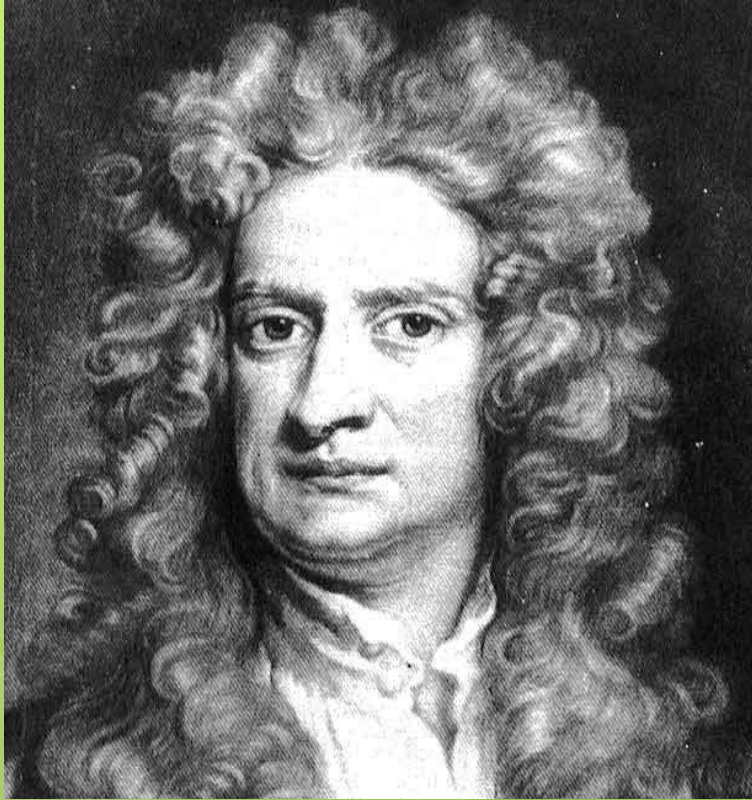


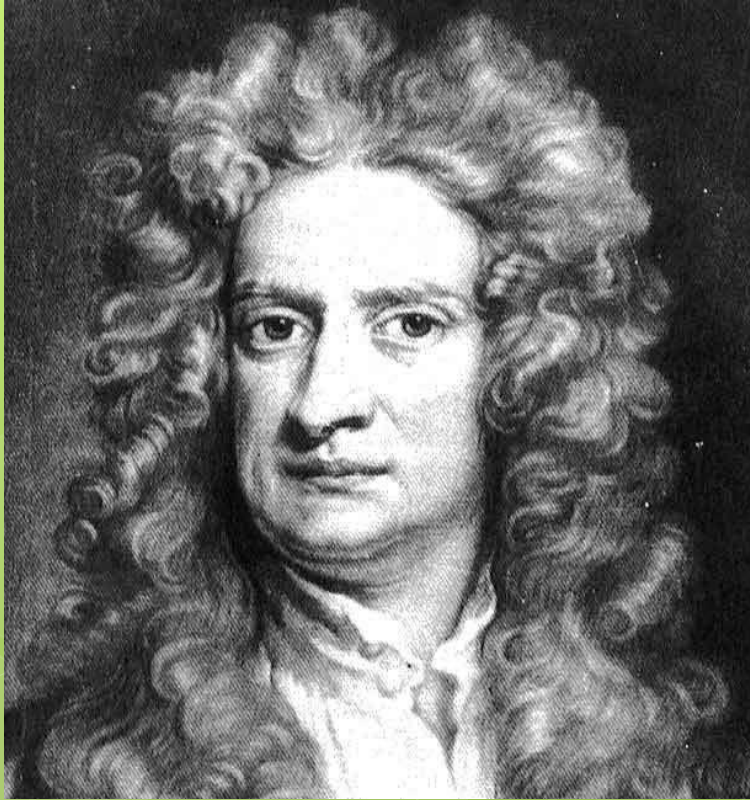


Εικόνα: Isaac Newton: Θεωρείται πατέρας της Κλασικής Φυσικής, καθώς ξεκινώντας από τις παρατηρήσεις του Γαλιλαίου αλλά και τους νόμους του Κέπλερ για την κίνηση των πλανητών διατύπωσε τους τρεις μνημειώδεις νόμους της κίνησης και τον περισπούδαστο «νόμο της βαρύτητας»

Φυσική για Μηχανικούς

Μηχανική

Οι Νόμοι της Κίνησης



Εικόνα: Isaac Newton: Θεωρείται πατέρας της Κλασικής Φυσικής, καθώς ξεκινώντας από τις παρατηρήσεις του Γαλιλαίου αλλά και τους νόμους του Κέπλερ για την κίνηση των πλανητών διατύπωσε τους τρεις μνημειώδεις νόμους της κίνησης και τον περισπούδαστο «νόμο της βαρύτητας»

Φυσική για Μηχανικούς

Μηχανική

Οι Νόμοι της Κίνησης

Επανάληψη...

◉ Αδρανειακό σύστημα αναφοράς

- ◉ Σύστημα όπου αν ένα σώμα δεν αλληλεπιδρά με άλλα, τότε έχει μηδενική επιτάχυνση

◉ Δύναμη

- ◉ Αίτιο που προκαλεί **μεταβολή** στην κινητική κατάσταση ενός αντικειμένου

◉ Νόμοι Newton:

