

30

ΦΥΛΛΟ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

1. Η σημερινή σφαιρική πυκνότητα των ηλεκτρονίων (όπως και των πρωτονίων), n_e , στο Σύμπαν είναι $\sim 0.2 \text{ m}^{-3}$. Θεωρείστε τη χρονική στιγμή όταν $R(t) \sim 10^{-6} R_0$. Ποια ήταν η τιμή του n_e τότε; Α) $mc^2 = 0.511 \text{ MeV}$, περιμένετε τα ηλεκτρόνια να ήταν σχετικιστικά ή όχι; β) Η ενεργός διατομή της αέδρασης Thomson φωτονίων από ηλεκτρόνια είναι $\sigma_e = 6.7 \times 10^{-29} \text{ m}^2$. Δεδομένου ότι η μέση ελεύθερη διαδρομή ενός φωτονίου σε "αέριο" ηλεκτρονίων με πυκνότητα n_e είναι $l = \frac{1}{n_e \sigma_e}$, υπολογίστε το l εκείνη τη χρονική στιγμή και το μέσο χρόνο αλληλεπίδρασης. Αν η "ηλικία" του Σύμπαντος ήταν ~ 100.000 χρόνια εκείνη τη στιγμή, τι συμπέρασμα βγάζετε;

2. Το κανάλι 6 των τηλεόρασή σας καταγράφει φωτόνια με μήκος κύματος $3.41 - 3.66 \text{ m}$. Θεωρείστε σταθμό τηλεόρασης ισχύος 25 kW , που απέχει απόσταση 70 km από το δέκτη σας & εκπέμπει ισσοτροπικά. Υπολογίστε το πηχίο "αριθμός φωτονίων που εκπέμπονται από το σταθμό" προς "αριθμό φωτονίων της αυτιοβραχίας υποβάθρου" που ανιχνεύει ο δέκτης της τηλεόρασή σας στο κανάλι 6.

3. Αποδείξτε ότι, αν παρατηρητής κινείται με ταχύτητα u ως προς τη πηγή Hubble, τότε θα μετράει θερμοκρασία της αυτιοβραχίας υποβάθρου ίση με:

$$T_{\text{moving}} = T_{\text{rest}} \frac{\sqrt{1 - (u/c)^2}}{1 - \frac{u \cos \theta}{c}}, \text{ όπου } \theta \text{ η γωνία μεταξύ της αυτιοβραχίας και του διανύσματος της ταχύτητας του παρατηρητή}$$

(Δίνεται η σχέση Doppler: $\nu_{\text{obs}} = \frac{\nu_{\text{rest}} \sqrt{1 - (u/c)^2}}{1 + \frac{u \cos \theta}{c}}$, όπου θ η γωνία μεταξύ της ταχύτητας της πηγής και της αυτιοβραχίας παρατηρητή).

β) Δείξτε ότι η παραπάνω σχέση γίνεται:

$T_{moving} = T_{res} \left[1 + \frac{v \cos \theta}{c} \right]$, όταν $v \ll c$. γ) Υπολογίστε το μέγεθος της μεταβολής της θερμοκρασίας της μικροκυματικής ακτινοβολίας υποβάθρου λόγω της ίδιας κίνησης του Ηλίου (ο οποίος κινείται με ταχύτητα $v = 370.6 \text{ km/s}$ ως προς τη ροή Hubble).

4) Παρατηρήσεις έχω δείξει γραμμές απορρόφησης άνθρακα στο φάσμα ενός κβάζαρ (που ονομάζεται Q1331+70) που οφείλονται στο γεγονός ότι το φως από αυτό το αντικείμενο διέρχεται από νέφη αερίου που βρίσκονται σε "απόσταση" $z = 1.776$ από μας. Η σχετική ένταση απορρόφησης των διάφορων γραμμών δείχνει ότι η θερμοκρασία του νέφους πρέπει να είναι $7.4 \pm 0.8 \text{ K}$. Τι συμπέρασμα βγάξετε για τη χρονική μεταβολή της θερμοκρασίας της ακτινοβολίας υποβάθρου;