

# Προσδιορίζοντας τη «Σκοτεινή Ύλη»

Κιάμου Αντωνία, Πανούτσου Ανδριάνα, Σεσσέ  
Αθανασία, Μποσνακίδου Κατερίνα, Φεφλέ  
Βασιλική

Γενικό Λύκειο Κρεστένων

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Θεοδωροπούλου Μαρία ΠΕ04.01 Φυσικός

# ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα μικρό μέρος του σύμπαντος εκπέμπει φως . Το υπόλοιπο αποτελείται από ύλη που δε φαίνεται, δεν εκπέμπει ή απορροφά ακτινοβολία. Η λεγόμενη σκοτεινή ύλη αποτελεί το 90% της μάζας ενός γαλαξία και μπορεί να ανιχνευθεί μόνο από τη βαρυτική της αλληλεπίδραση με άλλα σώματα.

Πειραματική ένδειξη ύπαρξης της σκοτεινής ύλης προκύπτει από τις κινήσεις των σπειροειδών γαλαξιών.

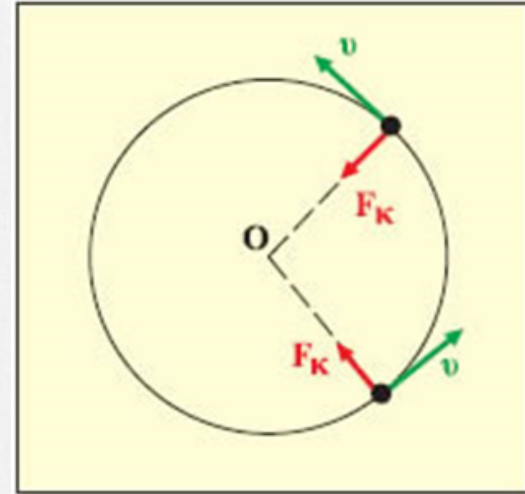
Οι σπειροειδείς γαλαξίες περιλαμβάνουν έναν τεράστιο πληθυσμό αστέρων που διαγράφουν τροχιές σχεδόν κυκλικές γύρω από το γαλαξιακό κέντρο.



# ΘΕΩΡΙΑ

Κεντρομόλος δύναμη  $F_K = m\alpha_K$  (1)

Κεντρομόλος επιτάχυνση  $\alpha_K = \frac{v^2}{R}$  (2)



Ταχύτητα περιφοράς ενός σώματος μάζας  $m$   $v = \frac{2\pi R}{T}$  (3)

Εισάγοντας τις εξισώσεις (2) και (3) στην (1) προκύπτει ότι:

$$F_K = \frac{4\pi^2 Rm}{T^2} \quad (4)$$

# ΘΕΩΡΙΑ

- Στην περίπτωση που το ρόλο της κεντρομόλου δύναμης παίζει το βάρος των ροδελών και περιστρέφεται ο φελλός με μάζα  $m_{\Phi}$  , όπως στο πείραμα που εκτελέσαμε, τότε:

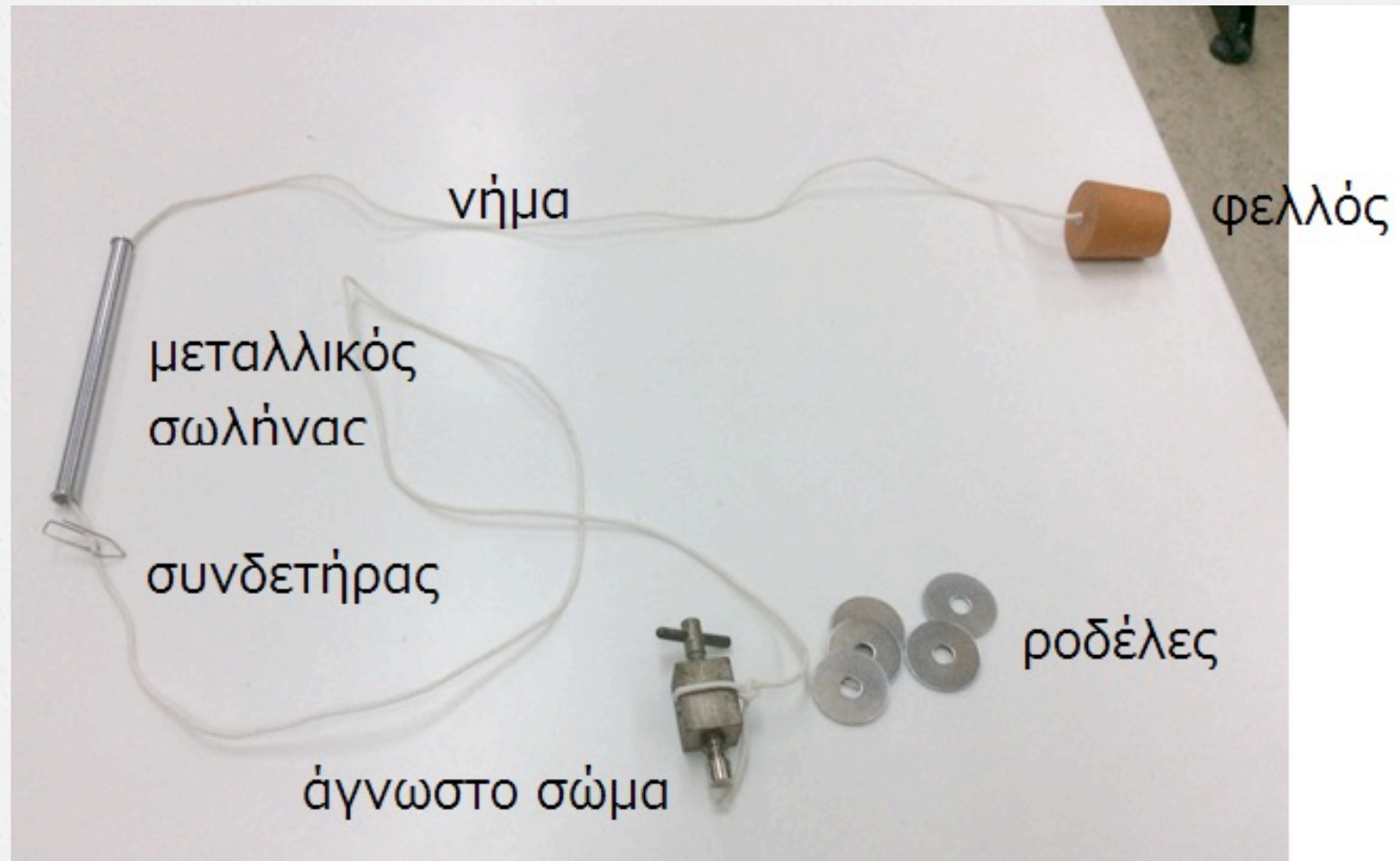
$$F_K = W = m_{\rho\delta}g \quad (5)$$

- Στην περίπτωση του ηλιακού μας συστήματος, το ρόλο της κεντρομόλου δύναμης παίζει η βαρυτική αλληλεπίδραση του Ηλίου με τους πλανήτες που περιφέρονται γύρω από αυτόν. Η αλληλεπίδραση αυτή υπακούει τον Νόμο της Παγκόσμιας Έλξης:

$$\mathbf{F} = \mathbf{G} \frac{M_H m_{\Gamma}}{R^2} \quad (6)$$

Όπου  $G$  η σταθερά της Παγκόσμιας Έλξης,  $M_H$  η μάζα του Ηλίου,  $m_{\Gamma}$  η μάζα της Γης και  $R$  η απόσταση Ηλίου-Γης.

# ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ



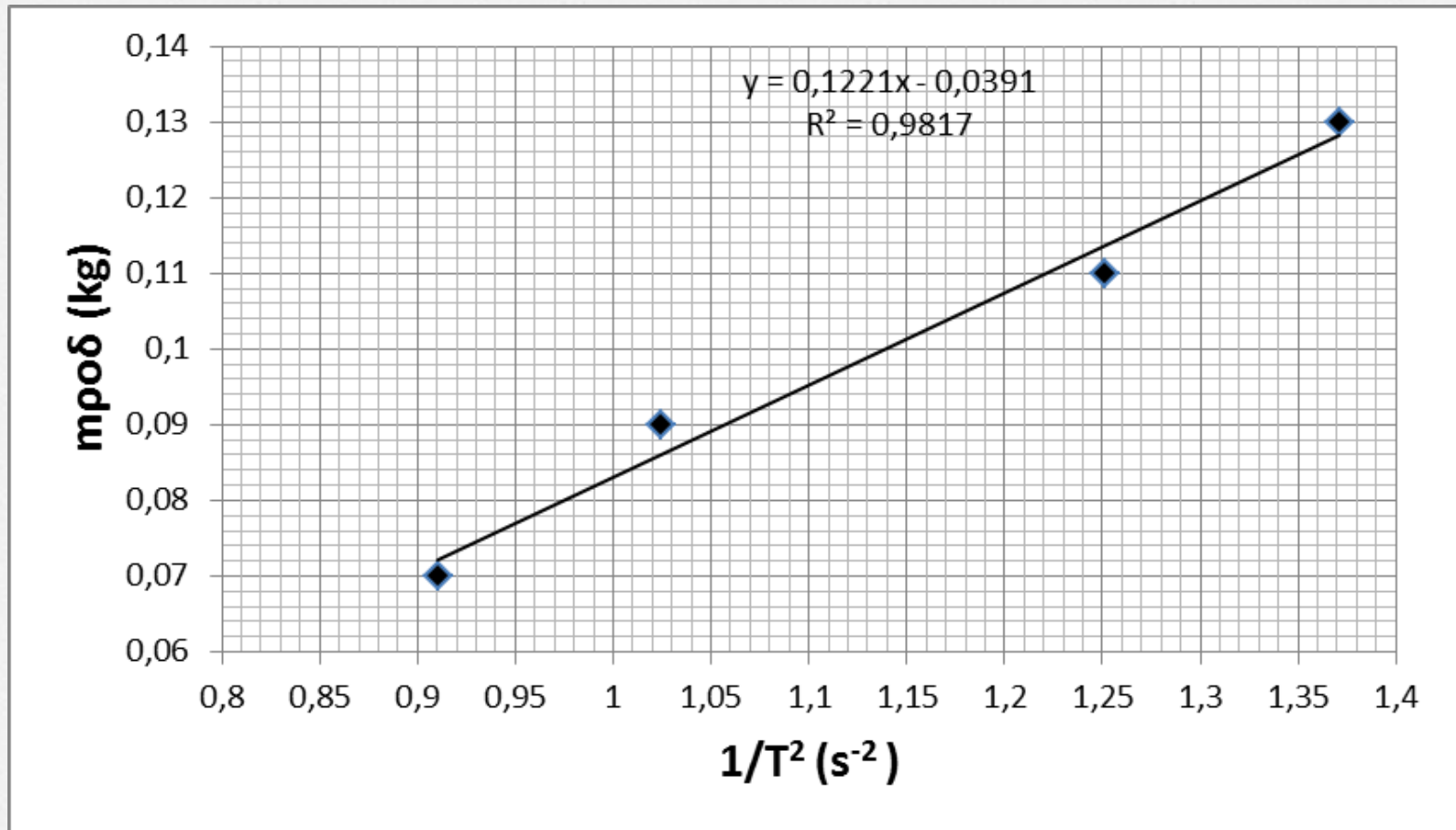
# ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Συμβολίζουμε με  $m_{\phi}$  τη μάζα του φελλού και  $m_{\rho\delta}$  τη μάζα των ροδελών. Στην περίπτωση αυτή το ρόλο της κεντρομόλου δύναμης παίζει το βάρος των ροδελών. Προκύπτει ότι:

$$m_{\rho\delta} = \frac{m_{\phi} 4\pi^2 R}{gT^2}$$

Αρ. Ροδελών	$m_{\rho\delta}$ (kg)	5T (s)	T(s)	1/T <sup>2</sup> (s <sup>-2</sup> )
7	0,07	5,24	1,048	0,91
9	0,09	4,94	0,988	1,02
11	0,11	4,47	0,894	1,25
13	0,13	4,24	0,854	1,37

# ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ



# ΠΑΡΑΤΗΡΟΥΜΕ ΌΤΙ:

- Η γραφική παράσταση είναι ευθεία γραμμή, γεγονός που επιβεβαιώνει πειραματικά τη σχέση  $m_{\rho\sigma\delta} = \frac{m_{\phi} 4\pi^2 R}{g T^2}$

- Κλίση=0,122.

