

ΒΑΡΥΤΙΚΗ ΚΑΤΑΡΡΕΥΣΗ ΑΣΤΕΡΑ

Μια εφαρμογή της διατήρησης της στροφορμής - μια πρόταση στον τρόπο διδασκαλίας στην ύλη της Φυσικής του Λυκείου.

Αστέρας σφαιρικού σχήματος με μάζα(**M**) και ακτίνας (**R**) περιστρέφεται με γωνιακή ταχύτητα (**ω**) γύρω από άξονα που ταυτίζεται με μια διάμετρο του. Όταν εξαντλήσει τα πυρηνικά του καύσιμα κυριαρχούν οι εσωτερικές βαρυτικές δυνάμεις και οδηγείται σε βαρυτική κατάρρευση. Η ακτίνα του μειώνεται δραματικά (**$r \ll R$**) ενώ θεωρούμε ότι η μάζα του (**M**) παραμένει η ίδια.

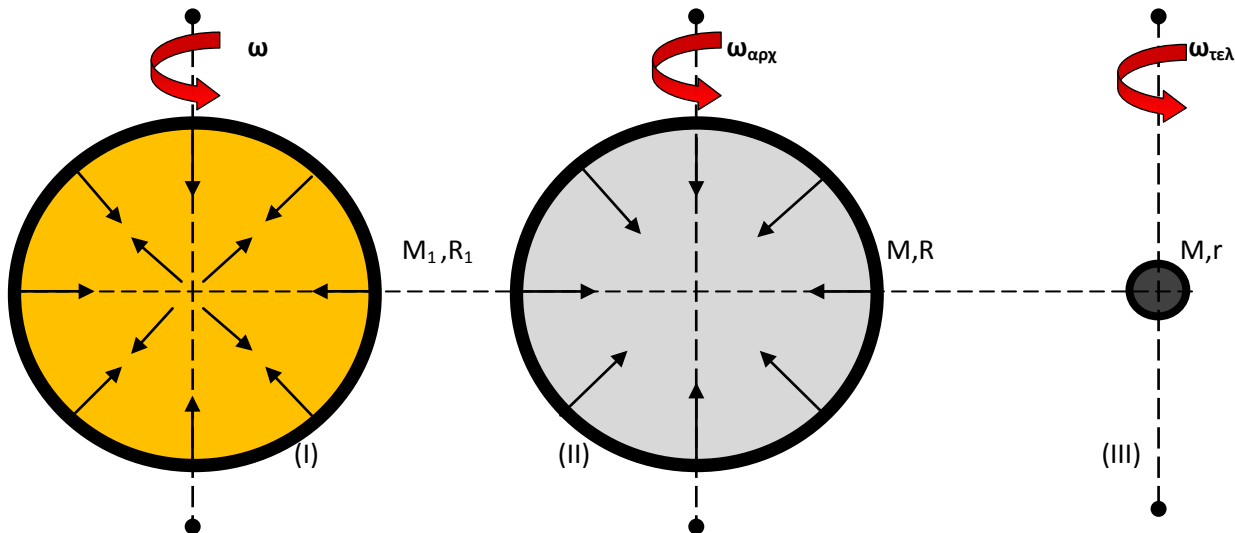
1. Να υπολογίσετε την τελική συχνότητα της περιστροφής σε συνάρτηση με την αρχική.

2. Να βρείτε τον λόγο της τελικής προς την αρχική κινητική ενέργεια .

Δώστε μια ποιοτική ερμηνεία για το αποτέλεσμα.

Δίνονται: $I_{cm} = \frac{2}{5}MR^2$ και οι ακτίνες **R** και **r**.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ



Το σχήμα δείχνει τρεις φάσεις του αστέρα (στην πραγματικότητα βέβαια τα πράγματα δεν είναι τόσο απλά).

Στη φάση (I) : Το άστρο έχει τα πυρηνικά του καύσιμα ακόμα. Οι βαρυτικές δυνάμεις αναιρούνται από τις δυνάμεις των συμπιεσμένων αερίων που βρίσκονται στο εσωτερικό του αστέρα .Αυτό απαιτεί τεράστιες θερμοκρασίες που δημιουργούνται από θερμοπυρηνικές αντιδράσεις .

Στη φάση (II): Τα πυρηνικά καύσιμα έχουν εξαντληθεί το άστρο αρχίζει να ψύχεται, οι εσωτερικές βαρυτικές δυνάμεις κυριαρχούν και **αρχίζει η βαρυτική κατάρρευση**. Η κατανομή της μάζας πλησιάζει στον άξονα περιστροφής και η ροπή αδράνειας μειώνεται με ένα ασύλληπτο ρυθμό.

Στη φάση (III): το άστρο έχει βαρυτικά καταρρεύσει. Μετατρέπετε ανάλογα με την μάζα του σε **αστέρα νετρονίων** η **pulsar** σε **λευκό νάνο** η σε **μαύρη τρύπα** .

Οι πυρήνες των ατόμων σ' αυτή τη φάση πλησιάζουν μέχρι να αρχίσουν να εφάπτονται. Η ακτίνα του μειώθηκε δραματικά.

1. Ας δούμε τι συμβαίνει με την περιστροφή του.

