

**5^ο Διαγώνισμα - Επαγωγή
με θέματα από το Ψηφιακό Σχολείο**

**Επιμέλεια: Βασίλειος Ιστάπολος, Πρόδρομος Κορκίζογλου,
Παναγιώτης Μπετσάκος, Ηλίας Ποντικός**

A1. Σε ένα μεταλλικό πλαίσιο στο οποίο μεταβάλλεται η μαγνητική ροή, ο νόμος της επαγωγής $\mathcal{E} = -\Delta\Phi/\Delta t$, ισχύει:

- α.** μόνο αν το πλαίσιο είναι ανοικτό
- β.** μόνο αν το $\Delta\Phi/\Delta t$ είναι σταθερό
- γ.** μόνο αν το πλαίσιο είναι κλειστό, ώστε να μπορεί να διαρρέεται από ρεύμα
- δ.** ανεξάρτητα αν το πλαίσιο είναι ανοικτό ή κλειστό

δ.

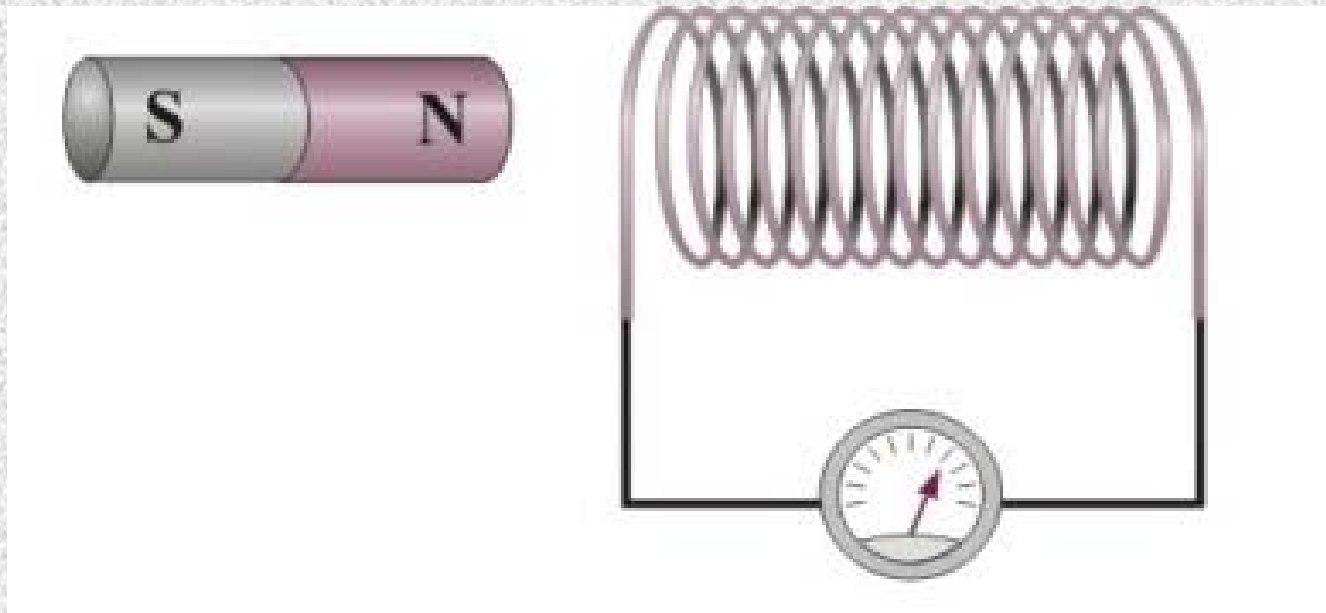
A2. Ο κανόνας του Lenz είναι συνέπεια:

- α.** της αρχής διατήρησης της ενέργειας
- β.** του νόμου της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής
- γ.** του θεωρήματος διατήρησης της μηχανικής ενέργειας
- δ.** της αρχής διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου

α.

A3. Στο σχήμα, μεγαλύτερη ΗΕΔ από επαγωγή αναπτύσσεται στο πηνίο όταν ο μαγνήτης:

- α.** βρίσκεται ακίνητος ολόκληρος μέσα στο πηνίο
- β.** πλησιάζει αργά το πηνίο
- γ.** είναι ακίνητος μπροστά από το πηνίο
- δ.** απομακρύνεται γρήγορα από το πηνίο



δ.

A4. Ο ρυθμός μεταβολής της μαγνητικής ροής έχει μονάδα μέτρησης το:

α. 1 Wb (Weber)

β. 1 W (Watt)

γ. 1 V (Volt)

δ. 1 T (Tesla)

γ.

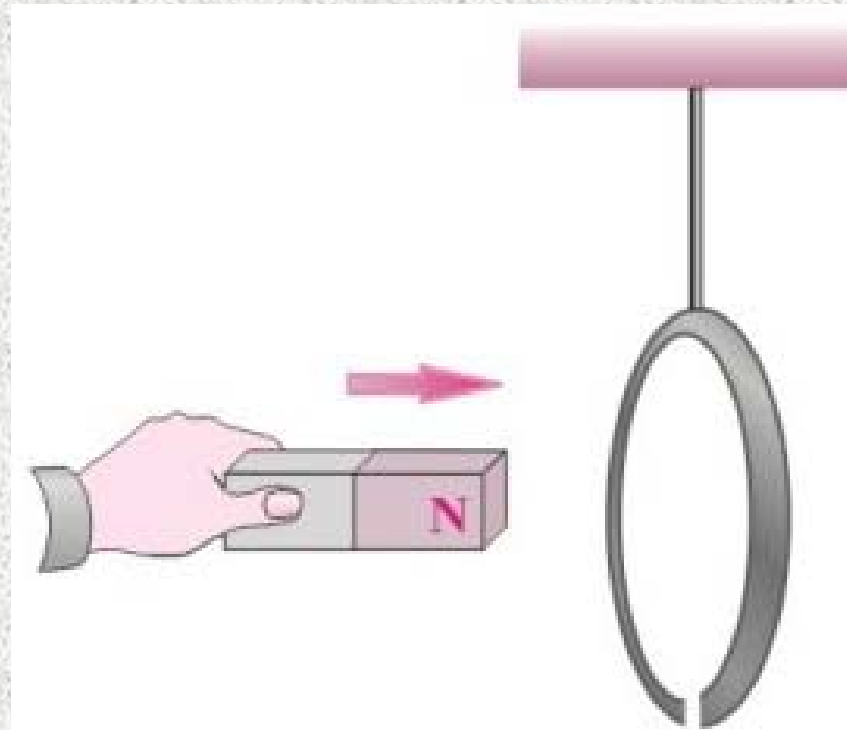
A5. Πλησιάζοντας απότομα τον μαγνήτη προς το λεπτό κομμένο δακτυλίδι αλουμινίου, αυτό:

α. έλκει τον μαγνήτη

β. διαρρέεται από ρεύμα του οποίου η φορά καθορίζεται από τον κανόνα του Lenz

γ. απωθείται από το μαγνήτη

δ. παραμένει ακίνητο στη θέση του

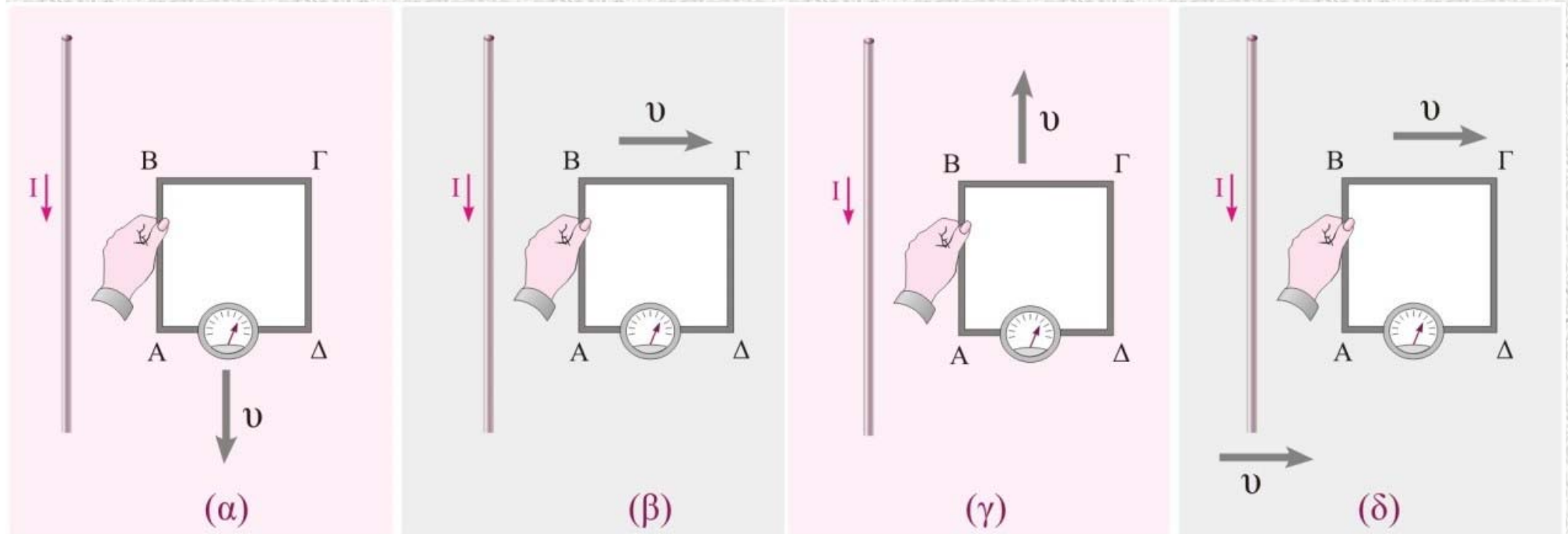


δ.

A6. Το τετραγωνικό πλαίσιο του σχήματος και ο ρευματοφόρος ευθύγραμμος αγωγός πολύ μεγάλου μήκους βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο.

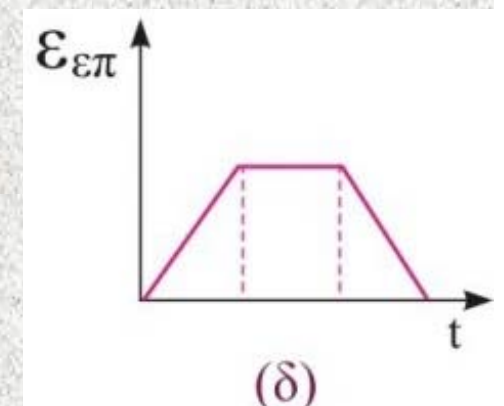
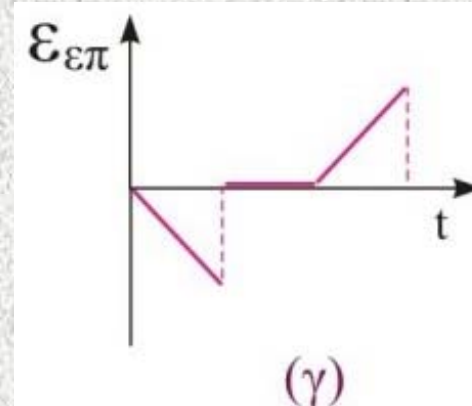
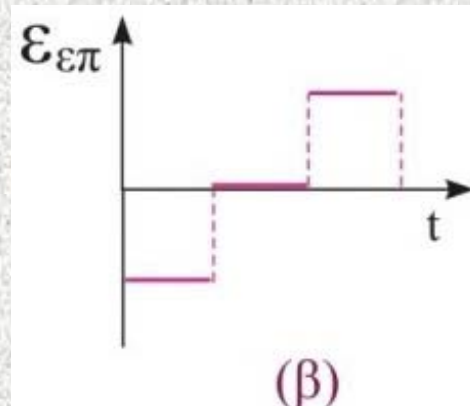
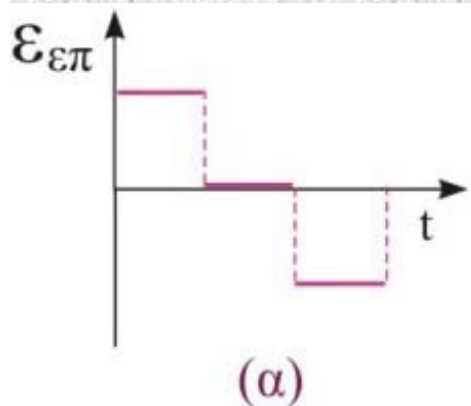
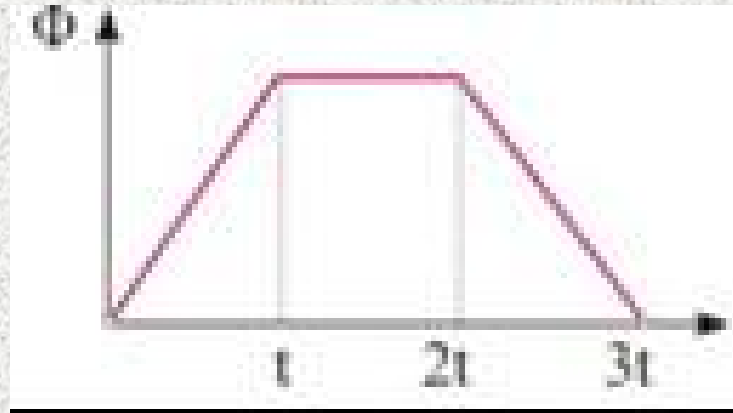
ΗΕΔ από επαγωγή εμφανίζεται μόνο στην περίπτωση:

α. α **β.** β **γ.** γ **δ.** δ



β.