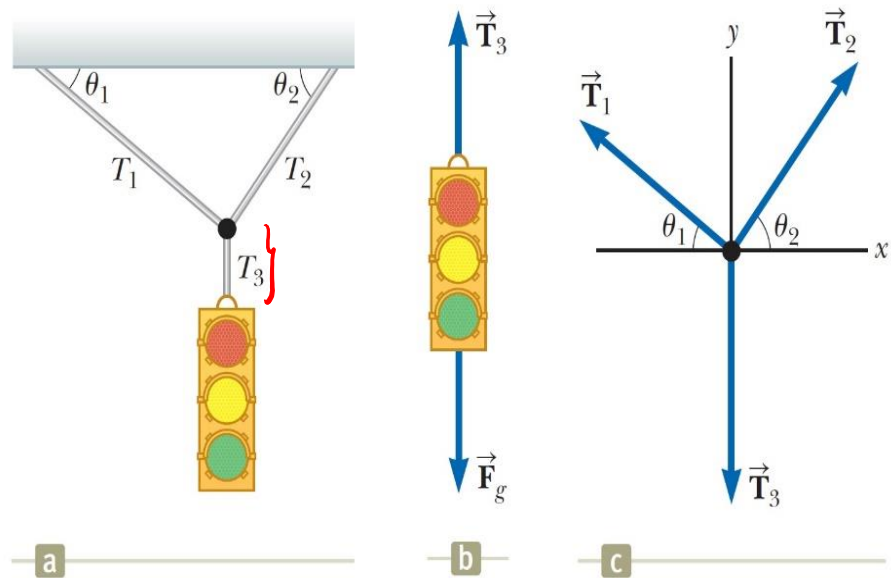
- ◉ **1^{ος}:** Απουσία εξωτερικής δύναμης και παρουσία αδρανειακού συστήματος αναφοράς, ένα σώμα σε ηρεμία παραμένει σε ηρεμία και ένα σώμα που κινείται ομαλά, διατηρεί αυτήν του την κίνηση.
- ◉ **2^{ος}:** Η επιτάχυνση ενός σώματος είναι ανάλογη της συνισταμένης των δυνάμεων που ασκούνται πάνω του και αντιστρόφως ανάλογη της μάζας του.
- ◉ **3^{ος}:** Αν δυο σώματα αλληλεπιδρούν, η δύναμη που ασκείται στο πρώτο από το δεύτερο σώμα έχει ίδιο μέτρο και αντίθετη κατεύθυνση με τη δύναμη που ασκείται από το δεύτερο στο πρώτο σώμα.

Οι Νόμοι της Κίνησης

◉ Παράδειγμα

Ένα φανάρι με βάρος 122 N κρέμεται από ένα καλώδιο, που κρέμεται από άλλα δυο καλώδια, όπως στο Σχήμα.

Οι γωνίες θ_1 , θ_2 είναι ίσες με 37 και 53 μοίρες, αντίστοιχα. Τα πάνω καλώδια σπάνε αν δεχθούν δύναμη μεγαλύτερη από 100 N . Μπορεί να συμβεί αυτό;



Οι Νόμοι της Κίνησης

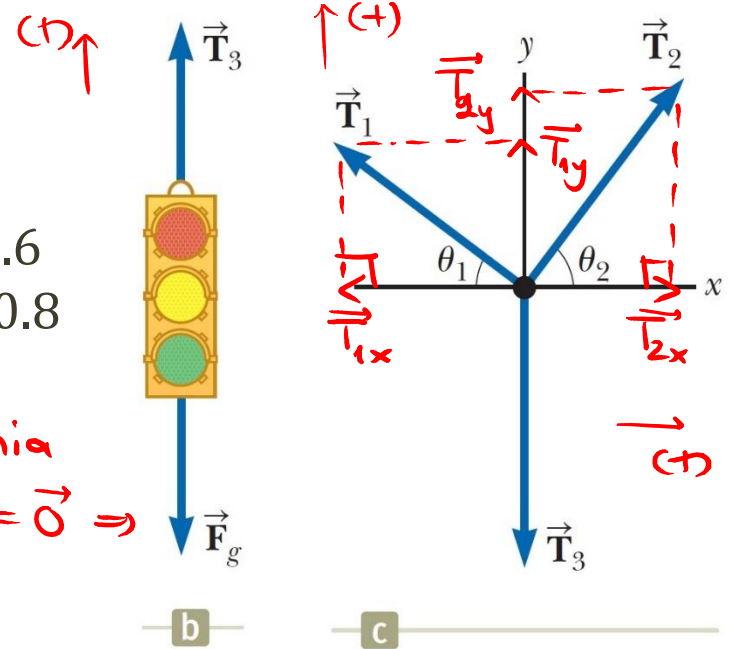
Παράδειγμα - Λύση

Δίνονται: $\cos(37) = 0.8$, $\sin(37) = 0.6$
 $\cos(53) = 0.6$, $\sin(53) = 0.8$

- b) Για το φανάρι: βρίσκεται σε ισορροπία
 στον y -άξονα: $\sum \vec{F}_y = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{T}_3 + \vec{F}_g = \vec{0} \Rightarrow$
 $\Rightarrow T_3 - F_g = 0 \Leftrightarrow \boxed{T_3 = F_g} \text{ (1)}$

- c) Για την κατασκευή των σχοινιών: βρίσκονται σε ισορροπία και στις
 δύο άξονες:

- $\sum \vec{F}_y = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{T}_3 + \vec{T}_{1y} + \vec{T}_{2y} = \vec{0} \Rightarrow -T_3 + T_{1y} + T_{2y} = 0 \Leftrightarrow$
 $\Leftrightarrow T_{1y} + T_{2y} = T_3 \Leftrightarrow T_1 \cdot \sin \theta_1 + T_2 \sin \theta_2 = T_3 \stackrel{\textcircled{1}}{=} 122 \text{ N} \textcircled{2}$
- $\sum \vec{F}_x = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{T}_{1x} + \vec{T}_{2x} = \vec{0} \Rightarrow -T_{1x} + T_{2x} = 0 \Leftrightarrow T_{1x} = T_{2x} \Leftrightarrow$
 $\Leftrightarrow T_1 \cos \theta_1 = T_2 \cdot \cos \theta_2 \Leftrightarrow T_1 = \frac{3}{4} T_2 \textcircled{3}$



