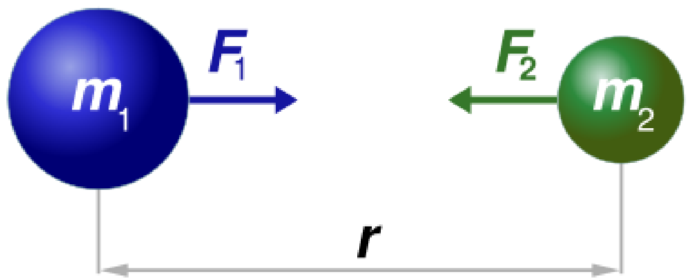
ΔΥΝΑΜΙΚΗ 3

Νίκος Κανδεράκης

Νόμος της βαρύτητας ή της παγκόσμιας έλξης



$$F_1 = F_2 = G\frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

Δύο σώματα αλληλεπιδρούν με βαρυτικές δυνάμεις
Η δύναμη στο καθένα από αυτά:

- **Είναι ανάλογη με τη μάζα του m**
- **Είναι ανάλογη με τη μάζα του άλλου M**
- **Είναι αντιστρόφως ανάλογη με το τετράγωνο της απόστασης ανάμεσα στα κέντρα τους (F ανάλογο με $1/r^2$)**

$F = G \cdot M \cdot m/r^2$, G= παγκόσμια σταθερά της βαρύτητας

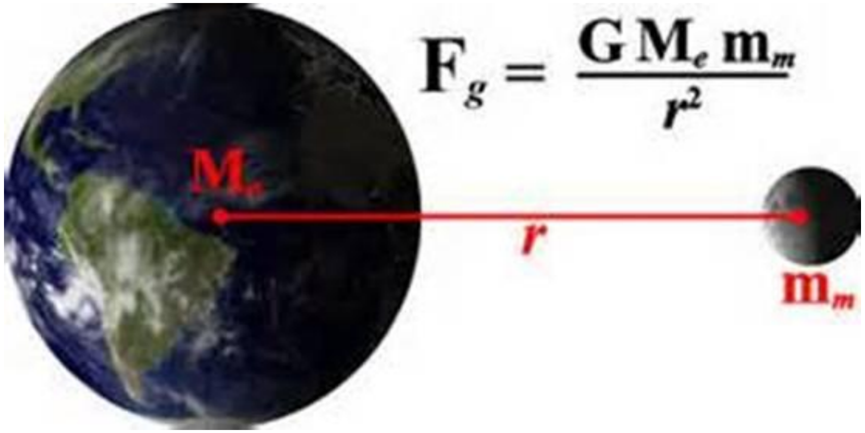
- **Οι δύο δυνάμεις έχουν ίσα μέτρα και αντίθετη κατεύθυνση ($F_1 = F_2$)**
- **$G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ N·m/kg^2**

  G πάρα πολύ μικρό - η δύναμη είναι σημαντική μόνο αν τουλάχιστον η μια από τις δύο μάζες είναι πάρα πολύ μεγάλη (Ήλιος, πλανήτες, αστέρια κλπ)

Αντιδράσεις στην Ηπειρωτική Ευρώπη για τη δύναμη εξ αποστάσεως

Μυστικιστικές ποιότητες

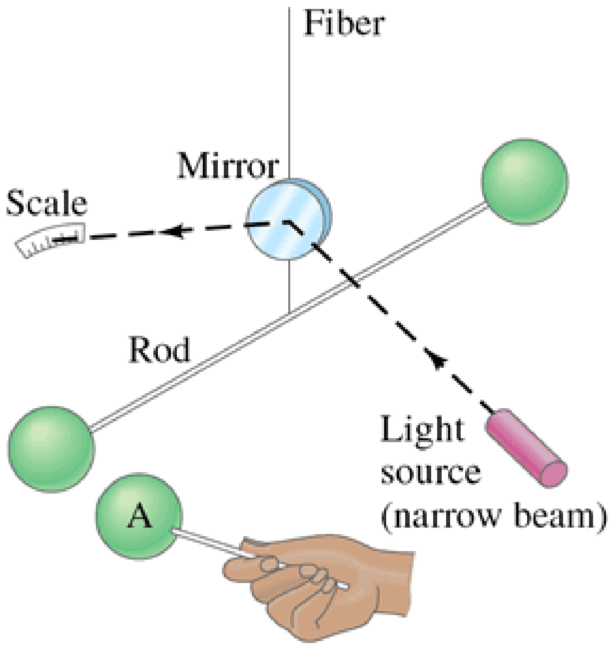
Βάρος σώματος κοντά στην επιφάνεια της Γης



