Φυσική Γ΄ Λυκείου

Τελικό Διαγώνισμα εφ' όλης της ύλης 2021

ΘΕΜΑΤΑ

Θέμα Α΄

A1. Ένα σώμα εκτελεί Α.Α.Τ. Όταν η ταχύτητα $\vec{v}$ και δύναμη επαναφοράς $\vec{F}$ είναι ομόρροπες, τότε

(α΄) το σώμα απομακρύνεται από τη θέση ισορροπίας.

(β΄) το σώμα πλησιάζει τη θέση ισορροπίας.

(γ΄) το σώμα είναι στιγμιαία ακίνητο.

(δ΄) το σώμα επιβραδύνεται.

A2. Σε σωληνοειδές που διαρρέεται από ρεύμα εισάγεται κυλινδρικός πυρήνας από χαλκό (Cu). Τότε:

(α΄) Το μαγνητικό πεδίο στο εσωτερικό του αντιστρέφεται.

(β΄) Το μαγνητικό πεδίο στο εσωτερικό του γίνεται λίγο ισχυρότερο.

(γ΄) Οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου αραιώνουν.

(δ΄) Οι δυναμικές γραμμές στο εσωτερικό του πυκνώνουν.

A3. Σε επίπεδο ελεύθερο στερεό σώμα το οποίο μπορεί να κινηθεί χωρίς τριβές ασκείται ζεύγος δυνάμεων στο επίπεδο του σώματος. Το σώμα:

(α΄) Θα επιταχυνθεί στροφικά γύρω από άξονα που διέρχεται από το κέντρο μάζας του και ενώ θα ισορροπεί μεταφορικά.

(β΄) Θα επιταχυνθεί και στροφικά γύρω από άξονα που διέρχεται από το κέντρο μάζας του αλλά και μεταφορικά.

(γ΄) Θα επιταχυνθεί μεταφορικά αλλά θα ισορροπεί στροφικά.

(δ΄) δεν Θα επιταχυνθεί ούτε στροφικά, ούτε μεταφορικά.

A4. Σε σωλήνα σταθερής διατομής ρέει ιδανικό ρευστό με φορά από το σημείο Α στο σημείο Β. Αν οι πιέσεις στα σημεία Α και Β είναι P_A και P_B, με $P_A > P_B$, τότε μεταξύ των Α και Β:

(α΄) Η κινητική και δυναμική ενέργεια ανά μονάδα όγκου αυξάνονται.

(β΄) Η κινητική ενέργεια ανά μονάδα όγκου μένει σταθερή ενώ και δυναμική ενέργεια ανά μονάδα όγκου μειώνεται.

(γ΄) Ο σωλήνας ανέρχεται.

(δ΄) Ο σωλήνας είναι οριζόντιος.

A5. Να σημειώσετε (Σ) στις σωστές και (Λ) στις λανθασμένες προτάσεις.

(α΄) Σε κεντρική ελαστική κρούση δύο σφαιρών οι ταχύτητες μετά την κρούση μπορεί να σχηματίζουν γωνία $\varphi \neq 0, \pi$.

(β΄) Σε μια εξαναγκασμένη ταλάντωση η περίοδος του διεγέρτη είναι μεγαλύτερη από την ιδιοπερίοδο του συστήματος (μάζα-ελατήριο). Για να πετύχουμε μεγιστοποίηση του πλάτους μπορούμε να μειώσουμε την μάζα του σώματος.

(γ′) Η ενεργός ένταση $I_{\text{εν}}$ είναι η μέση τιμή του ρεύματος.

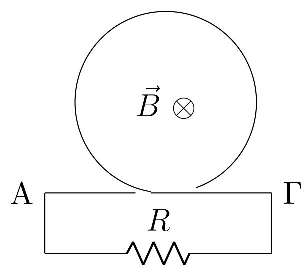
(δ′) Η εξίσωση Bernoulli είναι συνέπεια της αρχής διατήρησης της ενέργειας.

(ε′) Δίσκος κυλάει χωρίς ολίσθηση σε οριζόντιο επίπεδο. Κάθε σημείο έχει μέτρο ταχύτητας από 0 έως και $2v_{\text{cm}}$.

