

---

# Διαγώνισμα Γ Τάξης Ενιαίου Λυκείου

## Ηλεκτρομαγνητισμός

Ενδεικτικές Λύσεις  
Κυριακή 10 Νοέμβρη 2019

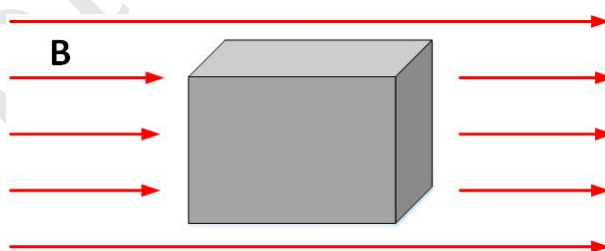
---

### Θέμα Α

**A.1.** Το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου σε απόσταση  $r$  από ευθύγραμμο αγωγό απείρου μήκους, που διαρρέεται από ρεύμα έντασης  $I$ , είναι  $B$ . Σε απόσταση  $2r$  από τον ίδιο αγωγό, το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου είναι :

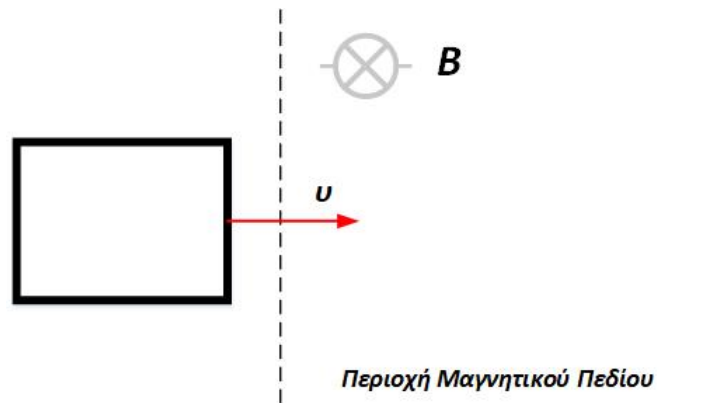
(γ)  $\frac{B}{2}$

**A.2.** Μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$  τοποθετούμε έναν κύβο ακμής  $a$ .



Η συνολική ροή του μαγνητικού πεδίου μέσα από τον κύβο θα είναι ίση με:

(δ) 0



**A.3.** Κλειστό ορθογώνιο αγώγιμο πλαίσιο κινείται με σταθερή ταχύτητα, έτσι ώστε το επίπεδό του να είναι κάθετο στις γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου.

Στο παραπάνω πλαίσιο εμφανίζεται ρεύμα εξ επαγωγής:

**(δ)** όσο διαρκεί η είσοδός του ή η έξοδός του από το πεδίο

**A.4.** Παραμαγνητικά ονομάζονται τα υλικά που

**(α)** έχουν μαγνητική διαπερατότητα λίγο μεγαλύτερη της μονάδας

**A.5.**

**(α)** Οι δυναμικές γραμμές του Μαγνητικού πεδίου είναι πάντα κλειστές γραμμές. **Σωστό**

**(β)** Γύρω από ευθύγραμμο ρευματοφόρο αγωγό δημιουργείται πάντα μαγνητικό πεδίο, του οποίου οι δυναμικές γραμμές, μπορεί να είναι παράλληλες στον αγωγό. **Λάθος**

**(γ)** Ο κανόνας του Lenz είναι συνέπεια της αρχής διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου. **Λάθος**

**(δ)** Ενεργός ένταση εναλλασσόμενου ρεύματος ονομάζεται η ένταση ενός συνεχούς ρεύματος το οποίο προκαλεί το ίδιο θερμικό αποτέλεσμα με το εναλλασσόμενο ρεύμα, όταν διαρρέει τον ίδιο αντιστάτη για το ίδιο χρονικό διάστημα. **Σωστό**

(ε) Το μαγνητικό πεδίο που δημιουργεί ένα σωληνοειδές πηνίο μεγάλου μήκους στο εσωτερικό του είναι ομογενές σε όλο το μήκος του. **Λάθος**

