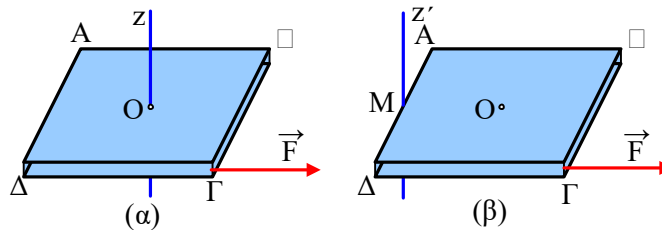


### 3.3. Δυναμική στερεού.

#### 3.3.1. Ροπή και γωνιακή επιτάχυνση

Μια οριζόντια τετράγωνη πλάκα ΑΒΓΔ, πλευράς 1m και μάζας 20kg μπορεί να στρέφεται γύρω από σταθερό άξονα z που περνά από το κέντρο της. Η πλάκα αποκτά γωνιακή ταχύτητα 5rad/s όταν ασκηθεί πάνω της οριζόντια δύναμη μέτρου  $F=10\text{N}$  στην κορυφή Γ με διεύθυνση, κάθε στιγμή, αυτήν της πλευράς ΔΓ, για χρονικό διάστημα 10s, σχήμα (α).



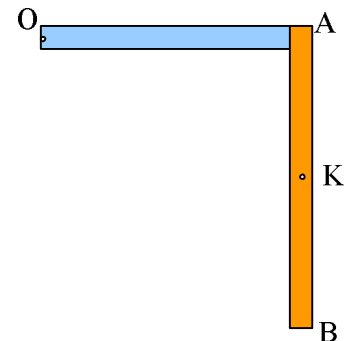
- Να υπολογιστεί η ασκούμενη ροπή, η γωνιακή επιτάχυνση και η ροπή αδράνειας της πλάκας ως προς τον άξονα z.
- Πόση αντίστοιχα γωνιακή ταχύτητα θα αποκτούσε σε χρόνο 10s η πλάκα, αν η περιστροφή γινόταν γύρω από τον κατακόρυφο άξονα z', ο οποίος περνά από το μέσον M της ΑΔ, σχήμα (β);

#### 3.3.2. Ροπή αδράνειας και γωνιακή επιτάχυνση

Οι ομογενείς ράβδοι ΟΑ και ΑΒ με ίσες μάζες  $m=3\text{kg}$  και μήκη  $l_1=4\text{m}$  και  $l_2=6\text{m}$  αντίστοιχα, είναι συγκολλημένες όπως στο σχήμα. Το σύστημα μπορεί να στρέφεται γύρω από οριζόντιο άξονα, ο οποίος περνά από το άκρο Ο. Φέρνουμε το σύστημα σε τέτοια θέση, ώστε η ράβδος ΟΑ να είναι οριζόντια και το αφήνουμε να κινηθεί.

Αν η ροπή αδράνειας μιας ράβδου ως προς κάθετο άξονα που περνά από το

μέσον της δίνεται από τη σχέση  $I = \frac{I}{12} \text{ ml}^2$ , να βρεθούν:



- Η αρχική γωνιακή επιτάχυνση του συστήματος.
- Η αρχική επιτάχυνση του μέσου K της ράβδου ΑΒ και να σχεδιαστεί στο σχήμα.

#### 3.3.3. Ο άξονας δεν περνά από το cm

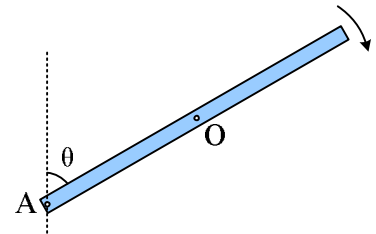
Μια ομογενής δοκός μήκους  $L=4\text{m}$  και μάζας  $M=12\text{kg}$  μπορεί να στρέφεται γύρω από σταθερό οριζόντιο άξονα, ο οποίος διέρχεται από το ένα της άκρο Α και ισορροπεί οριζόντια με την βοήθεια κατακόρυφου νήματος, το οποίο είναι δεμένο στο άλλο της άκρο Β.

