

Αστροφυσική ΙΙ- Εαρινό εξάμηνο 2010 (Ε. Χριστοπούλου)

2^η Ομάδα ασκήσεων

1. Θεωρείστε ένα διπλό σύστημα το οποίο αποτελείται από δύο αστέρες νετρονίων μάζας $1.5 M_{\odot}$. Υποθέστε ότι ο ένας από τους δύο είναι pulsar με μέση περίοδο παλμών 2 sec . Εάν η τροχιά είναι κυκλική και τη βλέπουμε από την κάτοψη, ποια θα είναι η μέγιστη και η ελάχιστη περίοδος των παρατηρούμενων παλμών του pulsar; (Υπόδειξη: η περίοδος των παλμών P_p ακολουθεί το φαινόμενο Doppler όπως και το μήκος κύματος).
2. Υποθέστε ότι ένας κακόβουλος εξωγήινος προσπαθεί να μας ξεγελάσει και να μας κάνει να πιστέψουμε ότι παρατηρούμε το σύστημα του προβλήματος 1 ενώ στην πραγματικότητα ζει πάνω σε έναν αστέρα νετρονίων που δεν είναι μέλος διπλού συστήματος και έχει σκεφτεί έναν τρόπο ώστε να εκπέμπει τους παραπάνω παλμούς από μία πλατφόρμα που ανεβοκατεβαίνει. Όταν η πλατφόρμα είναι σε ύψος h από την επιφάνεια του αστέρα νετρονίων οι παλμοί υφίστανται μικρότερη βαρυτική μετατόπιση στο ερυθρό κι άρα η παρατηρούμενη περίοδος είναι μικρότερη-όταν η πλατφόρμα βρίσκεται πάνω στην επιφάνεια του αστέρα νετρονίων όπου δεν υπάρχει βαρυτική μετατόπιση στο ερυθρό κι άρα η παρατηρούμενη περίοδος είναι μεγαλύτερη. Εάν η ακτίνα του αστέρα νετρονίων είναι $(4/3) R_s$ όπου είναι η ακτίνα Schwarzschild, η διαφορά της παρατηρούμενης περιόδου των παλμών λόγω βαρυτικής μετατόπισης στο ερυθρό μεταξύ της θέσης όπου η πλατφόρμα βρίσκεται σε ύψος h και στην επιφάνεια του αστέρα $\Delta P_p / P_p = 3h/R_N$ όπου R_N είναι η ακτίνα του αστέρα νετρονίων. Εάν ο αστέρας νετρονίων έχει μάζα $M_N = 1.5 M_{\odot}$ πόσο ψηλά πρέπει να πάει η πλατφόρμα ώστε να παράγει το αποτέλεσμα του προβλήματος 1;
3. Οι δύο περιπτώσεις των προβλημάτων 1 και 2 μπορούν να περιγράψουν μία ημιτονοειδή καμπύλη ταχύτητας. Αλλά εάν μία τέτοια καμπύλη παρατηρείτο σχεδόν όλοι οι αστρονόμοι θα την απέδιδαν στην ύπαρξη ενός διπλού συστήματος παρά σε έναν κακόβουλο εξωγήινο. Γιατί; Αιτιολογήστε.
4. Το βραβείο Nobel του 1993 απενεμήθη στον Joe Taylor και στον Russell Hulse για την ανακάλυψη του πρώτου διπλού συστήματος pulsar. Διαβάστε την εξιστόρηση του Hulse για την ανακάλυψή τους (είτε το pdf στη σελίδα του μαθήματος είτε στην ιστοσελίδα http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1993/hulse-lecture.pdf. Τί ιδιαίτερες ικανότητες και χαρακτηριστικά πιστεύετε ότι έχει

ο Hulse, τα οποία του έδωσαν τη δυνατότητα αυτή της ανακάλυψης; Πιστεύετε ότι άξιζε το βραβείο Nobel ή ότι ήταν απλώς τυχερός;