## Θέμα Β

**Β.1.** Εναλλασσόμενη τάση παράγεται από στρεφόμενο πλαίσιο αμελητέας αντίστασης. Το πλαίσιο στρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο γύρω από άξονα που είναι κάθετος στις δυναμικές γραμμές και βρίσκεται στο επίπεδό του. Τα άκρα του πλαισίου συνδέονται με αντιστάτη αντίστασης  $R$ . Διπλασιάζουμε τη γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του πλαισίου. Η μέση ισχύς που καταναλώνεται στον αντιστάτη  $R$ :

(γ) τετραπλασιάζεται

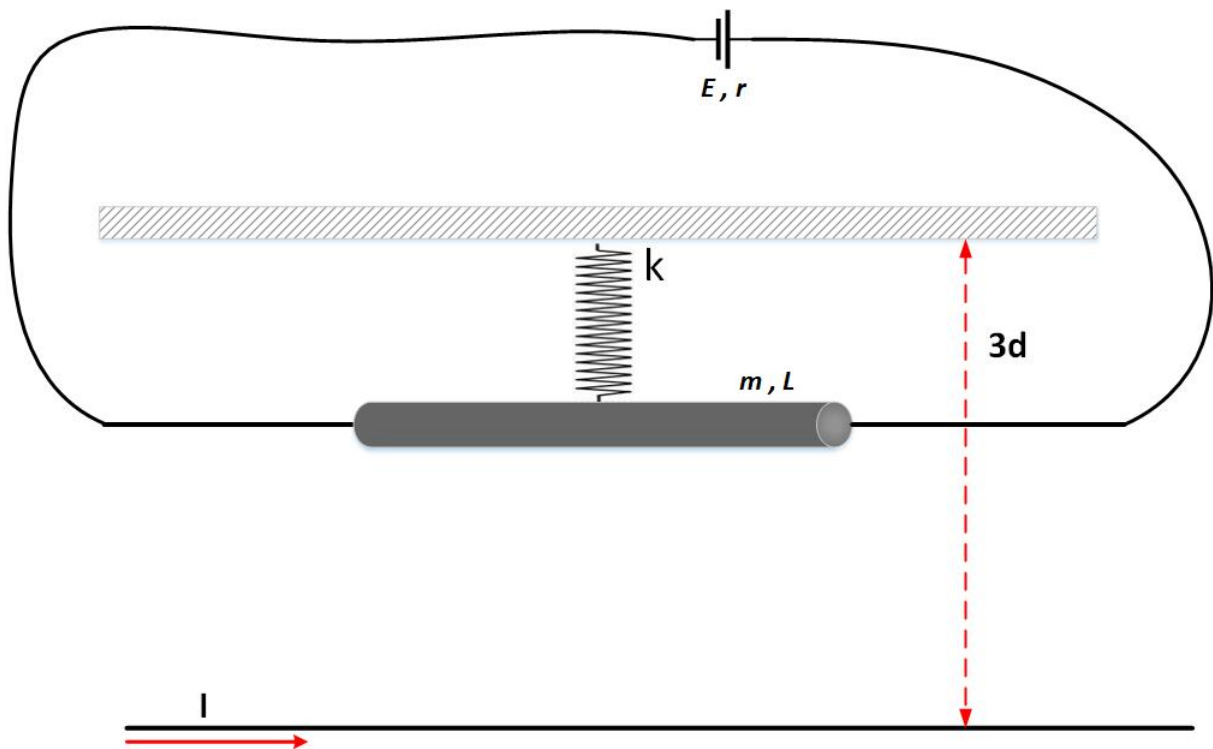
Η μέγιστη τάση στα άκρα του αντιστάτη θα είναι  $V = N\omega BA$  και η ενεργός τιμή της τάσης  $\frac{V}{\sqrt{2}}$ . Άρα η μέση ισχύς θα είναι:

$$\bar{P} = \frac{V_{\text{εφ}}^2}{R} = \frac{V^2}{2R} = \frac{(N\omega BA)^2}{2R}$$

\*Η μέση ισχύς είναι ανάλογη του τετραγώνου της γωνιακής ταχύτητας περιστροφής  $\omega$ .

