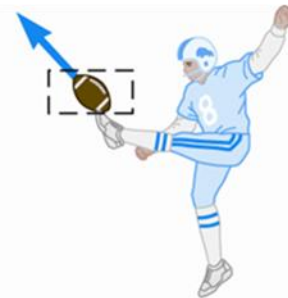
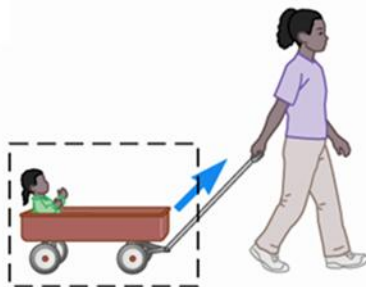
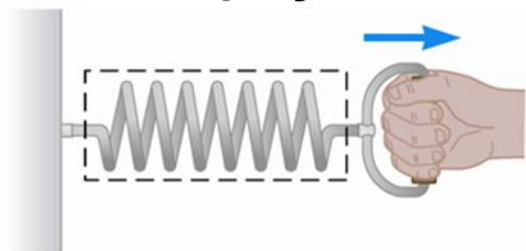


Κεφάλαιο 4

Οι νόμοι της κίνησης

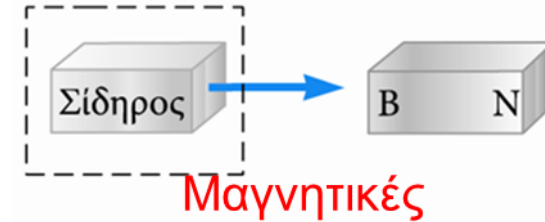
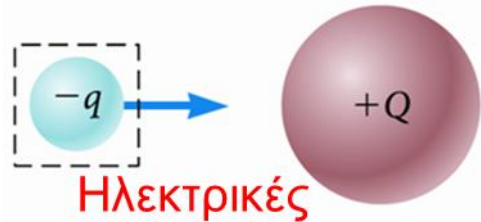
Κατηγορίες δυνάμεων

Δυνάμεις από επαφή



Οι δυνάμεις από επαφή αναπτύσσονται κατά τη φυσική επαφή δύο σωμάτων.

Δυνάμεις από απόσταση



Οι δυνάμεις από απόσταση δρουν μέσα στον κενό χώρο, χωρίς να απαιτείται φυσική επαφή

Διανυσματική φύση των δυνάμεων

- Οι δυνάμεις είναι διανύσματα
- Άρα, για να βρείτε τη συνισταμένη δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα, πρέπει να χρησιμοποιήσετε τους κανόνες της πρόσθεσης διανυσμάτων

Παράδειγμα

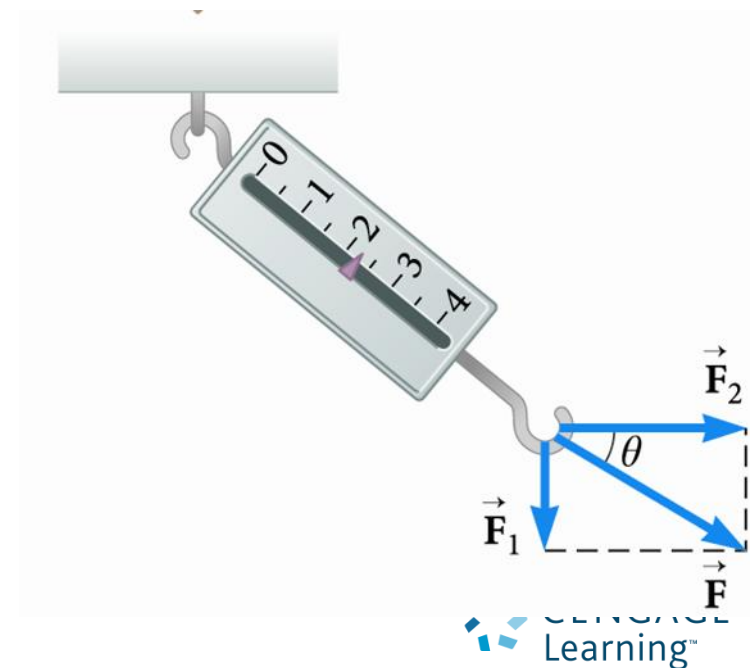
Οι δυνάμεις $\vec{F}_1$ και $\vec{F}_2$ ασκούνται κάθετα μεταξύ τους.

Η συνισταμένη δύναμη $\vec{F}$ είναι η υποτείνουσα.

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

Μέτρο της $\vec{F}$ $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$

Γωνία ως προς $\vec{F}_2$ $\theta = \tan^{-1} \frac{F_1}{F_2}$



Ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα

Αν σε ένα σώμα δεν ασκείται δύναμη, η επιτάχυνσή του είναι μηδενική, επομένως, το σώμα είτε είναι ακίνητο είτε κινείται με σταθερή ταχύτητα (εκτελεί ευθύγραμμη ομαλή κίνηση).

- Ένα σώμα στο οποίο δεν ασκούνται δυνάμεις λέμε ότι είναι ένα απομονωμένο σώμα
- Επομένως, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι κάθε απομονωμένο σώμα είτε είναι ακίνητο είτε κινείται με σταθερή ταχύτητα.

Σωματίδιο σε ισορροπία

Αν η επιτάχυνση ενός σώματος είναι μηδενική, λέμε ότι το σώμα βρίσκεται σε **ισορροπία**.

Από μαθηματικής άποψης, η συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο σώμα είναι μηδενική.

$$\sum \vec{F} = 0$$

Αυτή η σχέση, στην περίπτωση δύο διαστάσεων (οι δυνάμεις στο ίδιο επίπεδο), αναλύεται σε δύο συνιστώσες κατά τους άξοντες x και y :

$$\sum F_x = 0 \quad \text{και} \quad \sum F_y = 0$$

Ισορροπία – Παράδειγμα 1

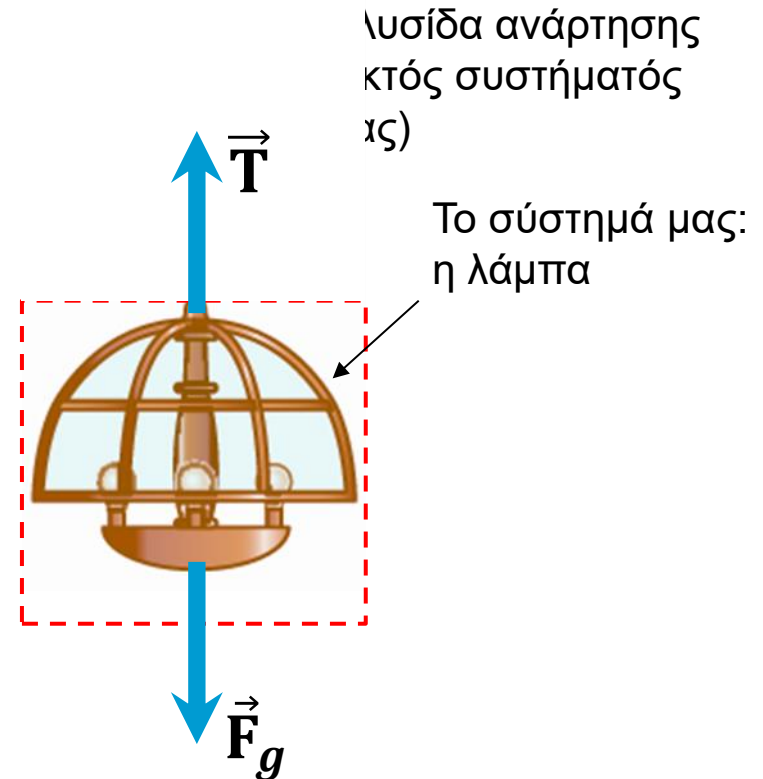
Μια λάμπα κρέμεται από μια αβαρή αλυσίδα με αμελητέα μάζα.

