



## Narodziny Ziemi

Lech FALANDYSZ

Dawno temu, gdy Wszechświat liczył sobie około 6 mld lat, wydarzyło się coś bardzo powszechnego w skali całego Kosmosu, czy nawet w dziejach naszej Galaktyki. Dlaczego więc o tym wspominamy? Ponieważ z ludzkiego punktu widzenia wydarzenie to było przełomowe – w jego wyniku powstało nasze maleńkie podwórko we Wszechświecie – Układ Słoneczny. Ale do rzeczy. Co się stało 6 mld lat temu? Otóż w Drodze Mlecznej wybuchła jedna z olbrzymich gwiazd. Pojaśniała przy tym tak bardzo, że blask jej rozchodził się z wielkim natężeniem poprzez Galaktykę i biegł dalej w otchłań Kosmosu.

### Powstaje mgławica

Wyrzucona z gwiazdy podczas wybuchu materia oddalała się od niej z dużą szybkością, jednocześnie intensywnie świecąc. Po wybuchu mgławica stała się początkiem „naszego” świata, czyli Układu Słonecznego. Wykonania tej mozolnej pracy podjęła się grawitacja, która przyciąga – „jednoczy” – obiekty materialne. Przyciąganie grawitacyjne i siły tarcia powstrzymały rozszerzanie się mgławicy. Wreszcie, gdy mgławica przestała się rozszerzać, pod wpływem tej samej siły grawitacyjnej zaczęła się kurczyć. Po upływie milionów lat mgławica znacznie zmalała, ale i tak była dużo większa niż nasz obecny Układ Słoneczny. Hipotetyczny obserwator tego procesu zauważyłby, że mgławica nie tylko zmniejsza się wraz z upływem czasu, ale również coraz szybciej rotuje. Odbywa się to zgodnie z zasadą zachowania krętu (momentu pędu), która mówi, że jeżeli obracające się ciało zachowując masę, kurczy się, to wiruje ono coraz szybciej. Wszystko to powoduje, że w centrum mgławicy wyraźnie pojawia się zagęszczenie materii przyjmujące postać olbrzymiej „prawie kuli”. To prawie kuliste jądro mgławicy zawiera około 99% masy całej mgławicy! Złożone jest ono głównie z wodoru, chociaż zawiera też niewielkie ilości innych atomów.

Wokół masywnego jądra krąży coraz szybciej wir materii, w którym tworzą się zgrubienia – też wirujące wokół własnych osi obrotu. Te lokalne skupiska materii ściągają ku sobie okoliczną materię i powiększają się. Są to protoplanety – czyli załączki przyszłych planet. Grawitacja nadal zgniata materię kuli centralnej oraz utworzonych protoplanet. Gdy we wnętrzach tych obiektów zaczyna się robić zbyt „ciasno”, cząstki zaczynają się zderzać i „rozpychać”. Zderzenia te, zgodnie z zasadami termodynamiki, powodują wzrost energii wewnętrznej zarówno w centralnym jądrze, jak i w protoplanetach. Wzrost energii wewnętrznej powoduje równoczesny wzrost temperatury.

Wreszcie centralna „kula” zagęściła się tak bardzo, że w jej centrum powstał obszar o olbrzymiej temperaturze, około 14 mln K, i ciśnieniu 300 mld razy większym niż obecnie panujące w ziemskiej atmosferze. Panujące warunki przyczyniły się do rozpoczęcia termojądrowych reakcji syntezy jąder atomów wodoru (protonów) i powstania jąder atomów helu. W procesie tym wydziela się duża ilość energii w zakresie wysokoenergetycznych fotonów  $\gamma$  oraz fotonów rentgenowskich. Energia tych fotonów jest rozpraszana w zewnętrznych warstwach. Podgrzewana w ten sposób od wewnątrz powierzchnia kuli emituje promieniowanie termiczne. I w ten oto sposób wielka „kula” zaczyna świecić.

### Powstaje Słońce

Emisja fal widzialnych z centralnej „kuli” nastąpiła około 5 mld lat temu. Odtąd centralna „kula”, czyli Słońce, nie tylko utrzymuje grawitacyjnie swoją „rodzinę planetarną”, ale też „opiekuje się” nią, obdarowując światłem i wiatrem słonecznym. Ciśnienie światła i wiatru słonecznego działające na cząsteczki i atomy wodoru oraz lekkich atomów, które znajdują się w przestrzeni pomiędzy protoplanetami, powoduje coraz dalsze odsuwanie się ich od Słońca. W końcu zostają one pochłonięte przez znajdujące się dalej od Słońca protoplanety. Dlatego też wielkie planety złożone są głównie z wodoru.



