

Physics

Reminder...

- Διαλέξεις
 - Προαιρετική παρουσία!
 - Είστε εδώ γιατί **θέλετε** να ακούσετε/συμμετέχετε
 - Δεν υπάρχουν απουσίες
- Υπάρχει σεβασμός στους συναδέλφους σας και στην εκπαιδευτική διαδικασία
- COVID attention: προσέρχεστε με τα απαραίτητα δικαιολογητικά
- Προστατέψτε εσάς και τους συναδέλφους σας: απέχετε από το μάθημα αν δεν είστε/αισθάνεστε καλά



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 θέση, μετατόπιση, ταχύτητες, επιταχύνσεις...
 - ...καθώς και **μοντέλα κίνησης** με τα οποία μπορούμε να περιγράψουμε πραγματικά φαινόμενα
 - Κίνηση υπό μηδενική ή μη-μηδενική, σταθερή, επιτάχυνση
 - Δεν μας ενδιέφερε η **αιτία** της κίνησης
- Καιρός να τη μελετήσουμε κι αυτή! 😊

Οι Νόμοι της Κίνησης

○ Ερωτήματα

- Γιατί μεταβάλλεται 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 κινητικής τους κατάστασης
- Δεν είναι όμως πάντα απαραίτητη η πρόκληση κίνησης
 - Βαριά μπάλα
 - Μεγάλη ντουλάπα
 - Κλειδωμένο συρτάρι

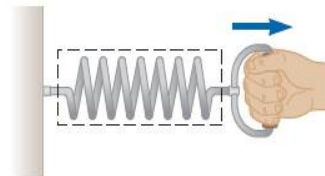
Οι Νόμοι της Κίνησης

- “Οι Δυνάμεις είναι αυτές που αλλάζουν την ταχύτητα ενός σώματος”

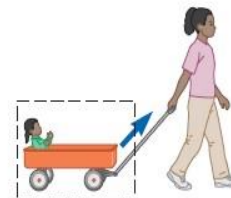
(I. Newton)

- Δυο κατηγορίες δυνάμεων
 - Δυνάμεις Επαφής
 - Δυνάμεις Πεδίου

Δυνάμεις Επαφής



a

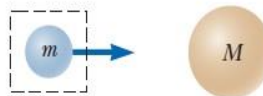


b

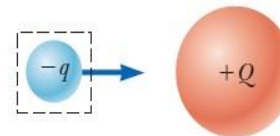


c

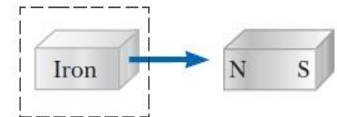
Δυνάμεις Πεδίου



d



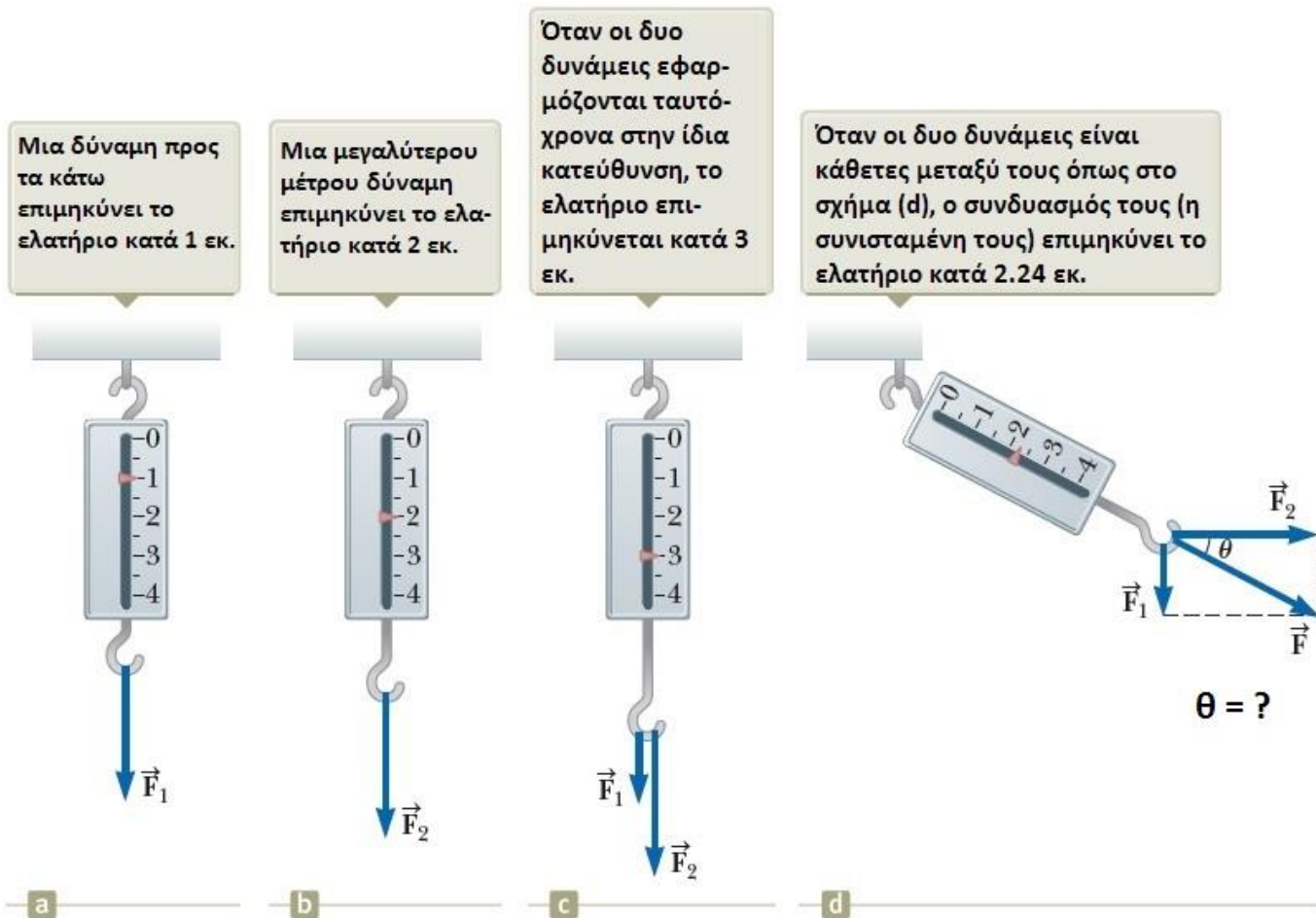
e



f

Οι Νόμοι της Κίνησης

- Η διανυσματική φύση της Δύναμης



Οι Νόμοι της Κίνησης

- **Συστήματα αναφοράς**

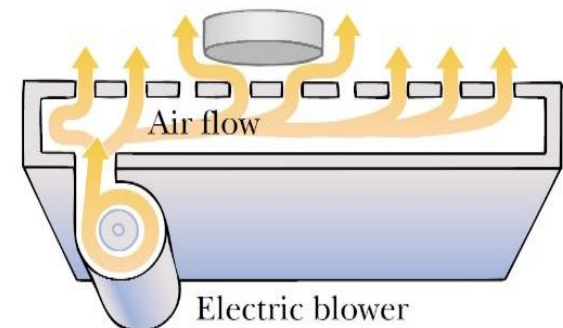
- **Σύστημα αναφοράς** ονομάζουμε το φυσικό αντικείμενο στο οποίο προσαρτούμε το σύστημα συντεταγμένων μας
 - Π.χ. το έδαφος, όταν μετράμε την ταχύτητα ενός σώματος
- Ένα σύστημα αναφοράς στο οποίο ένα σώμα **δεν αλληλεπιδρά** με άλλα σώματα και έχει **μηδενική** επιτάχυνση λέγεται **αδρανειακό σύστημα αναφοράς**