A7. Στο σχήμα φαίνεται η μεταβολή της μαγνητικής ροής που διέρχεται από ένα μεταλλικό πλαίσιο σε συνάρτηση με το χρόνο. Η **ΗΕΔ** που αναπτύσσεται από επαγωγή στο πλαίσιο σε συνάρτηση με το χρόνο παριστάνεται σωστά στο διάγραμμα:



β.

A8. Να επιλέξετε τις σωστές από τις παρακάτω προτάσεις.

- 1.** Η μαγνητική ροή είναι ένα διανυσματικό μέγεθος.
- 2.** Η μαγνητική ροή μπορεί να πάρει και αρνητικές τιμές.
- 3.** Η μαγνητική ροή εκφράζει το πλήθος των μαγνητικών δυναμικών γραμμών που διέρχονται μέσα από μια επιφάνεια.
- 4.** Σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz, το επαγωγικό ρεύμα σε ένα κλειστό πλαίσιο έχει τέτοια φορά ώστε το αποτέλεσμα του να «βοηθάει» το αίτιο που το προκαλεί.
- 5.** Το αρνητικό πρόσημο στο νόμο του Faraday για την επαγωγή ερμηνεύεται από τον κανόνα του Lenz.
- 6.** Το φαινόμενο της επαγωγής εμφανίζεται όταν μεταβάλλεται η μαγνητική ροή μόνο μέσα από ένα κλειστό πλαίσιο.
- 7.** Όταν ένας ραβδόμορφος μαγνήτης εισέρχεται στο εσωτερικό ενός πηνίου, αναπτύσσεται ΗΕΔ σε αυτό μόνον όταν αυτός εισέρχεται με σταθερή ταχύτητα.
- 8.** Το ηλεκτρικό φορτίο που διέρχεται από μια διατομή ενός πλαισίου στο οποίο μεταβάλλεται η μαγνητική ροή είναι ανεξάρτητο του χρόνου στον οποίο συμβαίνει η μεταβολή αυτή.

1 – Λ

2 – Σ

3 – Σ

4 – Λ

5 – Σ

6 – Λ

7 – Λ

8 – Σ

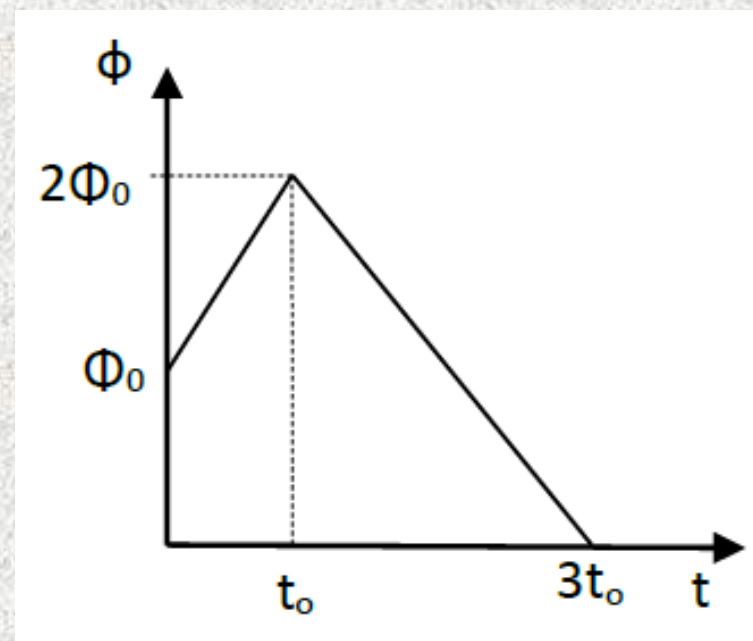
B1. Το διάγραμμα δείχνει πώς μεταβάλλεται η μαγνητική ροή που διέρχεται από ένα μεταλλικό πλαίσιο, σε συνάρτηση με το χρόνο. Στην πρώτη χρονική φάση μεταβολής της μαγνητικής ροής, από $t=0$ μέχρι $t=t_0$, αναπτύσσεται επαγωγική τάση μέτρου E_1 , ενώ στη δεύτερη φάση, από $t=t_0$ μέχρι $t=3t_0$, αναπτύσσεται επαγωγική τάση μέτρου E_2 . Η σχέση που συνδέει τα μέτρα των δύο τάσεων είναι:

α. $E_2 = 2E_1$ β. $E_2 = E_1$ γ. $E_2 = (3/2)E_1$

$$E_1 = \left| \frac{\Delta \Phi_1}{\Delta t_1} \right| = \left| \frac{2\Phi_0 - \Phi_0}{0 - t_0} \right| = \frac{|\Phi_0|}{t_0}$$

$$E_2 = \left| \frac{\Delta \Phi_2}{\Delta t_2} \right| = \left| \frac{0 - 2\Phi_0}{3t_0 - t_0} \right| = \frac{|2\Phi_0|}{2t_0} = \frac{|\Phi_0|}{t_0}$$

$E_1 = E_2$ β.

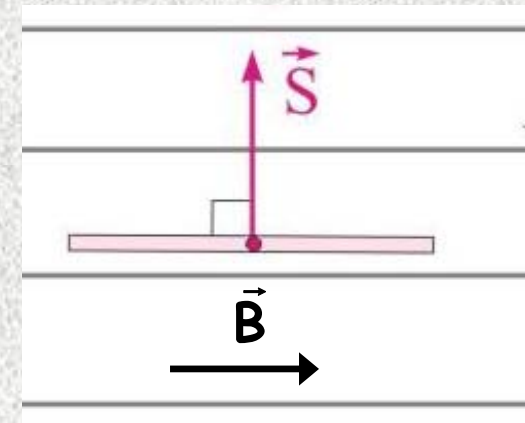


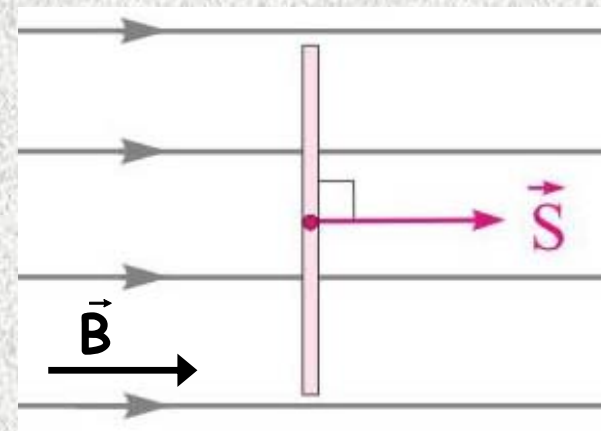
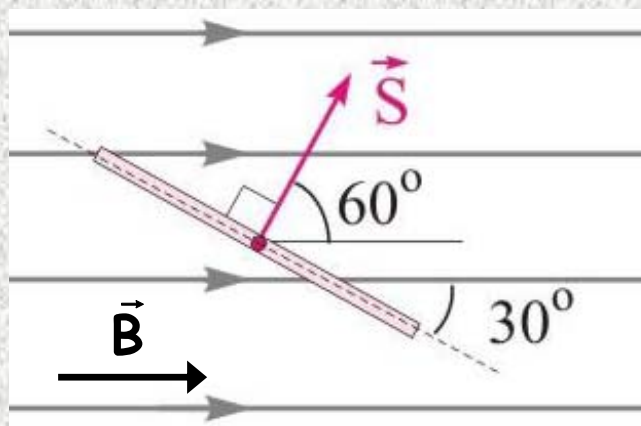
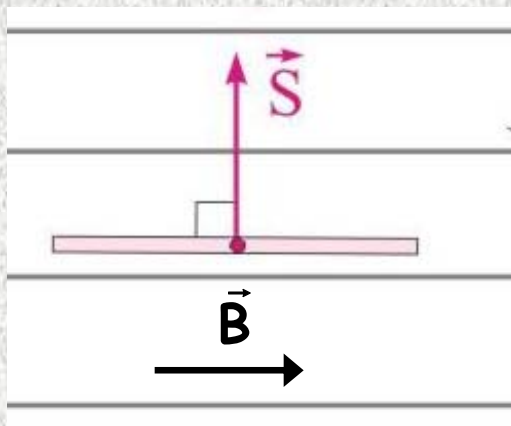
B2. Ένα κυκλικό μεταλλικό πλαίσιο, αντίστασης R , τοποθετείται αρχικά μέσα σε **ομογενές** μαγνητικό πεδίο έντασης B , με το επίπεδό του **παράλληλο** στις δυναμικές γραμμές. Στρέφουμε το πλαίσιο γύρω από μια διάμετρό του, που είναι **κάθετη** στις δυναμικές γραμμές, κατά γωνία 30° , σε χρόνο t_1 .

Επαναφέρουμε το πλαίσιο στην αρχική θέση με το επίπεδό του **παράλληλο** στις μαγνητικές δυναμικές γραμμές και το στρέφουμε με τον ίδιο τρόπο κατά γωνία 90° , σε χρόνο $t_2 = 2t_1$.

Αν το συνολικό φορτίο που περνά από μια διατομή του πλαισίου στην πρώτη περίπτωση είναι q_1 και στη δεύτερη q_2 , τότε σχέση που συνδέει τα φορτία q_1 και q_2 είναι:

α. $q_2 = 2q_1$ **β.** $q_2 = 4q_1$ **γ.** $q_2 = q_1$





$$q_1 = \frac{|\Delta\Phi_1|}{R}$$

$$q_1 = \frac{|BS\sin 60^\circ - 0|}{R}$$

$$q_1 = \frac{BS}{2R}$$

$$q_2 = \frac{|\Delta\Phi_2|}{R}$$

$$q_2 = \frac{|BS - 0|}{R}$$

$$q_2 = \frac{BS}{R}$$

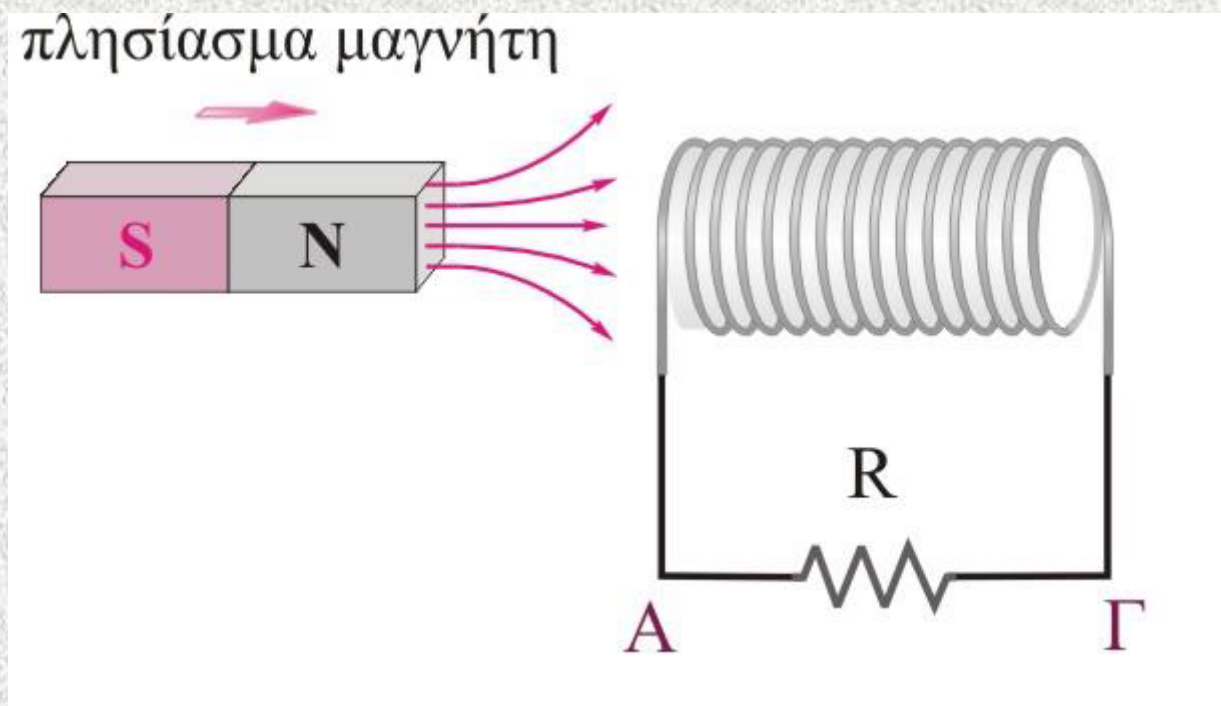
$$q_2 = 2q_1$$

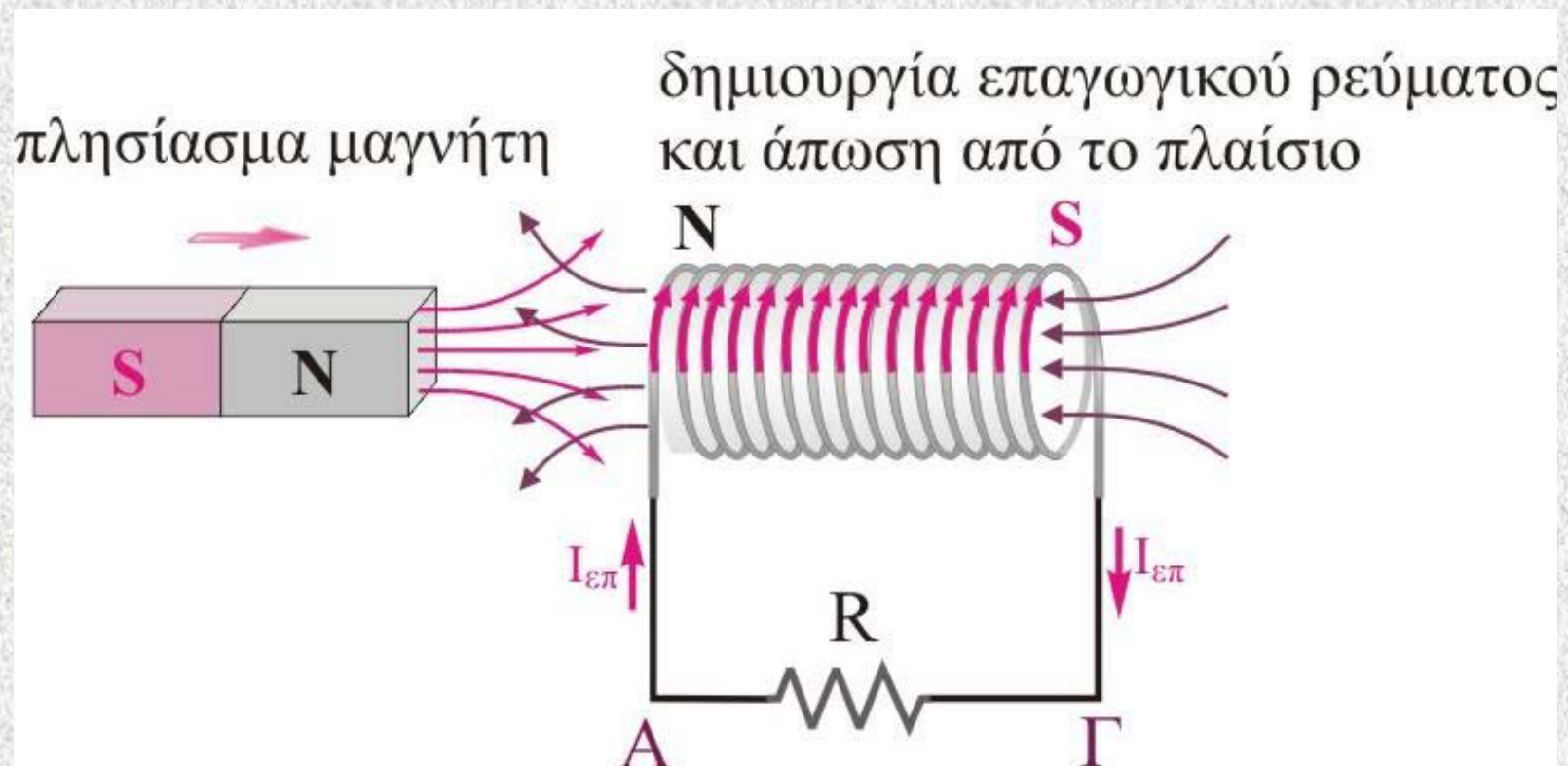
a.

B3. Ο ραβδόμορφος μαγνήτης του σχήματος κινείται προς ένα σωληνοειδές, του οποίου τα άκρα Α, Γ είναι συνδεδεμένα με τα άκρα ενός αντιστάτη, R.

Κατά τη διάρκεια της κίνησης του μαγνήτη, ο αντιστάτης:

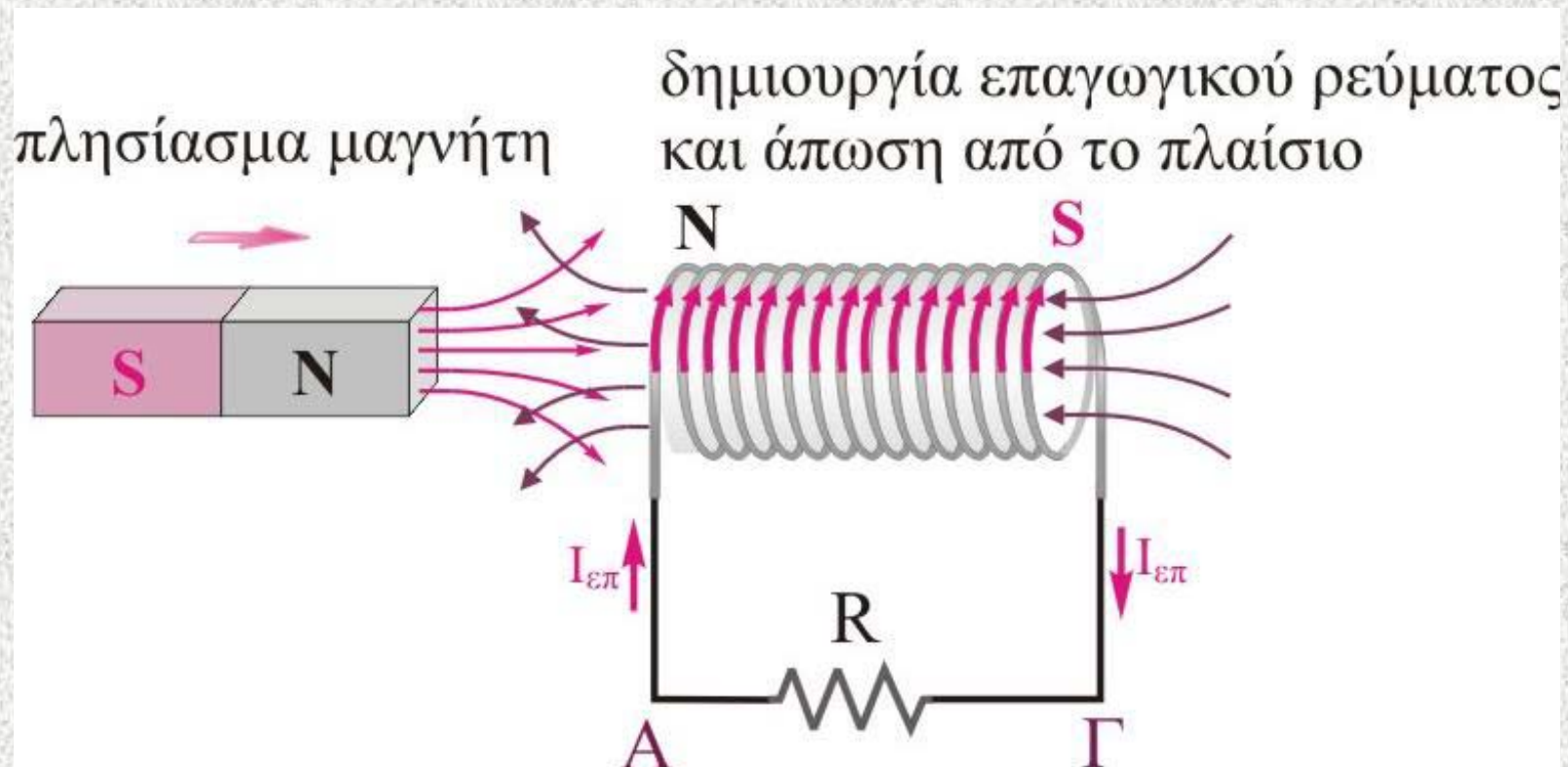
- α.** διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα με φορά από το σημείο Γ προς το Α
- β.** διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα με φορά από το σημείο Α προς το Γ
- γ.** δεν διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα





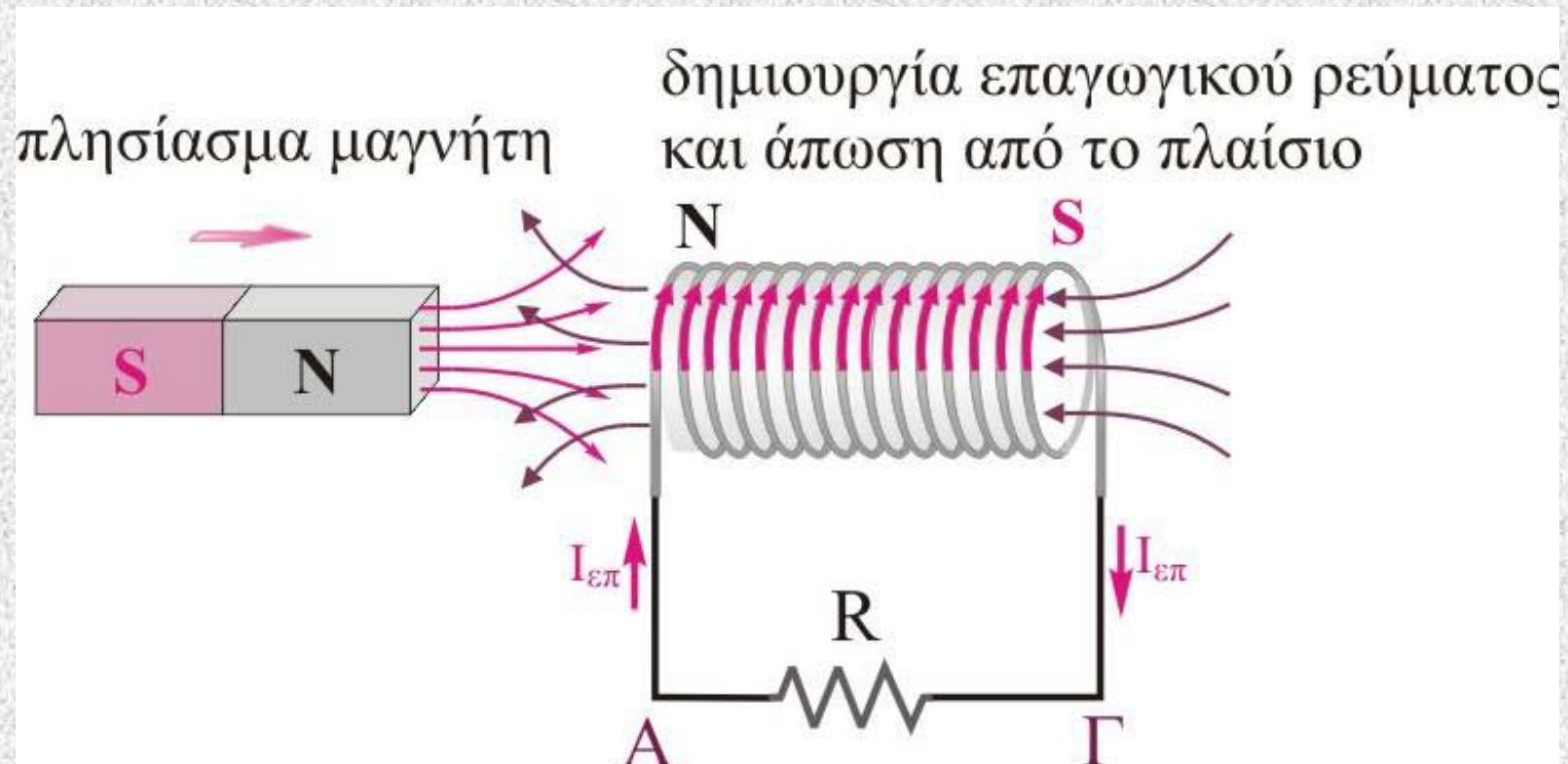
Καθώς ο μαγνήτης κινείται προς το σωληνοειδές, υπάρχει αύξηση της μαγνητικής ροής που διέρχεται μέσα απ' αυτό και κατά συνέπεια αναπτύσσεται επαγωγική τάση.

