

### Ο Άρης είναι ανάδρομος...

Η Γη περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο προσεγγιστικά σε κυκλική τροχιά ακτίνας  $r_T = 150 \cdot 10^9 m$ . Ο Άρης περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο προσεγγιστικά σε κυκλική τροχιά ακτίνας  $r_A = 228 \cdot 10^9 m$ . Θεωρούμε τον Ήλιο ακίνητο.

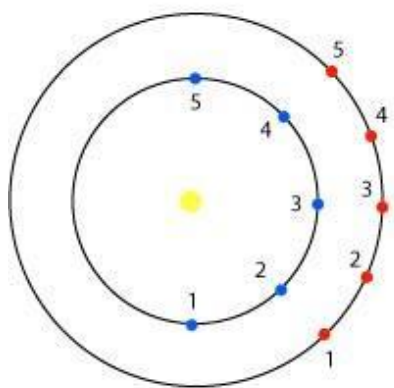


**α)** Υπολογίστε την περίοδο περιστροφής της Γης και του Άρη γύρω από τον Ήλιο.

Δίνεται η μάζα του Ήλιου  $M_H = 1,989 \cdot 10^{30} kg$  και η σταθερά της παγκόσμιας έλξης  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} Nm^2/kg^2$ .

**β)** Κάποια στιγμή έστω  $t_0 = 0$ , τα κέντρα του Ήλιου, της Γης και του Άρη μπορεί να βρεθούν πάνω στην ίδια ευθεία. Λέμε τότε ότι έχουμε σύνοδο των πλανητών. Ποια χρονική στιγμή θα συμβεί η επόμενη σύνοδος;

**γ)** Αν φωτογραφίζουμε κάθε βράδυ την ίδια ώρα τον Άρη και τρέξουμε τις φωτογραφίες διαδοχικά, θα δούμε τον Άρη να κινείται ανατολικά στον ουρανό. Υπάρχει περίπτωση ένας παρατηρητής στη Γη να βλέπει για κάποιο χρονικό διάστημα την παραπάνω κίνηση να γίνεται ανάποδα, δηλαδή να δούμε τον Άρη να κινείται προς τα δυτικά; Για να βρείτε την απάντηση, δίνεται η παρακάτω εικόνα, με τις μπλε κουκίδες να δείχνουν τη Γη και τις κόκκινες τον Άρη μέσα σε ίσα χρονικά διαστήματα. Ενώστε με ευθείες τα σημεία με τους ίδιους αριθμούς και προεκτείνετε μέχρι την προβολή στα αντίστοιχα αστεράκια. Τι παρατηρείτε για την τροχιά του Άρη;



### Απάντηση

**α)** Για να υπολογίσουμε την περίοδο περιστροφής της Γης γύρω από τον Ήλιο θεωρούμε ότι η Γη είναι δορυφόρος του Ήλιου, με την βαρυτική έλξη του Ήλιου στη Γη, να παίζει το ρόλο της κεντρομόλου δύναμης.

$$F_g = F_k \Leftrightarrow G \frac{M_H M_\Gamma}{r_\Gamma^2} = M_\Gamma \omega_\Gamma^2 r_\Gamma \Leftrightarrow G \frac{M_H}{r_\Gamma^2} = \omega_\Gamma^2 r_\Gamma \Leftrightarrow$$

$$\omega_\Gamma^2 = G \frac{M_H}{r_\Gamma^3} \Leftrightarrow \frac{2\pi}{T_\Gamma} = \sqrt{G \frac{M_H}{r_\Gamma^3}} \Leftrightarrow T_\Gamma = 2\pi \sqrt{\frac{r_\Gamma^3}{GM_H}} \Leftrightarrow$$

$$T_\Gamma = 2\pi \sqrt{\frac{(150 \cdot 10^9)^3}{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 1,989 \cdot 10^{30}}} \Leftrightarrow T_\Gamma = 2\pi \sqrt{25,5 \cdot 10^{12}} \Leftrightarrow$$

$$T_\Gamma = 2\pi \cdot 5,05 \cdot 10^6 \Leftrightarrow T_\Gamma = 10,1\pi \cdot 10^6 s \approx 365 \gamma \text{ ινες ημ ρες}$$

Για να υπολογίσουμε την περίοδο περιστροφής του Άρη γύρω από τον Ήλιο θεωρούμε ότι ο Άρης είναι δορυφόρος του Ήλιου, με την βαρυτική έλξη του Ήλιου στον Άρη, να παίζει το ρόλο της κεντρομόλου δύναμης.

$$F_g = F_k \Leftrightarrow G \frac{M_H M_A}{r_A^2} = M_A \omega_A^2 r_A \Leftrightarrow G \frac{M_H}{r_A^2} = \omega_A^2 r_A$$

$$\Leftrightarrow \omega_A^2 = G \frac{M_H}{r_A^3} \Leftrightarrow \frac{2\pi}{T_A} = \sqrt{G \frac{M_H}{r_A^3}} \Leftrightarrow T_A = 2\pi \sqrt{\frac{r_A^3}{GM_H}} \Leftrightarrow$$

$$T_A = 2\pi \sqrt{\frac{(228 \cdot 10^9)^3}{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 1,989 \cdot 10^{30}}} \Leftrightarrow T_A = 2\pi \sqrt{89,4 \cdot 10^{12}} \Leftrightarrow$$