Οι δυνάμεις που ασκούνται στη λάμπα είναι:

- η βαρυτική δύναμη $\vec{F}_g$ με κατεύθυνση προς τα κάτω
- η τάση της αλυσίδας $\vec{T}$ με κατεύθυνση προς τα πάνω

Η συνθήκη της ισορροπίας δίνει:

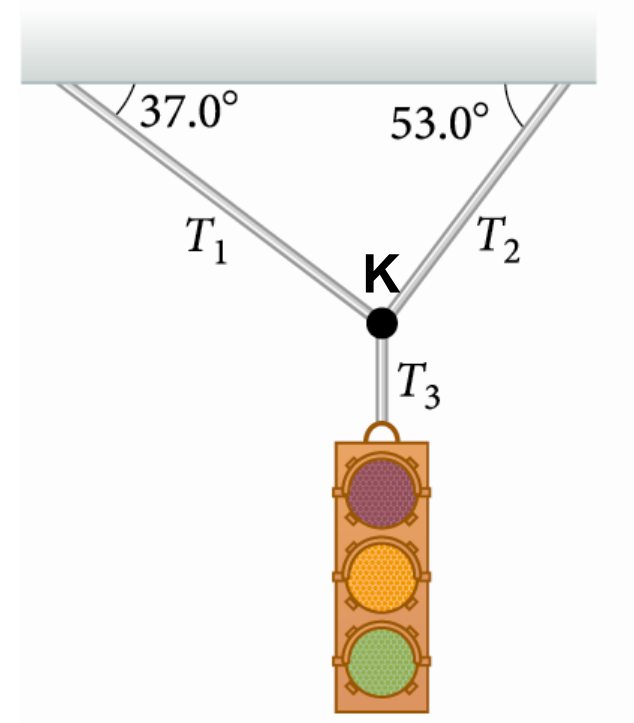
$$\sum F_y = 0 \Rightarrow T - F_g = 0 \Rightarrow T = F_g$$



Ισορροπία – Παράδειγμα 2

Ένας φωτεινός σηματοδότης κρέμεται από δύο συρματόσκοινα.

- Σχεδιάστε το διάγραμμα των δυνάμεων που ασκούνται στον σηματοδότη
- Σχεδιάστε το διάγραμμα των δυνάμεων που ασκούνται στον κόμβο **Κ** που συγκρατεί τα τρία συρματόσκοινα



Ισορροπία – Παράδειγμα 2 (συνέχεια)

Οι δυνάμεις που ασκούνται στο φωτεινό σηματοδότη είναι:

- η βαρυτική δύναμη $\vec{F}_g$ με κατεύθυνση προς τα κάτω
- η τάση $\vec{T}_3$ του κατακόρυφου συρματόσχοινου με κατεύθυνση προς τα πάνω

Η συνθήκη της ισορροπίας δίνει:

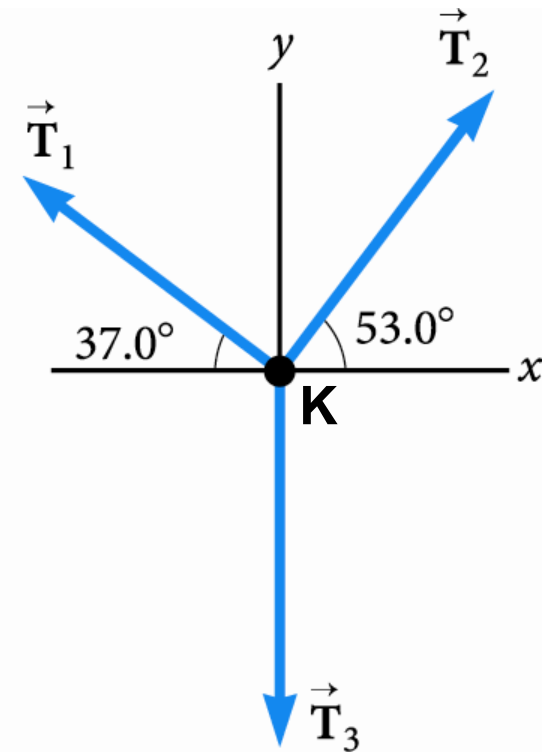
$$\sum F_y = 0 \Rightarrow T_3 - F_g = 0 \Rightarrow T_3 = F_g$$



Ισορροπία – Παράδειγμα 2 (συνέχεια)

Οι δυνάμεις που ασκούνται στον κόμβο **K** που συγκρατεί τα τρία συρματόσχοινα είναι:

- η τάση $\vec{T}_3$ του κατακόρυφου συρματόσχοινου με κατεύθυνση προς τα κάτω,
- η τάση $\vec{T}_1$ του αριστερά συρματόσχοινου με κατεύθυνση προς τα αριστερά και προς τα πάνω με κλίση 37.0° και
- η τάση $\vec{T}_2$ του δεξιά συρματόσχοινου με κατεύθυνση προς τα δεξιά και προς τα πάνω με κλίση 53.0° .



Ισορροπία – Παράδειγμα 2 (συνέχεια)

Εφαρμόζουμε την εξίσωση ισορροπίας για τον κόμβο στις διευθύνσεις των αξόνων x και y αφού πρώτα αναλύσουμε τις τάσεις $\vec{T}_1$ και $\vec{T}_2$ στις x και y συνιστώσες τους.

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow T_{2x} - T_{1x} = 0 \Rightarrow T_{2x} = T_{1x}$$

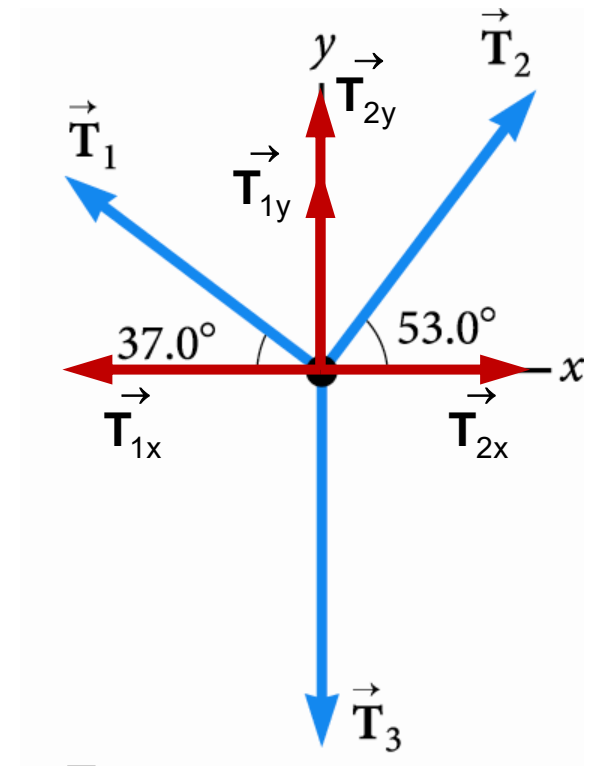
$$T_2 \cos 53.0^\circ = T_1 \cos 37.0^\circ$$

$$0.602T_2 = 0.799T_1$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow T_{2y} + T_{1y} - T_3 = 0 \Rightarrow T_{2y} + T_{1y} = T_3$$

$$T_2 \sin 53.0^\circ + T_1 \sin 37.0^\circ = F_g$$

$$0.799T_2 + 0.602T_1 = F_g$$



Ισορροπία – Παράδειγμα 2 (τελική διαφάνεια)

Λύνουμε το σύστημα εξισώσεων

$$0.602T_2 = 0.799T_1$$

$$0.799T_2 + 0.602T_1 = F_g$$

και βρίσκουμε τις τάσεις των συρματόσχοινων T_1 και T_2 .

