ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ-ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ

ΦΥΣΙΚΗ
(ΜΗΧΑΝΙΚΗ-ΚΥΜΑΤΙΚΗ)

ΤΜΗΜΑ Α.2

ΚΑΘΗΓ. ΖΑΧΑΡΙΑΔΟΥ ΚΑΤΕΡΙΝΑ

ΓΡΑΦΕΙΟ ΖΒ114 (ΡΑΓΚΟΥΣΗ-ΖΑΧΑΡΙΑΔΟΥ)

E-mail: zacharia@uniwa.gr

Βιβλιογραφία

SERWAY, PHYSICS FOR SCIENTISTS AND ENGINEERS

YOUNG H.D., UNIVERSITY PHYSICS, BERKELEY PHYSICS COURSE

Εθυγραμμη ομαλή κίνηση υπολογισμού της θέσης

$$u = \frac{dx}{dt} \Rightarrow dx = u \cdot dt \Rightarrow x = \int u \cdot dt + c = u \cdot t + c$$

Όπου η σταθερά c βρίσκεται από τις αρχικές συνθήκες

Για t=0 x=x $_0$

$$x(\mathrm{t}) = u \cdot t + x_0$$

Ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση υπολογισμός της θέσης

$$u(t) = a \cdot t + u_0$$

$$u = \frac{dx}{dt} \Rightarrow x = \int u \cdot dt \Rightarrow x = \int (u_0 + at) \cdot dt \Rightarrow$$

$$x(t) = u_0 t + \frac{1}{2} a t^2 + C$$

$$x(t) = x_0 + \frac{1}{2} a t^2$$

Με τις εξισώσεις κίνησης προβλέπουμε τη θέση και την ταχύτητα ΄για κάθε χρονική στιγμή της κίνησης

Χρήση ολοκληρωμάτων στην κινηματική

Η ταχύτητα ενός κινητού δίδεται από τον τύπο: $u(t)=\dfrac{ds}{dt}=k\cdot t^2$ κ είναι μια σταθερά

Βρείτε τη θέση του σώματος κάθε χρονική στιγμή

Θεωρώντας ότι τη χρονική στιγμή μηδέν το σώμα βρίσκεται στη θέση So

$$u(t)=\frac{ds}{dt}=k\cdot t^2 \Rightarrow ds=k\cdot t^2\cdot dt$$

$$\Rightarrow \int ds=\int k\cdot t^2\cdot dt \Rightarrow s=k\frac{t^3}{3}+c$$

Η σταθερή c της ολοκλήρωσης υπολογίζεται από τις αρχικές συνθήκες

Για t=0 S=c=So

$$S=k\cdot\frac{t^3}{3}+c=k\cdot\frac{t^3}{3}+So$$

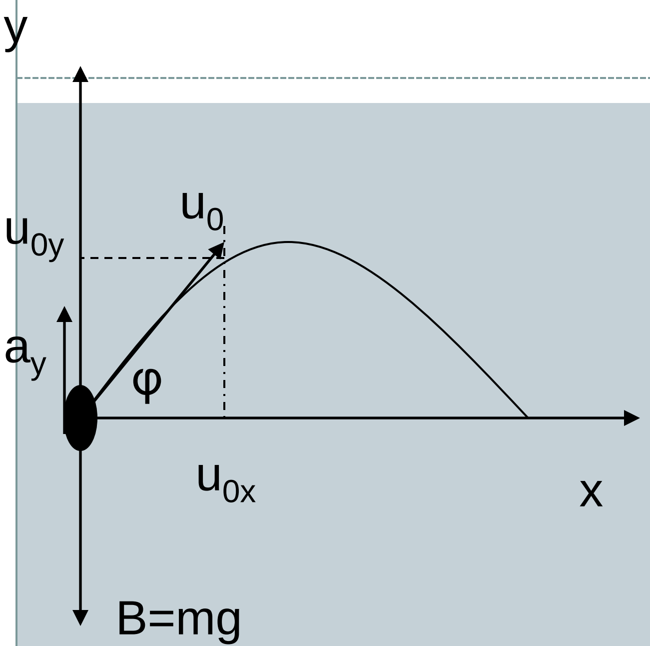
Κίνηση σε δύο διαστάσεις

Για κάθε σώμα που εκτελεί κίνηση στο χώρο ή στο επίπεδο η κινήσή του σε κάθε κατεύθυνση είναι ανεξάρτητη από την κινησή του στις άλλες κατευθύνσεις και καθορίζεται μόνο από τις δυνάμεις που ασκούνται επάνω του σε κάθε κατεύθυνση

Παράδειγμα δισδιάτατης κίνησης όπου το σώμα εκτελει διαφορετικό είδος κίνησης σε κάθε κατεύθυνση είναι η

ΒΟΛΗ

Βολές



Διεύθυνση Χ:

Στο σώμα δεν ασκείται καμία δύναμη άρα εκτελεί ευθύγραμμη ομαλή κίνηση με ταχύτητα: u_{0x}

$$u_x(t) = u_{0x} = c$$

$$x = x_0 + u_{ox} \cdot t = x_0 + u_0 \cdot \cos\phi \cdot t$$

Στο σώμα ασκείται η δύναμη της βαρύτητας(σταθερή και ίση με B=mg) ➔ εκτελεί ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση με επιτάχυνση $\mathbf{a_y=-g}$

Διεύθυνση Υ:

$$u_y(t) = u_{0y} - gt = u_0 \cdot \sin\phi - gt$$

$$y = y_0 + u_{oy} \cdot t - \frac{1}{2}gt^2 = y_0 + u_0 \cdot \sin\phi \cdot t - \frac{1}{2}gt^2$$

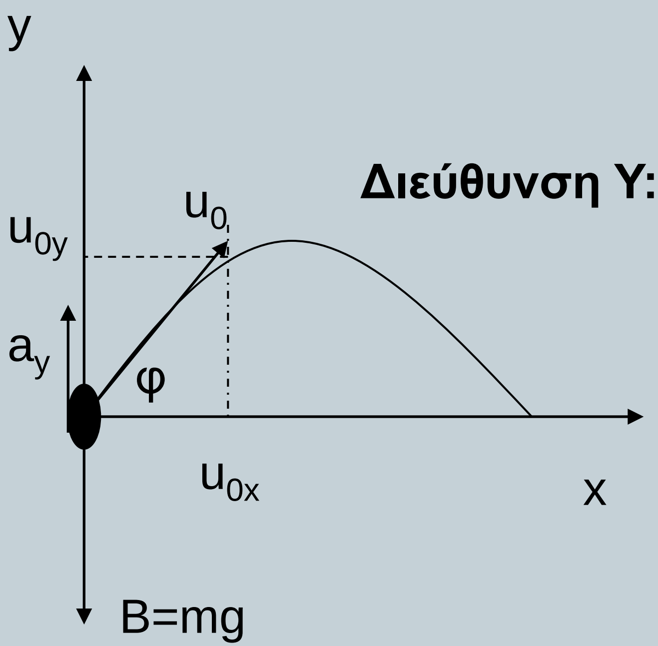
Ποιό είναι το μέγιστο ύψος (h) του σώματος ?

