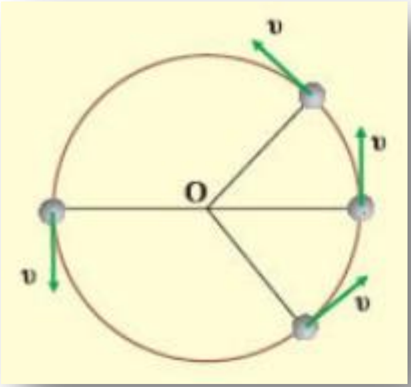
Ομαλή κυκλική κίνηση



- Η τροχιά είναι κύκλος

- Η τιμή της ταχύτητας (μέτρο) είναι σταθερή. Το διάνυσμα της ταχύτητας είναι εφαπτόμενο στη τροχιά, κάθε φορά στο σημείο που είναι το σημειακό αντικείμενο.

- Η ομαλή κυκλική κίνηση ανήκει σε μια μεγάλη οικογένεια φαινομένων, τα οποία ονομάζονται περιοδικά φαινόμενα. Δυο μεγέθη –ιδιαίτερα σημαντικά- στα φαινόμενα αυτά, είναι η **περίοδος** και η **συχνότητα**.

✓ Ο χρόνος που χρειάζεται το κινητό για να κάνει μια περιφορά, λέγεται **περίοδος** της κυκλικής κίνησης και συμβολίζεται με **T.** (μονάδα το sec)

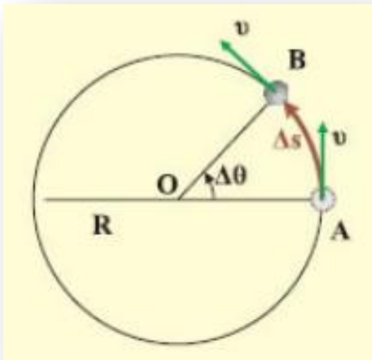
✓ Ο αριθμός των περιφορών που εκτελεί το κινητό στη μονάδα του χρόνου λέγεται **συχνότητα** της κυκλικής κίνησης και συμβολίζεται με **f.** (μονάδα το Hz)

$$f = \frac{1}{T}$$

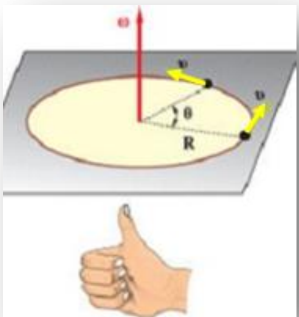
- Το διπλανό σχήμα μας βοηθά για να ορίσουμε τη γραμμική ταχύτητα (u) και τη γωνιακή ταχύτητα (ω)

$$u = \frac{τόξο}{χρόνος} = \frac{Δs}{Δt} = (ομαλή) = \frac{s}{t} = (Αν\ t = T, τότε\ s = 2πR) = \frac{2πR}{T} \qquad (1)$$

$$ω = \frac{γωνία}{χρόνος} = \frac{Δθ}{Δt} = (ομαλή) = \frac{θ}{t} = (Αν\ t = T, τότε\ θ = 2π) = \frac{2π}{T} \qquad (2)$$



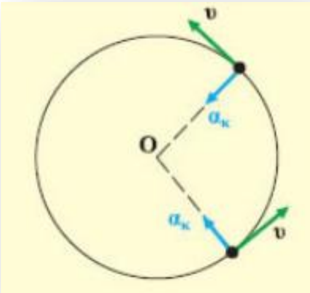
Από τις σχέσεις (1) και (2) προκύπτει εύκολα μια σημαντική εξίσωση, που συνδέει τα μέτρα της γραμμικής και της γωνιακής ταχύτητας : **u = ω . R** (3*)



- Στην εικόνα, ένα σημειακό αντικείμενο κινείται κυκλικά με σταθερή ταχύτητα u. Η γραμμική ταχύτητα του είναι εφαπτόμενη στη τροχιά, σε κάθε θέση στην οποία βρίσκεται το κινητό, ενώ η γωνιακή ταχύτητα είναι κάθετη στο επίπεδο της τροχιάς και σχεδιάζεται στο κέντρο της, σύμφωνα με τον κανόνα των δακτύλων του δεξιού χεριού. Μονάδα της ω, είναι το rad/sec.

