

ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΑΣΤΡΟΦΥΣΙΚΗ ΙΙ

ΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΥ 2013

Ασκήσεις (Χριστοπούλου 2013) 1

1) Ωσαν γνωρίζετε ότι η απόσταση των κερκίδων του Καρκίνου είναι 2000 pc και υποθέτοντας ότι το απόλυτο βολεμετρικό σω μέγεθος στο μέγιστο της λαμπρότητας του είναι χαρακτηριστικό των υπερκαινοφανών τύπου II, υπολογίστε το φαινόμενο μέγεθος του στο μέγιστο της λαμπρότητας του. Να το συγκρίνετε με αυτό της Αφροδίτης ($m \sim -4$) (β) βλ Σελ. 2 (γ) Σελ. 2

Λύση

Για SN τύπου II $M_b = -17$

Άρα $M - m = 5 - 5 \log r \Rightarrow m = M - 5 + 5 \log r = -17 - 5 + 5 \log 2000 = -5.5$

2) Στο πείραμα Fly's Eye HiRes στην έρημο της Ουτάχ καταγράφηκε το 1991 το υψηλότερης ενέργειας σφαιριδίο κοσμικών ακτίνων με ενέργεια 3×10^{20} eV. α) Μετατρέψτε την ενέργεια του σε Joules β) Εάν το σφαιριδίο ήταν μια μπάλα baseball (όσο η χροδιά ενός ενήλικα) μάζας 0,143 kg, υπολογίστε την ταχύτητα της μπάλας

Λύση

α) $E = 3 \times 10^{20} \text{ eV} \sim 48 \text{ J}$

β) $E = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow v = 25.9 \text{ m s}^{-1}$

3) Υπολογίστε τον παράγοντα Lorentz για ένα πρωτόνιο ενέργειας 10^{20} eV

Λύση

Ο παράγοντας Lorentz $\gamma = \frac{E}{m_p c^2} \approx 1 \times 10^{11}$

4) Δείξτε ότι τα σφαιριδία κοσμικών ακτίνων με ενέργειες μεγαλύτερες των 10^{19} eV δεν είναι πιθανόν να παγδευτούν στον Γαλαξία μας (θεωρήστε ότι χαρακτηριστική κλίμακα του Γαλαξία μας είναι 30 kpc) Τι συμβαίνει για τα σφαιριδία με ενέργεια 10^{16} eV $< E < 10^{19}$ eV;

Λύση

(Για σφαιριδία 10^{15} eV ποια είναι η ακτίνα Larmor;) βλ. Σελ. 2

Υπολογίστε την ακτίνα Larmor (γυροακτίνα) της τροχιάς $r = \frac{\gamma m v}{q B}$

για $r = \frac{\gamma m c^2}{q c B} = \frac{E}{q c B}$ για μαγνητικό πεδίο του Γαλαξία $q B$

$B = 10^{-10} \text{ T}$

$q c B$ προκύπτει

$q c B = 3 \times 10^{20} \text{ m}$

$= 10 \text{ kpc}$ δηλ της τάξης του μέγεθους του Γαλαξία. Άρα κοσμικές ακτίνες μικρότερο E είναι πιθανόν να παγδευτούν

1β) Εάν το γωνιακό μέγεθος των νεφελώματων είναι $4' \times 3'$ υπολογίστε

το γραμμικό μέγεθος

1γ) Εάν η μετρίμνη ταχύτητα διαστολής του είναι 1450 km s^{-1} και υποθέσουμε ότι είναι ελεύθερη από τη σύγκριση με την υπερκαινοφανούς, υπολογίστε την ηλικία του νεφελώματος. Αλλά συγκρίνετε με την υπολογισμένη ηλικία του 940 ετη .

Απάντηση

$$1\beta) \left. \begin{array}{l} \theta' = 5,82 \times 10^{-4} \text{ rad} \\ \theta'' = 1,16 \times 10^{-3} \text{ rad} \end{array} \right\} \rightarrow \begin{array}{l} d = 2000 \text{ pc} \cdot 5,82 \times 10^{-4} \text{ rad} = 1,2 \text{ pc} \\ d' = 2000 \text{ pc} \cdot 1,16 \times 10^{-3} \text{ rad} = 2,3 \text{ pc} \end{array}$$

Άρα είναι $(1,2 \times 2,3) \text{ pc}$,

1γ) Ηλικία νεφελώματος $t = \frac{d}{2v} = 780 \text{ ετη}$

Επειδή $780 \text{ ετη} < 940 \text{ ετη}$ συμπεραίνουμε ότι η διάσταση του επιταχύνεται.

