

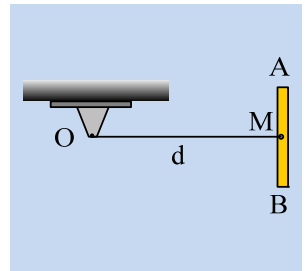
ΦΥΛΛΑΔΙΟ 12 ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΣΤΕΡΕΟΥ

Στα επόμενα μελετάμε το **μηχανικό** (άκαμπτο) στερεό, το οποίο εκτελεί είτε μεταφορική, είτε περιστροφική είτε σύνθετη κίνηση. Σε **κάθε** είδους κίνηση πρέπει, οι **συνιστώσες των ταχυτήτων δύο οποιονδήποτε σημείων στην ευθεία που διέρχεται από αυτά να είναι ίσες** !αλλιώς η απόσταση των σημείων θα άλλαζε.

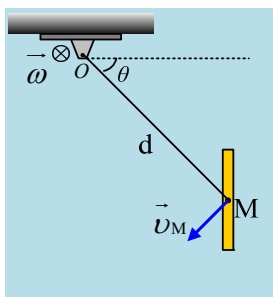
Μεταφορική ονομάζεται η κίνηση κατά την οποία, όλα τα σημεία του στερεού, έχουν **κάθε στιγμή ίδια ταχύτητα**, οπότε το στερεό **μεταφέρεται στο χώρο χωρίς να αλλάζει προσανατολισμό**. Το ευθύγραμμο τμήμα που συνδέει δύο τυχαία σημεία του στερεού, μετατοπίζεται παράλληλα προς τον εαυτό του. Η τροχιά των σημείων του στερεού δεν είναι απαραίτητα ευθύγραμμη.

ΑΣΚ.1

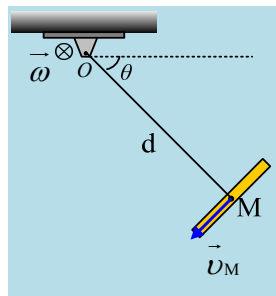
Μια ομογενής ράβδος μήκους ℓ έχει προσδεθεί στο μέσο της M , μέσω αβαρούς και μη εκτατού νήματος, μήκους $d=2m$, με σταθερό σημείο O . Η ράβδος συγκρατείται στη θέση που δείχνει το σχήμα, όπου το νήμα είναι οριζόντιο και η ράβδος κατακόρυφη. Αφήνουμε τη ράβδο ελεύθερη να κινηθεί. Κάποια στιγμή το νήμα σχηματίζει γωνία θ με την οριζόντια διεύθυνση, όπου $\eta\theta=0,4$



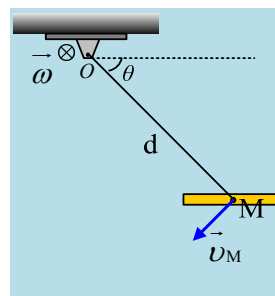
Γνωρίζοντας πως η ράβδος θα εκτελέσει **μεταφορική κίνηση**, ποιο από τα επόμενα σχήματα παριστάνει τη θέση της ράβδου τη στιγμή αυτή;



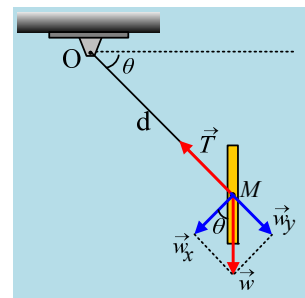
σχήμα -1



σχήμα -2



σχήμα-3



Τη στιγμή αυτή να υπολογίσετε την ταχύτητα και το **μέτρο** της επιτάχυνσης των άκρων A και B της ράβδου

$$\text{Απ: } v_{cm} = v_A = v_B = 4 \frac{m}{s} \quad \vec{a}_{cm} = \vec{a}_K + \vec{a}_\varepsilon \rightarrow a_{cm} = \sqrt{148} \frac{m}{s^2} = a_A = a_B$$

Σύνθετη κίνηση

Όταν ένα ελεύθερο στερεό **μεταφέρεται και ταυτόχρονα αλλάζει προσανατολισμό** (περιστρέφεται), λέμε ότι εκτελεί **σύνθετη κίνηση**.