- Βρείτε τη δύναμη που ασκείται στη δοκό από τον άξονα.
- Σε μια στιγμή κόβουμε το νήμα. Αμέσως μετά το κόψιμο του νήματος:
  - Βρείτε τη γωνιακή επιτάχυνση που αποκτά η δοκός
  - Πόση δύναμη ασκεί ο άξονας στη δοκό;

Δίνεται η ροπή αδράνειας της δοκού ως προς τον άξονα περιστροφής  $I = \frac{1}{3} ML^2$  και  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

### 3.3.4. Δυναμική στερεού με σταθερό άξονα περιστροφής.

Μια ομογενής ράβδος μήκους 1m στρέφεται γύρω από σταθερό οριζόντιο άξονα που περνά από το ένα της άκρο Α. Τη στιγμή που βρίσκεται στη θέση που φαίνεται στο σχήμα, όπου  $\sin\theta = 0,8$ , ο άξονας ασκεί δύναμη κάθετη στη ράβδο. Ζητούνται για τη θέση αυτή:

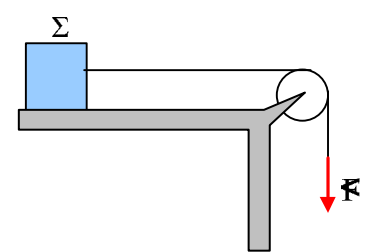


- Η επιτάχυνση του μέσου Ο της ράβδου
- Η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής,
- Η γωνιακή επιτάχυνση της ράβδου.

Δίνεται  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

### 3.3.5. Θεμελιώδης νόμος και σύστημα σωμάτων

Το σώμα Σ του διπλανού σχήματος έχει μάζα  $m_1 = 2 \text{ kg}$  και ηρεμεί σε οριζόντιο επίπεδο με το οποίο παρουσιάζει συντελεστή τριβής ολίσθησης  $\mu = 0,2$ . Δένουμε το σώμα στο άκρο νήματος, το οποίο αφού το περάσουμε από μια τροχαλία μάζας  $m_2 = 2 \text{ kg}$  και ακτίνας  $R = 0,2 \text{ m}$ , ασκούμε στο άλλο του άκρο μια σταθερή κατακόρυφη δύναμη  $F = 10 \text{ N}$ . Το νήμα δεν γλιστράει στην τροχαλία. Ζητούνται:

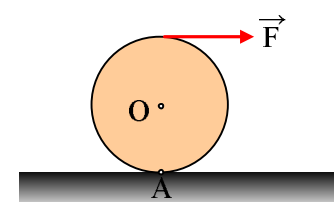


- Η επιτάχυνση του σώματος Σ.
- Η γωνιακή επιτάχυνση της τροχαλίας.
- Πόσες περιστροφές έχει πραγματοποιήσει η τροχαλία μέχρι τη στιγμή που αποκτά γωνιακή ταχύτητα  $\omega = 30 \text{ rad/s}$ .

Δίνεται  $g = 10 \text{ m/s}^2$  ενώ για την τροχαλία  $I = \frac{1}{2} mR^2$ .

### 3.3.6. Ο θεμελιώδης νόμος στη σύνθετη κίνηση στερεού.

Γύρω από έναν ομογενή κύλινδρο ακτίνας  $R = 0,4 \text{ m}$  και μάζας 20kg τυλίγουμε ένα αβαρές νήμα και κατόπιν τον τοποθετούμε σε λείο οριζόντιο επίπεδο. Τραβώντας το νήμα για  $t = 0$  ασκούμε πάνω του οριζόντια δύναμη  $F = 20 \text{ N}$ , όπως στο σχήμα.