Θέμα Β′

Β1. Κυκλικός αγωγός ακτίνας r βρίσκεται (μόνο αυτός) μέσα σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο έντασης $\vec{B}$ με το επίπεδό του κάθετο στις δυναμικές γραμμές. Τα άκρα Α και Γ του σύρματος που σχηματίζει τον αγωγό συνδέονται με αντίσταση R, όπως στο σχήμα.

Κάποια στιγμή τραβάμε τα σημεία Α και Γ αντίθετα με σταθερή ταχύτητα v το καθένα, με αποτέλεσμα η ακτίνα του κυκλικού αγωγού να μικραίνει συνεχώς, έως τον μηδενισμό της. Θεωρούμε ότι συνεχώς παραμένει κυκλικός ο αγωγός και κάθετος στις γραμμές του πεδίου.



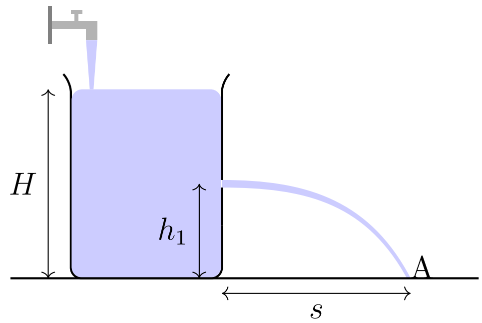
Η μέση επαγωγική ένταση του ρεύματος που διαρρέει την αντίσταση R και η φορά του σε αυτή είναι:

(α′) $i = \dfrac{Bvr}{R}$, δεξιά (β′) $i = \dfrac{2Bvr}{R}$, αριστερά (γ′) $i = \dfrac{Bvr}{2R}$, δεξιά

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

Β2. Δοχείο γεμίζει με νερό βρύσης με παροχή $\Pi_{\text{βρ}}$. Σε ύψος h_1 από την βάση του δοχείου υπάρχει τρύπα εμβαδού A από το νερό μπορεί να εξέλθει με οριζόντια ταχύτητα και να εκτελέσει οριζόντια βολή. Δίνεται επίσης η επιτάχυνση της βαρύτητας g.

Το βεληνεκές s της οριζόντιας βολής που εκτελεί το νερό μετά την σταθεροποίηση του ύψους του στο δοχείο είναι:



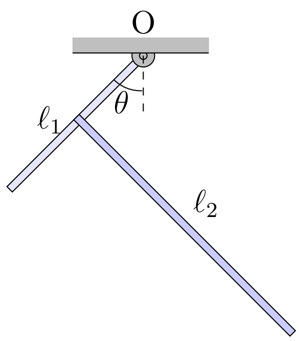
(α′) $s = \sqrt{\dfrac{\Pi_{\text{βρ}}^2 h_1}{gA^2}}$ (β′) $s = \sqrt{\dfrac{\Pi_{\text{βρ}}^2 h_1}{2gA}}$ (γ′) $s = \sqrt{\dfrac{2\Pi_{\text{βρ}}^2 h_1}{gA^2}}$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση και να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

Β3. Δύο ομογενείς ράβδοι ίσου πάχους είναι φτιαγμένοι από το ίδιο υλικό και έχουν μήκη ℓ_1 και ℓ_2. Οι ράβδοι ενώνονται στέρεα και κάθετα στο μέσο της μικρότερης εξ' αυτών και το σύστημά τους αναρτάται σε άρθρωση αμελητέας τριβής από το άκρο της μικρότερης ράβδου, όπως στο σχήμα.

Το σύστημα ισορροπεί και η γωνία θ είναι 45°.

