

ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΦΥΣΙΚΗ

Μηχανική-Θερμοδυναμική	1ο εξάμηνο
Βασικός Ηλεκτρομαγνητισμός	4 ώρες/εβδομάδα

ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΦΥΣΙΚΗ

Θεωρία Σχετικότητας	1ο εξάμηνο
Αρχές της Κβαντικής Φυσικής	4 ώρες/εβδομάδα

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

Επιλεγμένες Ασκήσεις Πειραματικής Μελέτης Φυσικών Φαινομένων και εξοικίωση στη χρήση οργάνων.	2ο εξάμηνο 2 ώρες/εβδομάδα
---	-------------------------------

Ιστοσελίδα : www.des.upatras.gr/.../kounavis
Μέλη ΔΕΠ προσωπική σελίδα Π. Κουνάβης

Εναλλακτικά στην Αναζήτηση Google γράψτε:
«Κουνάβης Γενικό»

Σας δίνει απευθείας την Ιστοσελίδα

Θα κατεβάσετε τις σημειώσεις του μαθήματος

ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

Η προσπάθεια για να κατανοούμε καθημερινά φαινόμενα

Η Φυσική είναι βασική επιστήμη και ένα από τα θεμέλια των τεχνολογικών επιστημών.

Χωρίς τους βασικούς νόμους της Φυσικής δεν θα μπορούσε κανένας μηχανικός να σχεδιάσει ή να κατασκευάσει καμμία πρακτική συσκευή.

Η Φυσική είναι πειραματική επιστήμη.

Εννοούμε πως στηρίζεται μόνο σε πειράματα και σε μετρήσεις.

Φιλοσοφικό πλαίσιο Φυσικής.

Παρατήρηση φυσικών φαινομένων και η εύρεση κανονικοτήτων και αρχών που συνδέουν τα φαινόμενα.

Ο Φυσικός διατυπώνει τις κατάλληλες ερωτήσεις και σχεδιάζει κατάλληλα πειράματα για τις απαντήσεις.

Για παράδειγμα:

Μια βασική ερώτηση που κάνουμε από μικρή ηλικία:
Με τι ρυθμό πέφτουν τα σώματα.

Παλαιότερα ο Αριστοτέλης

στηριζόμενος μόνο στην εμπειρία πρότεινε πως

ένα βαρύτερο σώμα πέφτει πιο γρήγορα από ένα ελαφρύτερο.

Αργότερα ο Γαλιλαίος

εκτελώντας το κλασικό πείραμα στο Πύργο της Πίζας έδωσε τη σωστή απάντηση

Από το αποτέλεσμα αυτού του πειράματος προέκυψε ο παρακάτω νόμος.

Νόμος:

Η επιτάχυνση των σωμάτων είναι ανεξάρτητη του βάρους τους.

Όταν το βάρος των σωμάτων είναι πολύ μεγαλύτερο της αντίστασης του αέρα το πείραμα έδειξε πως αυτά πέφτουν ταυτόχρονα ανεξάρτητα από το βάρος τους.

Είναι μία αλήθεια της φύσης που δεν αποδεικνύεται, απλά επιβεβαιώνεται πειραματικά

Είναι ένα εξιδανικευμένο μοντέλο δεν περιλαμβάνει την αντίσταση του αέρα.

Αργότερα ο νεώτερος Νόμος της βαρύτητας του Νεύτωνα εξήγησε γιατί όλα τα σώματα κοντά στην επιφάνεια της Γης πέφτουν ταυτόχρονα.

Πρόβλημα για εξάσκηση

1. Πως ο νόμος του Νεύτωνα εξηγεί γιατί όλα τα σώματα πέφτουν ταυτόχρονα.
2. και πώς εξηγεί ότι η επιτάχυνση της βαρύτητας στην επιφάνεια της Γης είναι g .

Άλλο παράδειγμα βασικής ερώτησης που κάνουμε και μόνο με πειραματικές παρατηρήσεις παίρνουμε τη σωστή απάντηση :

Η Γη είναι σφαιρική? Αν ναι πόση είναι η ακτίνα της Γης?

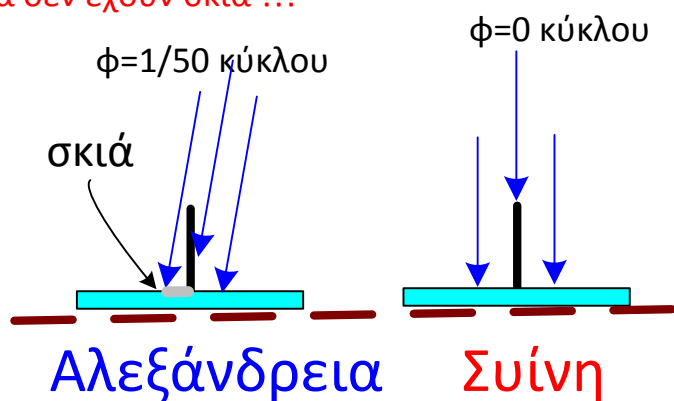
Απάντηση έδωσε ο **Ερατοσθένης 3ος π.Χ. αιώνας**

Συνδιάζοντας δεδομένα με πολύ απλούς ευφυείς γεωμετρικούς συλλογισμούς κατόρθωσε να μετρήσει την περιφέρεια της γης

Αυτός ταξίδευε στη Αίγυπτο από την Αλεξάνδρεια στη Σιύνη και παρατηρούσε τη σκιά των σωμάτων

Κατά το θερινό ηλιοστάσιο όπου ο ήλιος είναι στο ψηλότερο σημείο στον ουρανό, ο Ερατοσθένης παρατήρησε το εξής εκπληκτικό φαινόμενο.

Ενώ στην Αλεξάνδρεια το μεσημέρι έβλεπε ότι τα σώματα αφήνουν σκιά, στη Σιύνη έβλεπε κατάπληκτος πως τα σώματα δεν έχουν σκιά !!!



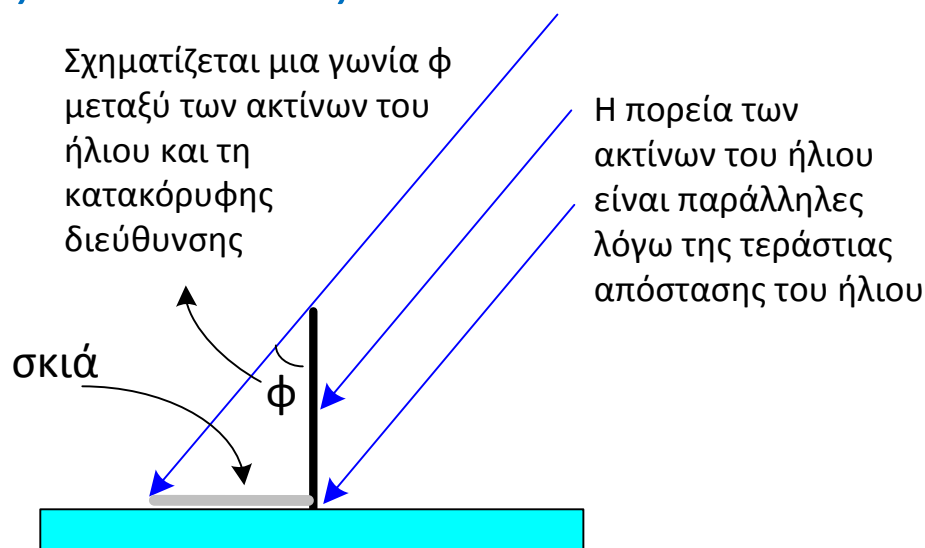
Ο Ερατοσθένης απέκλεισε ότι:

Αυτό το φαινόμενο δεν μπορεί να συμβαίνει λόγω αλλαγής της πορείας των ακτίνων του ήλιου οι οποίες πρέπει να παραμένουν παράλληλες. Αλλά συμβαίνει λόγω της καμυλότητας της Γης

Ο Ερατοσθένης δεν έμεινε στο ποιοτικό συμπέρασμα ότι η γη έχει καμυλότητα αποδεικνύοντας ότι είναι σφαιρική, αλλά προσπάθησε να μετρήσει την ακτίνα της γης.

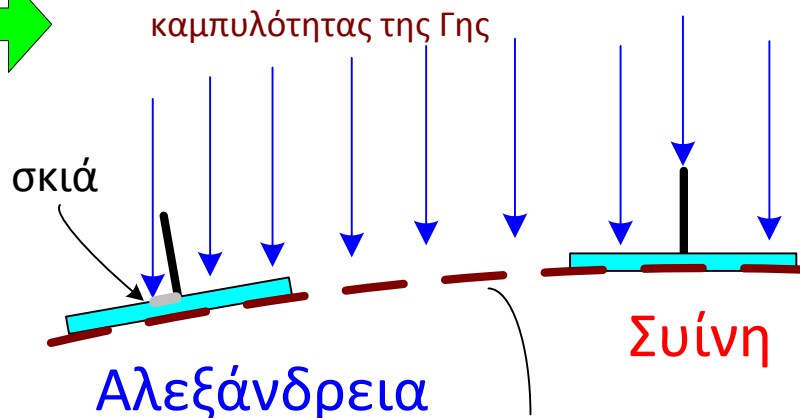
Αυτό το πέτυχε αφού μέτρησε την γωνία ϕ που παρατηρούσε στην Αλεξάνδρεια κατά το θερινό ηλιοστάσιο και τη βρήκε να είναι $1/50$ του κύκλου (δηλ. η ϕ χωράει 50 φορές μέσα σε ένα κύκλο).

