ΦΥΣΙΚΗ (ΒΙΟ_ΦΥΣ)

Χειμερινό Εξάμηνο 2023-2024

Διδάσκων

- ΑΝΔΡΙΚΟΠΟΥΛΟΣ Κωνσταντίνος

  kandriko@upatras.gr

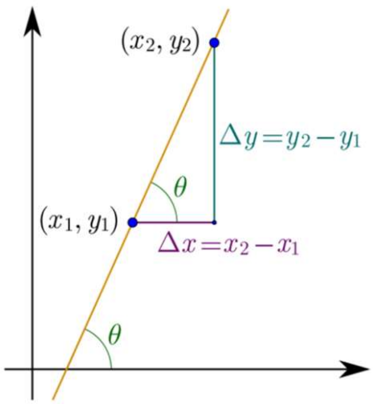
- **ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ**
- Πανεπιστήμιο Πατρών

Που μπορείτε να με βρίσκετε: Α’ κτίριο, 2ος όροφος γρ. 313

Διαλέξεις
Αίθουσα Β/Μ-026

Μέρες/Ώρες
ΔΕ 12.00-14.00
ΤΡ 09.00-11.00

Παράγωγος (derivative)



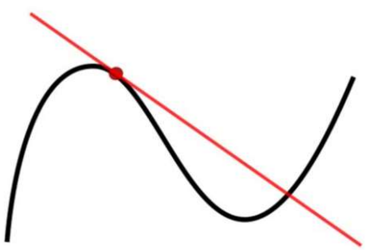
$\tan\theta = \frac{\Delta y}{\Delta x}$ Όταν Δx→0, Δy→0

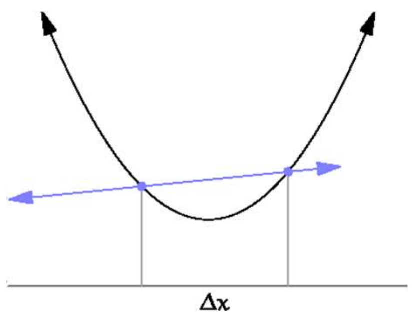
y=f(x)=ax+b (ευθεία)

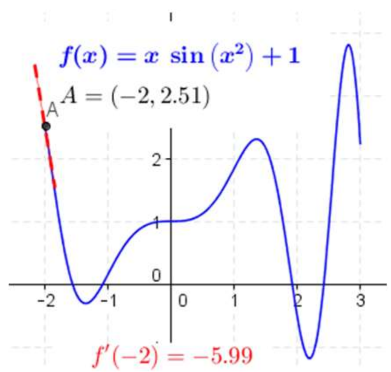
$$\tan\theta = \lim_{\Delta x \to 0}\left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right) \stackrel{\text{def}}{=} \frac{dy}{dx} = \frac{df(x)}{dx} = f'(x)$$

Παράγωγος της συνάρτησης f

Πρακτικά δηλώνει την **κλίση της συνάρτησης f σε καθένα σημείο x**
Εάν x→t, χρόνος τότε: Ρυθμός μεταβολής







$f(x)=x^n$	$f'(x)=nx^{n-1}$
g(x)=a f(x) a:constant	g'(x)=a f'(x)
h(x)=f(x)+g(x)	h'(x)=f'(x)+g'(x)
h(x)=f(x) g(x)	h'(x)=f'(x)g(x)+ f(x)g'(x)
g(x)=1/f(x)	$g'(x)=[-1/f(x)^2]f'(x)$

https://en.wikipedia.org/wiki/Derivative

Modeling growth rates

$\Delta N(t)/\Delta t$ = Γ-Θ = r N(t)

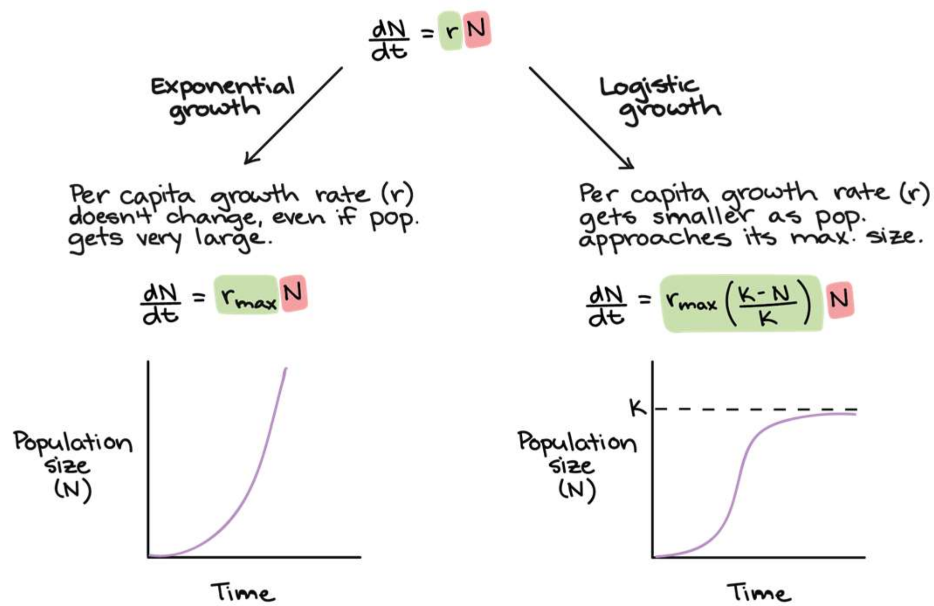
Γ ο αριθμός των γεννήσεων = $\gamma N(t)$

Θ ο αριθμός των θανάτων = $\theta N(t)$ → **Γ-Θ** = $\gamma N(t)-\theta N(t)=$**r N(t)**

N(t) ο πληθυσμός μια ορισμένη χρονική στιγμή t

r ο ρυθμός αύξησης για κάθε <u>**ένα**</u> οργανισμό

Συνήθως θέλουμε να γνωρίζουμε το ρυθμό αύξησης σε <u>**συγκεκριμένη χρονική στιγμή**</u>!



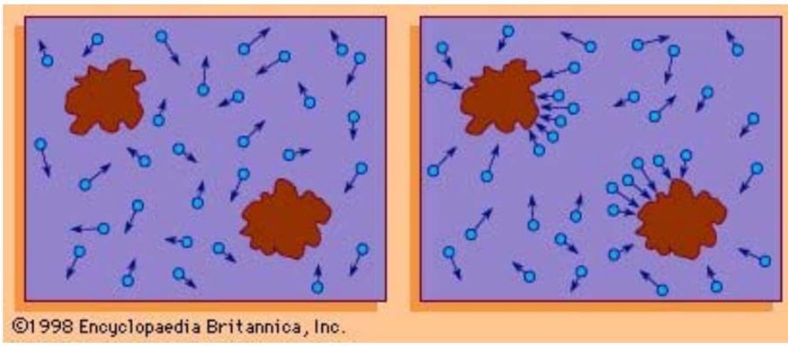
dN/dt = rN

Εκθετική αύξηση

ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ

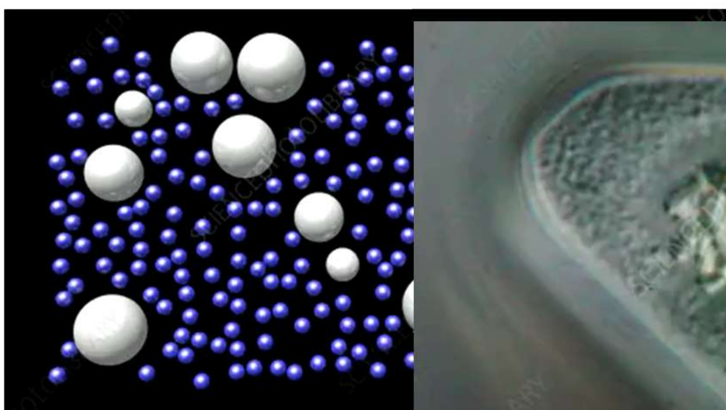
Η Κινητική ή Κινηματική είναι κλάδος της μηχανικής που περιγράφει την κίνηση των σωμάτων αδιαφορώντας για τη μάζα τους ή τις αιτίες, δυνάμεις, που προκαλούν την κίνησή τους.

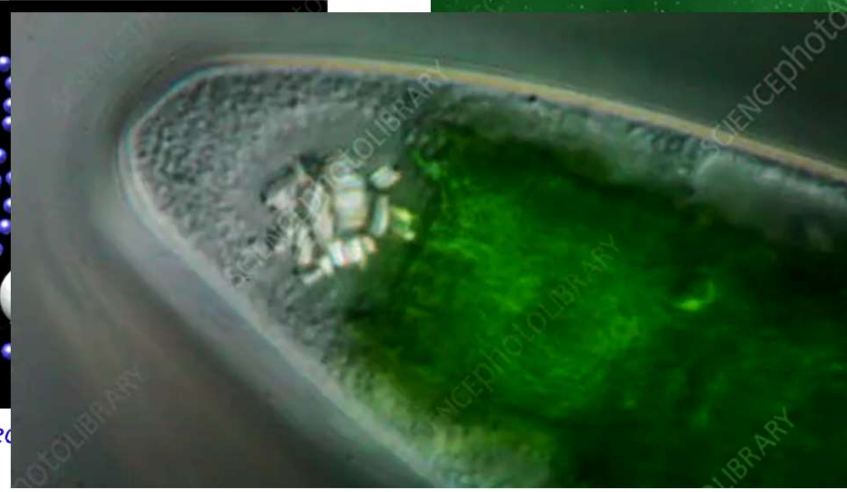
Κίνηση Brown



Random Walk

$\langle \Delta \mathrm{x} \rangle \propto t^{1/2}$ $D = \frac{kT}{6\pi\eta R}$, σε 3D





https://www.sciencephoto.com/mec
motion-animation

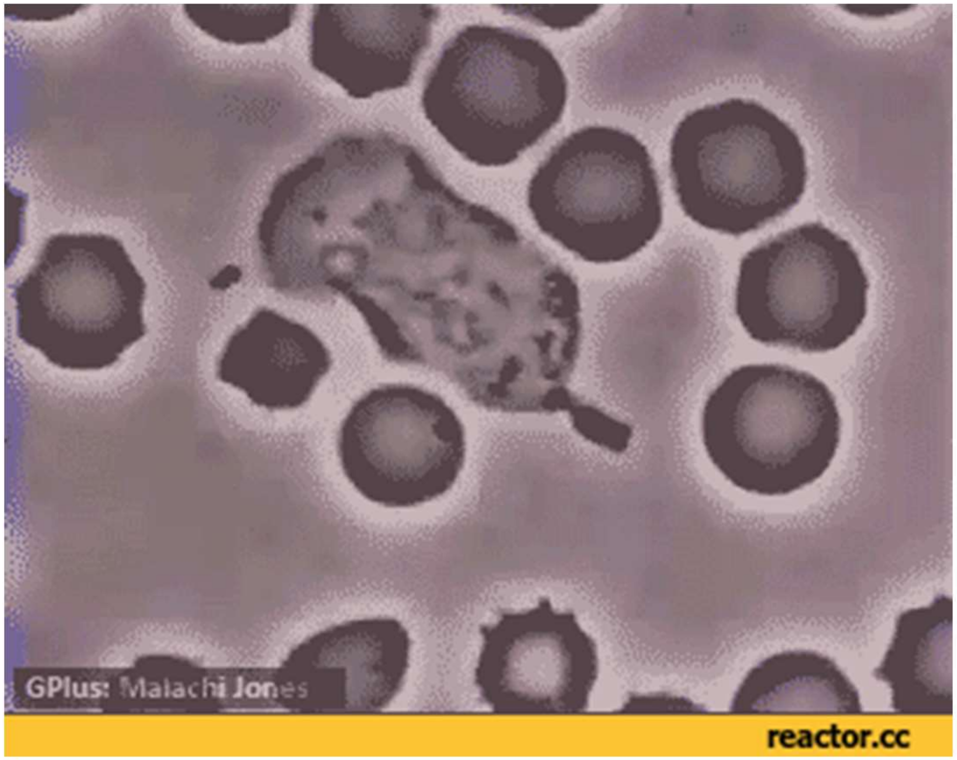
edia/237006/view/brownian-motion

Αποστολή στον Άρη

https://dlmultimedia.esa.int/download/public/videos/2016/02/043/1602_043_AR_EN.mp4