Πρόβλημα: εφαρμόστε τις παραπάνω εξισώσεις στην περίπτωση που ο φωτεινός σηματοδότης έχει βάρος 500 N.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 5.2 Ρυμούλκηση αυτοκινήτου σε ανηφόρα

Ένα αυτοκίνητο που έχει βάρος $w = 15000 \text{ N}$ ρυμουλκείται σε μια ανηφόρα που έχει κλίση $\theta = 20^\circ$ με σταθερή ταχύτητα. Η τριβή είναι αμελητέα. Το σχοινί ρυμούλκησης αντέχει φορτίο 6000 N . Θα σπάσει το σχοινί;

ΛΥΣΗ

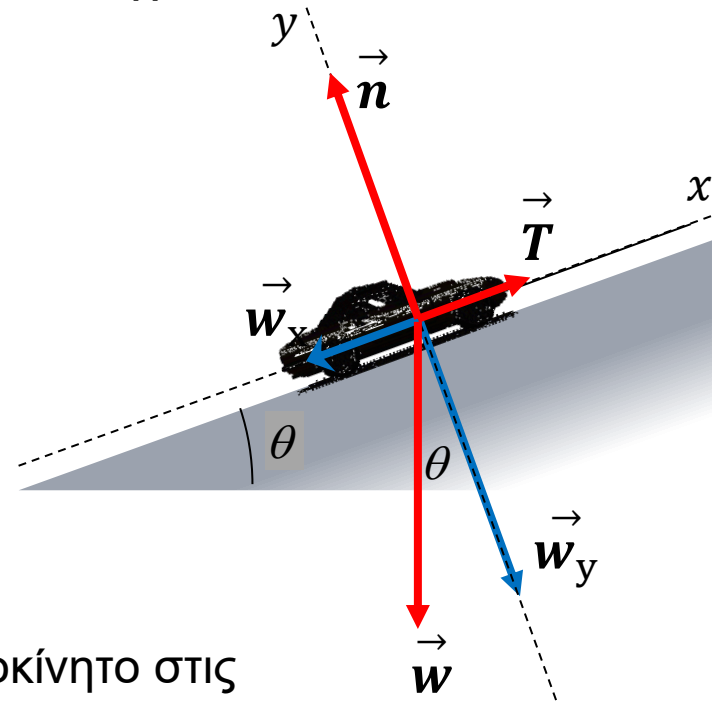
Οι δυνάμεις που ασκούνται στο αυτοκίνητο είναι:

- το βάρος του $\vec{w}$ με κατεύθυνση προς τα κάτω,
- Η κάθετη δύναμη στήριξης $\vec{n}$ από το οδόστρωμα και
- η τάση $\vec{T}$ του σχοινιού.

Εφαρμόζουμε την εξίσωση ισορροπίας για το αυτοκίνητο στις διευθύνσεις των αξόνων x και y (παράλληλα και κάθετα στην κίνηση) αφού πρώτα αναλύσουμε το βάρος στις x και y συνιστώσες του.

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow T - w_x = 0 \Rightarrow T = w_x$$

$$T = w \sin \theta = (15000 \text{ N}) \sin 20^\circ = 5120 \text{ N} \quad \text{Άρα, το σχοινί δεν θα σπάσει.}$$



Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα

Η επιτάχυνση του σώματος είναι ανάλογη προς τη συνολική δύναμη που ασκείται στο σώμα και αντιστρόφως ανάλογη προς τη μάζα του.

$$\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}}{m}$$

όπου, m είναι η μάζα του σώματος

ή, αλλιώς

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

Η μάζα είναι **βαθμωτό** μέγεθος.

Η μονάδα της μάζας στο σύστημα SI είναι το **χιλιόγραμμα (kg)**.

Μονάδες δύναμης

Η μονάδα SI της δύναμης είναι το **Newton (N)**.

$$1\text{N} = 1\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Στο Παραδοσιακό Σύστημα των Η.Π.Α., η μονάδα της δύναμης είναι η **λίβρα** (pound, lb).

- $1\text{ lb} = 4.54\text{ N}$

Δύναμη της βαρύτητας

Η δύναμη που ασκεί η Γη στα σώματα ονομάζεται **δύναμη βαρύτητας**

- Συμβολισμός: $\vec{F}_g$ ή $\vec{w}$
- Η δύναμη βαρύτητας έχει κατεύθυνση προς το κέντρο της Γης.

Από τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα, $\vec{F}_g = m\vec{g}$

Το γνωστό **βάρος** ενός σώματος είναι το μέτρο της δύναμης βαρύτητας.

- Βάρος: w ή $F_g = mg$

Περισσότερα για το βάρος

Επειδή το βάρος εξαρτάται από την επιτάχυνση της βαρύτητας g , μεταβάλλεται ανάλογα με τη γεωγραφική θέση.

- Το g , και άρα το βάρος, είναι μικρότερο σε μεγαλύτερα ύψη.
- Επειδή η τιμή του g διαφέρει από πλανήτη σε πλανήτη, το βάρος του σώματος διαφέρει από πλανήτη σε πλανήτη.

Το βάρος δεν είναι εγγενής ιδιότητα του σώματος. Η μάζα, όμως, είναι.

- Το βάρος είναι μια ιδιότητα που αποκτά ένα σώμα λόγω της έλξης του από τη γη. Αν το σώμα φύγει μακριά από τη γή (στο διάστημα), τότε παύει να έχει βάρος.

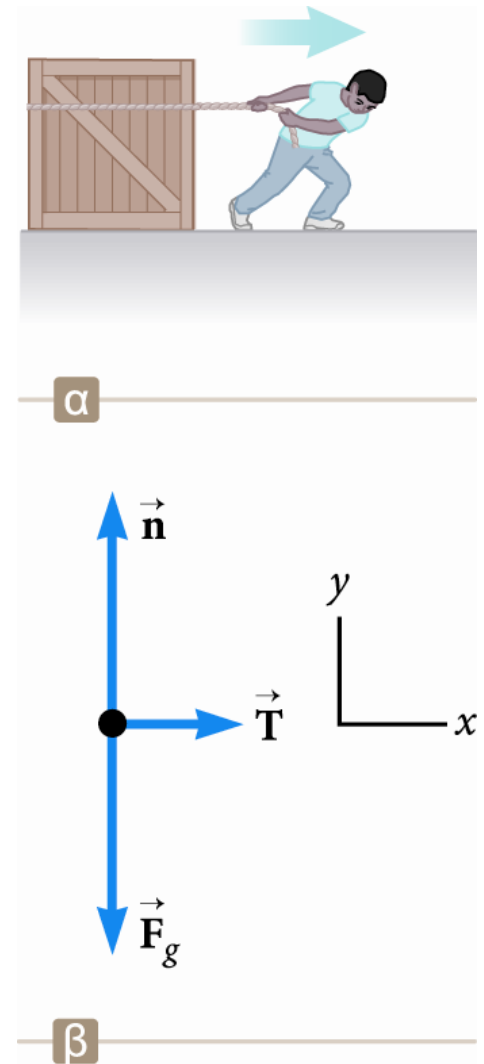
Σημείωση σχετικά με τις μονάδες:

- Το χιλιόγραμμα (kg) **δεν** είναι μονάδα βάρους. Είναι μονάδα μάζας.

Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα – Παράδειγμα 1

Στο κιβώτιο ασκούνται οι εξής δυνάμεις:

- η τάση $\vec{T}$ μέσω του σκοινιού,
- η βαρυτική δύναμη $\vec{F}_g$ (ή $\vec{w}$) και
- η κάθετη δύναμη $\vec{n}$ που ασκεί το δάπεδο

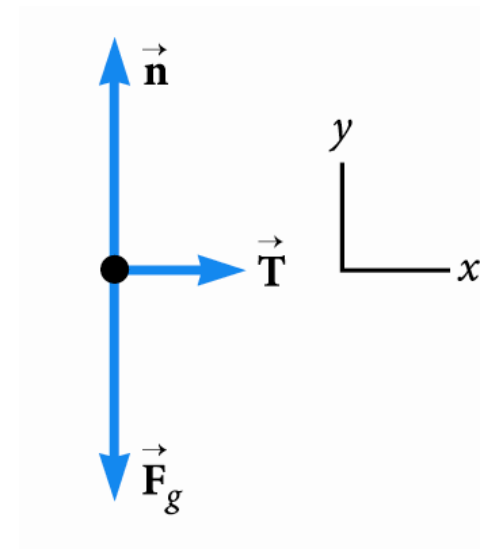


Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα – Παράδειγμα 1 (συνέχεια)

Εφαρμόστε τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα σε μορφή συνιστωσών:

- στον άξονα x : $\sum F_x = T = m\alpha$
- στον άξονα y : $\sum F_y = n - F_g = 0 \Rightarrow n = F_g$

Αν η τάση T είναι σταθερή, τότε η επιτάχυνση α είναι σταθερή και μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τις εξισώσεις της κινηματικής για να περιγράψουμε πλήρως την κίνηση του κιβωτίου.