Αντιστοιχεί στην <u>συνθήκη u_y=0</u>, που συμβαίνει τη χρονική στιγμή t_{max}

Διεύθυνση X:

$$u_x(t) = u_{0x} = c$$

$$x = x_0 + u_{ox} \cdot t = x_0 + u_0 \cdot \cos\phi \cdot t$$

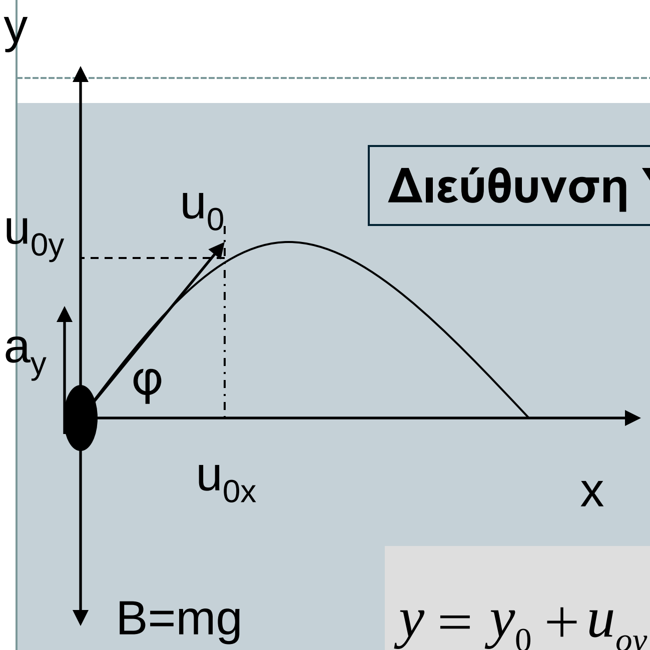


Διεύθυνση Y:

$$u_y(t) = u_{0y} - gt = u_0 \cdot \sin\phi - gt$$

$$y = y_0 + u_{oy} \cdot t - \frac{1}{2}gt^2 = y_0 + u_0 \cdot \sin\phi \cdot t - \frac{1}{2}gt^2$$

Ποιό είναι το μέγιστο ύψος (h) του σώματος ?



Διεύθυνση Y:

$$u_y(t) = u_{0y} - gt = u_0 \cdot \sin\phi - gt$$

$$0 = u_0 \cdot \sin\phi - gt_{max} \Rightarrow$$

$$t_{max} = \frac{u_0 \cdot \sin\phi}{g}$$

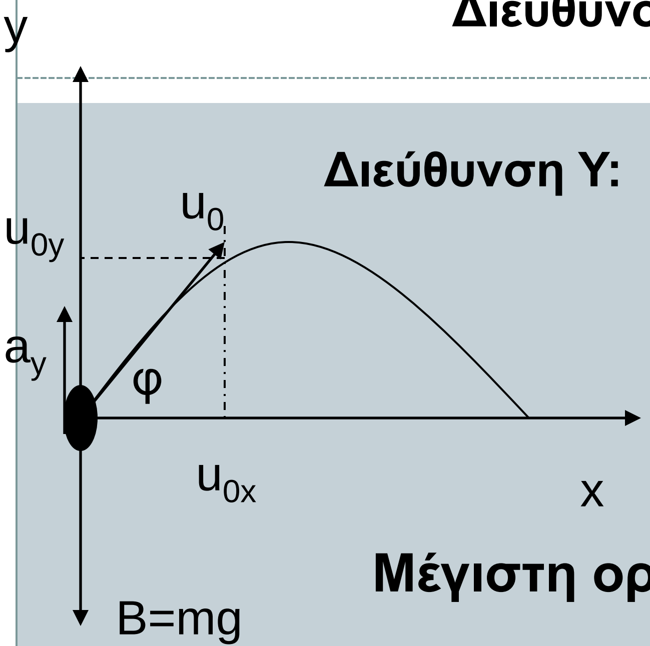
$$y = y_0 + u_{oy} \cdot t - \frac{1}{2}gt^2 = y_0 + u_0 \cdot \sin\phi \cdot t - \frac{1}{2}gt^2$$

$$y_{max} \equiv h = y_0 + u_o \cdot \sin\phi \cdot t_{max} - \frac{1}{2}g \cdot t_{max}^2$$

$$= y_0 + u_o \cdot \sin\phi \cdot \frac{u_o \cdot \sin\phi}{g} - \frac{1}{2}g\left(\frac{u_o \cdot \sin\phi}{g}\right)^2 =$$

$$= \frac{(u_o \cdot \sin\phi)^2}{2g}$$

Ποιά είναι η μέγιστη οριζόντια απόσταση που διανύει το σώμα (ΒΕΛΗΝΕΚΕΣ)



Διεύθυνση X:

$$u_x(t) = u_{0x} = c$$

$$x = x_0 + u_{ox} \cdot t = x_0 + u_0 \cdot \cos\phi \cdot t$$

Διεύθυνση Y:

$$u_y(t) = u_{0y} - gt = u_0 \cdot \sin\phi - gt$$

$$y = y_0 + u_{oy} \cdot t - \frac{1}{2} g t^2 = y_0 + u_0 \cdot \sin\phi \cdot t - \frac{1}{2} g t^2$$

Μέγιστη οριζόντια απόσταση → y=0

$$0 = y_0 + u_0 \cdot \sin\phi \cdot t_R - \frac{1}{2} g t_R^2$$

$$y_0 = 0$$

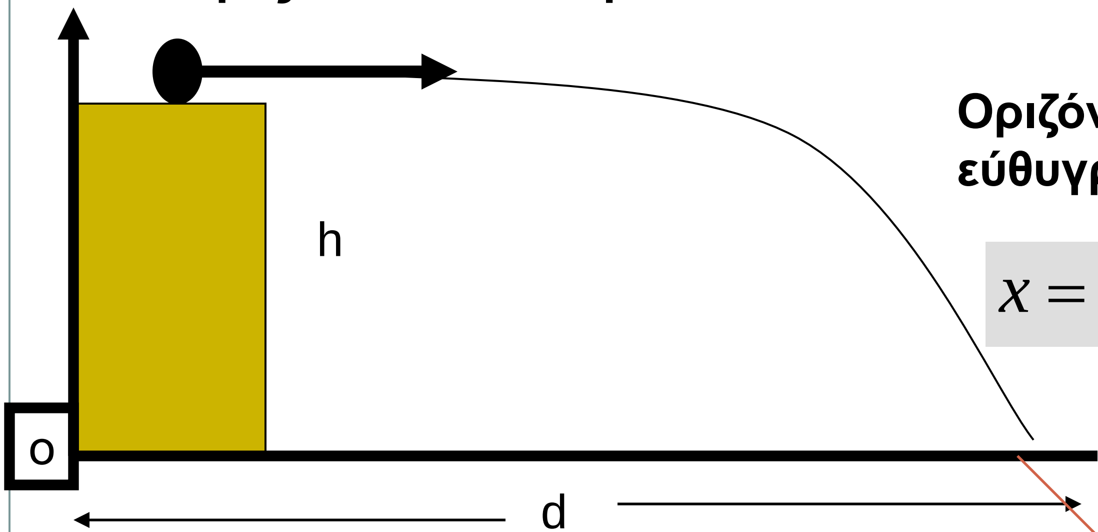
$$t_0 = 0$$

$$t_R = \frac{2u_0 \cdot \sin\phi}{g}$$

$$x_0 = 0$$

$$R = u \cdot t_R = \frac{2u_0^2 \sin\phi \cos\phi}{g}$$

Σφαίρα εκτοξεύεται οριζόντια με ταχύτητα u=675m/s και χτυπά στο έδαφος σε απόσταση d=511m . Ποιό είναι το ύψος h ?



Οριζόντια το σώμα εκτελεί εύθυγραμμη ομαλή κίνηση

$$x = x_0 + u_{0x} \cdot t = 0 + u_{0x} \cdot t$$

Για x=d

$$t_d = \frac{d}{u_{0x}}$$

Κάθετα, στο σώμα ασκείται το βάρος του άρα εκτελεί εύθυγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση

$$u_y(t) = u_{0y} - gt = -gt$$

$$y = y_0 + u_{oy} \cdot t - \frac{1}{2}gt^2 = y_0 - \frac{1}{2}gt^2 = h - \frac{1}{2}gt^2$$