ESA

Κίνηση μονοκύτταρων οργανισμών



https://giphy.com/gifs/cell-animation-34RXqfbRIdT0I

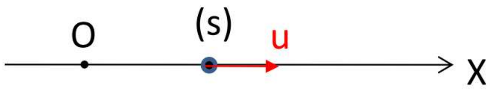
Διάφοροι άλλοι μικροοργανισμοί ή κίνηση των οποίων καταγράφηκε με οπτικό μικροσκόπιο

https://www.nikonsmallworld.com/galleries/2020-small-world-in-motion-competition/a-marine-tardigrade-batillipes-lusitanus

[A marine tardigrade (Batillipes lusitanus) | 2020 Small World in Motion Competition | Nikon’s Small World (nikonsmallworld.com)]

ΚΙΝΗΣΗ ΣΕ ΜΙΑ ΔΙΑΣΤΑΣΗ

ΤΑΧΥΤΗΤΑ – ευθύγραμμη ομαλή κίνηση



u=σταθ, σε ίσους χρόνους → ίσα διαστήματα

Η ταχύτητα στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση ορίζεται ως (ειδική περίπτωση της u=ds/dt):

$$u = \frac{s(t) - s_o}{t} \Leftrightarrow s(t) = s_o + ut$$

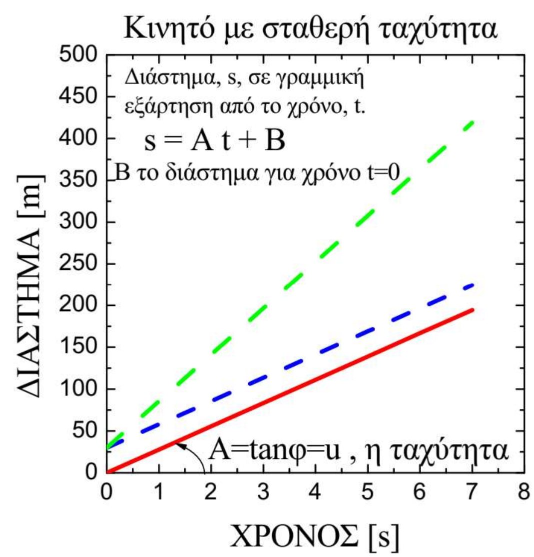
όπου s_o το αρχικό διάστημα για t=0
s το διάστημα που διανύει το κινητό σε χρόνο t

$$u = \frac{s}{t}$$

Μονάδες: [SI] → **m/s,** Km/h, miles/h, cm/s

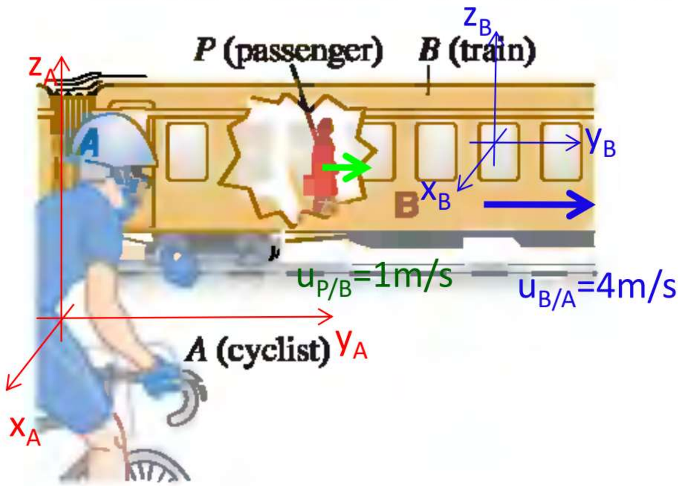
Παράδειγμα $100\frac{km}{h} = 100 \cdot \frac{1000m}{3600s} = 27.78m/s$

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ του s vs t → **s=s(t)**



Ποια η διαφορά για τα κινητά των οποίων το διάστημα σα συνάρτηση του χρόνου απεικονίζεται με κόκκινη, πράσινη και μπλε καμπύλη;

ΣΧΕΤΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ (1D) – ευθ. ομ. κίν.



A→ Ποδηλάτης – αδρανειακό σύστημα A
B→ Τρένο – αδρανειακό σύστημα B,
$u_{B/A}$=4m/s ως προς A
P→ Επιβάτης $u_{P/B}$=1m/s ως προς B
Ποια η ταχύτητα του P ως προς A, $u_{P/A}$;

ΠΡΟΣΟΧΗ: οι ταχύτητες είναι διανυσματικά μεγέθη. Επειδή το πρόβλημα είναι **<u>μονοδιάστατο</u>** αρκούν οι αλγεβρικές τιμές της ταχύτητας ($u_{B/A}$ >0, $u_{P/B}$>0).
Το + προέρχεται από το πρόβλημα δηλαδή οι ταχύτητες είναι ομόρροπες άρα προστίθενται.

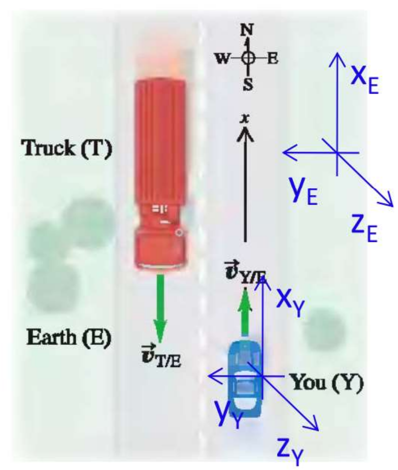
$$\boxed{u_{P/A} = u_{P/B} + u_{B/A}}$$

$$u_{T/E} = -104 km/h$$

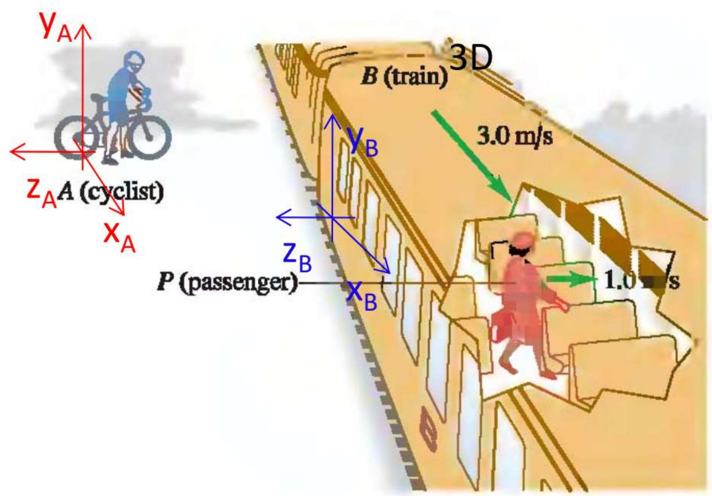
$$u_{Y/E} = +88 km/h$$

$$u_{T/E} = u_{T/Y} + u_{Y/E}$$

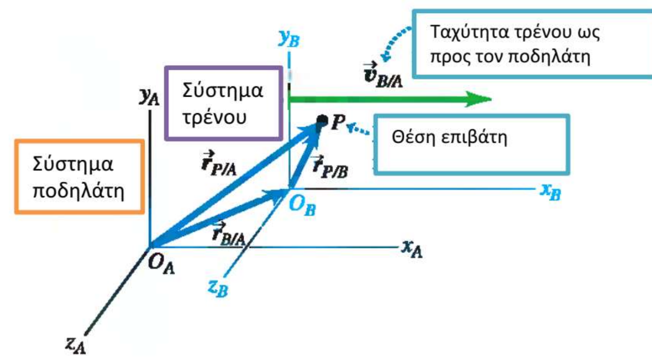
$$\boxed{u_{T/Y} = u_{T/E} - u_{Y/E}}$$

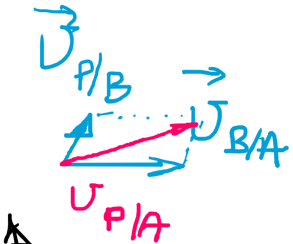


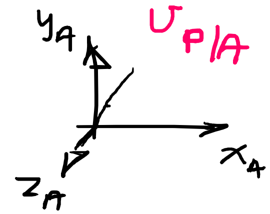
ΣΧΕΤΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ (3D) – ευθ. ομ. κίν.



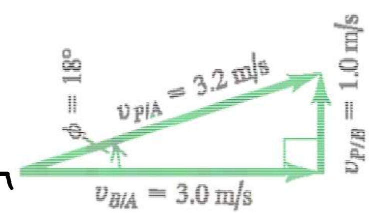
ΘΕΣΕΙΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ



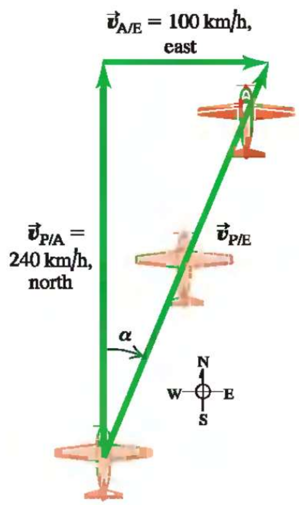




ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΑ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ



ΕΝΑ ΑΚΟΜΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

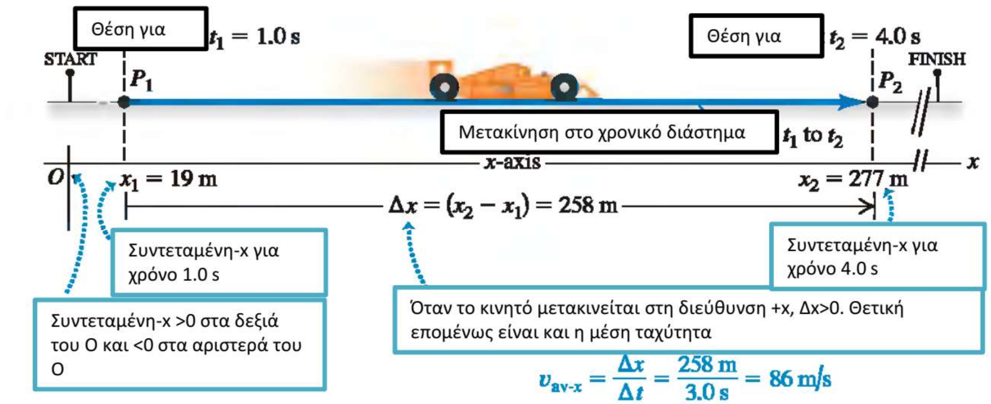


$$\boxed{\mathbf{u}_{P/E} = \mathbf{u}_{P/A} + \mathbf{u}_{A/E}}$$

$$\text{μέτρο } u_{P/E} = \sqrt{u_{P/A}^2 + u_{A/E}^2} = 260 \, m/s$$

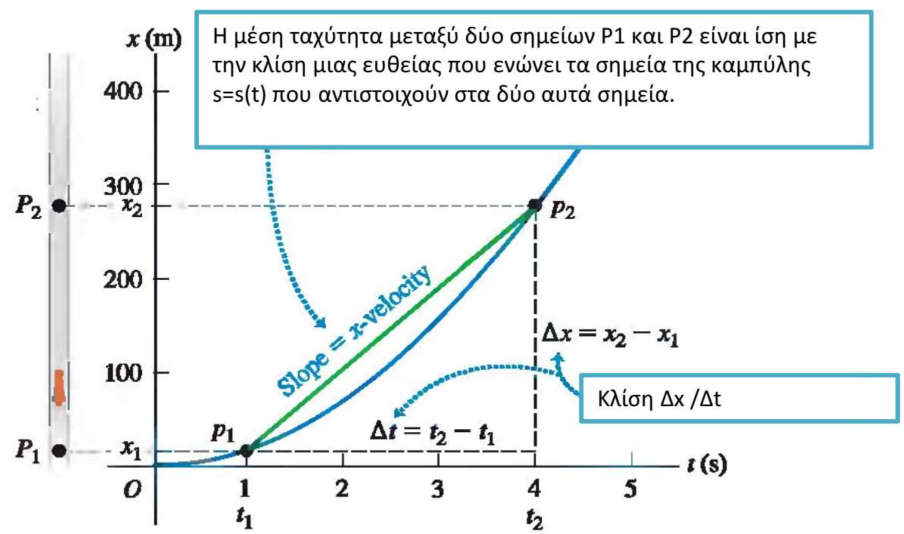
$$\tan a = \frac{u_{A/E}}{u_{P/A}} = \frac{100}{240} \rightarrow a = \operatorname{atan}\frac{100}{240} = 22.6^\circ$$

ΤΑΧΥΤΗΤΑ – ευθύγραμμα επιταχυνόμενη κίνηση



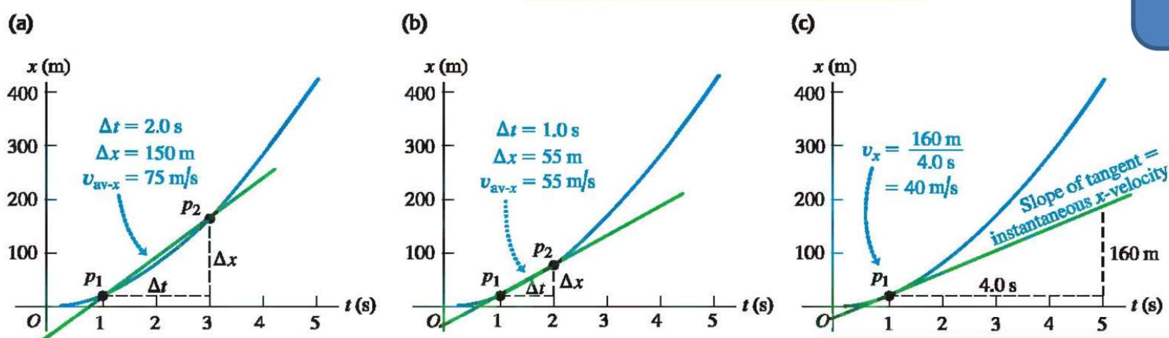
Μέση ταχύτητα

$$u_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$



ΤΑΧΥΤΗΤΑ – ευθύγραμμα επιταχυνόμενη κίνηση

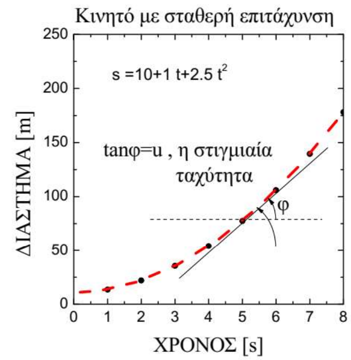
Στιγμιαία ταχύτητα $$v_x = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$ ← ΓΕΝΙΚΟΣ ΟΡΙΣΜΟΣ



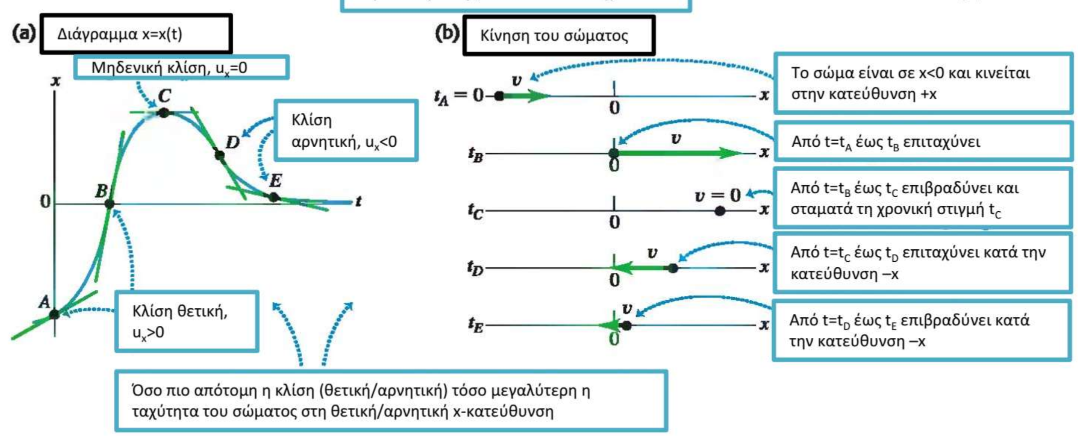
Όσο η μέση ταχύτητα υπολογίζεται για μικρότερα χρονικά διαστήματα…

…η τιμή της $u_{av}=\Delta x/\Delta y$ πλησιάζει την ταχύτητα στο σημείο p1

Η στιγμιαία ταχύτητα u_x σε κάθε σημείο x είναι ίση με την κλίση της εφαπτομένης σε αυτό το σημείο



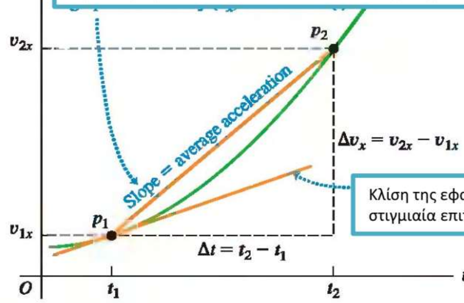
Σε μια πιο πολύπλοκη κίνηση πώς μπορώ να εκτιμήσω τη στιγμιαία ταχύτητα εάν έχω το <u>διάγραμμα κίνησης</u> (x=x(t));



ΤΑΧΥΤΗΤΑ – ευθύγραμμα επιταχυνόμενη κίνηση

Μέση επιτάχυνση $a_{av\text{-}x} = \dfrac{v_{2x} - v_{1x}}{t_2 - t_1} = \dfrac{\Delta v_x}{\Delta t}$

Για τη μετακίνηση ενός σώματος πάνω στον άξονα xx' η μέση του επιτάχυνση είναι ίση με την κλίση της ευθείας που ενώνει τα αντίστοιχα σημεία στην καμπύλη u=u(t)



Κλίση της εφαπτομένης στο σημείο p1 = στιγμιαία επιτάχυνση στο p1

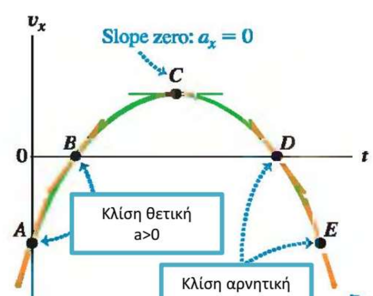
Στιγμιαία επιτάχυνση

ΓΕΝΙΚΟΣ ΟΡΙΣΜΟΣ → $a_x = \lim_{\Delta t \to 0} \dfrac{\Delta v_x}{\Delta t} = \dfrac{dv_x}{dt}$

(a) Διάγραμμα u=u(t)

(b) Θέση, ταχύτητα και επιτάχυνση

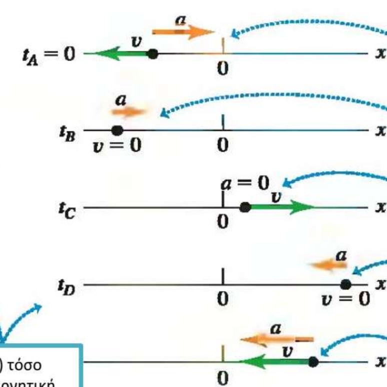
Σε μια πιο πολύπλοκη κίνηση πώς μπορώ να εκτιμήσω τη στιγμιαία επιτάχυνση εάν έχω το διάγραμμα u=u(t);



Κλίση θετική a>0

Κλίση αρνητική a<0

Όσο πιο απότομη είναι η κλίση (θετική/αρνητική) τόσο μεγαλύτερη είναι η επιτάχυνσή του στη θετική/αρνητική κατεύθυνση x.



Το σώμα είναι σε x<0 και κινείται στην κατεύθυνση –x(u<0) επιβραδυνόμενο (u και a με αντίθετα πρόσημα)

Το σώμα είναι σε x<0 και στιγμιαία ακινητοποιείται (u=0) με τάση να κινηθεί στην κατεύθυνση +x (a>0)

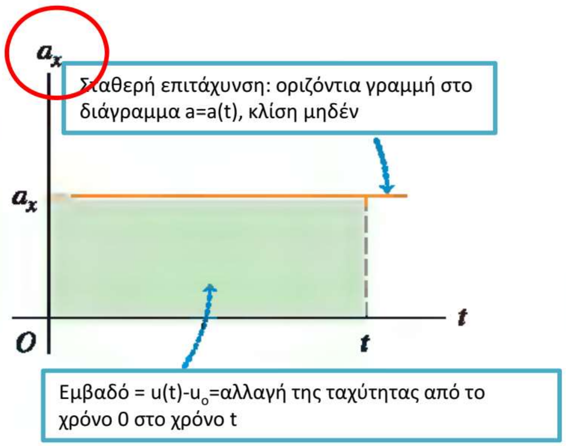
Το σώμα είναι σε x>0, κινείται στην κατεύθυνση +x (u>0) και η ταχύτητά του στιγμιαία δεν αλλάζει (a=0)

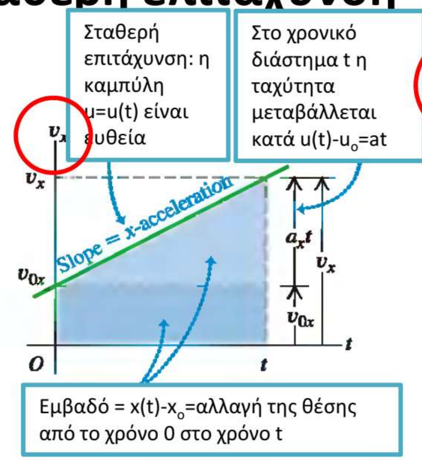
Το σώμα είναι σε x>0, είναι στιγμιαία ακίνητο (u=0) και έχει την τάση να κινηθεί στην κατεύθυνση –x (a<0)