$B = G \cdot M \cdot m / r^2 \rightarrow \quad m \cdot g = G \cdot M \cdot m / r^2 \rightarrow \quad g = G \cdot M / r^2$

- Η επιτάχυνση της βαρύτητας g δεν εξαρτάται από τη μάζα του σώματος.
- Εξαρτάται μόνο από τη μάζα της Γης (πλανήτη) και την απόσταση από το κέντρο της Γης (πλανήτη)

Πείραμα Cavendish - μέτρηση του G



$$F = G \cdot m_1 \cdot m_2 / r^2$$

μέτρηση $m_1, \cdot m_2$, r F

υπολογισμός G

Μέτρηση της μάζας της Γης

Στην επιφάνεια της Γης $g = G \cdot M/R^2$, όπου R η ακτίνα της Γης

Από αυτό $M = g \cdot R^2/G$

Είναι $g = 9{,}8 m/s$, $R = 6380 km = 6380000 m = 6{,}38 \cdot 10^6$ m,

$G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ $N \cdot m/kg^2$.

Προκύπτει $M = 5{,}98 \cdot 10^{24}$ kg.

Πεδίο βαρύτητας

- **Δύναμη βαρύτητας εξ αποστάσεως**

  Γη - δύναμη εξ αποστάσεως – πέτρα

- **Πεδίο βαρύτητας: ιδιότητα του χώρου γύρω από βαριά σώματα (Ήλιος, Γη, Πλανήτες, κλπ) να ασκεί βαρυτικές δυνάμεις σε άλλα σώματα.**

  Γη – πεδίο βαρύτητας – δύναμη εξ επαφής – πέτρα

Ένταση πεδίου βαρύτητας = δύναμη / μάζα = F/m

$F/m = B/m = g$

Ένταση πεδίου βαρύτητας = επιτάχυνση της βαρύτητας

Μονάδα 1N/kg ή m/s^2

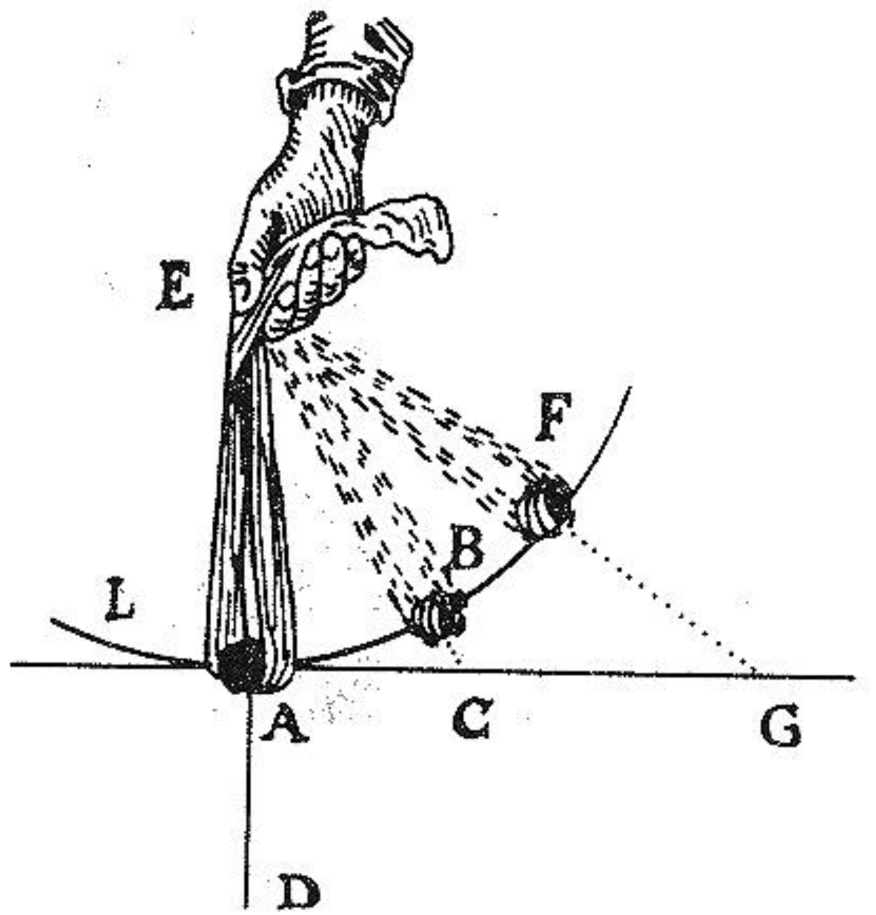
René Descartes

1644 «Αρχές Φιλοσοφίας» (Principia Philosophia)

2ος νόμος της φύσης.