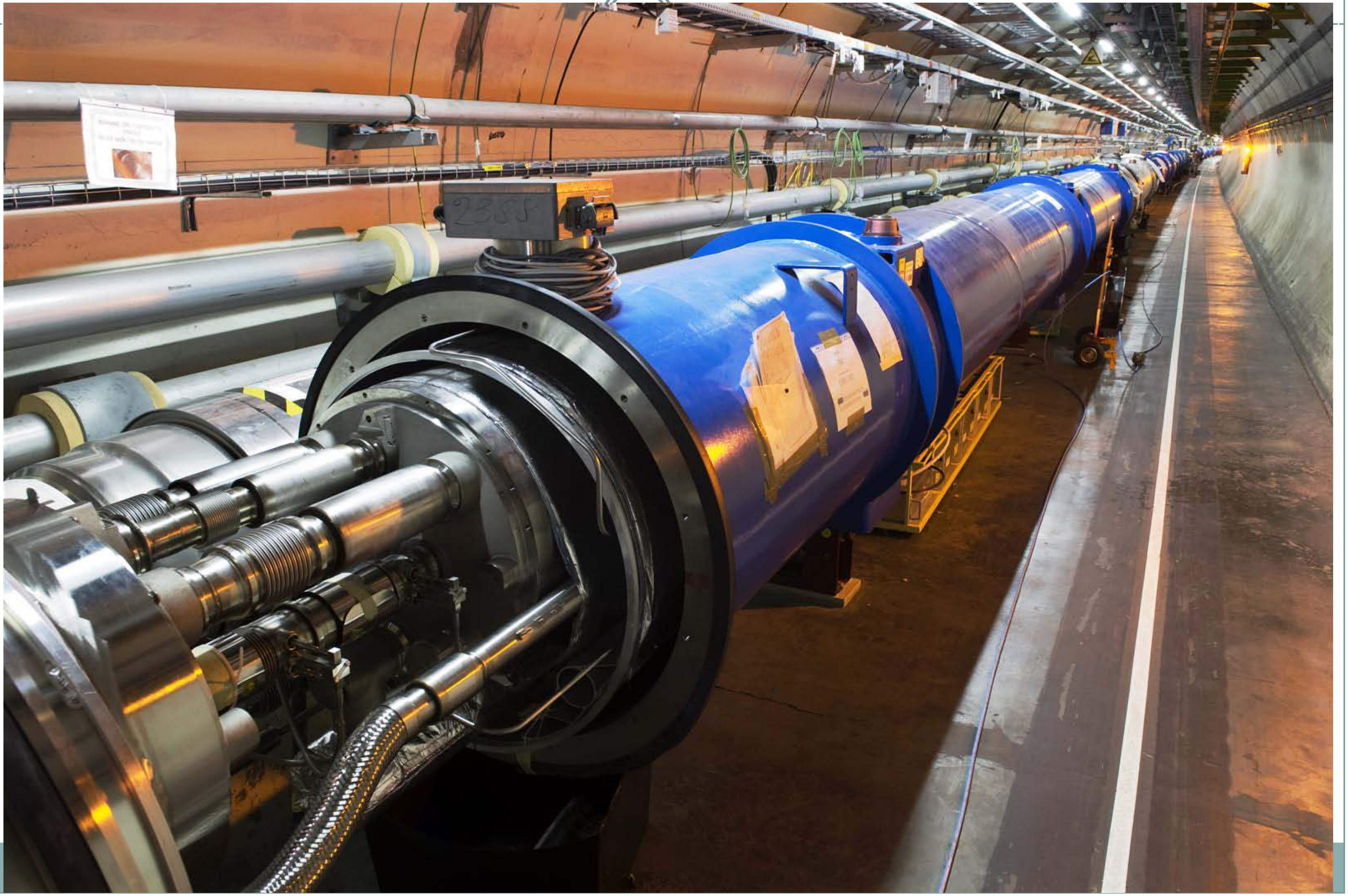
Για $t=t_d$ y=0

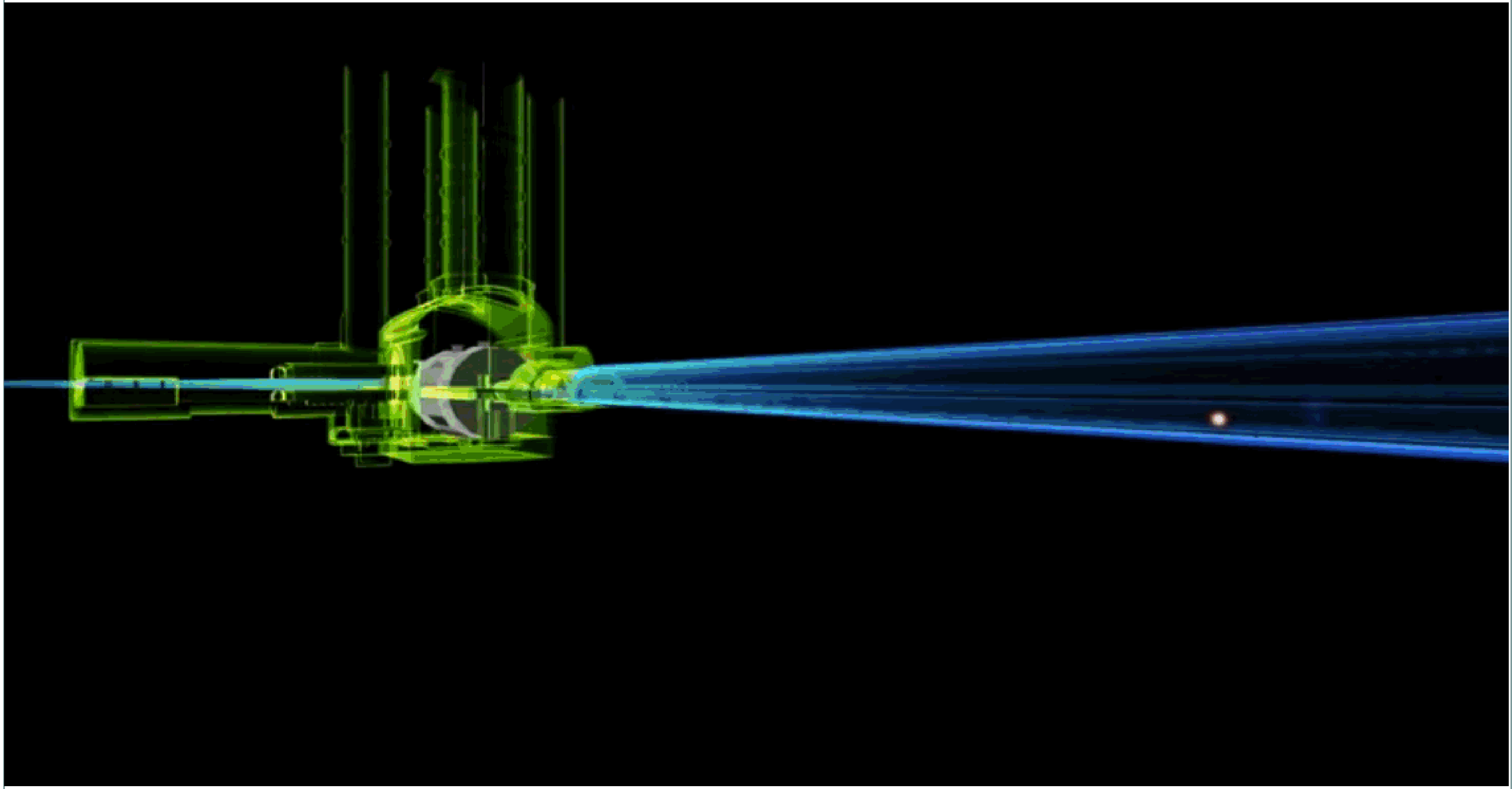
$$u_y(t) = u_{0y} - gt = -gt$$

$$0 = h - \frac{1}{2}gt_d^2$$

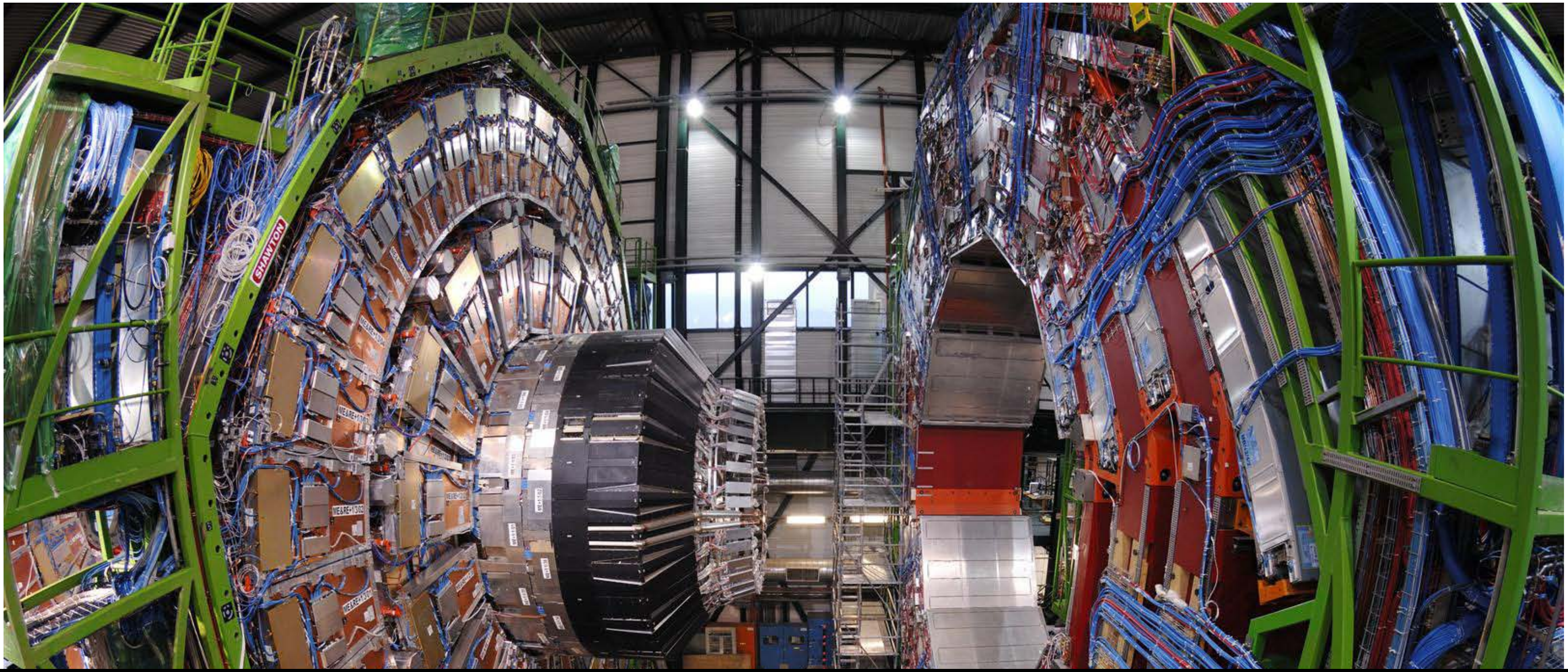
$$h = \frac{1}{2}gt_d^2 = \frac{1}{2}g\left(\frac{d}{u_x}\right)^2$$