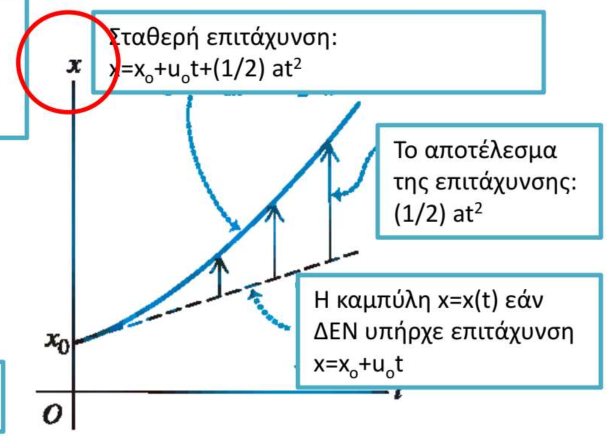
Το σώμα είναι σε x>0, κινείται στην κατεύθυνση –x (u<0) και επιταχύνει (u, a με ίδιο πρόσημο)

Ευθύγραμμα ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση

Σταθερή επιτάχυνση





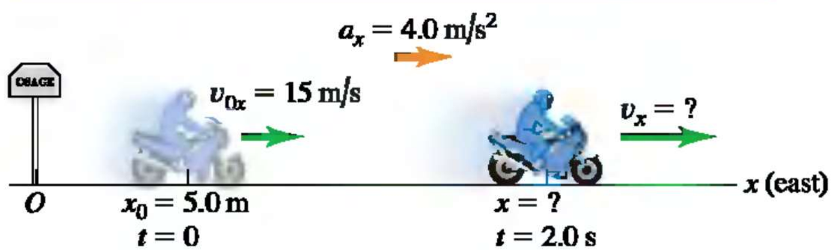


$$a_x = \frac{du}{dt} \Rightarrow du = a_x dt \Rightarrow \int_{u_{ox}}^{u_x} du = \int_0^t a_x dt \Rightarrow u_x - u_{ox} = a_x t$$

$$u_x = \frac{dx}{dt} \Rightarrow dx = u_x dt \Rightarrow \int_{x_o}^{x} x = \int_0^t u_x dt \Rightarrow x - x_o = \int_0^t (u_{ox} + a_x t) dt \Rightarrow x - x_o = u_{ox} t + \frac{1}{2} a_x t^2$$

Οι γνωστοί σας τύποι...

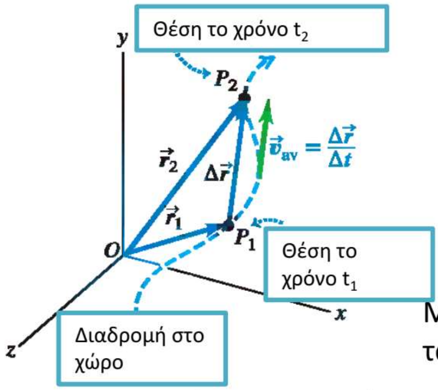
Μηχανή κινείται με σταθερή επιτάχυνση



$$x = 43m$$

$$u_x = 23m/s$$

ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΑ – ΧΩΡΟΣ 3D



Θέση κινητού στο χώρο

P=P(t)

P→ $\vec{r} = \overrightarrow{OP}$

Παραμετρικές εξισώσεις κίνησης

x=x(t)
y=y(t)
z=z(t)

Μέση ταχύτητα $\vec{v}_{av} = \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$

Στιγμιαία ταχύτητα $\vec{v} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}$

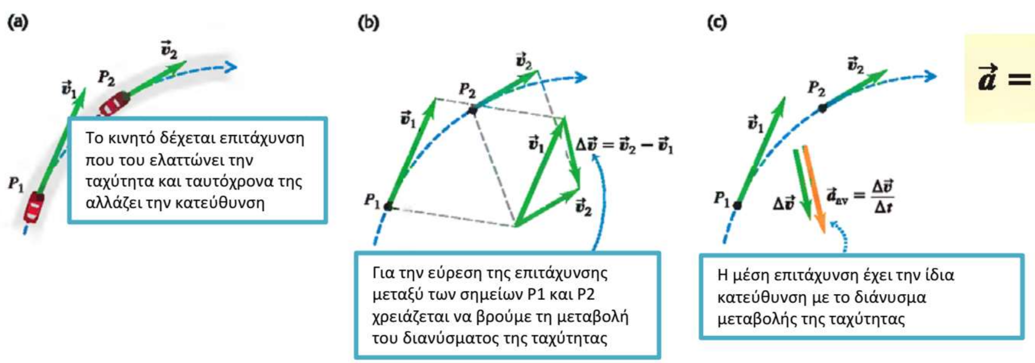
Συνιστώσες και μέτρο ταχύτητας

$$v_x = \frac{dx}{dt} \qquad v_y = \frac{dy}{dt} \qquad v_z = \frac{dz}{dt}$$

$$u = \sqrt{u_x^2 + u_y^2 + u_z^2}$$

2D $u = \sqrt{u_x^2 + u_y^2}$ $\quad \tan\vartheta = \frac{u_y}{u_x}$

$$\vec{a}_{av} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

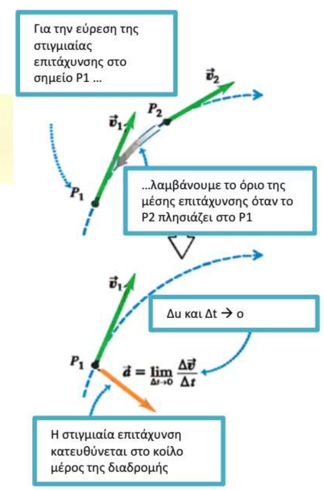


$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

2D

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$$

$$\tan\vartheta = \frac{a_y}{a_x}$$



2. (α) Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του πίνακα που ακολουθεί, να σχεδιάσετε το διάγραμμα θέσης-χρόνου λαμβάνοντας υπόψη τις μετρήσεις μόνο για τις χρονικές στιγμές t = 0, 4 και 8 s. Υπολογίστε την ταχύτητα για καθένα από τα χρονικά διαστήματα [0,4] και [4,8], και δείξτε στη συνέχεια ότι η μέση τιμή της επιτάχυνσης είναι μηδέν.

t (s)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
x (m)	1	7,25	9	7,75	5	2,25	1	2,75	9

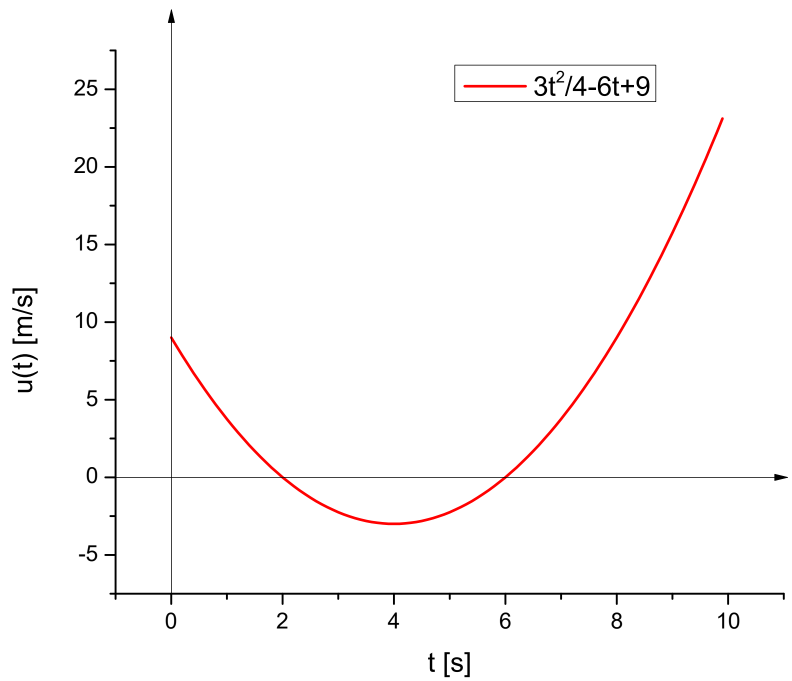
(β) Σχεδιάστε τώρα τη γραφική παράσταση θέσης-χρόνου λαμβάνοντας υπόψη και τα εννέα σημεία. Υπολογίστε την ταχύτητα αυτή τη φορά για καθένα από τα οκτώ χρονικά διαστήματα ξεκινώντας από το [0,1] και καταλήγοντας στο [7,8]. Υπολογίστε στη συνέχεια τη μέση τιμή της επιτάχυνσης για τα χρονικά διαστήματα [0,2], [2,4], [4,6], [6,8] χρησιμοποιώντας τις τιμές ταχύτητας που προσδιορίσατε προηγουμένως.

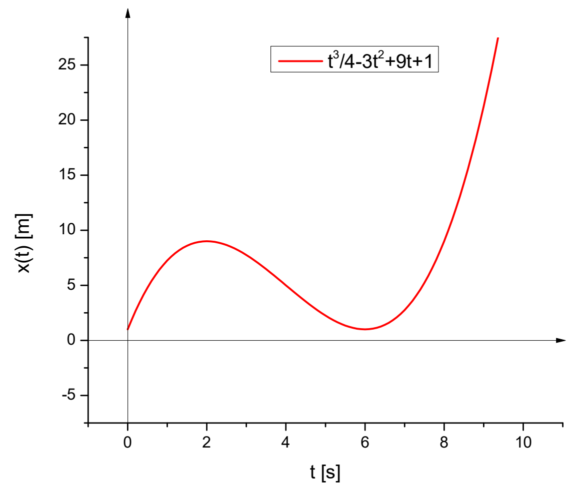
(γ) Επιβεβαιώστε το γεγονός ότι τα δεδομένα του πίνακα μπορούν να «αναπαραχθούν» από μια συνάρτηση της μορφής $x(t) = t^3/4 - 3t^2 + 9t + 1$. Δείξτε ότι η συγκεκριμένη συνάρτηση περιγράφει την κίνηση ενός αντικειμένου που κινείται προς τη θετική κατεύθυνση, σταματά και κινείται προς την αντίθετη κατεύθυνση και μετά από μια ακόμα στάση κινείται προς τη θετική κατεύθυνση με συνεχώς αυξανόμενη ταχύτητα.