Η κίνηση αυτή, σύμφωνα με το θεώρημα Chasle, μπορεί να θεωρηθεί ως **επαλληλία** μιας μεταφορικής, με την ταχύτητα ενός οποιουδήποτε σημείου O και μιας στροφικής περί άξονα που διέρχεται από το σημείο O .

Θεώρημα Chasle: «*Η γενική κίνηση ενός στερεού μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελείται από μια μεταφορά και μια περιστροφή...*»

Στο σχολικό βιβλίο μελετάμε την **επίπεδη** κίνηση, στην οποία ο **άξονας περιστροφής** είναι κύριος άξονας αδράνειας του στερεού, έχει σταθερή διεύθυνση και **όλα τα διανυσματικά μεγέθη** που περιγράφουν τη στροφική του κίνηση **έχουν τη διεύθυνση του άξονα**. Ο **άξονας** αυτός διέρχεται από το **ΚΜ** του στερεού

Ένα σημείο που εξυπηρετεί για τη μελέτη της σύνθετης κίνησης είναι το κέντρο μάζας (cm). Τότε η σύνθετη κίνηση μπορεί να θεωρηθεί ως επαλληλία: α) μιας μεταφορικής κίνησης, για την περιγραφή της οποίας μελετάμε την κίνηση του κέντρου μάζας του στερεού και β) μιας στροφικής περί άξονα που διέρχεται από το κέντρο μάζας.

Το ελεύθερο στερεό εκτελεί είτε μεταφορική, (μετά από στιγμιαία ώθηση δύναμης στο ΚΜ), είτε περιστροφική γύρω από νοητό άξονα που διέρχεται από το κέντρο μάζας, (μετά από στιγμιαία ώθηση ροπής ζεύγους δυνάμεων), είτε σύνθετη κίνηση (μετά από στιγμιαία ώθηση δύναμης σε σημείο διαφορετικό του κέντρου μάζας)

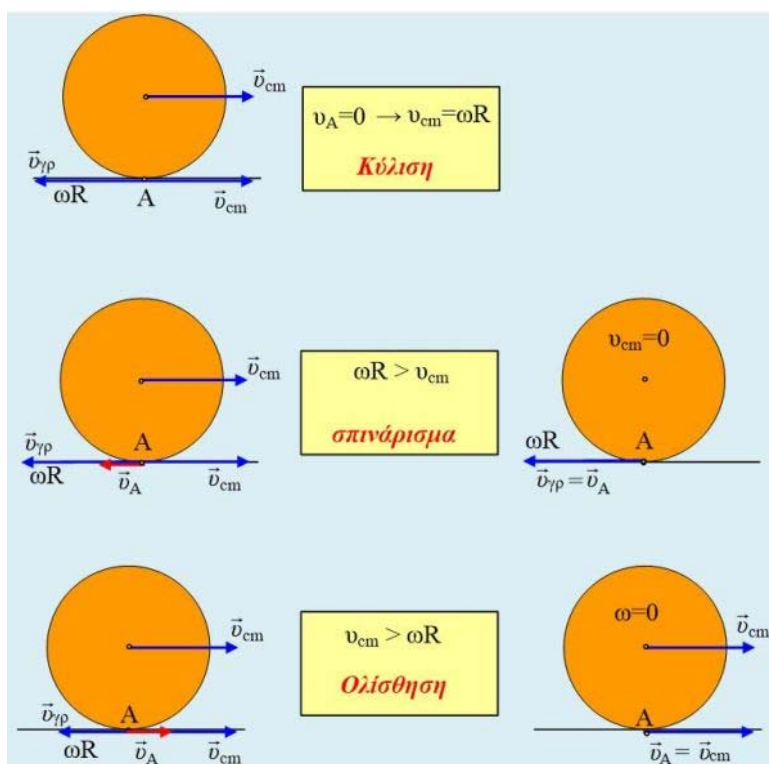
ΚΥΛΙΣΗ στερεού κυκλικής διατομής

Όταν το σημείο επαφής του στερεού με το δάπεδο, έχει μηδενική ταχύτητα, το στερεό εκτελεί κύλιση ή σύμφωνα με το σχολικό κύλιση χωρίς ολίσθηση (κχο). Η κύλιση είναι σύνθετη κίνηση την οποία μελετάμε ως επαλληλία μεταφορικής με $v_{\text{μετ}}$ (συχνά λέμε $v_{\text{μετ}} = v_{\text{cm}}$, γιατί ο νοητός άξονας περιστροφής διέρχεται από το Κέντρο Μάζας, οπότε το ΚΜ δεν εκτελεί κυκλική κίνηση, έτσι δεν έχει $v_{\gamma\rho}$ και η ταχύτητά του συμπίπτει με την $v_{\text{μετ}}$) και μιας περιστροφικής γύρω από νοητό άξονα ο οποίος διέρχεται από το ΚΜ:

$$\vec{v}_A = \vec{v}_{\text{μετ}} + \vec{v}_{\gamma\rho} = \vec{0} \Rightarrow \vec{v}_{\text{μετ}} = -\vec{v}_{\gamma\rho} \Rightarrow v_{\text{μετ}} = v_{\gamma\rho} = \omega R$$

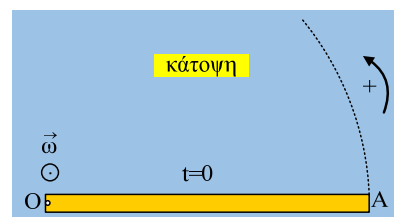
Αν $v_{\text{μετ}} < \omega R$ τότε το σημείο επαφής του στερεού με το δάπεδο, έχει ταχύτητα ομόρροπη της $\vec{v}_{\gamma\rho}$ και το στερεό εκτελεί κύλιση με ολίσθηση προς τα πίσω (σπινάρισμα). Θα μπορούσε και να σπινάρει, εκτελώντας αποκλειστικά περιστροφική κίνηση σε λείο δάπεδο.

Αν $v_{\text{μετ}} > \omega R$ τότε το σημείο επαφής του στερεού με το δάπεδο, έχει ταχύτητα ομόρροπη της $\vec{v}_{\text{μετ}}$ και το στερεό εκτελεί κύλιση με ολίσθηση προς τα εμπρός. Θα μπορούσε και να ολισθαίνει, εκτελώντας αποκλειστικά μεταφορική κίνηση σε λείο δάπεδο.



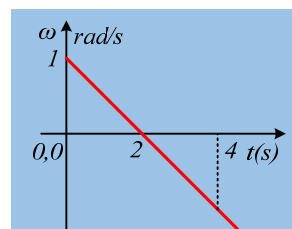
ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

2. Μια ράβδος OA , μήκους $L=4\text{m}$, στρέφεται σε **οριζόντιο** επίπεδο, γύρω από **κατακόρυφο** άξονα ο οποίος **περνά από το άκρο της O** και σε μια στιγμή $t=0$, βρίσκεται στη θέση που δείχνει το σχήμα έχοντας γωνιακή ταχύτητα $\omega_0=1\text{rad/s}$. Στο διπλανό διάγραμμα δίνεται η γραφική παράσταση της γωνιακής ταχύτητας της ράβδου σε συνάρτηση με το χρόνο.



i) Να σημειωθούν πάνω στο σχήμα, για τη χρονική στιγμή $t_0=0$, η γραμμική ταχύτητα, η επιτροχια επιτάχυνση και η κεντρομόλος επιτάχυνση του άκρου A της ράβδου και στη συνέχεια να υπολογιστούν τα μέτρα τους.

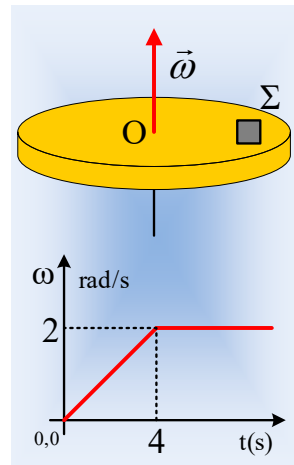
ii) Να βρεθεί η θέση της ράβδου τη στιγμή $t_1=2\text{s}$ και να υπολογιστεί η επιτάχυνση του άκρου A , στη θέση αυτή.



iii) Σε ποια θέση βρίσκεται η ράβδος τη στιγμή $t_2=4\text{s}$; Να σχεδιαστεί ένα σχήμα που να φαίνεται η ταχύτητα του άκρου A της ράβδου, τη στιγμή αυτή και να υπολογισθούν το μέτρο της και ο ρυθμός μεταβολής του μέτρου της.