Ο λόγος των μηκών $\dfrac{\ell_1}{\ell_2}$ των ράβδων ισούται με

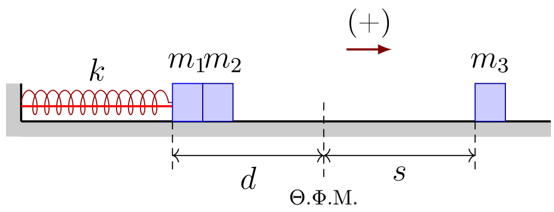


(α′) $\dfrac{\ell_1}{\ell_2} = \dfrac{\ell_2 - \ell_1}{\ell_1}$ (β′) $\dfrac{\ell_1}{\ell_2} = \dfrac{1}{2}$ (γ′) $\dfrac{\ell_1}{\ell_2} = \dfrac{\ell_2}{\ell_2 - \ell_1}$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση. Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Θέμα Γ′

Τα σώματα αμελητέων διαστάσεων με μάζες $m_1 = 1\text{kg}$ και $m_2 = 3\text{kg}$ αντίστοιχα, είναι τοποθετημένα σε λείο οριζόντιο επίπεδο και είναι κολλημένα μεταξύ τους με κόλλα που αντέχει μέγιστη δύναμη $F = 15\sqrt{3}\text{N}$. Το σώμα m_1 είναι δεμένο στην άκρη οριζόντιου ιδανικού ελατηρίου σταθεράς $k = 100\text{N/m}$, το άλλο άκρο του οποίου είναι ακλόνητα στερεωμένο.



Το ελατήριο με τη βοήθεια νήματος είναι συσπειρωμένο κατά $d = 0.4\text{m}$, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα.

Κάποια χρονική στιγμή το νήμα κόβεται και το σύστημα των σωμάτων κινείται προς τα δεξιά εκτελώντας απλή αρμονική ταλάντωση σταθεράς επαναφοράς $D = k$.

Γ1. Να υπολογίσετε την σταθερά επαναφοράς του κάθε σώματος και να υπολογίσετε τη θέση στην οποία το σώμα m_2 θα αποκολληθεί από το σώμα m_1.

Γ2. Να υπολογίσετε το πλάτος της απλής αρμονικής ταλάντωσης που θα εκτελεί το σώμα m_1 όταν αποχωριστεί από το σώμα m_2.

Μετά τον αποχωρισμό των δυο σωμάτων, το σώμα m_2 συνεχίζει να κινείται στο λείο δάπεδο και συγκρούεται κεντρικά και πλαστικά με ακίνητο σώμα μάζας $m_3 = 1\text{kg}$ που βρίσκεται σε απόσταση $s = d$ από την θέση φυσικού μήκους του ελατηρίου.

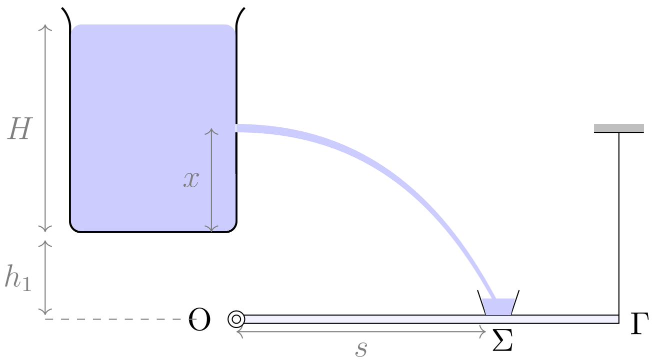
Γ3. Να υπολογίσετε το ποσοστό της κινητικής ενέργειας του σώματος m_2 που μετατράπηκε σε θερμική ενέργεια κατά την κρούση.

Γ4. Να υπολογίσετε την χρονική στιγμή που το μέτρο του ρυθμού μεταβολής της ορμής του σώματος m_1 μεγιστοποιείται για δεύτερη φορά μετά τον αποχωρισμό των σωμάτων m_1 και m_2.

Δίνονται: $g = 10\,\text{m/s}^2$, ημ $\frac{2\pi}{5} \approx 2\sqrt{\frac{3}{13}}$

Θέμα Δ΄

Οριζόντια ομογενής ράβδος μήκους $L = 4\text{m}$ και μάζας $M = 2\text{kg}$ είναι αρθρωμένη στο άκρο της Ο με σταθερό οριζόντιο άξονα κάθετο σε αυτήν. Στο άλλο άκρο της Γ είναι στερεωμένη με κατακόρυφο νήμα. Σε ύψος $h_1 = H/2$ πάνω από τη ράβδο βρίσκεται μεγάλο δοχείο με νερό στήλης $H = \frac{5}{3}\text{m}$. Σε ύψος x από την βάση του δοχείου, ανοίγουμε την χρονική στιγμή $t_0 = 0$ μικρή τρύπα εμβαδού $A = 1$ cm^2 από την οποία εξέρχεται οριζόντια νερό. Η φλέβα του νερού καταλήγει σε αβαρές ποτήρι στερεωμένο σταθερά στη ράβδο, σε κατάλληλο σημείο Σ, έτσι ώστε να συλλέγει το νερό.