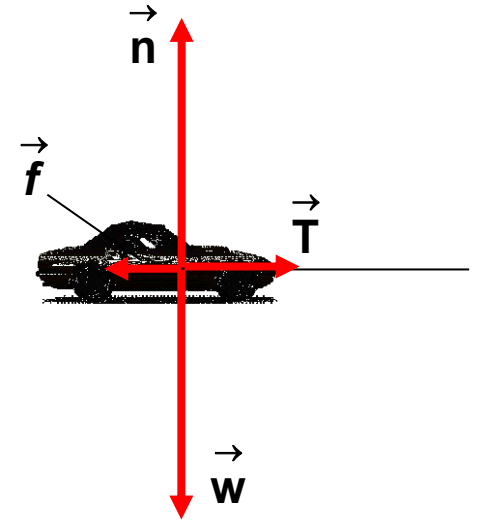
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 5.4 Ταχύτητα ρυμουλκούμενου αυτοκινήτου

Ένα αυτοκίνητο που έχει μάζα $m = 1500 \text{ kg}$ ρυμουλκείται από γερανό. Η τάση του σχοινιού ρυμούλκυσης είναι $T = 2500 \text{ N}$ και μια δύναμη τριβής $f = 200 \text{ N}$ αντιτίθεται στην κίνηση. Αν το αυτοκίνητο ξεκινάει από την ηρεμία, ποιά είναι η ταχύτητά του έπειτα από $\Delta t = 5.0 \text{ s}$;

ΛΥΣΗ

Οι δυνάμεις που ασκούνται στο αυτοκίνητο είναι:

- το βάρος του $\vec{w}$ με κατεύθυνση προς τα κάτω,
- Η κάθετη δύναμη στήριξης $\vec{n}$ από το οδόστρωμα,
- η τάση $\vec{T}$ του σχοινιού και
- η δύναμη τριβής $\vec{f}$ που αντιτίθεται στην κίνηση.



Εφαρμόζουμε τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα για το αυτοκίνητο στη διεύθυνση του άξονα x (είναι ο άξονας της κίνησης).

$$\sum F_x = m\alpha \Rightarrow T - f = m\alpha$$

ΛΥΣΗ (συνέχεια)

και λύνουμε ως προς την επιτάχυνση

$$a = \frac{T - f}{m}$$

Αντικαθιστώντας τις τιμές των T , f και m , έχουμε

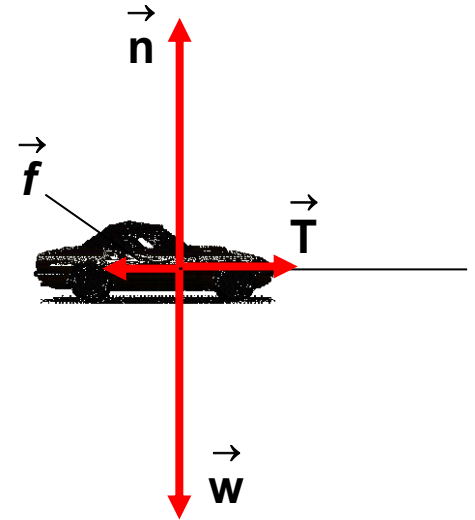
$$a = \frac{2500\text{N} - 200\text{N}}{1500\text{kg}} = 1.5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Από τις σχέσεις της κινηματικής για την επιταχυνόμενη κίνηση, χρησιμοποιούμε τη σχέση

$$v_f = v_i + a\Delta t$$

από την οποία, αντικαθιστώντας τις τιμές, βρίσκουμε:

$$v_f = 0 + (1.5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})(5.0\text{s}) = 7.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



Κεκλιμένα επίπεδα

Στο σώμα ασκούνται οι εξής δυνάμεις:

- Η κάθετη δύναμη ασκείται κάθετα στο κεκλιμένο επίπεδο.
- Η βαρυτική δύναμη είναι κατακόρυφη με κατεύθυνση προς τα κάτω.

Επιλέγουμε το σύστημα συντεταγμένων έτσι ώστε ο άξονας x να συμπίπτει με το κεκλιμένο επίπεδο και ο άξονας y να είναι κάθετος προς αυτό.

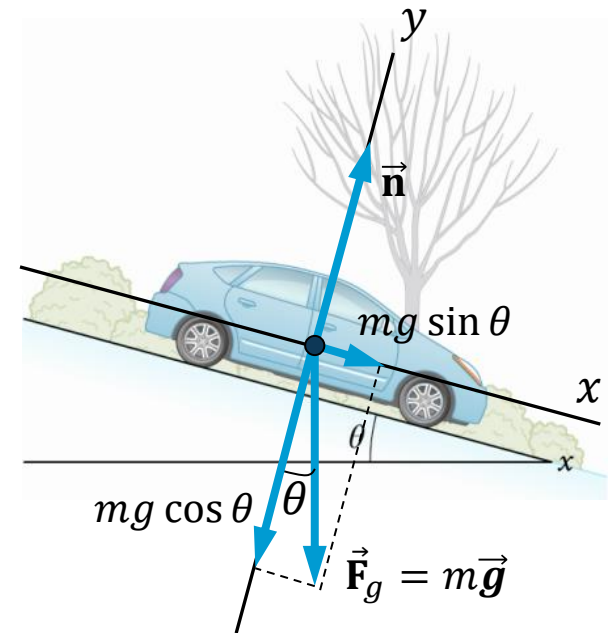
Αντικαθιστούμε τη δύναμη της βαρύτητας με τις συνιστώσες της.

Εφαρμόζουμε το μοντέλο του σωματιδίου υπό την επίδραση συνισταμένης

δύναμης στη διεύθυνση του άξονα x $\sum F_x = ma \Rightarrow mg \sin \theta = ma$

και το μοντέλο του σωματιδίου σε ισορροπία στη διεύθυνση του άξονα y

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow mg \sin \theta - n = 0 \Rightarrow mg \sin \theta = n$$



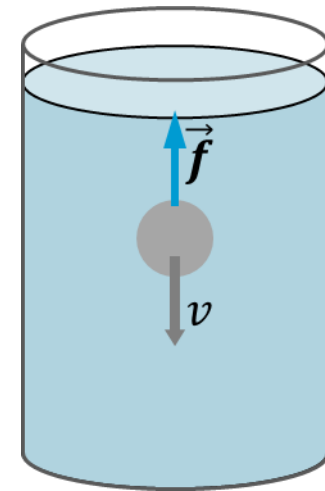
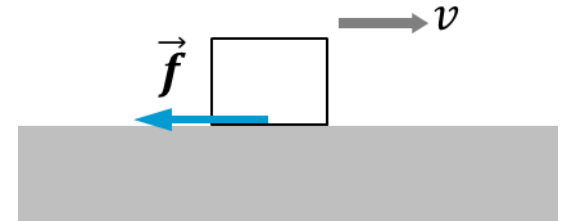
Δυνάμεις τριβής

Όταν ένα σώμα κινείται πάνω σε μια επιφάνεια ή μέσα σε ένα ιξώδες (παχύρευστο) μέσο (π.χ., λάδι ή νερό ή, ακόμα, και ο αέρας), συναντά αντίσταση στην κίνησή του.

- Αυτό συμβαίνει επειδή το σώμα αλληλεπιδρά με το περιβάλλον του.

Η αντίσταση ονομάζεται **δύναμη τριβής**.

- Η δύναμη τριβής είναι παράλληλη προς τις επιφάνειες που έρχονται σε επαφή και έχει φορά αντίθετη από αυτή της κίνησης.