3. Ένας τροχός στρέφεται σε **οριζόντιο** επίπεδο γύρω από **κατακόρυφο** άξονα που διέρχεται από το **κέντρο** του. Αν ο τροχός επιβραδύνεται **ομαλά** με επιτάχυνση μέτρου $a_\gamma=10\text{r/s}^2$, να βρείτε τη γωνιακή μετατόπιση $\Delta\theta$ στο **τελευταίο** δευτερόλεπτο της κίνησής του. Απ: $\Delta\theta=5\text{ rad}$

4. Ο οριζόντιος δίσκος του σχήματος, μπορεί να στρέφεται γύρω από κατακόρυφο άξονα, ο οποίος περνά από το κέντρο του O ενώ αρχικά ηρεμεί. Τοποθετούμε πάνω του ένα σώμα Σ , μάζας $m=2\text{kg}$, το οποίο θεωρείται υλικό σημείο, σε απόσταση $r=2\text{m}$ από το κέντρο του. Σε μια στιγμή ο δίσκος τίθεται σε περιστροφή και στο σχήμα δίνεται το γράφημα της γωνιακής του ταχύτητας σε συνάρτηση με το χρόνο, ενώ το σώμα Σ κινείται κυκλικά **χωρίς να ολισθαίνει** πάνω στο δίσκο.



i) Να βρεθεί η τριβή (μέτρο και κατεύθυνση) η οποία ασκείται στο σώμα Σ τη στιγμή $t_0=0^+$ (αμέσως μόλις αρχίσει η περιστροφή).

ii) Ποια η αντίστοιχη απάντηση για την ασκούμενη τριβή τη χρονική στιγμή $t_1=5\text{s}$;

iii) Σε μια επανάληψη του πειράματος, ο δίσκος τίθεται ξανά σε περιστροφή με την **ίδια γωνιακή επιτάχυνση**, χωρίς αυτή να μηδενίζεται τη στιγμή $t=4\text{s}$, οπότε παρατηρούμε ότι το σώμα Σ **αρχίζει να ολισθαίνει** τη χρονική στιγμή $t_2=4,2\text{s}$. Να υπολογιστεί ο συντελεστής οριακής στατικής τριβής μεταξύ του σώματος και του δίσκου. Δίνεται $g=10\text{m/s}^2$.

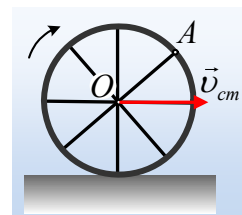
Στον σχεδιασμό της δύναμης τριβής, σε κάθε περίπτωση, να μην αναζητηθεί η ακριβής θέση του σώματος και η γωνία κατά την οποία έχει περιστραφεί ο δίσκος.

$$\text{Απ: (i)} \quad T_1 = ma_\Sigma = 2 \cdot 1\text{N} = 2\text{N} \quad \text{(ii)} \quad T_2 = ma_\kappa = m \frac{v_2^2}{R} = 2 \cdot \frac{4^2}{2} \text{N} = 16\text{N}$$

$$\text{(iii)} \quad \alpha = \sqrt{\alpha_\kappa^2 + \alpha_{\epsilon\pi}^2} = \sqrt{8,8^2 + 1^2} \text{m/s}^2 \approx 8,88 \text{m/s}^2 \quad \mu_s = \frac{T_{op}}{mg} = \frac{ma}{mg} = \frac{a}{g} = \frac{8,88}{10} \approx 0,89$$

ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΣΥΝΘΕΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

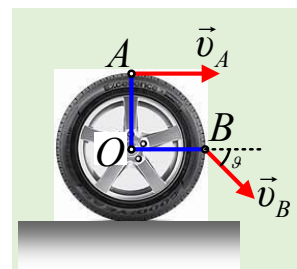
5. Ένας τροχός ακτίνας $R=0,5\text{m}$ κυλιέται σε οριζόντιο επίπεδο με σταθερή ταχύτητα του κέντρου μάζας του O . Ένα σημείο A , βρίσκεται στο άκρο μιας ακτίνας του. Τη στιγμή t_1 , όπου η ταχύτητα του σημείου A γίνεται **μέγιστη**, ένα άλλο σημείο B , έχει ταχύτητα μέτρου $u_1=0,8\text{m/s}$ της **ίδιας διεύθυνσης** με την ταχύτητα του σημείου A . Τη στιγμή t_2 όπου η ταχύτητα του σημείου A γίνεται η **ελάχιστη** δυνατή, η ταχύτητα του B έχει μέτρο $u_2= 3,2\text{m/s}$.



i) Να υπολογιστεί η ταχύτητα u_{cm} του κέντρου O του τροχού.