Οι Νόμοι της Κίνησης

Παράδειγμα - Λύση

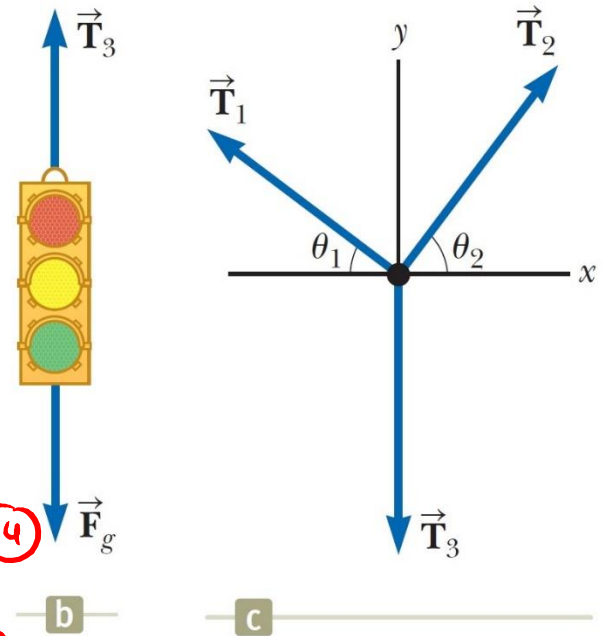
Δίνονται: $\cos(37) = 0.8, \sin(37) = 0.6$
 $\cos(53) = 0.6, \sin(53) = 0.8$

Η σχέση ② λόγω ③ δίνει:

$$\frac{3}{4} T_2 \sin \theta_1 + T_2 \sin \theta_2 = 122 \Rightarrow T_2 = 97.4 \text{ N} \text{ ④}$$

Από τη σχέση ③ λόγω ④, η $T_1 = 73.4 \text{ N}$ ⑤

Από τα ④, ⑤ παρατηρώ ότι και οι δύο δυνάμεις είναι $< 100 \text{ N}$.
Άρα τα καλώδια δεν σπάνε.



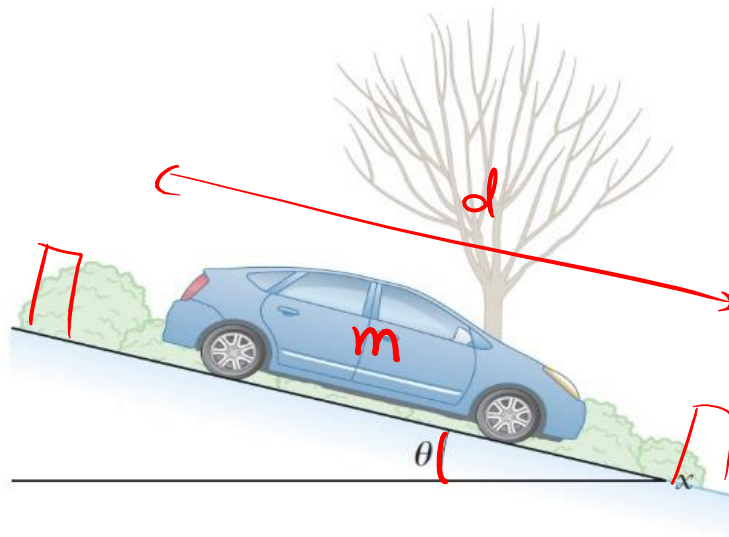
Οι Νόμοι της Κίνησης

◉ Παράδειγμα

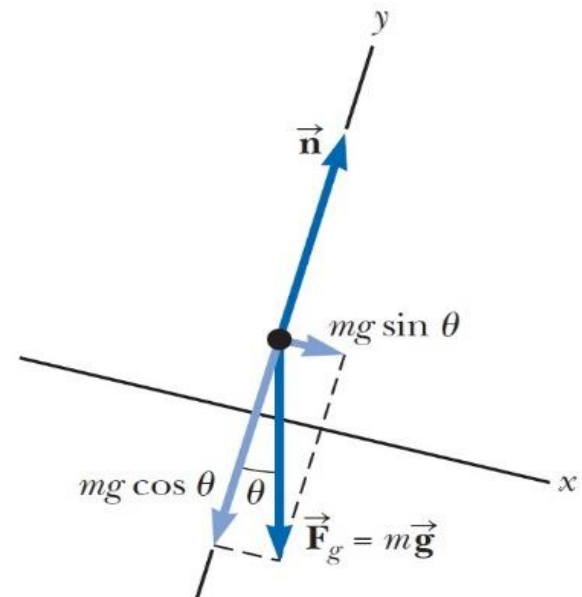
Αυτοκίνητο μάζας m κινείται χωρίς τριβές σε κεκλιμένο επίπεδο γωνίας θ .

A) Βρείτε την επιτάχυνση του αυτοκινήτου.

B) Αν το αυτοκίνητο αφεθεί από την κορυφή του κεκλιμένου, που απέχει απόσταση d από το τέρμα του κεκλιμένου, πόσο χρόνο χρειάζεται για να φτάσει στο τέρμα του κεκλιμένου, και ποια η ταχύτητά του όταν φτάνει εκεί;