**Β.2.** Ένας κυλινδρικός αγωγός μάζας  $m$  και μήκους  $L$  είναι αναρτημένος στο κάτω άκρο ιδανικού ελατηρίου σταθεράς  $k$  και φυσικού μήκους  $d$  και ισορροπεί με το ελατήριο επιμηκυμένο κατά  $d/2$ . Στερεώνουμε στο δάπεδο και σε απόσταση  $3d$  από το πάνω μέρος του ελατηρίου, σύρμα μεγάλου μήκους που διαρρέεται από σταθερό ρεύμα έντασης  $I$  και συνδέουμε τον αγωγό με δύο καλώδια αμελητέας μάζας σε μια πηγή συνεχούς τάσης (σχήμα) με αποτέλεσμα ο αγωγός να μετατοπίζεται και να ισορροπεί στην θέση φυσικού μήκους του ελατηρίου. Σας δίνεται ότι οι δύο αγωγοί διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα και  $k_{\mu}$  γνωστή σταθερά.

Η σταθερά του ελατηρίου θα είναι ίση με:



(β)  $\frac{2k_{\mu} I^2 L}{d^2}$

Στην αρχική θέση ο αγωγός ισορροπεί, με την επίδραση του βάρους και της δύναμης του ελατηρίου:

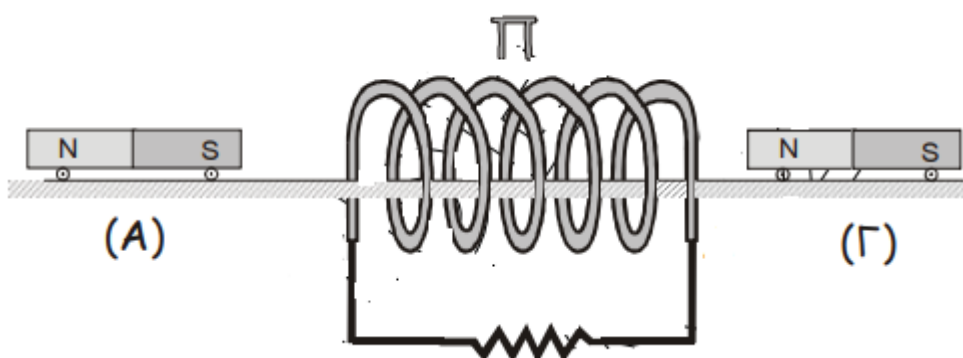
$$\Sigma F = 0 \Rightarrow k \frac{d}{2} = w$$

Όταν ο αγωγός διαρρέεται από ρεύμα ασκείται πάνω του εξαιτίας του μαγνητικού πεδίου του σύρματος δύναμη Laplace που τον ανυψώνει φέροντας τον στην θέση φυσικού μήκους (δεν ασκείται δύναμη από το ελατήριο), άρα ισορροπεί με την επίδραση του βάρους και της δύναμης Laplace:

$$\Sigma F = 0 \Rightarrow BIL = w = k \frac{d}{2}$$

\* Η ένταση του μαγνητικού πεδίου πάνω στον αγωγό θα είναι ίση με :  $B = k_{\mu} \frac{2I}{r}$ , όπου  $r = 2d$  η απόσταση του σύρματος από τον αγωγό. Από τα παραπάνω προκύπτει η σωστή σχέση.

**B.3.** Ένας ραβδόμορφος μαγνήτης με μάζα  $m = 0,4\text{kg}$  εκτοξεύεται κάποια χρονική στιγμή  $t_1$  με ταχύτητα μέτρου  $v_1 = 10\text{m/s}$  από την θέση Α μιας οριζόντιας λείας επιφάνειας με κατεύθυνση προς το εσωτερικό ενός σωληνοειδούς πηνίου Π. Η διεύθυνση της ταχύτητας του μαγνήτη ταυτίζεται σε κάθε χρονική στιγμή με τον άξονα του σωληνοειδούς τα άκρα του οποίου συνδέονται με αντιστάτη. Ο μαγνήτης διέρχεται από το εσωτερικό του πηνίου χωρίς να έρχεται σε επαφή με τις σπείρες του και την χρονική στιγμή  $t_2 > t_1$  εξέρχεται (θέση Γ) από το πηνίο με ταχύτητα μέτρου  $v_2$ .



