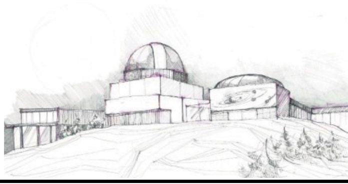
Czwartek, **18 stycznia 2018**, wydanie 3/245
**tel.** 533 600 655 **redakcja@naszestrony.info.pl**

PATRZĄC W NIEBO

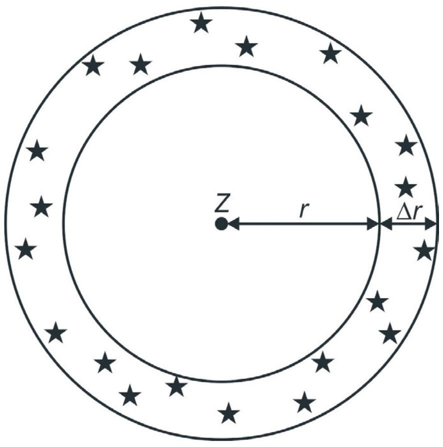


Rozmaitości ASTRONOMICZNE | Wiadomości ze świata nauki i techniki | Doniesienia z CERN ESA NASA | www.facebook.com/cwintpoland | Nr (115) 3/2018

## WSZECHŚWIAT I JEGO ZAGADKI – PARADOKS OLBERSA

*Według fizyki NEWTONA, Wszechświat jest nieskończony przestrzennie i niezmienny w czasie. W tej nieskończonej przestrzeni gwiazdy są rozłożone (średnio) w sposób równomierny, liczba ich zaś jest nieskończona. Średnia na jednostkę objętości Wszechświata jasność gwiazd jest jednakowa. Newtonowski model stanowił więc nieskończony, jednorodny i statyczny Wszechświat.*

Już w 1826 roku OLBERS doszedł do wniosku, że jeśli Wszechświat jest stacjonarny, wszędzie średnio jednakowy i nieskończony, to patrząc w dowolnym kierunku, powinno się zobaczyć jakąś gwiazdę, a więc niebo powinno mieć jasność powierzchniową jak gwiazda. Stwierdzenie, że niebo w nocy jest czarne, dowodzi, że któreś z tych założeń jest błędne. Fakt ten znany jest jako fotometryczny paradoks OLBERSA.




**Rys. 1.**
**Warstwa kulista otaczająca obserwatora:**
**Z – Ziemia, r – promień warstwy,**
**Δr – grubość warstwy zawierającej gwiazdy**

Każdy punkt we Wszechświecie może być uważany za jego środek, żaden bowiem nie jest wyróżniony. Weźmy więc pod uwagę dowolny punkt Z Wszechświata, na przykład Ziemię. Zatoczmy wokół niego kulistą powłokę o promieniu r i grubości Δr, czyli dwie powierzchnie kuliste, odpowiednio o promieniach r oraz r + Δr (rys. 1 ). Grubość tej warstwy kulistej jest mała w porównaniu z promieniem kuli, czyli r >> Δr. Jakie będzie na Ziemi natężenie światła pochodzącego od ciał niebieskich znajdujących się w owej powłoce? Aby na to odpowiedzieć, musimy wiedzieć, ile gwiazd znajduje się w warstwie o grubości Δr. Musimy więc znać objętość rozpatrywanej warstwy. Objętość takiej warstwy wynosi:

$$V = \frac{4}{3}\pi\left(r + \Delta r\right)^{3} - \frac{4}{3}\pi r^{3}$$

$$V = 4\pi r^{2}\Delta r + 4\pi r\left(\Delta r\right)^{2} + \frac{4}{3}\pi\left(\Delta r\right)^{3}$$