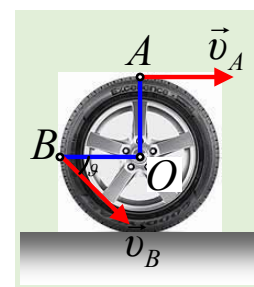
ii) Να βρεθεί η θέση του σημείου B , καθώς και η απόσταση (AB) των δύο σημείων του τροχού.

6. α) Σε οριζόντιο επίπεδο κινείται ένας τροχός ακτίνας $R=0,5\text{m}$. Η ταχύτητα του σημείου A , στο άκρο μιας **κατακόρυφης ακτίνας**, είναι οριζόντια μέτρου $u_A=4\text{m/s}$, ενώ η ταχύτητα του σημείου B , στο άκρο μιας **οριζόντιας ακτίνας**, σχηματίζει γωνία $\theta=45^\circ$ με την οριζόντια διεύθυνση, όπως στο σχήμα. Ο τροχός αυτός κυλιέται ή όχι;



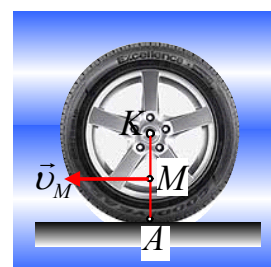
Να υπολογιστούν η ταχύτητα u_{cm} του άξονα O του τροχού και η γωνιακή ταχύτητα του τροχού.

β) Σε οριζόντιο επίπεδο κινείται ένας τροχός ακτίνας $R=0,5\text{m}$. Η ταχύτητα του σημείου A , στο άκρο μιας κατακόρυφης ακτίνας, είναι οριζόντια μέτρου $u_A=1\text{m/s}$, ενώ η ταχύτητα του σημείου B , στο άκρο μιας οριζόντιας ακτίνας, σχηματίζει γωνία θ , με $\epsilon\phi\theta=3/4$ με την οριζόντια διεύθυνση, όπως στο σχήμα. Ο τροχός αυτός κυλιέται ή όχι;



Να υπολογιστούν η ταχύτητα u_{cm} του άξονα O του τροχού και η γωνιακή ταχύτητα του τροχού.

7. Ένα φορτηγό κινείται ευθύγραμμα σε οριζόντιο δρόμο, με **σταθερή** ταχύτητα u_ϕ , ενώ στο σχήμα βλέπετε έναν τροχό του ακτίνας $R=0,5\text{m}$. Το σημείο επαφής του τροχού με το έδαφος, σημείο A , έχει **μηδενική** ταχύτητα, ενώ το σημείο M , στο **μέσον** της ακτίνας KA , έχει ταχύτητα μέτρου $u_M=1\text{m/s}$. Το φορτηγό κινείται προς τα δεξιά ή προς τα αριστερά;



i) Να υπολογίσετε την ταχύτητα του φορτηγού και τη συχνότητα περιστροφής των τροχών.

ii) Να βρεθεί η επιτάχυνση του σημείου M στην θέση που δείχνει το σχήμα.

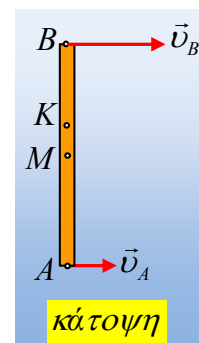
8. Μια δοκός μήκους 2m , κινείται σε **λείο οριζόντιο** επίπεδο και σε μια στιγμή βρίσκεται στη θέση του διπλανού σχήματος (κάτοψη). Στη θέση αυτή οι ταχύτητες των δύο άκρων A και B της δοκού, είναι κάθετες στη δοκό με μέτρα $u_A=0,8\text{m/s}$, $u_B=1,8\text{m/s}$.

i) Η κίνηση της δοκού είναι: α) Μεταφορική, β) στροφική γ) σύνθετη.