Οι εξωτερικές δυνάμεις που πιθανά να του ασκούνται είναι βαρυτικές άρα κεντρικές και τέμνουν τον άξονα περιστροφής του επομένως :

$$\Sigma \tau_{\epsilon\chi} = 0 \rightarrow \frac{dL}{dt} = 0 \rightarrow L_{\alpha\rho\chi} = L_{\tau\epsilon\lambda} \rightarrow I_{\alpha\rho\chi} \omega_{\alpha\rho\chi} = I_{\tau\epsilon\lambda} \omega_{\tau\epsilon\lambda} \rightarrow$$

$$\frac{2}{5} MR^2 \omega_{\alpha\rho\chi} = \frac{2}{5} Mr^2 \omega_{\tau\epsilon\lambda} \rightarrow \omega_{\tau\epsilon\lambda} = (R/r)^2 \omega_{\alpha\rho\chi} \rightarrow 2\pi f_{\tau\epsilon\lambda} = (R/r)^2 2\pi f_{\alpha\rho\chi}$$

$$\rightarrow f_{\tau\epsilon\lambda} = (R/r)^2 f_{\alpha\rho\chi}$$

Όμως το $R \gg r$ άρα η τελική συχνότητα περιστροφής θα είναι ασύλληπτα μεγάλη σε σχέση με την αρχική. **Μια ανάλογη πορεία θα ακολουθήσει και ο Ήλιος**. Η σημερινή συχνότητα του είναι **1 περιστροφή ανά 25 μέρες** ενώ όταν θα υποστεί βαρυτική κατάρρευση θα εκτελεί **εκατοντάδες στροφές ανά δευτερόλεπτο**.

2. Ας εξετάσουμε όμως και την κινητική ενέργεια του αστέρα.

$$\Xi\acute{\epsilon}\rho\omicron\upsilon\mu\epsilon \acute{o}\tau\iota K_{\iota\nu} = \frac{1}{2} \frac{L^2}{I} \text{ άρα } K_{\alpha\rho\chi} = \frac{1}{2} \frac{L_{\alpha\rho\chi}^2}{I_{\alpha\rho\chi}} \text{ και } K_{\tau\epsilon\lambda} = \frac{1}{2} \frac{L_{\tau\epsilon\lambda}^2}{I_{\tau\epsilon\lambda}} \text{ αλλά}$$

$$L_{\alpha\rho\chi} = L_{\tau\epsilon\lambda} \rightarrow \frac{K_{\tau\epsilon\lambda}}{K_{\alpha\rho\chi}} = \frac{I_{\alpha\rho\chi}}{I_{\tau\epsilon\lambda}} \rightarrow \frac{K_{\tau\epsilon\lambda}}{K_{\alpha\rho\chi}} = \frac{\frac{2}{5} MR^2}{\frac{2}{5} Mr^2} \rightarrow \frac{K_{\tau\epsilon\lambda}}{K_{\alpha\rho\chi}} = \frac{R^2}{r^2}$$

δηλαδή η κινητική ενέργεια του αστέρα παρουσίασε μια τρομακτική αύξηση.

Αυτή η αύξηση κατά κύριο λόγο οφείλεται στην μείωση της δυναμικής του ενέργειας λόγω βαρυτικής κατάρρευσης(?).

$$K_{\alpha\rho\chi} + U_{\alpha\rho\chi} = K_{\tau\epsilon\lambda} + U_{\tau\epsilon\lambda} \rightarrow \Delta K_{\iota\nu} = -\Delta U.$$

Μερικά πρόσθετα στοιχεία που εντυπωσιάζουν:

α. Ένας τυπικός αστέρας νετρονίων έχει διάμετρο μόλις 10 - 20 km

αλλά **μάζα** μεγαλύτερη από του Ήλιου.

β. Η πυκνότητα είναι τεράστια, $d = 10^8 - 10^{13} \text{ Kgr / cm}^3$,

γ. Η θερμοκρασία στην επιφάνεια φτάνει τους $T = 10^6 \text{ Kelvin}$.

δ. Η επιτάχυνση της βαρύτητας $g_{ns} = 16 \cdot 10^{10} g_{\gamma\eta\varsigma}$.

ε. Η ένταση του μαγνητικού πεδίου $B_{ns} = 10^{14} - 10^{15} \text{ G}$ ($1 \text{ G} = 10^{-4} \text{ T}$) ενώ η $B_{\gamma\eta\varsigma} = 0,6 \text{ G}$

ΣΧΟΛΙΑ : 1. Αγαπητοί μου φίλοι και συνάδελφοι έχω την γνώμη ότι τέτοια θέματα μπορεί να γίνουν εύκολα κατανοητά από ένα μαθητή της Γ' Λυκείου.

Νομίζω ότι **και με αυτή** την διδαχτική μέθοδο η Φυσική μπορεί να είναι **ζωντανή στη σκέψη την δική μας αλλά και των μαθητών μας.**

2. Πιστεύω ακόμα ότι στην διδασκαλία μας αξίζει να ενσωματώνουμε σύγχρονες κατακτήσεις της Φυσικής σκέψης. Οι σύγχρονες θεωρητικές και πειραματικές αποκαλύψεις στην Φυσική αγκαλιάζουν όλο και περισσότερους μαθητές μας .

3. Στην προσπάθεια μου να επεξεργαστώ το παραπάνω θέμα μελέτησα αρκετά άρθρα.

Δεν σας κρύβω ότι ένοιωσα για μια ακόμη φορά μεγάλη ικανοποίηση

για **την δύναμη** που έχει η **Φυσική να εξηγεί τον κόσμο γύρω μας** .

Παράλληλα όμως ένοιωσα **το έλλειμμα και το τεράστιο χάσμα που υπάρχει ανάμεσα σ' αυτά που διδάσκομε και σ' αυτά που αξίζει να διδάσκομε...**

Γιάννης Δογραματζάκης