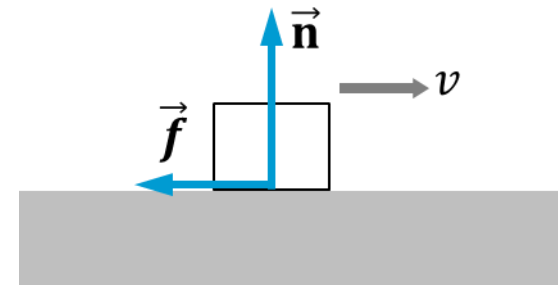
Δυνάμεις τριβής (συνέχεια)

Η δύναμη της τριβής $\vec{f}$ είναι ανάλογη προς την κάθετη δύναμη $\vec{n}$ που ασκεί η επιφάνεια στο σώμα.

1. Τριβή κίνησης: $f_k = \mu_k \cdot n$

2. Στατική τριβή: $f_s \leq \mu_s \cdot n$

μ είναι ο **συντελεστής τριβής**.



- Οι συντελεστές τριβής
 - i. εξαρτώνται από τη φύση των επιφανειών που έρχονται σε επαφή
 - ii. είναι σχεδόν ανεξάρτητοι από το εμβαδόν επαφής των επιφανειών.

Στατική τριβή

Η στατική τριβή δεν επιτρέπει στο σώμα να κινηθεί.

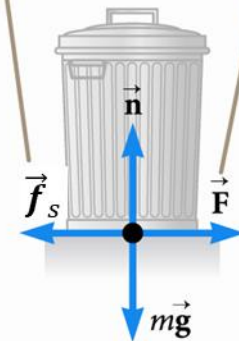
Εφόσον το σώμα δεν κινείται, $f_s = F$.

- Αν αυξηθεί η $\vec{F}$ θα αυξηθεί και η $\vec{f}_s$.
- Αν μειωθεί η $\vec{F}$, θα μειωθεί και η $\vec{f}_s$.

Η στατική τριβή παίρνει τη μέγιστη τιμή της λίγο πριν οι επιφάνειες αρχίσουν να ολισθαίνουν.

$$f_{s,max} = \mu_s \cdot n$$

Για μικρές ασκούμενες δυνάμεις, το μέτρο της δύναμης στατικής τριβής ισούται με το μέτρο της ασκούμενης δύναμης.



Τριβή ολίσθησης

Η δύναμη της τριβής ολίσθησης δρα όταν το σώμα κινείται.

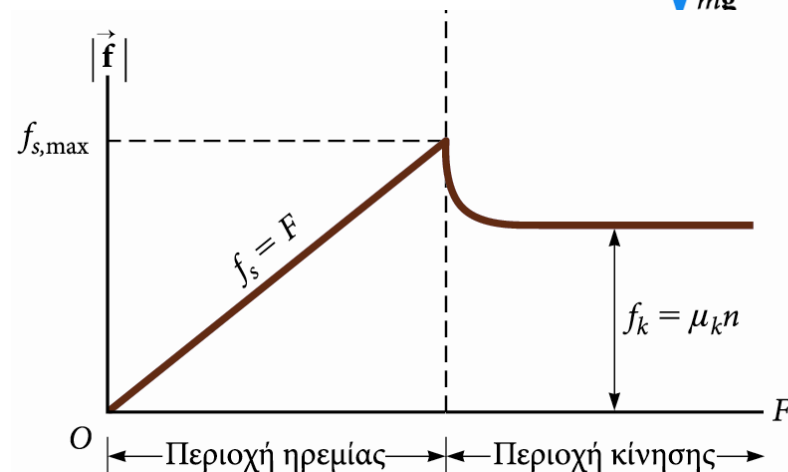
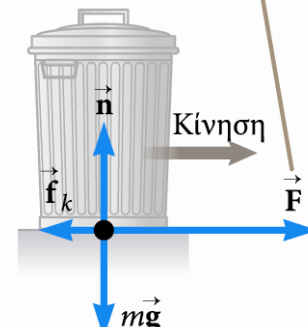
Αν και ο συντελεστής μ_k μπορεί να μεταβάλλεται με το μέτρο της ταχύτητας, αγνοούμε αυτές τις μεταβολές.

$$f_k = \mu_k n, \quad \mu_k \cong \text{σταθ.}$$

Γενικά, η δύναμη της τριβής ολίσθησης είναι μικρότερη από τη μέγιστη τιμή της στατικής τριβής

$$f_k < f_{s,max}$$

Όταν το μέτρο της ασκούμενης δύναμης ξεπεράσει το μέτρο της μέγιστης δύναμης στατικής τριβής, ο σκουπιδιοτενεκές αρχίζει να επιταχύνει προς τα δεξιά.



Πίνακας συντελεστών τριβής

	μ_s	μ_k
Λάστιχο με μπετόν	1.0	0.8
Χάλυβας με χάλυβα	0.74	0.57
Αλουμίνιο με χάλυβα	0.61	0.47
Γυαλί με γυαλί	0.94	0.4
Χαλκός με χάλυβα	0.53	0.36
Ξύλο με ξύλο	0.25–0.5	0.2
Κερωμένο ξύλο με υγρό χιόνι	0.14	0.1
Κερωμένο ξύλο με ξηρό χιόνι	—	0.04
Μέταλλο με μέταλλο (που έχει λιπαντικό)	0.15	0.06
Τεφλόν με τεφλόν	0.04	0.04
Πάγος με πάγο	0.1	0.03
Ανθρώπινες αρθρώσεις	0.01	0.003

Σημείωση: Όλες οι τιμές είναι προσεγγιστικές. Σε μερικές περιπτώσεις, ο συντελεστής τριβής είναι μεγαλύτερος από 1.0.

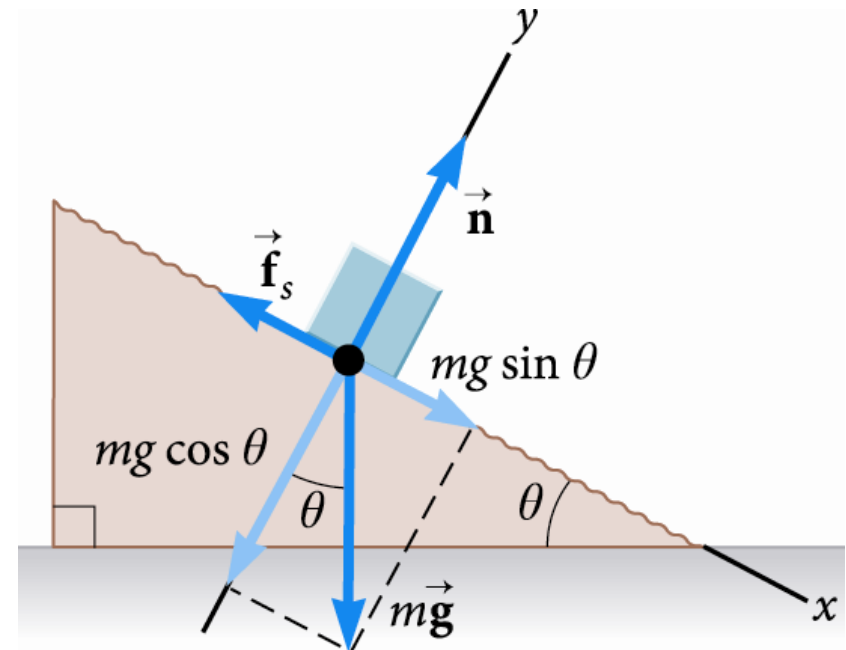
Τριβή – Παράδειγμα 1

Ο κύβος ολισθαίνει στο κεκλιμένο επίπεδο προς τα κάτω, άρα η τριβή ασκείται με κατεύθυνση προς τα πάνω.

Με αυτή τη διάταξη μπορούμε να προσδιορίσουμε πειραματικά τον συντελεστή τριβής.

$$\mu = \tan \theta \quad (\text{γιατί ;})$$

- Για τον συντελεστή μ_s , χρησιμοποιήστε την τιμή της γωνίας θ στην οποία αρχίζει η ολίσθηση.
- Για τον συντελεστή μ_k , χρησιμοποιήστε την τιμή της γωνίας θ στην οποία ο κύβος ολισθαίνει προς τα κάτω με ταχύτητα σταθερού μέτρου.

