

ΕΞΕΤΑΣΗ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ "ΑΣΤΡΟΦΥΣΙΚΗ-1" ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ 2013

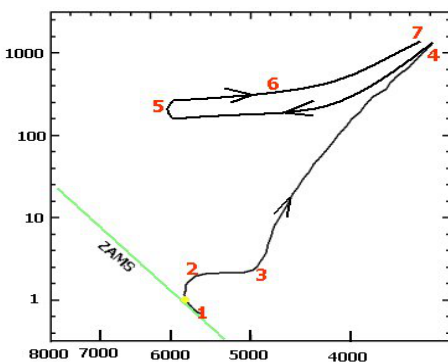
ΟΔΗΓΙΕΣ ΕΞΕΤΑΣΗΣ: Δεν επιτρέπεται να βγείτε εκτός αμφιθεάτρου τις πρώτες 2 ώρες της εξέτασης εκτός αν θέλετε να παραδώσετε το γραπτό σας. ΔΙΑΒΑΣΤΕ ΤΑ ΘΕΜΑΤΑ ΠΡΟΣΕΚΤΙΚΑ. Τα θέματα θα τα παραδώσετε μαζί με το γραπτό σας (θα αναρτηθούν στο διαδίκτυο σε λίγες μέρες). Η διάρκεια της εξέτασης είναι 3 ώρες. Όταν παραδώσετε το γραπτό σας πρέπει να δείξετε και την ταυτότητά σας. ΚΑΛΗ ΕΠΙΤΥΧΙΑ, Ι. ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ.

1ο Θέμα. Ο Ήλιος θερμαίνεται μέσω της αλυσίδας αντιδράσεων "p-p" στο εσωτερικό του. Κατά τη διάρκεια αυτών των αντιδράσεων 4 πρωτόνια παράγουν ένα πυρήνα ηλίου καθώς και ένα νεutrίνο, 2 φωτόνια ακτίνων γ και ένα ποζιτρόνιο. **α)** Στο μάθημα αναφέραμε ότι η μεταβολή στην ένταση ακτινοβολίας μήκους κύματος λ (dI_λ) λόγω απορρόφησης καθώς διέρχεται από υλικό μήκους ds , δίνεται από τη σχέση $dI_\lambda = -k_\lambda \rho I_\lambda ds$, όπου I_λ είναι η αρχική ένταση ακτινοβολίας, k_λ είναι ο συντελεστής απορρόφησης του υλικού στο μήκος κύματος λ και ρ η πυκνότητά του. Δείξτε ότι, αν τα k_λ και ρ είναι σταθερά καθώς η ακτινοβολία διέρχεται μέσω υλικού συνολικού μήκους S , τότε η τελική ένταση ακτινοβολίας ($I_{\lambda,f}$) συνδέεται με την αρχική ένταση ακτινοβολίας ($I_{\lambda,0}$) μέσω της σχέσης: $I_{\lambda,f} = I_{\lambda,0} \exp(-k_\lambda \rho S)$ **(1)**. **β)** Βρείτε τη "μέση ελεύθερη διαδρομή" ενός φωτονίου ακτίνων γ στον πυρήνα του Ήλιου αν $k_{\text{ακτίνων-}\gamma} = 0.12 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$ και $\rho_{\text{πυρήνα}} = 1.5 \times 10^5 \text{ kg m}^{-3}$ **(1)**. **γ)** Πόση είναι η ενέργεια (σε MeV) που απελευθερώνεται ανά πρωτόνιο κατά τη διάρκεια των αντιδράσεων της αλυσίδας "πρωτονίου-πρωτονίου"; **(1)**. Με βάση τις απαντήσεις στα προηγούμενα ερωτήματα, εξηγήστε πως αυτή η ενέργεια θερμαίνει το εσωτερικό του Ήλιου. **(1)**

2ο Θέμα. Υποθέστε πως η μέση ως προς το χρόνο λαμπρότητα ενός άστρου $1M_\odot$ αφού εγκαταλείψει την κύρια ακολουθία είναι $20L_\odot$. Επιπλέον, υποθέστε πως ανεβαίνοντας τον κλάδο των γιγάντων ο πυρήνας από ήλιο αυξάνεται περίπου κατά $0.3M_\odot$. Βρείτε το χρόνο που χρειάζεται ένα τέτοιο άστρο για να ανέβει ως την κορυφή του κλάδου των ερυθρών γιγάντων (σε δισεκατομμύρια χρόνια) **(1)**. Τι αναλογία ερυθρών γιγάντων προς αστέρες κύριας ακολουθίας αναμένετε για άστρα $1M_\odot$; Ποιες θα ήταν οι σχετικές συνεισφορές τους στο συνολικό φως ενός γαλαξία; **(1)**

3ο Θέμα: Λόγω της μεγάλης πυκνότητάς του και της αρχής της αβεβαιότητας, η ταχύτητα των ηλεκτρονίων σ' ένα λευκό νάνο είναι ανεξάρτητη της θερμοκρασίας του και εξαρτάται από τη σωματιδιακή πυκνότητά του: $u \propto (n_e)^{1/3}$. Η σχέση μεταξύ ακτίνας, R , και μάζας, M , σε λευκούς νάνους είναι η εξής: $R = 0.01 R_\odot (M/M_\odot)^{-1/3}$. Εξηγήστε γιατί πρέπει να υπάρχει ανώτατο όριο στη μάζα των λευκών νάνων **(1)**. Ένας αστέρας φτάνει σε σημείο "διάλυσης" όταν στον ισημερινό του περιστρέφεται με γωνιακή ταχύτητα τέτοια ώστε η απαιτούμενη κεντρομόλος δύναμη είναι μεγαλύτερη από την ιδιοβαρύτητα του αστέρα. Υπολογίστε την ελάχιστη επιτρεπτή περίοδο περιστροφής ενός λευκού νάνου μέγιστης μάζας. Εξηγήστε γιατί οι πάσσαρς δεν μπορεί να είναι λευκοί νάνοι **(1)**.

4ο Θέμα: Η παρακάτω εικόνα δείχνει τη θέση του Ήλιου σε θεωρητικό διάγραμμα "λαμπρότητας (άξονας των y) - θερμοκρασίας (άξονας των x)". Τι συμβαίνει όταν ο Ήλιος φτάσει στο σημείο "4"; **(1)**. Γιατί η λαμπρότητα ελλατώνεται και η θερμοκρασία αυξάνεται στη συνέχεια έως ότου ο αστέρας φτάσει στο σημείο "5"; **(1)**



Δίνονται: $L_\odot = 3.8 \times 10^{26} \text{ W}$, $M_\odot = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$, $R_\odot = 7 \times 10^8 \text{ m}$, $m_H = 1.673 \times 10^{-27} \text{ kg}$, μάζα πυρήνα ατόμου ηλίου $= 6.645 \times 10^{-27} \text{ kg}$, $G = 6.673 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$, $1 \text{ Joule} = 1.6 \times 10^{18} \text{ eV}$.