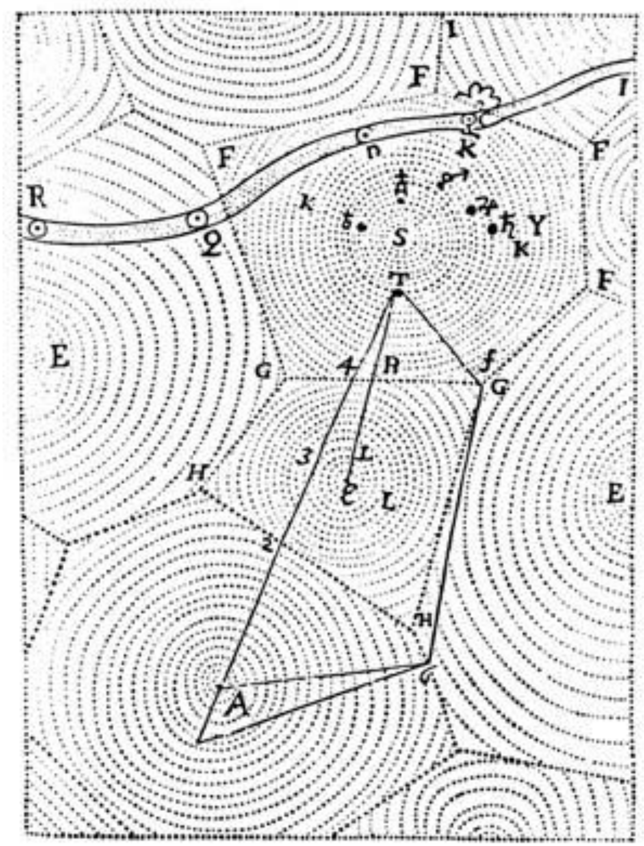
«Κάθε κίνηση είναι από μόνη της ευθύγραμμη· και επομένως κάθε σώμα κινούμενο σε κύκλο τείνει πάντα να απομακρύνεται από το κέντρο του κύκλου τον οποίο διαγράφει.» (Principia Philosophia)

Η κυκλική κίνηση χρειάζεται εξήγηση



Πως εξηγεί ο Descartes την τροχιακή κίνηση των πλανητών;

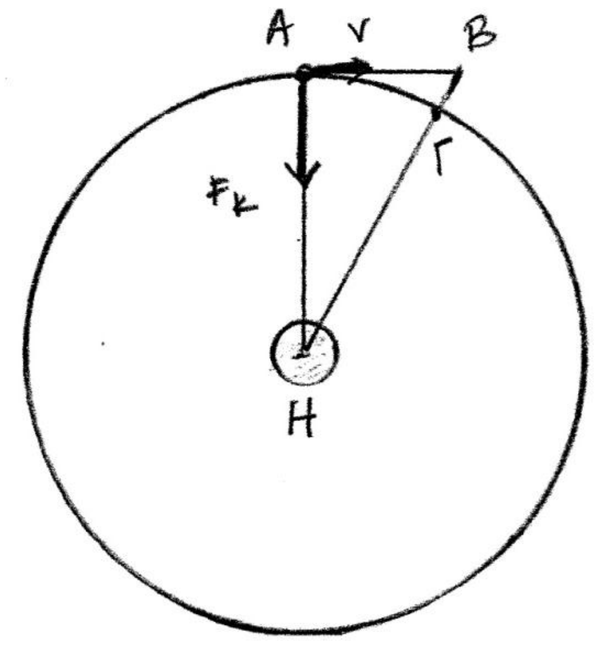
Ο αιθέρας καλύπτει τα πάντα.
Δεν υπάρχει κενό.
Οι στρόβιλοι του αιθέρα
κρατούν τους πλανήτες
στην τροχιά τους.



