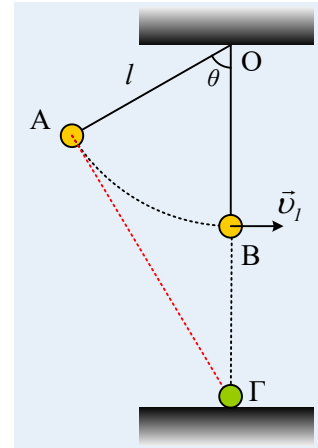


### Κίνηση φορτισμένου σφαιριδίου

Ένα μικρό σφαιρίδιο μάζας  $m=80\text{g}$  είναι δεμένο στο άκρο κατακόρυφου μονωτικού νήματος μήκους  $l=0,4\text{m}$ , το άλλο άκρο του οποίου έχει δεθεί σε σταθερό σημείο  $O$ . Το σφαιρίδιο φέρει φορτίο  $q=1\mu\text{C}$  και ισορροπεί στη θέση  $B$ , ενώ στην προέκταση της  $OB$ , στη θέση  $\Gamma$ , έχει στερεωθεί μια μικρή φορτισμένη σφαίρα, η οποία φέρει κάποιο θετικό φορτίο  $Q$ . Εκτρέπουμε το σφαιρίδιο, φέρνοντάς το στη θέση  $A$ , όπου το νήμα σχηματίζει γωνία  $\theta=60^\circ$  με την κατακόρυφο και το αφήνουμε να κινηθεί. Το σφαιρίδιο διαγράφει κυκλική τροχιά και μετά από λίγο φτάνει στη θέση  $B$  με ταχύτητα  $v_1$  όπως στο σχήμα. Η Γεωμετρία μας αποδεικνύει ότι η γωνία  $\Gamma AO$  είναι ορθή, ενώ δίνεται  $g=10\text{m/s}^2$ .

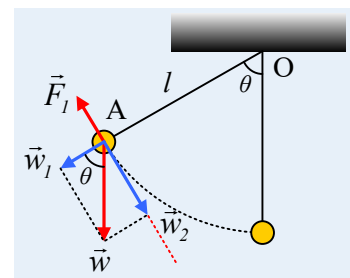


- i) Να δικαιολογήσετε γιατί η δύναμη Coulomb που ασκείται στο σφαιρίδιο στη θέση  $A$ , έχει μικρότερο μέτρο από το βάρος του σφαιριδίου.
- ii) Αν  $v_1=1,8\text{m/s}$ , να υπολογιστούν:
  - α) Το μέγιστο δυνατό μέτρο της δύναμης Coulomb  $F_{2\text{max}}$ , ώστε το νήμα να παραμένει τεντωμένο στη θέση  $B$ .
  - β) Η διαφορά δυναμικού μεταξύ των θέσεων  $A$  και  $B$  ( $V_{AB}$ ), του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργεί το φορτίο  $Q$ .
- iii) Αν το μέτρο της δύναμης Coulomb στη θέση  $B$  είναι  $F_2=1,2\text{N}$ , ποιο το αντίστοιχο μέτρο της  $F_1$  στη θέση  $A$ ;

#### Απάντηση:

- i) Σχεδιάζουμε τις δυνάμεις που ασκούνται στο σφαιρίδιο στη θέση  $A$ . μόλις αφεθεί ελεύθερο να κινηθεί. Αφού η γωνία  $\Gamma AO$  είναι ορθή η δύναμη Coulomb είναι εφαπτόμενη στην κυκλική τροχιά, όπως στο σχήμα. Αναλύοντας το βάρος σε δύο συνιστώσες την  $w_1$  στη διεύθυνση του νήματος και  $w_2$  εφαπτομενική. Αφού το σώμα θα κινηθεί προς την θέση  $B$ :

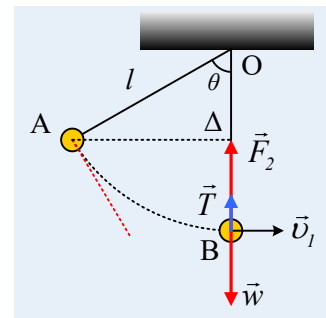
$$w_2 > F_l \rightarrow F_l < w \cdot \eta\mu\theta \xrightarrow{\eta\mu\theta < 1} F_l < w$$



- ii) Στο σχήμα βλέπουμε τις δυνάμεις που ασκούνται στο σφαιρίδιο στη θέση  $B$ , όπου  $F_2$  η δύναμη Coulomb που ασκείται στο σφαιρίδιο και  $T$  η τάση του νήματος.

$A$ ) Η συνισταμένη των δυνάμεων στη θέση  $B$ , παίζει το ρόλο της κεντρομόλου, οπότε:

$$F_2 + T - w = m \frac{v_l^2}{R} \rightarrow F_2 = mg + m \frac{v_l^2}{R} - T \xrightarrow{T=0 \rightarrow F_{2\text{max}}} \rightarrow$$



$$F_{2max} = mg + m \frac{v_l^2}{R} = 0,08 \cdot 10N + 0,08 \cdot \frac{1,8^2}{0,4} N \approx 1,4N$$

β) Εφαρμόζουμε για το σφαιρίδιο το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας μεταξύ των θέσεων Α και Β, παίρνοντας:

$$K_2 - K_l = W_w + W_{F_c} + W_T \xrightarrow{W_T=0}$$

$$\frac{1}{2}mv_l^2 = 0 = mgh + W_{A \rightarrow B} \xrightarrow{h=l-l\sigma v\theta}$$

$$W_{A \rightarrow B} = \frac{I}{2} m v_l^2 - mgl(1 - \sigma v \nu \theta) = \frac{I}{2} 0,08 \cdot 1,8^2 J - 0,08 \cdot 10 \cdot 0,4(1 - 0,5) J = -0,03 J$$

Οπότε η διαφορά δυναμικού, θα είναι ίση:

$$V_{AB} = V_A - V_B = \frac{W_{A \rightarrow B}}{q} = \frac{-0,03}{1 \cdot 10^{-6}} V = -30.000 V$$

iii) Αφού το τρίγωνο ΟΑΓ είναι ορθογώνιο με την γωνία Γ ίση με  $30^\circ$ , τότε η κάθετη πλευρά (ΑΟ) είναι ίση με το μισό της υποτείνουσας (ΟΓ). Αλλά τότε:

$$(O\Gamma) = 2l \rightarrow l + (B\Gamma) = 2l \rightarrow (B\Gamma) = l$$

Και με τη βοήθεια του πυθαγορείου θεωρήματος, παίρνουμε:

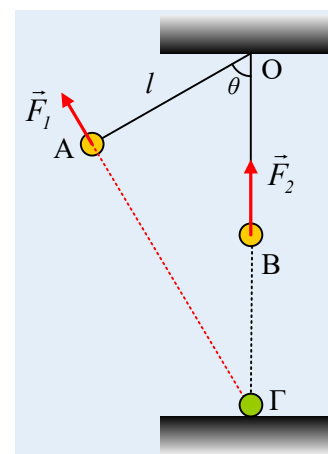
$$(A\Gamma)^2 = (O\Gamma)^2 - (AO)^2 \rightarrow (A\Gamma)^2 = 4l^2 - l^2 = 3l^2$$

Παίρνοντας τώρα το νόμο Coulomb για τη θέση Κ και λαμβάνοντας υπόψη ότι η δύναμη Coulomb στη θέση Β, έχει μέτρο:

$$F_2 = k \frac{Qq}{(B\Gamma)^2} = k \frac{Qq}{l^2}$$

έχουμε:

$$F_l = k \frac{Qq}{(AG)^2} = k \frac{Qq}{3l^2} = \frac{1}{3} \cdot k \frac{Qq}{l^2} = \frac{1}{3} \cdot F_2 = \frac{1}{3} \cdot 1,2N = 0,4N$$



*dmargaris@gmail.com*