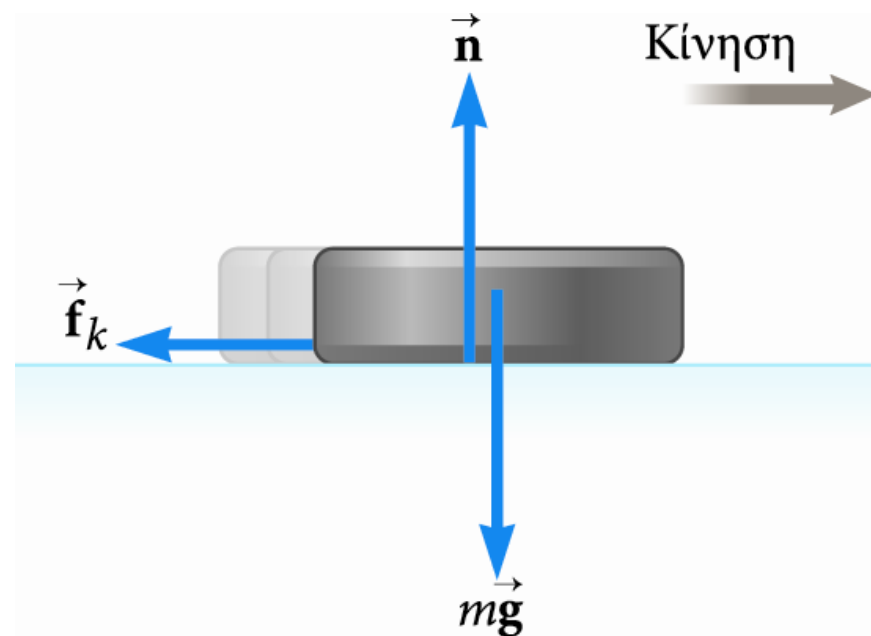


Τριβή – Παράδειγμα 2

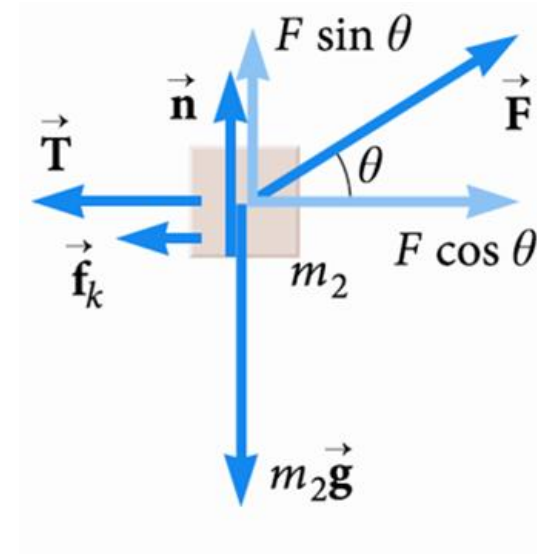
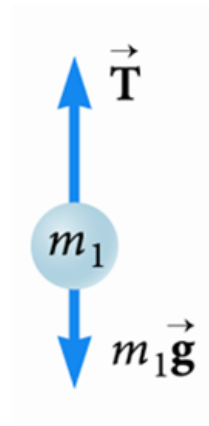
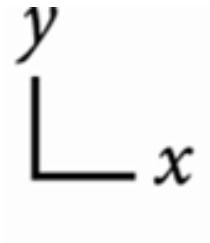
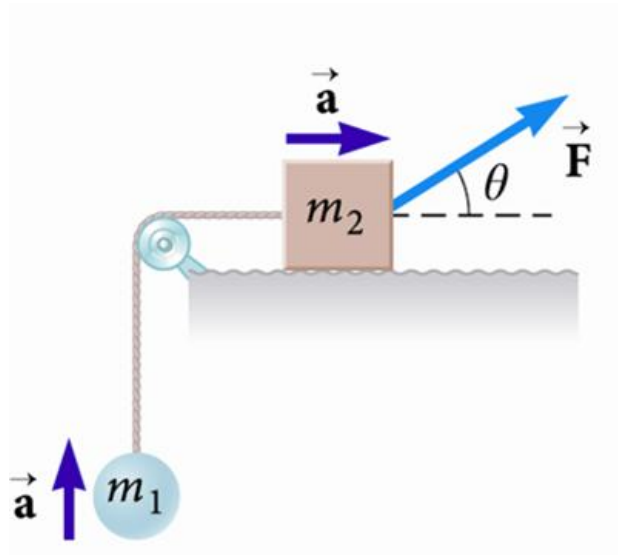
Σχεδιάζουμε τις δυνάμεις στο σώμα που ολισθαίνει (γλιστράει) προς τα δεξιά στις οποίες έχουμε συμπεριλάβει τη δύναμη της κινητικής τριβής.

Η δύναμη της τριβής:

- Προβάλλει αντίσταση στην κίνηση.
- Είναι παράλληλη προς τις επιφάνειες που έρχονται σε επαφή.



Τριβή – Παράδειγμα 3



Η τριβή ασκείται μόνο στο σώμα το οποίο βρίσκεται σε επαφή με κάποια άλλη επιφάνεια.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 5.5 Πόσο μακριά ολισθαίνει ένα κιβώτιο

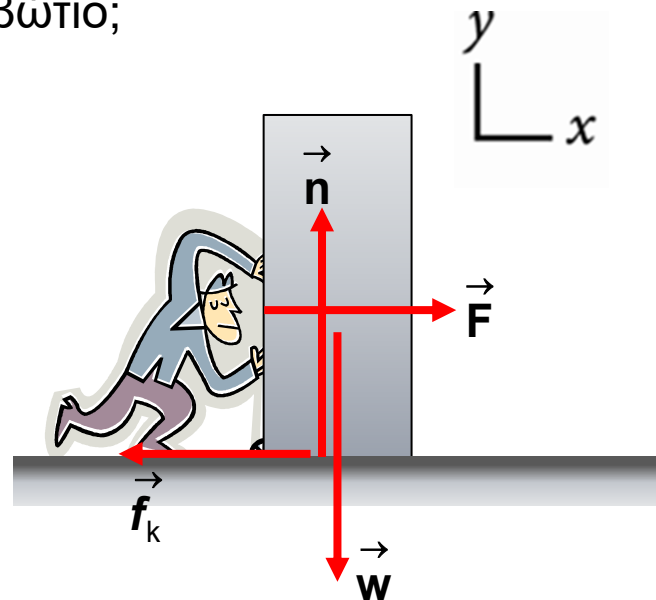
Ένας άνθρωπος σπρώχνει ένα ξύλινο κιβώτιο που έχει μάζα $m = 10.0 \text{ kg}$ πάνω σε ξύλινο πάτωμα με σταθερή ταχύτητα $v_0 = 2.0 \text{ m/s}$.

(α) Πόση δύναμη F ασκεί ο άνθρωπος στο κιβώτιο;

ΛΥΣΗ

(α) Οι δυνάμεις που ασκούνται στο κιβώτιο είναι:

- το βάρος του $\vec{w}$,
- Η κάθετη δύναμη στήριξης $\vec{n}$ από το ξύλινο πάτωμα,
- η δύναμη $\vec{F}$ που ασκεί ο άνθρωπος και
- η δύναμη τριβής ολίσθησης $\vec{f}_k$ που αντιτίθεται στην κίνηση.



Εφαρμόζουμε τις συνθήκες ισορροπίας (1^{ος} νόμος του Νεύτωνα) για το κιβώτιο και στους δύο άξονες x (είναι ο άξονας της κίνησης) και y .