- Όμως η κλίση της ευθείας ισούται με:  $\kappa\lambda\iota\sigma\eta = \frac{m_{\phi} 4\pi^2 R}{g}$

$$\text{Άρα: } m_{\phi} = \frac{\kappa\lambda\iota\sigma\eta g}{4\pi^2 R}$$

- Θέτοντας R=61 cm και κλίση=0,122 προκύπτει ότι:

$$m_{\phi} = 50 \text{ g}$$

- Όμως  $m_{\phi\gamma} = 51,7 \text{ g}$ . Απόκλιση: 3,3%



# Προσδιορισμός μάζας αγνώστου σώματος

Για να βρούμε την **μάζα ενός άγνωστου σώματος** που κρέμεται από το ελεύθερο άκρο του νήματος χρησιμοποιούμε την εφαρμογή **video physics**.

1) Βγάλαμε **βίντεο** την περιστροφή του φελλού.

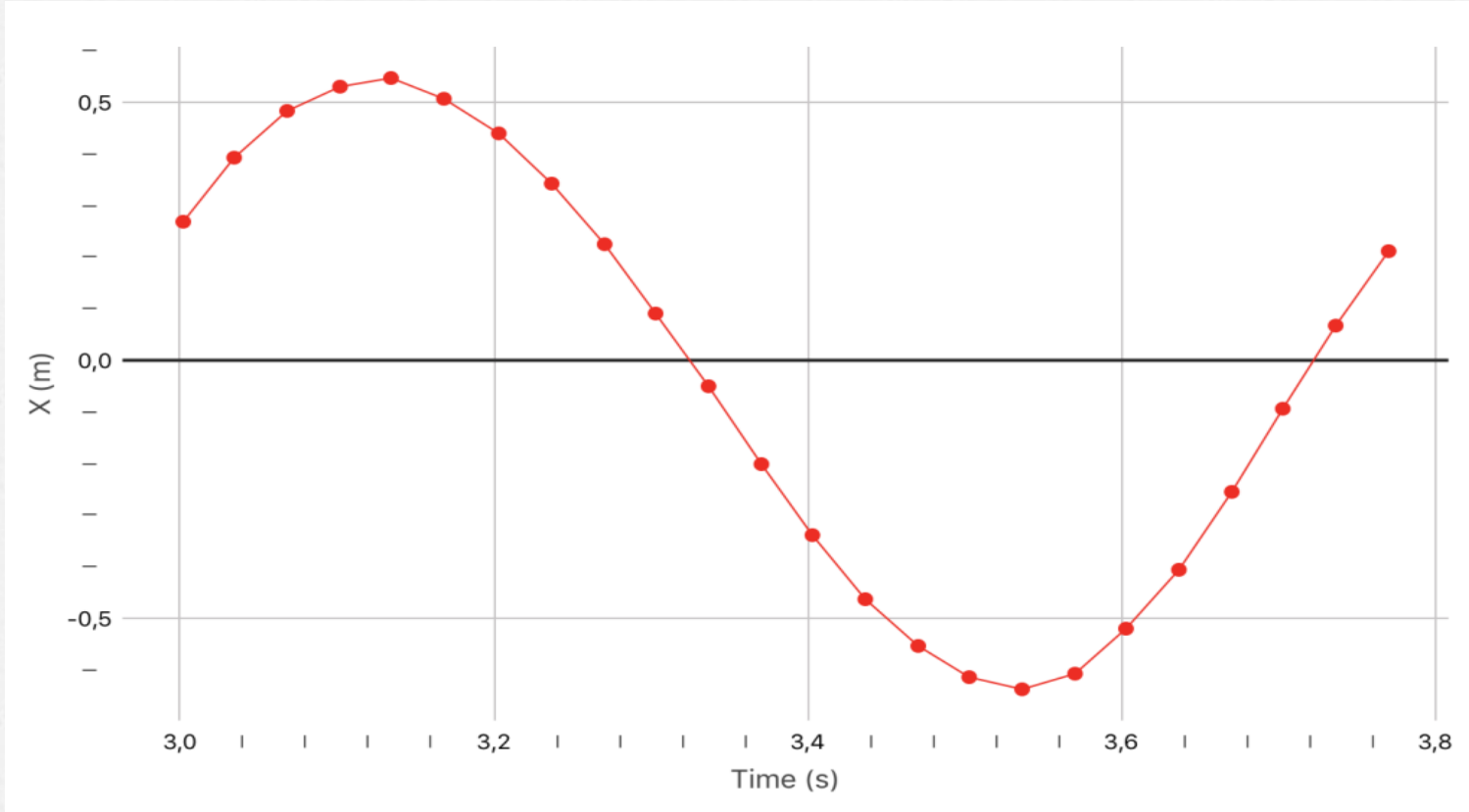
2) Με αυτόν τον τρόπο, αυτόματα εμφανίστηκαν στην οθόνη τα δεδομένα δηλαδή ο **χρόνος περιφοράς ( $t$ )** και η **θέση ( $x$ ) του φελλού στον χρόνο αυτό**.

