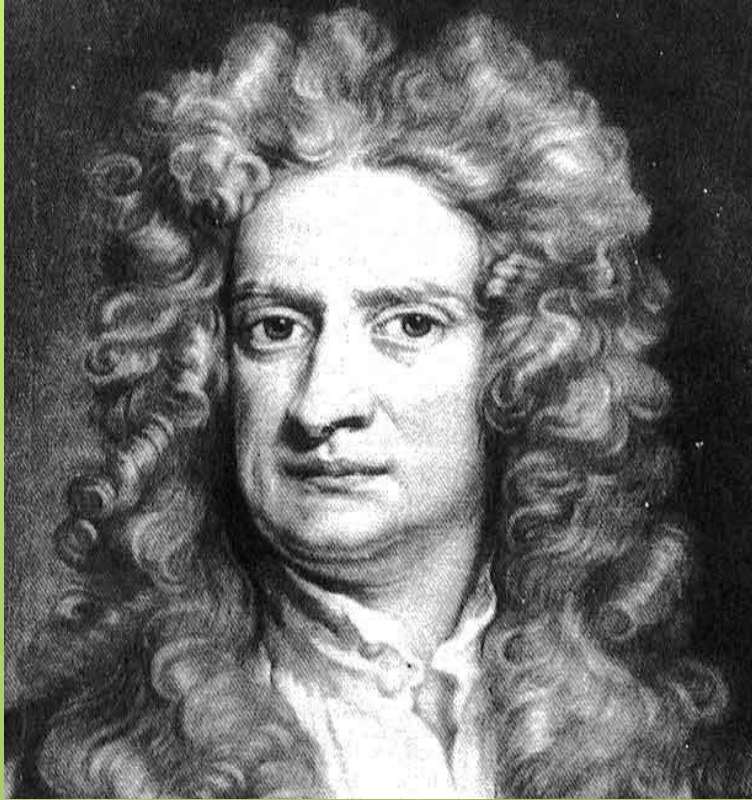


Εικόνα: Isaac Newton: Θεωρείται πατέρας της Κλασικής Φυσικής, καθώς ξεκινώντας από τις παρατηρήσεις του Γαλιλαίου αλλά και τους νόμους του Κέπλερ για την κίνηση των πλανητών διατύπωσε τους τρεις μνημειώδεις νόμους της κίνησης και τον περισπούδαστο «νόμο της βαρύτητας»

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

Οι Νόμοι της Κίνησης

- Ως τώρα, μελετήσαμε κινήσεις σωματιδίων
 - Ορίσαμε ταχύτητα, θέση, επιτάχυνση
 - Ορίσαμε μέτρο, κατεύθυνση των παραπάνω
 - Δεν μας ενδιέφερε η **αιτία** της κίνησης

- Καιρός να τη μελετήσουμε κι αυτή! 😊

Οι Νόμοι της Κίνησης

◉ Ερωτήματα

- ◉ Γιατί αλλάζει η κίνηση ενός αντικειμένου;
- ◉ Τι προκαλεί την κίνηση ή την ακινησία του;
- ◉ Γιατί είναι πιο εύκολο να κινήσουμε ένα μικρό από ένα μεγάλο αντικείμενο;

◉ «Κλειδιά» για τις απαντήσεις

- ◉ **Δύναμη (Force – F)** που ασκείται στο αντικείμενο
- ◉ **Μάζα (Mass – m)** του αντικειμένου

Οι Νόμοι της Κίνησης

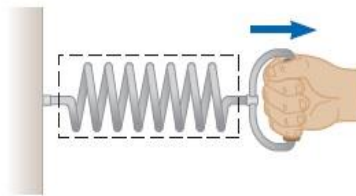
○ Δύναμη

- Καθημερινή εμπειρία
 - Πέταγμα μπάλας
 - Σπρώξιμο ντουλάπας
 - Τράβηγμα συρταριού
- Αλληλεπίδραση με αντικείμενα μέσω μυικής δράσης, με αποτέλεσμα την αλλαγή της ταχύτητάς τους
- Δεν είναι όμως πάντα απαραίτητη η πρόκληση κίνησης
 - Βαριά μπάλα
 - Μεγάλη ντουλάπα
 - Κλειδωμένο συρτάρι