Στον άξονα x :
$$\sum F_x = 0 \Rightarrow F - f_k = 0 \Rightarrow F = f_k$$

ΛΥΣΗ (συνέχεια)

$$F = f_k \quad (1)$$

Στον άξονα y : $\sum F_y = 0 \Rightarrow n - w = 0$
 $\Rightarrow n = w = mg \quad (2)$

Στην σχέση (1) του άξονα x , αντικαθιστώντας από τον νόμο της τριβής $f_k = \mu_k n$, έχουμε

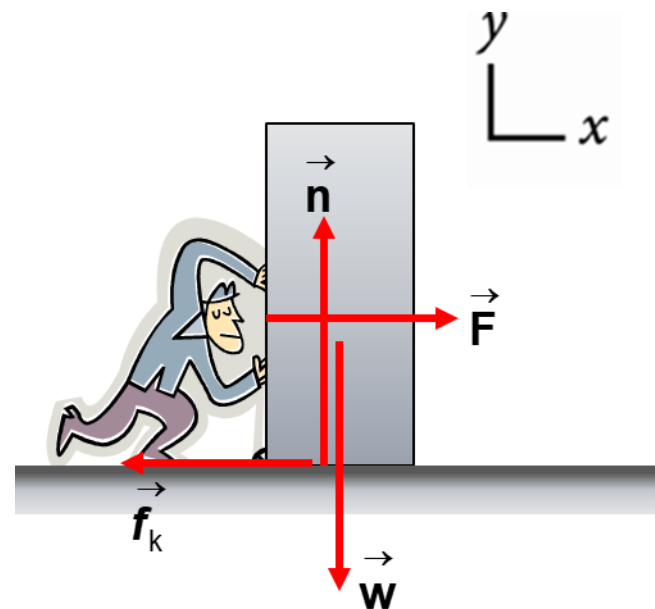
$$F = \mu_k n$$

Αντικαθιστώντας το n από τη σχέση (2) του άξονα y , παίρνουμε

$$F = \mu_k mg$$

Αντικαθιστώντας τις τιμές των μεταβλητών, βρίσκουμε:

$$F = (0.20)(10.0 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2) = 19.6 \text{ N}$$

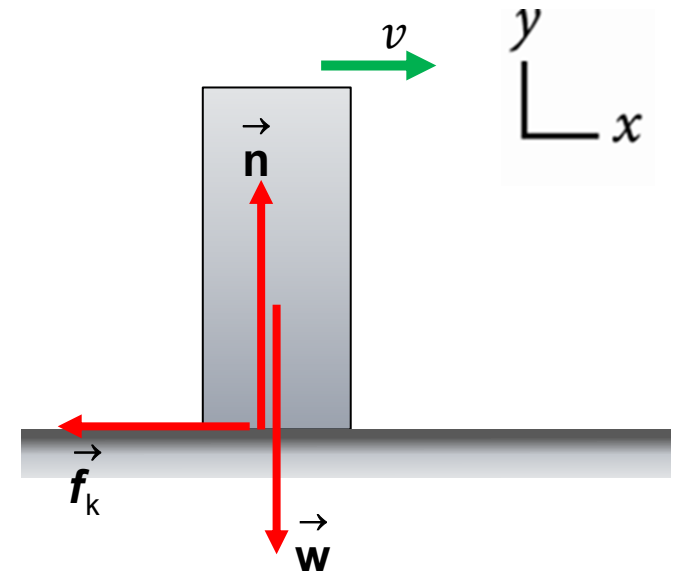


(β) Αν σταματήσει να σπρώχνει, πόσο μακριά θα ολισθήσει το κιβώτιο μέχρι να σταματήσει; Ο συντελεστής κινητικής τριβής ολίσθησης είναι $\mu_k = 0.20$.

ΛΥΣΗ

Οι δυνάμεις, που ασκούνται στο κιβώτιο όταν σταματήσει να σπρώχνει, είναι:

- το βάρος του $\vec{w}$,
- Η κάθετη δύναμη στήριξης $\vec{n}$ από το ξύλινο πάτωμα και
- η δύναμη τριβής ολίσθησης $\vec{f}_k$



Εφαρμόζουμε τον 2^ο νόμο του Νεύτωνα στη διεύθυνση του άξονα x (είναι ο άξονας της κίνησης και τώρα πιά έχουμε επιβραδυνόμενη κίνηση, όχι ισορροπία).

$$\sum F_x = m\alpha \Rightarrow f_k = m\alpha \Rightarrow \alpha = \frac{f_k}{m}$$

Αντικαθιστώντας όπου $f_k = \mu_k n$, παίρνουμε $\alpha = \frac{\mu_k n}{m}$

$$\text{Όπως και πριν, } n = w = mg, \text{ οπότε } \alpha = \frac{\mu_k mg}{m} = \mu_k g = (0.20) \left(9.8 \frac{m}{s^2} \right) = 1.96 \frac{m}{s^2}$$

ΛΥΣΗ (συνέχεια)

Έστω Δx το διάστημα που θα διανύσει το κιβώτιο από τη στιγμή που θα σταματήσει να το σπρώχνει ο άνθρωπος ως το σημείο που θα ακινητοποιηθεί.

Χρησιμοποιώντας την εξίσωση

$$v_f^2 = v_i^2 + 2\alpha\Delta x$$

από τις εξισώσεις της κινηματικής, όπου:

$$v_i = v_0 = 2.0 \text{ m/s},$$

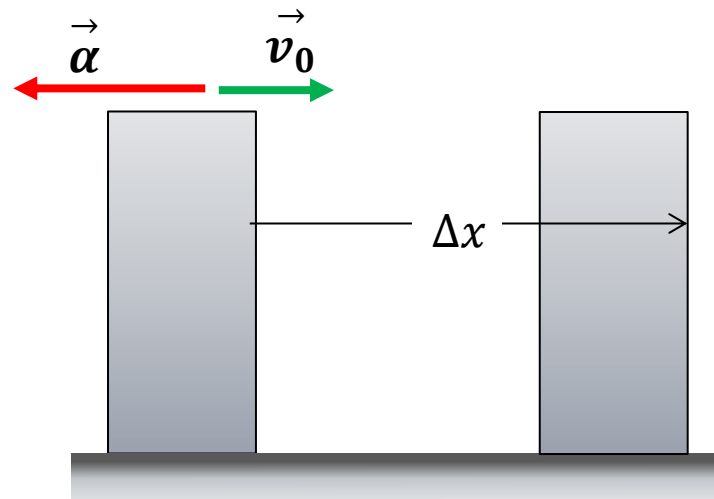
$$v_f = 0 \text{ και}$$

$$\alpha = -1.96 \text{ m/s}^2 \text{ (γιατί είναι επιβραδυνόμενη κίνηση)}$$

βρίσκουμε:

$$0^2 = (2.0\text{m/s})^2 + 2(-1.96\text{m/s}^2)\Delta x$$

$$\Delta x = 1.02\text{m}$$

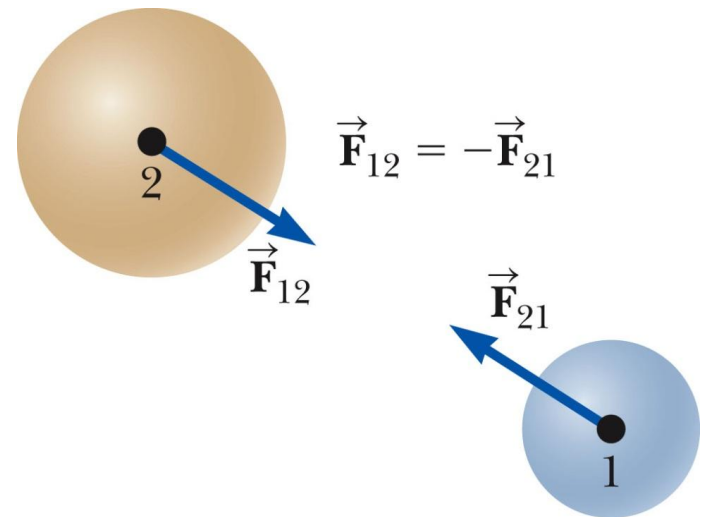


Ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα

Αν δύο σώματα αλληλεπιδρούν, η δύναμη $\vec{F}_{12}$ που ασκεί το σώμα 1 στο σώμα 2 έχει το ίδιο μέτρο και αντίθετη κατεύθυνση από τη δύναμη $\vec{F}_{21}$ που ασκεί το σώμα 2 στο σώμα 1.