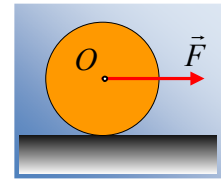


- Υπολογίστε την επιτάχυνση του άξονα του κυλίνδρου.
- Πόση είναι η γωνιακή επιτάχυνση του κυλίνδρου;
- Για τη χρονική στιγμή  $t_1 = 10 \text{ s}$  να βρεθούν:
  - Η ταχύτητα του κέντρου μάζας του κυλίνδρου.
  - Η γωνιακή ταχύτητα του κυλίνδρου.
  - Η ταχύτητα ενός σημείου επαφής του κυλίνδρου με το επίπεδο. Σημείο Α.
  - Η οριζόντια μετατόπιση του κυλίνδρου καθώς και η γωνία περιστροφής του.

Για τον κύλινδρο δίνεται  $I = \frac{1}{2} mR^2$ .

### 3.3.7. Κύλιση και τριβή

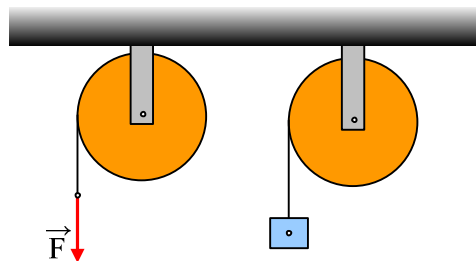
Ένας κύλινδρος μάζας 40kg και ακτίνας  $R=0,5\text{m}$  ηρεμεί σε οριζόντιο επίπεδο. Σε μια στιγμή  $t=0$  ασκείται στον άξονά του μια σταθερή οριζόντια δύναμη  $F$  μέτρου 60N, όπως στο σχήμα, με αποτέλεσμα ο κύλινδρος να αρχίσει να κυλιέται χωρίς να ολισθαίνει. Ζητούνται:



- i) Η επιτάχυνση του κέντρου μάζας του κυλίνδρου.
- ii) Η γωνιακή επιτάχυνση του κυλίνδρου.
- iii) Το μέτρο της ασκούμενης τριβής.
- iv) Τον ελάχιστο συντελεστή στατικής τριβής μεταξύ κυλίνδρου και επιπέδου, ώστε να μπορεί να κυλιέται ο κύλινδρος χωρίς να ολισθαίνει.

Δίνεται για τον κύλινδρο  $I = \frac{1}{2} m \cdot R^2$  και  $g=10\text{m/s}^2$ .

### 3.3.8. Πότε έχουμε μεγαλύτερη γωνιακή επιτάχυνση

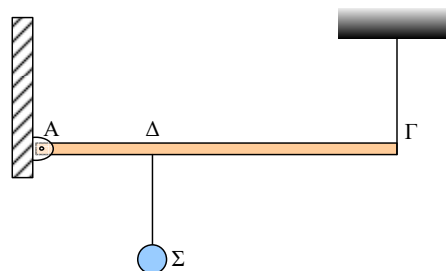


Γύρω από μια τροχαλία τυλίγουμε ένα αβαρές νήμα, στο άκρο του οποίου ασκούμε κατακόρυφη δύναμη  $F$ . Η τροχαλία αποκτά γωνιακή επιτάχυνση  $\alpha_{\text{γων}}=5\text{rad/s}^2$ . Αν στο άκρο του νήματος δένουμε ένα σώμα βάρους  $W= F$ , η γωνιακή επιτάχυνση της τροχαλίας θα ήταν:

- i) ίση με  $5\text{rad/s}^2$ .
- ii) μικρότερη από  $5\text{rad/s}^2$ .
- iii) μεγαλύτερη από  $5\text{rad/s}^2$ .

### 3.3.9. Γωνιακή επιτάχυνση ράβδου και επιτάχυνση σώματος.

Μια ομογενής οριζόντια δοκός ΑΓ μάζας  $m=10\text{kg}$  και μήκους 6m είναι αρθρωμένη στο άκρο της Α, ενώ στο άκρο της Γ είναι δεμένη με κατακόρυφο νήμα. Στο σημείο Δ της δοκού, όπου  $(A\Delta)=2\text{m}$ , έχουμε κρεμάσει με νήμα μια σφαίρα Σ μάζας  $m_1=6\text{kg}$ , όπως στο σχήμα.