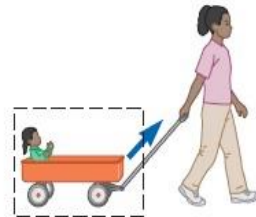
Οι Νόμοι της Κίνησης

- Οι Δυνάμεις είναι αυτές που αλλάζουν την ταχύτητα ενός αντικειμένου (I. Newton)
- Δυο κατηγορίες δυνάμεων
 - Δυνάμεις Επαφής
 - Δυνάμεις Πεδίου

Δυνάμεις Επαφής



a

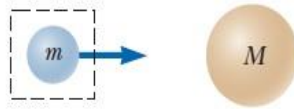


b

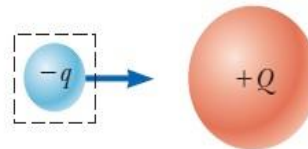


c

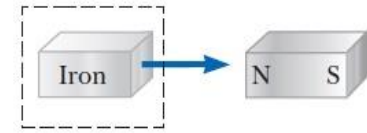
Δυνάμεις Πεδίου



d



e



f

Οι Νόμοι της Κίνησης

- Η διανυσματική φύση της Δύναμης

Μια δύναμη προς τα κάτω επιμηκύνει το ελατήριο κατά 1 εκ.

Μια μεγαλύτερη δύναμη επιμηκύνει το ελατήριο κατά 2 εκ.

Όταν οι δυο δυνάμεις εφαρμόζονται ταυτόχρονα στην ίδια κατεύθυνση, το ελατήριο επιμηκύνεται κατά 3 εκ.

Όταν οι δυο δυνάμεις είναι κάθετες μεταξύ τους όπως στο σχήμα (d), ο συνδυασμός τους (η συνισταμένη τους) επιμηκύνει το ελατήριο κατά 2.24 εκ.

\vec{F}_1

\vec{F}_2

\vec{F}_1

\vec{F}_2

\vec{F}_1

\vec{F}_2

\vec{F}_1

\vec{F}_2

\vec{F}

$\theta = ?$

a b c d

Οι Νόμοι της Κίνησης

- **Πρώτος Νόμος του Newton (Νόμος Αδράνειας)**

- Ένα σύστημα αναφοράς στο οποίο ένα αντικείμενο δεν αλληλεπιδρά με άλλα αντικείμενα και έχει μηδενική επιτάχυνση λέγεται Αδρανειακό σύστημα αναφοράς

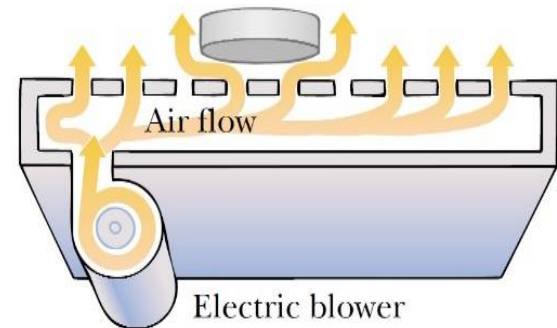
- Παράδειγμα

- Έστω μια αεροτράπεζα και ένας δίσκος

- Η αεροτράπεζα προσομοιώνει επιφάνεια απουσία τριβών, δηλ. δεν ασκείται κάποια δύναμη στο δίσκο – αυτός μπορεί να κινηθεί ελεύθερα

- Ας εξετάσουμε τα συστήματα αναφοράς ως προς την κίνηση ή ακινησία τους

- Τοποθετούμε το δίσκο απαλά στην αεροτράπεζα κι αυτός μένει ακίνητος



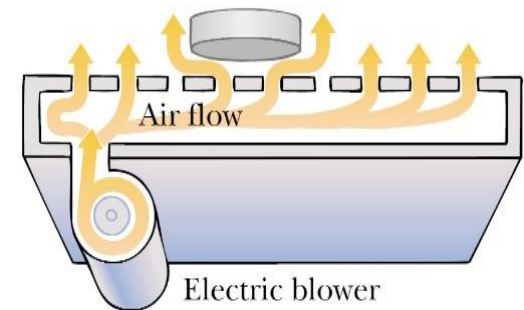
Αεροτράπεζα και δίσκος

Οι Νόμοι της Κίνησης

ο Πρώτος Νόμος του Newton (Νόμος Αδράνειας)