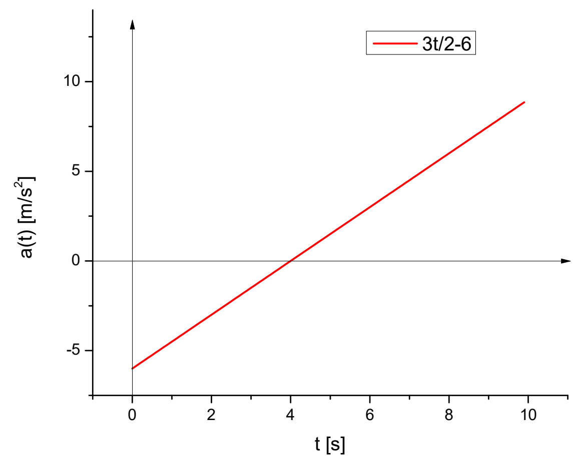
t (s)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
x (m)	1	7,25	9	7,75	5	2,25	1	2,75	9

(δ) Παρατηρήστε ότι όταν χρησιμοποιούμε, όπως στο ερώτημα (α), χρονικά διαστήματα των 4 s χάνουμε τις λεπτομέρειες της κίνησης, η οποία περιγράφεται με μεγαλύτερη πληρότητα αν χρησιμοποιήσουμε μικρότερα χρονικά διαστήματα. Σε ποιά χρονικά διαστήματα είναι η κλίση της γραφικής παράστασης $x(t)$ θετική; Πού είναι αρνητική και πού μηδέν; Ποιά η φυσική σημασία του προσήμου της κλίσης της καμπύλης $x(t)$; Αν η κλίση αυτής της καμπύλης αλλάζει πρόσημο, τι συμπέρασμα μπορούμε να βγάλουμε για την ταχύτητα και την επιτάχυνση του σώματος;

Πρόβλημα 2 σελ48 Mewman







ΤΡΟΧΙΑ – 2D

x=x(t) και y=y(t) → ΤΡΟΧΙΑ : y=f(x) χωρίς να περιλαμβάνεται ο χρόνος

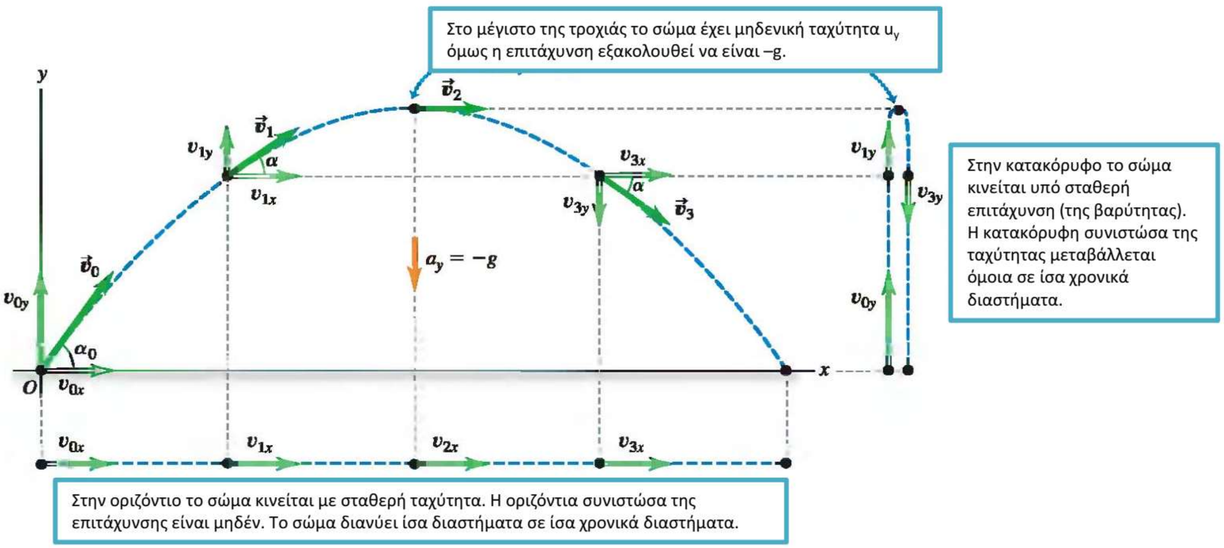
Παραμετρικές εξισώσεις κίνησης

{z=z(t)}

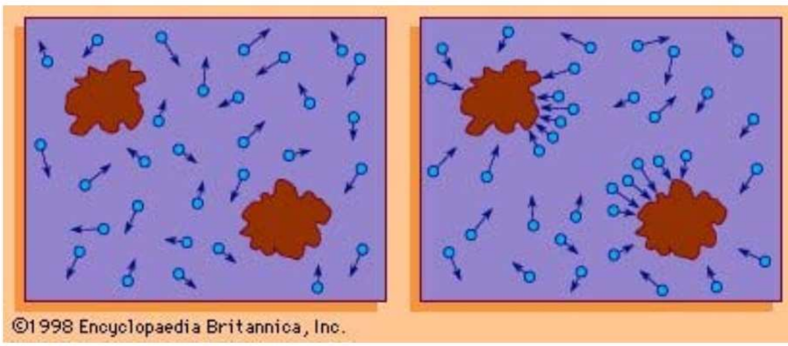
$x=u_{ox}t$ → Ομαλή ευθύγραμμη κίνηση

$y=u_{oy}t-(1/2)gt^2$ → Ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση (g)

$$y=\frac{u_{oy}}{u_{ox}}x-\frac{g}{2u_{ox}^2}x^2$$ ΠΑΡΑΒΟΛΗ



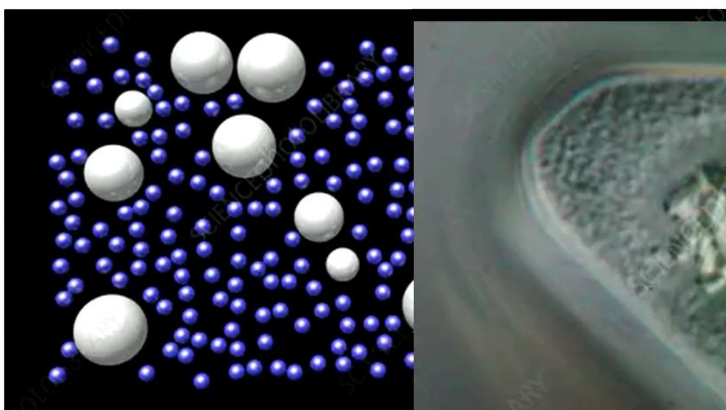
Κίνηση Brown

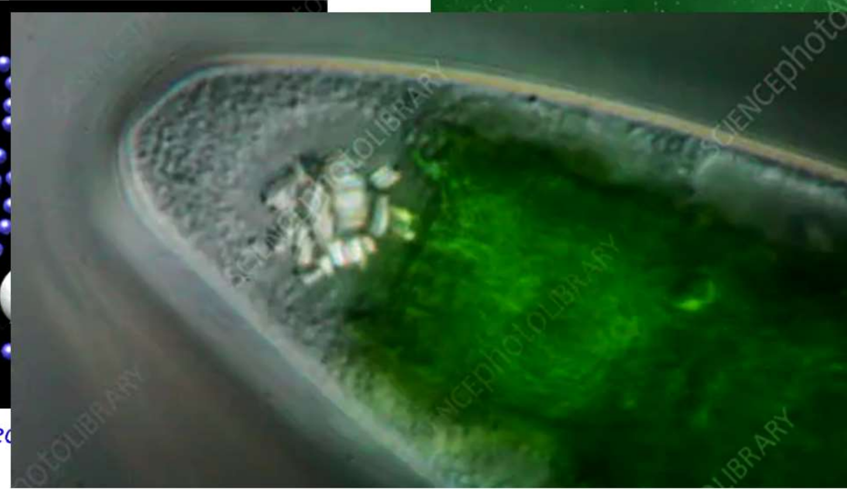


Random Walk

$\langle \Delta \mathrm{x} \rangle \propto t^{1/2}$

$D = \frac{kT}{6\pi\eta R}$, σε 3D

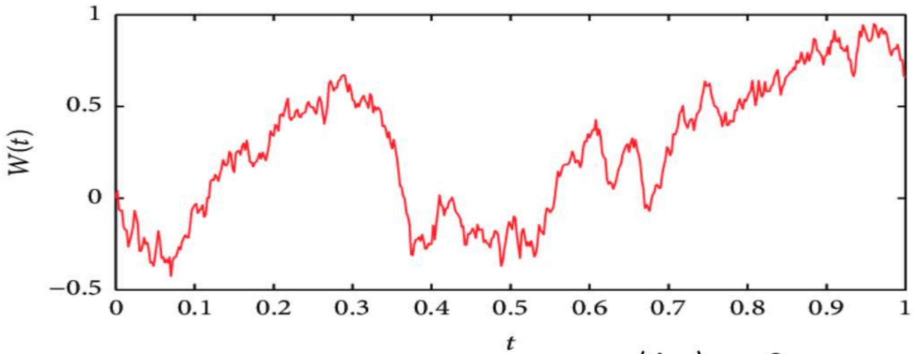




https://www.sciencephoto.com/me
motion-animation

edia/237006/view/brownian-motion

Τυχαίος περίπατος (random walk)



1D

$$\langle \Delta x \rangle = 0$$

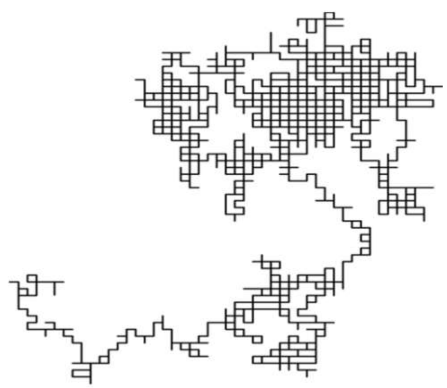
$$\langle (\Delta \mathrm{x})^2 \rangle = 2Dt$$

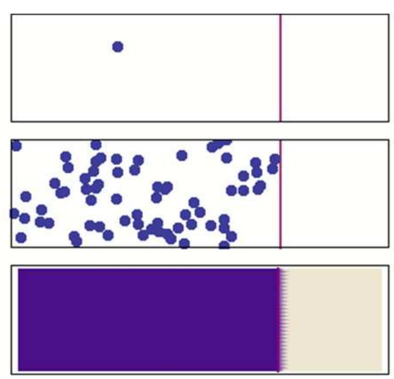
$$\Delta \mathrm{x}_{rms} = \sqrt{\langle (\Delta \mathrm{x})^2 \rangle} \propto \sqrt{t}$$

D: σταθερά διάχυσης (εξαρτάται από το σχήμα-μέγεθος σωματιδίου, τη θερμοκρασία και το ιξώδες)

Σφαίρα σε ρευστό $D = \frac{kT}{6\pi\eta R}$

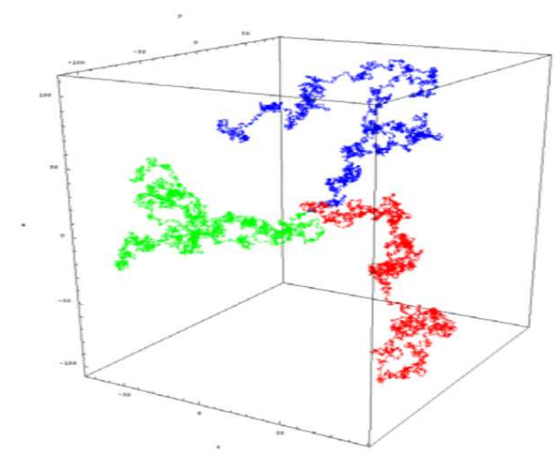
low Reynolds number





2D

$$\langle (\Delta \mathrm{x})^2 \rangle = 4Dt$$



3D

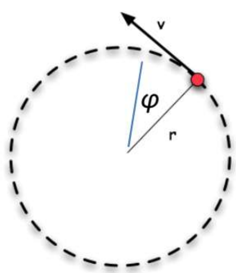
$$\langle (\Delta \mathrm{x})^2 \rangle = 6Dt$$

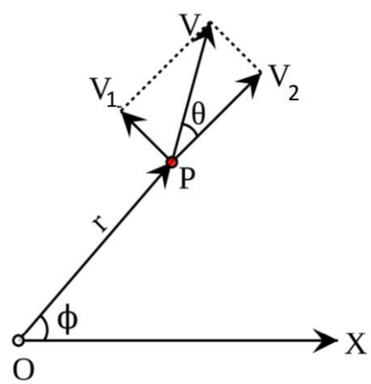
Παραδείγματα – random walk

Π.χ. 2.9 (3)
Ο συντελεστής διάχυσης για τη σακχαρόζη του αίματος (37^o C) είναι 9.6 10^{-11} m^2/s.
(α) Υπολογίστε τη μέση απόσταση $(\Delta x)_{rms}$ που ένα μόριο σακχαρόζης «εξερευνά» σε τρεις διαστάσεις σε χρόνο 1 h.
(β) Υπολογίστε το χρόνο που απαιτείται για ένα μόριο σακχαρόζης να διαχυθεί από το κέντρο στην περιφέρεια τριχοειδούς σωλήνα διαμέτρου 8 μm.