Αλεξάνδρεια

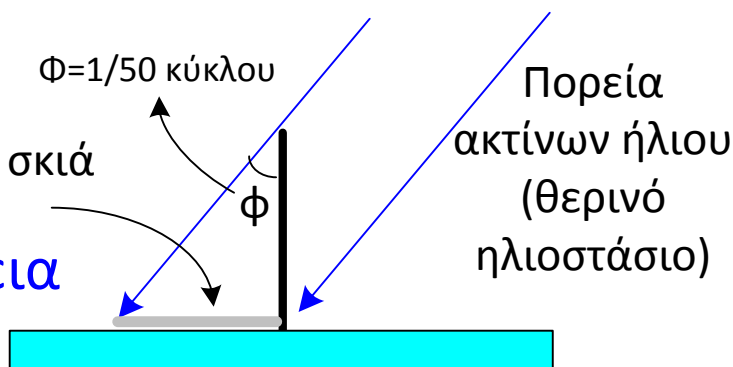


Έτσι κατέληξε στο σωστό συμπέρασμα ότι:

Το φαινόμενο συμβαίνει λόγω της καμυλότητας της Γης



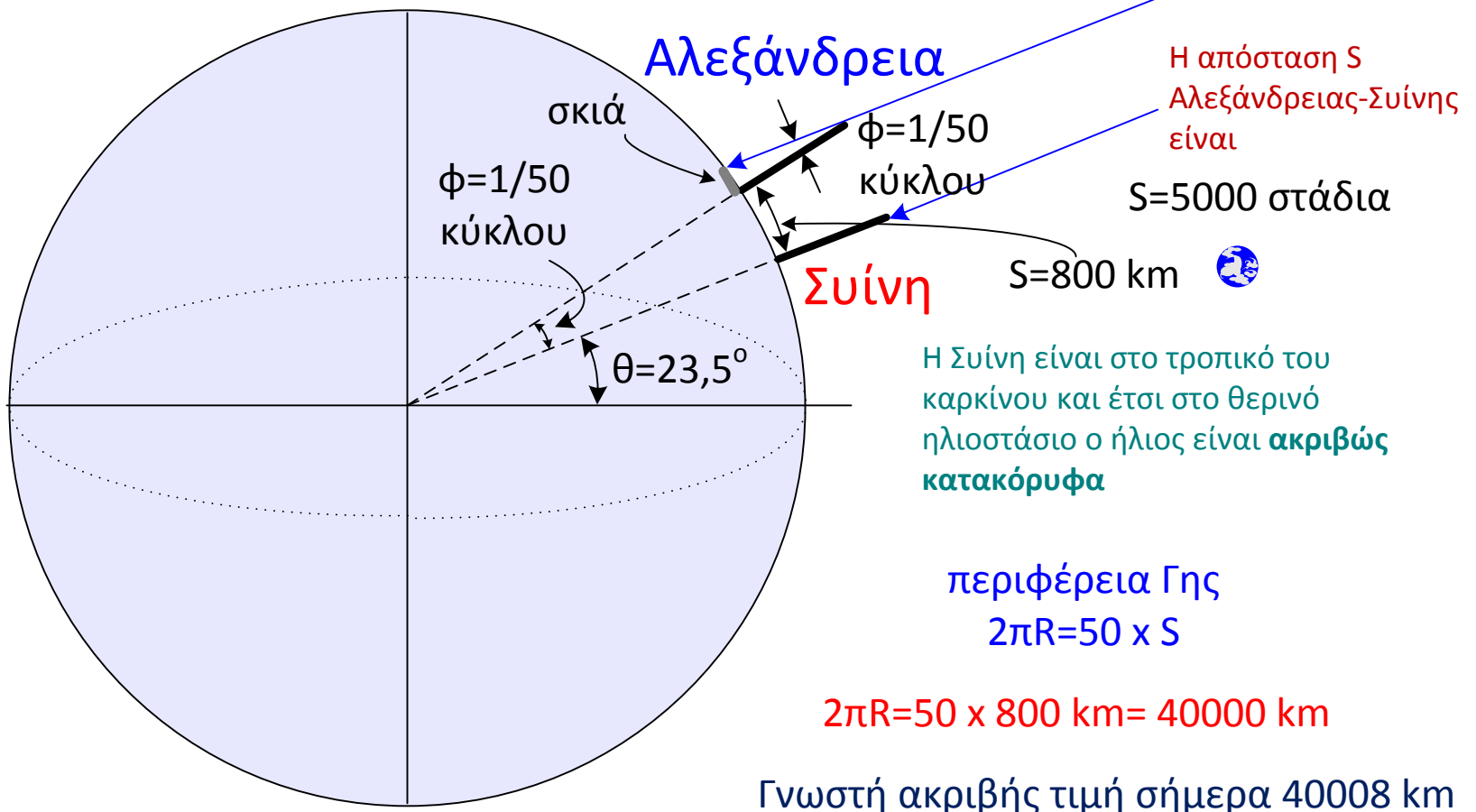
Καμύλη επιφάνεια της γης λόγω του ότι είναι στρογγυλή



Θέλουμε να δούμε τι αντιπροσωπεύει η γωνία ϕ που μέτρησε ο Ερατοσθένης επάνω στη σφαιρική γη.

Σχεδιάζουμε τη σφαιρική γη και τις 2 πόλεις της Αιγύπτου. Παρατηρούμε ότι στη Σϋίνη αφού οι ακτίνες του ήλιου δεν αφήνουν σκιά κατά το θερινό ηλιοστάσιο, τότε θα είναι κάθετες στην επιφάνεια της γης και τότε η προέκταση των ακτίνων του ήλιου πρέπει να περνούν από το κέντρο της γης.

Πορεία ακτίνων ήλιου (θερινό ηλιοστάσιο)



Η απόσταση S Αλεξάνδρειας-Σϋίνης είναι $S=5000$ στάδια

Η Σϋίνη είναι στο τροπικό του καρκίνου και έτσι στο θερινό ηλιοστάσιο ο ήλιος είναι ακριβώς κατακόρυφα

περιφέρεια Γης $2\pi R=50 \times S$

$2\pi R=50 \times 800 \text{ km}= 40000 \text{ km}$

Γνωστή ακριβής τιμή σήμερα 40008 km

Εκπληκτική ακρίβεια !!!!

Ακτίνα Γης $R=40000 \text{ Km}/2\pi=6369 \text{ km}$

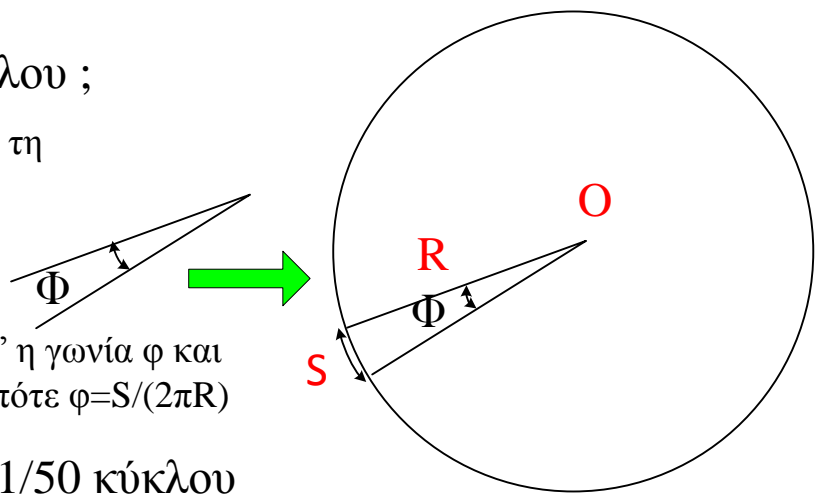
Γνωστή ακριβής ακτίνα Γης $R=6371 \text{ km}$

Πως μετρήθηκε η γωνία $\Phi=1/50$ κύκλου ;

Τη γωνία Φ που μετρήσαμε τη τοποθετούμε με τη κορυφή της γωνίας στο κέντρο O κύκλου που κατασκευάσαμε με αυθαίρετη ακτίνα R .

Μετρούμε το μήκος του τόξου S που “βλέπει” η γωνία ϕ και διαιρούμε με τη περίμετρο του κύκλου $2\pi R$. Οπότε $\phi=S/(2\pi R)$

$\Phi=S/(2\pi R)=1/50$ κύκλου



Πρόβλημα για εξάσκηση

1. Πώς θα μετρήσετε το ακριβές γεωγραφικό πλάτος που βρισκόμαστε εδώ στη Πάτρα;
2. Πως μπορείτε να μετρήσετε την απόσταση που θα διανύσετε στη διεύθυνση βορρά νότου μεταξύ δύο τοποθεσιών χωρίς να μετρήσετε μήκος, γνωρίζοντας της ακτίνα R της Γης.

Άλλο παράδειγμα βασικής ερώτησης που κάνουμε και όπου μόνο με απλές παρατηρήσεις παίρνουμε τη σωστή απάντηση είναι και το πανάρχαιο ερώτημα :

Η γη είναι ακίνητη και όλα τα άλλα ουράνια σώματα περιστρέφονται γύρω από εμάς (γεωκεντρικό σύστημα)

ή

η γη κινείται όπως και όλα τα άλλα ουράνια σώματα ;

Απάντηση δίνει το περίφημο

Πείραμα του Foucault

Σε αυτό το πείραμα καταγράφεται μέσα σε ένα 24/ωρο η ταλάντωση ενός εκκρεμούς, το οποίο αναρτάται στην οροφή ενός πολύ υψηλού κτηρίου και εκτελεί ταλαντώσεις με μικρή απόσβεση μικρού πλάτους.

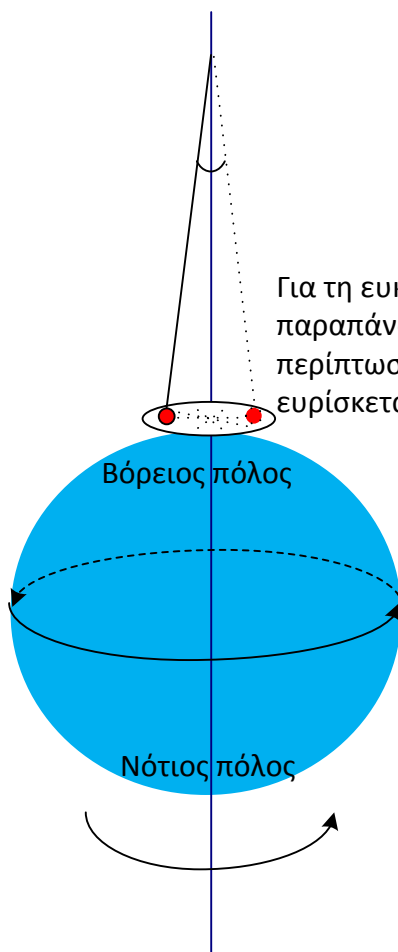
Το απόλυτο επίπεδο ταλάντωσης του εκκρεμούς είναι σταθερό μέσα στο σύμπαν και δεν μπορεί να αλλάξει.

Παραδόξως παρατηρούμε ότι :

Το σταθερό επίπεδο ταλάντωσης του μεγάλου μήκους εκκρεμούς βαθμιαία αλλάζει κατά την διάρκεια της ημέρας επιστρέφοντας μέσα σε 24 ώρες και πάλι στο αρχικό επίπεδο ταλάντωσης.