ο Παράδειγμα

- ο 1) Αεροτράπεζα + δίσκος βρίσκονται στο έδαφος, το ίδιο και εμείς (παρατηρητές) → τον παρατηρούμε από ένα **αδρανειακό σύστημα αναφοράς**
 - ο Γιατί? Δεν υπάρχει αλληλεπίδραση με άλλα αντικείμενα και η επιτάχυνση του δίσκου είναι μηδενική
- ο 2) Αεροτράπεζα + δίσκος σε ένα τρένο που κινείται με σταθερή ταχύτητα, το ίδιο κι εμείς (επιβάτες μέσα στο τρένο) → τον παρατηρούμε από ένα **αδρανειακό σύστημα αναφοράς**
 - ο Γιατί? Ίδιοι λόγοι με πριν!
- ο Οποιοδήποτε σύστημα αναφοράς που κινείται με **σταθερή ταχύτητα** σε σχέση με ένα αδρανειακό σύστημα αναφοράς, είναι κι αυτό αδρανειακό



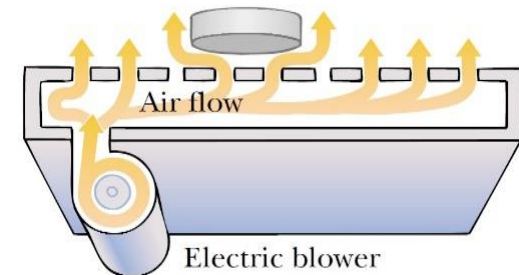
Αεροτράπεζα και δίσκος

Οι Νόμοι της Κίνησης

- Πρώτος Νόμος του Newton (Νόμος Αδράνειας)

- Παράδειγμα

- 3) Αεροτράπεζα + δίσκος σε τρένο υπό επιτάχυνση, το ίδιο κι εμείς → τον παρατηρούμε από **μη αδρανειακό σύστημα αναφοράς**



Αεροτράπεζα και δίσκος

- Γιατί? Το τρένο επιταχύνει ως προς το αδρανειακό σύστημα αναφοράς της επιφάνειας της Γης
- Ένας παρατηρητής στο έδαφος (απ' έξω) θα σας πει ότι – παρ' όλο που για σας μέσα στο τρένο ο δίσκος φαίνεται να επιταχύνει – βλέπει το δίσκο να ολισθαίνει ως προς το τραπέζι αλλά να κινείται πάντα με την ίδια ταχύτητα ως προς το έδαφος-επιφάνεια της Γης
- Έτσι, ο 1^{ος} νόμος του Newton εξακολουθεί να ισχύει παρά το ότι εμείς – ως επιβάτες – παρατηρούμε μια φαινομενική επιτάχυνση του δίσκου ως προς εμάς.

Οι Νόμοι της Κίνησης

● Πρώτος Νόμος του Newton (2^η έκδοση ☺)

- *Απουσία εξωτερικών δυνάμεων και παρουσία αδρανειακού συστήματος αναφοράς*

- *ένα αντικείμενο σε ηρεμία παραμένει σε ηρεμία και*

- *ένα αντικείμενο σε κίνηση παραμένει σε κίνηση με σταθερή ταχύτητα*

- *Με άλλα λόγια*

- *Όταν δεν επιδρά καμιά δύναμη σε ένα αντικείμενο, η επιτάχυνση του αντικειμένου είναι μηδενική*

- *Η τάση ενός αντικειμένου να αντιδρά σε οποιαδήποτε μεταβολή της κινητικής του κατάστασης λέγεται **αδράνεια***

Οι Νόμοι της Κίνησης

- Από τα προηγούμενα, μπορούμε λοιπόν να συμπεράνουμε ότι:
- Ένα αντικείμενο που επιταχύνει πρέπει να υπόκειται σε κάποια δύναμη
- Η δύναμη είναι το αίτιο της μεταβολής της κίνησης ενός αντικειμένου