a



b

Οι Νόμοι της Κίνησης

● Παράδειγμα - Λύση

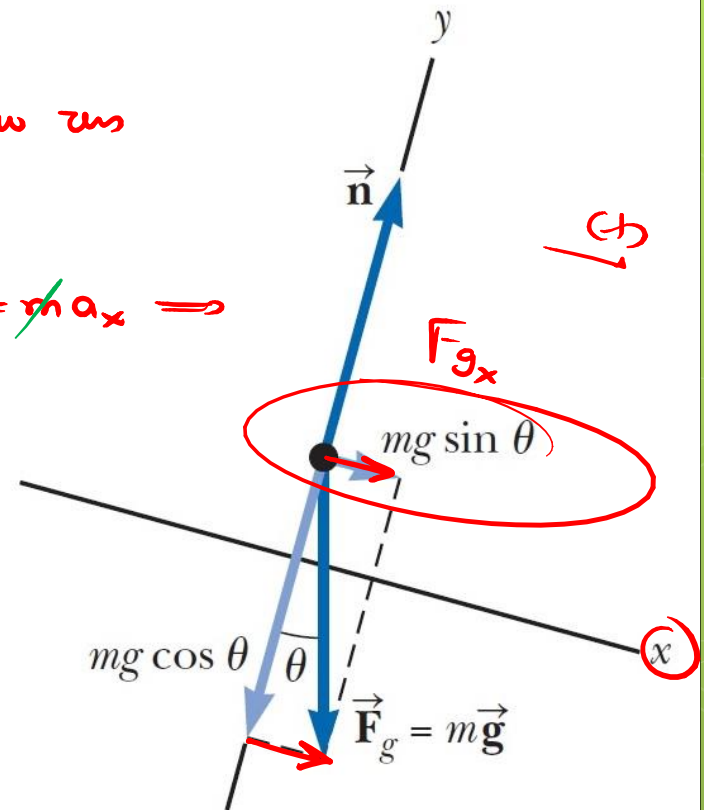
Αυτοκίνητο μάζας m κινείται χωρίς τριβές σε κεκλιμένο επίπεδο γωνίας θ .

A) Βρείτε την επιτάχυνση του αυτοκινήτου.

Στον άξονα x , το όχημα επιταχύνεται λόγω της συνιστώσας του βάρους:

$$\sum \vec{F}_x = m \vec{a}_x \Leftrightarrow \vec{F}_{g_x} = m \vec{a}_x \Rightarrow \cancel{mg \sin \theta} = \cancel{ma_x} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{a_x = g \sin \theta}$$



Οι Νόμοι της Κίνησης

● Παράδειγμα - Λύση

Αυτοκίνητο μάζας m κινείται χωρίς τριβές σε κεκλιμένο επίπεδο γωνίας θ .

Β) Αν το αυτοκίνητο αφεθεί από την κορυφή του κεκλιμένου, που απέχει απόσταση d από το τέρμα του κεκλιμένου, πόσο χρόνο χρειάζεται για να φτάσει στο τέρμα του κεκλιμένου, και ποια η ταχύτητα του όταν φτάνει εκεί;

$$g \sin \theta \sqrt{\frac{2d}{g \sin \theta}} = \sqrt{g^2 \sin^2 \theta} \sqrt{\frac{2d}{g \sin \theta}} = \sqrt{2d g \sin \theta}$$

Το όχημα εκτελεί ευθ. ομαλά επιταχ. κίνηση:

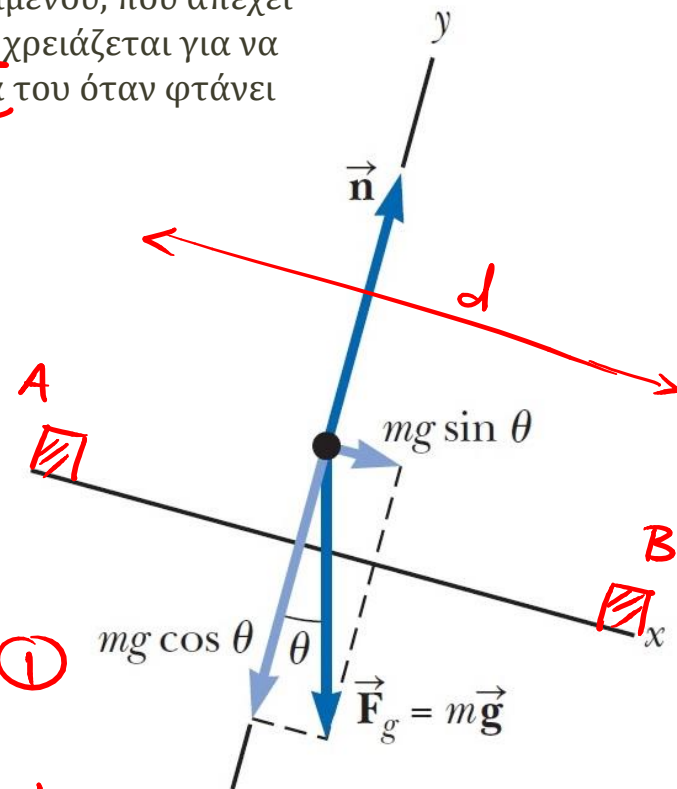
$$x_B = x_A + u_{Ax} \cdot t + \frac{1}{2} a_x t^2$$

$$d = 0 + 0 \cdot t + \frac{1}{2} a_x t^2$$

$$d = \frac{1}{2} a_x t^2 \Rightarrow d = \frac{1}{2} g \sin \theta \cdot t^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t^2 = \frac{2d}{g \sin \theta} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2d}{g \sin \theta}} \quad \textcircled{1}$$

$$\text{Επίσης, } u_B = u_A + a_x t \stackrel{\textcircled{1}}{=} \sqrt{2d g \sin \theta} \quad *$$



