

Προβλήματα Αστροφυσικής II (1^ο σετ)

Μεσοαστρική Υλη

1. Σε ένα μέρος του Νεφελώματος της Βορείου Αμερικής το ποσό της μεσοαστρικής απόσβεσης στα οπτικά μήκη κύματος είναι 1.1 μεγέθος. Το πάχος του νεφελώματος υπολογίζεται στα 20pc και η απόστασή του στα 700pc από τη Γη. Υποθέτουμε ότι ένα αστρο κυρίας ακολουθίας φασματικού τύπου B παρατηρείται στην κατεύθυνση του νεφελώματος και ότι το απόλυτο μέγεθος του άστρου είναι $M_V = -1.1$ μεγ.

α) Να βρείτε το φαινόμενο οπτικό μέγεθος του άστρου εάν αυτό βρίσκεται μπροστά από το νεφέλωμα

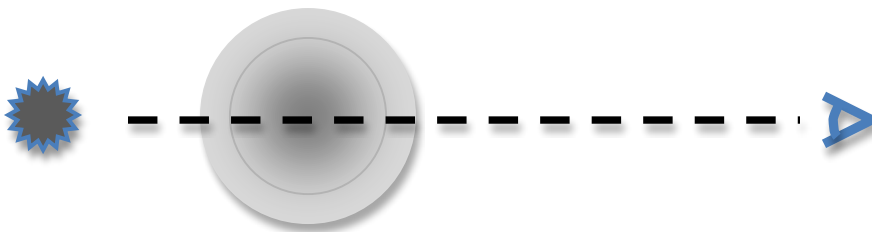
β) Να βρείτε το φαινόμενο οπτικό μέγεθος του άστρου εάν αυτό βρίσκεται ακριβώς πίσω από το νεφέλωμα

γ) Χωρίς να λάβετε υπ'όψιν την ύπαρξη του νεφελώματος σε ποιά απόσταση θα φαινόταν να βρίσκεται το αστρο της περίπτωσης Β. Ποιό θα ήταν το επί τοις εκατό λάθος στην εκτίμηση της απόστασης του εάν αγνοήσουμε τη μεσοαστρική απόσβεση;

2. Ενα αστρο βρίσκεται πίσω από ένα σφαιρικό μοριακό νέφος ακτίνας R με ακτινική κατανομή πυκνότητας $\rho = \rho_0 \frac{1}{1+r}$ όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα.

Να υπολογίσετε ποιό θα είναι το ποσοστό ελάττωσης της έντασης της ακτινοβολίας του άστρου σε συχνότητα ν εάν το παρατηρούμε κατά μήκος μιας διαμέτρου του νέφους, και θεωρώντας γνωστό το συντελεστή απορρόφησης κ_ν . Να συγκρίνετε αυτό το αποτέλεσμα με την περίπτωση που θεωρούμε νέφος ομοιόμορφης πυκνότητας.

Πόση είναι η διαφορά στο οπτικό βάθος που υπολογίζουμε;



3. Θεωρώντας ότι η επιτάχυνση της επιφάνειας ενός νέφους που καταρρέει εκτελώντας ελεύθερη πτώση παραμένει σταθερή, να υπολογίσετε μια έκφραση για τον χρόνο ελεύθερης πτώσης. Πως συγκρίνεται αυτή η έκφραση με αυτή που σηζητήθηκε στο μάθημα;

4. Μια παλιά (και λανθασμένη) θεωρία για την παραγωγή ενέργειας στον Ήλιο, υποστήριζε ότι η βαρυτική κατάρευση του Ήλιου παράγει αρκετή ενέργεια για να εξηγήσει την παρατηρούμενη λαμπρότητα.

Υπολογίζοντας τη βαρυτική ενέργεια του ηλίου (θεωρώντας ότι είναι μια σφαιρική μάζα αερίου σταθερής πυκνότητας), να δείξετε ότι σύμφωνα με αυτό το σενάριο ο Ήλιος θα είχε ακτινοβολήσει την μισή βαρυτική του ενέργεια σε χρόνο 10Myr (θεωρήστε ότι η λαμπρότητα του Ήλιου παραμένει σταθερή στην σημερινή της τιμή).

5. Να υπολογίσετε τη θερμοκρασία ενός σφαιρικού κόκκου σκόνης ακτίνας 0.2μm που βρίσκεται σε απόσταση 100 AU από ένα άστρο κύριας ακολουθίας φασματικού τύπου F0. Να θεωρήσετε ότι ο κόκκος σκόνης βρίσκεται σε θερμική ισορροπία, και ότι εκπέμπει ακτινοβολία ως μέλαν σώμα.

[Η θερμοκρασία ενός άστρου F0 είναι 7300K και η ακτίνα του 1.4R_☉.]

6.

α) Η γραμμή των 21cm προκύπτει από την αποδιέγερση ατόμων H που βρίσκονται στη διεγερμένη στάθμη της υπέρλεπτης υφής. Λαμβάνοντας υπ' όψιν τη εξίσωση Boltzmann να υπολογίσετε την ελάχιστη θερμοκρασία που θα πρέπει να έχει ένα νέφος ώστε να έχουμε διέγερση των ατόμων H στη διεγερμένη στάθμη της υπέρλεπτης υφής.