Οι Νόμοι της Κίνησης

- Διαφορετικά αντικείμενα χρειάζονται διαφορετικό μέτρο δύναμης για να μεταβάλλουν την κατάσταση κίνησής τους
 - Με άλλα λόγια, αντιστέκονται περισσότερο ή λιγότερο στη μεταβολή της κίνησής τους
- Γιατί???
- Γιατί έχουν διαφορετική **μάζα**
- Η **μάζα** είναι μια ιδιότητα ενός αντικειμένου που **ορίζει «πόση» αντίσταση παρουσιάζει στην προσπάθεια μεταβολής της ταχύτητάς του**
 - Μονάδα μέτρησης στο S.I.: 1 kg

Οι Νόμοι της Κίνησης

- Ο 1^{ος} Νόμος του Newton μας εξηγεί τι συμβαίνει σε ένα αντικείμενο όταν **δεν** ασκούνται δυνάμεις επάνω του
- Ο 2^{ος} Νόμος του Newton (που θα δούμε αμέσως) μας εξηγεί τι συμβαίνει όταν **μια ή περισσότερες** δυνάμεις ασκούνται επάνω του

Οι Νόμοι της Κίνησης

● Δεύτερος Νόμος του Newton

- Σε ένα αδρανειακό σύστημα αναφοράς, η επιτάχυνση ενός αντικειμένου είναι
 - ευθέως ανάλογη στη συνολική δύναμη, $\sum \vec{F}$, που ασκείται επάνω του και
 - αντιστρόφως ανάλογη της μάζας του, m
- και έτσι έχουμε τη γνωστή σχέση

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

Οι Νόμοι της Κίνησης

- Φυσικά, μπορούμε – και σε πολλές περιπτώσεις **επιβάλλεται** - να αναλύσουμε το 2^ο νόμο σε *συνιστώσες παράλληλες με τους άξονες* του συστήματος αναφοράς μας

$$\sum \vec{F}_x = m\vec{a}_x, \quad \sum \vec{F}_y = m\vec{a}_y, \quad \sum \vec{F}_z = m\vec{a}_z$$

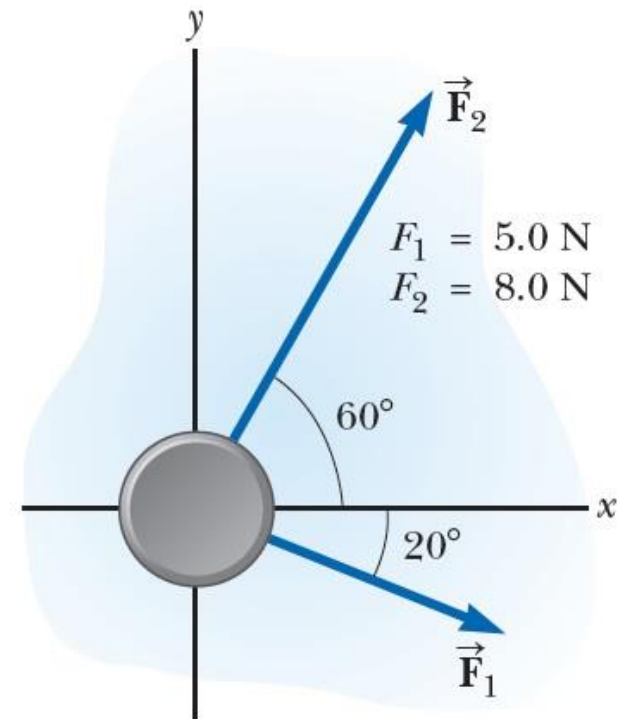
- Μονάδα μέτρησης στο S.I.
 - Newton (N) $\Leftrightarrow 1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$

Οι Νόμοι της Κίνησης

- Παράδειγμα:

- Ένας δίσκος του hockey στον πάγο, μάζας 0.3 kg, ολισθαίνει ελεύθερα σε οριζόντια επιφάνεια πάγου.

Δυο μπαστούνια τη χτυπούν ταυτόχρονα, με δυνάμεις και υπό γωνίες όπως στην Εικόνα. Βρείτε το μέτρο και την κατεύθυνση της επιτάχυνσης του δίσκου.