Εξήγηση της τροχιακής κίνησης των πλανητών από το Νεύτωνα

Ο πλανήτης κινείται:

- από το Α στο Β με σταθερή ταχύτητα v.
- από το Β στο Γ με σταθερή επιτάχυνση (λόγω της σταθερής έλξης του Ήλιου)



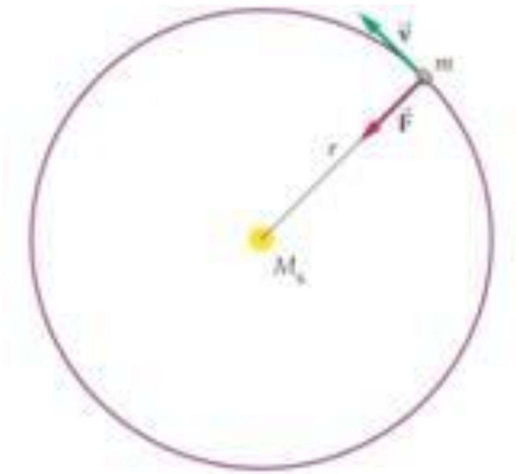
Κεντρομόλος δύναμη $F_κ$

Δυναμική της κυκλικής κίνησης

Για να κινηθεί ένα σώμα κυκλικά με ακτίνα *r* πρέπει:

- **Να έχει ταχύτητα (*v*).**
- **Να ασκείται πάνω του δύναμη (*F*) κάθετη στην ταχύτητα.**
- **Η δύναμη να έχει μέτρο $F_c = mv^2/r$.**

Κεντρομόλος δύναμη



Πείραμα με αυτοκινούμενο αμαξάκι δεμένο σε σταθερό σημείο με νήμα

Κυκλική ομαλή κίνηση

- Σταθερό μέτρο της ταχύτητας
- Το διάνυσμα της ταχύτητας αλλάζει συνεχώς κατεύθυνση
- Χρειάζεται δύναμη κάθετη στην ταχύτητα

- T: περίοδος = χρόνος για μια περιστροφή
- Γραμμική ταχύτητα = μήκος τόξου / χρόνο $v = s/t$

Σε μια περιστροφή $t = T$ και $s = 2\pi r$ (περιφέρεια κύκλου)

Επομένως $v = s/t = 2\pi r/T$ δηλαδή $v = 2\pi r/T$

- Αποδεικνύεται ότι η επιτάχυνση είναι ίση με $a = v^2/r$

  και κατευθύνεται προς το κέντρο (κεντρομόλος)

Εύρεση των τύπων $a = v^2/r$ και $F_c = mv^2/r$

- $d = v \cdot \Delta t$ (1)
- $h = ½\, a \cdot \Delta t^2$ (2)

Ορθογώνιο τρίγωνο ΗΑΒ: $(r + h)^2 = r^2 + d^2 \rightarrow$

$r^2 + h^2 + 2r \cdot h = r^2 + d^2 \rightarrow h^2 + 2r \cdot h = d^2$

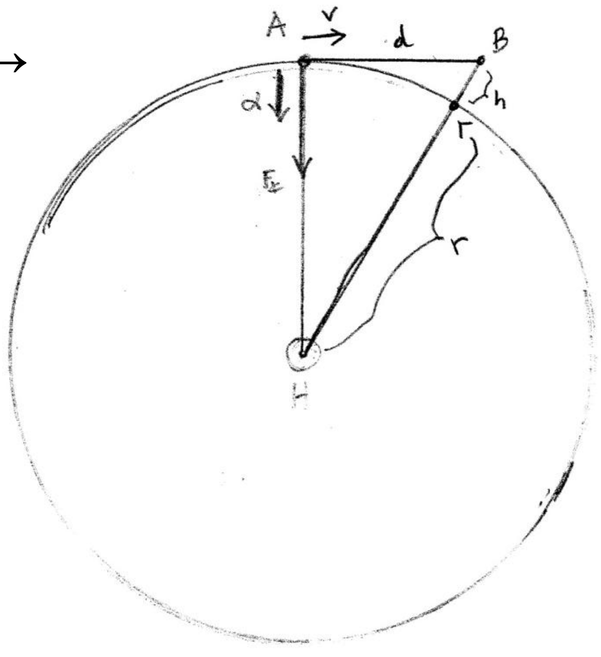
αλλά Δt πολύ μικρό $\rightarrow$ h πολύ μικρό $\rightarrow$

h^2 ασήμαντο, επομένως $2r \cdot h = d^2$ (3)

