

ΚΕΦ. 14.2 : ΚΟΣΜΟΛΟΓΙΑ ΙΙ

ΣΕΛ. 250 έως 259 ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ ΚΣ.

25⁰ VIDEO, 10/01/2014

0λ έως 10λ Επαναληψη

$$E_{o\lambda} = E_K + E_B = 0$$

Η Εντροπία των φωτονίων που είναι ανάλογη του VT^3 διατηρείται. Επομένως και το γινόμενο

$$RT = \text{σταθ.} \quad (1)$$

Επιπλέον, λόγω της σχέσης (6) του 14.1 και της $\varepsilon_{de} = \text{σταθ.}$ έπεται ότι

$$p_{de} = -\varepsilon_{de} \quad \Leftrightarrow \quad w_{de} = -1 \quad (2)$$

Σχόλια για τις διάφορες συμβολές στην πυκνότητα της ενέργειας και της πίεσης του Σύμπαντος και για τη μεταβολή των ποσοστών τους με την κάθοδο της θερμοκρασίας (άρα και την αύξηση της ακτίνας R) παρουσιάζονται στις σελ. 250 έως 252 και στη διαφάνεια 92.

Στη συνέχεια, με βάση το ποια συνιστώσα κυριαρχεί στη πυκνότητα ενέργειας του Σύμπαντος, διακρίνομε τις ακόλουθες περιόδους στην ιστορία του (βλ. διαφάνεια 93):

1) Φωτοκρατία, $10^{-14} s < t < 50 \text{ ky}$, όπου τα φωτόνια και τα σωματίδια/αντισωματίδια σε ισορροπία μαζί τους κυριαρχούν και το ε είναι ανάλογο του $1/R^4$

2) 1^η μεταβατική περίοδος, $50 \text{ ky} < t < 800 \text{ ky}$, όπου τα φωτόνια και η ύλη (βαρυόνια, σκοτεινή ύλη) κυριαρχούν και το ε είναι ανάλογο του $(a_{ph}/R^4) + (a_m/R^3)$

3) Υλοκρατία, $800 \text{ ky} < t < 5 \text{ Gy}$, όπου κυριαρχούν τα βαρυόνια και η σκοτεινή ύλη και το ε είναι ανάλογο του $1/R^3$

4) 2^η μεταβατική περίοδος, $5 \text{ Gy} < t < 20 \text{ Gy}$ (13,8Gy είναι η «σημερινή» ηλικία του Σύμπαντος), όπου κυριαρχούν η ύλη (βαρυόνια και σκοτεινή ύλη) και η σκοτεινή ενέργεια και το ε είναι ανάλογο του $(c_1/R^3) + c_2$

5) Περίοδος σκοτεινής ενέργειας, $20 \text{ Gy} < t$, το ε θα είναι περίπου ίσο ε_{de} και το $R(t)$ θα είναι ανάλογο του $\exp(H_0 t)$, όπου το H_0 θα η σταθερά του Hubble τότε (σταθερά πια και ως προς το χρόνο)

Για κάθε μια από τις περιόδους αυτές η βασική σχέση της Κοσμολογίας γίνεται μια διαφορική εξίσωση της μορφής $dR/dt = f_i(R)$, $i=1, 2, 3, 4, 5$

Οι λύσεις βρίσκονται στις διαφάνειες 94 και 95 και το αντίστοιχο γράφημα R vs. t στη διαφάνεια 96. Βλ. επίσης τις σελ. 253 έως 255 του βιβλίου ΚΣ.

Τέλος με βάση τα παραπάνω παρουσιάζεται ένα χρονολόγιο του πότε δημιουργήθηκαν οι βασικές άβιες δομές του Σύμπαντος από τα νουκλεόνια μέχρι τους γαλαξίες (βλ. σελ. 256 έως 258 του βιβλίου ΚΣ) και πώς τα δεδομένα και οι αναλύσεις των αποστολών WMAP και Planck επέτρεψαν την άντληση ποσοτικών πληροφοριών για τα βασικά μεγέθη του Σύμπαντος.

Λόγω των ακριβέστερων δεδομένων της αποστολής Planck υπάρχουν αλλαγές στον Πιν. 14.1, σελ. 255 του βιβλίου ΚΣ: Τα ποσοστά είναι 4,83% (αντί 4,56%), 25,87% (αντί 22,7%), 69,14 (αντί 72,8%)

Και στον Πιν. 14.2, σελ. 259 του βιβλίου ΚΣ: Οι νέες τιμές είναι 5,15 (αντί 5,58), 0,249 (αντί 0,254), 67,77 (αντί 70,5), 13,8 (αντί 13,75).

