

Plansza nr 13

Wszechświat matematyczny

Homo Mathematicus, człowiek matematyczny, wszystko chce mierzyć, ważyć, ewaluować, sortować, szufladkować. Wszystko, co postrzega wokół siebie i w sobie, chce ubrać w strój liczbowy, bo naturalna "golizna" przyrody jakoś mało go urzeka. Ze wszech miar świetny Kosmos jest sobie jaki jest – nie matematyczny, nie tylko fizyczny, nie tylko chemiczny, nie tylko biologiczny; jest tak złożony, że nie sposób go w całości ogarnąć i wcisnąć w ciasne ramy jakiegoś ideału. Bo matematyczny opis przyrody albo sprowadza ją do jakiegoś nierealnego ideału, albo jest niemożliwy. I tak jak realne rzeczy postrzegane na niebie idealizujemy i opisujemy po wcześniejszym zrzutowaniu ich na sferę, tak dzieje się ze wszystkim, co w przyrodzie chcemy zamknąć/dopiąć wzorem matematycznym. Współczesny człowiek postępowy, wszystko dygitalizuje. Poddamy się tu tej tendencji i przedstawimy Kosmos w liczbach.

Grubo szacowane (co do rzędu wielkości) uśrednione miary podstawowych obiektów przyrodniczych

Obiekt	Rozmiar [m]	Masa [kg]	Gęstość [kg/m ³]
Jądro atomowe	10 ⁻¹⁴ – 10 ⁻¹⁵	10 ⁻²⁷ – 10 ⁻²⁶	10 ¹⁷
Atom	10 ⁻¹¹	10 ⁻²⁷ – 10 ⁻²⁶	10 ⁶
Cząsteczka	10 ⁻¹⁰	10 ⁻²⁴	10 ⁵
Najdrobniejsze ziarenka pyłu	10 ⁻⁹	10 ⁻²³	10 ³
Człowiek	10 ²	10 ²	10 ³
Ziemia	10 ⁷	10 ²⁴	10 ³
Jowisz	10 ⁸	10 ²⁶	10 ³
Słońce	10 ⁹	10 ³⁰	10 ³
Układ Słoneczny	10 ¹⁶	10 ³⁰	10 ⁻¹⁶
Gwiazda	10 ⁴ – 10 ¹²	10 ²⁸ – 10 ³²	10 ⁻⁶ – 10 ¹⁷
Galaktyka	10 ²⁰	10 ⁴⁰	10 ⁻²⁰
Wszechświat (obserwowany)	10 ²⁶	10 ⁵²	10 ⁻²⁶

Temperatury, z jakimi możemy się spotkać we Wszechświecie, mogą być bliskie zera absolutnego w skali Kelvina, albo sięgać wartości wielu milionów, a nawet miliardów stopni, jak np. w przypadku kwazara 3C273.

Materia ma tę tajemniczą właściwość, że nie wypełnia przestrzeni kompletnie i szczelnie, ale jest "dziurawa", niczym piana. Dotyczy to każdej skali. Nawet nukleony są w przewodzie puste. Jądra atomów też mają stosunkowo wielkie puste obszary pomiędzy nukleonami. Atomy są w zdecydowanej przewodzie puste, z małym jądrem w środku i rozległym pustym obszarem go otaczającym, w którym mogą sobie swobodnie "buszować" elektrony. Cząsteczki, będące układami atomów, też rezerwują sobie stosunkowo wielką przestrzeń, do której atomy wnoszą zupełnie nieistotną objętość. Kosmiczne drobiny (ziarna) pyłu są bardzo porowate. Przypominają swoją strukturą pumeks albo płatek śniegu (oglądany przez lupę). I człowiek jest mocno w sobie "nadęty". W planetach i gwiazdach większość masy jest skoncentrowana w gęstszych obszarach ich jąder, a przeważającą część ich objętości zajmuje znacznie rzadziej upakowana materia. Układ Słoneczny jest praktycznie cały pusty. Jego masa prawie w całości jest skoncentrowana w Słońcu, dookoła którego w olbrzymich odległościach odbywają swoje ruchy planety i drobniejsze ciała. Gwiazdy w galaktykach zajmują zaledwie 10⁻¹⁸ objętości galaktyki, reszta jest prawie idealnie pusta. Galaktyki we Wszechświecie też zajmują jego znikomą część objętości. Najbardziej wielkoskalowa struktura Wszechświata przypomina rodzaj piany lub kłębowiska nitkowatych struktur. Matematyka i tę właściwość materii chce ogarnąć, stwarzając i rozwijając teorię fraktali.

