Υπολογισμός μεγέθους της σφαίρας Stroemgen μίας περιοχής HII

Έστω N_{Ly} ο αριθμός των υπεριωδών φωτονίων Lyman που εκπέμπονται ανά μονάδα χρόνου από έναν θερμό αστέρα που βρίσκεται μέσα σε μία καθαρή (μόνο υδρογόνο) περιοχη HI με ομοιομορφη πυκνότητα.

1. Πόσο μακριά μπορεί να ταξιδέψει ένα φωτόνιο UV (E>13.6 eV) σε ένα νέφος HI πυκνότητας $n_0=10^3$ άτομα cm^{-3} εάν γνωρίζετε ότι η ενεργός διατομή απορρόφησης ενός ουδέτερου ατόμου υδρογόνου σε ένα τέτοιο φωτόνιο είναι πολύ μεγάλη $\sigma \sim 10^{-17}$ cm^2;

Απάντηση

$$\Delta R_S \approx (n_0 \sigma)^{-1} \approx (10^3 \text{ cm}^{-3} \times 10^{-17} \text{ cm}^2)^{-1} \approx 10^{14} \text{ cm} \ll 1 \text{ pc} \approx 3 \times 10^{18} \text{ cm}$$

2. Άρα πόσος είναι ο χρόνος ζωής των ιονιζόντων φωτονίων σε ένα νέφος HI πριν να απορροφηθούν;
Αφού το φως διανύει σε μία ώρα περίπου ι 10^{14} cm τα φωτόνια θα επιβιώσουν περιπου μία ώρα στο νέφος HI πριν να απορροφηθούν
3. Εάν υποθέσουμε ότι ένα φωτόνιο θα ιονίσει ένα μόνο άτομο υδρογόνου, και στη συνέχεια θα συμβούν επανασυνδέσεις, υπολογίστε i) τον ολικό ρυθμό επανασύνδεσης στη μονάδα στου όγκου r_r εάν $n_e=n_p=10^3$ cm^{-3} και ο συντελεστής επανασύνδεσης είναι $\alpha_H= 3 \times 10^{-13}$ cm^3 sec^{-1} (για θερμοκρασίες χαρακτηριστικές των γαλαξιακών περιοχών HII) ii) το χρόνο επανασύνδεσης τ. Να συγκριθεί με το χρόνο ζωής του κεντρικού αστέρα

Απάντηση

(i) $r_r \sim \alpha_H n_e n_p \sim 3 \text{x} 10^{-13}$ cm^3 $s^{-1} \text{x} 10^3$ $cm^{-3} \text{x} 10^3$ $cm^{-3} \sim 3 \text{x} 10^{-7}$ cm^{-3} s^{-1}

(ii)
$$\tau \approx \frac{n_e}{r_r} \approx 3.3 \times 10^9 \text{ s} \approx 10^2 \text{ yr}$$

πολύ μικρός

4. Σε στάσιμη κατάσταση ο ολικός ρυθμός επανασύνδεσης στη σφαίρα Stroemgen ακτίνας R_S θα πρέπει να εξισορροπεί το ρυθμό ιονισμού της περιοχής. Δείξτε ότι η ακτίνα Stroemgen δίνεται από τη σχέση . Να την υπολογίσετε για αστέρα O5 με N_{Ly} $=6 \times 10^{49}$ φωτ/sec. Μετατρέψτε την απάντηση σε έτη φωτός. Συγκρίνετε την ακτίνα R_S με το Δ R_S

$$R_S \approx \left(\frac{3N_{Ly}}{4\pi \alpha_H n_e^2} \right)^{1/3}$$

Απάντηση

Ισχύει

$$N_{Ly} = r_r V = \alpha_H n_e n_p \frac{4}{3}\pi R_S^3$$

άρα

$$R_S \approx \left[\frac{3 \times 6 \times 10^{49}\ \mathrm{s}^{-1}}{4\pi \times 3 \times 10^{-13}\ \mathrm{cm}^3\ \mathrm{s}^{-1}(10^3\ \mathrm{cm}^{-3})^2}\right]^{1/3} \approx 3.6 \times 10^{18}\ \mathrm{cm} \approx 1.2\ \mathrm{pc}$$

Προφανώς $R_s >> \Delta R_s$ δηλαδή η ακτίνα της σφαίρας Stroemgen είναι πολύ μεγαλύτερη από το πάχος του μερικά ιονισμένου περιβλήματός της.

ΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΥ