

## Sekcja 11: Kosmologia i Teoria Względności

### 1. Kosmiczna chronologia

Uporządkuj chronologicznie następujące wydarzenia wczesnego wszechświata: Rekombinacja (tworzenie neutralnych atomów), Nukleosynteza Wielkiego Wybuchu, Inflacja, Powstanie pierwszych galaktyk, Era plazmy kwarkowo-gluonowej.

### 2. Prawo Hubble’a

Zgodnie z prawem Hubble’a ( $v = H_0 d$ ) i przyjmując  $H_0 \approx 70$  (km/s)/Mpc, w jakiej odległości galaktyka oddalałaby się od nas z prędkością światła? Definiuje to przybliżony rozmiar obserwowalnego wszechświata.

### 3. Rok galaktyczny

Nasz Układ Słoneczny orbituje wokół centrum Drogi Mlecznej (odległość około 27 000 lat świetlnych) z prędkością około 220 km/s. Ile czasu zajmuje wykonanie jednej orbity (“rok galaktyczny”)?

### 4. Dylatacja czasu

Mion ma średni czas życia  $2.20 \mu\text{s}$  w swoim układzie spoczynkowym. Jeśli porusza się z prędkością  $0.990c$ , jaki będzie jego średni czas życia zmierzony przez obserwatora na Ziemi?

### 5. Skrócenie długości

Jaką prędkość musi mieć linijka o długości 1 metra, aby jej długość była obserwowana jako 0,5 metra z powodu skrócenia (kontrakcji) długości?

### 6. Masa-Energia

Bomba atomowa “Little Boy” zamieniła około 0,7 grama masy w energię. Używając  $E = mc^2$ , oblicz uwolnioną energię w dżulach. (1 kilotona TNT to ok.  $4.184 \times 10^{12}$  J).

### 7. Paradoks bliźniąt

Astronauta spędza rok na ISS, która porusza się z prędkością około 7,66 km/s. O ile młodszy byłby astronauta od swojego bliźniaka na Ziemi z powodu kinetycznej dylatacji czasu?

### 8. Transformacja prędkości

Rakieta poruszająca się z prędkością  $0.8c$  oddala się od Ziemi i wystrzeliwuje sondę do przodu z prędkością  $0.5c$  względem rakiety. Jaka jest prędkość sondy zmierzona przez obserwatora na Ziemi?

### 9. Fizyka wysokich energii

Ile energii (w GeV) potrzeba, aby przyspieszyć proton ze spoczynku do prędkości  $0.99c$ ? Masa spoczynkowa protonu wynosi około  $938 \text{ MeV}/c^2$ .

### 10. Masa relatywistyczna

Jaka jest masa relatywistyczna samochodu o masie 1000 kg poruszającego się z prędkością 99,9% prędkości światła?