Δ1. Να υπολογίσετε το μέγιστο δυνατό βεληνεκές s και το ύψος x ώστε επιτυγχάνεται αυτό.

Δ2. Υπολογίστε τον όγκο του υγρού που βρίσκεται κάθε χρονική στιγμή στον αέρα, από τη στιγμή που φτάνει η φλέβα στο ποτήρι.

Δ3. Βρείτε την δύναμη που ασκεί το νερό στο ποτήρι-ράβδο καθώς και την τάση του νήματος συναρτήσει του χρόνου, θεωρώντας $t_0 = 0$ την στιγμή που ανοίγουμε την τρύπα στο δοχείο.

Δ4. Υπολογίστε τις συνιστώσες x και y της δύναμης που δέχεται η ράβδος από την άρθρωση σε συνάρτηση με τον χρόνο.

Θεωρήστε $g = 10\text{m/s}^2$ ενώ η πυκνότητα του υγρού είναι: $\rho = 10^3\text{kg/m}^3$.

Καλή επιτυχία στις εξετάσεις!

Γιώργος Χ. Παπαδημητρίου, 2ο ΓΕΛ Ναυπάκτου, gpapadem@sch.gr.

Φυσική Γ΄ Λυκείου

Τελικό Διαγώνισμα εφ' όλης της ύλης 2021

ΛΥΣΕΙΣ

Θέμα Α΄

Α1. **β**, Α2. **γ**, Α3 **α**, Α4 **γ**, Α5 **Λ, Σ, Λ, Σ, Σ**

Θέμα Β΄

Β1. Τα σημεία Α και Γ κινούνται με αντίθετες ταχύτητες μέτρου v, επομένως το μήκος του κύκλου μειώνεται με ρυθμό $d\ell = 2vdt$ και γίνεται μηδέν σε χρόνο $t_1 = \frac{2\pi r}{2v} = \frac{\pi r}{v}$. Η μεταβολή της ροής είναι $|\Delta\Phi| = B\pi r^2$ και η μέση επαγωγική ΗΕΔ είναι $E_{\varepsilon\pi} = \frac{B\pi r^2}{\pi r/v} = Bvr$.

Η μέση ένταση του ρεύματος είναι $i = \dfrac{Bvr}{R}$.

Επειδή η μαγνητική ροή μειώνεται (λόγω της μείωσης του εμβαδού) το επαγωγικό ρεύμα θα έχει τέτοια φορά ώστε να αυξήσει την τιμή του B, άρα και της Φ. Το $\vec{B}$ είναι προς τα κάτω, άρα η φορά του ρεύματος στον κυκλικό αγωγό θα είναι ωρολογιακή, ώστε το μαγνητικό πεδίο που δημιουργεί να είναι και αυτό με φορά προς τα κάτω. Επομένως στην R το ρεύμα έχει φορά προς τα δεξιά.

Σωστό το **α΄**.

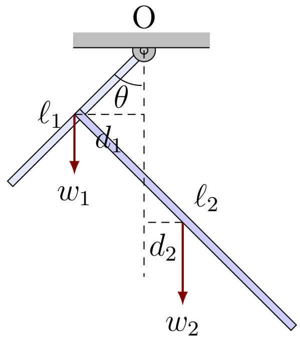
Β2. Όταν σταθεροποιείται το ύψος τότε $\Pi_{\beta\rho} = \Pi_{\tau\rho}$ ή $\Pi_{\beta\rho} = Av$ επομένως $v = \frac{\Pi_{\beta\rho}}{A}$.