Οι Νόμοι της Κίνησης

- **Συστήματα 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

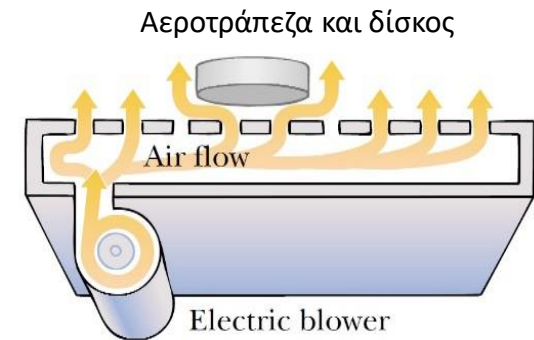


Αεροτράπεζα και δίσκος

Οι Νόμοι της Κίνησης

◉ Συστήματα Αναφοράς

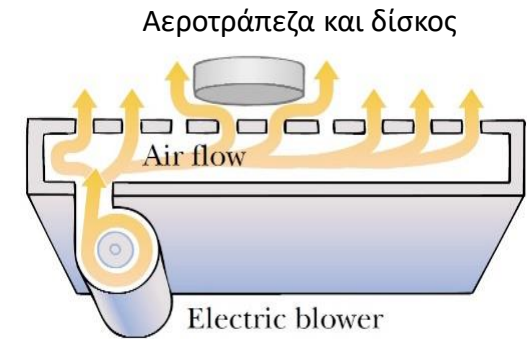
- ◉ 1) Αεροτράπεζα + δίσκος βρίσκονται στο έδαφος, το ίδιο και εμείς (παρατηρητές): αδρανειακό σύστημα αναφοράς
 - ◉ Γιατί? Δεν υπάρχει αλληλεπίδραση με άλλα σώματα και η επιτάχυνση του δίσκου είναι μηδενική
- ◉ 2) Αεροτράπεζα + δίσκος σε ένα τρένο που κινείται με σταθερή ταχύτητα, το ίδιο κι εμείς (ως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



Οι Νόμοι της Κίνησης

● Συστήματα Αναφοράς

- 3) Αεροτράπεζα + δίσκος σε τρένο υπό επιτάχυνση, το ίδιο κι εμείς (ως επιβάτες στο τρένο): μη αδρανειακό σύστημα αναφοράς
 - Γιατί? Το τρένο επιταχύνει ως προς το αδρανειακό σύστημα αναφοράς της επιφάνειας της Γης
 - Ένας παρατηρητής στο έδαφος 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
 - Έτσι, παρ' ότι εμείς – ως επιβάτες – παρατηρούμε μια φαινομενική επιτάχυνση του δίσκου ως προς εμάς (και άρα βρισκόμαστε σε μη αδρανειακό σύστημα), μπορούμε να βρούμε ένα άλλο αδρανειακό σύστημα για να περιγράψουμε τα φαινόμενα



Οι Νόμοι της Κίνησης

● Πρώτος Νόμος του Newton

- Πάντα μπορούμε να βρούμε ένα αδρανειακό σύστημα αναφοράς
 - ...και στη συνέχεια θα θεωρούμε κάθε σύστημα αναφοράς ως αδρανειακό, κι εκεί θα ισχύουν οι νόμοι που θα περιγράψουμε

● Απουσία εξωτερικών δυνάμεων και παρουσία αδρανειακού συστήματος αναφοράς

- ένα σώμα σε ηρεμία παραμένει σε ηρεμία
- ένα σώμα υπό σταθερή ταχύτητα παραμένει υπό σταθερή ταχύτητα

● Με άλλα λόγια

- Όταν δεν επιδρά καμιά δύναμη σε ένα σώμα, η επιτάχυνση του σώματος είναι μηδενική

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

Οι Νόμοι της Κίνησης

- **Πρώτος Νόμος του Newton**

- Όμως η δύναμη είναι διανυσματικό μέγεθος
- Μπορούν να ασκούνται δυνάμεις επάνω σε ένα σώμα αλλά η συνολική δύναμη (ή **συνισταμένη**) να είναι μηδέν!

- Άρα μια πιο σωστή διατύπωση του 1^{ου} νόμου του Newton θα είναι:

- Αν η συνισταμένη (το διανυσματικό άθροισμα) των δυνάμεων που ασκούνται σε ένα σώμα είναι μηδενική, η επιτάχυνση του σώματος είναι μηδενική

- Λέμε τότε ότι το σώμα **ισορροπεί**

Οι Νόμοι της Κίνησης

- Από τα προηγούμενα, μπορούμε λοιπόν να συμπεράνουμε ότι:
- Ένα σώμα που επιταχύνει πρέπει να υπόκειται σε κάποια (συνισταμένη) δύναμη
- Η δύναμη είναι το αίτιο της μεταβολής της κίνησης ενός σώματος

Οι Νόμοι της Κίνησης

- Διαφορετικά σώματα 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 σώματος που **ορίζει «πόση» αντίσταση παρουσιάζει στην προσπάθεια μεταβολής της ταχύτητάς του**