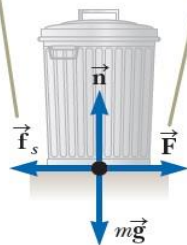
Οι Νόμοι της Κίνησης

◉ Δυνάμεις Τριβής

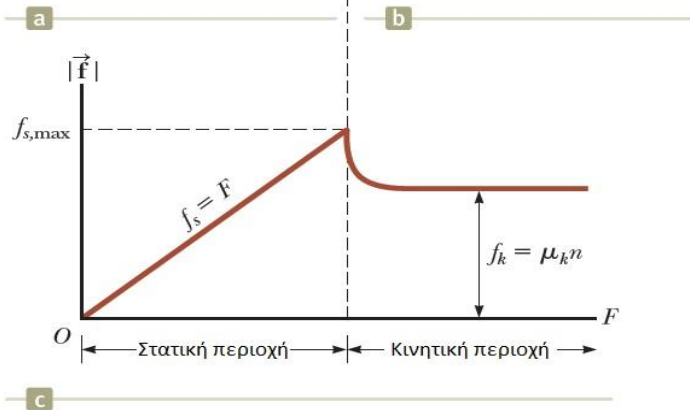
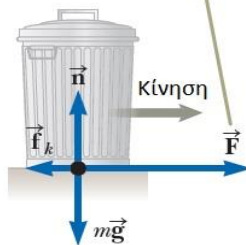
- ◉ Ως τώρα, τις αγνοήσαμε
- ◉ Πολύ σημαντικές (είναι ο λόγος που περπατάμε, που τα αυτοκίνητα κινούνται)
- ◉ **Τριβή είναι η δύναμη που αντιστέκεται στην κίνηση ενός σώματος που εφάπτεται σε επιφάνεια**
- ◉ Πολλά είδη τριβής
 - ◉ Στατική τριβή, τριβή ολίσθησης, τριβή ρευστών, κ.α.
- ◉ Στη Κίνηση Σωμάτων, μας ενδιαφέρουν κυρίως οι:
 - ◉ Στατική τριβή
 - ◉ Τριβή ολισθήσεως

Οι Νόμοι της Κίνησης

Για μια μικρή δύναμη που εφαρμόζεται στον κάδο, το μέτρο της δύναμης της στατικής τριβής ισούται με το μέτρο της εφαρμοζόμενης δύναμης.



Όταν το μέτρο της εφαρμοζόμενης δύναμης υπερβεί το μέτρο της μέγιστης δύναμης της στατικής τριβής, ο κάδος απελευθερώνεται και επιταχύνεται προς τα δεξιά.



● Στατική Τριβή

- Δύναμη f_s που αντιστέκεται στην κίνηση και στη δύναμη που την προκαλεί

● Τριβή Ολίσθησης

- Δύναμη τριβής f_k για ένα αντικείμενο σε κίνηση

Οι Νόμοι της Κίνησης

● Παρατηρήσεις

- Το μέτρο της δύναμης της στατικής τριβής f_s ανάμεσα σε δυο επιφάνειες σε επαφή μπορεί να πάρει τιμές

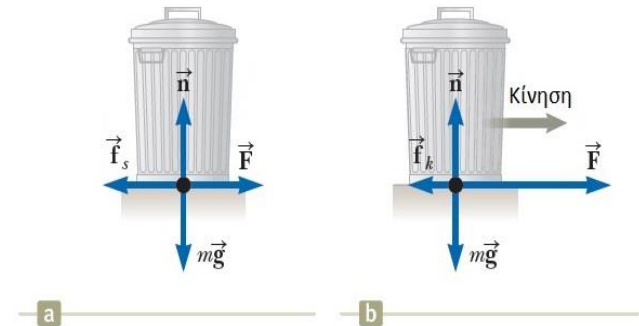
$$f_s \leq \mu_s n$$

όπου η σταθερά μ_s λέγεται **συντελεστής στατικής τριβής**, και n είναι το μέτρο της δύναμης που ασκείται από τη μια επιφάνεια στην άλλη.

- Το μέτρο της δύναμης της τριβής ολίσθησης ανάμεσα σε δυο επιφάνειες ισούται με

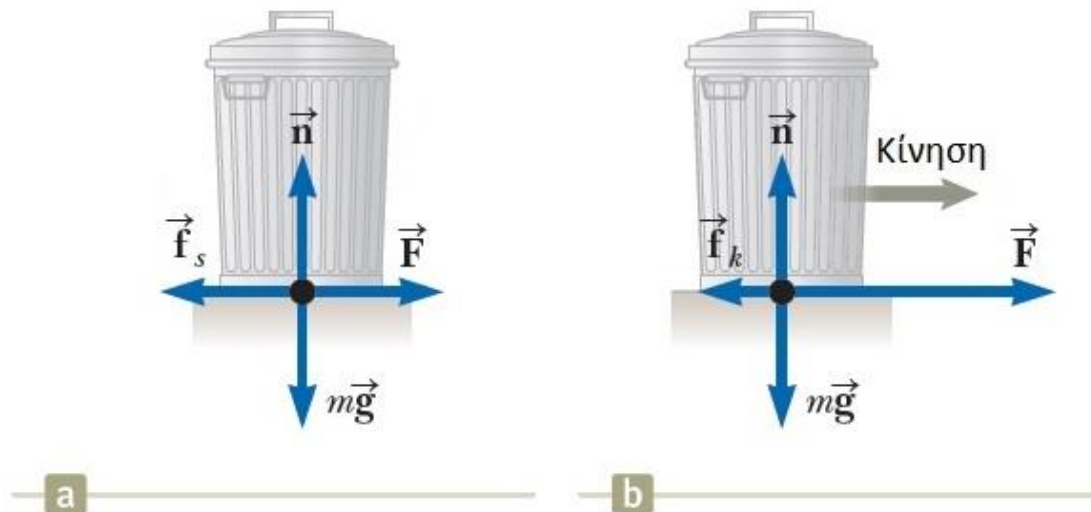
$$f_k = \mu_k n$$

όπου η σταθερά μ_k λέγεται **συντελεστής τριβής ολίσθησης**. Θα τη θεωρούμε σταθερή.