Ο χρόνος πτώσης είναι $t_\pi = \sqrt{\frac{2h_1}{g}}$ και το βεληνεκές $s = vt_\pi$, άρα $s = \sqrt{\frac{2\Pi_{\beta\rho}^2 h_1}{gA^2}}$.

Σωστό το **γ΄**.

Β3.

Το σύστημα ισορροπεί άρα $\Sigma\tau = 0$ άρα $w_1 d_1 = w_2 d_2$.
Όμως $d_1 = \frac{\ell_1}{2}\,\eta\mu\,\theta$ και $d_2 = \frac{\ell_2}{2}\,\eta\mu\,\theta - \frac{\ell_1}{2}\,\eta\mu\,\theta = \frac{\ell_2 - \ell_1}{2}\,\eta\mu\,\theta$ (αφού όλες οι γωνίες είναι 45°).
Τα βάρη είναι ανάλογα των μηκών ℓ_1, ℓ_2. Αντικαθιστώντας έχουμε: $\dfrac{\ell_1}{\ell_2} = \dfrac{\ell_2 - \ell_1}{\ell_1}$
Σωστό το **α΄**.



[Προσθέτοντας τους παρονομαστές στους αριθμητές βρίσκουμε $\dfrac{\ell_1 + \ell_2}{\ell_2} = \dfrac{\ell_2}{\ell_1} = \varphi$, ή αλλιώς ο λόγος του αθροίσματος προς το μεγαλύτερο μέρος να είναι ίσος με τον λόγο του μεγαλύτερου προς το μικρότερο μέρος. Αυτός είναι ο λόγος της χρυσής τομής (golden ratio) γνωστός και ως φ. Επίσης ο αριθμός φ είναι η θετική ρίζα της εξίσωσης $x^2 - x - 1 = 0$. Δηλαδή $\varphi = \dfrac{1+\sqrt{5}}{2} \approx 1.618$]

Θέμα Γ΄

Γ1. Όσο τα δύο σώματα είναι κολλημένα κάνουν ταλάντωση με κυκλική συχνότητα $\omega = \sqrt{\frac{k}{m_1+m_2}} = 5$ rad/sec. Οι σταθερές επαναφοράς του καθενός είναι $D_1 = m_1\omega^2 = 25$ N/m και $D_2 = m_2\omega^2 = 75$ N/m.

Μία καλύτερη λύση: Όσο $x < 0$ το m_2 δέχεται δύναμη επαφής N από το m_1 προς τα δεξιά, ενώ το m_1 δέχεται την δύναμη του ελατηρίου και την αντίδραση N' της N. Τα σώματα κινούνται με την ίδια επιτάχυνση, άρα έχουμε $N = m_2 a$ και $F_{ελ} - N' = m_1 a$. Διαιρώντας κατά μέλη έχουμε $\frac{N}{F_{ελ}-N'} = \frac{m_2}{m_1}$ ή $N = \frac{m_2}{m_1+m_2}kx$, άρα το m_2 έχει μία "ενεργό" σταθερά επαναφοράς $D_2 = \frac{m_2}{m_1+m_2}k$, η οποία γράφεται $D_2 = m_2\omega^2$.

Όταν το σύστημα των δύο σωμάτων περάσει την ΘΦΜ/ΘΙ της ταλάντωσης, το σώμα m_1 που είναι δεμένο στο ελατήριο δέχεται δύναμη προς τα αριστερά από το ελατήριο και δεξιά από την κόλλα και επιβραδύνεται. Το σώμα m_2 πρέπει να επιβραδύνεται κι αυτό με την ίδια επιτάχυνση a όσο είναι σε επαφή με την κόλλα και η μόνη δύναμη προς τα αριστερά είναι η δύναμη της κόλλας. Για μία θέση $x > 0$ δηλαδή πρέπει:

$\Sigma F_2 = -D_2 x \Leftrightarrow -F = -D_2 x \Leftrightarrow 15\sqrt{3} = 75x_1 \Leftrightarrow x_1 = 0.2\sqrt{3}$ m.

Άρα θα αποκολληθεί στην θέση $x_1 = +0.2\sqrt{3}$ m.