Οι Νόμοι της Κίνησης

● Παράδειγμα - Λύση:

- Δίσκος μάζας 0.3 kg, ολισθαίνει ελεύθερα σε οριζόντια επιφάνεια πάγου. Βρείτε το μέτρο και την κατεύθυνση της επιτάχυνσης του δίσκου.

Στην x-άξονα, από το 2^ο νόμο του Newton:

$$\sum \vec{F}_x = m\vec{a}_x \Leftrightarrow \vec{F}_{1x} + \vec{F}_{2x} = m\vec{a}_x \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_{1x} + F_{2x} = ma_x \Leftrightarrow F_1 \cdot \cos 20^\circ + F_2 \cdot \cos 60^\circ = ma_x$$

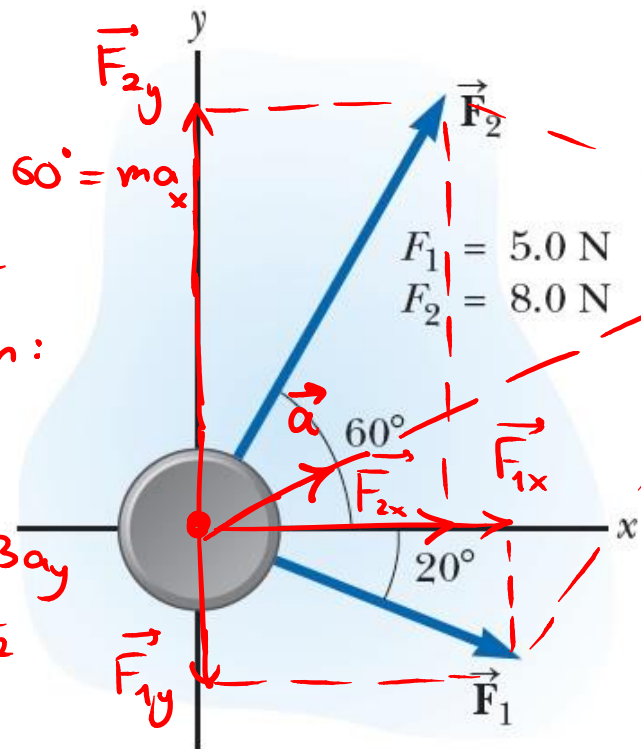
$$\Leftrightarrow 5 \cos 20^\circ + 8 \cos 60^\circ = 0.3 a_x \Leftrightarrow a_x = 29 \frac{m}{s^2}$$

Στην y-άξονα, από το 2^ο νόμο του Newton:

$$\sum \vec{F}_y = m\vec{a}_y \Leftrightarrow \vec{F}_{1y} + \vec{F}_{2y} = m\vec{a}_y \Rightarrow$$

$$F_{2y} - F_{1y} = ma_y \Leftrightarrow F_2 \cdot \sin 60^\circ - F_1 \cdot \sin 20^\circ = 0.3 a_y$$

$$\Leftrightarrow 8 \sin 60^\circ - 5 \sin 20^\circ = 0.3 a_y \Rightarrow a_y = 17 \frac{m}{s^2}$$



Οι Νόμοι της Κίνησης

● Παράδειγμα – Λύση:

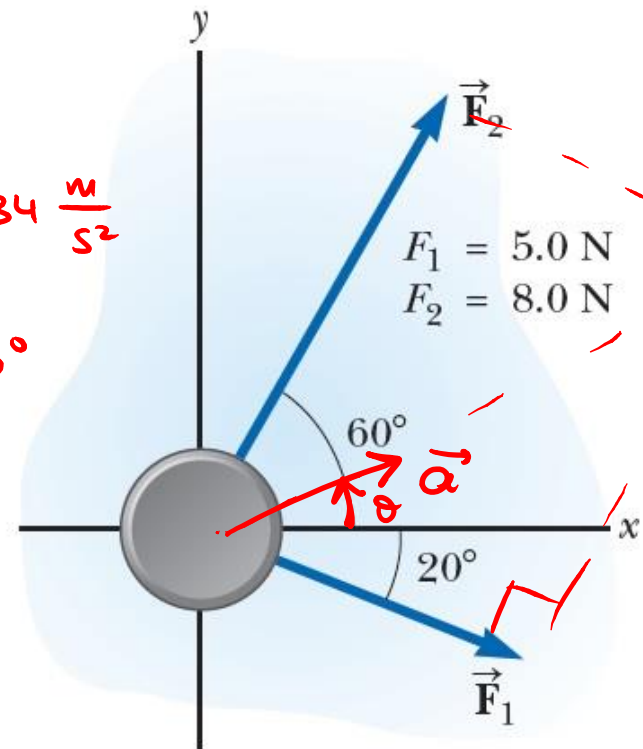
- Δίσκος μάζας 0.3 kg, ολισθαίνει ελεύθερα σε οριζόντια επιφάνεια πάγου. Βρείτε το μέτρο και την κατεύθυνση της επιτάχυνσης του δίσκου.