Wszystko ze wszystkim jest w przyrodzie ze sobą powiązane i podlega nieustannie najróżniejszym przeobrażeniom. Wszechświat w każdej swojej skali ewoluuje. Nigdy i nigdzie nie "przysypia". W szczególności, ciągle tworzą się nowe gwiazdy, które w swoich wnętrzach wytwarzają nowe atomy, które z kolei staną się budulcem nowych planet i wszystkiego, co na nich się zrodzi.

W świetle danych zawartych w powyższej tabeli widać, że gwiazdy wykazują największy rozrzut parametrów. Ich średnia gęstość może zmieniać się od wartości 1000 razy mniejszej niż gęstość powietrza, aż do kolosalnej wartości gęstości jąder atomowych. Gwiazdy są dostarczycielami energii. Wykonują potężną pracę dla Wszechświata. Przywołajmy choćby nasze Słońce, które wysyła w przestrzeń w każdej sekundzie około 4·10²⁶ J. Długo zastanawiano się nad mechanizmem produkcji energii w Słońcu. Znane ludziom sposoby wytwarzania energii w procesach chemicznych (głównie spalania) okazały się zbyt mało wydajne w konfrontacji z możliwościami Słońca. Wziąwszy pod uwagę skład materii słonecznej (w ogromnej większości jest to wodór, a na drugim miejscu hel), a także czyniąc rozważania modelowe co do warunków termodynamicznych, jakie powinny panować wewnątrz naszej gwiazdy, zaproponowano reakcję jądrową syntezy wodoru w hel. Reakcje miałyby zachodzić w samym centrum Słońca, gdzie ocenia się, że temperatura ośrodka wynosi około 15 000 000 K, a gęstość plazmy 160 g/cm³. Łączna masa składników powstających w wyniku cyklu reakcji jądrowych jest mniejsza od łącznej masy składników wchodzących w reakcje. Brakująca masa Δm zostaje przeistoczona w energię, zgodnie ze słynnym wzorem Einsteina sprzed przeszło stu lat:

$$E = \Delta m c^2$$

Gdzie c jest prędkością światła w próżni. Z pomiaru ilości energii wysyłanej przez Słońce w jednostce czasu wnioskuje się, że wewnątrz naszej gwiazdy w ciągu 1 sekundy około 4 miliony ton masy musiałoby przemieniać się w energię. Powstała we wnętrzu energia jest transportowana ku powierzchni Słońca, skąd jest wypromieniowywana na zewnątrz we wszystkich kierunkach. Część tej energii w postaci fotonów promieniowania elektromagnetycznego dochodzi do Ziemi.

Ten wzór Einsteina dotyka bardzo ważnej tajemnicy natury. Otóż w przyrodzie zachodzą procesy unicestwiającej masę (zamieniającej ją w promieniowanie elektromagnetyczne) i procesy odwrotne, dopuszczające powstawanie nowej masy kosztem energii promieniowania elektromagnetycznego. Masa i energia promieniowania elektromagnetycznego (w tym światła widzialnego) są dwoma rodzajami uwięzienia energii. Masa jawi się jako rodzaj "akumulatora" światła. Jeśli mówimy o Wszechświecie ewoluującym, to mamy na myśli również całokształt transformacji masowo-promienistych, jakie w nim zachodzą.