4) συνέχεια...

Εάν η ακτίνα λαντορ μιας "τροχιάς" είναι σημαντικά μεγαλύτερη από την ~~ακτίνα~~ διάσταση του μαγνητικού πεδίου, το σωματίδιο δεν μπορεί να "δέσμευτεί" "παγιδευτεί" από το σύστημα. Για ένα πρωτόνιο ενέργειας 10^{15} eV και πηλίκό μαγνητικό πεδίο 10^{-10} T το μέσοαυριστητό της ακτίνα λαντορ είναι

$$r = 3 \times 10^{16} \text{ m} = 1 \text{ pc}$$

δηλ. χαρακτηριστική του μεγέθους ενός υποκίβματος υπερκαινοφανούς άρα για ~~ακτίνα~~ σωματίδια κοσμικών ακτίνων με ενέργειες πολύ μεγαλύτερες των 10^{15} eV δεν είναι πιθανόν να παγιδευτούν σε ένα υποκίβμα (νεφελώμα) υπερκαινοφανούς.

5) Σε μια περιοχή του νεφελώματος Β. Ακριβώς η μεσοσπειρική αήσοβρη στο οπικό είναι 1.1 mag. Το πάχος του νεφελώματος υπολογίζεται σε 20 pc και η απόσταση του 700 pc. Εάν υποθέσουμε ότι ένας αστέρας Β παρατηρείται με διεύθυνση του νεφελώματος με αντίστοιχο μέγεθος $M_V = -1.1$ (από φασματοσκοπικές παρατηρήσεις) αγνοώντας όλες τις ηγές αήσοβρης μεταξύ παρατηρητή και νεφελώματος υπολογίστε α) το φαινόμενο οπικό μέγεθος του αστέρα εάν βρίσκεται μπροστά στο νεφέλωμα β) πίσω αήσοβρως στο νεφέλωμα γ) αγνοώντας την ύπαρξη του νεφελώματος, η απόσταση φαίνεται ότι είναι 3. Υπολογίστε τον % λάθος που υπολογιστέ στην απόσταση εάν αγνοήσουμε την μεσοσπειρική αήσοβρη.

Απάντηση

$$\alpha) M_V - m_V = 5 - 5 \log r - A_V \Rightarrow m_V = M_V - 5 + 5 \log r + A_V$$

$$= -1.1 - 5 + 5 \log 700 = 8.1 \text{ mag} \quad (\text{για } A_V = 0)$$

$$\beta) m_V = -1.1 - 5 + 5 \log 720 + 1.1$$

$$m_V = 9.2 \text{ mag}$$

$$\gamma) \text{ για } m_V = 9.2 \text{ mag και } A_V = 0$$

$$m_V = M_V - 5 + 5 \log r \Rightarrow r = 1160 \text{ pc δηλ σφάλμα } 65.7\%$$

6) Εάν η διαφορά ενέργειας μεταξύ των επιπέδων της 1s του ατόμου των υδρογόνου (μεταξύ της κατάστασης στην οποία τα σπιν η πρωτονίου και ηλεκτρονίου έχουν αντίθετα όμοια (παράλληλα) ~~και~~ και της κατάστασης στην οποία γίνονται αντιπαράθετα) είναι $5.87433 \mu\text{eV}$ υπολογίστε τη συχνότητα και το μήκος κύματος της εκπεμπόμενης φασματικής γραμμής. Σε ποια περιοχή του φάσματος ανήκει;

Απάντηση

$$E = h \nu \Rightarrow \nu = \frac{E}{h} = \frac{5.87433 \cdot 10^{-6} \text{ eV}}{4.135667 \cdot 10^{-15} \text{ eV s}} = 1420.4 \cdot 10^6 \text{ Hz}$$

$$\nu = 1420.4 \text{ MHz} \quad (\text{μικροκοσμική-ραδιοφωνική})$$

$$\lambda = 21.10611 \text{ cm}$$