Σε μια στιγμή κόβεται το νήμα στο άκρο Γ. Για αμέσως μετά το κόψιμο του νήματος να βρεθούν:

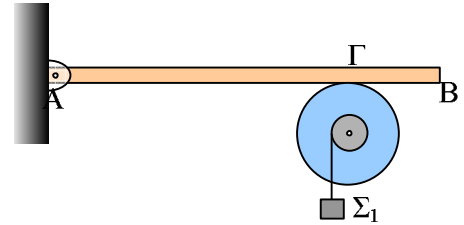
- i) Η γωνιακή επιτάχυνση της δοκού και
- ii) Η επιτάχυνση της σφαίρας Σ.

iii) Αν  $(AD)=5\text{m}$  ποιες οι αντίστοιχες απαντήσεις σας;

Δίνεται η ροπή αδράνειας μιας δοκού ως προς κάθετο άξονα ο οποίος διέρχεται από το άκρον της  $I= 1/3 \text{ m} \cdot \ell^2$  και  $g=10\text{m/s}^2$ .

### 3.3.10. Μια ισορροπία και μια περιστροφική κίνηση.

Ένα στερεό Κ αποτελείται από δύο ομοαξονικούς κυλίνδρους και μπορεί να στρέφεται χωρίς τριβές γύρω από σταθερό οριζόντιο άξονα, που συμπίπτει με τον άξονα των δύο κυλίνδρων, ακτίνων  $R=0,5\text{m}$  και  $r=0,2\text{m}$ . Γύρω από τον κύλινδρο με την μικρότερη ακτίνα έχουμε τυλίξει ένα αβαρές νήμα στο κάτω άκρο του οποίου έχουμε δέσει ένα σώμα  $\Sigma_1$  μάζας  $2\text{kg}$ . Το στερεό Κ ισορροπεί, όταν πάνω του στηρίζεται μια ομογενής δοκός (AB) μήκους  $4\text{m}$  και μάζας  $6\text{kg}$ , η οποία συνδέεται με άρθρωση στο άκρο της Α. Η δοκός είναι οριζόντια και στηρίζεται στο στερεό σε σημείο Γ, όπου  $(\Gamma B)=1\text{m}$ , όπως στο σχήμα. Ο συντελεστής τριβής ολίσθησης μεταξύ δοκού και στερεού Κ είναι  $\mu=0,3$ .



i) Να βρεθεί η οριζόντια και κατακόρυφη συνιστώσα της δύναμης που δέχεται η δοκός από την άρθρωση. Λύνουμε το σώμα  $\Sigma_1$  και το αντικαθιστούμε με άλλο σώμα  $\Sigma$  μάζας  $10\text{kg}$ , το οποίο αφήνουμε να κινηθεί, από ύψος  $h=2\text{m}$  από το έδαφος. Το σώμα  $\Sigma$  χρειάζεται  $2\text{s}$  για να φτάσει στο έδαφος.

ii) Να αποδειχθεί ότι η κίνηση του σώματος  $\Sigma$  είναι ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη.

iii) Να βρεθεί η γωνιακή επιτάχυνση του στερεού Κ στη διάρκεια της πτώσης.

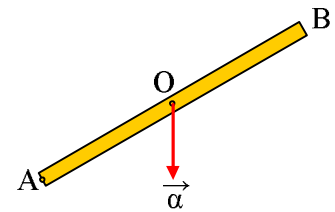
iv) Να υπολογιστεί η ροπή αδράνειας του στερεού Κ.

v) Τι ποσοστό της αρχικής δυναμικής ενέργειας του σώματος  $\Sigma$ , μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια εξαιτίας της τριβής;

Θεωρείστε μηδενική τη δυναμική ενέργεια στο έδαφος και  $g=10\text{m/s}^2$ .