Οι Νόμοι της Κίνησης

- Ο 1^{ος} Νόμος του Newton μας εξηγεί τι συμβαίνει σε ένα σώμα όταν δεν ασκούνται δυνάμεις επάνω του
 - ...ή όταν οι δυνάμεις που ασκούνται έχουν συνισταμένη μηδέν
- Ο 2^{ος} Νόμος του Newton (που θα δούμε αμέσως) μας εξηγεί τι συμβαίνει όταν μια ή περισσότερες δυνάμεις ασκούνται επάνω του
 - ...οι οποίες προφανώς ΔΕΝ έχουν μηδενική συνισταμένη

Οι Νόμοι της Κίνησης

● Δεύτερος Νόμος του Newton

- Σε ένα αδρανειακό σύστημα αναφοράς, η επιτάχυνση ενός σώματος είναι
 1. ευθέως ανάλογη στη συνολική δύναμη, $\sum \vec{F}$, που ασκείται επάνω του και
 2. αντιστρόφως ανάλογη της μάζας του, m

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

- 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*

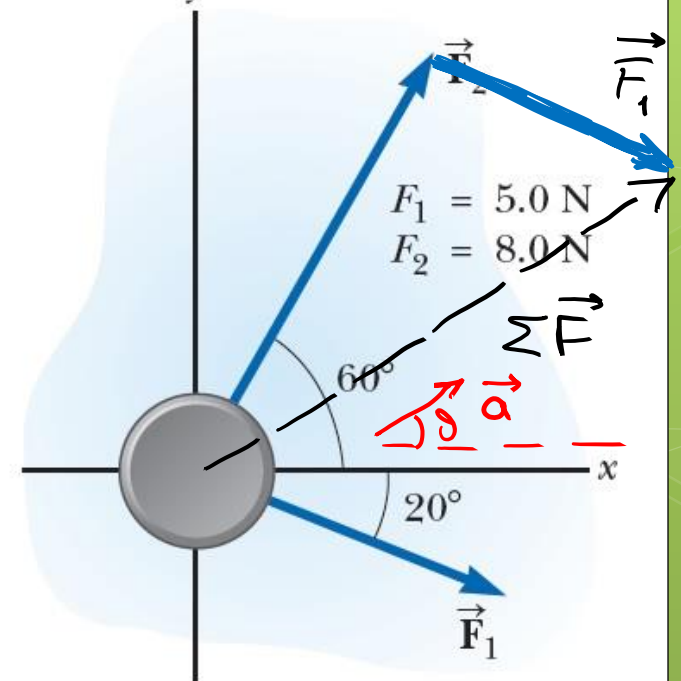
$$\sum \vec{F}_x = m\vec{a}_x, \quad \sum \vec{F}_y = m\vec{a}_y, \quad \sum \vec{F}_z = m\vec{a}_z$$

- Μπορούμε να μετατρέψουμε τις παραπάνω διανυσματικές εξισώσεις σε αλγεβρικές λαμβάνοντας υπ' όψη τη θετική φορά του εκάστοτε άξονα
 -όπως θα δείξουμε στο επόμενο παράδειγμα
- Μονάδα μέτρησης στο S.I.
 - Newton (N) $\Leftrightarrow 1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$

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.

Αναλύουμε σε άξονες τις δυο δυνάμεις, $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$.

Δουλεύουμε ξεχωριστά στους άξονες.

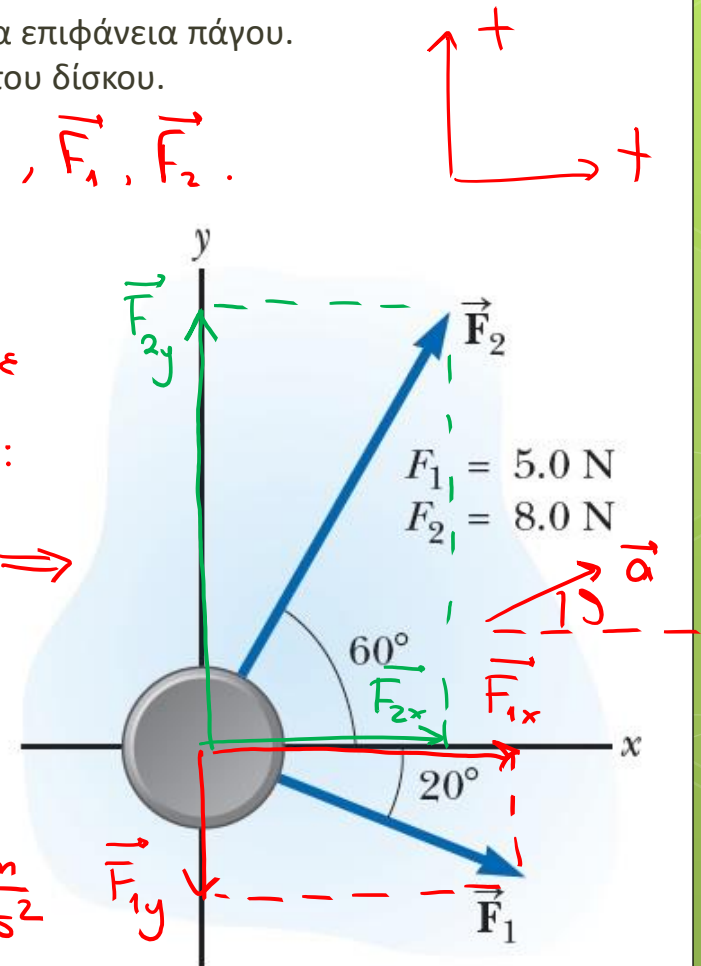
- x-άξονας: το σώμα επιταχύνεται με επιτάχυνση $\vec{a}_x$. Ισχύει ο 2ος Νόμος:

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

$$\Rightarrow F_{1x} + F_{2x} = m a_x \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_1 \cos 20^\circ + F_2 \cos 60^\circ = m a_x \Rightarrow$$

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



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.

y-άξονας: το σώμα επιταχύνεται, άρα ισχύει ο 2^{ος} Νόμος:

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

$$\Rightarrow F_{2y} - F_{1y} = ma_y \Rightarrow$$

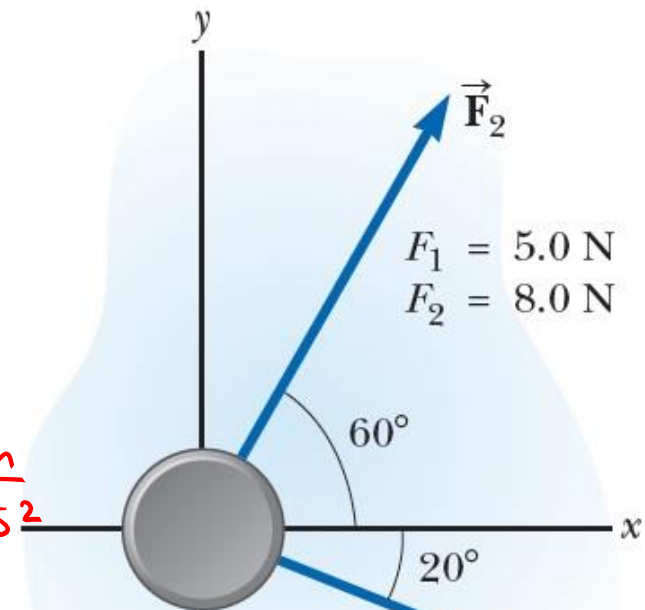
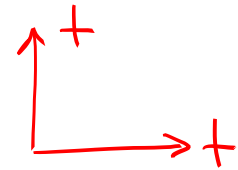
$$\Rightarrow F_2 \sin 60^\circ - F_1 \sin 20^\circ = ma_y \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 8 \sin 60^\circ - 5 \sin 20^\circ = 0.3 a_y \Rightarrow$$

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

$$\text{Άρα } \vec{a} = a_x \vec{i} + a_y \vec{j} = 29 \vec{i} + 17 \vec{j} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\text{Οπότε } |\vec{a}| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{29^2 + 17^2} \approx 33.6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}, \quad \theta = \tan^{-1} \frac{17}{29} \approx 30^\circ$$



Οι Νόμοι της Κίνησης

- Όλα τα σώματα 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 (απουσία αντιστάσεων του αέρα)