Pierwiastki chemiczne występujące w przyrodzie nie są na równi uprzywilejowane. Jedne występują liczniej inne w małych ilościach. Wnioskowanie na temat pierwiastkowego składu materii we Wszechświecie przeprowadza się z wykorzystaniem analizy składu skorupy ziemskiej, materii księżycowej (pozyskanej w ramach misji Apollo), meteorytów i w oparciu o spektroskopowe obserwacje Słońca. Zakłada się, że skład Słońca jest reprezentatywny dla całego Wszechświata, choć założenie takie jest bardziej życzeniowe niż uzasadnione obserwacyjnie. Słońce, ze względu na jego olbrzymią jasność dla obserwatora na Ziemi, jest idealnym źródłem dla przeprowadzania analizy widmowej. Na szczególną uwagę w widmie światła słonecznego zasługują silne linie absorpcyjne (tzw. linie Fraunhofera). Odpowiedzialnością za powstawanie tych linii obarcza się atomy i jony znajdujące się w górnych warstwach Słońca. Fotony dochodzące z głębszych, gorętszych warstw zostają pochłaniane przez atomy i jony zalegające bardziej zewnętrzne, chłodniejsze obszary. W widmie światła słonecznego zidentyfikowano setki tysięcy linii należących do poszczególnych pierwiastków oraz ich jonów. Istnieje też ogromna ilość linii molekularnych (zidentyfikowano np. pasma absorpcyjne cząsteczek CH, CN, OH, NH i in.). W oparciu o pomiary szerokości równoważnych zidentyfikowanych linii absorpcyjnych ustalono względne obfitości poszczególnych pierwiastków w środowisku odpowiedzialnym za powstawanie tych linii. W tabeli podano względne ilości piętnastu najobficiej występujących w atmosferze Słońca pierwiastków.

Symbol chemiczny pierwiastka	H	He	O	C	N	Si	Mg	Ne	Fe	S	Al	Ca	Na	Ni	Ar
Liczba atomów pierwiastka przypadających na każdy milion atomów wodoru	1000000	63000	690	420	87	45	40	37	32	16	3	2	2	2	1

Poszczególne pierwiastki występują w Kosmosie w różnych postaciach, w zależności od warunków w jakich się znajdują. Mogą być wkomponowane w cząsteczki albo występować w atomowej postaci. Mogą być wbudowane w bryły ciał stałych lub w cieczy, ale również występować w fazie gazowej. W gazie międzygwiazdowym i międzygalaktycznym występują albo w postaci neutralnych atomów lub w cząsteczkach, jak choćby H₂, C_n, CH i CN, albo w postaci jonów. W bardzo gorących środowiskach, jak np. atmosfery gwiazd czy kwazary, mogą być czasem zupełnie pozbawione elektronów.

Chociaż ośrodek międzygwiazdowy i międzygalaktyczny jest niewyobrażalnie rozrzedzony (średnio wypada 2 atomy wodoru na cm³, lub jeszcze mniej), to jego olbrzymia objętość sprawia, że jest on niewyczerpywalnym rezerwuarem materii dla ciągłego powstawania nowych gwiazd, galaktyk i planet.

Nie należy zapominać, że Wszechświat jest wypełniony nie tylko materią, ale i promieniowaniem elektromagnetycznym. Mimo to, jest on w przytłaczającej przewodzie niewyobrażalnie pusty i zimny (2.7 K). Obiekty zwarte, świecące i ciepłe zdarzają się w nim na zasadzie wyjątkowego odstępstwa od reguły. A jakimże dopiero wyjątkowym wyjątkiem jest w tym Kosmosie człowiek ze swoim matematycznym wyposażeniem! Niepojęty twórca bytu, zaistniały i postawiony gdzieś pomiędzy jakimś wielkim czegoś niedostatkiem i przytłaczającym czegoś nadmiarem.