Γ2. Το σύστημα των σωμάτων m_1, m_2 κάνει α.α.τ. με πλάτος $A = d$ (αφού ξεκινάει με ταχύτητα μηδέν, από την αρνητική ακραία θέση) και θα φτάσει στην θέση x_1 με ταχύτητα που βρίσκεται με ΔΕΤ:

$\frac{1}{2}m_{ολ}v_1^2 + \frac{1}{2}kx_1^2 = \frac{1}{2}kA^2 \Leftrightarrow v_1 = 1$ m/s.

Μετά την αποκόλληση του m_2 το m_1 κάνει α.α.τ. με συχνότητα $\omega' = \sqrt{\frac{k}{m_1}} = 10$ rad/sec και με μία νέα ΔΕΤ για τη νέα ταλάντωση στην ίδια θέση βρίσκουμε το A':

$\frac{1}{2}m_1 v_1^2 + \frac{1}{2}kx_1^2 = \frac{1}{2}kA'^2 \Leftrightarrow A' = 0.1\sqrt{13}$ m.

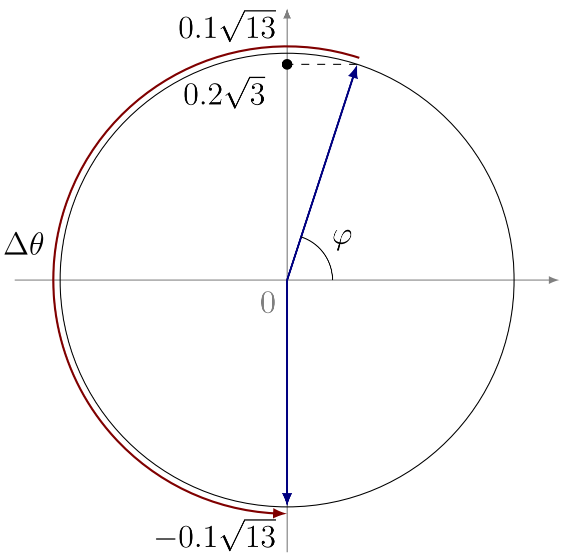
Γ3. Το m_2 συγκρούεται με το m_3 με ταχύτητα $v_1 = 1$ m/s. ΑΔΟ:

$m_2 v_1 = (m_2 + m_3)v_\sigma \Leftrightarrow v_\sigma = \frac{3}{4}$ m/s.

Το ζητούμενο ποσοστό είναι:

$$\pi = \frac{|\Delta K|}{K_2}100\% = \frac{|\frac{1}{2}(m_2+m_3)v_\sigma^2 - \frac{1}{2}m_2 v_1^2|}{\frac{1}{2}m_2 v_1^2}100\% = 25\%.$$

Γ4. Ο ρυθμός μεταβολής της ορμής είναι η συνισταμένη δύναμη, $\frac{dp}{dt} = \Sigma F$. Αυτή μεγιστοποιείται κατά μέτρο για πρώτη φορά στην $x = +A'$ και για δεύτερη φορά στην $x = -A'$. Με περιστρεφόμενο διάνυσμα:



Η γωνία φ βρίσκεται με ημίτονο: $\eta\mu\,\varphi = \dfrac{0.2\sqrt{3}}{0.1\sqrt{13}} = 2\sqrt{\dfrac{3}{13}}$, άρα $\varphi = \dfrac{2\pi}{5}$ rad.

Η συνολική γωνία στροφής $\Delta\theta$ είναι $\Delta\theta = \dfrac{2\pi}{5} + \pi = \dfrac{7\pi}{5}$ rad.

$\omega' = \dfrac{\Delta\theta}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta t = \dfrac{\Delta\theta}{\omega'} = \dfrac{7\pi}{50}$ s.