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

Οι Νόμοι της Κίνησης

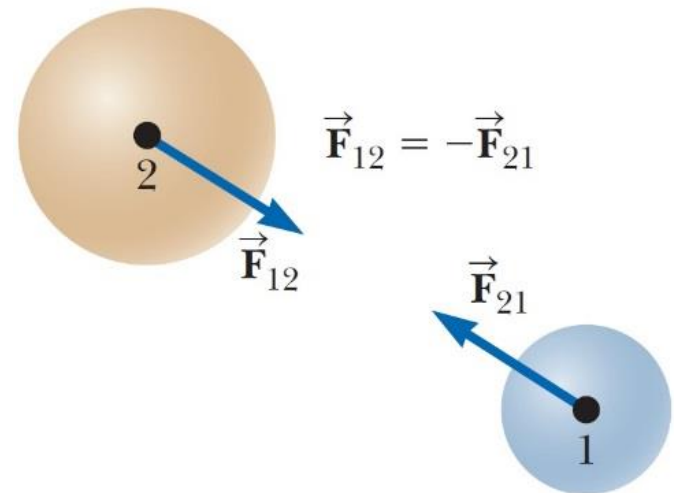
● Τρίτος Νόμος του Newton

● Σε κάθε δράση, υπάρχει μια αντίδραση!

● Πιο τυπικά... ☺

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

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



Οι Νόμοι της Κίνησης

• Τρεις Νόμοι του Newton

1. Ένα σώμα που υπόκειται σε μηδενική συνισταμένη δυνάμεων, ισορροπεί (δηλ. δεν επιταχύνεται)

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

2. Ένα σώμα που υπόκειται σε μη μηδενική συνισταμένη δυνάμεων, επιταχύνεται

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

3. Αν δυο σώματα αλληλεπιδρούν, η δύναμη $\vec{F}_{12}$ που ασκείται από το σώμα 1 στο σώμα 2 είναι ίση σε μέτρο και αντίθετη σε κατεύθυνση στη δύναμη $\vec{F}_{21}$, που ασκείται από το σώμα 2 στο σώμα 1

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

Οι Νόμοι της Κίνησης

- **Ανάλυση** με βάση τους Τρεις Νόμους
- Δυο **νέα** μοντέλα
 - Α) Όταν τα σώματα βρίσκονται σε **ισορροπία** ($\vec{a} = 0$)
 - Β) Όταν σώματα **επιταχύνουν** υπό την άσκηση εξωτερικών δυνάμεων ($\vec{a} \neq 0$)

Θυμηθείτε τα μοντέλα της Κινητικής!!

Α. Κίνηση υπό σταθερή ταχύτητα

Β. Κίνηση υπό σταθερή επιτάχυνση

Οι Νόμοι της Κίνησης

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

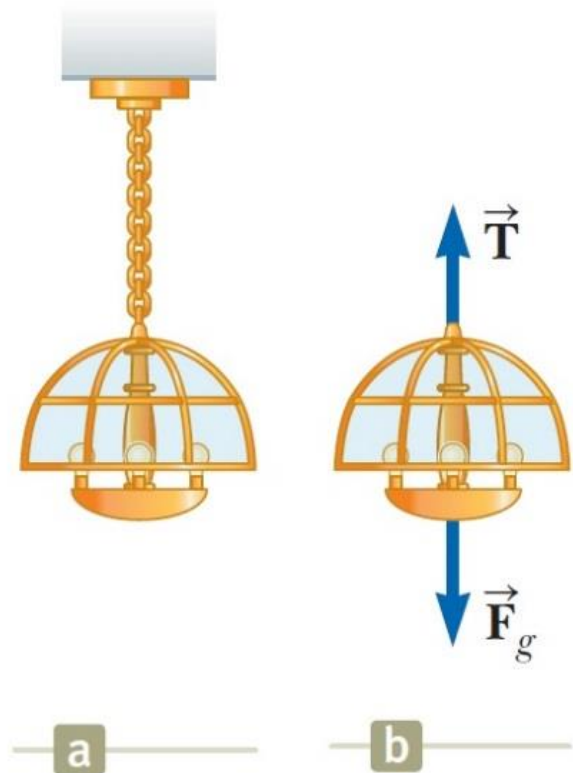
$$(\vec{a} = 0)$$

- η συνισταμένη των δυνάμεων

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

- Παράδειγμα

- Ο πολυέλαιος κρέμεται σταθερά από το ταβάνι. Ποιες δυνάμεις ασκούνται επάνω του?