Επειδή το κύκλωμα του σωληνοειδούς είναι κλειστό, κυκλοφορεί επαγωγικό ρεύμα.



Σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz, το επαγωγικό ρεύμα έχει τέτοια φορά, ώστε το μαγνητικό του πεδίο (δευτερογενές μαγνητικό πεδίο) να αντιτίθεται στο αίτιο που το προκάλεσε, δηλαδή στο πλησίασμα του μαγνήτη (ή την αύξηση της μαγνητικής ροής).

Έτσι, όταν ο μαγνήτης πλησιάζει το σωληνοειδές με τον βόρειο πόλο του, τότε στο αριστερό άκρο του ρευματοφόρου σωληνοειδούς δημιουργείται βόρειος πόλος, ώστε να αντιστέκεται στο πλησίασμα του μαγνήτη.

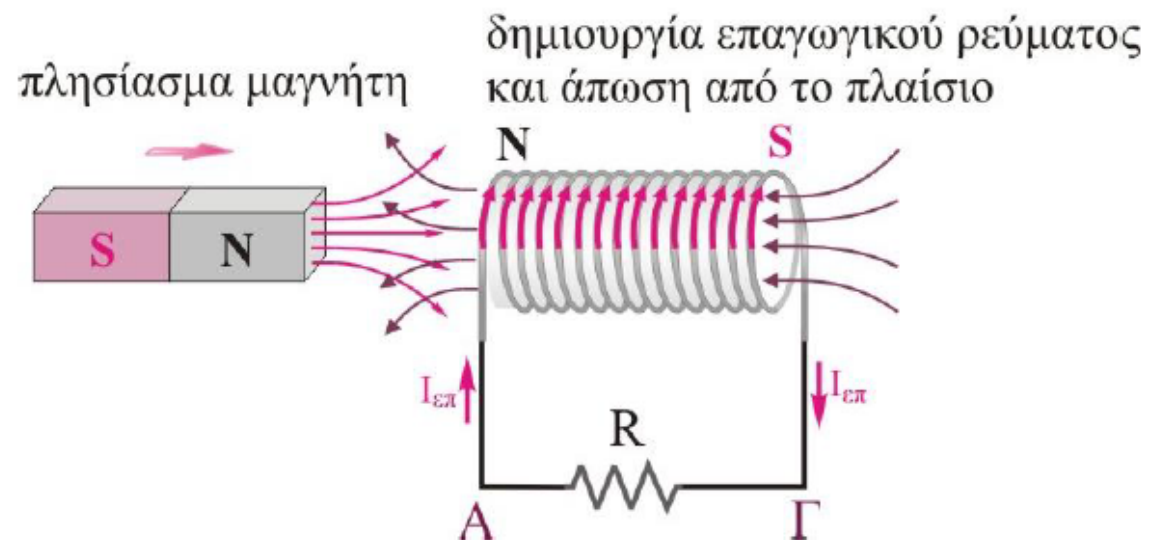


Σύμφωνα με τον κανόνα του δεξιού χεριού, για την δημιουργία μαγνητικού πεδίου σε σωληνοειδές, το επαγωγικό ρεύμα έχει την φορά που φαίνεται στο παραπάνω σχήμα.

α.

Σωστή απάντηση είναι η α.

Καθώς ο μαγνήτης κινείται προς το σωληνοειδές, υπάρχει αύξηση της μαγνητικής ροής που διέρχεται μέσα απ' αυτό και κατά συνέπεια αναπτύσσεται επαγωγική τάση. Επειδή το κύκλωμα του σωληνοειδούς είναι κλειστό, κυκλοφορεί επαγωγικό ρεύμα.



Σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz, το επαγωγικό ρεύμα έχει τέτοια φορά, ώστε το μαγνητικό του πεδίο (δευτερογενές μαγνητικό πεδίο) να αντιτίθεται στο αίτιο που το προκάλεσε, δηλαδή στο πλησίασμα του μαγνήτη (ή την αύξηση της μαγνητικής ροής). Έτσι, όταν ο μαγνήτης πλησιάζει το σωληνοειδές με τον βόρειο πόλο του, τότε στο αριστερό άκρο του ρευματοφόρου σωληνοειδούς δημιουργείται βόρειος πόλος, ώστε να αντιστέκεται στο πλησίασμα του μαγνήτη.

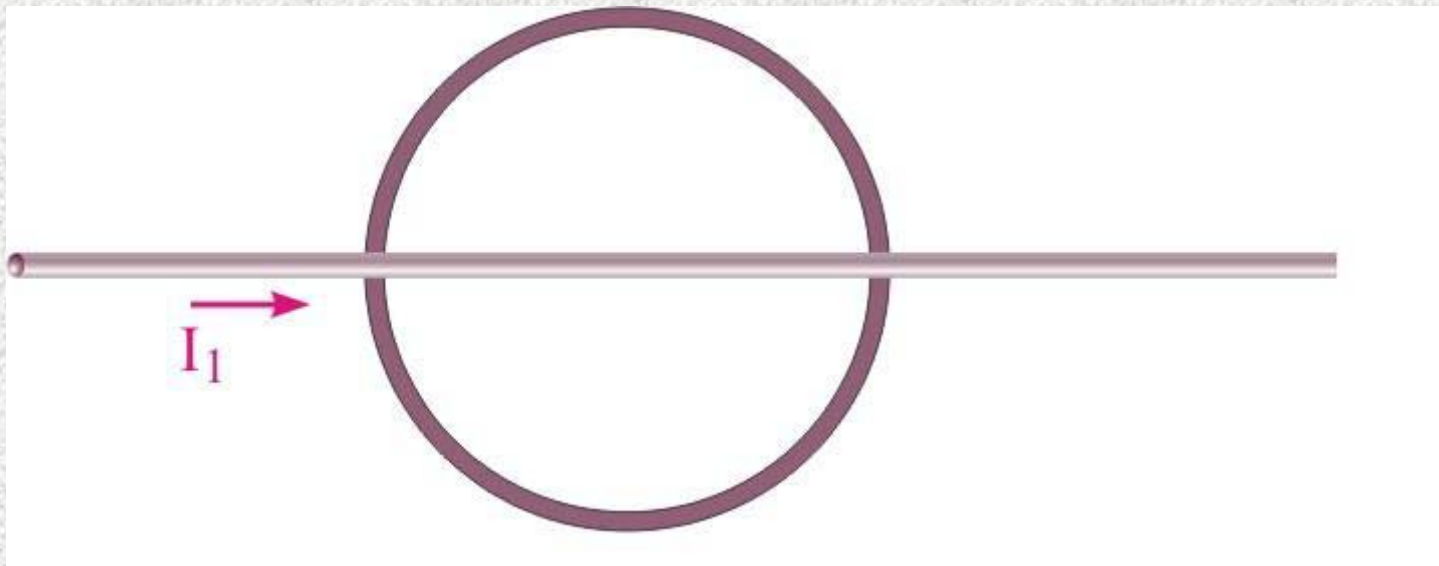
Σύμφωνα με τον κανόνα του δεξιού χεριού, για την δημιουργία μαγνητικού πεδίου σε σωληνοειδές, το επαγωγικό ρεύμα έχει την φορά που φαίνεται στο παραπάνω σχήμα.

B4. Ο κυκλικός αγωγός του σχήματος βρίσκεται πάνω στο οριζόντιο επίπεδο και ο ευθύγραμμος απείρου μήκους είναι τοποθετημένος κατά μήκος μιας διαμέτρου του κυκλικού αγωγού. Τροφοδοτούμε τον ευθύγραμμο αγωγό με ρεύμα φοράς προς τα δεξιά και έντασης I_1 που διαρκώς ελαττώνεται. Στον κυκλικό αγωγό:

α. Θα δημιουργηθεί επαγωγικό ρεύμα με φορά όπως αυτή των δεικτών του ρολογιού

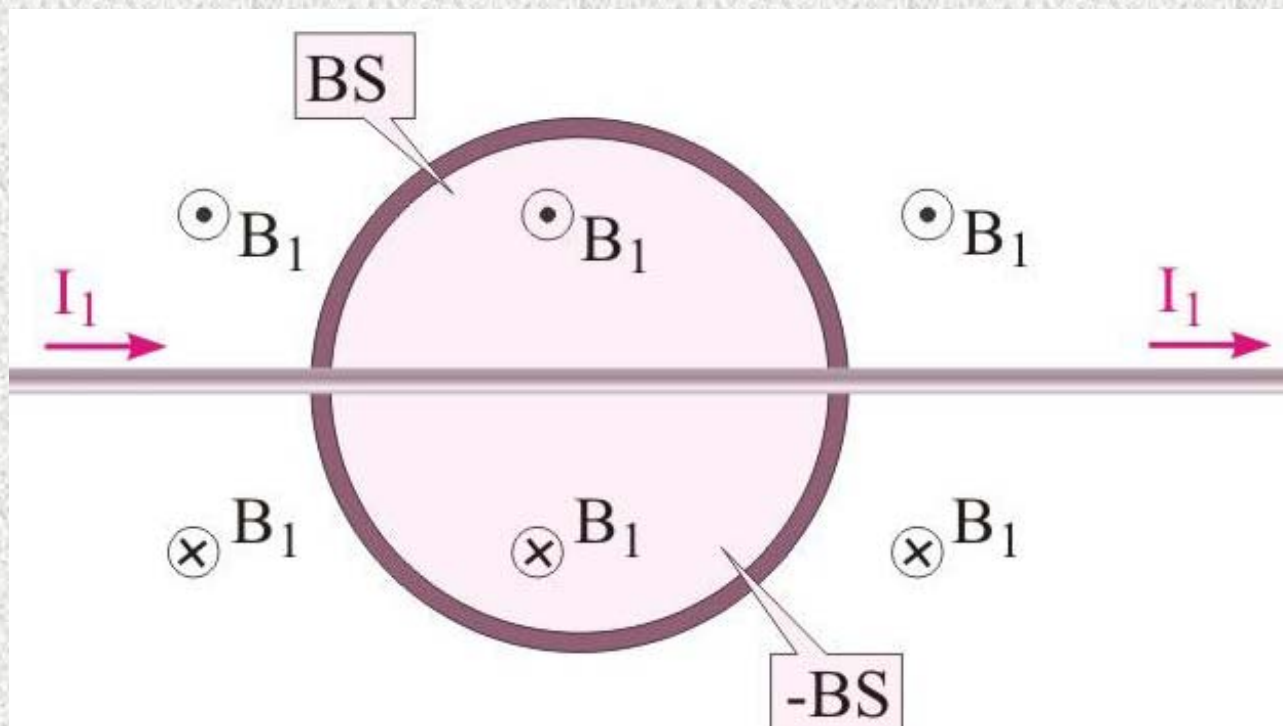
β. Θα δημιουργηθεί επαγωγικό ρεύμα με φορά αντίθετη από αυτή των δεικτών του ρολογιού

γ. δεν θα δημιουργηθεί επαγωγικό ρεύμα



Καθώς ο ευθύγραμμος αγωγός διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης I_1 , δημιουργεί μαγνητικό πεδίο, B_1 .

Στο ημικύκλιο που βρίσκεται **πάνω** από τον ευθύγραμμο αγωγό η ένταση του μαγνητικού πεδίου έχει φορά, σύμφωνα με τον κανόνα του δεξιού χεριού, από το επίπεδο



των αγωγών προς τα μάτια του αναγνώστη, ενώ στο **κάτω** ημικύκλιο η ένταση του μαγνητικού πεδίου έχει **αντίθετη** φορά.

Λόγω **συμμετρίας**, η μαγνητική ροή που διέρχεται από το ένα ημικύκλιο είναι πάντα **αντίθετη** της μαγνητικής ροής που διέρχεται από το άλλο, έτσι η συνολική μαγνητική ροή που διέρχεται μέσα απ' τον κυκλικό αγωγό κάθε στιγμή να είναι ίση με **μηδέν**.

Αυτό έχει συνέπεια να μην υπάρχει μεταβολή της μαγνητικής ροής, να μην αναπτύσσεται επαγωγική τάση και να μην διαρρέεται ο κυκλικός αγωγός από επαγωγικό ρεύμα.