ΠΡ 25 (3)
Ένα κύτταρο βρίσκεται εντός τριχοειδούς σωλήνα (κίνηση σε μια διάσταση) και διαχέεται κινούμενο με συντελεστή διάχυσης 10^{-9} cm^2/s.
(α) Υπολογίστε τον απαιτούμενο χρόνο προκειμένου να καλύψει απόσταση 1 cm.
(β) Υπολογίστε την rms τιμή της απόστασης που διανύει το κύτταρο σε χρονικό διάστημα 1s.

Κυκλική κίνηση





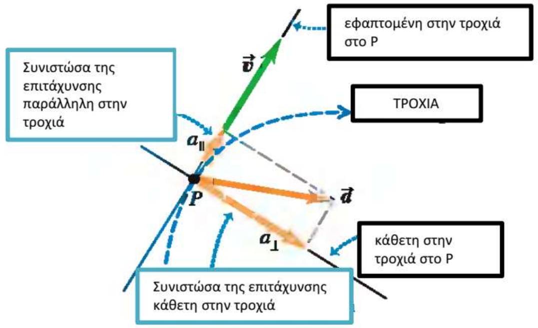
Μήκος τόξου

Ταχύτητα

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} \qquad l = r\varphi \qquad u = \frac{dl}{dt} = \frac{d(r\varphi)}{dt} = r\frac{d\varphi}{dt} = r\omega$$

$$u_1 = \frac{dl}{dt} = r\omega$$

Φυσικές συνιστώσες



Ανάλυση σε «φυσικές συνιστώσες»

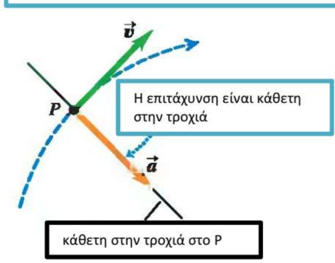
$$\vec{a} = \vec{a}_{\perp} + \vec{a}_{II}$$

κεντρομόλο και επιτρόχια επιτάχυνση

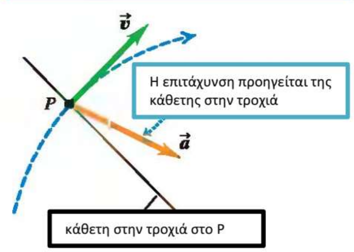
$$a = \sqrt{a_{\perp}^2 + a_{II}^2} \qquad a_{II} = \frac{du}{dt} \qquad a_{\perp} = \frac{u^2}{r}$$

α/α	Φυσικές συνιστώσες		Είδος κίνησης
1	$a_{II} = 0$	$a_{\perp} = 0$	Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση
2	$a_{II} = const \neq 0$	$a_{\perp} = 0$	Ευθύγραμμα ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση
3	$a_{II} = 0$	$a_{\perp} = const \neq 0$	Ομαλή κυκλική κίνηση
4	$a_{II} \neq 0$	$a_{\perp} \neq 0$	Καμπυλόγραμμη μεταβαλλόμενη κίνηση

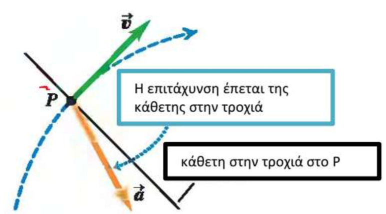
(α) Όταν το μέτρο της ταχύτητας είναι σταθερό κατά μήκος της τροχιάς



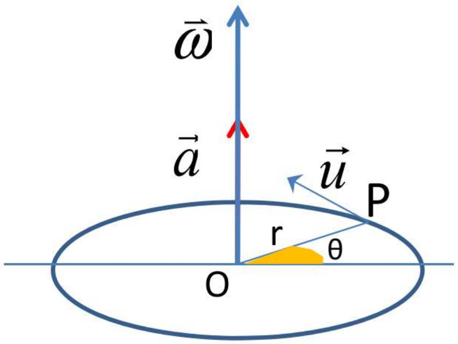
(b) Όταν το μέτρο της ταχύτητας αυξάνει κατά μήκος της τροχιάς



(c) Όταν το μέτρο της ταχύτητας μειώνεται κατά μήκος της τροχιάς



Κυκλική κίνηση



Μπορούμε να βρούμε την επιτάχυνση από τη σχέση: $\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r}$

$$\vec{a} = \left(\frac{d\vec{v}(t)}{dt} \right) = \frac{d}{dt}(\vec{\omega} \times \vec{r}) = \frac{d\vec{\omega}}{dt} \times \vec{r} + \vec{\omega} \times \frac{d\vec{r}}{dt} \Rightarrow \vec{a} = \frac{d\vec{\omega}}{dt} \times \vec{r} + \vec{\omega} \times \vec{v} \quad (1)$$

Ορίζουμε σα γωνιακή επιτάχυνση $\vec{\alpha}$ το διάνυσμα που δίνει το ρυθμό μεταβολής της γωνιακής ταχύτητας ω.

$\vec{\alpha} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}$ Η διεύθυνση του είναι παράλληλη με αυτή του $\vec{\omega}$

Η (1) γράφεται $\vec{a} = \boxed{\vec{\alpha} \times \vec{r}} + \boxed{\vec{\omega} \times \vec{v}}$

Εφαπτομενική επιτάχυνση Κεντρομόλος επιτάχυνση

Για ομαλή κυκλική κίνηση ω=σταθ. και $\vec{\alpha} = \vec{0}$

$$\left.\begin{aligned} &\vec{\alpha} = \vec{\omega} \times \vec{v} \\ &\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r} \\ &\vec{a} \times (\vec{b} \times \vec{c}) = \vec{b}(\vec{a} \cdot \vec{c}) - \vec{c}(\vec{a} \cdot \vec{b}) \end{aligned}\right\} \Rightarrow \vec{\alpha} = \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r}) = \vec{\omega}(\vec{\omega} \cdot \vec{r}) - \vec{r}(\vec{\omega} \cdot \vec{\omega})$$

$\Rightarrow \vec{\alpha} = -\omega^2 \vec{r}$ κεντρομόλος επιτάχυνση

ω=2πf=const, [f=αριθμός στροφών/t=1/T]

ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ

ΔΥΝΑΜΙΚΗ →

Εξετάζει την κίνηση σε σχέση με το αίτιο που την προκαλεί

(απαντάει σε ερωτήματα «γιατι...;» π.χ. Γιατί είναι πιο δύσκολο να ελέγξουμε ένα αυτοκίνητο που κινείται πάνω σε πάγο σε σχέση με την κίνησή αυτου πάνω σε οδόστρωμα;)

ΔΥΝΑΜΗ →

Περιγράφει την **αλληλεπίδραση** μεταξύ δύο σωμάτων ή ενός σώματος και του περιβάλλοντος

Το αίτιο που προκαλέι τη μεταβολή της κινητικής κατάστασης ενός υλικού σημείου/σώματος

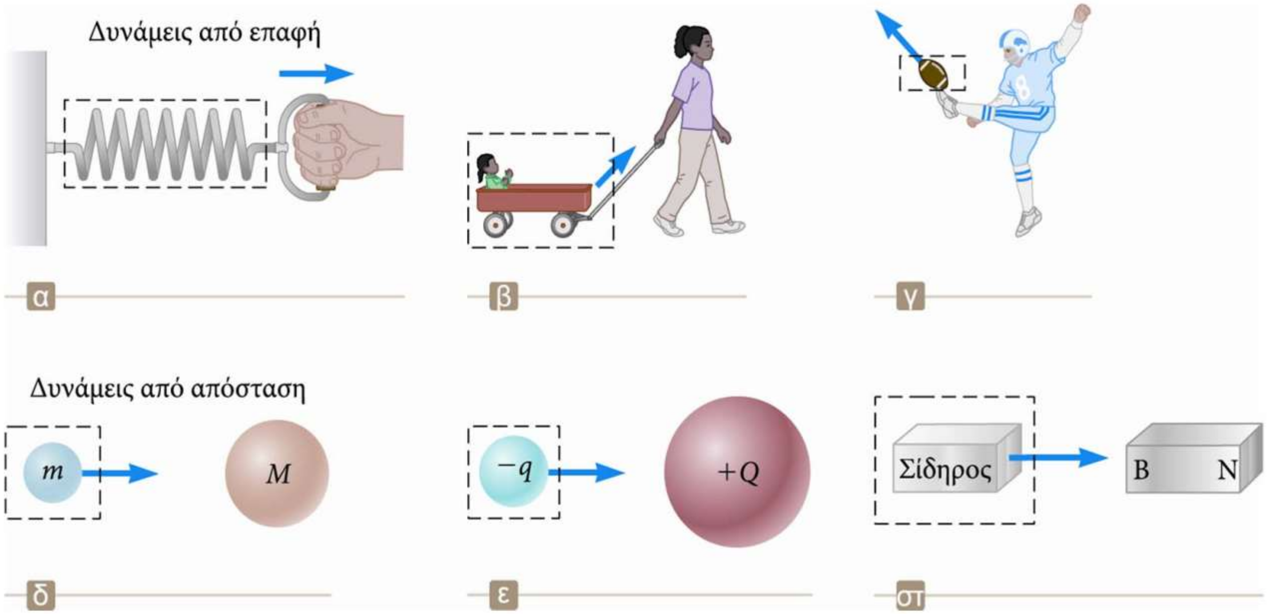
Είναι **ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΟ** μέγεθος

Η σύγχρονη φυσική χωρίζει τις δυνάμεις σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες

ΒΑΡΥΤΙΚΗ	ΑΣΘΕΝΗΣ ΠΥΡΗΝΙΚΗ
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ	ΙΣΧΥΡΗ ΠΥΡΗΝΙΚΗ

Στην καθημερινότητα οι δυνάμεις μπορούν να χωριστούν σε δυνάμεις που ασκούνται εξ επαφής και σε δυνάμεις που ασκούνται από απόσταση [Παραδείγματα;]

Κατηγορίες Δυνάμεων



- Οι δυνάμεις από επαφή αναπτύσσονται κατά τη φυσική επαφή δύο σωμάτων.
  - Παραδείγματα α, β, γ
- Οι δυνάμεις από απόσταση δρουν μέσα στον κενό χώρο.
  - Δεν απαιτείται φυσική επαφή
  - Παραδείγματα δ, ε, στ