1. Η ταχύτητα του μαγνήτη στην θέση Γ θα μπορούσε να έχει μέτρο :

(β)  $v_2 = 5\text{m/s}$

Όταν ο μαγνήτης πλησιάζει προς το πηνίο αυξάνεται η μαγνητική ροή μέσα από τις σπείρες του, ενώ όταν απομακρύνεται από αυτό μειώνεται η μαγνητική ροή μέσα. Η μεταβολή της μαγνητικής ροής θα έχει ως συνέπεια την εμφάνιση επαγωγικού ρεύματος στο πηνίο του οποίου η φορά θα είναι τέτοια, ώστε το πεδίο που το πηνίο δημιουργεί να αντιστέκεται στην κίνηση του μαγνήτη (Lentz). Άρα σίγουρα ο μαγνήτης θα επιβραδύνεται.

2. Η θερμότητα που εκλύεται από το κύκλωμα στο περιβάλλον στο χρονικό διάστημα  $\Delta t = t_2 - t_1$  μπορεί να είναι :

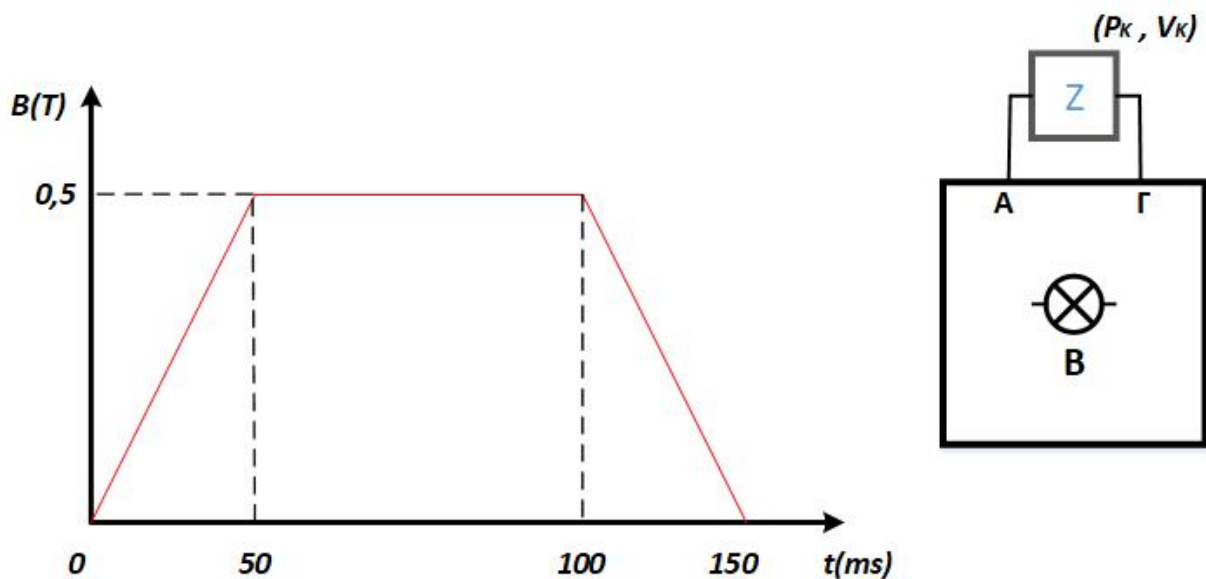
(γ)  $15\text{J}$

Η θερμότητα θα είναι ίση με την μείωση της Κινητικής ενέργειας του μαγνήτη

$$Q = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = \dots$$

## Θέμα Γ

Οριζόντιο τετράγωνο πλαίσιο πλευράς  $a = 2\text{m}$  και αντίστασης  $R_{\pi} = 20\Omega$  είναι συνδεδεμένο σε σειρά με συσκευή  $Z$  που έχει ενδείξεις κανονικής λειτουργίας ( $P_k, V_k$ ) και η συνολική αντίσταση του κυκλώματος είναι ίση με  $R = 80\Omega$ . Κάθετα στο επίπεδο του πλαισίου και μέσα σε αυτό βρίσκεται ομογενές μαγνητικό πεδίο η ένταση του οποίου μεταβάλλεται με τον χρόνο σύμφωνα με το διάγραμμα.