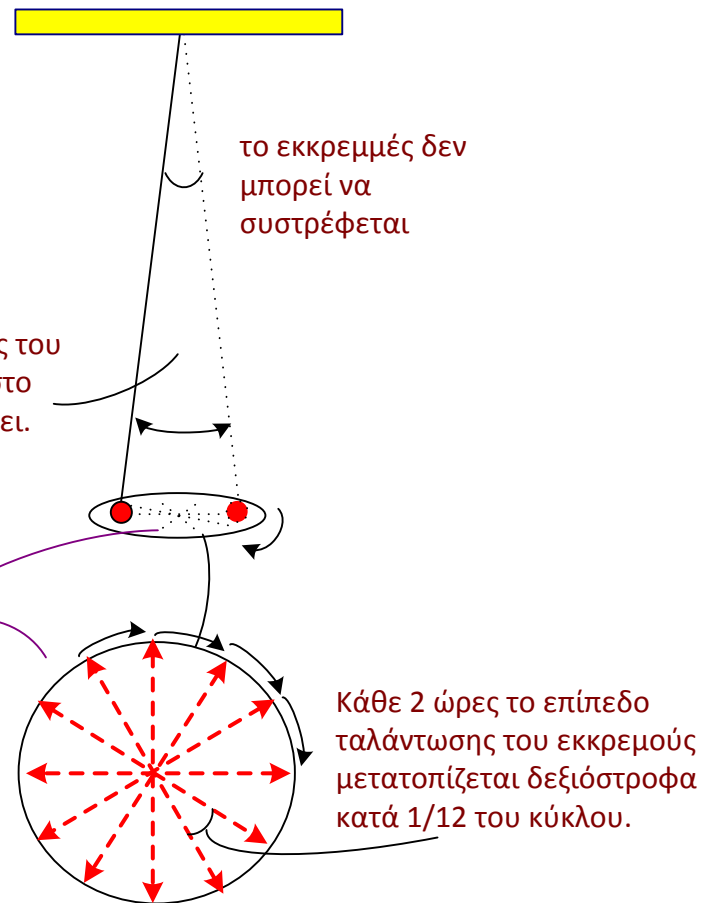
Αυτή η μετατόπιση του επιπέδου ταλάντωσης του εκκρεμούς είναι φαινομενική γιατί στη πραγματικότητα η γη περιστρέφεται.

Για τη ευκολότερη κατανόηση του παραπάνω φαινομένου είναι η ακραία περίπτωση όταν το εκκρεμές ευρίσκεται στους πόλους της Γης



Η Γη καθώς όμως περιστρέφεται από δυσμάς προς ανατολάς, το σταθερό επίπεδο ταλάντωσης ενώ διατηρεί σταθερό προσανατολισμό στο σύμπαν, φαίνεται να μετατοπίζεται αντίθετα από ανατολάς προς δυσμάς και στο κύκλο να μετατοπίζεται δεξιόστροφα.

Ανάλογη μετατόπιση του επιπέδου ταλάντωσης συμβαίνει και σε οποιοδήποτε σημείο της γης και όχι μόνο στους πόλους.



Νόμοι-Μοντέλα-Φυσικές θεωρίες

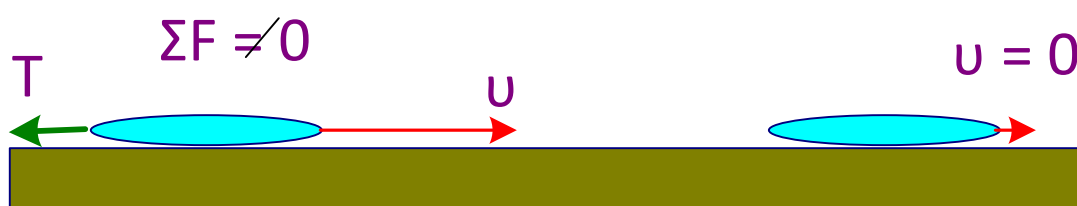
Ενας Φυσικός Νόμος

δεν αποδεικνύεται αλλά η ισχύς του στηρίζεται στη συμφωνία των προβλέψεων που κάνει με τις παρατηρήσεις των πειραμάτων. Αργότερα ο νόμος μπορεί να εξηγηθεί αφού ευρεθεί ένας άλλος νέος νόμος ο οποίος μπορεί να εξηγήσει το προηγούμενο νόμο.

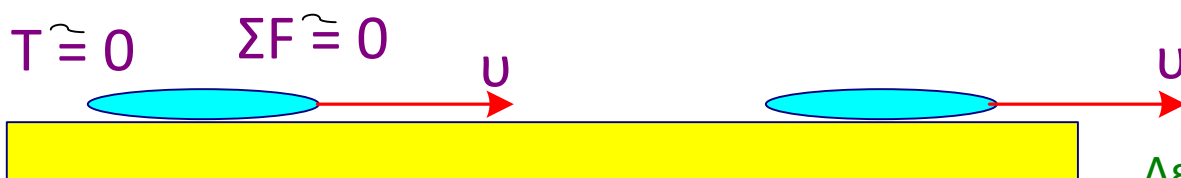
Ένα νέο πειραματικό αποτέλεσμα όμως μπορεί να μην συμφωνεί με τις προβλέψεις της θεωρίας και έτσι η θεωρία μπορεί να μην ισχύει ή να χρειάζεται τροποποίηση και να εξηγηθεί με έναν νέο νόμο.

Παράδειγμα: **Νόμοι του Newton**

1ος Νόμος



τραχεία επιφάνεια
το σώμα σταματάει
γρήγορα λόγω
τριβών



Λεία επιφάνεια
σώμα δεν σταματάει

Νόμος αδράνειας

Αν σε ένα σώμα $\Sigma F = 0$ τότε το σώμα διατηρεί την κινητική του κατάσταση
U : σταθερή

Ελεύθερο σώμα : όταν στο σώμα δεν επιδρά καμμιά εξωτ. δύναμη

Αδράνεια : η τάση των σωμάτων να διατηρούν σταθερή την κινητική τους κατάσταση.

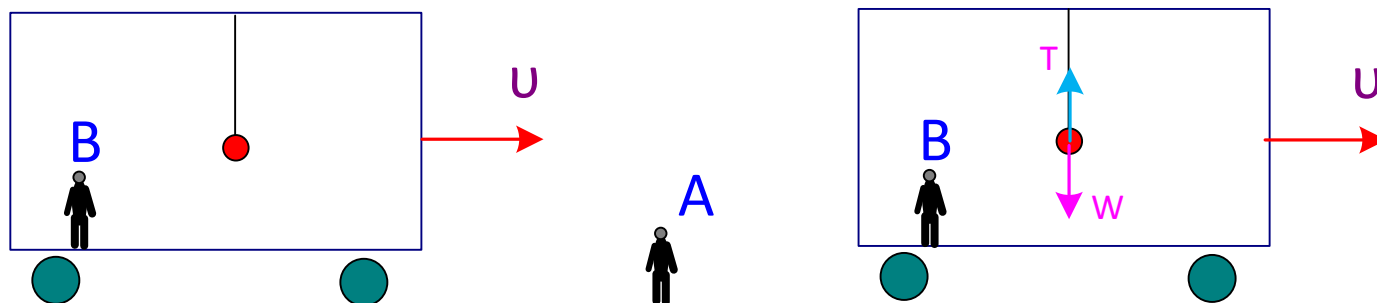
Αδρανειακό σύστημα αναφοράς το σύστημα για το οποίο ισχύει ο 1ος νόμος του Newton.

Ένα νέο πειραματικό αποτέλεσμα όμως μπορεί να μην συμφωνεί με τις προβλέψεις της θεωρίας και έτσι η θεωρία μπορεί να μην ισχύει ή να χρειάζεται τροποποίηση και να εξηγηθεί με έναν νέο νόμο.

Τι είναι Αδρανειακό σύστημα αναφοράς

Πως διακρίνουμε αν ένα σύστημα είναι αδρανειακό ?

Σύστημα αναφοράς : κινούμενο όχημα με ταχύτητα u σταθερή



Ο παρατηρητής A στο σύστημα αναφοράς του εδάφους και ο B στο σύστημα αναφοράς του οχήματος διαπιστώνουν ότι εκκρεμές ισορροπεί γιατί $W = T$ τάση του νήματος

και το εκκρεμές ισορροπεί $\Sigma F = 0$

Τότε το σύστημα αναφοράς ικανοποιείται ο 1ος νόμος του Newton.

Του κινούμενου οχήματος με σταθερή ταχύτητα λέμε ότι είναι:

Αδρανειακό σύστημα αναφοράς (ΑΣΑ)

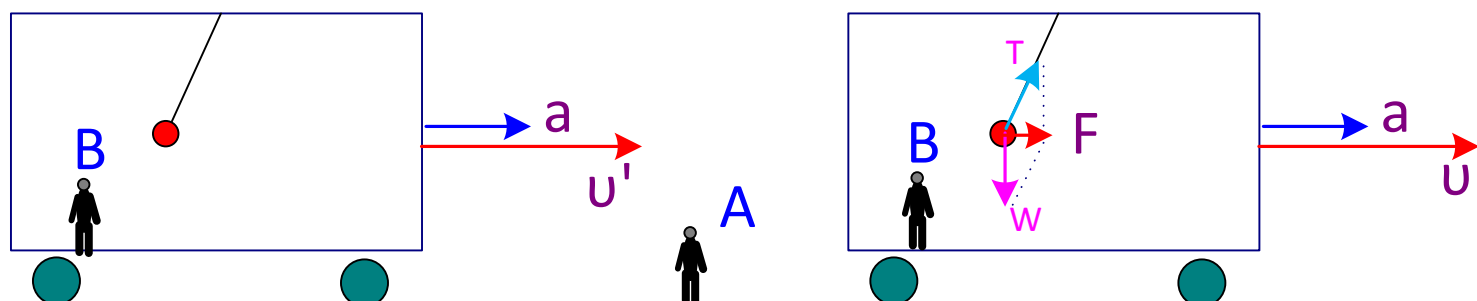
Γιατί δεν έχει επιτάχυνση

Σύστημα αναφοράς

Κινούμενο όχημα με επιτάχυνση a

Σύστημα αναφοράς

Κινούμενο όχημα με επιτάχυνση a



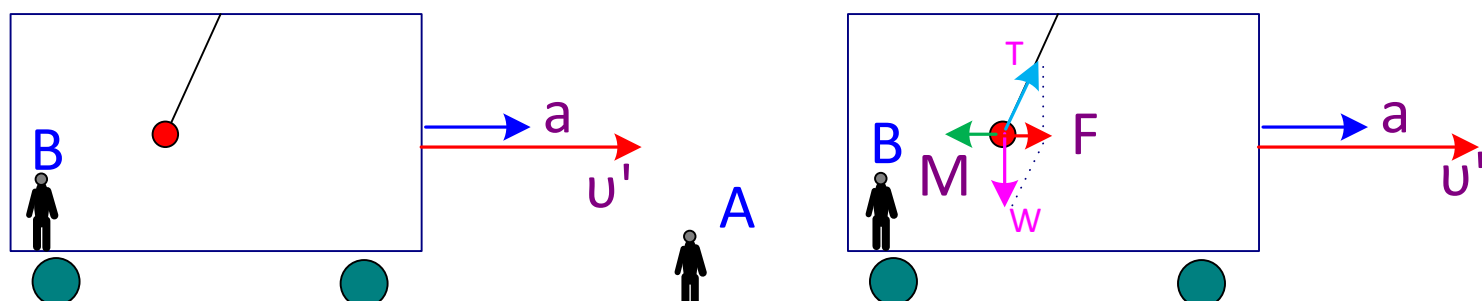
Ο παρατηρητής A στο σύστημα αναφοράς του εδάφους διαπιστώνει ότι εκκρεμές ισορροπεί στη λοξή θέση λόγω του ότι το εκκρεμές επιταχύνεται λόγω της συνισταμένης δύναμης F των T και W

Σύστημα αναφοράς

Κινούμενο όχημα με επιτάχυνση a

Σύστημα αναφοράς

Κινούμενο όχημα με επιτάχυνση a



Ο παρατηρητής B στο σύστημα αναφοράς του οχήματος μη έχοντας πληροφορία ότι το όχημα επιταχύνεται διαπιστώνει ότι εκκρεμές ισορροπεί στη λοξή θέση ενώ το $\Sigma F \neq 0$.