Θεμελιώδης Δυνάμεις

•Βαρυτικές δυνάμεις: Μεταξύ σωμάτων (μαζών)

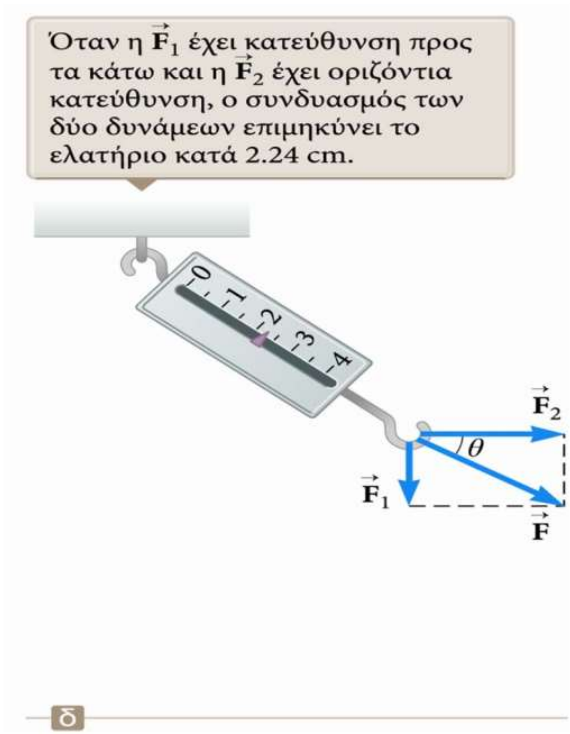
•Ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις: Μεταξύ ηλεκτρικών φορτίων

•Ισχυρές (ή πυρηνικές) δυνάμεις: Μεταξύ υποατομικών σωματιδίων

•Ασθενείς δυνάμεις: Αναπτύσσονται σε ορισμένες διεργασίες ραδιενεργούς διάσπασης

Όλες οι θεμελιώδεις δυνάμεις είναι δυνάμεις από απόσταση.

Διανυσματική φύση των δυνάμεων



Οι δυνάμεις είναι διανύσματα. Άρα, η συνισταμένη δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα, υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τους κανόνες της πρόσθεσης διανυσμάτων.

ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΔΥΝΑΜΗΣ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΟΣ
ΝΟΜΟΙ Newton

Ένα σώμα στο οποίο δεν ασκείται καμμία δύναμη ή το σύνολο των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτό είναι μηδέν, κινείται με **ΣΤΑΘΕΡΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ**

Ένα σώμα στο οποίο ασκείται σταθερή δύναμη, το σώμα κινείται με σταθερή επιτάχυνση [Θεμελιώδης εξίσωση της δυναμικής]

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

m, η μάζα του σώματος

Ένα σώμα Α που αλληλεπιδρά με σώμα Β ασκώντας σε αυτό μια δύναμη, δέχεται από το Β δύναμη ίσου μέτρου και διεύθυνσης αλλά αντίθετης φοράς

Νόμοι της κίνησης

Ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα- Νόμος της Αδράνειας

Αν δεν υπάρχουν εξωτερικές δυνάμεις και οι παρατηρήσεις γίνονται από ένα αδρανειακό σύστημα αναφοράς, τότε ένα ακίνητο σώμα θα παραμείνει σε ηρεμία και ένα σώμα που κινείται θα συνεχίσει να κινείται με σταθερή ταχύτητα.

- Ο πρώτος νόμος μας επιτρέπει επίσης να ορίσουμε τη ***δύναμη*** ως ***το αίτιο της μεταβολής της κίνησης ενός σώματος.***
- Η καλύτερη προσέγγιση ενός αδρανειακού συστήματος είναι ένα σύστημα αναφοράς που κινείται με σταθερή ταχύτητα σε σχέση με τους μακρινούς απλανείς αστέρες.

  Μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η Γη είναι ένα τέτοιο αδρανειακό σύστημα, παρόλο που στην κίνησή της υπάρχει μια μικρή κεντρομόλος επιτάχυνση.

Αδράνεια και μάζα

▶Η τάση ενός σώματος να προβάλλει αντίσταση στη μεταβολή της ταχύτητάς του ονομάζεται ***αδράνεια.***

▶Η ***μάζα*** είναι η ιδιότητα ενός σώματος η οποία καθορίζει πόση αντίσταση προβάλλει το σώμα στις μεταβολές της ταχύτητάς του.

▶Οι μάζες των σωμάτων μπορούν να οριστούν συναρτήσει των επιταχύνσεων που προκαλεί **μια συγκεκριμένη δύναμη** η οποία ασκείται σε αυτά. Το μέτρο της επιτάχυνσης ενός σώματος είναι αντιστρόφως ανάλογο προς τη μάζα του.

$$m_1/m_2 \equiv a_2/a_1$$

Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα

- Όταν παρατηρούμε ένα σώμα από ένα αδρανειακό σύστημα αναφοράς, η επιτάχυνση του σώματος είναι ανάλογη προς τη συνολική δύναμη που ασκείται σε αυτό και αντιστρόφως ανάλογη προς τη μάζα του.
  - Η δύναμη είναι η αιτία της *μεταβολής* της κίνησης, την οποία μετράμε με την επιτάχυνση.
- Αλγεβρικά,

$$\vec{\mathbf{a}} \propto \frac{\sum \vec{\mathbf{F}}}{m} \rightarrow \sum \vec{\mathbf{F}} = m\vec{\mathbf{a}}$$

- Η $\sum \vec{\mathbf{F}}$ είναι η συνολική δύναμη.
  - Είναι το διανυσματικό άθροισμα, δηλαδή η συνισταμένη, όλων των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα.
- Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα μπορεί να εκφραστεί με τη μορφή εξισώσεων συνιστωσών:
  - $\sum F_x = m\alpha_x$
  - $\sum F_y = m\alpha_y$
  - $\sum F_z = m\alpha_z$
- Μην ξεχνάτε ότι το γινόμενο *mα* δεν είναι δύναμη.
  - Το άθροισμα των δυνάμεων εξισώνεται με το γινόμενο της μάζας του σώματος και της επιτάχυνσης του.

ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

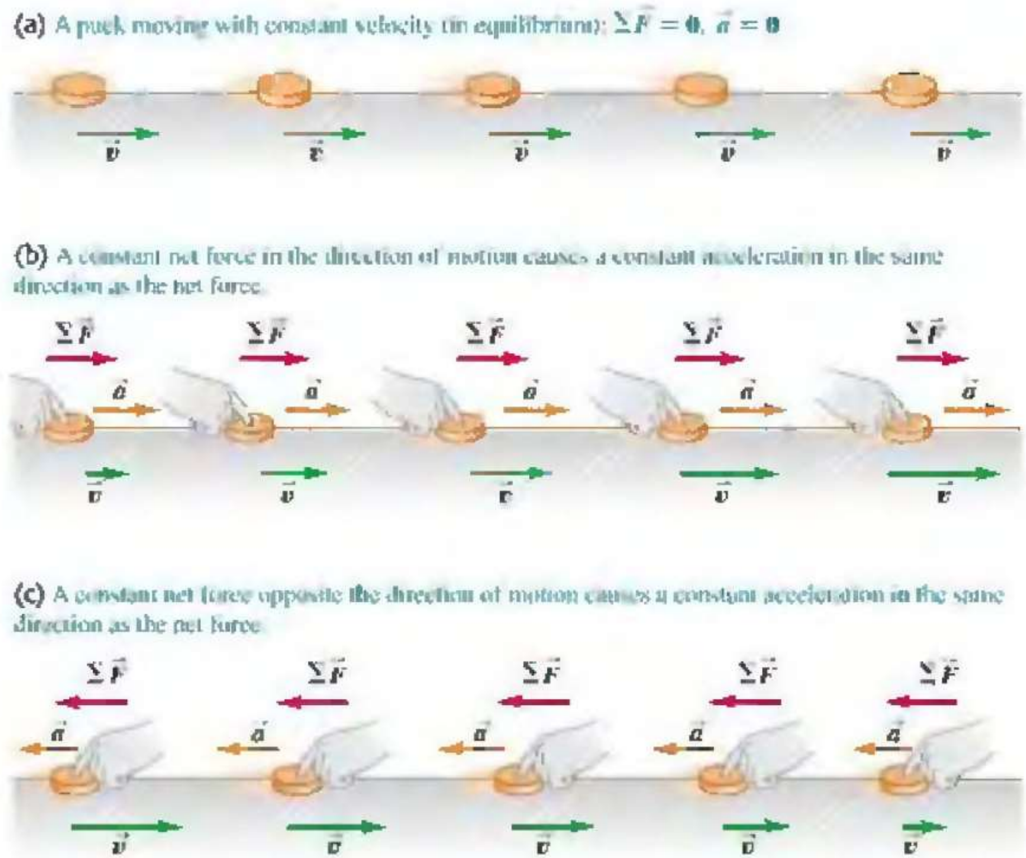
$$\vec{F} = m\vec{a}$$

Από το νόμο αυτόν **<u>ορίζουμε</u>** τη μονάδα μέτρησης της δύναμης:

SI → $1N = 1Kg\ 1m/s^2$

CGS → $1d = 1g\ 1cm/s^2$

NOMOI Newton



ΣF=0

Ευθύγραμμη ομαλή

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

Ομαλά επιταχυνόμενη

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

Ομαλά επιβραδυνόμενη

Μάζα

- Η μάζα είναι εγγενής ιδιότητα ενός σώματος.
- Η μάζα είναι ανεξάρτητη από το περιβάλλον του σώματος.
- Η μάζα είναι ανεξάρτητη από τη μέθοδο μέτρησής της.
- Η μάζα είναι βαθμωτό μέγεθος.
- Η μονάδα της μάζας στο σύστημα SI είναι το χιλιόγραμμο (kg).

Βάρος-Δύναμη της βαρύτητας

▶Η μάζα και το βάρος είναι δύο διαφορετικά μεγέθη.

▶Η δύναμη που ασκεί η Γη στα σώματα ονομάζεται δύναμη της βαρύτητας (ή βαρυτική δύναμη)

▶Έχει κατεύθυνση προς το κέντρο της Γης.

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

▶Το μέτρο της ονομάζεται βάρος του σώματος. Βάρος $= F_g = mg$

▶Μεταβάλλεται ανάλογα με τη θέση.

▶Παράδειγμα: $m_{Γης}$ = 2 kg, $m_{Σελήνης}$ = 2 kg

Βαρυτική μάζα και αδρανειακή μάζα

▶Στους νόμους του Νεύτωνα, η μάζα είναι η αδρανειακή μάζα και αποτελεί ένα μέτρο της αντίστασης που προβάλλει το σώμα στις μεταβολές της κίνησής του.

▶Στη δύναμη της βαρύτητας, η μάζα καθορίζει τη βαρυτική έλξη μεταξύ του σώματος και της Γης.