### 3.3.11. Επιτάχυνση κέντρου μάζας και δύναμη από τον άξονα περιστροφής.

Μια ομογενής ράβδος AB στρέφεται σε κατακόρυφο επίπεδο, γύρω από οριζόντιο άξονα που διέρχεται από το άκρο της Α. Σε μια στιγμή διέρχεται από τη θέση που φαίνεται στο σχήμα και τη στιγμή αυτή το κέντρο μάζας Ο έχει κατακόρυφη επιτάχυνση μέτρου  $7,5\text{m/s}^2$  με φορά προς τα κάτω.



i) Να βρεθεί η επιτάχυνση (μέτρο και κατεύθυνση) του άκρου Β στη θέση αυτή.

ii) Να αποδειχθεί ότι η μοναδική ροπή που ασκείται στη ράβδο είναι αυτή του βάρους.

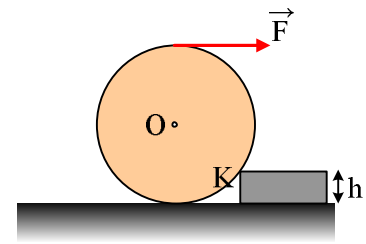
iii) Αν η μοναδική δύναμη, εκτός του βάρους, που ασκείται στη ράβδο είναι η δύναμη του άξονα περιστροφής, να αποδείξετε ότι αυτή είναι κατακόρυφη και έχει μέτρο ίσο με το  $1/4$  του βάρους της ράβδου.

iv) Αν το μήκος της ράβδου είναι  $2\text{m}$  και στη θέση αυτή σχηματίζει γωνία με  $\eta\mu\theta=0,3$  με την οριζόντια διεύθυνση, να υπολογιστεί η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής.

Δίνεται η ροπή αδράνειας της ράβδου ως προς τον άξονα περιστροφής της  $I= 1/3 \text{ m}\ell^2$  και  $g=10\text{m/s}^2$ .

### 3.3.12. Υπερπήδηση εμποδίου.

Γύρω από ένα κύλινδρο ακτίνας  $R=0,5\text{m}$  και μάζας  $M=100\text{kg}$  τυλίγεται ένα αβαρές νήμα και στο άκρο του ασκούμε οριζόντια δύναμη  $F=400\text{N}$  με σκοπό την υπερπήδηση ενός σκαλοπατιού ύψους  $h=0,2\text{m}$ .

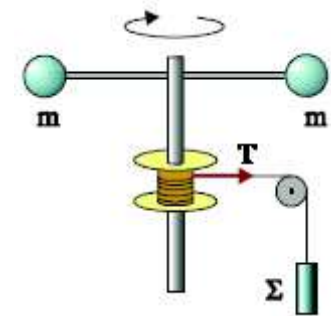


- Θα υπερπηδήσει ο κύλινδρος το σκαλοπάτι;
- Σε μια στιγμή αυξάνουμε το μέτρο της ασκούμενης δύναμης στην τιμή  $F_1=800\text{N}$ . Πόση γωνιακή επιτάχυνση θα αποκτήσει ο κύλινδρος;
- Να βρεθεί η γωνιακή επιτάχυνση του κυλίνδρου όταν έχει ανυψωθεί κατά  $0,1\text{m}$  από το έδαφος.

Δίνεται η ροπή αδράνειας του κυλίνδρου ως προς τον άξονά του που διέρχεται από τα κέντρα των δύο βάσεων του  $I= \frac{1}{2} MR^2$  και  $g=10\text{m/s}^2$ .

### 3.3.13. Θεμελιώδης νόμος της στροφοκικής κίνησης.

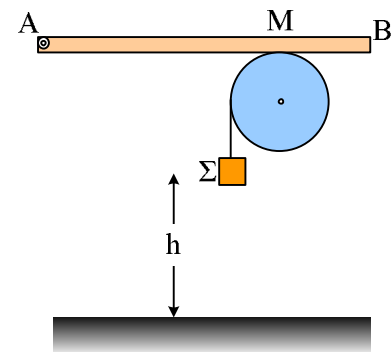
Δίνεται το σύστημα του σχήματος όπου οι δυο σημειακές σφαίρες έχουν μάζα  $m=0,5\text{kg}$  και η απόσταση μεταξύ τους είναι  $1\text{m}$ . Η μάζα της τροχαλίας θεωρείται αμελητέα. Αφήνουμε στο σώμα  $\Sigma$  μάζας  $M=2\text{kg}$  να κινηθεί και παρατηρούμε ότι κατέρχεται κατά  $h=1\text{m}$  σε χρονικό διάστημα  $t_1=2\text{s}$ .