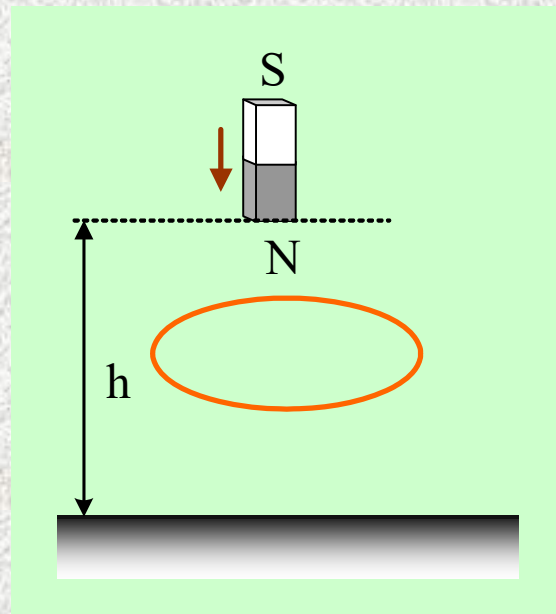
Υ.

B5. Ο ραβδόμορφος μαγνήτης του σχήματος αφήνεται ελεύθερος από ύψος h , να πέσει προς το έδαφος, περνώντας μέσα από το **κλειστό** μεταλλικό δακτύλιο, αντίστασης R , όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Κατά τη διάρκεια της κίνησης του μαγνήτη αναπτύσσεται στο δακτύλιο θερμική ενέργεια Q ίση με το $1/8$ της κινητικής ενέργειας K , που έχει ο μαγνήτης όταν φθάνει στο δάπεδο. Ο μαγνήτης φθάνει στο έδαφος με ταχύτητα:

α. $u = \sqrt{2gh}$

β. $u = \frac{4}{3} \sqrt{gh}$

γ. $u = 2\sqrt{gh}$

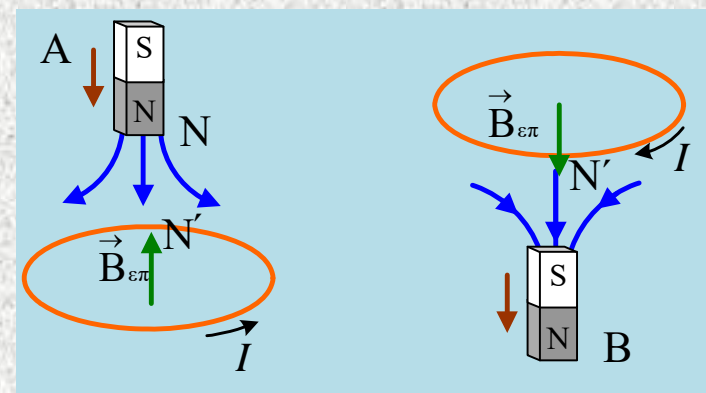
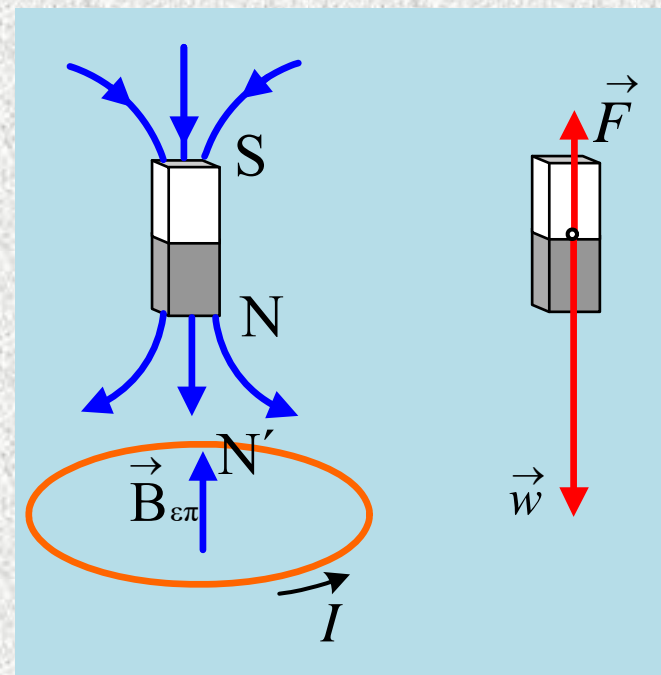


Καθώς ο μαγνήτης κινείται προς το κλειστό μεταλλικό δακτύλιο, υπάρχει μεταβολή της μαγνητικής ροής που διέρχεται μέσα απ' αυτό και κατά συνέπεια αναπτύσσεται επαγωγική τάση. Επειδή ο δακτύλιος είναι κλειστό κύκλωμα αναπτύσσεται επαγωγικό ρεύμα.

Σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz, το επαγωγικό ρεύμα έχει τέτοια φορά, ώστε το μαγνητικό του πεδίο να αντισταθεί στο αίτιο που το προκάλεσε. Άρα, όταν ο μαγνήτης **πλησιάζει** το δακτύλιο δημιουργείται στο πάνω μέρος του δακτυλίου νότιος πόλος, ώστε να **αντιστέκεται** στο πλησίασμα του μαγνήτη.

Όταν ο μαγνήτης **απομακρύνεται** από τον δακτύλιο, αλλάζει η φορά του επαγωγικού ρεύματος, ώστε ο δακτύλιος να **αντιστέκεται** στην απομάκρυνση του μαγνήτη.

Η δύναμη που ασκεί ο δακτύλιος στον μαγνήτη έχει ως συνέπεια να **ΜΗΝ** διατηρείται η μηχανική ενέργεια του μαγνήτη, αλλά ένα μέρος της να μετατρέπεται σε **Θερμική** ενέργεια.



Η αρχική δυναμική ενέργεια του μαγνήτη μετατρέπεται σε θερμική στον δακτύλιο και κινητική ενέργεια του μαγνήτη.

$$U_{\text{αρχ}} + K_{\text{αρχ}} = U_{\text{τελ}} + K_{\text{τελ}} + Q$$

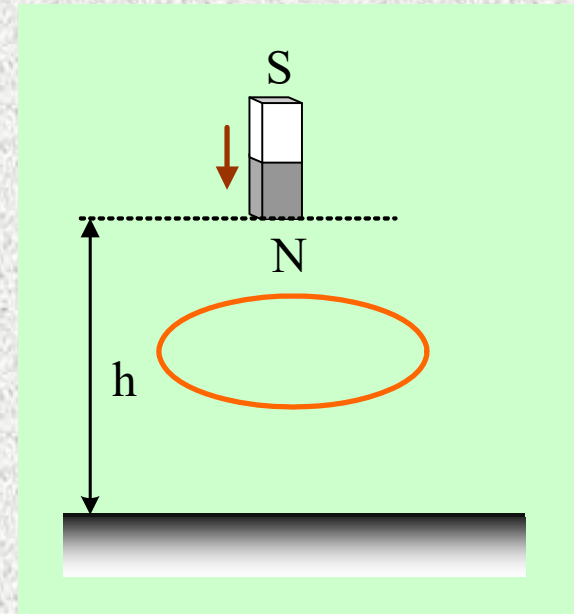
$$mgh + 0 = 0 + K + \frac{1}{8} K$$

$$mgh = \frac{9}{8} K$$

$$mgh = \frac{9}{8} \frac{1}{2} mu^2$$

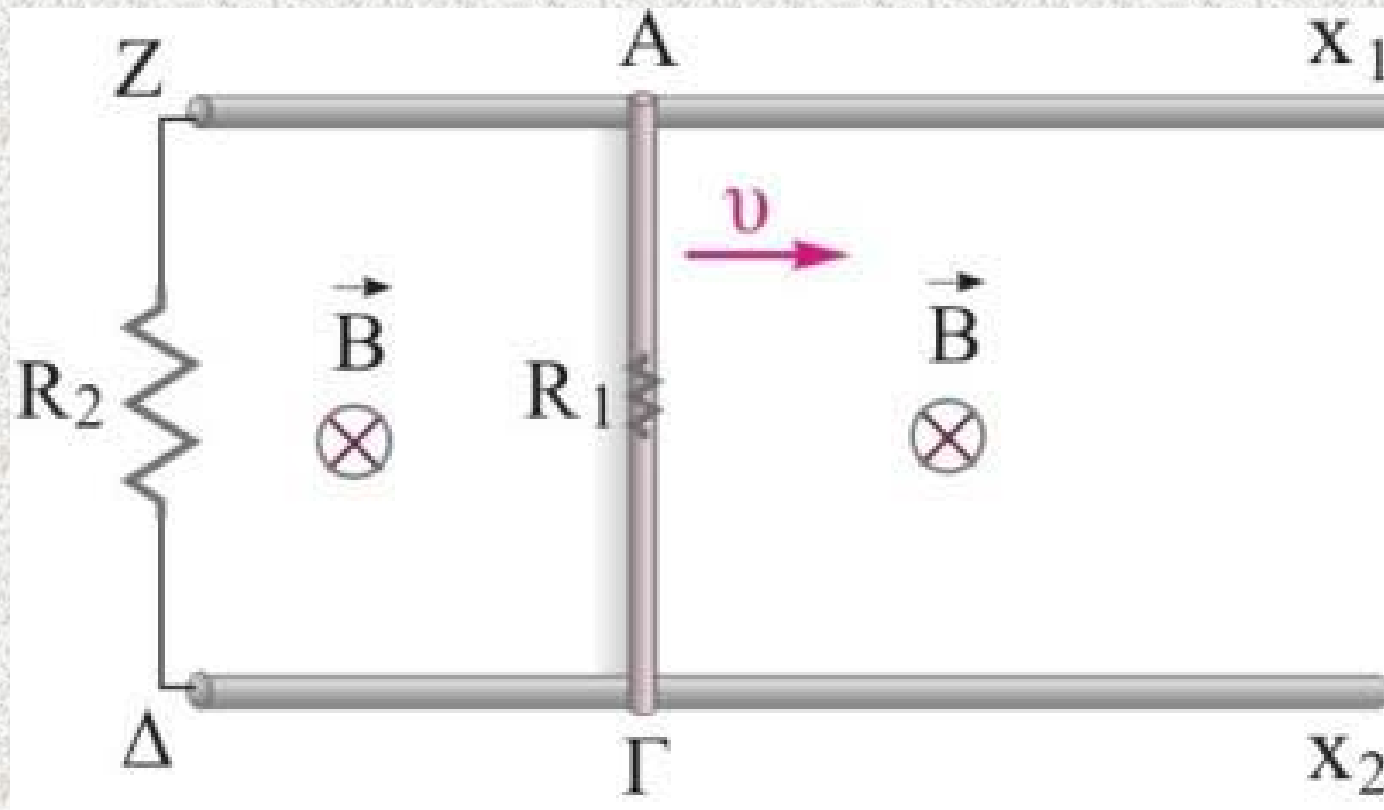
$$u = \frac{4}{3} \sqrt{gh}$$

β.



Γ1. Η οριζόντια μεταλλική ράβδος $ΑΓ$ μήκους $L=50\text{cm}$, έχει αντίσταση $R_1=4\Omega$ και κινείται χωρίς τριβές με σταθερή ταχύτητα $v=5\text{m/s}$ πάνω στους οριζόντιους αγωγίμους, αμελητέας αντίστασης ZX_1 και ΔX_2 . Στο χώρο υπάρχει **κατακόρυφο** ομογενές μαγνητικό πεδίο, έντασης $B=0,4\text{T}$. Τα άκρα Z, Δ συνδέονται με αντίσταση $R_2=1\Omega$. Να υπολογίσετε:

α. Την $ΗΕΔ$ από επαγωγή που θα αναπτυχθεί στο κλειστό κύκλωμα.