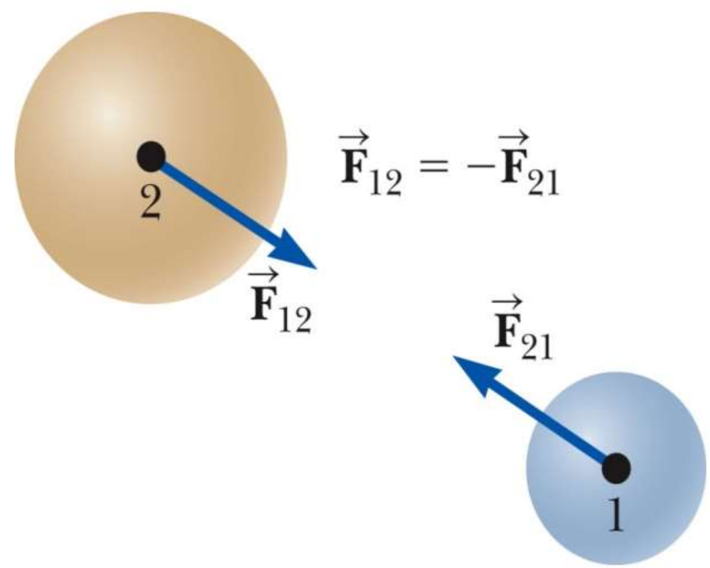
▶Σύμφωνα με τα πειράματα, η βαρυτική μάζα και η αδρανειακή μάζα έχουν την ίδια τιμή.

Ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα

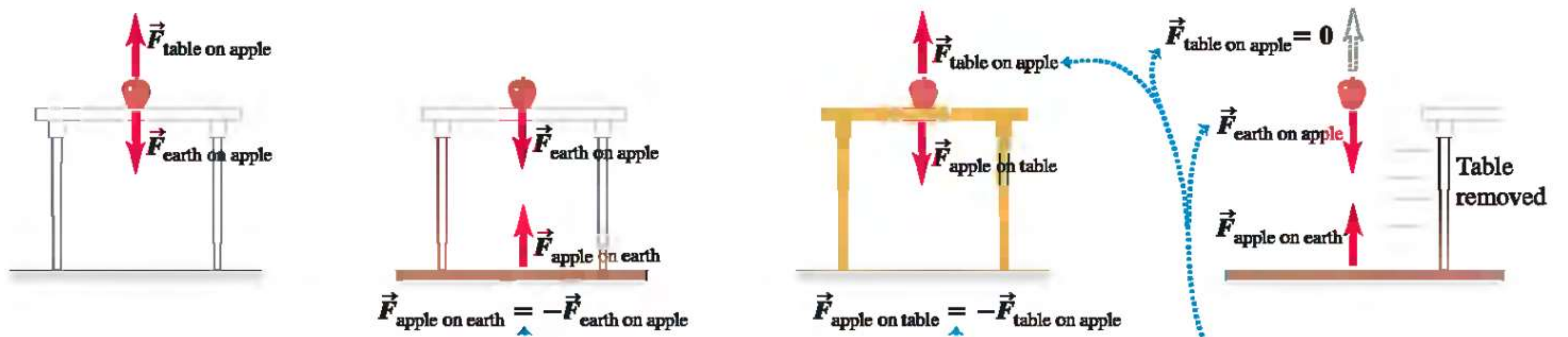
- Αν δύο σώματα αλληλεπιδρούν, η δύναμη $\vec{\mathbf{F}}_{12}$ που ασκεί το σώμα 1 στο σώμα 2 έχει το ίδιο μέτρο και αντίθετη κατεύθυνση από τη δύναμη $\vec{\mathbf{F}}_{12}$ που ασκεί το σώμα 2 στο σώμα 1.

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

- Η δύναμη της δράσης έχει το ίδιο μέτρο και αντίθετη κατεύθυνση από τη δύναμη της αντίδρασης.
    - Η μία από τις δυνάμεις είναι η δράση, και η άλλη είναι η αντίδραση.
    - Δεν έχει σημασία ποια δύναμη χαρακτηρίζεται ως δράση και ποια ως αντίδραση.
    - Η δράση και η αντίδραση ασκούνται σε διαφορετικά σώματα και πρέπει να είναι του ίδιου τύπου.



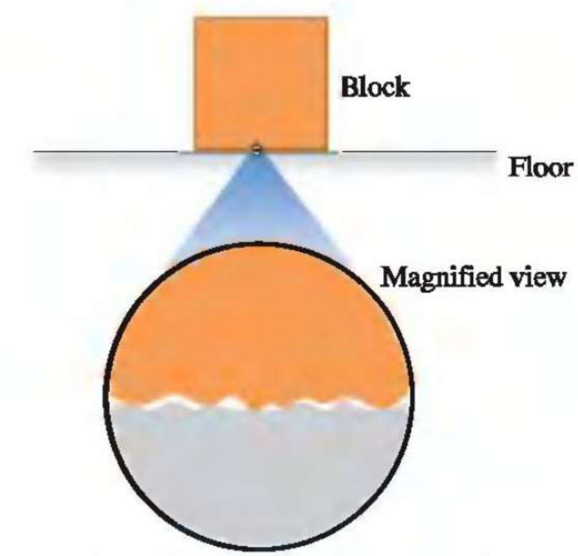
NOMOI Newton



Δράση αντίδραση εμφανίζονται πάντα σε ζεύγος και αποδίδονται στην αμοιβαία αλληλεπίδραση δύο διαφορετικών σωμάτων

Οι δύο δυνάμεις στο μήλο δεν αποτελούν δράση/αντίδραση, επειδή ασκούνται στο ίδιο σώμα. Εάν αφαιρέσουμε τη μια η άλλη παραμένει…

ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΤΡΙΒΗΣ

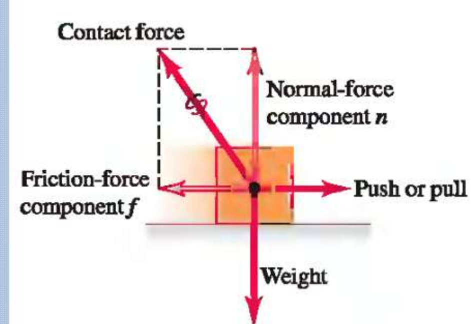


On a microscopic level, even smooth surfaces are rough; they tend to catch and cling.

ΤΡΙΒΗ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

$$f_{\mathbf{k}} = \mu_{\mathbf{k}} n$$

Συντελεστής τριβής ολίσθησης



ΙΣΧΥΕΙ ΠΑΝΤΑ

$$\mu_k < \mu_s$$

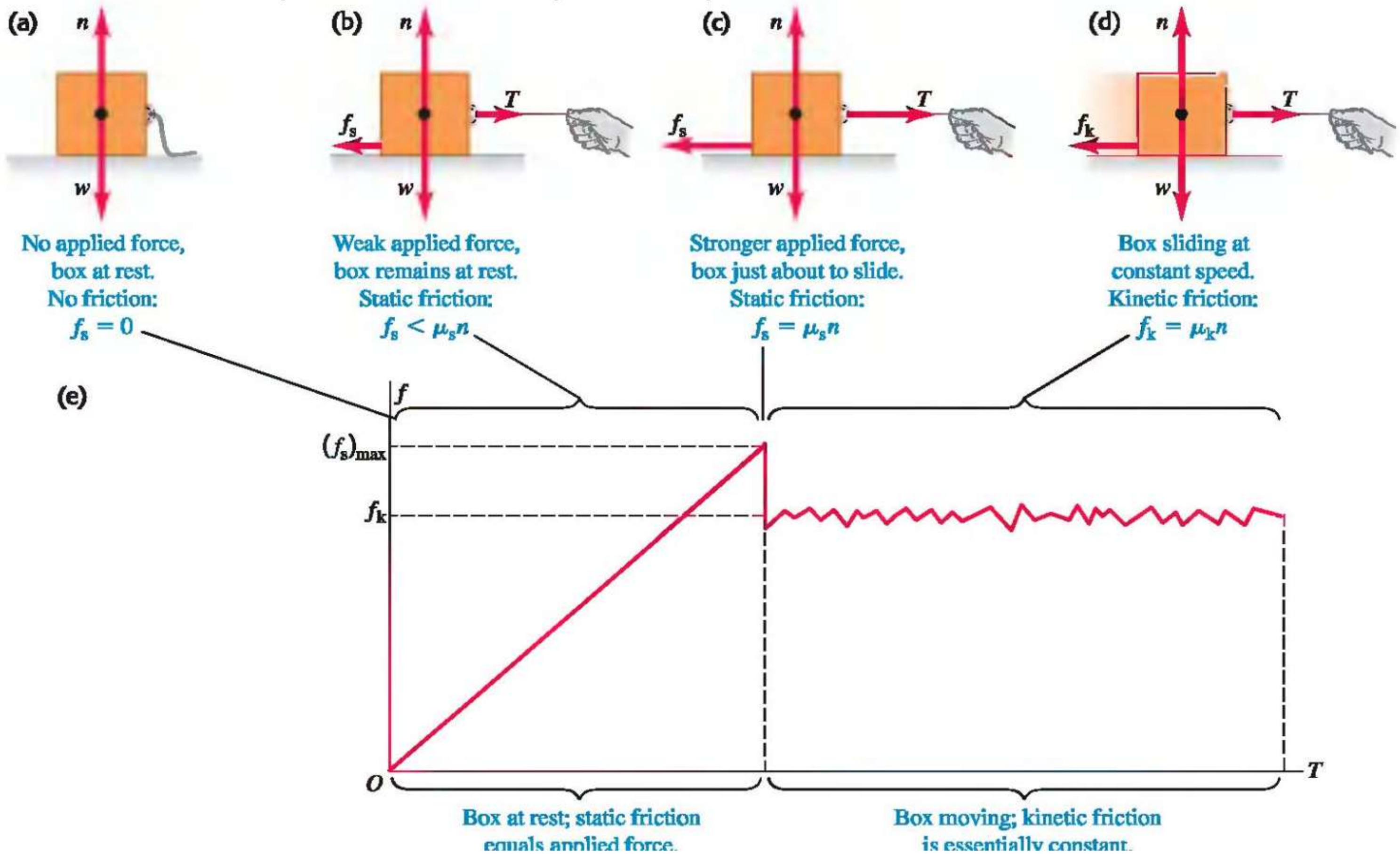
ΣΤΑΤΙΚΗ ΤΡΙΒΗ

$$f_{\mathbf{s}} \le \mu_{\mathbf{s}} n$$

Συντελεστής στατικής τριβής

ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΤΡΙΒΗΣ

Τι γίνεται όταν προσπαθούμε να σπρώξουμε ένα αντικείμενο το οποίο ακουμπά πάνω σε μια επιφάνεια



ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΤΡΙΒΗΣ

Μερικές τιμές των συντελεστών τριβής για την περίπτωση διαφορετικών διεπιφανειών

μπρούτζος

χυτοσίδηρος

Materials	Coefficient of Static Friction, μ_s	Coefficient of Kinetic Friction, μ_k
Steel on steel	0.74	0.57
Aluminum on steel	0.61	0.47
Copper on steel	0.53	0.36
Brass on steel	0.51	0.44
Zinc on cast iron	0.85	0.21
Copper on cast iron	1.05	0.29
Glass on glass	0.94	0.40
Copper on glass	0.68	0.53
Teflon on Teflon	0.04	0.04
Teflon on steel	0.04	0.04
Rubber on concrete (dry)	1.0	0.8
Rubber on concrete (wet)	0.30	0.25

ΓΕΝΙΚΑ ΙΣΧΥΕΙ: ΑΕΡΙΑ<ΥΓΡΑ<ΣΤΕΡΑΙΑ