicznej? Tu pojawia się kilka możliwości:

- 1) celowość stworzenia,
- 2) istnienie wielu wszechświatów - przy założeniu, że dla każdego eksperymentu kwantowego istnieje odrębny wszechświat, a ponieważ istnieje nieskończenie wiele możliwości rozdzielenia stanu kwantowego na odgałęzienia – istnieje nieskończona liczba takich wszechświatów (**wieloświatowa interpretacja mechaniki kwantowej**),
- 3) przypadkowość zdarzeń i koincydencji (zaszły koincydencje o znikomym prawdopodobieństwie).
- 4) Można też zaryzykować twierdzenie, iż jest możliwe *continuum zespołu parametrów i continuum wszechświatów* ze względu na ogromną, może nawet nieskończoną kombinację stałych fizycznych (być może zadanych jako warunki początkowe?). Przy określonym ich doborze (np. takim, jaki obserwujemy w naszym Świecie, ale nie tylko), ewolucja Wszechświata osiąga dalszy zasięg, niż w większości wirtualnych wszechświatów. Jednak nie można udowodnić, że *tylko* przy takim doborze parametrów mogłoby zaistnieć życie. Wykazano tylko, że parametry te muszą być *do siebie odpowiednio, ściśle dobrane*.

Oprócz wartości fizycznych parametrów, na których koncentruje się zasada antropiczna, H. Korpikiewicz pokazuje, że istnieją ogólniejsze kategorie, w Arystotelesa rozumieniu sposobu bytu, konieczne, aby we Wszechświecie mogło powstać i ewoluować życie. Są to: **harmonia (symetria), różnorodność, nierównowaga i rytmika zjawisk**.

**Barrow J.D., Tipler F.J.** 1988. *The Anthropic Cosmological Principle*, Oxford

**Hawking S.W.** 1990. *Krótką historia czasu. Od Wielkiego Wybuchu do czarnych dziur*, tłum. P. Amsterdamski, Wydawnictwa Alfa, Warszawa

**Heller M.** 1985. *Ewolucja kosmosu i kosmologii*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa

**Heller M.** 2007. *Filozofia przyrody. Zarys historyczny*, Wydawnictwo Znak, Kraków

**Korpikiewicz H.** 1998. *Koncepcja wzrostu entropii a rozwój Świata*, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań

**Korpikiewicz H.** 2006. *Kosmoekologia. Obraz zjawisk*, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań

**Maślanka K.** 1991. *Kosmologia współczesna*, Kraków

**Penrose R.** 1989. *The Emperor`s New Mind. Concerning Computers, Minds, and the Laws of Physics*, Oxford University Press, Oxford

**Rudnicki K.** 1995. *The Cosmological Principles*, Jagiellonian University, Kraków



**Weinberg S. 1977.** *The First Three Minutes*, Basic Books, New York - London

**Zabierowski M. 1993.** *Wszechświat i człowiek*, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław

**Zabierowski M. 1998.** *Wszechświat i metafizyka*, PWN Warszawa-Wrocław