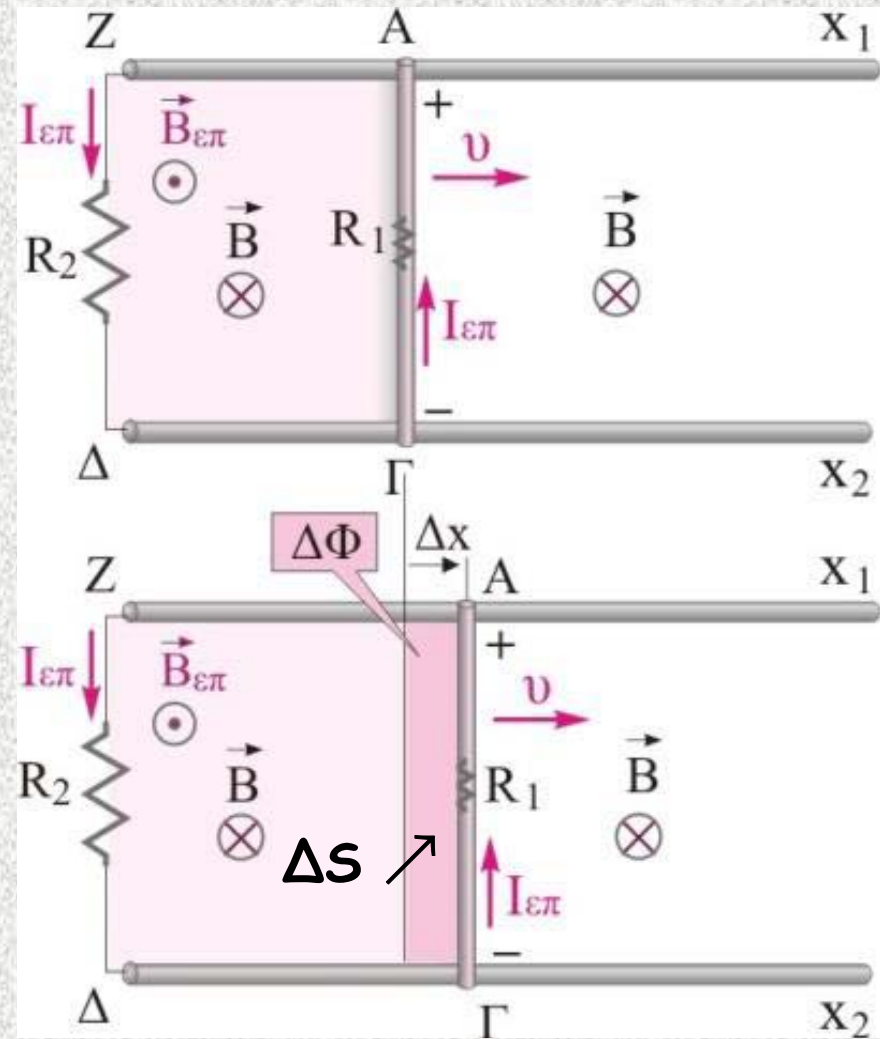


$$E_{\text{ЭП}} = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| = \frac{\Phi_{\text{ТЕЛ}} - \Phi_{\text{АПХ}}}{\Delta t} = \frac{BS_{\text{ТЕЛ}} - BS_{\text{АПХ}}}{\Delta t}$$

$$E_{\text{ЭП}} = \frac{B(S_{\text{ТЕЛ}} - S_{\text{АПХ}})}{\Delta t} = \frac{B\Delta S}{\Delta t} = \frac{BL\Delta x}{\Delta t}$$

$$E_{\text{ЭП}} = BuL$$

$$E_{\text{ЭП}} = 1V$$



Γ1. Η οριζόντια μεταλλική ράβδος **AΓ** μήκους **L=50cm**, έχει αντίσταση **R₁=4Ω** και κινείται χωρίς τριβές με σταθερή ταχύτητα **u=5m/s** πάνω στους οριζόντιους αγωγίμους, αμελητέας αντίστασης **Zx₁** και **Δx₂**. Στο χώρο υπάρχει **κατακόρυφο** ομογενές μαγνητικό πεδίο, έντασης **B=0,4T**. Τα άκρα **Z, Δ** συνδέονται με αντίσταση **R₂=1Ω**. Να υπολογίσετε:

β. Την **εξωτερική δύναμη** που ασκείται στη ράβδο και το **έργο** που παράγει σε χρονικό διάστημα **Δt=2s**.

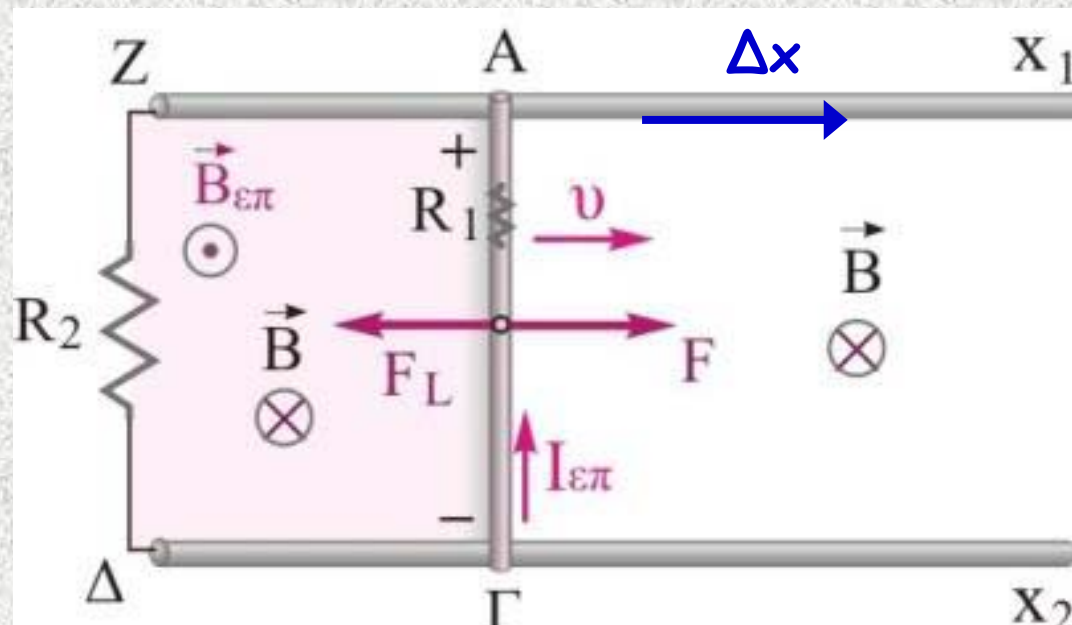
$$I_{\text{επ}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{επ}}}{R_{\text{ολ}}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{επ}}}{R_1 + R_2} = 0,2\text{A}$$

$$F_L = B I_{\text{επ}} L = 4 \cdot 10^{-2}\text{N}$$

$$\Sigma F = 0 \rightarrow F = F_L$$

$$F = 4 \cdot 10^{-2}\text{N}$$

$$W_F = F \cdot \Delta x = F \cdot u \Delta t = 0,4\text{J}$$



Γ1. Η οριζόντια μεταλλική ράβδος **AΓ** μήκους **L=50cm**, έχει αντίσταση **R₁=4Ω** και κινείται χωρίς τριβές με σταθερή ταχύτητα **u=5m/s** πάνω στους οριζόντιους αγωγίμους, αμελητέας αντίστασης **Zx₁** και **Δx₂**. Στο χώρο υπάρχει **κατακόρυφο** ομογενές μαγνητικό πεδίο, έντασης **B=0,4T**. Τα άκρα **Z, Δ** συνδέονται με αντίσταση **R₂=1Ω**.

Να υπολογίσετε:

γ. Τη θερμική ισχύ στην αντίσταση **R₁**.

δ. Τη συνολική θερμική ενέργεια που θα ελευθερωθεί σε χρονικό διάστημα **t=10s**.

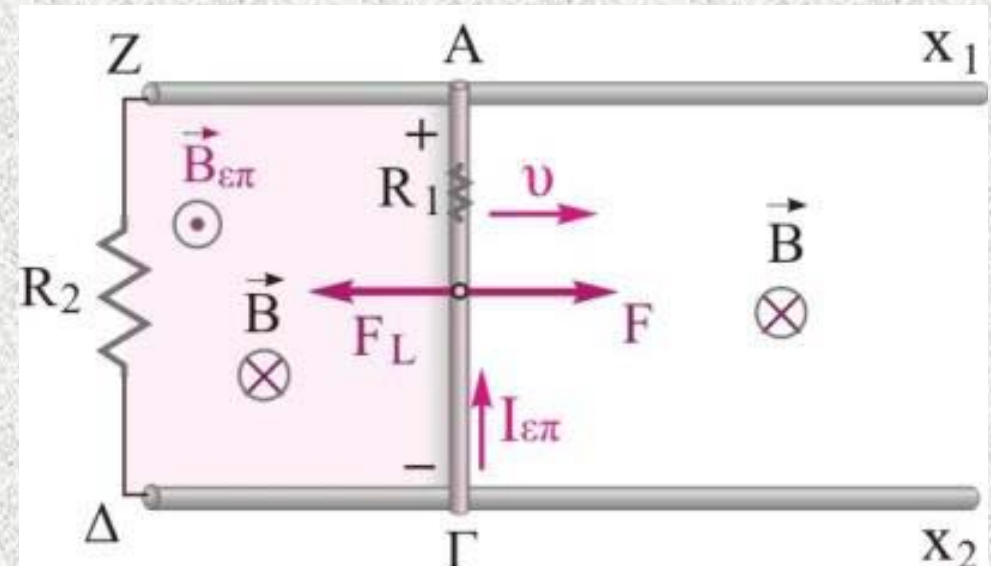
ε. Τη διαφορά δυναμικού **V_{ZΔ}**.

$$P_{R1} = I_{\text{ΕΠ}}^2 R_1 \rightarrow P_{R1} = 0,16W$$

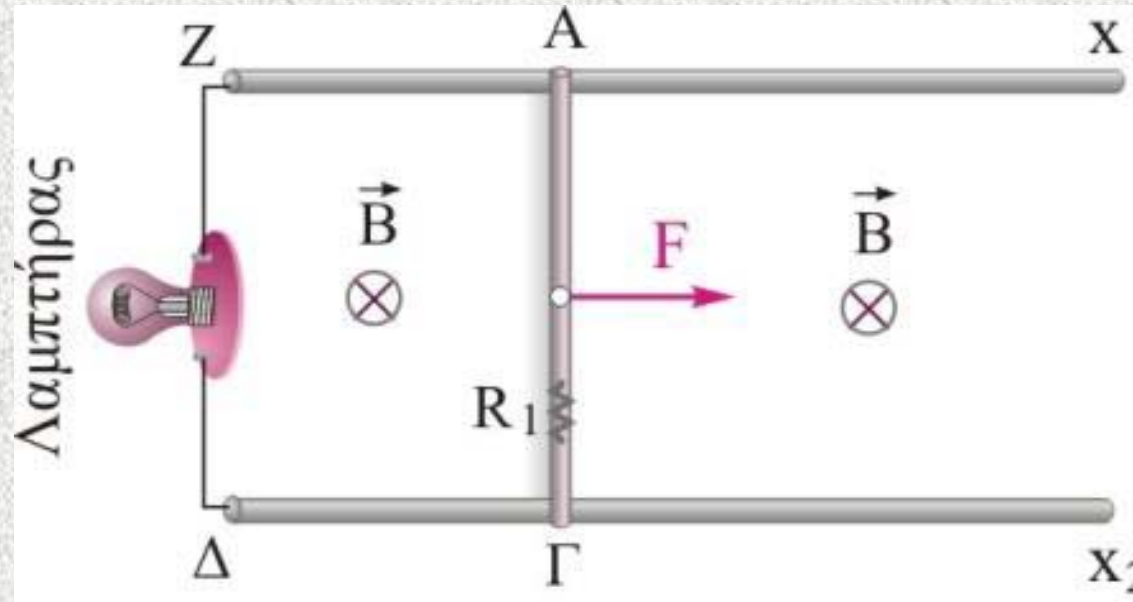
$$Q = I_{\text{ΕΠ}}^2 R_{\text{ολ}} t \rightarrow Q = 2J$$

$$V_{Z\Delta} = I_{\text{ΕΠ}}^2 R_2 \rightarrow V_{Z\Delta} = 0,2V$$

$$V_{Z\Delta} = V_{A\Gamma} = E_{\text{ΕΠ}} - I_{\text{ΕΠ}} R_1 \rightarrow V_{Z\Delta} = 0,2V$$



Γ2. Η οριζόντια ράβδος **ΑΓ** μάζας **$m=2\text{kg}$** , μήκους **$L=0,5\text{m}$** , έχει αντίσταση **$R_1=0,5\Omega$** και βρίσκεται πάνω στους **λείους** οριζόντιους αμελητέας αντίστασης οδηγούς **Zx_1** και **Δx_2** . Τα άκρα **Δ** , **Z** συνδέονται με λαμπτήρα που έχει στοιχεία **κανονικής λειτουργίας $6\text{W}/3\text{V}$** . Στο χώρο υπάρχει **κατακόρυφο** ομογενές μαγνητικό πεδίο, έντασης **$B=2\text{T}$** . Κάποια στιγμή ασκείται στην αρχικά **ακίνητη** ράβδο **σταθερή** οριζόντια δύναμη **$F=2\text{N}$** , προς τα δεξιά.
α. Να προσδιορίσετε το είδος της κίνησης που θα εκτελέσει η ράβδος.