(*) *Η σχέση (3) είναι μια σχέση που συνδέει τις αριθμητικές τιμές των τιμών (μέτρων) της γραμμικής και γωνιακής ταχύτητας. Είναι εξίσωση θέσης ή στιγμής, δηλαδή ισχύει σε κάθε θέση και σε κάθε στιγμή,* ***ακόμη και αν*** *η κυκλική κίνηση δεν είναι ομαλή!*

Κεντρομόλος επιτάχυνση



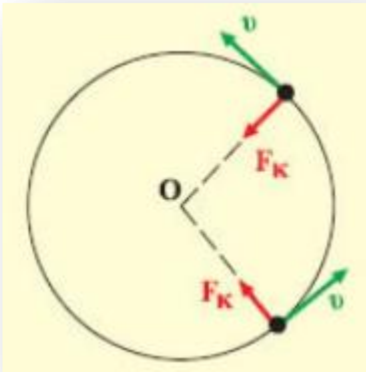
Στην ομαλή κυκλική το μέτρο της γραμμικής ταχύτητας είναι σταθερό, αλλά η διεύθυνση συνεχώς αλλάζει. Αλλαγή στην ταχύτητα u σημαίνει επιτάχυνση !

Η επιτάχυνση λοιπόν που δηλώνει πόσο γρήγορα η ταχύτητα u αλλάζει διεύθυνση λέγεται **κεντρομόλος επιτάχυνση** και έχει τα εξής απαράβατα γνωρίσματα :

- «Βλέπει» πάντα το κέντρο της τροχιάς.
- Έχει την αρχή της στο υλικό σημείο, το οποίο κάνει κυκλική τροχιά.
- Έχει μέτρο $\alpha_{\kappa\varepsilon\nu\tau\rho} = \frac{u^2}{R}$ (4)

ΣΗΜΕΙΩΜΑ : Υπάρχει σε κάθε καμπυλόγραμμη κίνηση…

Κεντρομόλος δύναμη



Στις καμπυλόγραμμες κινήσεις –άρα και στις κυκλικές- υπάρχει κεντρομόλος επιτάχυνση. Ο 2ος νόμος του Νεύτωνα επιβάλλει να υπάρχει δύναμη ή συνισταμένη δυνάμεων «υπεύθυνη» για την κεντρομόλο επιτάχυνση.

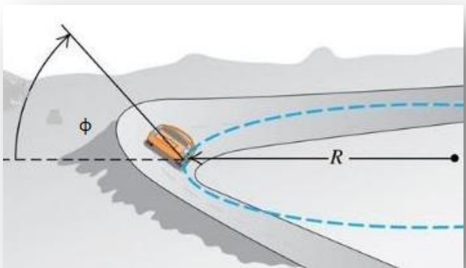
Έτσι :

$$\Sigma F_\kappa = m \cdot a_\kappa = m \cdot \frac{\upsilon^2}{R} \qquad (5)$$

Πώς βρίσκουμε την κεντρομόλο δύναμη :

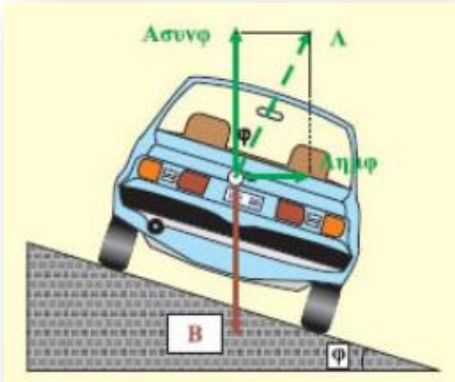
Έστω υλικό σώμα που κάνει κυκλική κίνηση. Σημειώνουμε τις δυνάμεις που δέχεται (βάρος, τριβή, τάση από νήμα, ...). Η συνισταμένη των δυνάμεων στην διεύθυνση της ακτίνας αναλαμβάνει ρόλο κεντρομόλου δύναμης !

Μελέτη στροφής αυτοκινήτου (δυο περιπτώσεις)



(I) Έστω ένα αυτοκίνητο, που παίρνει στροφή πάνω σε κεκλιμένο ως προς το οριζόντιο επίπεδο δρόμο.