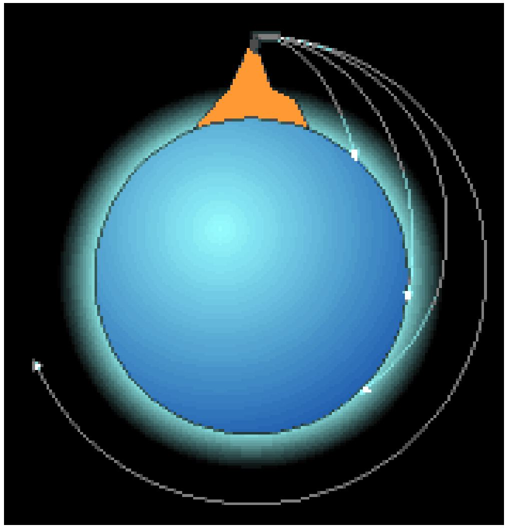
(1), (2) και (3) $\rightarrow$ $2r \cdot ½\, a \cdot \Delta t^2 = (v \cdot \Delta t)^2 \rightarrow$

$r \cdot a \cdot \Delta t^2 = v^2 \cdot \Delta t^2 \rightarrow a = v^2/r$

$F_c = m \cdot a \rightarrow F_c = mv^2/r$



Νοητικό πείραμα: κανόνι και βλήμα-δορυφόρος



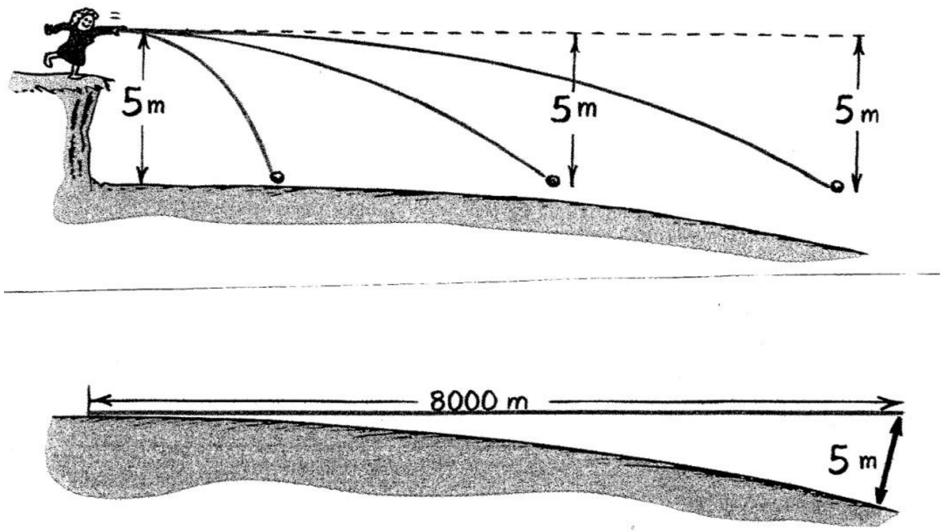
Γιατί δεν πέφτει η Σελήνη;

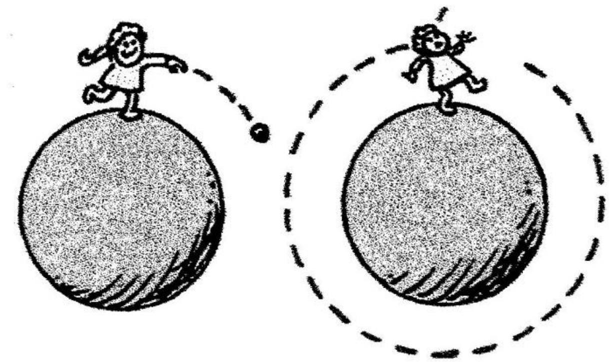
Η Σελήνη και οι δορυφόροι βρίσκονται σε κατάσταση ελεύθερης πτώσης.
Δεν πέφτουν γιατί έχουν μεγάλη τροχιακή ταχύτητα

Φαινομενική έλλειψη βάρους

Βρίσκονται σε κατάσταση ελεύθερης πτώσης, και επομένως σε φαινομενική έλλειψη βαρύτητας

Κίνηση δορυφόρων





Ο δορυφόρος πρέπει να έχει κατάλληλη ταχύτητα v ώστε να ισχύει $F = mv^2/r$.

