

ΗΛΙΚΙΑ ΤΟΥ ...ΗΛΙΟΥ

Υποθέστε ότι ο Ήλιος μας σχηματίσθηκε κατά το παρελθόν σαν μια «καυτή μπάλα» από υδρογόνο και άρχισε να ακτινοβολεί εξ' αιτίας της θερμοκρασίας του, χωρίς να τροφοδοτείται από κάποια εσωτερική πηγή ενέργειας. Υπολογίστε το χρόνο που απαιτείται για να πέσει η θερμοκρασία από την πολύ υψηλή αρχική της, στους 6000 K.

Η ισχύς που ακτινοβολείται από τον Ήλιο, δίνεται από τον νόμο των Stefan-Boltzmann:

$$R = -\frac{dE_k}{dt} = 4\pi r_s^2 \sigma T^4 \quad (1),$$

όπου $r_s \approx 7 \cdot 10^8 m$ η ακτίνα του Ήλιου, και

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} W m^{-2} K^{-4}$$

Εφ' όσον η θερμοκρασία του Ήλιου εξαρτάται από το χρόνο και η ακτινοβολούμενη ισχύς R θα εξαρτάται επίσης από το χρόνο.

Τώρα, η ολική κινητική ενέργεια των σωματιδίων στον Ήλιο είναι ανάλογη της θερμοκρασίας του:

$$E_k = \frac{3}{2} N k T \quad (2),$$

όπου N ο ολικός αριθμός των σωματιδίων.

Από τη σχέση (2) παίρνουμε:

$$dE_k = \frac{3}{2} N k dT \quad (3)$$

Με τη βοήθεια της (3), η σχέση (1) γράφεται:

$$dt = -\frac{3NkdT}{8\pi r_s^2 \sigma T^4} \quad (4)$$

Ο χρόνος λοιπόν που απαιτείται για να «ψυχθεί» ο Ήλιος από μια αρχική υπερυψηλή θερμοκρασία T_1 στη θερμοκρασία $T_2 = 6000K$, μπορεί να βρεθεί αν ολοκληρώσουμε τη σχέση (4). Δηλαδή θα είναι:

$$\Delta t = \int_{T_1}^{T_2} dt \quad \dot{\eta}$$

$$\Delta t = -\frac{3Nk}{8\pi r_s^2 \sigma} \int_{T_1}^{T_2} \frac{1}{T^4} dT \quad \dot{\eta}$$

$$\Delta t = -\frac{3Nk}{8\pi r_s^2 \sigma} \left[-\frac{1}{3T^3} \right]_{T_1}^{T_2} \quad \dot{\eta}$$

$$\Delta t = \frac{Nk}{8\pi r_s^2 \sigma} \left[\frac{1}{T_2^3} - \frac{1}{T_1^3} \right] \quad (5)$$

Υποθέτοντας ότι $T_1 \gg T_2$ (οπότε $\frac{1}{T_1^3} \ll \frac{1}{T_2^3}$), η σχέση (5) απλουστεύεται στη μορφή:

$$\Delta t = \frac{Nk}{8\pi r_s^2 \sigma} \frac{1}{T_2^3} \quad (6)$$

Σύμφωνα με την υπόθεσή μας, ο Ήλιος αποτελείται από υδρογόνο, οπότε μπορούμε να εκτιμήσουμε προσεγγιστικά τον ολικό αριθμό σωματιδίων, διαιρώντας τη μάζα του Ήλιου με την μάζα του πρωτονίου. Δηλαδή:

$$N \approx \frac{M_s}{m_p} \quad (7),$$

όπου: $M_s = 2.10^{30} Kg$ η μάζα του Ήλιου και $m_p = 1.67.10^{-27} Kg$ η μάζα του πρωτονίου.

Έτσι λοιπόν θα έχουμε:

$$\Delta t = \frac{Nk}{8\pi r_s^2 \sigma} \frac{1}{T_2^3} \quad \dot{\eta}$$

$$\Delta t = \frac{2 \cdot 10^{30} \text{ Kg} \cdot 1,381 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}}{8\pi (7 \cdot 10^8 \text{ m})^2 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ Kg} \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}} \left(\frac{1}{6000 \text{ K}} \right)^3 \quad \text{ή}$$

$$\Delta t = 1,1 \cdot 10^{11} \text{ s}$$

(Για τις μονάδες έχουμε: $\frac{\frac{\text{J}}{\text{K}}}{\text{m}^2 \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4} \text{ K}^3} = \frac{\text{J}}{\text{W}} = \text{s}$)

Ένας χρόνος έχει περίπου: $3,1 \cdot 10^7 \text{ s}$ οπότε τα $1,1 \cdot 10^{11} \text{ s}$ ισοδυναμούν με περίπου 3500 χρόνια. Φυσικά ο Ήλιος μας έχει στην πραγματικότητα ηλικία κατά 6 τάξεις μεγέθους μεγαλύτερη απ' αυτή που βρήκαμε. Στην πραγματικότητα ο Ήλιος «τροφοδοτείται» σε ενέργεια από τις αντιδράσεις σύντηξης στο εσωτερικό του.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Modern Physics, J. W. Rohlff, John Wiley & Sons, 1994
2. Δομή της Ύλης και του Σύμπαντος, τόμος Β Αστροφυσική, Χ. Γούδης, Π-Ε Χριστοπούλου, Πάτρα 2004 (ΕΑΠ)
3. Fundamentals of Physics, sixth edition, Halliday-Resnick-Walker, John Wiley & Sons, 2001

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2012

ΦΙΟΡΕΝΤΙΝΟΣ ΓΙΑΝΝΗΣ