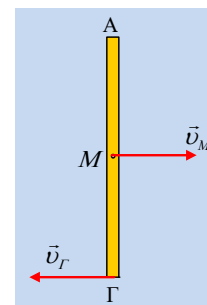
ii) Αν η δοκός είναι ομογενής, τότε η γωνιακή ταχύτητα της δοκού έχει μέτρο:

α) $\omega=0,3\text{rad/s}$, β) $\omega=0,5\text{rad/s}$, γ) $\omega=0,7\text{rad/s}$.

iii) Αν το **κέντρο μάζας της δοκού είναι το σημείο K** , όπου $(KM)=0,2\text{m}$, τότε η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής της έχει μέτρο: α) $\omega=0,3\text{rad/s}$, β) $\omega=0,5\text{rad/s}$, γ) $\omega=0,7\text{rad/s}$.



9. Ράβδος μήκους L βρίσκεται σε λεία οριζόντια επιφάνεια. Κάποια στιγμή που θεωρούμε $t=0$, γνωρίζουμε τις ταχύτητες του μέσου M και του άκρου Γ οι οποίες έχουν ίσα μέτρα $u_M=u_\Gamma=u$ και κατευθύνσεις όπως στο σχήμα:



i) Τι είδους κίνηση εκτελεί η ράβδος;

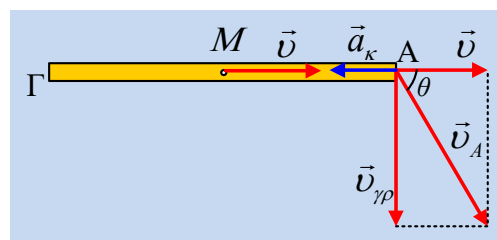
ii) Σχεδιάστε τη θέση της ράβδου μετά από χρονικό διάστημα $\Delta t = \pi L / 8u$

iii) Ποια η ταχύτητα και ποια η επιτάχυνση του άκρου A στη θέση αυτή;

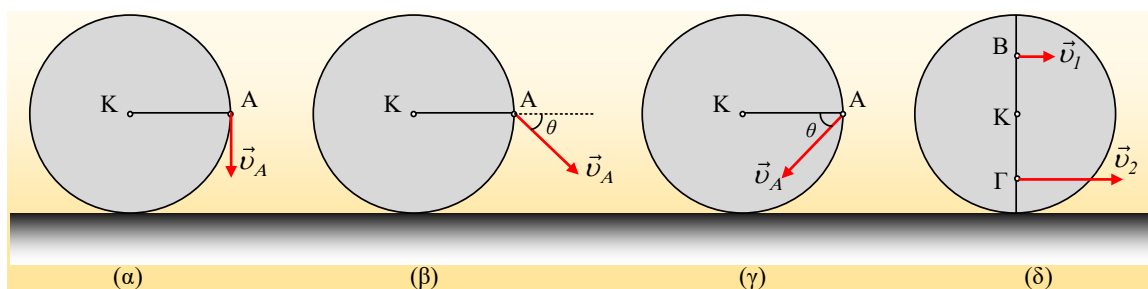
Απ:

$$\vec{v}_A = \vec{v} + \vec{v}_{\gamma\rho} \Rightarrow v_A = \sqrt{v^2 + v_{\gamma\rho}^2} \Rightarrow v_A = \sqrt{5v^2} \Rightarrow v_A = v\sqrt{5}$$

$$\vec{\alpha}_A = \vec{\alpha}_\kappa \Rightarrow \alpha_A = \alpha_\kappa = \omega^2 \frac{L}{2} \Rightarrow \alpha_A = \frac{16v^2}{L^2} \cdot \frac{L}{2} \Rightarrow \alpha_A = \frac{8v^2}{L}$$



10. Ένας ομογενής δίσκος κέντρου K βρίσκεται σε επαφή με οριζόντιο επίπεδο και το σημείο A , είναι στο άκρο μιας οριζόντιας ακτίνας (στα σχήματα α, β και γ). Στο σχήμα (δ) τα σημεία B και Γ είναι πάνω στην κατακόρυφη διάμετρο και ισαπέχουν του κέντρου K .