Τότε το σύστημα αναφοράς

Έτσι δεν φαίνεται να ικανοποιείται ο 1ος νόμος του Newton.

Του κινούμενου οχήματος με

σταθερή ταχύτητα λέμε ότι είναι:

Μη Αδρανειακό

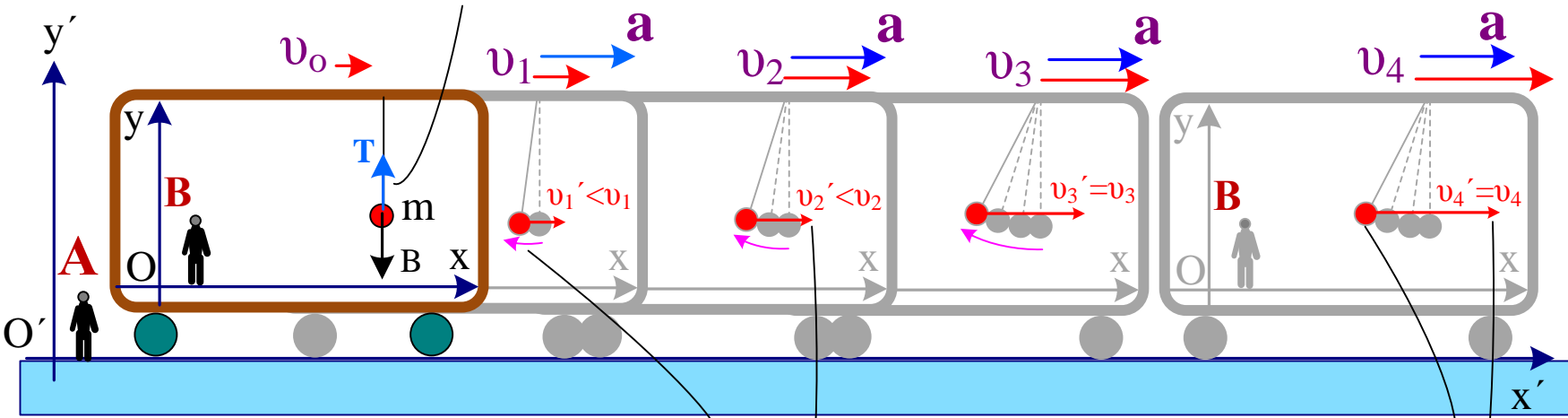
φαίνεται ακίνητο ενώ $\Sigma F \neq 0$

Γιατί έχει επιτάχυνση

Εδώ ο B αναγκάζεται να επινοήσει μια επιπλέον «μυστηριώδη» ανύπαρκτη δύναμη M ώστε να διακιολογήσει την ισορροπία

Ο παρατηρητής A βλέπει ότι το βαγόνι κινείται με σταθερή ταχύτητα v_0 . Η σφαίρα μάζας m του εκκρεμούς να ισορροπεί γιατί $B=T$.

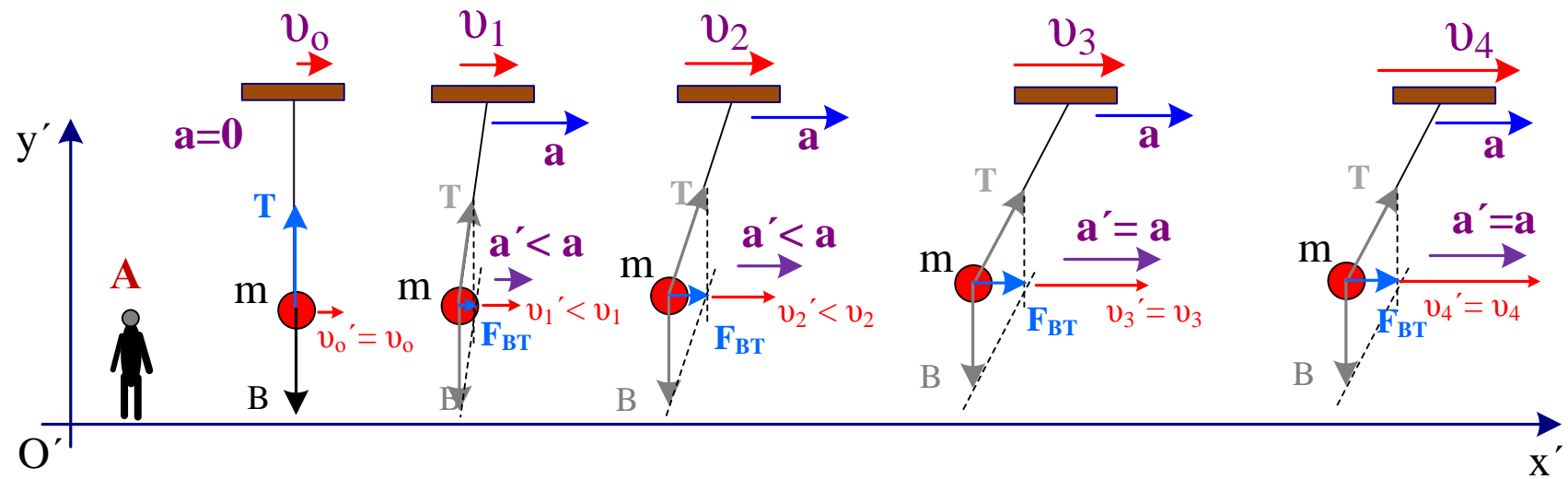
Εν συνεχεία ο A βλέπει το βαγόνι να κινείται με αυξανόμενη ταχύτητα v_1, v_2, v_3, v_4 , επιταχυνόμενο.



Το εκκρεμές εκτρέπεται προς τα πίσω από την αρχική κατακόρυφη θέση ισορροπίας, και η σφαίρα κινούμενη στην αρχή με ταχύτητες μικρότερες της ταχύτητας του βαγονιού $v_1' < v_1, v_2' < v_2$

Κατόπιν η σφαίρα δεν εκτρέπεται άλλο πίσω, αλλά σταθεροποιείται σε σταθερή σχετική θέση ως προς την αρχική θέση ισορροπίας παρακολουθώντας την ταχύτητα του βαγονιού $v_3' = v_3, v_4' = v_4$.

Ο παρατηρητής A αναλύει τις δυνάμεις που ενεργούν στη σφαίρα σε κάθε στιγμιότυπο και εξηγεί τη κίνηση της σφαίρας μάζας M Του εκκρεμούς.



Σε κάθε στιγμιότυπο ο A βρίσκει τη συνισταμένη δύναμη F_{BT} των T και B .

Ο A παρατηρεί τα στιγμιότυπα όπου η ταχύτητα της σφαίρας είναι μικρότερη αυτής του βαγονιού $v_1' < v_1, v_2' < v_2$, αυτό δηλώνει ότι η επιτάχυνση της σφαίρας $a' = F_{BT}/m$ είναι μικρότερη της επιτάχυνσης a του βαγονιού, γιατί προφανώς η F_{BT} δεν είναι αρκετή για να δώσει τη επιτάχυνση a . Έτσι η F_{BT} αυξάνεται με την βαθμιαία μετατόπιση της σφαίρας προς τα αριστερά από τη κατακόρυφο, αυξάνοντας την επιτάχυνσή της.

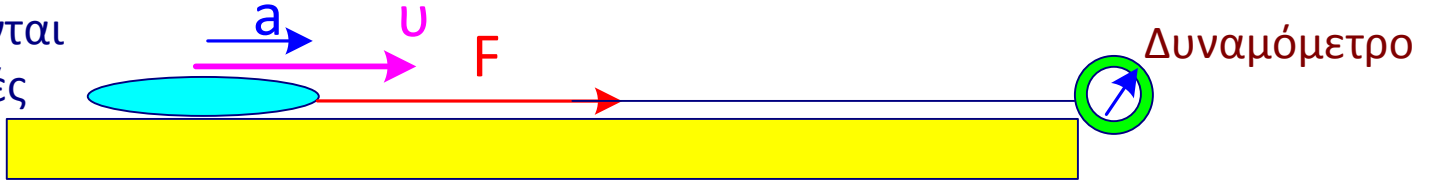
Όταν το εκκρεμές με τη σφαίρα παύει να εκτρέπεται άλλο προς τα αριστερά, τότε η F_{BT} σταθεροποιείται σε μέτρο, η επιτάχυνσή της σφαίρας δεν αυξάνεται άλλο και πλέον η επιτάχυνσή της και η ταχύτητά της γίνονται ίσες με αυτές του βαγονιού: $a' = F_{BT}/m = a$ και $v_3' = v_3, v_4' = v_4$.

Ο 2ος Νόμος του Νεύτωνα

Ανακαλήφθηκε πειραματικά

πως αν εφαρμόζεται σταθερή δύναμη F που μετρείται μέσω δυναμομέτρου σε οποιοδήποτε σώμα τότε το σώμα επιταχύνεται με σταθερή επιτάχυνση a

Χρειάζονται μηδενικές τριβές



Αν 2/σουμε την F , τότε η επιτάχυνση a 2/ζεται
 Αν 3/σουμε την F , τότε η επιτάχυνση a 3/ζεται
 Αν 4/σουμε.....το ίδιο...