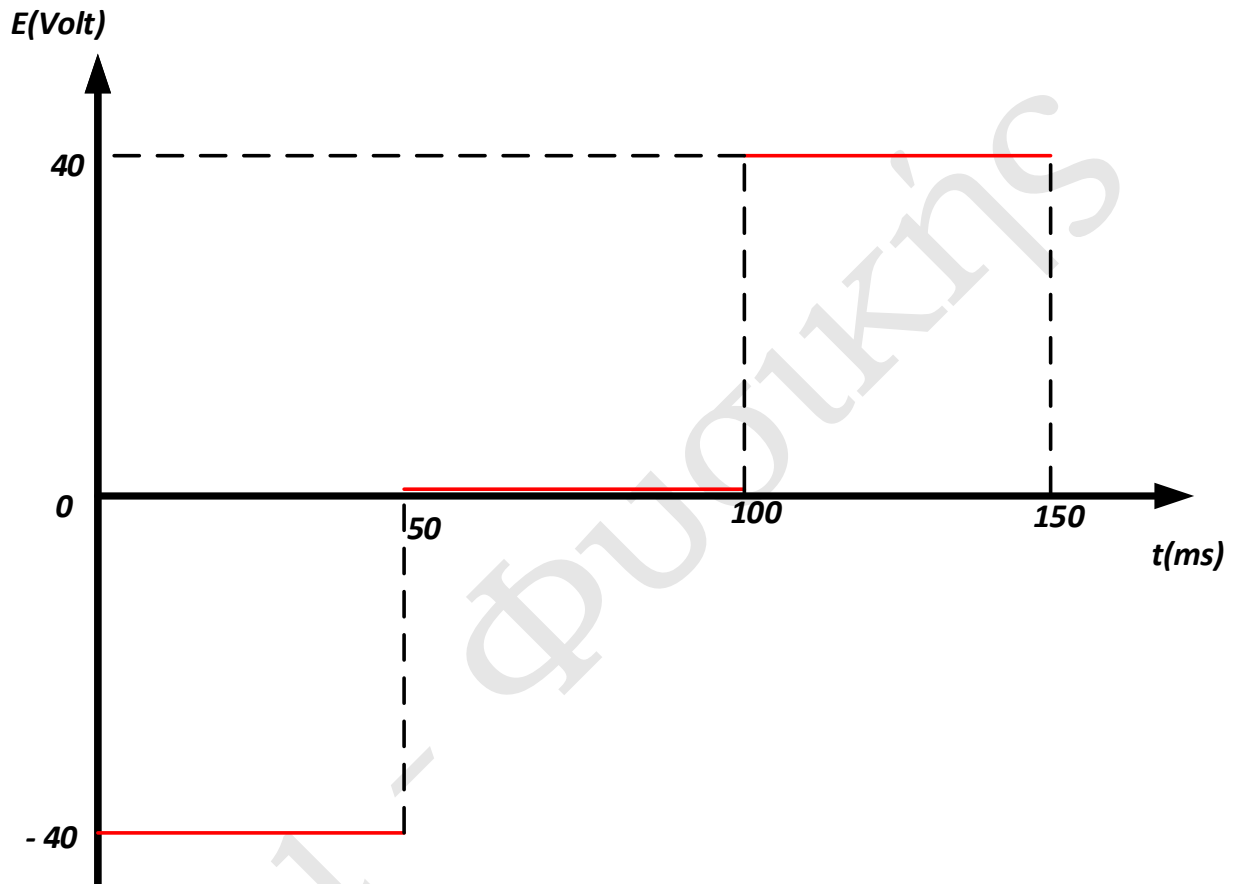


**Γ.1** Να παραστήσετε σε συνάρτηση με το χρόνο το διάγραμμα της Επαγωγικής τάσης που αναπτύσσεται στο πλαίσιο.

Η επαγωγική τάση θα δίνεται από τον Νόμο του Faraday

$$E = -N \frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d(BA)}{dt} = -a^2 \frac{dB}{dt}$$

\* Ο ρυθμός μεταβολής του μαγνητικού πεδίου θα υπολογιστεί από την κλίση της ευθείας στο δοσμένο διάγραμμα της εκφώνησης.



**Γ.2** Να υπολογίσετε την ένταση του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει το πλαίσιο και να σχεδιάσετε την φορά της την χρονική στιγμή  $t_1 = 20ms$  και την χρονική στιγμή  $t_2 = 120ms$ .