Αλλά $F = G \cdot M \cdot m/r^2$.

$G \cdot M \cdot m/r^2 = mv^2/r \;\rightarrow\; v^2 = G \cdot M/r \;\rightarrow$ $v = \sqrt{\dfrac{GM}{r}}$

Γεωστατικοί δορυφόροι

Στο ισημερινό επίπεδο με $T = 24h$

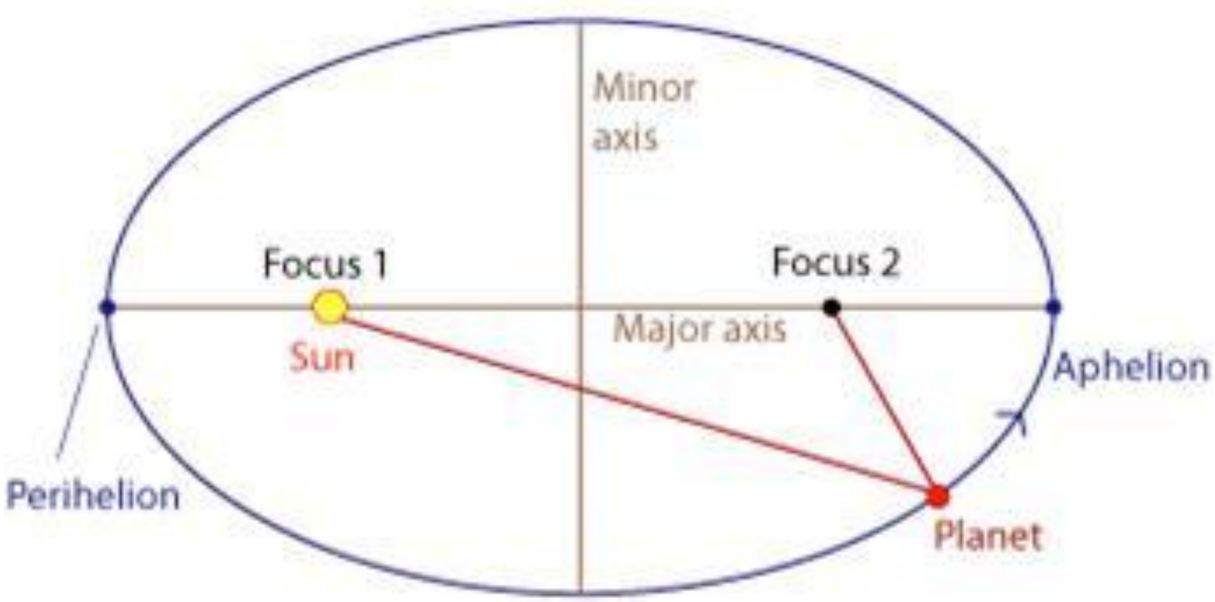
περιστρέφονται μαζί με τη Γη – πάνω από το ίδιο σημείο