Θέμα Δ΄

Δ1. Η ταχύτητα εκροής υπολογίζεται με το θεώρημα Torricelli: $v = \sqrt{2g(H-x)}$

Ο χρόνος πρώσης είναι: $t_\pi = \sqrt{\frac{2(h_1+x)}{g}}$ και το βεληνεκές:

$s = vt_\pi \Leftrightarrow s^2 = 2g(H-x)\dfrac{2(h_1+x)}{g} \Leftrightarrow 4x^2 - 4(H-h_1)x - 4Hh_1 + s^2 = 0$

$\Leftrightarrow 4x^2 - 2Hx + s^2 - 2H^2 = 0 \quad (1)$

Η δευτεροβάθμια (1) έχει σίγουρα λύση, επομένως $\Delta \geq 0 \Leftrightarrow$

$4H^2 - 16(s^2 - 2H^2) \geq 0 \Leftrightarrow s^2 - 2H^2 \leq \dfrac{H^2}{4} \Leftrightarrow s^2 \leq \dfrac{9H^2}{4} \Leftrightarrow s \leq \dfrac{3}{2}H$

Επομένως το μέγιστο βεληνεκές είναι $s_{\max} = \dfrac{3}{2}H$ (ίσο με το ύψος της ελεύθερης επιφάνειας του υγρού από το επίπεδο της ράβδου).

Όταν το βεληνεκές είναι μέγιστο τότε στη διακρίνουσα ισχύει το ίσον, επομένως $\Delta = 0$ και η εξίσωση (1) έχει μία διπλή ρίζα $x = -\dfrac{\beta}{2\alpha}$.

$x = -\dfrac{-2H}{8} \Leftrightarrow x = \dfrac{H}{4}$ (και $x' = \dfrac{3H}{4}$ από το έδαφος - στο μέσο της απόστασης ελεύθερης επιφάνειας υγρού - ράβδου).

Γ2. Αντικαθιστώντας στις σχέσεις για την ταχύτητα εκροής, τον χρόνο καθόδου και το βεληνεκές βρίσκουμε:

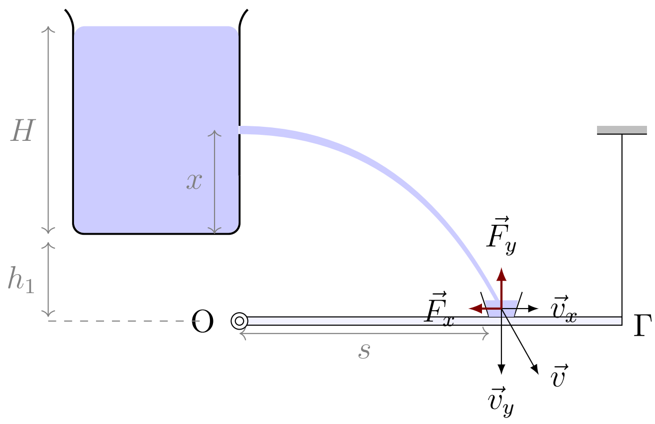
$v = 5\text{m/s}, \quad t_\pi = 0.5\text{s}, \quad s_{\max} = 2.5\text{m}$

Ο όγκος του υγρού που βρίσκεται κάθε στιγμή στον αέρα βρίσκεται με την παροχή:

$\Delta V = \Pi t_\pi = Avt_\pi = 2.5 \cdot 10^{-4}\text{m}^3$

Γ3. Έστω μία στοιχειώδης μάζα dm η οποία φτάνει στο ποτήρι με ταχύτητα $\vec{v}_2$. Αυτή έχει συνιστώσες $v_x = v = 5\text{m/s}$ και $v_y = gt_\pi = 5\text{m/s}$. Υποθέτουμε ότι όταν φτάνει στο ποτήρι οι ταχύτητες αυτές μηδενίζονται, συνεπώς η στοιχειώδης μάζα πρέπει να δέχεται από το ποτήρι-ράβδο δυνάμεις F_x, F_y, λόγω της μεταβολής της ορμής, αντίθετες της φοράς της αρχικής ορμής σε κάθε άξονα.

