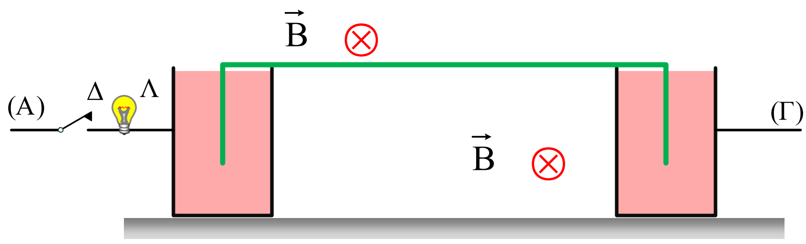
Δύναμη Laplace.

Ένα σύρμα με μονωτικό περίβλημα μήκους $L = 27$ cm και μάζας $m = 3$ g κάμπτεται σε σχήμα Π έτσι ώστε το οριζόντιο μέρος του να έχει μήκος $\ell = 17$ cm. Τα λυγισμένα άκρα του σύρματος που έχουν μήκος $d = 5$ cm το καθένα βυθίζονται τελείως μέσα σε υδράργυρο πού βρίσκεται σε δύο μεταλλικά δοχεία. Το όλο σύστημα βρίσκεται σε μία περιοχή όπου υπάρχει μαγνητικό πεδίο με ένταση μέτρου $B = 1$ T και κατεύθυνση κάθετη στη σελίδα προς τα μέσα. Ηλεκτρική επαφή μεταξύ σύρματος και υδραργύρου γίνεται από τα δύο άκρα του σύρματος. Τα δοχεία υδραργύρου συνδέονται σε αγώγιμο κλάδο που περιλαμβάνει διακόπτη και λαμπτήρα με στοιχεία κανονικής λειτουργίας «1 V, 3 W». Αρχικά ο διακόπτης είναι ανοιχτός. Την $t_0 = 0$ ο διακόπτης δ κλείνει και το σύρμα αναπηδά στον αέρα σε κατακόρυφη απόσταση $H_{max} = 85$ cm πάνω από την αρχική του θέση. Δίνεται: $g = 10\ m/s^2$, η αντίσταση του αέρα και οι δυνάμεις από τον υδράργυρο στο σύρμα αμελούνται.



α. Να βρεθεί η ένταση I του ρεύματος μέσα στο σύρμα θεωρώντας ότι είναι σταθερό από τη στιγμή που κλείνει ο διακόπτης μέχρι που χάνεται η επαφή του με τον υδράργυρο.

β. Ελέγξτε αν ο λαμπτήρας λειτουργεί κανονικά στη χρονική διάρκεια που διαρρέεται από ρεύμα.

γ. Να βρεθεί η χρονική στιγμή που το σύρμα θα φτάσει (καθώς ανεβαίνει) στο μέγιστο ύψος.

Λύση

α. Εφαρμόζουμε ΘΜΚΕ από την αρχική θέση μέχρι το μέγιστο ύψος.

$$K_{τελ} - K_{αρχ} = W_w + W_{F_L} \Rightarrow 0 - 0 = -mgH_{max} + F_L d \Rightarrow F_L = \frac{mgH_{max}}{d} \Rightarrow F_L = \frac{3\cdot 10^{-3}\cdot 10\cdot 0,85}{5\cdot 10^{-2}}\,N \Rightarrow \mathbf{F_L = 0,51\ N}$$

Αλλά: $F_L = BI\ell \Rightarrow I = \dfrac{F_L}{B\ell} \Rightarrow I = \dfrac{51\cdot 10^{-2}}{1\cdot 17\cdot 10^{-2}}\,A \Rightarrow \mathbf{I = 3\ A}$.

β. Από τα στοιχεία κανονικής λειτουργείας παίρνουμε: $P_κ = V_κ I_κ \Rightarrow I_κ = \dfrac{P_κ}{V_κ} \Rightarrow I_κ = \dfrac{3}{1}A \Rightarrow \mathbf{I_κ = 3\ A}$.

Βλέπουμε ότι ισχύει $I = I_κ$, άρα ο λαμπτήρας λειτουργεί κανονικά.

γ. Για την πρώτη φάση, όσο έχουμε κλειστό κύκλωμα:

$0 \le h \le d$: $\qquad \Sigma\vec{F} = m\vec{α} \Rightarrow F_L - mg = mα \Rightarrow α = \dfrac{F_L}{m} - g \Rightarrow \mathbf{α = 160\ m/s^2}$.

Επίσης $d = \dfrac{1}{2}α\Delta t_1^2 \Rightarrow \Delta t_1 = \sqrt{\dfrac{2d}{α}} \Rightarrow \Delta t_1 = \sqrt{\dfrac{2\cdot 5\cdot 10^{-2}}{160}}\,s \Rightarrow \mathbf{\Delta t_1 = 0,025\ s}$.

Την στιγμή που ανοίγει το κύκλωμα η ταχύτητα είναι: $υ = α\Delta t_1 \Rightarrow \mathbf{υ = 4\ m/s}$.

Δεύτερη φάση αφού ανοίξει το κύκλωμα ο αγωγός εκτελεί βολή προς τα πάνω, άρα:

$d \le h \le H_{max}$ $\qquad υ = υ_1 - g\Delta t_2 \Rightarrow 0 = υ_1 - g\Delta t_2 \Rightarrow \Delta t_2 = \dfrac{υ_1}{g} \Rightarrow \Delta t_2 = \dfrac{4}{10}s \Rightarrow \mathbf{\Delta t_2 = 0,4\ s}$.

$\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2 \Rightarrow t - t_0 = 0,425\ s \Rightarrow \mathbf{t = 0,425\ s}$.