$$P_k = 6\text{W}$$

$$V_k = 3\text{V}$$

$$P_k = \frac{V_k^2}{R_\Lambda} \rightarrow R_\Lambda = 1,5\Omega$$

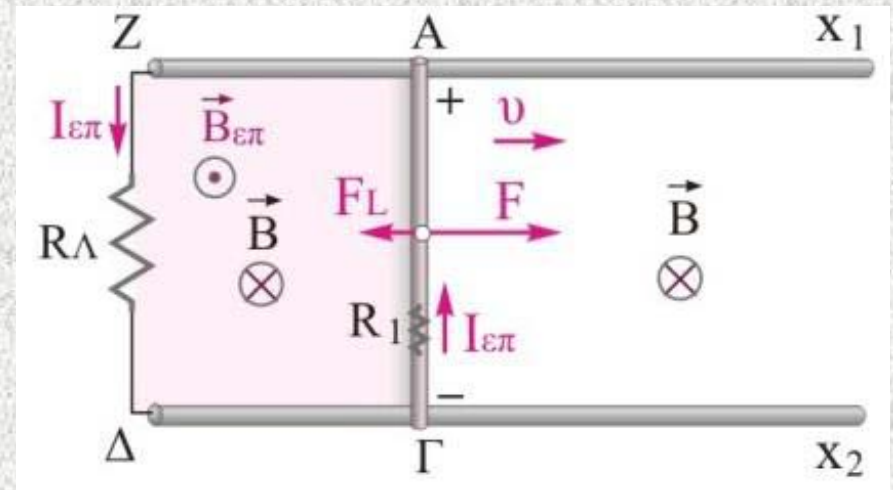
$$I_k = \frac{V_\Lambda}{R_\Lambda} \rightarrow I_k = 2\text{A}$$

$$E_{\text{επ}} = BuL$$

$$I_{\text{επ}} = \frac{E_{\text{επ}}}{R_{\Lambda} + R_1} = \frac{BuL}{R_{\Lambda} + R_1}$$

$$F_L = BI_{\text{επ}}L \rightarrow F_L = \frac{B^2uL^2}{R_{\Lambda} + R_1}$$

$$a = \frac{\Sigma F}{m} = \frac{F - F_L}{m} \rightarrow a = \frac{F - \frac{B^2uL^2}{R_{\Lambda} + R_1}}{m} \rightarrow a = \frac{F}{m} - \frac{B^2L^2}{m(R_{\Lambda} + R_1)}u$$



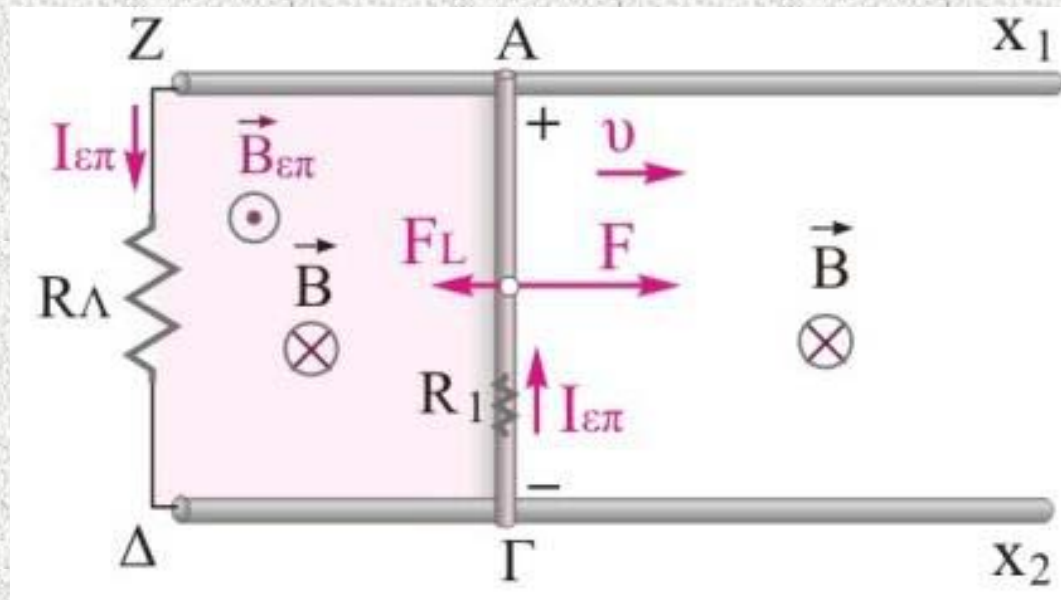
Η ταχύτητα της ράβδου διαρκώς **αυξάνεται** με συνέπεια, το μέτρο της επιτάχυνσης της ράβδου να **μειώνεται**.

Έτσι, η κίνηση που θα εκτελέσει η ράβδος είναι **επιταχυνόμενη** με **μειούμενη** επιτάχυνση.

Γ2. Η οριζόντια μεταλλική ράβδος $A\Gamma$ μάζας $m=2\text{kg}$, μήκους $L=0,5\text{m}$, έχει αντίσταση $R_1=0,5\Omega$ και βρίσκεται πάνω στους λείους οριζόντιους αγωγίμους αμελητέας αντίστασης οδηγούς Zx_1 και Δx_2 . Τα άκρα Δ , Z συνδέονται με λαμπτήρα που έχει στοιχεία κανονικής λειτουργίας $6\text{W}/3\text{V}$. Στο χώρο υπάρχει κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο, έντασης $B=2\text{T}$. Κάποια στιγμή ασκείται στην αρχικά ακίνητη ράβδο σταθερή οριζόντια δύναμη $F=2\text{N}$, προς τα δεξιά.

α. Να προσδιορίσετε το είδος της κίνησης που θα εκτελέσει η ράβδος.

β. Να υπολογίσετε την οριακή ταχύτητα u_{op} , με την οποία κινείται τελικά η ράβδος.

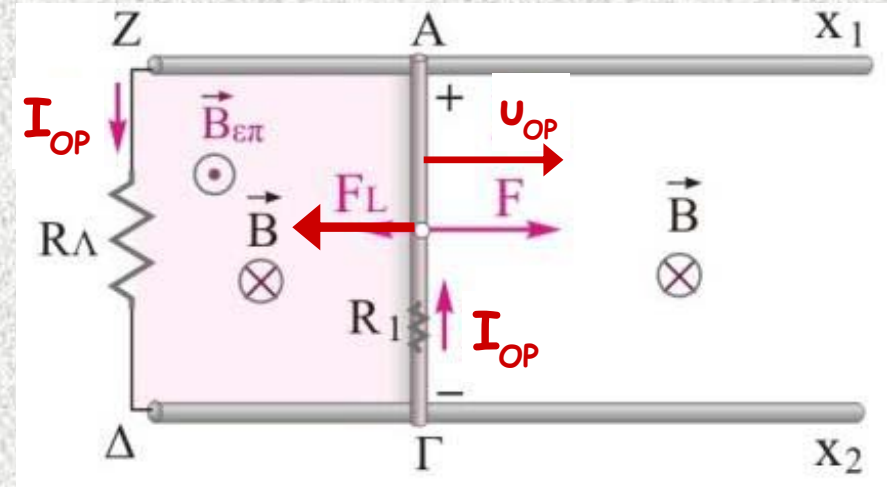


$$a = \frac{F}{m} - \frac{B^2 L^2}{m(R_\Lambda + R_1)} u$$

$$u \uparrow \quad a \downarrow$$

$$0 = \frac{F}{m} - \frac{B^2 L^2}{m(R_\Lambda + R_1)} u_{OP}$$

$$u_{OP} = 4 \text{ m/s}$$



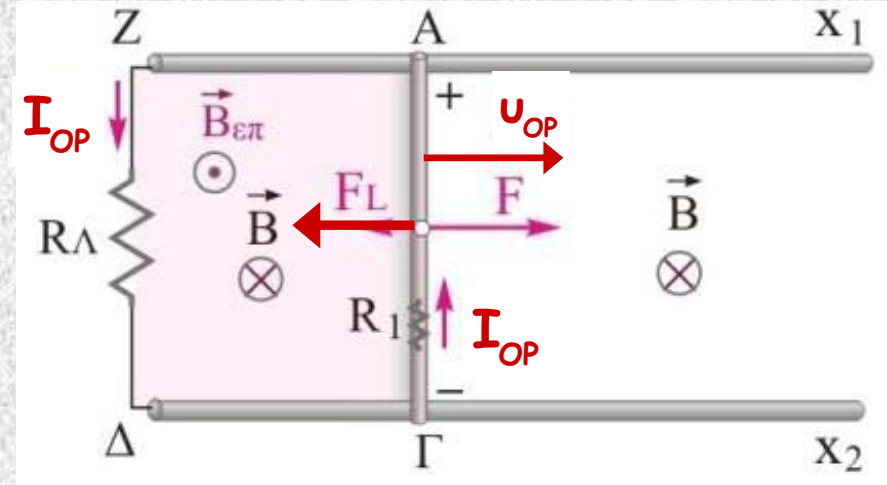
Ισοδύναμα.

$$a = \frac{\Sigma F}{m} = \frac{F - F_L}{m}$$

$$F_L = \frac{B^2 u L^2}{R_\Lambda + R_1}$$

Όταν η συνισταμένη δύναμη γίνει μηδέν, δηλαδή η F_L γίνει ίση με την F , τότε η κίνηση θα γίνει ευθύγραμμη ομαλή με την οριακή ταχύτητα u_{op} , με την οποία θα κινείται τελικά η ράβδος.

$$F_L = F \rightarrow \frac{B^2 u_{op} L^2}{R_\Lambda + R_1} = F \rightarrow u_{op} = 4 \text{ m/s}$$



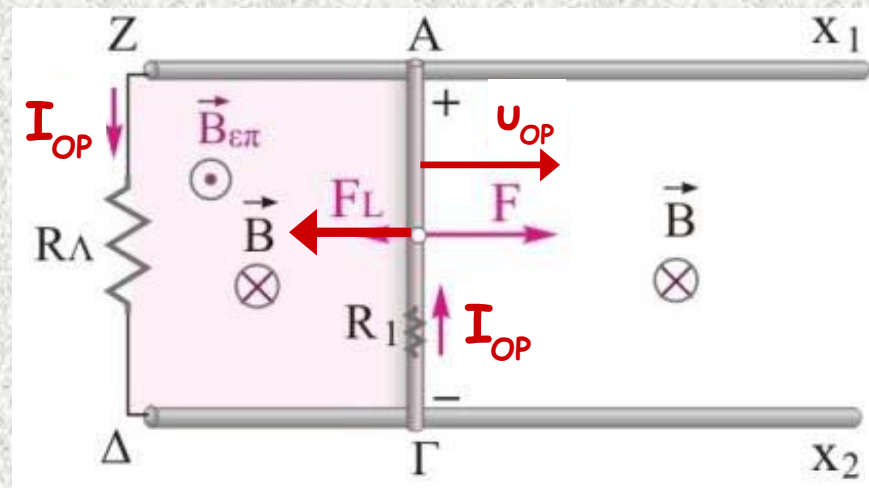
γ. Να ελέγξετε αν ο λαμπτήρας λειτουργεί **κανονικά**,
μετά τη σταθεροποίηση της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος.

$$P_k = 6W \quad V_k = 3V$$

$$P_k = \frac{V_k^2}{R_\Lambda} \rightarrow R_\Lambda = 1,5\Omega$$

$$I_k = \frac{V_\Lambda}{R_\Lambda} \rightarrow I_k = 2A$$

$$I_{OP} = \frac{Bu_{OP}L}{R_\Lambda + R_1} = 2A$$



Μετά τη σταθεροποίηση της ταχύτητας, ο λαμπτήρας λειτουργεί **κανονικά**,
αφού η ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει ισούται με την ένταση
κανονικής λειτουργίας του.