$r = 42300km$

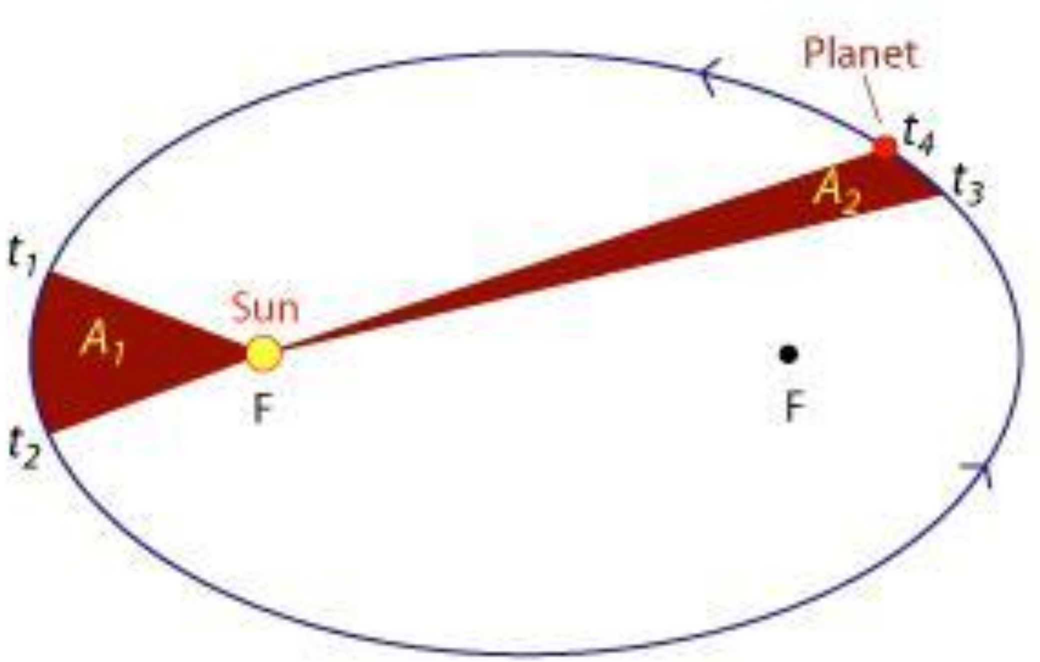
$h = 36000km$

Εξήγηση των νόμων του Keppler για την κίνηση των πλανητών

- **1ος νόμος Keppler: Ελλειπτικές τροχιές πλανητών.**
  Ο Ήλιος στη μια εστία.

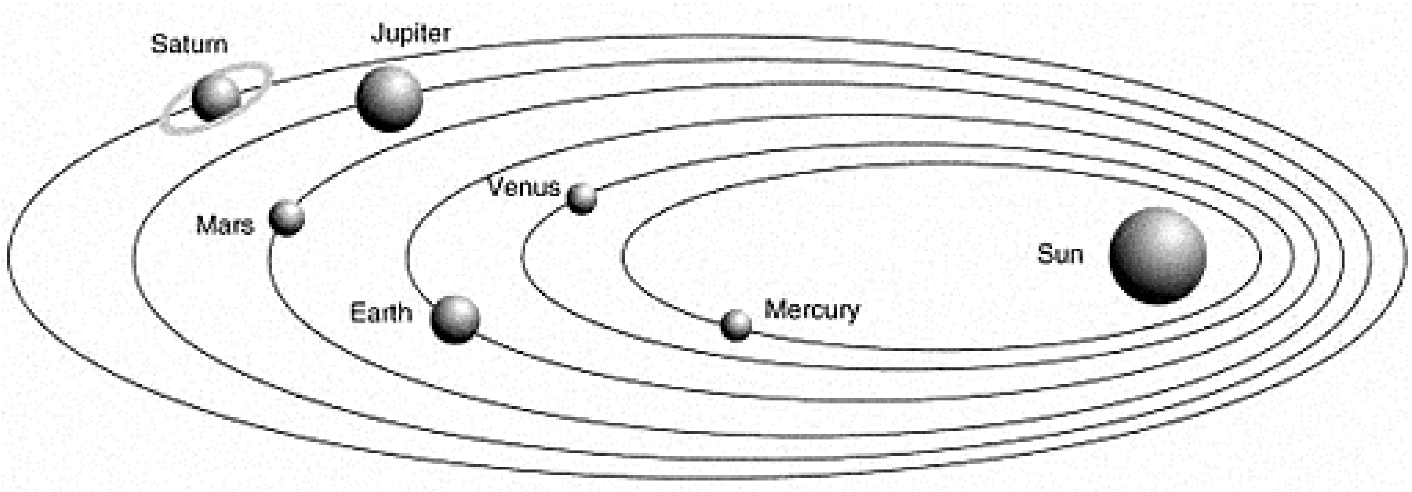


- **2^{ος} νόμος Keppler: Η επιβατική ακτίνα διαγράφει σε ίσους χρόνους ίσα εμβαδά**



Που τρέχει πιο γρήγορα ο πλανήτης;

3ος νόμος Keppler: Τα τετράγωνα των περιόδων των πλανητών είναι ανάλογα με τους κύβους των μέσων αποστάσεων από τον Ήλιο (T^2 ανάλογα με R^3)



Περίοδος (Τ) : ο χρόνος για μια πλήρη περιστροφή.

Όσο πιο μακριά από τον Ήλιο, τόσο πιο μεγάλη περίοδος.

Π.χ. $T_{Αρη}$ = 1,88 έτη, $R_{Αρη} = 227{,}9 \cdot 10^6$ km

$T_{Δια}$ = 11,86 έτη, $R_{Δια} = 778{,}3 \cdot 10^6$ km

Εξήγηση παλιρροιών