5. Η σχέση για τη σχετικιστική μετατόπιση Doppler είναι :

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \left(\frac{1 + \frac{v_R}{c}}{1 - \frac{v_R}{c}} \right)^{1/2} - 1$$

Δείξτε ότι στη Νευτώνεια προσέγγιση $\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{v_R}{c}$. Διερευνήστε την σχετικιστική σχέση για $v_R \rightarrow c$ ή $-c$. Έχει φυσική σημασία το αποτέλεσμά σας;

6. Θεωρείστε ένα διπλό σύστημα σε κυκλική τροχιά ενός αστέρα νετρονίων και μιας μελανής οπής διπλάσιας μάζας. Με βάση τις εξισώσεις τις οποίες είχαμε χρησιμοποιήσει στα διπλά συστήματα αστέρων (Αστροφυσική Ι) απαντήστε στα ερωτήματα
- Εάν η μελανή οπή κινείται με ταχύτητα $0.2c$, με ποια ταχύτητα θα κινείται ο αστέρας νετρονίων;
 - ποια είναι η απόσταση μεταξύ των δύο σωμάτων; Ποια είναι η περίοδος του συστήματος;
 - τα αποτελέσματά σας είναι λανθασμένα. Μπορείτε να εξηγήσετε γιατί ;
7. Να υπολογίσετε το ύψος της ατμόσφαιρας ενός αστέρα νετρονίων μάζας $M=1 M_\odot$, ακτίνας $R=10 \text{ km}$ και ενεργού θερμοκρασίας $T=10^6 \text{ K}$, υποθέτοντας ότι η ατμόσφαιρα αποτελείται από υδρογόνο, ότι είναι ηλεκτρικά ουδέτερη και ότι βρίσκεται σε βαρυτική ισορροπία (Υποδ. Η θερμική ενέργεια ενός σωματιδίου μάζας m σε ύψος h θα είναι ίση με τη δυναμική του ενέργεια).
8. Ποιο είναι το πιθανό αποτέλεσμα της εξέλιξης ενός αστέρα ο οποίος στα τελευταία στάδια της εξέλιξής του έχει μάζα
- $0.5 M_\odot$
 - $1.1 M_\odot$
 - $1.5 M_\odot$
 - $2.5 M_\odot$
 - $3 M_\odot$
 - $10 M_\odot$
9. Ποια είναι η θερμική πίεση ενός αερίου θετικών ιόντων; Να συγκριθεί με την αντίστοιχη του αερίου ηλεκτρονίων. (Υποδ. Πόσο είναι το μέσο μοριακό βάρος σε κάθε περίπτωση; $A \sim 2Z$)
- Εάν η πίεση των δίνεται από τη σχέση

$$P_{\text{εκφ-}e} = 0.048 \frac{h^2}{m_e} n_e^{5/3}$$

- Να αντικαταστήσετε τα αντίστοιχα μεγέθη για να βρείτε την πίεση ενός μη σχετικιστικού εκφυλισμένου αερίου θετικών ιόντων και να τις συγκρίνετε.
- ii) Εάν γνωρίζετε ότι τα θετικά ιόντα στους λευκούς νάνους είναι κυρίως ιόντα ${}^4\text{He}$, ${}^{12}\text{C}$, ${}^{16}\text{O}$ αλλάζει κάτι στους υπολογισμούς σας; (Υποδ. Τα ιόντα περιέχουν άρτιο αριθμό βαρυονίων)
10. i) Υπολογίστε τη θερμική ενέργεια που υπάρχει σε έναν λευκό νάνο μάζας $1 M_{\odot}$ θερμοκρασίας 10^7 K
- ii) Υποθέτοντας ότι η θερμοκρασία της επιφανείας του ακτινοβολεί σαν ένα μέλαν σώμα θερμοκρασίας 10^4 K υπολογίστε το χρόνο ψύξης του $t \sim E(dE/dt)^{-1}$. Έχει σημασία το αποτέλεσμά σας;