Η σταθερά του πηλίκου F/a ονομάζεται

Δηλ. βρίσκεται πειραματικά ότι $\frac{F}{a} = \text{σταθερό} = m$ m αδρανειακή μάζα

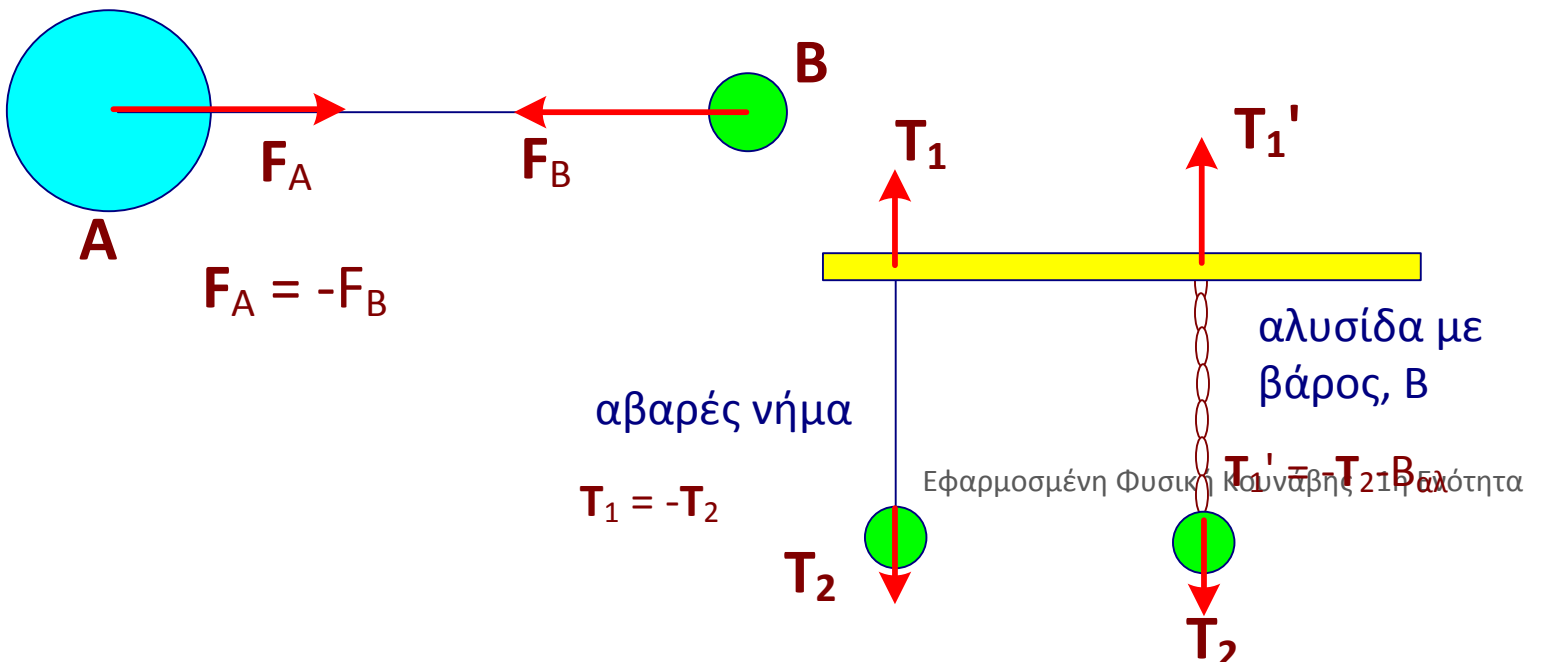
Εδώ αδρανειακή μάζα εκφράζει την αδράνεια (δηλ η αντίσταση) που εμφανίζουν τα σώματα όταν επιηηρούμε να τα επιταχύνουμε ή να τα επιβραδίνουμε

Επομένως από το σταθερό λόγο $F/a=m$ προκύπτει

$F = m a$ 2ος Νόμος του Νεύτωνα

3ος Νόμος

Σε κάθε δράση υπάρχει πάντα μια αντιτιθέμενη και ίση αντίδραση



Η Γη είναι αδρανειακό σύστημα αναφοράς ;

Η Γη πρακτικά θεωρείται αδρανειακό σύστημα αναφοράς

Λόγω της περιστροφής της Γης υπάρχει η κεντρομόλος επιτάχυνση, a_k , η οποία όμως είναι πολύ μικρή

Για παρατηρητή στη Γη

Φαίνεται να υπάρχει Μια ανεξήγητη δύναμη η λεγόμενη φυγόκεντρος δύναμη-επιτάχυνση

(δεν πρέπει να τη σχεδιάζουμε Γιατί δεν υπάρχει στη πραγματικότητα)

$$a_k = \frac{v^2}{r} = \left(\frac{2\pi r}{T} \right)^2 \frac{1}{r} = 4\pi^2 \frac{R_E \cos\theta}{T^2}$$

στον ισημερινό $\cos\theta=1$ $a_k = 0.034 \text{ m/s}^2$

Για παρατηρητή στο διάστημα

$F_k = ma_k$ Φαίνεται να υπάρχει κεντρομόλος δύναμη

$$a_k = \frac{v^2}{r} = \left(\frac{2\pi r}{T} \right)^2 / r$$

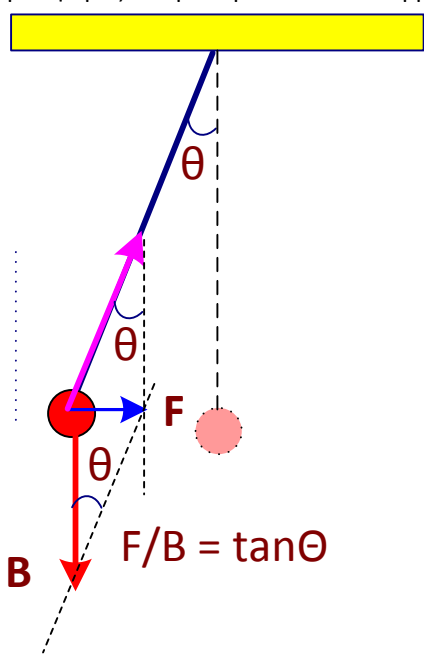
Χωρίς την περιστροφή της Γης

Λαμβάνοντας υποψη την περιστροφή της Γης

Πόση είναι η γωνία ϕ για το γεωγραφικό πλάτος $\theta=38^\circ$ της Πάτρας ?
 Πόσο θα διέφερε ένα κιλό χρυσού από το πραγματικό του βάρος ?
 Σε ποιο μέρος της Γης είναι ιδανικό για να μετράμε το ακριβές βάρος των σωμάτων?

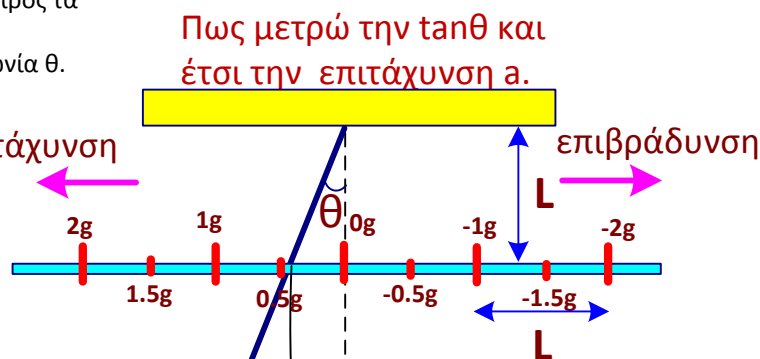
Εφαρμογή : Πως φτιάχνω ένα επιταχυνσιόμετρο

Ένα όχημα κάνει επιταχυνόμενη κίνηση με σταθερή επιτάχυνση a προς τα δεξιά. Ένα εκκρεμές μήκους L που αναρτάται στην οροφή του θα ευρίσκεται σε εκτροπή προς τα αριστερά όπου θα ισορροπεί με γωνία θ .



$$F = B \tan\theta = mg \tan\theta = ma$$

$$a = g \tan\theta$$



Στην οριζόντιο κλίμακα σημειώνω υποδιαιρέσεις με μονάδα μήκους L , όσο και η απόσταση L της κλίμακας από το σημείο ανάρτησης του εκκρεμούς.

Έτσι το σημείο που τέμνει το νήμα του εκκρεμούς την βαθμολογημένη κλίμακα διαβάζουμε απευθείας το $\tan\theta$.
 π.χ. όταν τέμνει στο $0.4L$ τότε $\tan\theta = 0.4L/L = 0.4$ και έτσι $a = \tan\theta = 0.4g$

Μετρώντας τη $\tan\theta$ βρίσκω την a

Άλλο παράδειγμα φυσικού νόμου:

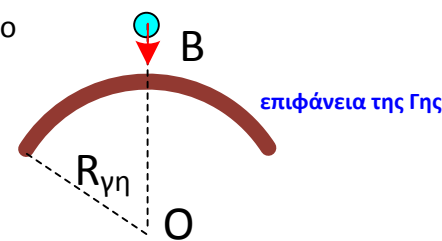
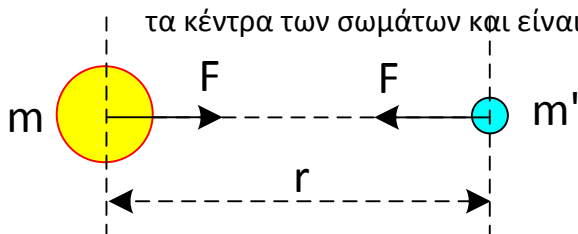
Ο νόμος βαρύτητας του Νεύτωνα

Εξάχθηκε πειραματικά όχι από θεωρητικούς υπολογισμούς

Πως ο Newton μελετώντας την κίνηση της Σελήνης κατέληξε στον νόμο της παγκόσμιας έλξης ;

Όταν τον ανακάλυψε ο Newton δεν χρειάστηκε να κάνει πείραμα στο εργαστήριο γιατί το εργαστήριο είναι η ίδια η φύση και το πείραμα διεξάγεται καθημερινά μπροστά μας.

Ο Newton παρατήρησε πως τα σώματα όταν πέφτουν στη γη, η προέκταση του βάρους πρέπει να περνάει από το κέντρο της γης, δηλ. το βάρος ενώνει τα κέντρα των σωμάτων και είναι **κεντρική δύναμη**



F ανάλογος του $(m m')$

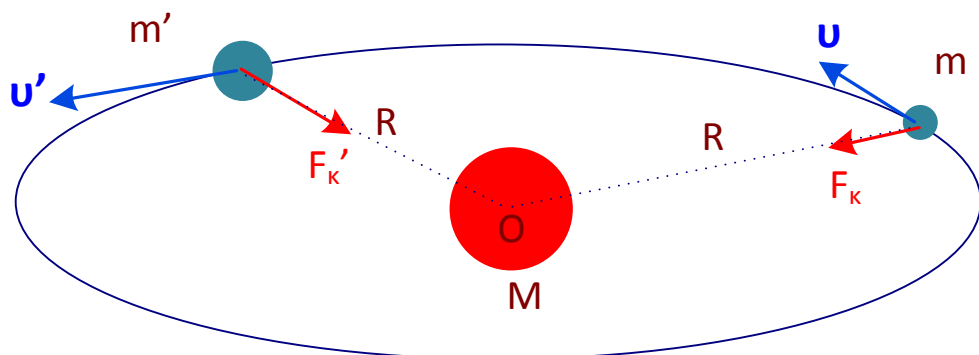
Επομένως η βαρύτητα θα είναι μια δύναμη F που ενώνει τα κέντρα των σωμάτων και θα πρέπει να ασκείται μεταξύ 2 οποιοδήποτε σωμάτων. Λόγω του ότι η δράση ισούται με την αντίδραση, τότε η δύναμη F ασκείται και στα 2 σώματα μάζας m και m' .

Επιπλέον από τη πτώση των σωμάτων γνώριζε πως το βάρος των σωμάτων είναι ανάλογο της μάζας των τότε η F θα είναι ανάλογο του γινομένου mm' .