Ο μεγαλύτερος συγκρουστήρας (LHC) στο υπέδαφος του CERN





Ο Μεγάλος Συγκρουστήρας Αδρονίων LHC
οι ανιχνευτές

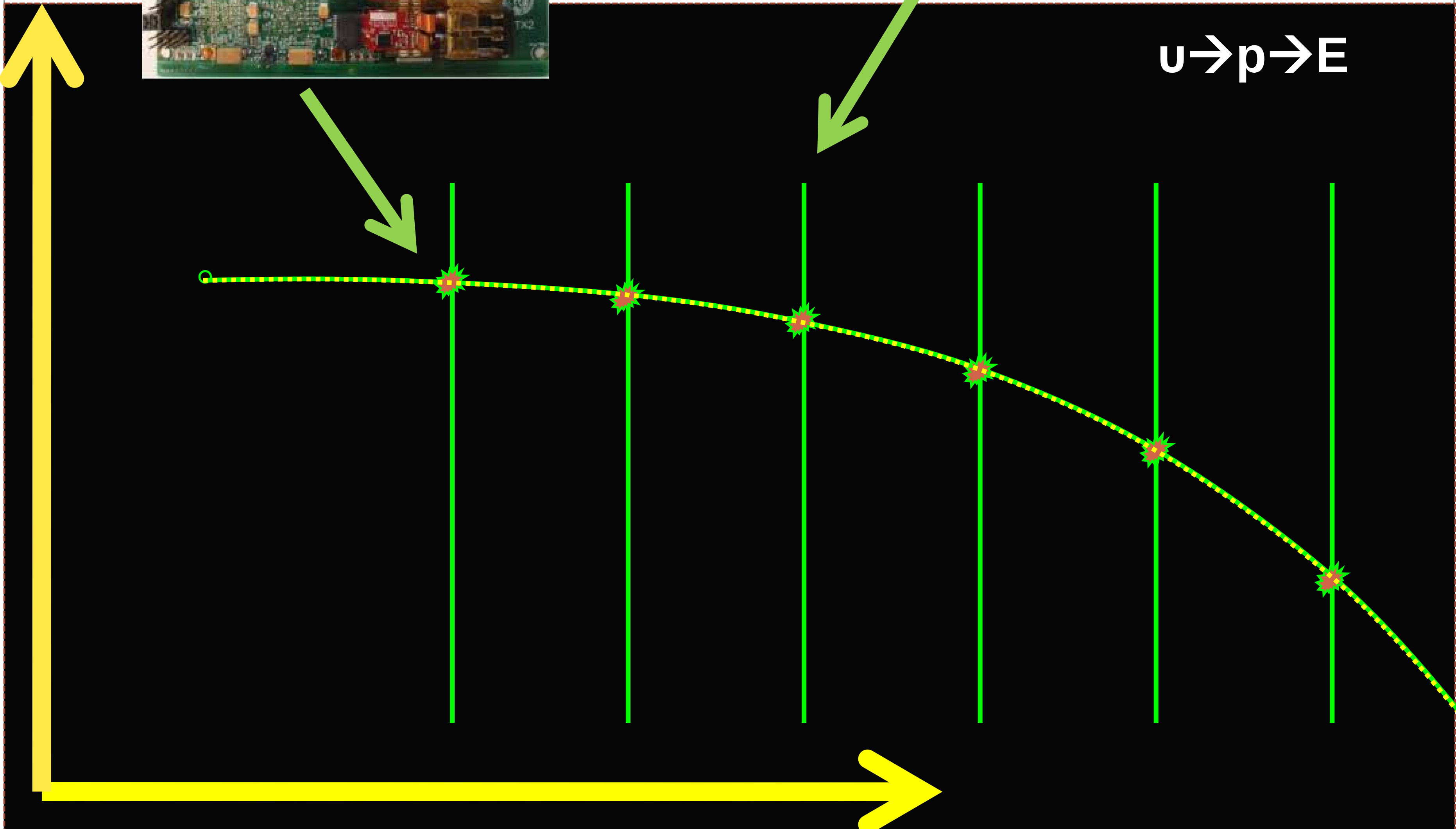


Κάθε ανιχνευτής αποτελείται από περισσότερους από 100 εκατομμύρια αισθητήρες

Ψηφιακή κάμερα των 100 Mpixels

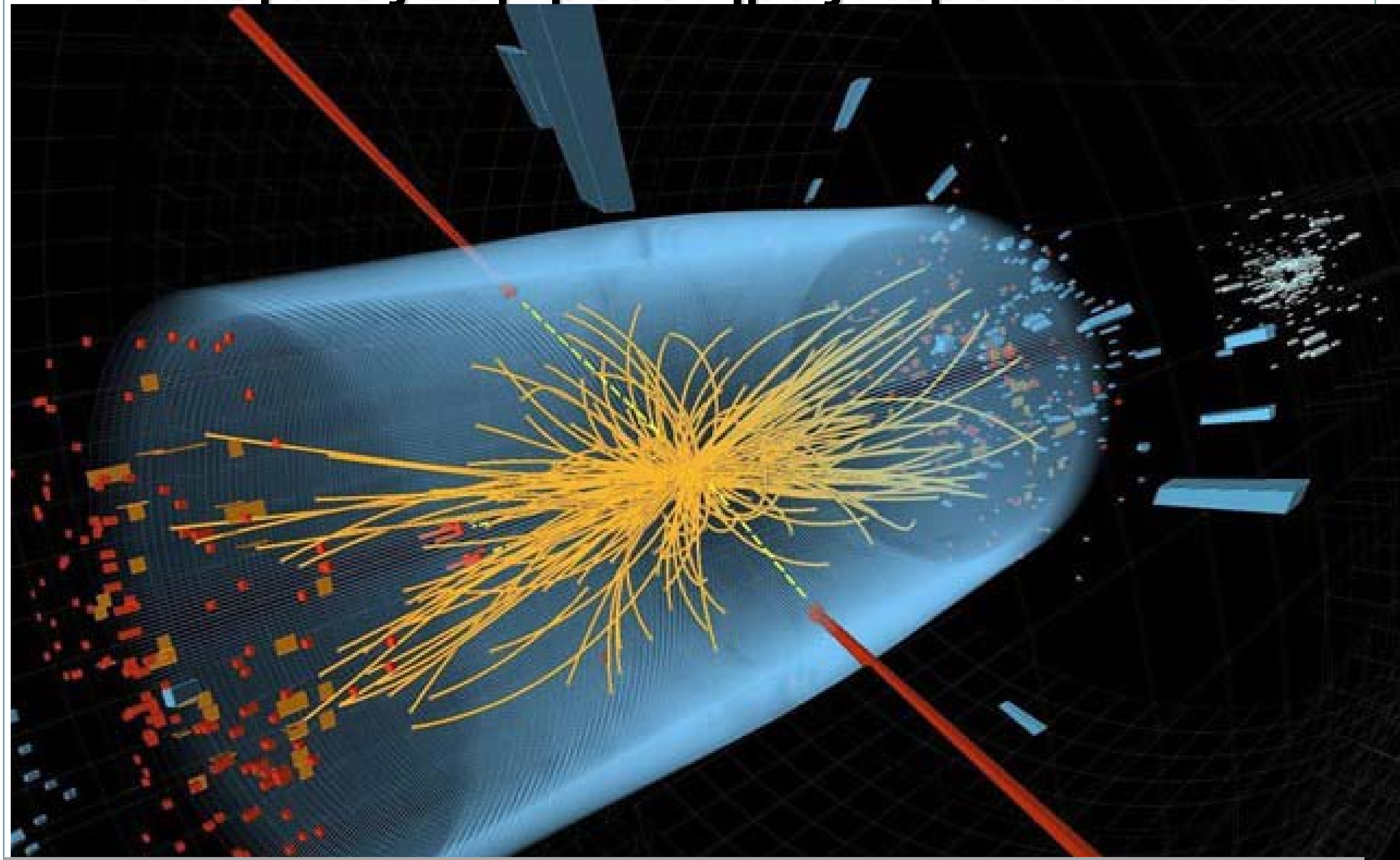
η οποία «τραβάει» 40 εκατομμύρια τρισδιάστατες φωτογραφίες κάθε δευτερόλεπτο