Οι Νόμοι της Κίνησης

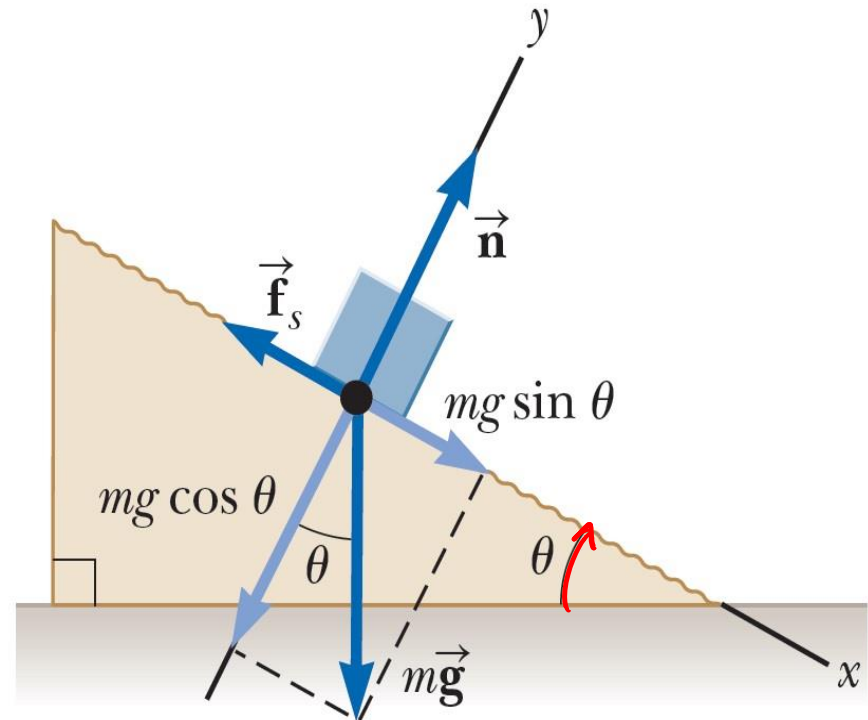
- Οι τιμές των συντελεστών εξαρτώνται από το είδος της επιφάνειας.
- Η **διεύθυνση** της δύναμης τριβής είναι πάντα **παράλληλη με την επιφάνεια** στην οποία εφάπτεται το σώμα, και η **φορά** της πάντα **αντίθετη** στην κίνηση σε σχέση με την επιφάνεια.



Οι Νόμοι της Κίνησης

● Παράδειγμα

- Θεωρούμε ακίνητο σώμα τοποθετημένο σε επιφάνεια με τριβές υπό γωνία θ . Αυξάνουμε τη γωνία θ μέχρι το σώμα να ολισθήσει. Δείξτε ότι μπορείτε να βρείτε την μ_s μετρώντας την κρίσιμη γωνία θ_c στην οποία το σώμα μόλις αρχίζει να ολισθαίνει.



Οι Νόμοι της Κίνησης

● Παράδειγμα - Λύση

Το σώμα ισορροπεί και στις δύο άξονες!

Άρα:

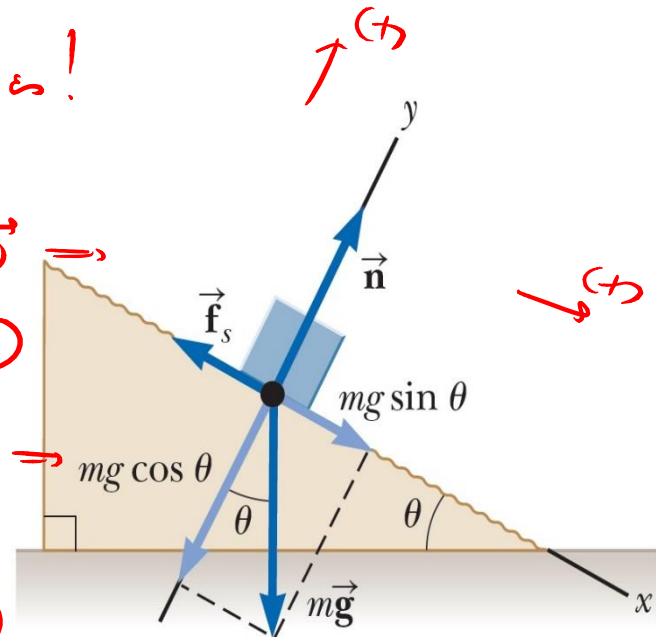
- x-άξονας: $\sum \vec{F}_x = \vec{0} \Leftrightarrow m\vec{g} \sin \theta + \vec{f}_s = \vec{0} \Rightarrow$
 $\Rightarrow mg \sin \theta - f_s = 0 \Leftrightarrow mg \sin \theta = f_s$ (1)

- y-άξονας: $\sum \vec{F}_y = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{n} + m\vec{g} \cos \theta = \vec{0} \Rightarrow$
 $\Rightarrow n - mg \cos \theta = 0 \Leftrightarrow n = mg \cos \theta$ (2)

Είδαμε ότι $f_s \leq f_{s \cdot n} \Rightarrow f_s = f_{s \cdot n}$ (3)

Η (1) λόγω (3) $\Rightarrow mg \sin \theta = f_{s \cdot n}$ (4). Διαβάζοντας την (4) με την (2)

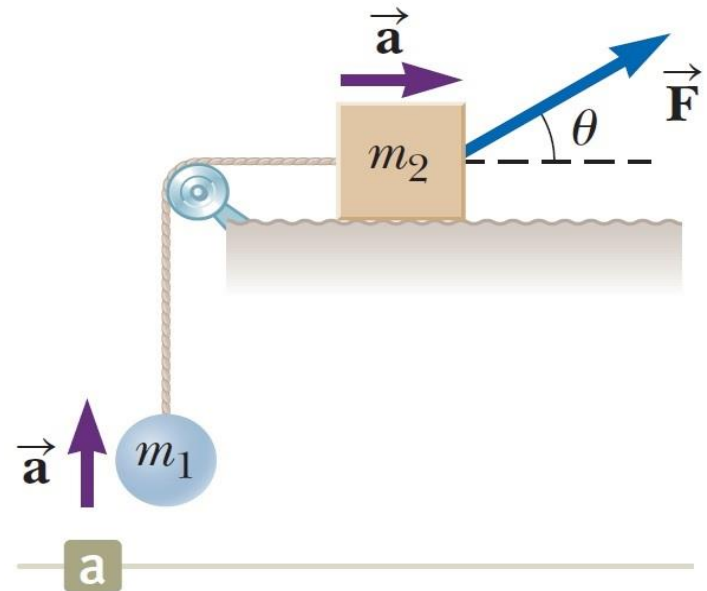
θα έχω: $\frac{(4)}{(2)} = \frac{mg \sin \theta}{mg \cos \theta} = \frac{f_{s \cdot n}}{n} \Leftrightarrow \boxed{\tan \theta = f_s \Rightarrow \theta = \tan^{-1}(f_s)}$



Οι Νόμοι της Κίνησης

Παράδειγμα

- Σώμα μάζας m_2 σε οριζόντιο επίπεδο με τριβές συνδέεται με μια μπάλα μάζας m_1 μέσω αβαρούς/ανελαστικού σχοινιού και αβαρούς, λείου τροχού, όπως στο Σχήμα. Μια δύναμη F ασκείται υπό γωνία θ με το οριζόντιο επίπεδο επάνω στο σώμα και αυτό ολισθαίνει προς τα δεξιά. Ο συντελεστής τριβής ολίσθησης είναι μ_k . Βρείτε το μέτρο της επιτάχυνσης των δυο αντικειμένων.