i) Τι κίνηση πραγματοποιεί ο δίσκος του (α) σχήματος, όπου η ταχύτητα u_A είναι κατακόρυφη;

ii) Στο σχήμα (β), αν $\theta=45^\circ$, να εξηγήσετε γιατί ο δίσκος κυλίεται προς τα δεξιά.

iii) Στο σχήμα (γ), αν $\theta=45^\circ$, να εξετάσετε αν ο δίσκος κυλίεται ή όχι.

iv) Οι ταχύτητες των σημείων B και Γ του δίσκου του (δ) σχήματος, είναι οριζόντιες με μέτρα $u_1=1\text{m/s}$ και $u_2=3\text{m/s}$ αντίστοιχα. Τότε ο δίσκος:

α) κινείται προς τα δεξιά και στρέφεται δεξιόστροφα.

β) κινείται προς τα δεξιά και στρέφεται αριστερόστροφα.

γ) κινείται προς τα αριστερά και στρέφεται δεξιόστροφα.

δ) κινείται προς τα αριστερά και στρέφεται αριστερόστροφα.

Ποια από τα παραπάνω ενδεχόμενα μπορεί να ισχύουν;

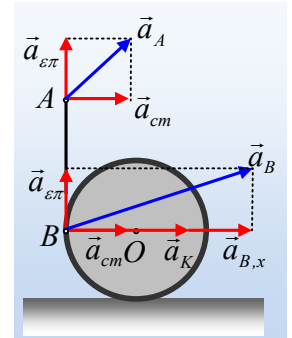
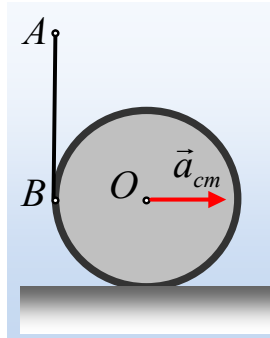
11. Ένας τροχός με ακτίνα $R=0,8\text{m}$ αρχικά ηρεμεί σε οριζόντιο επίπεδο. Κάποια στιγμή $t_0=0$, τίθεται σε κίνηση, οπότε αρχίζει να κυλίεται με **σταθερή επιτάχυνση** κέντρου μάζας a_{cm} . Τη στιγμή t_1 τα σημεία A και B , στα άκρα μιας οριζόντιας διαμέτρου έχουν **οριζόντιες συνιστώσες** επιτάχυνσης με μέτρα $a_{Ax}=4,5\text{m/s}^2$ και $a_{Bx}=5,5\text{m/s}^2$ και **αντίθετες** φοράς.

i) Να υπολογίσετε την επιτάχυνση του κέντρου μάζας O του τροχού. ($a_{cm}=0,5\text{ m/s}^2$)

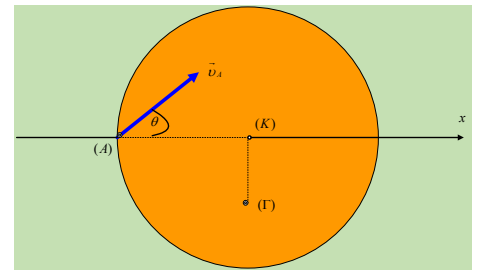
ii) Να βρεθεί η χρονική στιγμή t_1 . ($t_1=4\text{s}$)

12. Γύρω από έναν κύλινδρο τυλίγουμε ένα αβαρές νήμα. Ασκώντας κατάλληλη δύναμη στο άκρο A του νήματος, πετυχαίνουμε ο κύλινδρος να κυλίνεται προς τα δεξιά με σταθερή επιτάχυνση a_{cm} του άξονα O , ενώ το νήμα διατηρείται κατακόρυφο.