- Υπολογίστε την τάση του νήματος  $T$ .
  - Αν ο μοχλοβραχίονας της τάσης  $T$ , ως προς τον άξονα περιστροφής της κατακόρυφης ράβδου είναι ίσος με  $10\text{cm}$  να υπολογισθεί η ροπή αδράνειας του στρεφομένου συστήματος.
  - Να βρεθεί η κινητική ενέργεια κάθε σημειακής μάζας τη στιγμή  $t_1$ .
- Δίνεται ότι το νήμα είναι αβαρές και  $g=10\text{m/s}^2$ .

### 3.3.14. Ένας Κύλινδρος σε επαφή με δοκό.

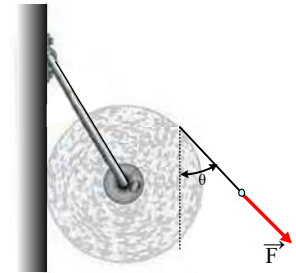
Ο κύλινδρος του σχήματος έχει ακτίνα  $R= 0,4\text{m}$  και μπορεί να στρέφεται γύρω από σταθερό οριζόντιο άξονα, ο οποίος ταυτίζεται με τον άξονά του που περνά από τα κέντρα των δύο βάσεων του. Τυλίγουμε γύρω του ένα αβαρές νήμα, στο άκρο του οποίου δένουμε ένα σώμα  $\Sigma$  μάζας  $m=1\text{kg}$  και το αφήνουμε να κινηθεί από ύψος  $h=8\text{m}$ , από το έδαφος.



- Αν ο χρόνος πτώσης του σώματος  $\Sigma$  είναι  $t_1=4\text{s}$ , να βρεθεί η ροπή αδράνειας του κυλίνδρου.
  - Πάνω στον κύλινδρο τοποθετούμε μια ομογενή δοκό μήκους  $l$  και μάζας  $m_1=6\text{kg}$ , η οποία συνδέεται σε άρθρωση στο άκρο της  $A$  και στον κύλινδρο στο σημείο  $M$ , όπου  $(AM)= \frac{3}{4}l$ . Επαναλαμβάνουμε το πείραμα αφήνοντας για  $t=0$  το σώμα  $\Sigma$  να πέσει από το ίδιο ύψος  $h$ . Για  $t=2\text{s}$  και ενώ το σώμα  $\Sigma$  έχει κατέβει κατά  $y_1=1\text{m}$ , τοποθετούμε στο άκρο  $B$  ένα σώμα  $\Sigma_1$  μάζας  $m_2$ , το οποίο θεωρείται υλικό σημείο, οπότε το σώμα  $\Sigma$  φτάνει στο έδαφος για  $t=7\text{s}$ . Ζητούνται:
    - Ο συντελεστής τριβής μεταξύ δοκού και κυλίνδρου.
    - Το βάρος του σώματος  $\Sigma_1$ .
- Δίνεται  $g=10\text{m/s}^2$ .

### 3.3.15. Ένας κύλινδρος σε επαφή με τοίχο.

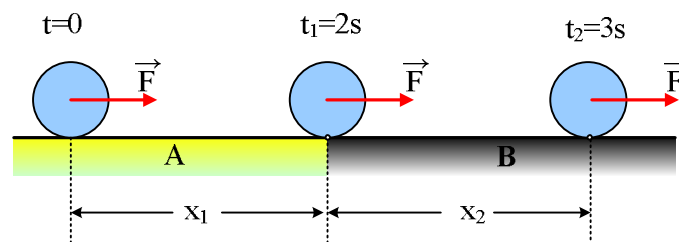
Ο κύλινδρος του σχήματος έχει μάζα 20kg και ακτίνα  $R=0,5\text{m}$  και παρουσιάζει με τον τοίχο συντελεστές τριβής  $\mu=\mu_s=0,2$ . Γύρω του έχουμε τυλίξει ένα αβαρές νήμα, στο άκρο του οποίου ασκούμε μια μεταβλητή δύναμη. Παρατηρούμε ότι για να αρχίσει να στρέφεται ο κύλινδρος απαιτείται να του ασκήσουμε δύναμη τουλάχιστον  $F=50\text{N}$ , όπως στο σχήμα, όπου  $\eta\mu\theta=0,6$ .