Θα θεωρήσουμε ότι δεν υπάρχει τριβή και θα εξηγήσουμε γιατί ο δρόμος πρέπει να έχει κλίση και επιπλέον ότι αυτή η κλίση ορίζει και την ταχύτητα με την οποία πρέπει κινηθεί το όχημα.



Στο όχημα ασκούνται δυο δυνάμεις. Το βάρος (κατακόρυφα προς τα κάτω) και η απωστική δύναμη Α από το οδόστρωμα, κάθετη στην κεκλιμένη επιφάνεια.

Αναλύουμε την Α σε δυο συνιστώσες. Μια κατακόρυφα και μια οριζόντια.

Λοιπόν! Αναδείξαμε τη δύναμη Α.ημφ, η οποία «βλέπει» προς το κέντρο της κυκλικής τροχιάς και καλείται να παίξει ρόλο κεντρομόλο δύναμης!

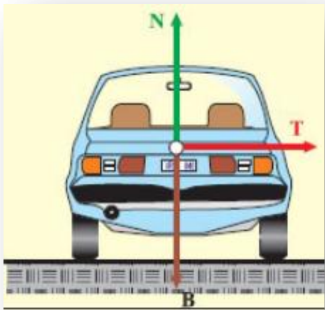
Οριζόντια διεύθυνση : $A.\eta\mu\varphi = F_{\kappa\varepsilon\nu\tau\rho} \rightarrow A.\eta\mu\varphi = \frac{m\,.\,u^2}{R}$ (1)

Κατακόρυφη διεύθυνση (ισορροπία) : $A.\sigma\upsilon\nu\varphi = m.g$ (2)

Διαιρούμε κατά μέλη, για να απαλλαγούμε από την Α : $\ldots\, \varepsilon\varphi\varphi = \frac{u^2}{R.g} \rightarrow u = \sqrt{R.g.\varepsilon\varphi\varphi}$ (3)

Η σχέση (3) λέει ότι μπορεί το όχημα να περάσει με μια ταχύτητα, την οποία υπολογίσαμε εφαρμόζοντας αρχές φυσικής.

(II) Ένα αυτοκίνητο, πρόκειται να πάρει στροφή ακτίνας σε οριζόντιο δρόμο. Πόση πρέπει να είναι η μέγιστη ταχύτητά του για να περάσει τη στροφή με ασφάλεια; Δίνεται ο συντελεστής τριβής ολίσθησης μ.



Κατακόρυφη διεύθυνση (ισορροπία) : N = m.g (1)

Οριζόντια διεύθυνση : Η μόνη δύναμη που υπάρχει είναι η τριβή, οπότε αυτή καλείται να παίξει ρόλο κεντρομόλου δύναμης !

$$T = \frac{m\,.\,u^2}{R} \quad (2)$$

Για να είναι ασφαλής η στροφή πρέπει να μη συμβεί ολίσθηση. Πρέπει δηλαδή το μέτρο της τριβής που θα αναπτυχτεί ανάμεσα στο οδόστρωμα και στα λάστιχα (πρόσφυση), να μη ξεπεράσει την τιμή $T_{o\lambda\iota\sigma\theta} = \mu\,.\,N$ (3)

Ώστε :

$$T \le T_{o\lambda\iota\sigma\theta} \rightarrow \frac{m\,.\,u^2}{R} \le \mu\,.\,N \rightarrow \frac{m\,.\,u^2}{R} \le \mu\,.\,mg \rightarrow u^2 \le \mu g R \rightarrow u \le \sqrt{\mu g R} \quad (4)$$

Τι λέει η (4) ;

Λέει ότι η ασφαλής στροφή απαιτεί ταχύτητα μικρότερη από ένα μέγιστο όριο, ένα όριο που εξαρτάται από το αν η στροφή είναι ‘ανοιχτή’ ή ‘κλειστή’ (R) και από το πόσο καλή πρόσφυση έχουν τα λάστιχα στο οδόστρωμα, δηλαδή από τον συντελεστή μ. Ε! αυτός ο συντελεστής είναι πολύ μικρός όταν τα λάστιχα είναι παλιά ή φθαρμένα ή το χειρότερο και παλιά και φθαρμένα. (*Λάστιχο μετά 2 χρόνια αρχίζει και έχει συμπεριφορά πλαστικού, κυρίως τον χειμώνα*).

Νίκος Δημάσης
Φυσικός (ψηφ.υπ.)