#### Rozwiązanie zadania M 1723.

Udowodnimy, że zbiór  $A$  jest nieskończony, wskazując odpowiednią konstrukcję.

Niech  $a = 2^k$ ,  $b = 2^{k+1}$ , gdzie  $k \geq 1$  jest liczbą całkowitą. Wtedy

$$\psi(a + b) = \psi(3 \cdot 2^k) = 2 = \psi(a) + \psi(b).$$

Inna konstrukcja: Niech  $a = p$  oraz  $b = 5p$ , gdzie  $p$  jest liczbą pierwszą różną od 2, 3, 5. Wtedy

$$\psi(a + b) = \psi(2 \cdot 3 \cdot p) = 3 = \psi(a) + \psi(b).$$



#### Rozwiązanie zadania M 1724.

Oznaczmy przez  $a$  i  $b$  długości boków prostokąta  $R$ . Podzielmy  $R$  na  $ab$  kwadracików jednostkowych

i pokolorujmy je na dwa kolory – zielony i żółty, na wzór szachownicy. Skoro  $a$  oraz  $b$  są nieparzyste, to rogi prostokąta  $R$  będą miały ten sam kolor, bez straty ogólności zielony. Nazwijmy prostokąt zielonym, jeśli wszystkie jego pola narożne są zielone, żółtym, jeśli są żółte, oraz mieszanym w pozostałych przypadkach. Zauważmy, że

- każdy zielony prostokąt ma o jeden zielony kwadracik więcej,
- każdy żółty prostokąt ma o jeden żółty kwadracik więcej,
- każdy prostokąt mieszany ma dokładnie tyle samo kwadracików żółtych, co zielonych.

Wynika z tego, że skoro  $R$  jest zielony, to istnieje prostokąt wewnątrz  $R$ , który także jest zielony. Niech to będzie prostokąt  $S$ . Niech odległości  $S$  od boków  $R$  (począwszy od dolnego, przeciwnie do ruchu wskazówek zegara) to  $x, y, z, v$ . Lewy dolny róg  $R$  ma ten sam kolor, co lewy górny róg  $S$ , co dzieje się wtedy i tylko wtedy, gdy  $x$  oraz  $v$  mają tę samą parzystość. Analogicznie  $x$  i  $y$ , a także  $y$  i  $z$  mają tę samą parzystość, co implikuje, że wszystkie liczby  $x, y, z, v$  mają tę samą parzystość – to kończy dowód.



### Rozwiązanie zadania M 1725.

Oznaczmy przez  $M$  środek krótszego łuku  $AB$  okręgu opisanego na czworokącie  $ABCD$ . Wówczas trójki punktów  $C, P, M$  oraz  $D, Q, M$  są współliniowe, a przechodzące przez nie proste to dwusieczne przystających kątów  $\sphericalangle ACB$  i  $\sphericalangle ADB$ , odpowiednio. Ponadto na podstawie „twierdzenia o trójliściu” dostajemy równości  $MA = MP = MQ = MB$ . Zatem

$$\begin{aligned} \sphericalangle QPR &= \pi - \sphericalangle MPQ - \left(\frac{\pi}{2} - \sphericalangle MCA\right) = \\ &= \pi - \sphericalangle PQM - \left(\frac{\pi}{2} - \sphericalangle MDB\right) = \\ &= \sphericalangle PQR. \end{aligned}$$

Wielkie bombardowanie to bardzo burzliwy okres w historii Ziemi i innych planet wewnętrznych. To właśnie z tego okresu pochodzi większość kraterów widocznych na Księżycu. Naukowcy wciąż nie są zgodni, co było powodem zwiększonej liczby uderzeń meteorytów. Jedną z teorii mówi, że powodem były migracje orbit gazowych olbrzymów, które w ten sposób zaburzyły orbity obiektów znajdujących się w pasie asteroid lub w pasie Kuipera (lub w obu) i skierowały je w stronę planet wewnętrznych.