Εφαρμόζουμε τον Νόμο του  $\Omega hm$ :

$$I = \frac{E}{R} = 0,5A$$

Την  $t_1$  το μαγνητικό πεδίο αυξάνεται, άρα αυξάνεται η μαγνητική ροή, οπότε το επαγωγικό ρεύμα θα πρέπει να έχει τέτοια φορά, ώστε να αντιστέκεται στην αύξηση του μαγνητικού πεδίου, δημιουργώντας ένα πεδίο

που θα έχει φορά προς τα έξω (Lentz), οπότε το ρεύμα θα είναι αριστερόστροφο. Την  $t_2$  συμβαίνουν τα αντίθετα, άρα και το ρεύμα θα είναι δεξιόστροφο.

**Γ.3** Να υπολογιστεί το συνολικό επαγωγικό φορτίο που μετακινείται καθώς και εκείνο που μετατοπίζεται μέσα από μια διατομή του πλαισίου.

Εφαρμόζουμε τον Νόμο του Neumann για κάθε χρονικό διάστημα

$$\Delta Q_{0 \rightarrow 50} = \frac{\Delta \Phi}{R} = \frac{1}{40} C$$

$$\Delta Q_{50 \rightarrow 100} = \frac{\Delta \Phi}{R} = 0 C$$

$$\Delta Q_{0 \rightarrow 50} = \frac{\Delta \Phi}{R} = -\frac{1}{40} C$$

Το συνολικό φορτίο που μετακινήθηκε θα είναι:

$$\Delta Q = \frac{1}{40} + 0 + \left| -\frac{1}{40} \right| = \frac{2}{40} = 0,05 C$$

Το συνολικό φορτίο που μετατοπίστηκε θα είναι:

$$\Delta Q = \frac{1}{40} + 0 - \frac{1}{40} = 0$$

**Γ.4** Αν σας είναι γνωστό ότι η συσκευή λειτουργεί κανονικά κατά τα χρονικά διαστήματα μεταβολής του μέτρου του μαγνητικού πεδίου να βρείτε τις ενδείξεις κανονικής λειτουργίας της.

Η τάση στα άκρα της συσκευής θα είναι:

$$V = E - IR_{\pi} = 40 - 0,5 \cdot 20 = 30 \text{ volt}$$



Η ισχύς της συσκευής θα είναι:

$$P = VI = 30 \cdot 0,5 = 15Watt$$

## Θέμα Δ

Ένας αγωγός σε σχήμα Π έχει το επίπεδο του κάθετο στις δυναμικές γραμμές μαγνητικού πεδίου έντασης  $B = 2T$ . Τα κατακόρυφα τμήματα του αγωγού εμφανίζουν αμελητέα αντίσταση και ακουμπούν σε οριζόντιο μονωτικό επίπεδο, ενώ το οριζόντιο πάνω τμήμα έχει ωμική αντίσταση  $R_1 = 8\Omega$ . Ευθύγραμμο αγωγίμο σύρμα μήκους  $l = 1m$  και μάζας  $m = 0,5kg$  και ωμικής αντίστασης  $R_2$  έχει συνεχώς τα άκρα του επαφή με τα κατακόρυφα τμήματα του αγωγού και ισορροπεί πάνω στο μονωτικό επίπεδο. Την χρονική στιγμή  $t = 0$  εκτοξεύουμε τον αγωγό κατακόρυφα προς τα πάνω με ταχύτητα μέτρου  $v_0 = 5m/s$ . Την στιγμή της εκτόξευσης η τάση στα άκρα του σύρματος είναι  $V = 8volt$ .

**Δ.1** Να υπολογίσετε την ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα του σύρματος την στιγμή της εκτόξευσης, καθώς και την αντίσταση  $R_2$ .

Για μια τυχαία μετατόπιση του σύρματος κατά  $\Delta y$  μεταβάλλετε η μαγνητική ροή μέσα από την επιφάνεια που ορίζει το σύρμα και ο αγωγός Π. Εφαρμόζοντας τον Νόμο του Faraday προκύπτει:

$$|E| = E = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{Bldy}{dt} = Bvl$$

Τη στιγμή της εκτόξευσης η ΗΕΔ από επαγωγή θα είναι:  $E = Bv_0l = 10volt$

Η τάση στα άκρα του σύρματος θα είναι ίδια με την τάση στα άκρα του  $R_1$  άρα θα προκύψει το ρεύμα  $V = IR_1 \Rightarrow I = 1A$

Η τάση στα άκρα του σύρματος  $V = E - IR_2 \Rightarrow R_2 = 2\Omega$ .