Ανακατασκευή τροχιών ανιχνευτές -- CERN



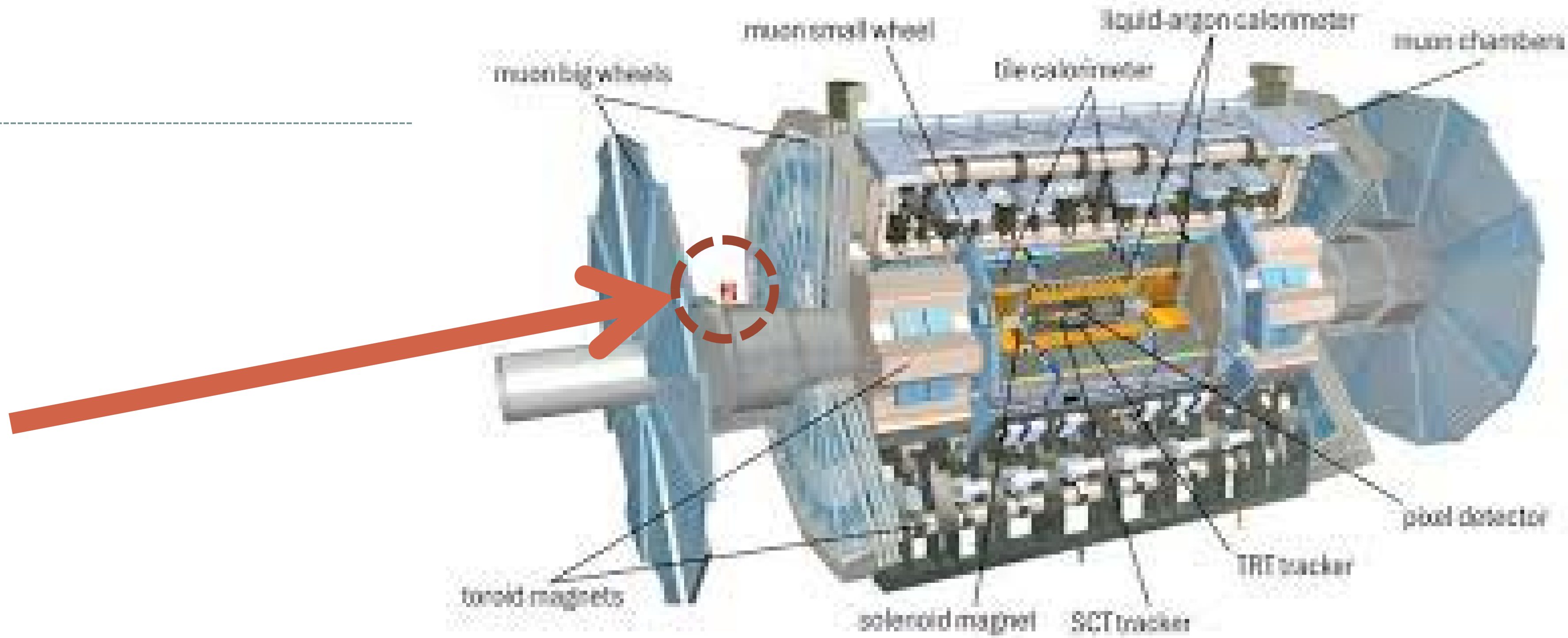
Πολλαπλά επίπεδα από ανιχνευτές π.χ πυριτίου

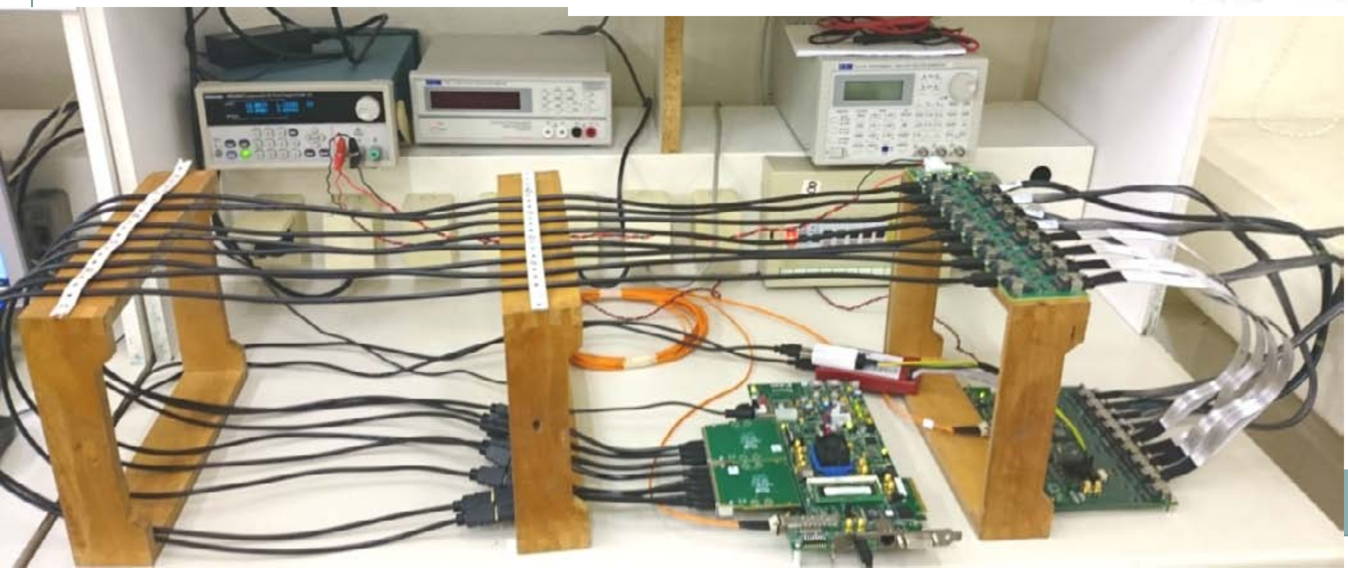
Ο Μεγάλος Συγκρουστήρας Αδρονίων LHC



Dealing with all that random mess might give you some sympathy for the physicists at CERN. !!!!!