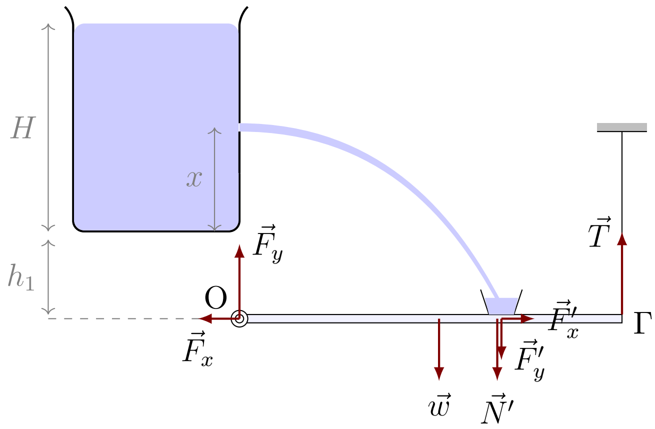
Επίσης το νερό στο ποτήρι δέχεται το βάρος του (από τη Γη) και την αντίδραση N από το ποτήρι-ράβδο (δεν σχεδιάστηκαν στο σχήμα).



$F_x = \dfrac{dp}{dt} = \dfrac{0 - dmv_x}{dt} = -\dfrac{\rho dV v_x}{dt} = -\rho \Pi v_x = -\rho A v v_x$ και με αντικατάσταση:

$F_x = -2.5\text{N}$ και όμοια $F_y = -2.5\text{N}$

Σχεδιάζουμε τις δυνάμεις που δέχεται η ράβδος:



Για $t \geq 0.5\text{s}$ ο όγκος του νερού στο δοχείο αυξάνεται με ρυθμό Π, άρα $dV = \Pi dt$ και η μάζα $dm = \rho dV = \rho \Pi dt$. Επομένως συναρτήσει του χρόνου $m = \rho A v (t - 0.5)$ $(t \geq 0.5\text{s})$.

Συνεπώς $N' = w = \rho g A v (t - 0.5)$ $(t \geq 0.5\text{s})$ ή $N' = 5t - 2.5$ (SI, $t \geq 0.5\text{s}$)

Στον y άξονα η ράβδος δέχεται από το νερό δύναμη $F_{\nu,y} = N' + F'_y = 5t$, $t \geq 0.5\text{s}$, ενώ στον x άξονα δέχεται μόνο την F'_x. Προσθέτοντας με Πυθαγόρειο:

$F_\nu = \sqrt{25t^2 + 6.25}$ (SI) με γωνία: $\text{εφ}\,\theta = \frac{5t}{2.5} = 2.5t$ (SI)

Τελικά για $t \geq 0$ έχουμε:

$$F_\nu = \begin{cases} 0 & t < 0.5\,\text{s} \\ \sqrt{25t^2 + 6.25}\,(\text{SI}) & t \geq 0.5\,\text{s} \end{cases}$$

Η τάση βρίσκεται με ισορροπία της ράβδου. Για $t < 0.5\text{s}$ έχουμε:

$\Sigma \tau_O = 0 \Leftrightarrow T\ell - Mg\ell/2 = 0 \Leftrightarrow T = 10\text{N}$.

Για $t \geq 0.5\text{s}$ έχουμε:

$\Sigma \tau_O = 0 \Leftrightarrow T\ell - Mg\ell/2 - F_{\nu,y} s_{\max} = 0 \Leftrightarrow T = 10 + 3.125t$ (SI).

Τελικά:

$$T = \begin{cases} 10\,\text{N} & t < 0.5\,\text{s} \\ 10 + 3.125t\,(\text{SI}) & t \geq 0.5\,\text{s} \end{cases}$$

Δ4. Οι συνιστώσες F_x, F_y που δέχεται η ράβδος από τον άξονα στο Ο υπολογίζονται απλά με $\Sigma F_x = \Sigma F_y = 0$. Τελικά:

$$F_x = \begin{cases} 0 & t < 0.5\,\mathrm{s} \\ 2.5\,\mathrm{N} & t \geq 0.5\,\mathrm{s} \end{cases}$$

$$F_y = \begin{cases} 10\,\mathrm{N} & t < 0.5\,\mathrm{s} \\ 10 + 8.125t\,(\mathrm{SI}) & t \geq 0.5\,\mathrm{s} \end{cases}$$

Γιώργος Χ. Παπαδημητρίου, 2ο ΓΕΛ Ναυπάκτου, gpapadem@sch.gr.