3) Γραφική παράσταση της θέσης  $X$  του φελλού σε συνάρτηση με το χρόνο  $t$ .

# Βιντεοσκόπηση της κίνησης:

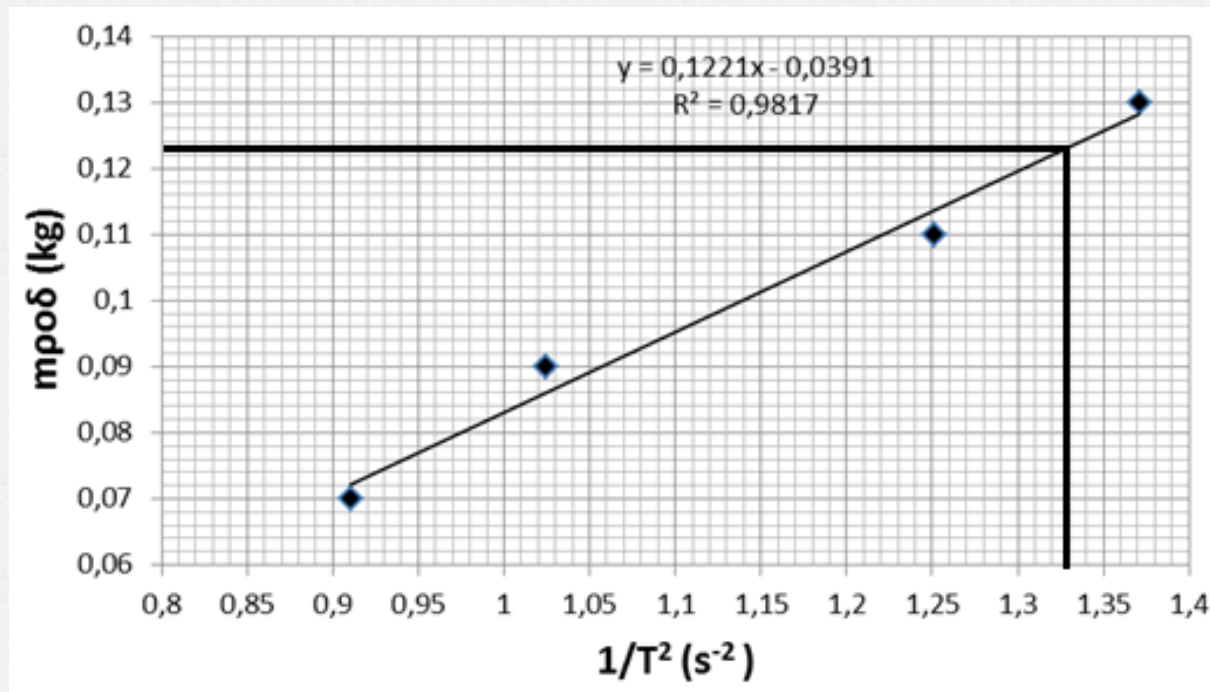


# Γραφική παράσταση:

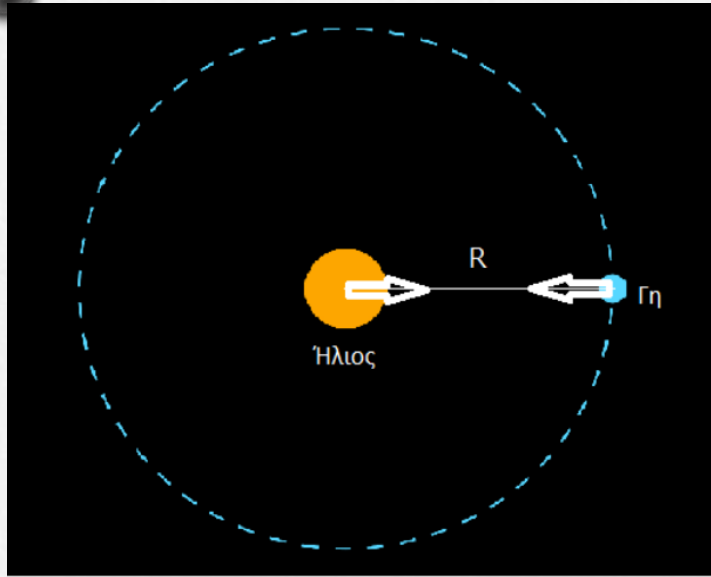


# Συμπεράσματα γραφικής παράστασης:

- ο Η κίνηση είναι περιοδική με περίοδο  $T=0,867s$ .
- ο Επομένως το  $1/T^2 = 1,33$ .
- ο Πηγαίνοντας πίσω στην πρώτη γραφική παράσταση και τοποθετώντας όπου  $1/T^2$  το 1,33 βρήκαμε ότι η μάζα (m) του άγνωστου σώματος είναι **123g**.
- ο Η ζυγαριά έδειξε πως το σώμα αυτό είναι **122,5 g**. Άρα είχαμε **απόκλιση 0,4%**.



# Επέκταση σε αστρονομικά μεγέθη



Νόμος Παγκόσμιας Έλξης:  $F = G \frac{M_H m_\Gamma}{R^2}$

$$F_K = \frac{4\pi^2 R m}{T^2}$$

Η μάζα Ηλίου θα ισούται με :

$$M_H = \frac{4\pi^2 R^3}{T^2 G}$$

Όπου  $G=6,673 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{ kg}^2$  ,  $R=1,49 \cdot 10^{11}\text{m}$  και  $T=365$  μέρες= $3,153 \cdot 10^7 \text{ s}$ , υπολογίσαμε τη μάζα του Ηλίου:

$$M_H = 1,98 \cdot 10^{30} \text{ kg.}$$

# Προσδιορισμός <<Σκοτεινής Ύλης>>

- Προσδιορισμός Μάζας Γαλαξία (UGC 128) για σφαιρική συμμετρική κατανομή ακτίνας R :

$$M_{\text{ΓΑΛ}} = \frac{4\pi^2 R^3}{T^2 G}, \quad M_{\text{ΓΑΛ}} = \frac{v^2 R}{G}$$