- Να βρεθεί η οριζόντια και η κατακόρυφη συνιστώσα της δύναμης που ασκείται στον κύλινδρο από τον άξονα περιστροφής του.
- Αν αυξήσουμε το μέτρο της δύναμης στην τιμή  $F=60\text{N}$ , παρατηρούμε ότι ο κύλινδρος αποκτά γωνιακή ταχύτητα  $\omega=20\text{rad/s}$  σε χρονικό διάστημα 5s. Υπολογίστε στην περίπτωση αυτή την οριζόντια και την κατακόρυφη συνιστώσα της δύναμης που ασκείται στον κύλινδρο από τον άξονα περιστροφής του.

Δίνεται για τον κύλινδρο ως προς τον άξονα περιστροφής του  $I= \frac{1}{2} MR^2$  και  $g=10\text{m/s}^2$ .

### 3.3.16. Ένας τροχός σε δύο επίπεδα.

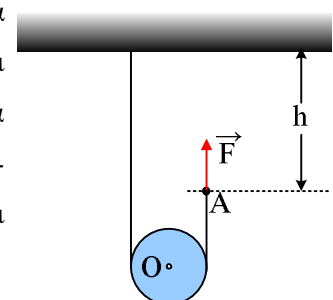


Ένας τροχός ηρεμεί σε λείο οριζόντιο επίπεδο A σε απόσταση  $x_1=2\text{m}$  από ένα δεύτερο μη λείο επίπεδο B. Σε μια στιγμή, που θεωρούμε  $t=0$ , ασκούμε στο κέντρο του τροχού μια σταθερή οριζόντια δύναμη  $F=10\text{N}$ . Τη χρονική στιγμή  $t_1=2\text{s}$  ο τροχός περνά στο B επίπεδο ενώ τη στιγμή  $t_2=3\text{s}$  έχει διανύσει απόσταση  $x_2=2,1\text{m}$  στο επίπεδο αυτό.

- Να βρεθεί η μάζα του τροχού.
  - Να υπολογιστεί η ταχύτητα του σημείου επαφής του τροχού με το έδαφος τις χρονικές στιγμές  $t_1$  και  $t_2$ .
- Δίνεται ότι η ροπή αδράνειας του τροχού ως προς τον άξονα περιστροφής του είναι ίση με  $I= \frac{1}{2} MR^2$ , ενώ η τριβή που δέχεται στο B επίπεδο έχει σταθερό μέτρο.

### 3.3.17. Μια κινητή τροχαλία.

Η τροχαλία του σχήματος έχει μάζα 4kg και ηρεμεί όπως στο σχήμα, όπου ένα αβαρές νήμα έχει περαστεί στο αυλάκι της. Το ένα του άκρο του νήματος έχει δεθεί σε ταβάνι, ενώ το άλλο του άκρο A συγκρατείται σε τέτοια θέση, ώστε να απέχει κατά  $h=0,36\text{m}$  από το ταβάνι. Ασκούμε κατάλληλη σταθερή κατακόρυφη δύναμη  $F$  στο άκρο A του νήματος, ώστε το άκρο αυτό να φτάσει στο ταβάνι σε χρόνο  $t_1=0,6\text{s}$ .