Jeżeli warstwa jest bardzo cienka, to potęgi $(\Delta r)^2$ i $(\Delta r)^3$ dają wartości bardzo małe, także można napisać, iż w dobrym przybliżeniu zachodzi związek:

$$V \approx 4\pi r^2 \Delta r$$

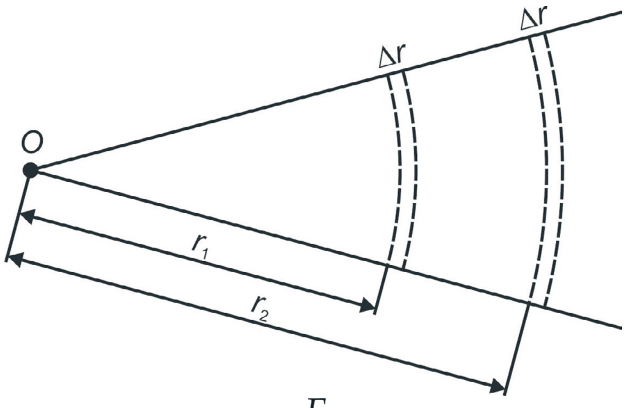
Powierzchnia warstwy wynosi $4\pi r^2$, zaś objętość zawarta między obu zatoczonymi powierzchniami równa jest $4\pi r^2 \Delta r$. Objętość cienkiej warstwy o grubości Δr rośnie więc proporcjonalnie do kwadratu jej odległości od obserwatora. Jeśli N jest liczbą gwiazd znajdujących się w jednostce objętości, to liczba gwiazd zawartych w tej warstwie wynosi $4\pi r^2 \Delta r N$. Ile światła wysyłają zatem wszystkie gwiazdy znajdujące się w warstwie? Jeżeli oznaczymy przez M średnią moc pojedynczej gwiazdy, to wszystkie gwiazdy wysyłają razem $4\pi r^2 \Delta r N M$ promieniowania. Całkowita ilość światła wysłanego przez warstwę jest równa:

$$E = 4\pi r^2 \Delta r N M$$

Interesuje nas głownie, ile otrzymujemy światła od gwiazd? Wiadomo, że natężenie światła biegnącego od promieniującego ciała spada wraz z kwadratem odległości do tego ciała (gdy dwukrotnie oddalimy się od źródła promieniowania, natężenie światła spadnie czterokrotnie). Zatem z zaznaczonej objętości między obu powierzchniami kulistymi dociera do obserwatora w punkcie Z w jednostce czasu tylko 1/r2 część promieniowania:

$$L = \frac{1}{r^2}E \quad \text{czyli} \quad L = \frac{1}{r^2}\cdot 4\pi r^2 \Delta r\, N M = 4\pi\, \Delta r\, N M$$

Wyrażenie to nie zawiera w ogóle promienia warstwy. Widać stąd, że ilość światła, docierająca w jednostce czasu do obserwatora w punkcie Z z warstwy kulistej o promieniu r, nie zależy od promienia tej warstwy. Z każdej warstwy o jednakowej grubości powinna do nas dochodzić jednakowa ilość światła. Jeżeli porównamy ilości energii docierającej do obserwatora od dwóch warstw o grubości Δr odległych o r1 i r2 od obserwatora (rys. 2), to docierające do niego ilości światła L1 i L2 wynoszą, zgodnie z powyższym wzorem.




**Rys. 2.**
**Ta sama ilość światła docie-ra do obserwatora od każdej warstwy o grubości Δr**

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{\dfrac{E_1}{r_1^2}}{\dfrac{E_2}{r_2^2}} = 1 \qquad \text{a więc} \quad L_1 = L_2$$

Otrzymaliśmy więc wynik wskazujący, że od każdej warstwy, bez względu na jej odległość od obserwatora otrzymywana jest identyczna ilość światła równa L! Gdyby tak było, nasze niebo musiałoby być jasne. Między dniem a nocą nie byłoby różnicy; powstanie życia na Ziemi byłoby niemożliwe.