Οι Νόμοι της Κίνησης

● Παράδειγμα - Λύση

- Σώμα μάζας m_2 σε οριζόντιο επίπεδο με τριβές συνδέεται με μια μπάλα μάζας m_1 . Δύναμη F ασκείται υπό γωνία θ με το οριζόντιο επίπεδο επάνω στο σώμα και αυτό ολισθαίνει προς τα δεξιά. Συντελεστής τριβής ολίσθησης μ_k . Βρείτε το μέτρο της επιτάχυνσης των δυο αντικειμένων.

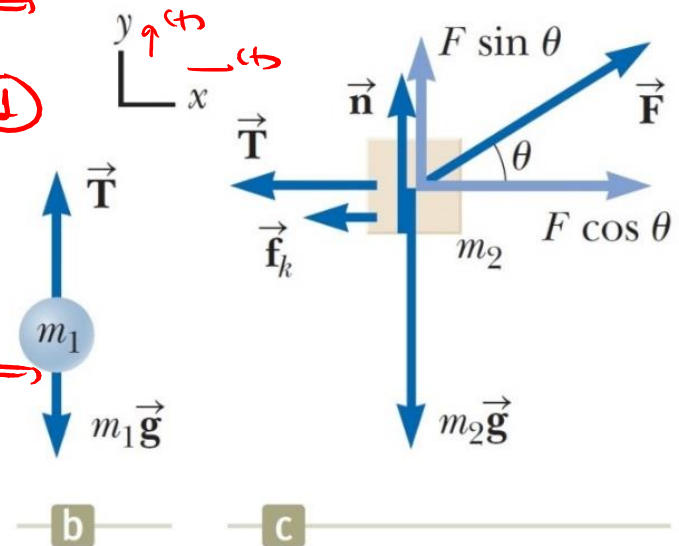
Οι δυο επιταχύνσεις έχουν ίδιο μέτρο λόγω των παραδοχών του προβλήματος.

b) Το σώμα m_1 κινείται προς τα πάνω υπό σταθ. επιτάχυνση $\vec{a}$.

$$\begin{aligned} \text{Άρα } \sum \vec{F}_y = m_1 \vec{a} &\Rightarrow \vec{T} + m_1 \vec{g} = m_1 \vec{a} \Rightarrow \\ \Rightarrow T - m_1 g = m_1 a &\Rightarrow T = (a + g)m_1. \textcircled{1} \end{aligned}$$

c) Το σώμα m_2 κινείται προς τα δεξιά υπό σταθ. επιτάχυνση $\vec{a}$.

$$\begin{aligned} \text{Άρα } \sum \vec{F}_x = m_2 \vec{a} &\Rightarrow \vec{F}_x + \vec{T} + \vec{f}_k = m_2 \vec{a} \Rightarrow \\ \Rightarrow F \cos \theta - T - f_k &= m_2 a \textcircled{2} \end{aligned}$$



Οι Νόμοι της Κίνησης

● Παράδειγμα - Λύση

- Σώμα μάζας m_2 σε οριζόντιο επίπεδο με τριβές συνδέεται με μια μπάλα μάζας m_1 . Δύναμη F ασκείται υπό γωνία θ με το οριζόντιο επίπεδο επάνω στο σώμα και αυτό ολισθαίνει προς τα δεξιά. Συντελεστής τριβής ολίσθησης μ_k . Βρείτε το μέτρο της επιτάχυνσης των δυο αντικειμένων.

Στον y -άξονα, το σώμα m_2 ισορροπεί. Άρα

$$\sum \vec{F}_y = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{F}_y + \vec{n} + m_2 \vec{g} = \vec{0} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F \sin \theta + n - m_2 g = 0 \quad (3) \text{ . Λύνω ως προς } n :$$

$$n = m_2 g - F \sin \theta \quad (4)$$

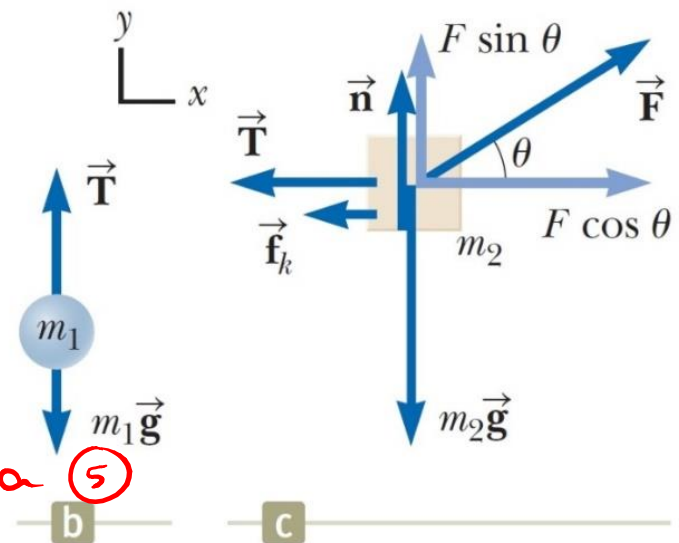
Από το (2), έχω: $F \cos \theta - T - \mu_k n = m_2 a$

και από (1) : $F \cos \theta - (a + g)m_1 - \mu_k n = m_2 a \quad (5)$

*

* Από τις σχέσεις (5), (4), έχουμε:

$$a = \frac{F \cos \theta - m_1 g - (m_2 g - F \sin \theta) \mu_k}{m_1 + m_2}$$





Εικόνα: Στη φυσική, η ενέργεια είναι μια ιδιότητα των αντικειμένων που μπορεί να μεταφερθεί σε άλλα αντικείμενα ή να μετατραπεί σε διάφορες μορφές, αλλά δεν μπορεί να δημιουργηθεί ή να καταστραφεί. Η "ικανότητα ενός συστήματος να παράγει έργο" είναι μια κοινή περιγραφή, αλλά είναι δύσκολο να δοθεί ένας ενιαίος συνολικός ορισμός της ενέργειας, εξαιτίας των πολλών μορφών της.