$$T_A = 2\pi \cdot 9,45 \cdot 10^6 \Leftrightarrow T_A = 18,9\pi \cdot 10^6 s \Leftrightarrow$$

$$T_A \approx 687 \gamma \text{ ινές ημ ρες}$$

**β)** Επειδή η Γη έχει μικρότερη περίοδο, κινείται γρηγορότερα από τον Άρη και όταν συμβεί πάλι η σύνοδος (σχήμα 1), η επιβατική της ακτίνα θα έχει διανύσει επίκεντρη γωνία  $\varphi_\Gamma$  και με την αντίστοιχη  $\varphi_A$  του Άρη θα ισχύει

$$\varphi_\Gamma = \varphi_A + 2\pi \quad (1)$$

$$\varphi_\Gamma = \omega_\Gamma \cdot t \Leftrightarrow \varphi_\Gamma = \frac{2\pi}{T_\Gamma} \cdot t$$

Όμως και

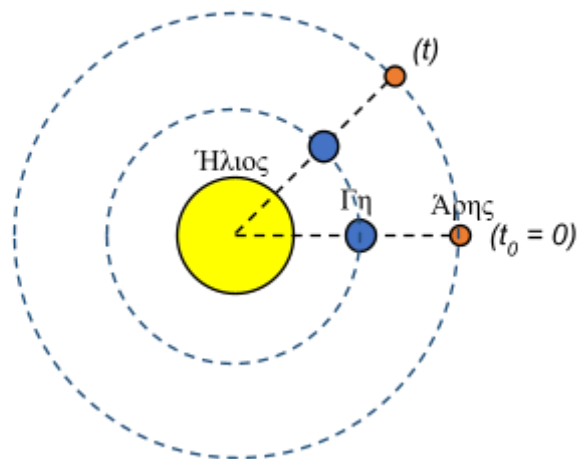
$$\varphi_A = \omega_A \cdot t \Leftrightarrow \varphi_A = \frac{2\pi}{T_A} \cdot t$$

Η (1) δίνει τότε

$$\frac{2\pi}{T_\Gamma} \cdot t = \frac{2\pi}{T_A} \cdot t + 2\pi \Leftrightarrow$$

$$\frac{t}{365} = \frac{t}{687} + 1 \Leftrightarrow 687t = 365t + 250755 \Leftrightarrow 322t = 250755 \Leftrightarrow$$

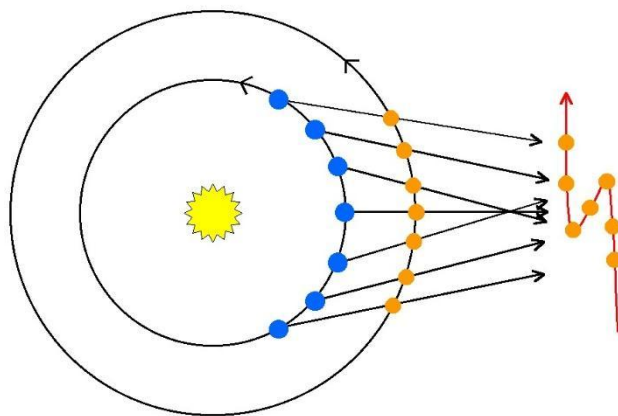
σχήμα 1



$\dot{M} = 779 \text{ γ ίνες ημ ρες}$

γ) Παρατηρούμε ότι η τροχιά του Άρη, που φαίνεται στο νυχτερινό ουρανό, είναι όπως η πορτοκαλί καμπύλη (c) στο παρακάτω σχήμα2:

σχήμα 2



Καθώς κινείται ανατολικά στον ουρανό, σταματάει, αλλάζει κατεύθυνση και κινείται δυτικά. Το φαινόμενο κρατάει περίπου 2 μήνες και στη συνέχεια η ανάδρομη κίνηση σταματάει, ο πλανήτης αλλάζει φορά και συνεχίζει προς την Ανατολή.

### Σχόλια

α) Ο ανάδρομος Άρης είναι ένα φυσικό φαινόμενο, ίδιο με αυτό που συμβαίνει όταν στην Εθνική οδό ένα αυτοκίνητο μας προσπερνάει, το προσπερνάμε και μας ξαναπροσπερνάει...

Συμβαίνει στο Ηλιακό μας Σύστημα επί 4,5 δισεκατομμύρια χρόνια, αδιαφορώντας αν στον 3ο πλανήτη (Γη) αναπτύχθηκε ζωή με νοημοσύνη και προκαταλήψεις...

Δεν επηρεάζει σε τίποτα την ανθρώπινη ζωή, αφού είναι απλώς αποτέλεσμα παρατήρησης μιας κίνησης, με βάση τη θέση ενός παρατηρητή, ο οποίος αν βρισκόταν σε κάποιο άλλο πλανήτη δε θα έβλεπε την κίνηση αυτή να συμβαίνει με αυτόν τον τρόπο...

Δείτε το σχετικό video

[Retrograde Motion and the Opposition of Mars](#)

β) Διαβάστε και το άρθρο

[Αστρολογία: Μια ακόμα ψευδοεπιστήμη](#)

γ) [Μια προσομοίωση](#) InteractivePhysicist του Γιάννη Κυριακόπουλου.

**Ανδρέας Ριζόπουλος**