Το βάρος B θα πρέπει να είναι η κεντρομόλος δύναμη

Για να περιστρέφονται οι πλανήτες με μάζα m και m' σε κυκλικές περίπου τροχιές γύρω από τον ήλιο μάζας M με ταχύτητες u ή u' γύρω

Θα πρέπει να ασκείται και η αντίστοιχη κεντρομόλος δύναμη F_{κ} και f_{κ}



$$F_{\kappa} = m\gamma_{\kappa} = m u^2/R$$
$$F_{\kappa}' = m\gamma_{\kappa}' = m u'^2/R$$

Όπου γ_{κ} και γ_{κ}' είναι η αντίστοιχη κεντρομόλος επιτάχυνση

Η κεντρομόλος δύναμη F_{κ} που δρα στους πλανήτες δεν είναι άλλη παρά το βάρος ή η βαρυτική δύναμη που ασκεί το σώμα μάζας M , ο ήλιος, στο κάθε σώμα μάζας m , m' οι πλανήτες, ώστε αυτοί να περιστρέφονται αυτό γύρω από τον ήλιο.

Όμως το βάρος συνδέεται με την επιτάχυνση της βαρύτητας μέσω της σχέσης :

$$B = F_{\kappa} = m \gamma_{\kappa}$$

$$B' = F_{\kappa}' = m' \gamma_{\kappa}'$$

$$B = m g$$

$$B' = m' g$$

Επομένως θα πρέπει η κεντρομόλος επιτάχυνση να είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας, g :

Άρα θα πρέπει :

$$\gamma_{\kappa} = g$$

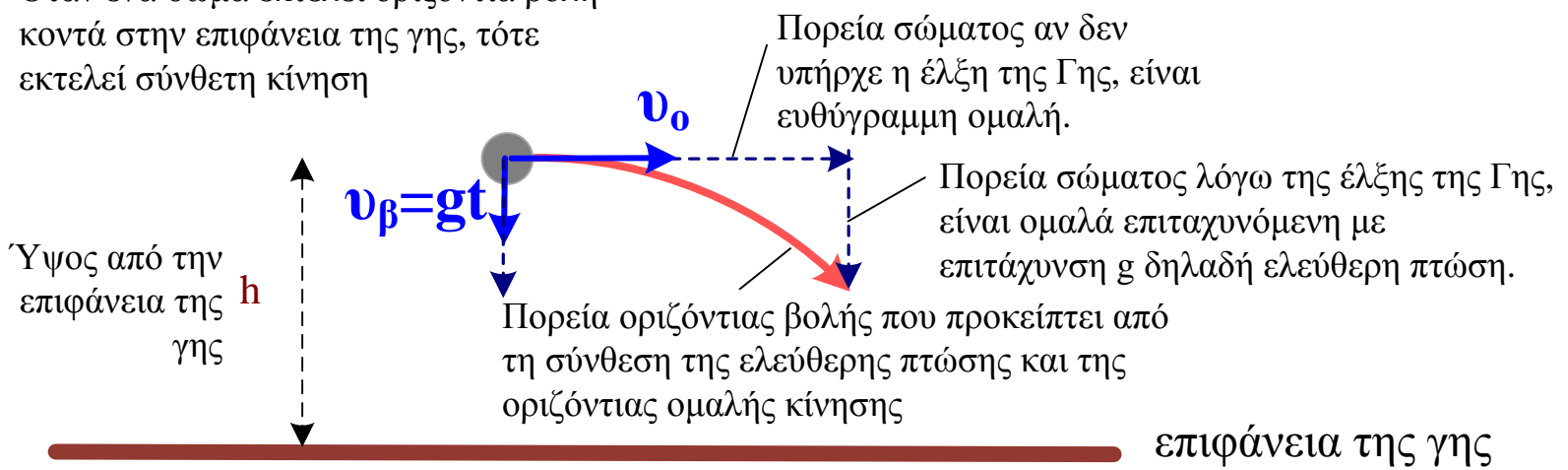
$$\gamma_{\kappa}' = g$$

Επομένως η κεντρομόλος επιτάχυνση των πλανητών καθώς περιστρέφονται με ταχύτητα u κάνουν ελεύθερη πτώση προς την επιφάνεια της γης με την επιτάχυνση g της βαρύτητας.

Ακριβώς αυτό ελεύθερη πτώση κάνουν τα σώματα που εκτελούν οριζόντια βολή με ταχύτητα u_0 στην επιφάνεια της γης.

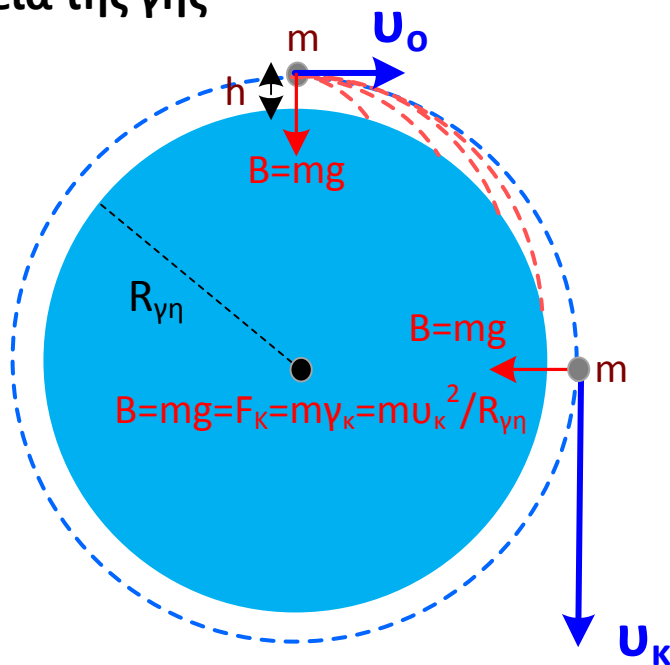
Στην οριζόντια βολή:

Όταν ένα σώμα εκτελεί οριζόντια βολή κοντά στην επιφάνεια της γης, τότε εκτελεί σύνθετη κίνηση



Μικρό ύψος h ($h \ll R_{\gamma\eta}$) από την επιφάνεια της γης

Αν αυξάνω την οριζόντια ταχύτητα u_0 , Το σώμα που βρίσκεται σε πρακτικά μικρό ύψος $h \sim 0$, συγκρινόμενο με την ακτίνα της γης ($h \ll R_{\gamma\eta}$), τότε το βεληνεκές της βολής θα μεγαλώνει.



Αν η οριζόντια ταχύτητα u_0 , πάρει μια κρίσιμη τιμή u_{κ} , τότε το σώμα δεν θα πέσει ποτέ στην επιφάνεια της γης, αλλά θα περιστρέφεται γύρω από τη γη σε κυκλική τροχιά, δηλ. θα έχει γίνει δορυφόρος της γης, όπου το βάρος B του σώματος θα είναι η κεντρομόλος δύναμη F_{κ} και η κεντρομόλος επιτάχυνση γ_{κ} θα είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας, g .

$$g = \gamma_{\kappa} = u_{\kappa}^2 / R_{\gamma\eta}$$

Άρα η κρίσιμη ταχύτητα θα είναι :

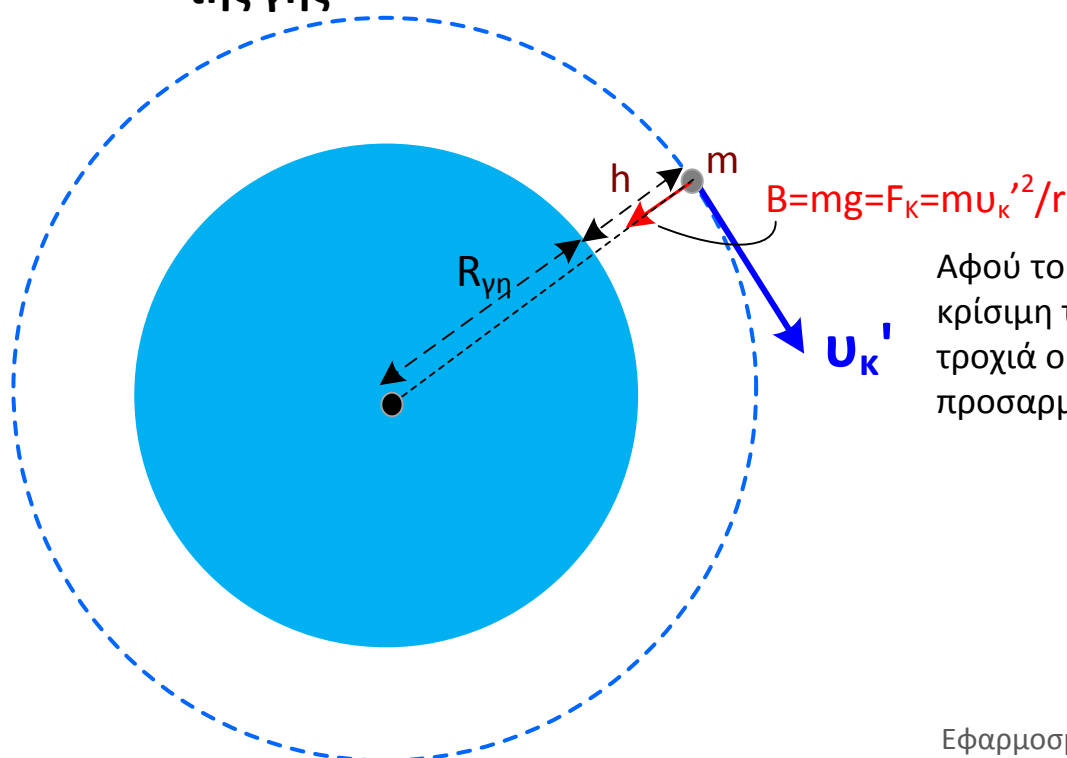
$$u_{\kappa} = (R_{\gamma\eta} \gamma_{\kappa})^{1/2}$$

ή

$$u_{\kappa} = (R_{\gamma\eta} g)^{1/2}$$

Μεγάλο ύψος h από την επιφάνεια της γης

Αν αυξάνω το ύψος h της οριζόντιας βολής από την επιφάνεια της γης, τότε το σώμα θα απομακρίνεται από το κέντρο της γης σε απόσταση : $r = h + R_{\gamma\eta}$