Φυσική για Μηχανικούς

Ενέργεια Συστήματος



Εικόνα: Στη φυσική, η ενέργεια είναι μια ιδιότητα των αντικειμένων που μπορεί να μεταφερθεί σε άλλα αντικείμενα ή να μετατραπεί σε διάφορες μορφές, αλλά δεν μπορεί να δημιουργηθεί ή να καταστραφεί. Η "ικανότητα ενός συστήματος να παράγει έργο" είναι μια κοινή περιγραφή, αλλά είναι δύσκολο να δοθεί ένας ενιαίος συνολικός ορισμός της ενέργειας, εξαιτίας των πολλών μορφών της.

Φυσική για Μηχανικούς

Ενέργεια Συστήματος

Ενέργεια Συστήματος

- Με όσα έχουμε δει ως τώρα
 - Θέση
 - Ταχύτητα
 - Επιτάχυνση
 - Δύναμη
- και με αρχές όπως ο 2^{ος} νόμος του Newton, μπορούμε να λύσουμε πολλά προβλήματα...
- Στην πράξη, πολλές φορές αντιμετωπίζουμε δυσκολίες...
- Χρειαζόμαστε μια διαφορετική προσέγγιση...

Ενέργεια Συστήματος

- Οι έννοιες που θα συζητήσουμε ίσως σας ξενίσουν...
- Κάποιες άλλες ίσως σας φανούν οικείες, αλλά στη Φυσική απαιτείται μεγαλύτερη ακρίβεια...
- Ας ξεκινήσουμε με την έννοια της **ενέργειας**.
 - Ιδέες που έχουμε από την καθημερινότητά μας για την ενέργεια
 - Βενζίνη + πετρέλαιο για μεταφορές και θέρμανση
 - Ηλεκτρισμός για φωτισμό και συσκευές
 - Φαγητό για κατανάλωση

Ενέργεια Συστήματος

- Θα μας απασχολήσουν τρία είδη ενέργειας:
- Κινητική, Δυναμική, και Θερμική

Kinetic energy K



Kinetic energy is the energy of motion. All moving objects have kinetic energy. The more massive an object or the faster it moves, the larger its kinetic energy.

Potential energy U



Potential energy is stored energy associated with an object's position. The roller coaster's gravitational potential energy depends on its height above the ground.

Thermal energy E_{th}



Thermal energy is the sum of the microscopic kinetic and potential energies of all the atoms and bonds that make up the object. An object has more thermal energy when hot than when cold.

Ενέργεια Συστήματος

- Τα παραπάνω δεν αποτελούν ακριβή ορισμό της ενέργειας.
 - Γενικότερα, είναι δύσκολο να οριστεί με ακρίβεια
 - Είναι περισσότερο... «αφηρημένη» έννοια
- Ξεκινάμε τη συζήτηση θεωρώντας ένα νέο μοντέλο, το **σύστημα**
 - Αργότερα, θα μιλήσουμε για μοντέλα ανάλυσης ενός συστήματος
- Προς το παρόν, ας δούμε τι είναι ένα σύστημα και πώς σχετίζεται με την ενέργεια

Ενέργεια Συστήματος

- Όταν συζητάμε για ένα σύστημα, αγνοούμε τι συμβαίνει εκτός συστήματος
- Πρώτο βήμα είναι η **αναγνώριση** του συστήματος
- Συστήματα μπορεί να είναι:
 - Ένα απλό σώμα ή αντικείμενο
 - Πολλά σώματα ή αντικείμενα
 - Μια περιοχή του χώρου
 - Κάτι που αλλάζει σχήμα και μέγεθος

Ενέργεια Συστήματος

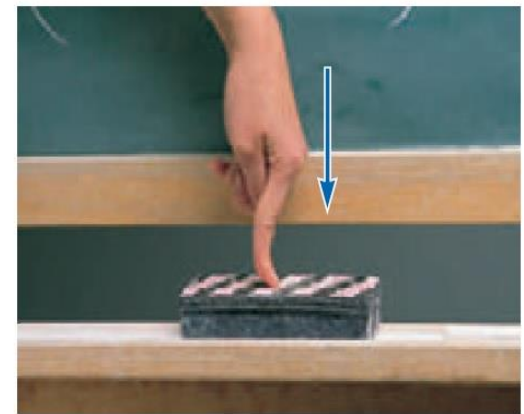
- Ένα σύστημα μπορεί να επηρεαστεί από το περιβάλλον του, με πολλούς τρόπους
- Ο πρώτος που θα δούμε είναι το **έργο (work)**
- Ας δούμε το παρακάτω παράδειγμα



a



b



c

Ενέργεια Συστήματος



- Αναγνωρίζουμε το σύστημα = σπόγγος
- Ερώτημα: πόσο αποτελεσματικοί είμαστε με τη δύναμη που βάζουμε (όμοια σε μέτρο σε όλες τις περιπτώσεις) στο να κινήσουμε το σπόγγο;
- Σε ποια περίπτωση τα καταφέρνουμε καλύτερα;



Τέλος Διάλεξης
(συνεχίζεται... 😊)