Να σχεδιάσετε την επιτάχυνση του άκρου A του νήματος και του σημείου B του κυλίνδρου, στο οποίο καταλήγει το κατακόρυφο τμήμα του νήματος. Ποιο το μέτρο της επιτάχυνσης του άκρου A του νήματος; Απ: $a_A = a_{cm}\sqrt{2}$

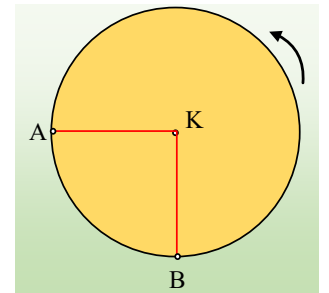


13. Οριζόντιος ομογενής δίσκος ακτίνας $R=0,5m$ εκτελεί σύνθετη ομαλή κίνηση. Το κέντρο μάζας του δίσκου κινείται κατά μήκος του άξονα x' , ο οποίος συμπίπτει με τη διεύθυνση της ακτίνας KA . Κάποια χρονική στιγμή το σημείο A της περιφέρειάς του έχει ταχύτητα $u_A=15 m/s$, η διεύθυνση της οποίας σχηματίζει γωνία θ με την ακτίνα KA , όπου $\sin\theta=0,6$. Να υπολογίσετε την ίδια στιγμή, την ταχύτητα και την επιτάχυνση του σημείου Γ , όπου $(K\Gamma)=R/2$ και $K\Gamma \perp KA$.



Απ: $u_{μετ}=9 m/s$, $u_{\Gamma(A)}=\omega R=12m/s$, $u_{\Gamma}=3 m/s$, $a_{\Gamma}=144 m/s^2$

14. Ο δίσκος του σχήματος με ακτίνα $R=4m$, στρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα $\omega=(\pi/2)rad/s$ γύρω από σταθερό οριζόντιο άξονα ο οποίος περνά από το κέντρο του K . Δύο σημεία A και B βρίσκονται στα άκρα δύο καθέτων ακτινών και σε μια στιγμή, την οποία παίρνουμε ως αρχή μέτρησης των χρόνων ($t_0=0$), βρίσκονται στις θέσεις που φαίνονται στο σχήμα, όπου η ακτίνα AK είναι οριζόντια.



i) Να βρεθούν οι ταχύτητες και οι επιταχύνσεις των σημείων A και B τη στιγμή $t=0$.

ii) Τη χρονική στιγμή $t_1=4,6s$ ο άξονας περιστροφής σπάει, με αποτέλεσμα ο δίσκος να πέφτει ελεύθερα. Για την στιγμή $t_2=5s$, να βρεθούν οι θέσεις, οι ταχύτητες και οι επιταχύνσεις των σημείων A και B . Δίνεται ότι το επίπεδο του δίσκου είναι πάντα κατακόρυφο και ότι η γωνιακή ταχύτητά του παραμένει σταθερή, μετά το σπάσιμο του άξονα, ενώ $g=10m/s^2$ και $\pi^2 \approx 10$.

$$\text{Απ: } v_A = \sqrt{v_1^2 + v_{cm}^2} = \sqrt{(2\pi)^2 + 4^2} m/s = \sqrt{56} m/s \approx 7,5 m/s \quad \alpha_A = \alpha_{K,l} - \alpha_{cm} = 0$$

$$v_B = v_2 - v_{cm} = 2,28 m/s \quad \alpha_B = \sqrt{\alpha_{2,K}^2 + \alpha_{cm}^2} = \sqrt{10^2 + 10^2} m/s^2 = 10\sqrt{2} m/s^2$$

15. Γύρω από έναν ομογενή κύλινδρο έχουμε τυλίξει νήμα. Δένουμε το άκρο A του νήματος στο δάκτυλό μας, το οποίο κινούμε κατακόρυφα, έχοντας αφήσει ελεύθερο τον κύλινδρο. Έτσι επιτυγχάνουμε ο κύλινδρος να κινείται κατακόρυφα, με τον άξονά του O οριζόντιο.

i) Κάποια στιγμή ο άξονας κινείται προς τα κάτω με ταχύτητα u_0 , ενώ το σημείο B , στο άκρο μιας οριζόντιας διαμέτρου, έχει κατακόρυφη ταχύτητα $u_B=3u_0$. Τη στιγμή αυτή ποια η ταχύτητα του άκρου A του νήματος;

ii) Επαναλαμβάνουμε και κάποια στιγμή ο άξονας έχει ταχύτητα u_0 , ενώ το σημείο Γ , στο

άκρο μιας κατακόρυφης διαμέτρου έχει ταχύτητα μέτρου $u_{\Gamma}=1,2u_0$, όπως στο σχήμα. Τη στιγμή αυτή το άκρο A του νήματος: α) κινείται προς τα κάτω. β) παραμένει ακίνητο γ) κινείται προς τα πάνω