## Powstaje Ziemia

Świeżo uformowana z protoplanety planeta Ziemia złożona jest z różnorodnej materii zawierającej lekkie i ciężkie pierwiastki. Wysokie ciśnienie we wnętrzu planety przekłada się na wysoką temperaturę, wynoszącą około 1700 K. O tym, jak będzie przebiegać dalsze formowanie się planety, „zadecydowały” pierwiastki promieniotwórcze zawarte w skałach, np. tor, uran i potas 40. Podczas ich rozpadów promieniotwórczych emitowane były cząstki  $\alpha$  (jądra helu) i inne, których energia była pochłaniana przez materię. Przez setki milionów lat ogrzewania się wnętrza planety temperatura wzrosła do około 2500 K. W tym czasie zaczynają się topić żelazo oraz nikiel i w stanie płynnym gromadzą się w środku planety, tworząc jej jądro. Dalszy grawitacyjny ucisk jądra Ziemi powoduje wzrost temperatury do około 4500 K. Ponad żelazowo-niklowym jądrem topnieją skały, przyjmując postać płynnej magmy. Podczas topnienia skał uwalniają się z nich niektóre składniki i w stanie lotnym przedostają się ponad powierzchnię planety. W ten sposób powstała pierwotna, gęsta atmosfera Ziemi.

Początkowo atmosfera ziemską nie była zbyt przyjazna życiu. Zawierała parę wodną, dwutlenek węgla, metan, amoniak i inne składniki. Dopiero około 4 mld lat temu rozpoczął się proces krzepnięcia skorupy ziemskiej i trwał przez 1,5 mld lat. W tym czasie zachodziły spektakularne zdarzenia. Ziemię bardzo często bombardowały meteoryty, niektóre bardzo duże, o średnicach nawet kilkudziesięciu kilometrów. Meteoryty, pędząc z szybkościami kilkunastu kilometrów na sekundę, wybijały olbrzymie kraterzy w miękkiej jeszcze powierzchni Ziemi. Okres ten, który nazywamy wielkim bombardowaniem, trwał około miliona lat. Na młodej wówczas Ziemi powstało około miliona kraterów o średnicach od kilkudziesięciu kilometrów do kilkuset kilometrów. Meteoryty oprócz deformacji powłoki ziemskiej i dostarczenia skał, były również źródłem związków metalicznych, które teraz wydobywamy z wnętrza skorupy jako rudy metali.

## Powstanie życia

Niezwykle interesujące jest to, że już w tym bardzo niespokojnym czasie, około 3,8 mld lat temu, w oceanie zaczęły powstawać pierwsze prymitywne jednokomórkowe organizmy. Po 200 mln lat organizmy te nabyły już zdolność przeprowadzania fotosyntezy. Sinice (cyjanobakterie) przez miliony lat dostarczały do atmosfery tlen, wytwarzany w wyniku procesów fotochemicznych. Atmosfera powoli zaczęła nabierać znajomego nam obecnie składu. Wreszcie około 2,5 mld lat temu skorupa ziemską zakrzepła. Nigdy jednak nie stała się tworem niezmiennym i nawet obecnie podlega przemianom. Skorupa ziemską przemieszcza się i zmienia powoli swoją konfigurację. Pomiędzy skorupą i jądrem planety znajduje się tzw. płaszcz ziemi, którego górna część jest płynna. Ponad 2 mld lat temu skorupa była zbiorem kilkunastu ruchomych płyt, które niczym tratwy powoli dryfowały po płynnym płaszczu Ziemi. Około 200 mln lat temu wszystkie płyty stykały się, tworząc jeden ogromny ląd – Pangeę. Resztę powierzchni Ziemi pokrywał wielki Wszechocean. Powstał on wcześniej ze skroplonej pary wodnej zawartej w gęstej atmosferze. Dalsza historia Ziemi jest też bardzo interesująca. Zachodziły zmiany geofizyczne, zmiany pola magnetycznego Ziemi, zmiany klimatyczne, dryfowanie płyt kontynentalnych, ekspansja żywych organizmów. Kilka milionów lat temu na planecie Ziemia żyły hominidy, które wyróżniały się wśród zwierząt. Hominidy, takie jak np. *Homo habilis*, żyjący od około 2,5 do 1,7 lat temu, są przodkami *Homo sapiens*, czyli współczesnego człowieka.

Ziemia istnieje około 4,6 mld lat. Możemy dokonać pewnego porównania czasowego niektórych wydarzeń, przyrównując wiek Ziemi do jednej obecnej doby. Od czasu hominidów upłynęło zaledwie 20 sekund. Z tych 20 sekund na naszą techniczną cywilizację przypada 0,005 sekundy. Czy długo jeszcze trwać będzie nasza cywilizacja? Czy nie ulegnie samozagładzie? Czy może (w tej skali) trwać będzie jeszcze choćby 0,01 sekundy?

Głównym źródłem artykułu jest książka Felix R. Paturi, „Kronika Ziemi”, Wyd. Kronika, 1992.