CERN –ATLAS ανιχνευτής-Τμήμα ΗΗΜ ΠΑΔΑ +ΕΚΠΑ+ΕΜΠ





Εργαστήριο Τεχνολογιών Ηλεκτρονικής και Υπολογιστών (Electronics and Computers Lab)

Κίνηση σε ηλεκτρικό πεδίο

κίνηση σε βαρυτικό πεδίο ⟷ **κίνηση σε ηλεκτρικό πεδίο**

Επιτάχυνση :
F=ma
B=mg   a= g

$$\vec{F} = q\vec{E} = m\vec{a} \Rightarrow$$

$$\vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m} = \frac{-eE}{m}\hat{j}$$

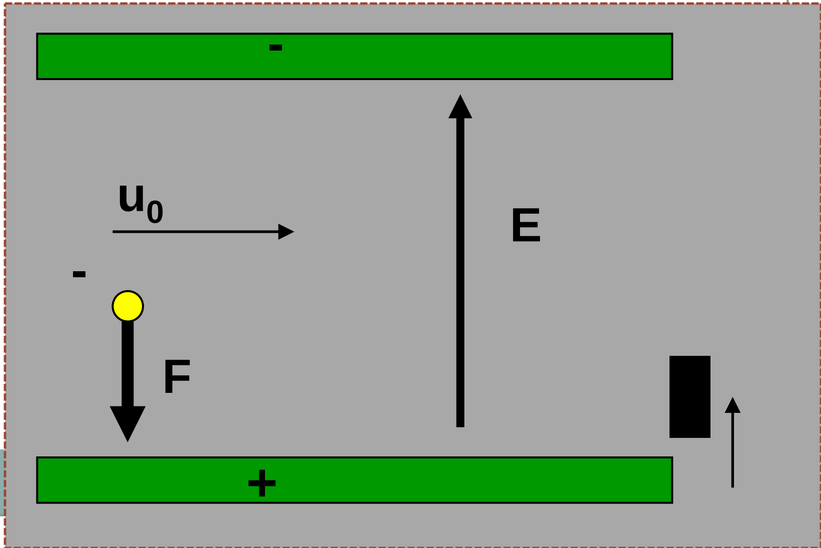
$$u_x = u_0 = C$$

$$u_y = at = -\frac{e}{m}Et$$

$$x = x_0 + u_0 t$$

$$y = y_0 + \frac{1}{2}at^2 = y_0 - \frac{1}{2}\frac{eE}{m}t^2$$

$$u = \sqrt{u_0^2 + (-\frac{e}{m}Et)^2}$$



Κίνηση σε ηλεκτρικό πεδίο- Βολή

ΑΞΟΝΑΣ Χ

$$u_x = u_0 \cos\phi = cons\tan t$$

$$x = x_0 + u_0 \cos\phi \cdot t$$

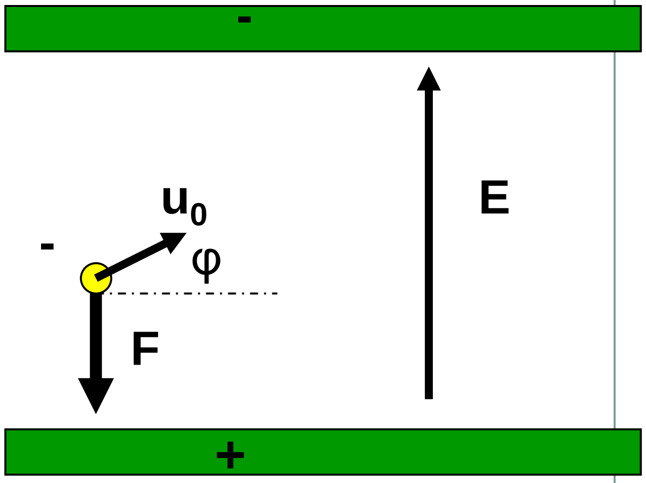
ΑΞΟΝΑΣ Υ

$$u_y = u_0 \sin\phi - at = u_0 \sin\phi - \frac{e}{m}Et$$

$$y = y_0 + u_0 \sin\phi t - \frac{1}{2}at^2 = y_0 + u_0 \sin\phi \cdot t - \frac{1}{2}\frac{eE}{m}t^2$$

Μέτρο της ταχύτητας σε τυχαίο σημείο της τροχιάς

$$u = \sqrt{u_0^2 \cos^2\phi + (u_0 \sin\phi - \frac{e}{m}Et)^2}$$

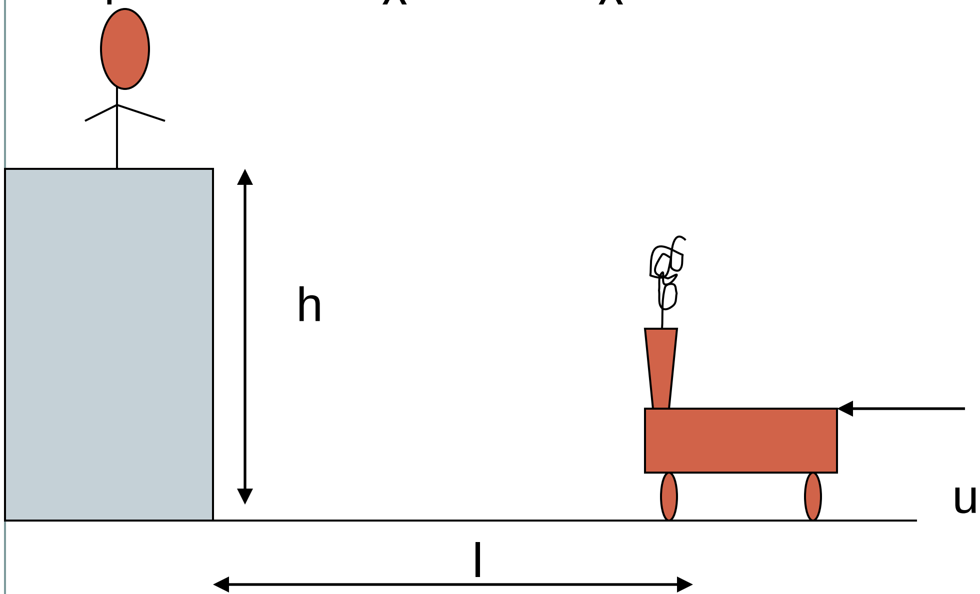


τρομοκράτης ευρισκόμενος πάνω στον λόφο, ρίχνει βόμβα ελεύθερα όταν το τραίνο απέχει απόσταση

$$l = v \cdot \left(\frac{h}{g}\right)^{1/2}$$

Όπου v είναι η σταθερή ταχύτητα του τραίνου

Βρείτε αν πέτυχε τον στόχο του !



Τροχιά τραίνου:

$$x_\tau(t) = x_0 + ut = l - \mathrm{vt}$$
$$y_\tau(t) = 0$$

Τροχιά βόμβας:

$$x_{\mathrm{B}}(t) = 0$$
$$y_B(t) = h - \frac{1}{2}gt^2$$

Για να πετύχει το στόχο του πρέπει

$$x_{\mathrm{B}}(t') = x_\tau(t')$$
$$y_B = 0$$

$$t' = \left(\frac{2h}{d}\right)^{1/2}$$

$$x_{\mathrm{B}}(t') = x_\tau(t') \Rightarrow$$
$$\Rightarrow w \cdot t' = \left(\frac{2h}{d}\right)^{1/2} = l - v \cdot \left(\frac{2h}{d}\right)^{1/2}$$