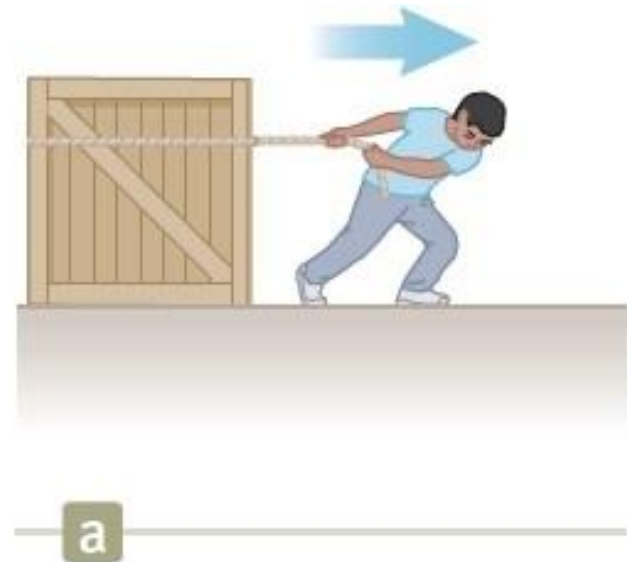


Οι Νόμοι της Κίνησης

- 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

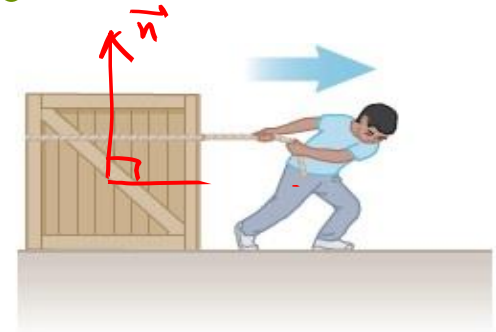


Οι Νόμοι της Κίνησης

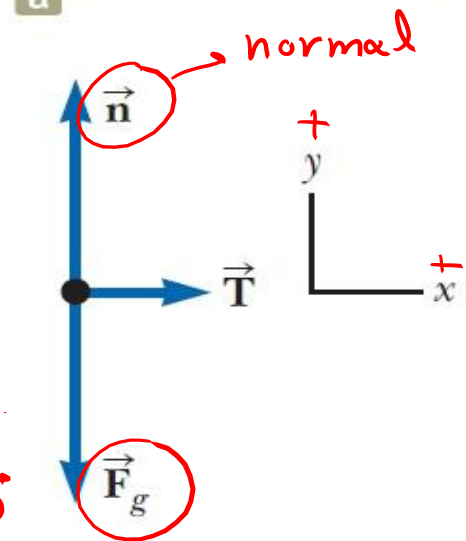
● Παράδειγμα

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

Διάγραμμα
ελεύθερου σώματος



a



b

- Το σώμα (κιβώτιο) επιταχύνεται ΜΟΝΟ στον x -άξονα. Ισχύει ο 2ος Νόμος:
$$\sum \vec{F}_x = m \vec{a}_x \Leftrightarrow \vec{T} = m \vec{a}_x \Rightarrow T = m a_x \Rightarrow$$
$$\Rightarrow a_x = \frac{T}{m}. \text{ Άρα } \vec{a}_x = \frac{T}{m} \vec{i}$$

- Το σώμα (κιβώτιο) ισορροπεί στον άξονα y . Ισχύει ο 1ος Νόμος: $\sum \vec{F}_y = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{n} + \vec{F}_g = \vec{0}$
$$\Rightarrow n - F_g = 0 \Rightarrow n = F_g = mg.$$

Οι Νόμοι της Κίνησης

● Τέσσερα μοντέλα ανάλυσης της κίνησης

Κίνηση υπό
σταθερή
ταχύτητα

$$x_f = x_i + u_x t$$

Κίνηση υπό σταθερή επιτάχυνση

1. $u_{x_f} = u_{x_i} + a_x t$
2. $u_{x,avg} = \frac{u_{x_i} + u_{x_f}}{2}$
3. $x_f = x_i + u_{x,avg} t$
4. $x_f = x_i + u_{x_i} t + \frac{1}{2} a_x t^2$
5. $u_{x_f}^2 = u_{x_i}^2 + 2a_x(x_f - x_i)$

Σώμα σε
ισορροπία

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

Σώμα σε
επιτάχυνση

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

Σώμα σε
ακίνησια

Οι Νόμοι της Κίνησης

- **Δυο σημεία** που πρέπει να προσέξετε
- 1) 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 έχετε πολλαπλά μοντέλα ανάλυσης στην ίδια κατεύθυνση (άξονα)
 - Προηγούμενο παράδειγμα
 - Σώμα υπό επίδραση δύναμης στον άξονα x
 - Σώμα υπό επίδραση σταθερής επιτάχυνσης στον άξονα x



Συνεχίζεται...