- Για  $R=1,3 \cdot 10^{21}\text{m}$  και  $v=1,3 \cdot 10^5 \text{ m/s}$   $M_{\text{ΓΑΛ}} = 3,29 \cdot 10^{41} \text{ kg}$  Όμως:  
 $M_{\Phi}=3,34 \cdot 10^{40} \text{ kg}$

- Παρατηρείται μια διαφορά ανάμεσα στη μάζα που υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη τη βαρυτική αλληλεπίδραση μεταξύ των αστέρων και στη μάζα που υπολογίζεται από μετρήσεις της φωτεινότητας τους. Η διαφορά αυτή αποδίδεται στην ύπαρξη «σκοτεινής ύλης» μέσα στο γαλαξία. Το ποσοστό της σκοτεινής ύλης είναι:

$$\Pi = \frac{M_{\text{ΓΑΛ}} - M_{\Phi}}{M_{\text{ΓΑΛ}}} 100\% = 89,8\% !!!$$

# ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Υπολογίσαμε τη μάζα ενός αγνώστου σώματος, λαμβάνοντας υπόψη τη βαρυτική του αλληλεπίδραση με ένα άλλο σώμα. Μετρώντας την περίοδο και την ακτίνα περιφοράς του σώματος που περιφέρεται, υπολογίσαμε την μάζα του σώματος που βρίσκεται στο κέντρο της κυκλικής τροχιάς.
- Υπολογίσαμε τη μάζα αστρονομικών σωμάτων και συγκεκριμένα τη μάζα του Ηλίου από την βαρυτική αλληλεπίδραση Ηλίου-Γης και το γεγονός ότι η Γη εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση γύρω από τον Ήλιο.
- Υπολογίσαμε τη μάζα του γαλαξία UGC 128 από τις ταχύτητες περιφοράς των αστέρων γύρω από το γαλαξιακό κέντρο.
- Υπολογίσαμε το ποσοστό της σκοτεινής ύλης που περικλείεται στο γαλαξία UGC128.

**ΕΥΧΑΡΙΣΤΟΥΜΕ ...**