$$l = (w + v) \cdot \left(\frac{2h}{d}\right)^{1/2}$$

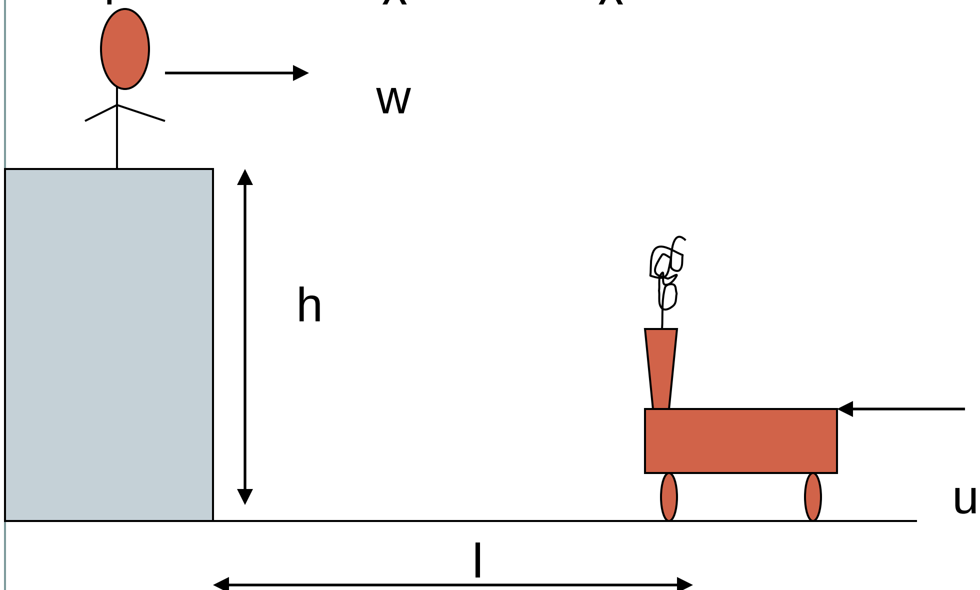
ΑΠΕΤΥΧΕ

τρομοκράτης ευρισκόμενος πάνω στον λόφο, ρίχνει βόμβα οριζόντια όταν το τραίνο απέχει απόσταση :

$$l = (v - w)\cdot\left(\frac{2h}{g}\right)^{1/2}$$

Όπου v είναι η σταθερή ταχύτητα του τραίνου

Βρείτε αν πέτυχε τον στόχο του !



Τροχιά τραίνου:

$$x_\tau(t) = x_0 + ut = l - \mathrm{v}t$$

$$y_\tau(t) = 0$$

Τροχιά βόμβας:

$$x_\mathrm{B}(t) = w\cdot t$$

$$y_B(t) = h - \frac{1}{2}gt^2$$

Για να πετύχει το στόχο του πρέπει :

$$x_\mathrm{B}(t') = x_\tau(t')$$

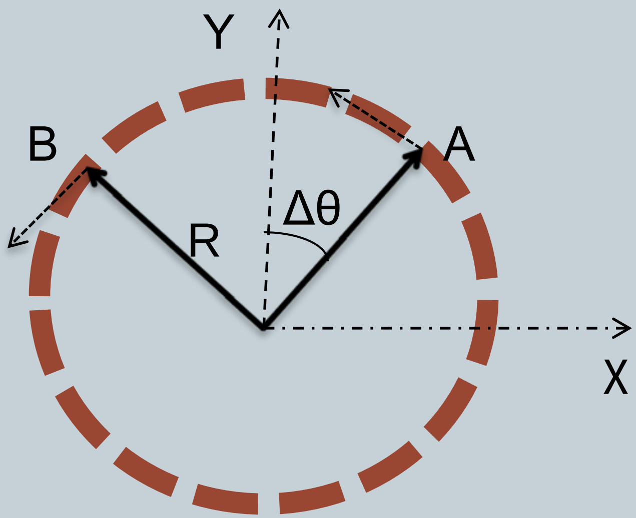
$$y_B = 0 \Rightarrow t' = \left(\frac{2h}{g}\right)^{1/2}$$

$$x_\mathrm{B}(t') = w\cdot t' = w\cdot\left(\frac{2h}{g}\right)^{1/2} = x_\tau(t') = l - vt' = l - v\left(\frac{2h}{d}\right)^{1/2} \Rightarrow$$

ΑΠΕΤΥΧΕ

Κυκλική κίνηση

Το υλικό σημείο εκτελεί κυκλική τροχιά με σταθερό μέτρο ταχύτητας



$$\vec{R} = R\cos\theta \cdot \hat{\imath} + R\sin\theta \cdot \hat{\jmath}$$

$$\left|\vec{R}\right| = \sqrt{\left(R\cos\theta\right)^2 + \left(R\sin\theta\right)^2} = R = \sigma\tau\alpha\theta.$$

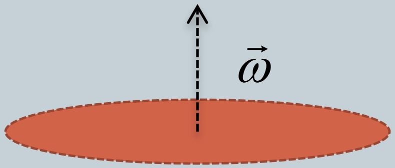
Οι ορθογώνιες συντεταγμένες μεταβάλλονται με το χρόνο διότι η γωνία θ μεταβάλλεται με το χρόνο

Ορίζουμε τη γωνιακή ταχύτητα με μέτρο ω:

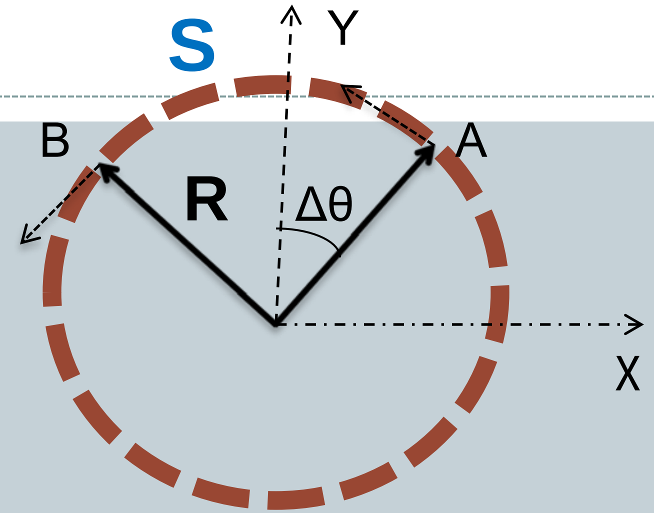
$$\omega = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{d\theta}{dt}$$

Εκφράζει τη στιγμιαία ταχύτητα μεταβολής της γωνίας θ

Διεύθυνση-φορά:



Μονάδες γωνιακής ταχύτητας : $\omega = \frac{d\theta}{dt} \frac{rad}{s}$



Σχέση μεταξύ τόξου S και γωνίας θ:

$\boxed{S = R \cdot \theta}$ ➡ $\boxed{\theta = \frac{S}{R}}$

Γωνία θ = Τόξο κύκλου προς ακτίνα κύκλου

Η γωνία μετριέται σε <u>μοίρες</u> ή σε <u>rad</u>

1 rad είναι η ΓΩΝΙΑ που αντιστοιχεί σε τόξο μήκους ίσου με την ακτίνα του κύκλου S=R

1 περιστροφή θ=360ο → S=2πR
1 rad → S=R

➡ $$\frac{360^0}{rad} = \frac{2\pi \cdot R}{R} = 2\pi$$ ➡

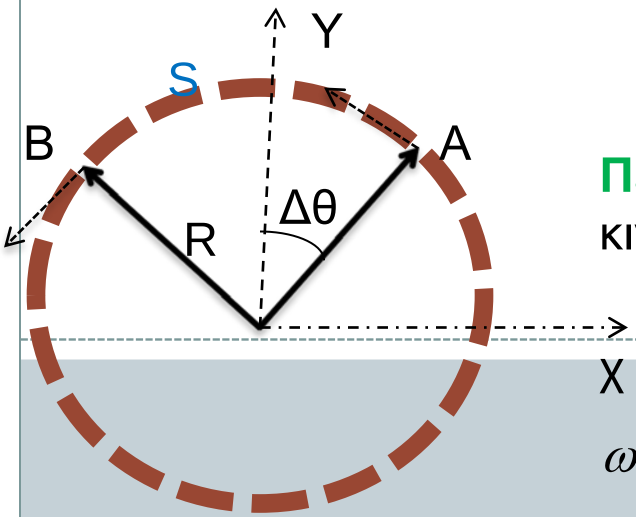
$$1\,rad = \frac{360^0}{2\pi} = \frac{180^0}{\pi}$$

$$\theta(rad) = \frac{180}{\pi} \cdot \theta(\mu o\acute{\iota}\rho\varepsilon\varsigma)$$

