

Kosmologia - zadania

Szymon Cedrowski

Lekcja 12

1. (XL OA) Na tle widma kwazara QSO 1202–07 zidentyfikowano układ linii absorpcyjnych, należących do jakiegoś obiektu. Przesunięcie ku czerwieni dla kwazara wynosi $z_1 = 4,7$, a dla obiektu wytwarzającego układ linii absorpcyjnych $z_2 = 4,4$. Oszacuj odległość między tymi obiektami.

Załącz poprawność modelu Einsteina-de Sittera, a rachunki wykonaj dla skrajnych obecnie przyjmowanych wartości stałej Hubble’a.

Przypomnienie: w tym modelu $a(t) = At^{2/3}$.

2. W odległości odpowiadającej przesunięciu ku czerwieni $z = 0,1$ zaobserwowano galaktykę o średnicy katowej $\alpha = 12''$. Udało się również zmierzyć przesunięcie ku czerwieni zewnętrznych fragmentów tej galaktyki. Różniło się ono od średniego o $\Delta z = 7 \cdot 10^{-3}$. Przyjmując, że różnica ta jest spowodowana ruchem wokół centrum, a os obrotu galaktyki jest prostopadła do linii widzenia, oblicz masę obserwowanej galaktyki. Zakładamy dodatkowo, że rozkład materii w tej galaktyce jest sferycznie symetryczny, a ruch gwiazd jest kołowy z prędkościami nierelatywistycznymi.

Hint! Nierelatywistyczny efekt Dopplera dla światła: $z \approx \frac{v_{\parallel}}{c}$

3. (LI OA) Od pewnego czasu mierzy się promieniowanie kosmiczne o ekstremalnie wysokich energiach pojedynczych cząstek. Panuje dość powszechne przekonanie, że istnieje granica tej energii. Granica ta wynika stąd, że naładowana cząstka (a cząstki tego promieniowania są naładowane) o odpowiednio dużej energii będzie ją szybko tracić na generację par e^+/e^- w wyniku zderzeń z fotonami promieniowania tła, czyli w wyniku reakcji $p + \gamma \rightarrow p + e^+ + e^-$. Oszacuj wartość tej granicznej energii, zakładając, że cząstką promieniowania kosmicznego jest proton.

Uwagi i wskazówki:

- Zderzenia najwygodniej rozpatrywać w układzie zerowego pędu. W układzie tym, zderzenie fotonu z protonem można rozpatrywać nierelatywistycznie.
- Temperatura promieniowania tła wynosi 3 K
- Układy, w których pęd jest równy zero i ten, w którym temperatura wynosi 3 K są drastycznie różne i przejście między nimi jest relatywistyczne.
- Użyteczne uproszczenie: $\sqrt{1+x} \approx 1 + \frac{x}{2}$.
- Relatywistyczny wzór na efekt Dopplera (λ_0 to długość emitowana):

$$\frac{\lambda}{\lambda_0} = \frac{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{1 - \frac{v}{c}}$$