β) Να δείξετε ότι για ένα νέφος με τυπικές συνθήκες ($T=100\text{K}$, $n_{\text{H}}=1\text{ cm}^{-3}$, ακτίνα 10pc) ο λόγος του αριθμού των ατόμων υδρογόνου που βρίσκονται στη διεγερμένη στάθμη της υπέρλεπτης υφής που δίνει τη γραμμή των 21cm, προς τον αριθμό των ατόμων που βρίσκονται στην βασική στάθμη είναι 3:1 (Να χρησιμοποιήσετε την εξίσωση Boltzmann και να λάβετε υπ' όψιν ότι η διεγερμένη στάθμη έχει βαθμό εκφυλισμού 3 ενώ η βασική στάθμη βαθμό εκφυλισμού 1).

γ) Εάν το νέφος αποτελείται από καθαρό ατομικό υδρογόνο και ο μέσος χρόνος μεταξύ των κρούσεων δίνεται από τη σχέση $t_{col} = \frac{1}{\sigma \langle v \rangle n}$

όπου:

σ είναι η διατομή σκέδασης (την οποία μπορείτε να λάβετε ίση με το μέγεθος του ατόμου H)

$\langle v \rangle$ είναι η μέση ταχύτητα των ατόμων H (θεωρήστε ότι ακολουθούν την κατανομή Maxwell-Boltzmann, και επομένως $\langle v \rangle = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{2kT}{m} \right)^{1/2}$, όπου T είναι η θερμοκρασία του νέφους, και m η μάζα των σωματιδίων.)

n είναι η αριθμητική πυκνότητα του νέφους να δείξετε ότι ο μέσος χρόνος μεταξύ κρούσεων είναι πολύ μικρότερος από τον χρόνο αυθόρμητης αποδιέγερσης ($\sim 10^7$ yr).

δ) Να υπολογίσετε πόση είναι η ενέργεια ανά μονάδα χρόνου που εκπέμπεται στη γραμμή των 21cm από το παραπάνω νέφος. Πόσος χρόνος απαιτείται ώστε το νέφος να χάσει τη μισή από τη θερμική του ενέργεια μέσω εκπομπής της γραμμής 21cm; Θεωρείτε ότι είναι ένας σημαντικός μηχανισμός ψύξης του νέφους;

7. Να δείξετε ότι η μέση κινητική ενέργεια ενός ηλεκτρονίου που προέρχεται από φωτοϊονισμό ενός ατόμου με δυναμικό ιονισμού X είναι περίπου kT^* εάν το άστρο εκπέμπει ως μέλαν σώμα θερμοκρασίας T^* .

[Με βάση την κατανομή ενέργειας μέλανος σώματος να βρείτε την κατανομή ενεργειών των εκπεμπόμενων φωτονίων από την οποία να υπολογίσετε την κατανομή πιθανότητας να εκπεμφθεί ένα φωτόνιο συγκεκριμένης ενέργειας. Επίσης να λάβετε υπ' όψιν σας ότι στις ενέργειες $E > X$ ισχύει η προσέγγιση $h\nu/kT \gg 1$]

8. Εάν το μεσοαστρικό αέριο γύρω από ένα άστρο το οποίο εκπέμπει N φωτόνια/sec με μήκος κύματος μικρότερο από το όριο Lyman, είναι υπό μορφή νεφών που καλύπτουν ε% του χώρου, να υπολογίσετε την ακτίνα γύρω από το άστρο που θα περιέχει πλήρως ιονισμένο αέριο.

9. Θεωρήστε ένα άστρο φασματικού τύπου O7 το οποίο εκπέμπει N_H φωτόνια/sec με μήκος κύματος μικρότερο από το όριο Lyman και N_{He} φωτόνια/sec με μήκος κύματος μικρότερο από το όριο ιονισμού του He.

Να υπολογίσετε το σχετικό μέγεθος των σφαιρών ιονισμένου υδρογόνου και απλά ιονισμένου Ηλίου συναρτήσει των συντελεστών επανασύνδεσης για το υδρογόνο και το ήλιο, και του ρυθμού εκπομπής φωτονίων N_H και N_{He} .

Με βάση τους υπολογισμούς που κάνατε στην προηγούμενη άσκηση να υπολογίσετε τον λόγο N_H / N_{He} . Τι συμπεραίνετε για το σχετικό μέγεθος των δύο σφαιρών Stromgren;

Όταν το άστρο περάσει στη φάση του ερυθρού υπεργίγαντα να υπολογίσετε κατά

πόσο θα αλλάξει το μέγεθος της σφαίρας ιονισμένου υδρογόνου.

[Δίνεται:

α) $L_{07}=216000 L_{\odot}$ στη κύρια ακολουθία και $L_{07}=877000 L_{\odot}$ στη φάση του υπεργίγαντα. Να αγνοήσετε την μικρή αλλαγή στη θερμοκρασία του άστρου κατά 300K

β) Συντελεστής επανασύνδεσης για το υδρογόνο $6.82 \times 10^{-13} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$, και για το ήλιο $4.66 \times 10^{-13} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$

γ) Ενέργεια πρώτου ιονισμού ηλίου 24.6 eV].