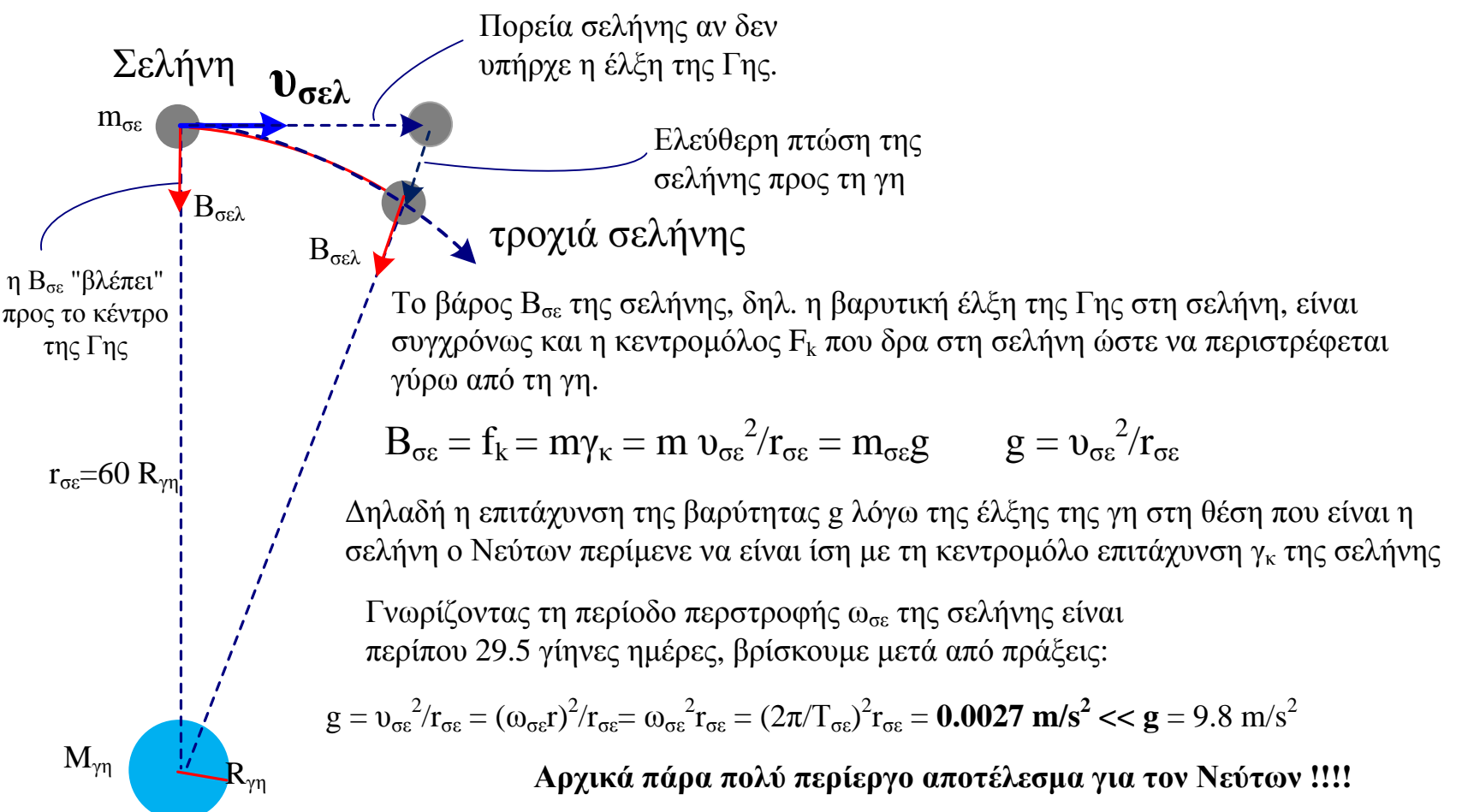
Αφού το r μεγαλώνει, τότε ανάλογα η κρίσιμη ταχύτητα για να εκτελεί κυκλική τροχιά ο δορυφόρος θα πρέπει να προσαρμόζεται ανάλογα και θα γίνει :

$$u_{\kappa}' = (r \gamma_{\kappa})^{1/2}$$

ή

$$u_{\kappa}' = (r g)^{1/2}$$

Όμως η σελήνη είναι ο φυσικός δορυφόρος της γης και εκτελεί οριζόντια βολή ως προς τη γη εκτελώντας έτσι σύνθετη κίνηση



Δηλαδή η επιτάχυνση της βαρύτητας $g_{σε}$, λόγω της έλξης της γη στη θέση που είναι η σελήνη, δηλ. $g = g_{σε}$, είναι πολύ μικρότερη από τη γνωστή τιμή του g ($g = g_{γη}$) επιτάχυνση της βαρύτητας στην επιφάνεια της γης.

ΠΡΟΣΟΧΗ Να μη συγχέεται η $g_{σε}$ με την επιτάχυνση της βαρύτητας που υφίστανται τα σώματα λόγω της έλξης της σελήνης στην επιφάνειά της η οποία είναι άλλη.

Η επιτάχυνση της βαρύτητας που υφίσταται η σελήνη λόγω της έλξης της γης στην απόσταση $R = 60R_{γη}$

Η επιτάχυνση $g_{σε}$ της βαρύτητας της γης στη απόσταση $r = 60R_{γη}$ εξασθενεί $1/3600$ φορές ή $1/60^2$

Βάρος σελήνης, δηλ η έλξη της γης στη σελήνη, στη απόσταση γη-σελήνη $r = 60R_{γη}$

Επομένως
$$\frac{g_{σε}}{g_{γη}} = \frac{1}{60^2} = \frac{1/(r_{σε})^2}{1/(R_{γη})^2} = \frac{1/(60R_{γη})^2}{1/(R_{γη})^2} = \frac{B_{σε}}{B_{γη}}$$

Η επιτάχυνση της βαρύτητας στην επιφάνεια της γης

Βάρος σελήνης που θα είχε αν γινόταν να συγκετρωθεί η σελήνη στην επιφάνεια της γης $r = R_{γη}$.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Η βαρυντική δύναμη F είναι ανάλογη των μαζών M και m και ελαττώνεται σύμφωνα με το αντίστροφο του τετραγώνου της απόστασης $1/r^2$

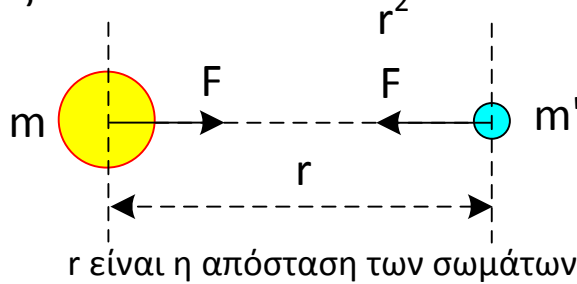
$$F \text{ ανάλογο } M_{γη} m_{σε} / r^2$$

Εισάγοντας τον συντελεστή αναλογίας G , ο οποίος είναι η σταθερά του Newton, καταλήγουμε στο νόμο της παγκόσμιας έλξης:

2 οποιοδήποτε σώματα μάζας m και m' έλκονται μεταξύ τους με δύναμη F

$$\text{Βάρος} = B = F = G \times \frac{m m'}{r^2}$$

Όπου m, m' είναι οι (βαρυντικές) μάζες



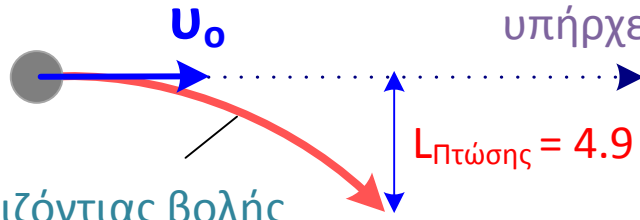
Προβλέπει με πολύ ικανοποιητική ακρίβεια τις ελλειπτικές τροχιές των πλανητών και εξηγεί τους νόμους του Kepler.

r είναι η απόσταση των σωμάτων

Το B ανάλογο της $1 / R^2$ εναλλακτική απόδειξη

Σώμα εκτελεί οριζόντια βολή

Πορεία σώματος αν δεν υπήρχε η έλξη της Γης



$L_{\text{πτώσης}} = 4.9 \text{ m}$ Μέσα σε 1sec

Πορεία οριζόντιας βολής λόγω της έλξης της Γης

Σε 1sec όλα τα σώματα στην επιφάνεια της Γης πέφτουν κατά 16 πόδια

κοντά στην επιφάνεια της Γης $r=R_{\Gamma\eta}$

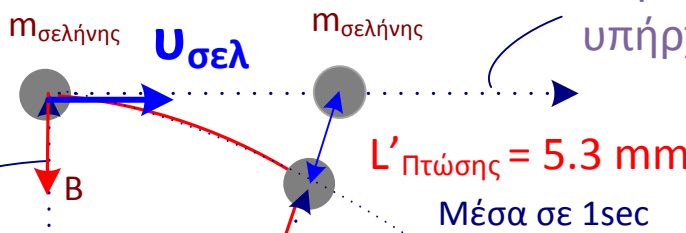
Διαιρώντας $L_{\text{πτώσης}}$ και $L'_{\text{πτώσης}}$ βρίσκω:

Ισοδύναμα η Σελήνη εκτελεί οριζόντια βολή σε απόσταση $r=60R_{\Gamma\eta}$ από τη γη, χωρίς ωστόσο να πέσει στην επιφάνειά της.

($r=60 R_{\Gamma}$)

$$\frac{(4.9 \text{ m})}{(0.0053 \text{ m})} = 60^2$$

η B "βλέπει" προς το κέντρο της Γης



Πορεία σελήνης αν δεν υπήρχε η έλξη της Γης

πραγματική πορεία-τροχιά σελήνης

$r=60 R_{\Gamma}$

το βάρος B είναι ανάλογο του $1 / r^2$

γιατί

$$\frac{g_{\Gamma\eta} \Delta t}{g_{\Sigma\epsilon} \Delta t} = \frac{L_{\text{πτώσης}} = 4.9 \text{ m}}{L'_{\text{πτώσης}} = 5.3 \text{ mm}} = \frac{B_{\Gamma\eta}}{B_{\Sigma\epsilon}} = \frac{1/(R_{\Gamma\eta})^2}{1/(60R_{\Gamma\eta})^2} = 60^2$$

Βάρος σελήνης που θα είχε στη επιφάνεια της γης

Βάρος σελήνης στη απόσταση της σελήνης

Πρόβλημα για εξάσκηση

1. Πως υπολογίστηκε η πτώση 4.9 m η πτώση των σημάτων στην επιφάνεια της Γης?
2. Γνωρίζοντας τη ταχύτητα περιστροφής $u_{\text{σελ}}$ της σελήνης και την απόστασή της r από τη γη, πως υπολογίστηκε η πτώση 5.3 mm η πτώση της Σελήνης προς τη Γη ;

Τι είναι μάζα m ?

Πόσα είναι τα είδη της μάζας ?

1 Βαρυτική μάζα

2 Αδρανειακή μάζα

Έχουμε τη μάζα m ή m'
Στο νόμο της βαρύτητας:

$$F = G \times \frac{m' m}{r^2}$$

Έχουμε τη μάζα m
στο 2ο νόμο του
Νεύτωνα
της δυναμικής:

$$F = m a$$

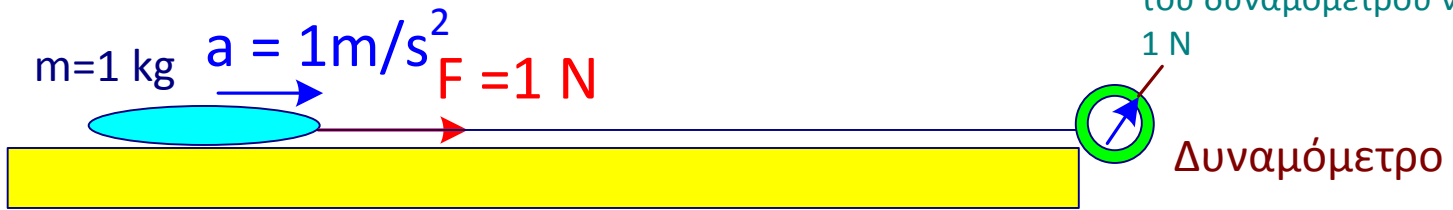
Αυθαίρετα μια ποσότητα ύλης ονομάστηκε : **Πρότυπη μάζα : 1 kilogram (kg)**

Από αυτή την αδρανειακή μάζα ορίζεται η μονάδα μέτρησης (N) της δύναμης ως εξής :

Αδρανειακή μάζα

Σε σώμα μάζας m=1 kilogram (kg) ασκούμε μέσω δυναμομέτρου δύναμη F τέτοια ώστε να αποκτήσει επιτάχυνση a=1 m/s².