Είναι $a_x = 29 \frac{m}{s^2}$, $a_y = 17 \frac{m}{s^2}$

Άρα $\vec{a} = a_x \cdot \vec{i} + a_y \cdot \vec{j}$

Είναι $|\vec{a}| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{29^2 + 17^2} \approx 34 \frac{m}{s^2}$

Επίσης, $\theta = \tan^{-1} \frac{a_y}{a_x} = \tan^{-1} \frac{17}{29} \approx 30^\circ$



Οι Νόμοι της Κίνησης

- Όλα τα αντικείμενα έλκονται από τη Γη
 - Με άλλα λόγια, η Γη ασκεί δύναμη επάνω τους
 - Άρα, τα επιταχύνει!
- Βαρυτική επιτάχυνση \vec{g}
- 2^{ος} Νόμος του Newton για αντικείμενο που πέφτει ελεύθερα

$$\sum \vec{F} = m\vec{g} \leftrightarrow \vec{F}_g = m\vec{g}$$

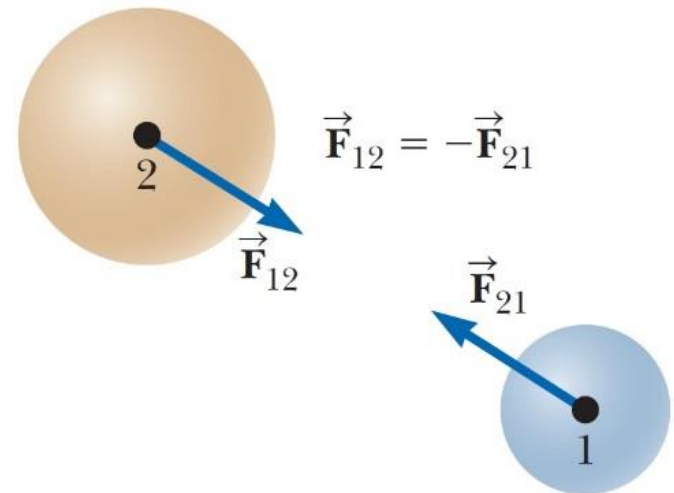
Οι Νόμοι της Κίνησης

● Τρίτος Νόμος του Newton

- Σε κάθε δράση, υπάρχει μια αντίδραση!
- Πιο τυπικά... 😊

- Αν δυο αντικείμενα αλληλεπιδρούν, η δύναμη \vec{F}_{12} που ασκείται από το αντικείμενο 1 στο αντικείμενο 2 είναι ίση σε μέτρο και αντίθετη σε κατεύθυνση στη δύναμη \vec{F}_{21} , που ασκείται από το αντικείμενο 2 στο αντικείμενο 1:

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



Οι Νόμοι της Κίνησης

- **Ανάλυση** με βάση τους Τρεις Νόμους

- Δυο μοντέλα

- A) Όταν τα αντικείμενα βρίσκονται σε **ισορροπία** ($\vec{a} = \mathbf{0}$)

- B) Όταν επιταχύνουν από την άσκηση εξωτερικών δυνάμεων ($\vec{a} \neq \mathbf{0}$)

Θυμηθείτε τα μοντέλα της Κινητικής!!