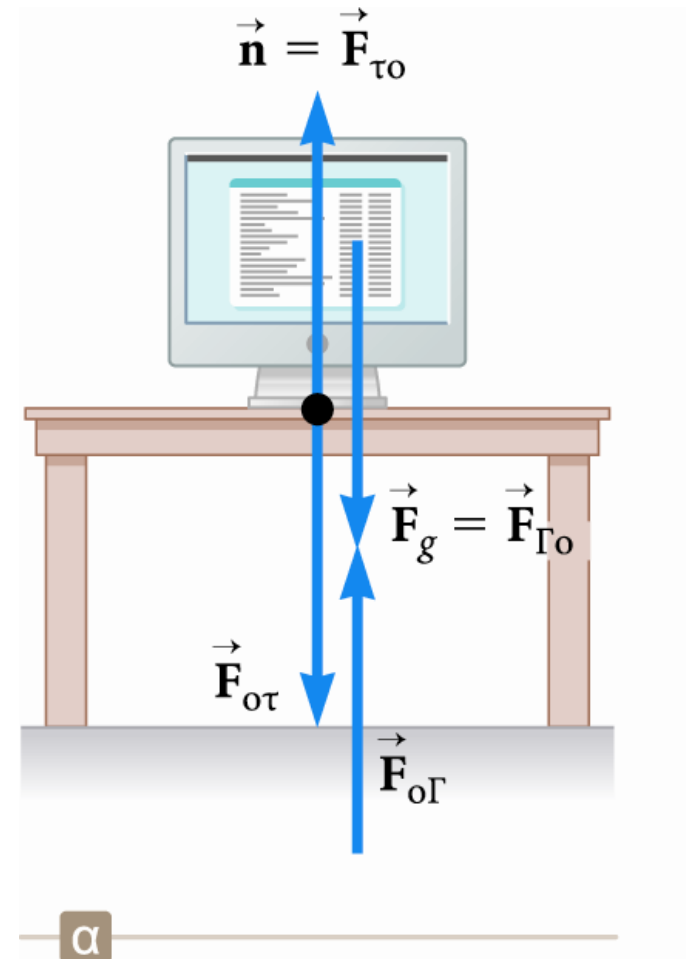
$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

- Η δράση και η αντίδραση ασκούνται σε διαφορετικά σώματα γι' αυτό και δεν αλληλοαναιρούνται.
- Η δράση και η αντίδραση είναι δυνάμεις του ίδιου τύπου.



Παραδείγματα δράσης-αντίδρασης (2)

- Η κάθετη δύναμη $\vec{F}_{\tau o}$ που ασκεί το τραπέζι στην οθόνη είναι η αντίδραση στη δύναμη $\vec{F}_{o\tau}$ που ασκεί η οθόνη στο τραπέζι.
- Η δύναμη $\vec{F}_g$ που ασκεί η Γη στην οθόνη (δηλαδή το βάρος της οθόνης) έχει το ίδιο μέτρο και αντίθετη κατεύθυνση από τη δύναμη της αντίδρασης $\vec{F}_{o\Gamma}$ που ασκεί η οθόνη στη Γη.



Περισσότερα από ένα σώματα – Παράδειγμα: Η μηχανή του Atwood

Στα σώματα ασκούνται οι εξής δυνάμεις:

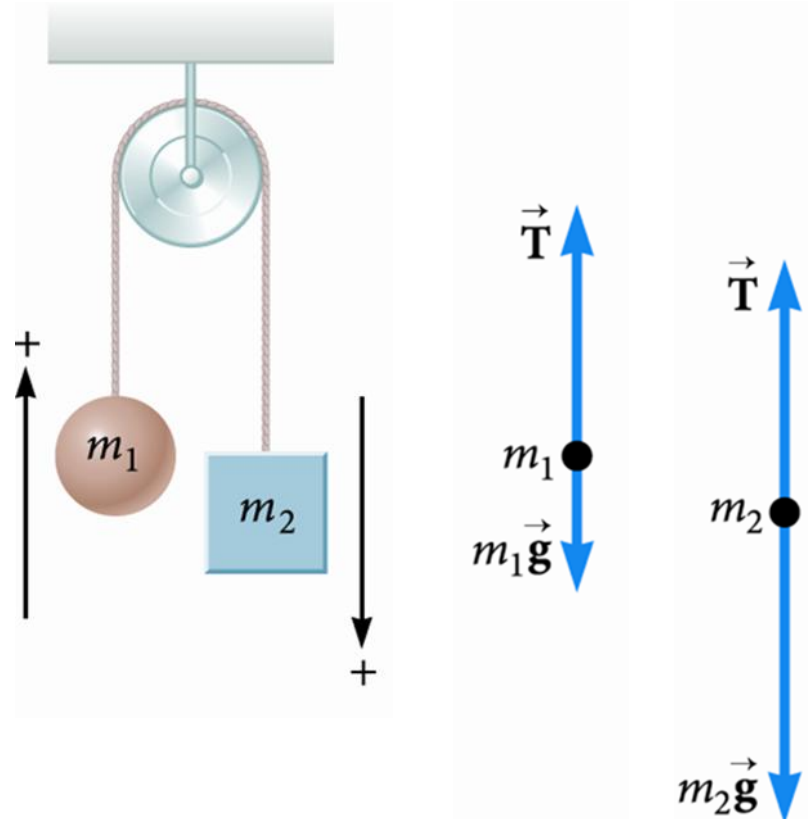
- Τάση (ίδια για τα δύο σώματα, επειδή υπάρχει ένα νήμα).
- Βαρυτική δύναμη.

Σχεδιάστε τα διαγράμματα ελεύθερου σώματος για τα δύο σώματα.

Εφόσον τα σώματα συνδέονται μέσω του νήματος έχουν επιταχύνσεις ίδιου μέτρου, $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$.

Εφαρμόστε τους νόμους του Νεύτωνα.

Λύστε ως προς τις άγνωστες μεταβλητές.



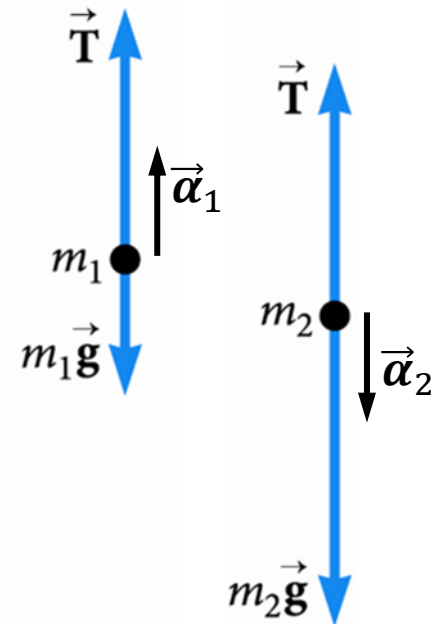
Μελέτη της μηχανής του Atwood

Μελετήστε τις τιμές της τάσης T και της επιτάχυνσης α όταν οι μάζες m_1 και m_2 μεταβάλλονται.

- Σημειώστε ότι η επιτάχυνση είναι ίδια για τα δύο σώματα $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$.
- Εφόσον η τροχαλία δεν έχει μάζα και τριβή, η τάση και στις δύο πλευρές της τροχαλίας είναι ίδια.

Κι αν...;

1. Η μάζα των δύο σωμάτων είναι ίδια;
2. Η μία από τις μάζες είναι πολύ μεγαλύτερη από την άλλη;



$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha.$$

Περισσότερα από ένα σώματα – Παράδειγμα 2

- Υπάρχει ένα νήμα, άρα η τάση T είναι ίδια για τα δύο σώματα.
- Τα σώματα συνδέονται, άρα οι επιταχύνσεις τους a έχουν ίσα μέτρα.

Σχεδιάστε το διάγραμμα ελεύθερου σώματος για κάθε σώμα

Εφαρμόστε τους νόμους του Νεύτωνα και λύστε ως προς τις άγνωστες μεταβλητές T και a .