We Wszechświecie o równomiernym rozkładzie materii, liczba gwiazd zawartych w powłoce znajdującej się w danej odległości od dowolnego punktu wzrasta wraz z kwadratem odległości. Tak więc, to co tracimy na natężeniu światła z pojedynczej gwiazdy (w wyniku spadku natężenia z kwadratem odległości), kompensuje nam wzrost (znów z kwadratem odległości) średniej liczby gwiazd w warstwie. Skoro te dwa efekty wzajemnie się kompensują, natężenie światła docierającego do Ziemi od określonej powłoki będzie niezależne od promienia r tej powłoki. Gwiazdy zawarte w powłoce, które znajdują się dalej od Ziemi, dostarczają wprawdzie światła o mniejszym natężeniu, lecz jest ich więcej. Od każdej powłoki pochodzi więc taka sama wartość natężenia światła docierającego do danego punktu. Ponieważ takich powłok jest nieskończenie wiele, całkowite natężenie światła również powinno być nieskończone! Tymczasem niebo jest czarne w nocy. Dlaczego tak jest?

**Aby uniknąć paradoksu OLBERSA, musimy usunąć założenie, że Wszechświat jest statyczny. Jeśli przyjąć, że Wszechświat się rozszerza, to znaczy gwiazdy dalekie uciekają od nas z dużą prędkością, paradoks OLBERSA przestaje istnieć.** W rozszerzającym się Wszechświecie każdy foton traci energię w miarę wydłużania jego fali. Ekspansja przestrzeni wywołuje zjawisko grawitacyjnego przesunięcia ku czerwieni. Promieniowanie dalekich gwiazd, wyemitowane jako światło widzialne, dociera do nas w paśmie podczerwonym. Ponieważ liczba fotonów nie zmienia się, maleje także ich gęstość. Oba te efekty powodują zmniejszenie strumienia energii docierającej do Ziemi. Zatem im dalszą warstwę gwiazd obserwujemy, tym mniejszy daje ona wkład do jasności nieba. Natężenie światła wysyłane przez oddalające się od nas źródło jest mniejsze niż wysyłane przez to samo źródło nieruchome. W rozszerzającym się Wszechświecie niebo nocne może być ciemne, ponieważ światło warstw dalekich ulega silnemu osłabieniu, w wyniku niesłychanie szybkiego oddalania się tych warstw. W ten sposób obserwacja astronomiczna – to, że niebo nocne jest ciemne – prowadzi wprost do ekspansji Wszechświata.

**Z faktu ciemnego nieba wynika więc wniosek o rozszerzaniu się Wszechświata.** Odkrycie HUBBLE'A doprowadziło do racjonalnego wytłumaczenia paradoksu OLBERSA. Rozszerzanie się Wszechświata wraz z nieustannym zwiększaniem długości fali promieniowania stale osłabia docierające do nas promieniowanie odległych gwiazd – tym silnej im bardziej są one oddalone. W myśl rozumowania OLBERSA, kolejne warstwy kuliste dawały jednakowe ilości światła. Było tak we Wszechświecie statycznym. We Wszechświecie rozszerzającym się wkłady od kolejnych warstw będą coraz mniejsze; sumując je będziemy dodawali przyczynki malejące tak szybko, że ciąg sum częściowych będzie zbieżny do niewielkiej wartości skończonej. I oto dlaczego niebo pozostaje ciemne. Ciemność nocnego nieba stanowi więc klucz do badania zachowania się naszego Wszechświata.

Źródło:
**Henryk Drozdowski**
FIZYCZNY OBRAZ ŚWIATA - Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

**OBSERWATORIUM ASTRONOMICZNE CWINT W PARZYNOWIE**
ZAPRASZA dzieci, młodzież, studentów, szkoły do wspólnego odkrywania tajemnic KOSMOSU

Informacje: CWINT-Piotr Duczmal, pd@ecis.pl, 601-97-70-54, www.cwint.org.pl, www.facebook.com/cwintpoland

cwint | CERN | EC1 ŁÓDŹ ENERGIA WIEDZY | Copernicus Center PRESS | ASTRONOMIA | PKiM | ASTRONOMIA NOVA | DELTA optical | bliżej pasji | Continuum