A. Κίνηση υπό σταθερή ταχύτητα

B. Κίνηση υπό σταθερή επιτάχυνση

Οι Νόμοι της Κίνησης

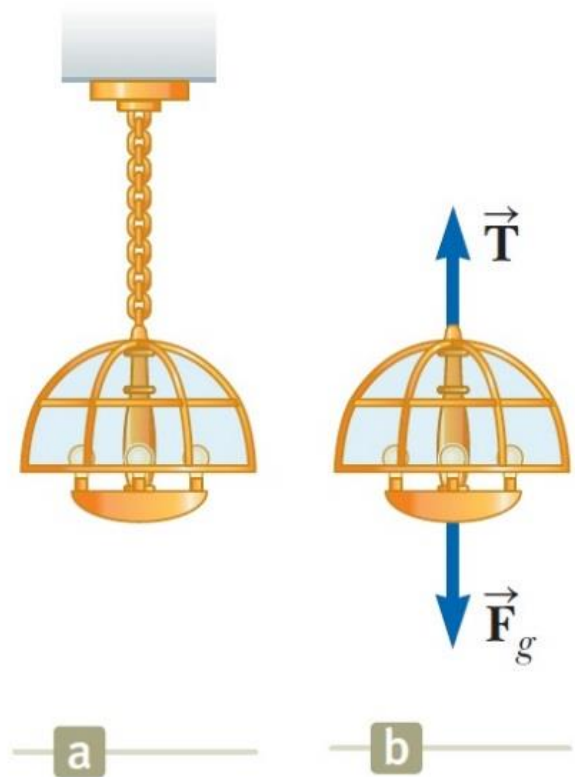
- Α) Όταν τα αντικείμενα βρίσκονται σε **ισορροπία**

$$(\vec{a} = \mathbf{0})$$

- η συνισταμένη των δυνάμεων

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

- Παράδειγμα



Οι Νόμοι της Κίνησης

- Β) Όταν τα σώματα επιταχύνουν υπό την επίδραση δύναμης ($\vec{a} \neq \mathbf{0}$)

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

- Παράδειγμα
 - Βρείτε την επιτάχυνση που ασκείται στο κιβώτιο
 - Βρείτε τη δύναμη που ασκεί το δάπεδο επάνω στο κιβώτιο



Οι Νόμοι της Κίνησης

● Παράδειγμα

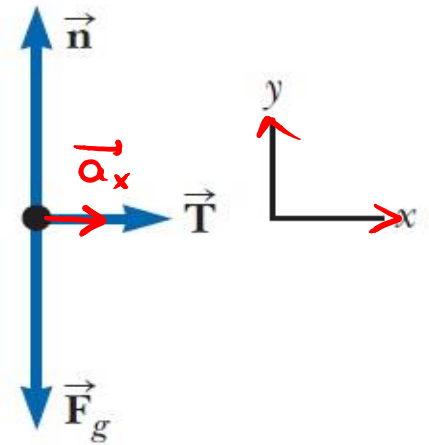
- Βρείτε την επιτάχυνση που ασκείται στο κιβώτιο
- Βρείτε τη δύναμη που ασκεί το δάπεδο επάνω στο κιβώτιο

$$\text{Στον } x\text{-άξονα: } \Sigma \vec{F}_x = m\vec{a}_x \Leftrightarrow \vec{T} = m\vec{a}_x \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \boxed{a_x = \frac{T}{m}}$$

$$\text{Στην } y\text{-άξονα: } \Sigma \vec{F} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{n} + \vec{F}_g = \vec{0} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow n - F_g = 0 \Rightarrow \boxed{n = F_g}$$



a



b

Οι Νόμοι της Κίνησης

- **Δυο σημεία** που πρέπει να προσέξετε (και καλείστε να εφαρμόσετε στην πράξη)!
 - 1) Σε ένα πρόβλημα, είναι δυνατόν να έχετε **διαφορετικά μοντέλα ανάλυσης** σε διαφορετικές κατευθύνσεις (άξονες)
 - Προηγούμενο παράδειγμα
 - Ισορροπία στον άξονα y
 - Επιτάχυνση στον άξονα x
 - 2) Είναι δυνατόν να περιγραφεί ένα αντικείμενο από **πολλαπλά μοντέλα ανάλυσης** στην **ίδια κατεύθυνση!**
 - Προηγούμενο παράδειγμα
 - Σώμα υπό επίδραση δύναμης στον άξονα x
 - Σώμα υπό επίδραση σταθερής επιτάχυνσης στον άξονα x (ξανά!)



Τέλος Διάλεξης