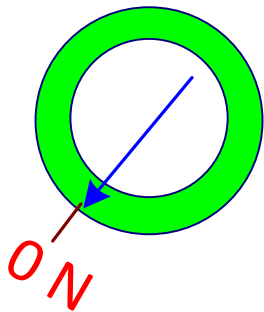
Τότε για την δύναμη αυτή σημειώνεται στη κλίμακα του δυναμομέτρου να είναι 1 N



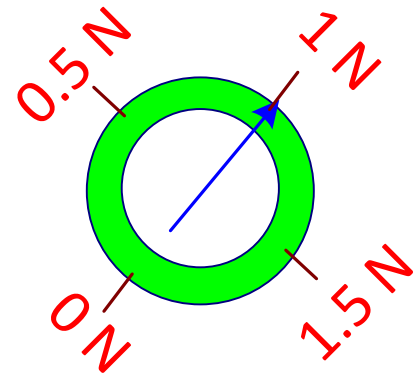
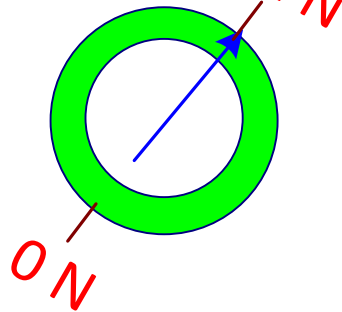
$$\text{Έτσι έχουμε : } F = ma = 1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m/s}^2 = 1 \text{ N}$$

Έτσι βαθμολογείται η γραμμική κλίμακα, γιατί στηρίζεται στην επιμήκυνση ενός ελατηρίου (F=kx) του δυναμομέτρου ώστε να μετράει Newton (N)

F = 0 N



F = 1 N



Αρχικά χωρίς δύναμη επιμήκυνσης (F=0) ο δείκτης του δυναμομέτρου θα ευρίσκεται σε μια θέση την οποία βαθμολογούμε με το 0

Όταν η δύναμη είναι F=1 N (όταν το σώμα m=1kg αποκτά a=1m/s², τότε ο δείκτης του δυναμομέτρου θα ευρίσκεται σε μια θέση την οποία βαθμολογούμε με το 1 N

Αρχικά χωρίς δύναμη επιμήκυνσης (F=0) ο δείκτης του δυναμομέτρου θα ευρίσκεται σε μια θέση την οποία βαθμολογούμε με το 0

Ο ορισμός του 1 N είναι:

Δύναμη : 1Newton (N)

Δύναμη 1N προσδίδει επιτάχυνση 1m/s² σε σώμα μάζας 1 kg δηλ. $1 \text{ N} = 1 \text{ kg } 1 \text{ m/s}^2$

Πως μια άγνωστη μάζα μετρείται σε σχέση με τη γνωστή πρότυπη μάζα m_π.

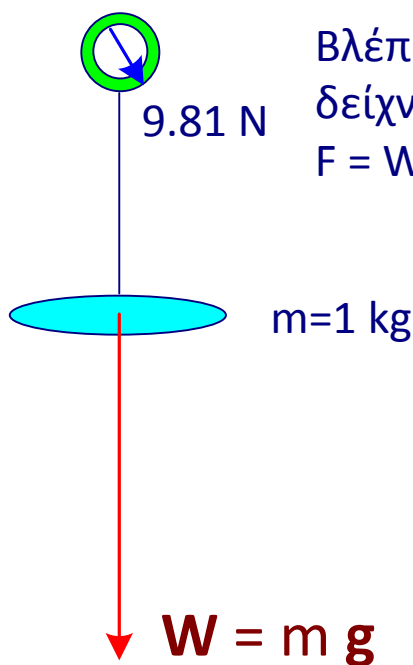
$$\frac{\text{άγνωστη μάζα } m_x}{\text{γνωστή μάζα } m_\pi} = \frac{a_\pi}{a_x} \text{ μετρούμενες επιταχύνσεις}$$

Έτσι προσδιορίζεται μιά άγνωστη μάζα m_x στο διάστημα

Βαρυτική μάζα

Στη Γη οι μάζες μετρούνται με τους ζυγούς (δυναμόμετρο) που μετρούν το βάρος W

Τοποθετώ την αδρανειακή μάζα $m=1\text{kg}$ στο ζυγό-δυναμόμετρο που βαθμολογήσαμε πριν μέσω το πείραμα της επιτάχυνσης



Βλέπω το δυναμόμετρο να δείχνει δύναμη βαρυτική $F = W = 9.81\text{ N}$

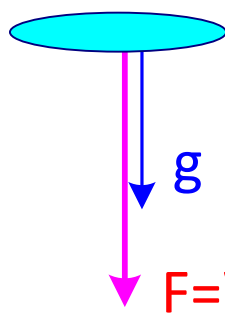
$$W = F = G \times \frac{M_{\Gamma\eta\varsigma} m}{R_{\Gamma\eta\varsigma}^2} \quad W = F = m \underbrace{G \times \frac{M_{\Gamma\eta\varsigma}}{R_{\Gamma\eta\varsigma}^2}}_g$$

Εδώ η μάζα m δρά σαν βαρυτική μάζα

Αυτός ο όρος αντιστοιχεί σε επιτάχυνση, η οποία είναι αυτή της βαρύτητας $g=9.81\text{ m/s}^2$.

Που μετράται πειραματικά

Δηλ. αν το σώμα (όπως και κάθε σώμα) αφαιρεθεί ελεύθερο να πέσει με την επίδραση της δύναμης F του βάρους W Θα αποκτήσει επιτάχυνση $g = 9.81\text{ m/s}^2$.



$F=ma$ με $a=g$ έχουμε:

$$F=W=mg = 1\text{Kgr} \times 9.81\text{ m/s}^2 = 9.81\text{ N}$$

Έτσι υπολογίζεται η δύναμη που επιταχύνει το σώμα που είναι ακριβώς ίση με αυτή που μέτρησε και ο ζυγός-δυναμόμετρο πιο πάνω.

Επομένως οδηγούμαστε στο συμπέρασμα πως θα πρέπει

βαρυτική μάζα m = αδρανειακή μάζα m

Πρόβλημα για εξάσκηση

Αν η αδρανειακή μάζα ήταν διαφορετική από την βαρυτική, τότε τι θα συνέβαινε, δηλ τι θα άλλαζε από την πααπάνω διαδικασία με το οποίο τότε θα διαπιστώναμε ότι το ίδιο σώμα εμφανίζει βαρυτική μάζα διαφορετική από την αδρανειακή μάζα.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ-ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Με ποιο πείραμα διαπιστώνουμε τον τρόπο που πέφτουν τα σώματα λόγω βαρύτητας στη γη και τι διαπιστώνουμε με αυτό το πείραμα;
2. Γιατί όλα τα σώματα πέφτουν στη γη με την ίδια επιτάχυνση;
3. Πως ο Ερατοσθένης διαπίστωσε ότι η γή είναι στρογγυλή και πως μέτρησε την ακτίνα της γης.
4. Πως μετράμε μια γωνία; (χωρίς τη χρήση μοιρογνωμόνιου)
5. Πως χρησιμοποιώντας τη σκιά που αφήνουν τα σώματα μπορούμε να μετρήσουμε το γεωγραφικό πλάτος ενός τόπου.
6. Με ποιο πείραμα μπορούμε να διαπιστώσουμε πως η γη περιστρέφεται;
7. Στο εκκρεμές του Foucault ποια είναι φορά μετατόπισης του επιπέδου ταλάντωσης στο βόρειο ημισφαίριο και ποια στο νότιο ημισφαίριο.
8. Τι είναι αδρανειακή μάζα και τι είναι βαρυτική μάζα, με ποια πειράματα μπορώ να τις μετρήσουμε και ποια είναι η μεταξύ τους σχέση.
9. Πως μπορώ να βαθμολογήσω ένα δυναμόμετρο να μετρά Newton;
10. Τι ονομάζουμε αδρανειακό σύστημα αναφοράς.
11. Πως μπορεί να συνιδητοποιήσει ένας παρατηρητής ότι δεν ευρίσκεται σε αδρανειακό σύστημα αναφοράς;
12. Η γη είναι αδρανειακό σύστημα αναφοράς;
13. Ποια είναι η διεύθυνση η φορά και το μέτρο της κεντρομόλου δύναμης σε κάποιο σημείο στην επιφάνεια της γης του βορείου ημισφαιρίου με γεωγραφικό πλάτος θ λόγω ιδιο-περιστροφής της γης.
14. Πόση είναι η κεντρομόλος δύναμη στη γη λόγω περιστροφής γύρω από τον ήλιο.
15. Με ποιο τρόπο διαπίστωσε ο Newton ότι η βαρυτική δύναμη μεταβάλλεται με το αντίστροφο του τετραγώνου της απόστασης;
16. Πόσο διαφορετικό βαρύτερο ή ελφρύτερο ζυγίζει 1 Kgr στον ισημερινό και στην Πάτρα με γεωγραφικό πλάτος $\theta=38^\circ$.
17. Πως μπορούμε να βαθμολογήσουμε ένα εκκρεμές ώστε αυτό να χρησιμεύσει σαν επιταχυνσιόμετρο.
18. Δύο οχήματα A και B κινούνται παράλληλα με σταθερή ταχύτητα v_0 . Μετά από κάποια χρονική στιγμή t_0 ($t > t_0$) ένα από τα δύο οχήματα διατηρεί την ίδια ταχύτητα ενώ το άλλο μεταβάλλει την ταχύτητά του χωρίς να γνωρίζουμε ποιο από τα δύο και έτσι το όχημα A φαίνεται να προπορεύεται από το όχημα B. Αυτό προφανώς μπορεί να συμβεί αν το A επιταχύνει ή εναλλακτικά το B επιβραδύνει χωρίς να γνωρίζουμε ποιο από τα δύο συμβαίνει. Πως μπορούμε προσδιορίσουμε, δηλαδή με ποιο πείραμα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το οποίο θα μας αποκαλύψει ποιο από τα δύο οχήματα επιτάχυνε ή επιβράδυνε;