Παράδειγμα: οι 60ο αντιστοιχούν σε :

$$\boxed{\theta(\text{rad}) = \frac{\pi}{180} \cdot 60^0 = \frac{\pi}{3}\,rad}$$

Κυκλική κίνηση



Περίοδος T : το χρονικό διάστημα που απαιτείται ώστε το κινητό να συμπληρώσει μια πλήρη περιστροφή

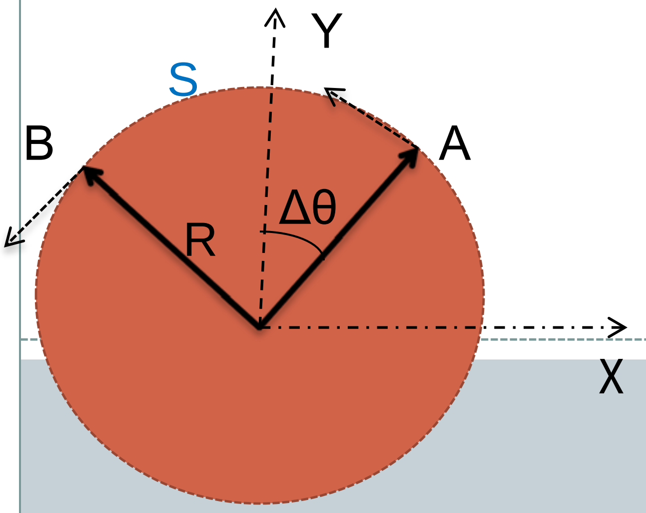
$$\omega = \frac{d\theta}{dt} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{\mathrm{T}} \quad \Rightarrow \quad \mathrm{T} = \frac{2\pi}{\omega} \frac{rad}{{}^{rad}/_{s}} = \frac{2\pi}{\omega}\, s$$

Συχνότητα (f) : ο αριθμός των στροφών που κάνει το κινητό στη μονάδα του χρόνου

$$f = \frac{\omega}{2\pi} \frac{{}^{rad}/_{s}}{{}^{rad}/} = \frac{\omega}{2\pi} s^{-1} = \frac{\omega}{2\pi} Hz$$

Εφαρμογή: Ένας δίσκος περιστρέφεται με 33 στροφές το λεπτό και χρειάζεται 20 s για να σταματήσει. Αν ω είναι σταθερό ποιά είναι η γωνιακή του επιτάχυνση;

Κυκλική κίνηση



Γωνιακή Επιτάχυνση:

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt}$$

Αν ω=σταθερό (ομαλή κυκλική κίνηση):

$$d\omega = \alpha \cdot dt \Rightarrow \omega = \omega_0 + \alpha \cdot t$$

Εφαρμογή:

Ένας δίσκος περιστρέφεται με 33 στροφές το λεπτό και χρειάζεται 20 s για να σταματήσει. Αν ω είναι σταθερό ποιά είναι η γωνιακή του επιτάχυνση;

ω=σταθερό

$$\omega = \omega_0 + \alpha \cdot t$$

για ω=0 t=20s

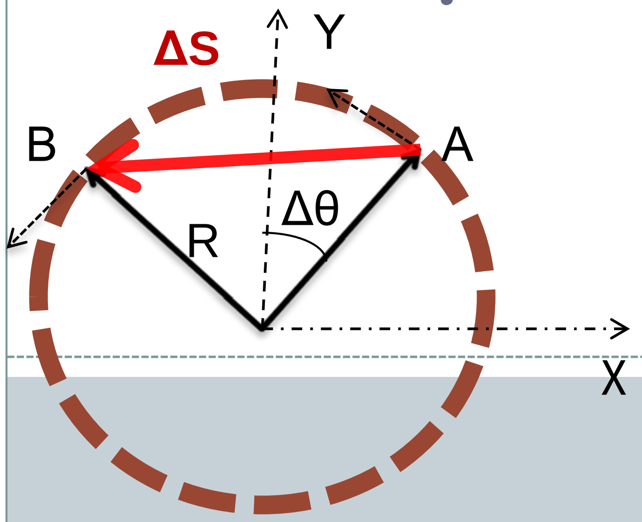
$$\omega = \omega_0 + \alpha \cdot t \Rightarrow \alpha = -\frac{\omega_0}{20}\ {}^{rad}\!/_{s^2}$$

$$\omega_0 = 2\pi \cdot f = 2\pi \cdot \frac{rad\acute{\varepsilon}}{\sigma\tau\rho o\varphi\acute{\varepsilon}\varsigma} \cdot \frac{33\sigma\tau\rho o\varphi\ \varsigma}{\min} =$$

$$2\pi \cdot 33\frac{rad}{\min} = 2\pi \cdot 33\frac{rad}{60s} = 3.46\frac{rad}{s}$$

$$\alpha = ..$$

Ομαλή κυκλική κίνηση



Επιτρόχιος ταχύτητα:

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{R}}{\Delta t}$$

Αλλά καθώς ο χρόνος τείνει στο μηδέν το μήκος του διανύσματος ΔR συμπίπτει με το μήκος του τόξου ΔS που ενώνει το αρχικό με το τελικό σημείο

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{R}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta S}{\Delta t} = R \cdot \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \theta}{\Delta t} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \vec{v} = \acute{o} R \cdot \omega = \sigma\tau\alpha\theta\varepsilon\rho$$

$$\Delta S = \Delta\theta \cdot R$$

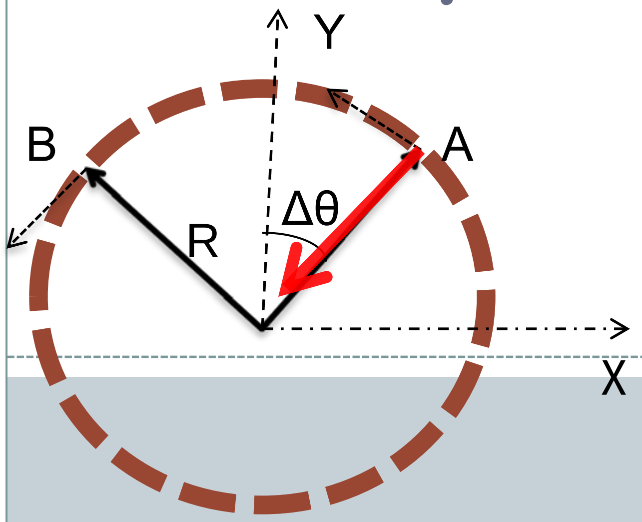
Η επιτρόχιος ταχύτητα είναι εφαπτομενική της τροχιάς και το μέτρο της είναι σταθερό:

$$\vec{v} = \acute{o} R \cdot \omega = \sigma\tau\alpha\theta\varepsilon\rho$$

Επιτρόχιος επιτάχυνση:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d(R\cdot\vec{\omega})}{dt} = R \cdot \frac{d\vec{\omega}}{dt} = R \cdot \vec{\alpha}$$

Ομαλή κυκλική κίνηση



Κεντρομόλος επιτάχυνση:

$$\vec{a}_k = v \cdot \omega$$

$$v = \omega \cdot R$$

$$\vec{a}_k = \omega^2 \cdot R$$

Σύνοψη

Ευθύγραμμη κίνηση	Κυκλική κίνηση
Μετατόπιση: x	Γωνιακή μετατόπιση: ω
Ταχύτητα: υ=dx/dt	Γωνιακή ταχύτητα : ω=dθ/dt Επιτρόχιος ταχύτητα: u=dS/dt u=ωR
Επιτάχυνση : α=du/dt	Επιτρόχιος επιτάχυνση :a=du/dt Γωνιακή επιτάχυνση: α=dω/dt a=αR Κεντρομόλος επιτάχυνση: $α_κ=ω^2R$
Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση:u=σταθερό $x=x_0+ut$	Ομαλή κυκλική κίνηση: ω=σταθερό $θ=θ_0+ωt$
Ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση $u=u_0+at$ $X=x_o+u_ot+1/2at^2$	$u=u_0+αt$ $θ=θ_o+u_ot+1/2αt^2$