Για να παρακολουθήσετε το 25^ο VIDEO, 10/01/2014, από 0λ έως το τέλος πατήστε **εδώ**

Σύνοψη των κυριοτέρων τύπων

Είναι οι σχέσεις (1), (2), οι σχέσεις ϵ vs. R για τις διάφορες περιόδους της ιστορίας του Σύμπαντος και οι απλές λύσεις στις διαφάνειες 94 και 95. Η τεκμηρίωση αυτών των σχέσεων στο βιβλίο ΚΣ είναι στις σελ. 252 έως 254.

Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

1. Η σύνθεση της πυκνότητας της ενέργειας του Σύμπαντος έχει ως εξής: $\epsilon \approx \epsilon_{ph} + \epsilon_v + \epsilon_e + \epsilon_b + \epsilon_{dm} + \epsilon_{de}$. Στις αρχικές φάσεις του Σύμπαντος, όταν υπήρχε θερμοδυναμική ισορροπία μεταξύ φωτονίων και σωματίων/αντισωματίων, ο αντίστοιχος όρος στο άθροισμα ήταν συγκρίσιμου μεγέθους με τον ϵ_{ph} . Με την πτώση της θερμοκρασίας, όταν αυτή η θερμοδυναμική ισορροπία έπαψε να υπάρχει, τα φορτισμένα σωματάρια αλληλοαφανίσθηκαν σχεδόν πλήρως με τα αντισωματάρια τους. Τα νετρίνα/αντινετρίνα δεν αλληλοαφανίσθηκαν λόγω της ασθενούς αλληλεπίδρασης τους. Κατά τη χρονική περίοδο $10^{-14} \text{s} \leq t \leq 5 \times 10^4 \text{y}$ (τη λεγόμενη **εποχή της φωτοκρατίας**) στην ολική πυκνότητα ενέργειας κυριαρχούν τα φωτόνια και όροι σωματίων/αντισωματίων που είναι ανάλογοι του ϵ_{ph} . Επομένως στην περίοδο αυτή έχουμε:

(α) $\epsilon \propto R^{-2}$

(β) $\epsilon \propto R^{-3}$

(γ) $\epsilon \propto R^{-4}$

(δ) $\epsilon \propto R^{-5}$

2. Μετά από μία μεταβατική περίοδο, που διαρκεί από περίπου 5×10^4 y μέχρι περίπου 7×10^5 y, αρχίζει η **εποχή υλοκρατίας** που διαρκεί από περίπου 7×10^5 y μέχρι περίπου 5×10^9 y. Στην περίοδο αυτή κυριαρχούν στην ολική πυκνότητα ενέργειας τα εναπομείναντα βαρυόνια και η σκοτεινή μάζα και η εξάρτηση από το R είναι:
- (α) $\varepsilon \propto R^{-5}$ (β) $\varepsilon \propto R^{-4}$ (γ) $\varepsilon \propto R^{-3}$ (δ) $\varepsilon \propto R^{-2}$
3. Με το τέλος της εποχής της υλοκρατίας (γύρω στα 5×10^9 y) αρχίζει μια μεταβατική περίοδος από την υλοκρατία στην **εποχή της σκοτεινής ενέργειας**, όπου $\varepsilon \approx \varepsilon_{de}$ και επομένως:
- (α) $R \propto t^{1/2}$ (β) $R \propto t^{3/2}$ (γ) $R \propto t^{9/2}$ (δ) $R \propto \exp(Ht)$
4. Την εποχή της υλοκρατίας η εξάρτηση του R από το χρόνο είναι:
- (α) $R \propto t^{1/2}$ (β) $R \propto t^{2/3}$ (γ) $R \propto t^{3/2}$ (δ) $R \propto \exp(H_0 t)$
5. Την εποχή της φωτοκρατίας η εξάρτηση του R από το χρόνο είναι:
- (α) $R \propto t^{1/2}$ (β) $R \propto t^{2/3}$ (γ) $R \propto t^{3/2}$ (δ) $R \propto \exp(H_0 t)$
6. Στη μεταβατική περίοδο από την υλοκρατία προς την εποχή της σκοτεινής ενέργειας η εξάρτηση του R από το χρόνο είναι:
- (α) $R(t) = 0,763R_\Sigma \{\sinh(0,0864464t)\}^{2/3}$ (β) $R(t) = 0,763R_\Sigma \{\sinh(0,0864464t)\}^{1/3}$
- (γ) $R(t) = 0,763R_\Sigma \{\sinh(0,0864464t^{3/2})\}^{2/3}$ (δ) $R(t) = 0,763R_\Sigma \{\sinh(0,0864464t^{1/3})\}^{2/3}$
7. Η διαστολή του Σύμπαντος από επιβραδυνόμενη πέρασε σε επιταχυνόμενη κατά την εποχή της:
- (α) φωτοκρατίας
- (β) υλοκρατίας
- (γ) κατά τη μεταβατική από υλοκρατία προς σκοτεινή ενέργεια
- (δ) κατά τη μεταβατική από φωτοκρατία προς υλοκρατία