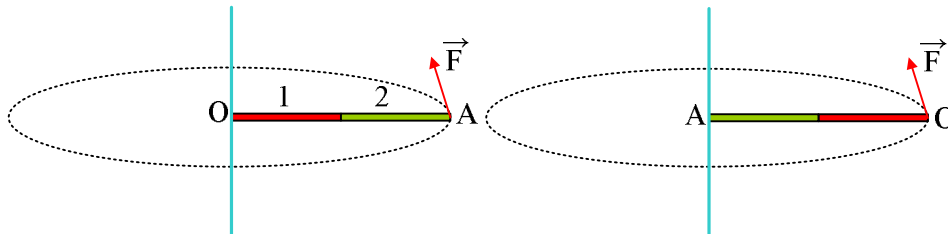
- Να αποδειχθεί ότι η τροχαλία κινείται προς τα πάνω με σταθερή επιτάχυνση κέντρου μάζας.
- Να δειχτεί ότι το άκρο A έχει διπλάσια επιτάχυνση από το κέντρο O της τροχαλίας. Να υπολογιστεί η

επιτάχυνση του άκρου A.

iii) Να βρεθεί το μέτρο της ασκούμενης δύναμης F.

Δίνεται η ροπή αδράνειας της τροχαλίας ως προς τον άξονα περιστροφής της  $I = \frac{1}{2} mR^2$  και  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

### 3.3.18. Μια ράβδος... δύο υλικά.



□μογενής ράβδος OA μήκους  $l$  και μάζας  $m$  μπορεί να περιστρέφεται γύρω από σταθερό κατακόρυφο άξονα που διέρχεται είτε από το άκρο της O, είτε από το άκρο A. Η ράβδος αποτελείται από δυο διαφορετικά υλικά. Το υλικό 2 έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από το υλικό 1. Τα δυο υλικά καταλαμβάνουν τον ίδιο χώρο. Η ράβδος είναι αρχικά ακίνητη και τη χρονική στιγμή  $t=0$  ασκούμε πάνω της μια οριζόντια δύναμη σταθερού μέτρου F, κάθετη στη ράβδο, οπότε η ράβδος περιστρέφεται κατά γωνία  $2\pi$ . Δίνεται ότι η ροπή αδράνειας μιας ομογενούς ράβδου, ως προς κάθετο άξονα που περνά από το μέσον της είναι της μορφής  $I = kMl^2$ . Η γωνιακή ταχύτητα της ράβδου είναι μεγαλύτερη στην πρώτη ή στην δεύτερη περίπτωση; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

### 3.3.19. Μετατροπή ολίσθησης σε κύλιση.

Μια σφαίρα εκτοξεύεται σε οριζόντιο επίπεδο με ταχύτητα κέντρου μάζας  $v_0$  και χωρίς γωνιακή ταχύτητα.

i) Να βρεθεί ο χρόνος που απαιτείται μέχρι να πάψει η ολίσθηση της σφαίρας, σε συνάρτηση με τον συντελεστή τριβής ολίσθησης μεταξύ σφαίρας και επιπέδου.

ii) Ποια η τελική ταχύτητα  $v_{cm}$  που αποκτά η σφαίρα;

Δίνεται η ροπή αδράνειας της σφαίρας ως προς μια διάμετρό της  $I = \frac{2}{5}mR^2$ .

### 3.3.20. Και αν αντί για κύλιση έχουμε ολίσθηση;

Γύρω από έναν ομογενή κύλινδρο μάζας  $m = 40 \text{ kg}$  και ακτίνας  $R = 0,5 \text{ m}$  τυλίγουμε ένα αβαρές νήμα και κατόπιν τον τοποθετούμε σε οριζόντιο επίπεδο με το οποίο εμφανίζει συντελεστές τριβής  $\mu = \mu_s = 0,2$ . Τραβώντας το νήμα ασκούμε στον κύλινδρο μια σταθερή οριζόντια δύναμη  $F = 120 \text{ N}$ .

i) Ποια η επιτάχυνση του κέντρου μάζας του κυλίνδρου.

ii) Βρείτε την τριβή που ασκείται στον κύλινδρο.

iii) Αν το μέτρο της δύναμης ήταν  $F = 300 \text{ N}$ , ποια η επιτάχυνση του κέντρου μάζας του κυλίνδρου;

Δίνεται για τον κύλινδρο  $I = \frac{1}{2} m \cdot R^2$  και  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