**Δ.2** Να δείξετε ότι το σύρμα επιβραδύνεται συνεχώς κατά την άνοδο του.

Εξαιτίας της εκτόξευσης θα εμφανιστεί η επαγωγική τάση και αφού εμφανίζεται επαγωγικό ρεύμα, αυτό θα έχει τέτοια φορά ώστε να δημιουργεί

μια δύναμη Laplace που με την φορά της να αντιστέκεται στην ταχύτητα εκτόξευσης (Lentz). Άρα η συνισταμένη των δυνάμεων θα είναι αντίθετη στην κίνηση συνεχώς κατά την άνοδο του σύρματος, άρα αυτό συνεχώς θα επιβραδύνεται μέχρι στιγμιαία να σταματήσει.

- Δ.3** Να υπολογίσετε τον ρυθμό μεταβολής της ταχύτητας του σύρματος, καθώς και τον ρυθμό μεταβολής της Κινητικής του ενέργειας την στιγμή που η ταχύτητα του έχει υποδιπλασιαστεί.

Το ρεύμα θα είναι:

$$I' = \frac{E'}{R_1 + R_2} = \frac{Bv'l}{R_1 + R_2} \Rightarrow I' = 0,5A$$

Εφαρμόζω για την παραπάνω στιγμή του 2ο Νόμο του Νεύτωνα:

$$\Sigma F = ma \Rightarrow -F_L - w = ma \Rightarrow -BI'l - mg = ma \Rightarrow a = \frac{dv}{dt} = -12m/s^2$$

Ο ζητούμενος ρυθμός μεταβολής θα είναι:

$$\frac{dK}{dt} = \Sigma F \cdot v = mav = -15J/s$$

- Δ.4** Αν σας είναι γνωστό ότι το σύρμα σταματά στιγμιαία σε ύψος  $h = 1m$  από το μονωτικό επίπεδο: **(α)** να βρεθεί το ποσό θερμότητας που εκλύεται στο περιβάλλον κατά την άνοδο του. **(β)** να βρεθεί το επαγωγικό φορτίο που διέρχεται μέσα από μια διατομή του σύρματος κατά την άνοδο του. Για την άνοδο του σύρματος εφαρμόζω την Αρχή Διατήρησης της Ενέργειας:

$$\frac{1}{2}mv_o^2 = 0 + mgh + Q_\theta \Rightarrow Q_\theta = 1,25J$$

Αντίστοιχα από τον Νόμο του Neumann προκύπτει:

$$\Delta q = \frac{\Delta \Phi}{R_1 + R_2} = \frac{Blh}{R_1 + R_2} = 0,2C$$

**Δ.5** Να δείξετε ότι ο αγωγός κατά την κάθοδο του δεν θα προλάβει να αποκτήσει την μέγιστη οριακή του ταχύτητα, πριν συγκρουστεί με το μονωτικό επίπεδο.

Κατά την κάθοδο του αγωγού η δύναμη Laplace θα έχει φορά αντίθετη στην κίνηση (Lentz) η οποία θα αυξάνεται καθώς είναι ανάλογη της ταχύτητας. Το σύρμα θα αποκτήσει οριακή ταχύτητα όταν:

$$\Sigma F = 0 \Rightarrow F_L = w \Rightarrow B \frac{Bv_{\text{ορ}}l}{R_1 + R_2} l = mg \Rightarrow v_{\text{ορ}} = 12,5 \text{ m/s}$$

Το σύρμα εκτοξεύεται από το έδαφος με ταχύτητα  $v_0 = 5 \text{ m/s}$ . Τόσο κατά την άνοδο όσο και κατά την κάθοδο χάνει μηχανική ενέργεια εξαιτίας της δύναμης Laplace (συνεχώς αντίθετη στην κίνηση), άρα όταν επιστρέφει στο έδαφος θα έχει ταχύτητα  $v < v_0$ , άρα είναι αδύνατον να αποκτήσει την οριακή ταχύτητα που είναι μεγαλύτερη.

**Επιμέλεια: Δρ. Μιχάλης Καραδημητρίου, Φυσικός**