8. Η σύνθεση της πυκνότητας της ενέργειας του Σύμπαντος «σήμερα» είναι σύμφωνα με τα τελευταία δεδομένα του Μαρτίου 2013 από το δορυφόρο Planck:
- (α) $\varepsilon_{de} : \varepsilon_{dm} : \varepsilon_b = 69,14 : 225,87 : 4,83\%$ (β) $\varepsilon_{de} : \varepsilon_{dm} : \varepsilon_b = 75,25 : 20,71 : 3,89\%$
- (γ) $\varepsilon_{de} : \varepsilon_{dm} : \varepsilon_b = 26,71 : 68,25 : 4,89\%$ (δ) $\varepsilon_{de} : \varepsilon_{dm} : \varepsilon_b = 3,89 : 20,71 : 75,25\%$
9. Η πιο πρόσφατη εκτίμηση για τη σταθερά του Hubble «σήμερα» είναι:
- (α) $H_0 \approx 85,5 \text{ km/s} \cdot \text{Mpc}$ (β) $H_0 \approx 67,1 \text{ km/s} \cdot \text{Mpc}$
- (γ) $H_0 \approx 60,5 \text{ km/s} \cdot \text{Mpc}$ (δ) $H_0 \approx 40,5 \text{ km/s} \cdot \text{Mpc}$
10. Η πιο πρόσφατη εκτίμηση για την πυκνότητα ενέργειας των βαρυονίων στο Σύμπαν «σήμερα» είναι ίση με:
- (α) 5 πρωτόνια/m^3 (β) 1 πρωτόνιο/m^3 (γ) $1/2 \text{ πρωτόνια/m}^3$ (δ) $1/4 \text{ πρωτόνια/m}^3$
11. Η βαρυογένεση έλαβε χώρα στο διάστημα $10^{-5} \text{ s} \leq t \leq 150 \text{ s}$, όταν η θερμοκρασία ήταν γύρω στην περιοχή:
- (α) $T \approx 10^8 \text{ K}$ (β) $T \approx 10^{12} \text{ K}$ (γ) $T \approx 10^{16} \text{ K}$ (δ) $T \approx 10^{20} \text{ K}$
12. Η νουκλεοσύνθεση έλαβε χώρα στο διάστημα $120 \text{ s} \leq t \leq 1200 \text{ s}$, όταν η θερμοκρασία ήταν γύρω στην περιοχή:
- (α) $T \approx 10^9 \text{ K}$ (β) $T \approx 10^7 \text{ K}$ (γ) $T \approx 10^5 \text{ K}$ (δ) $T \approx 10^3 \text{ K}$
13. Η θερμοκρασία της κοσμικής μικροκυματικής ακτινοβολίας υποβάθρου είναι:
- (α) $273,15 \text{ K}$ (β) $68,21 \text{ K}$ (γ) $23,65 \text{ K}$ (δ) $2,73 \text{ K}$
14. Η ηλικία του Σύμπαντος είναι:
- (α) $13,8 \text{ My}$ (β) 138 My (γ) $1,38 \text{ Gy}$ (δ) $13,8 \text{ Gy}$

15. Η θερμοκρασία της κοσμικής μικροκυματικής ακτινοβολίας υποβάθρου είναι 2,725 K και το Σύμπαν από την εποχή της αποσύζευξης έχει αυξήσει την ακτίνα του κατά 1090 φορές. Ποια ήταν η θερμοκρασία την εποχή της αποσύζευξης;
- (α) 2,725 K (β) 0,297K (γ) 297 K (δ) 2970 K
16. Η κοσμική μικροκυματική ακτινοβολία υποβάθρου ως συνάρτηση της συχνότητας ω παρουσιάζει το μέγιστο για $\hbar\omega = 0,665 \text{ meV}$. Ποια είναι η θερμοκρασία της μικροκυματικής ακτινοβολίας υποβάθρου;
- (α) 2,724 K (β) 0,297K (γ) 297 K (δ) 2970 K

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

Τα υπ' αρ. 1, 3, 5 της σελ. 258 του βιβλίου ΚΣ.