δ. Να υπολογίσετε την ισχύ της δύναμης **Laplace** και της δύναμης **F** καθώς και το ρυθμό κατανάλωσης ενέργειας (Θερμική ισχύς) από τις αντιστάσεις τη στιγμή που η ταχύτητα της ράβδου είναι ίση με $u_{op}/4$.

$$E'_{\text{ΕΠ}} = B \frac{u_{op}}{4} L = 1V \quad I'_{\text{ΕΠ}} = \frac{E'_{\text{ΕΠ}}}{R_{\Lambda} + R_1} = 0,5A \quad F'_L = BI'_{\text{ΕΠ}} L = 0,5N$$

$$P_{F'_L} = F'_L \frac{u_{op}}{4} \cos 180^\circ = -0,5W \quad P_F = F \frac{u_{op}}{4} \cos 0^\circ = 2W$$

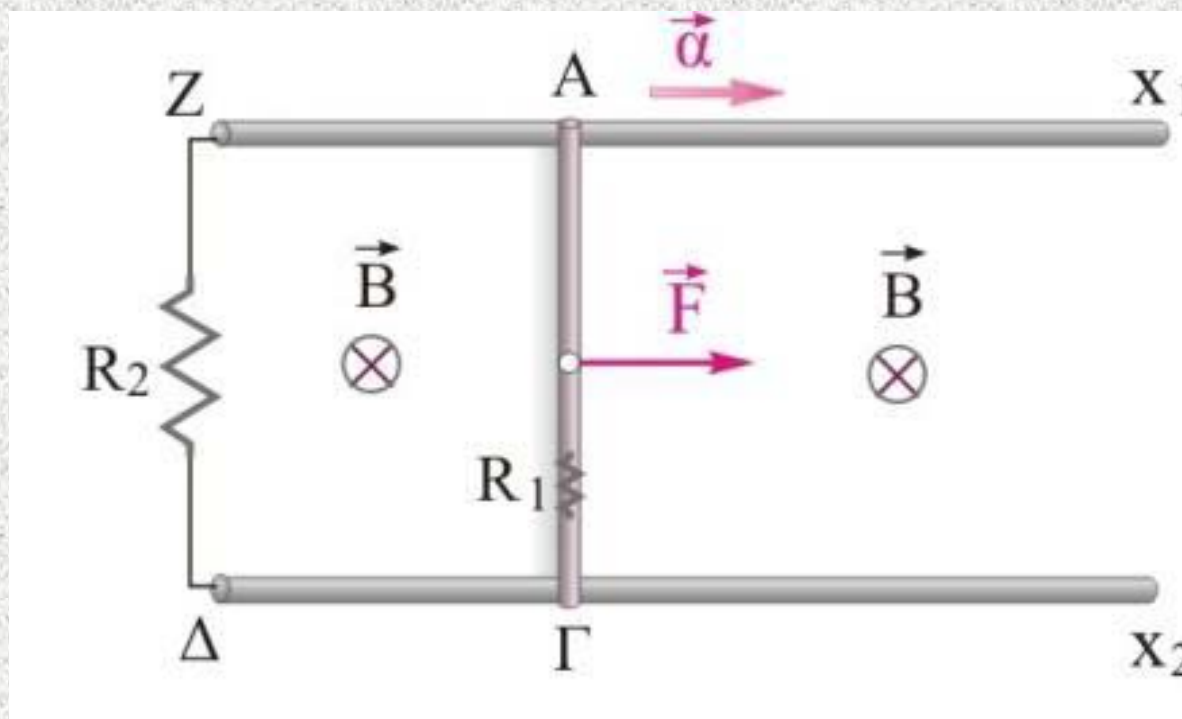
$$P_Q = I'^2 R_{o\Lambda} = 0,5W$$

Ρυθμός μεταβολής της κινητικής ενέργειας

$$\frac{dK}{dt} = F \frac{u_{op}}{4} \cos 0^\circ + F'_L \frac{u_{op}}{4} \cos 180^\circ = 1,5J/s$$

Δ1. Η οριζόντια μεταλλική ράβδος $A\Gamma$ μήκους $L=0,5\text{m}$, μάζας $m=1\text{kg}$, έχει αντίσταση $R_1=2\Omega$ και είναι ακίνητη πάνω στους οριζόντιους οδηγούς Zx_1 και Δx_2 αμελητέας αντίστασης. Στο χώρο υπάρχει κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο. Τα άκρα Z, Δ συνδέονται με αντίσταση $R_2=3\Omega$. Ασκώντας κατάλληλη εξωτερική δύναμη \vec{F} , τη χρονική στιγμή $t=0$, η ράβδος αρχίζει να κινείται χωρίς τριβές, με σταθερή επιτάχυνση $a=2\text{m/s}^2$, προς τα δεξιά. Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει την αντίσταση R_2 τη χρονική στιγμή $t_1=10\text{s}$ είναι $I_1=1\text{A}$. Να υπολογίσετε:

α. Την ένταση B του ομογενούς μαγνητικού πεδίου.



$$E_{\text{ETI}} = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| = \frac{\Phi_{\text{TEA}} - \Phi_{\text{APX}}}{\Delta t} = \frac{BS_{\text{TEA}} - BS_{\text{APX}}}{\Delta t}$$

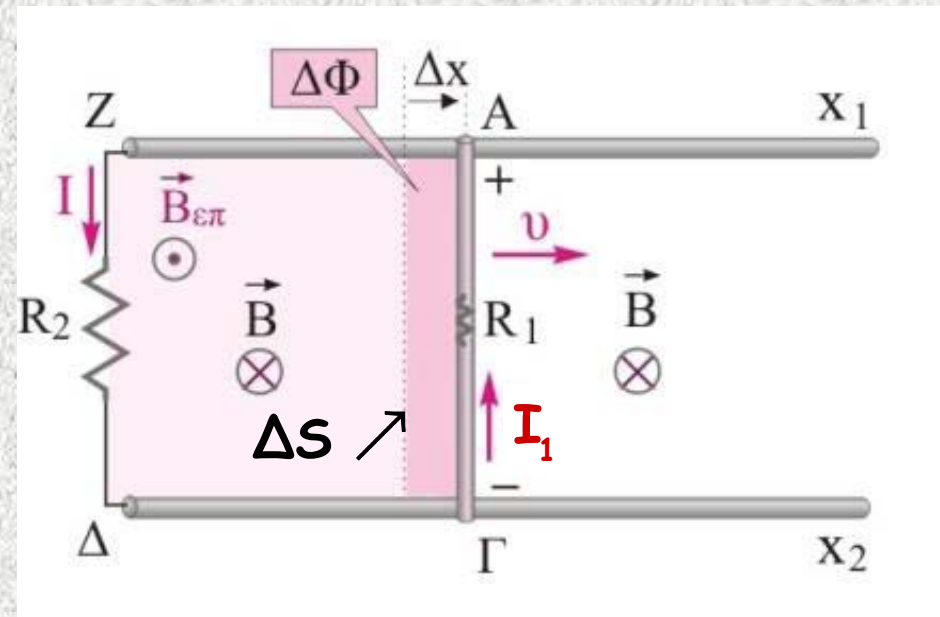
$$E_{\text{ETI}} = \frac{B(S_{\text{TEA}} - S_{\text{APX}})}{\Delta t} = \frac{B\Delta S}{\Delta t} = \frac{BL\Delta x}{\Delta t}$$

$$E_{\text{ETI}} = BuL$$

$$t_1 = 10\text{s} \quad I_1 = 1\text{A}$$

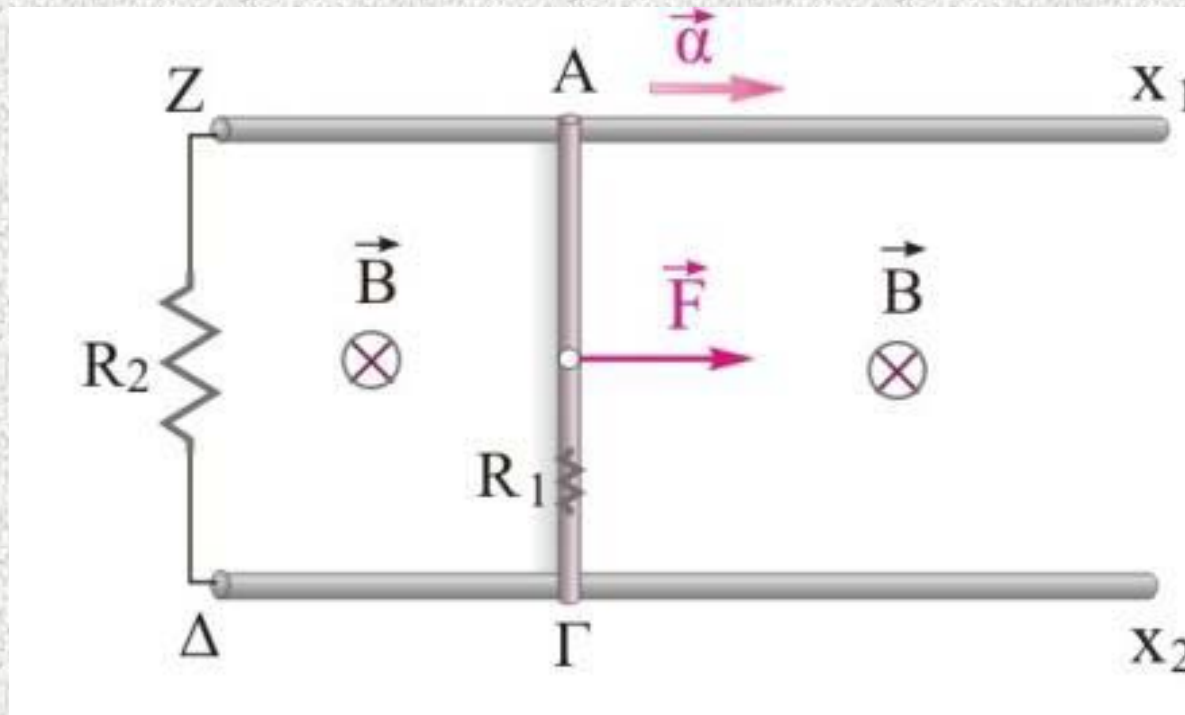
$$I_1 = \frac{E_{\text{ETI}}}{R_1 + R_2} \rightarrow E_{\text{ETI}} = 5\text{V}$$

$$E_{\text{ETI}} = BuL \rightarrow B = 0,5\text{T}$$



Δ1. Η οριζόντια μεταλλική ράβδος $A\Gamma$ μήκους $L=0,5\text{m}$, μάζας $m=1\text{kg}$, έχει αντίσταση $R_1=2\Omega$ και είναι ακίνητη πάνω στους οριζόντιους οδηγούς Zx_1 και Δx_2 αμελητέας αντίστασης. Στο χώρο υπάρχει κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο. Τα άκρα Z, Δ συνδέονται με αντίσταση $R_2=3\Omega$. Ασκώντας κατάλληλη εξωτερική δύναμη F , τη χρονική στιγμή $t=0$, η ράβδος αρχίζει να κινείται χωρίς τριβές, με σταθερή επιτάχυνση $a=2\text{m/s}^2$, προς τα δεξιά. Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει την αντίσταση R_2 τη χρονική στιγμή $t_1=10\text{s}$ είναι $I_1=1\text{A}$. Να υπολογίσετε:

β. Τη σχέση της εξωτερικής δύναμη F σε συνάρτηση με το χρόνο και να την παραστήσετε γραφικά για το χρονικό διάστημα από 0s έως 10s .



$$F_L = BIL = B \frac{E_{\text{ETI}}}{R_{O\Lambda}} L$$

$$F_L = B \frac{BuL}{R_{O\Lambda}} L \quad u = at$$

$$F_L = \frac{B^2 L^2 a}{R_{O\Lambda}} t \quad F_L = \frac{1}{40} t \text{ (SI)}$$

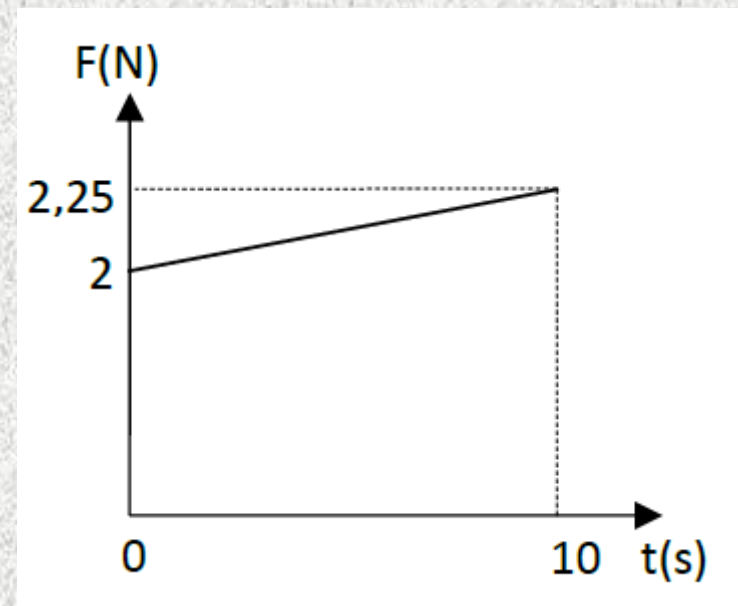
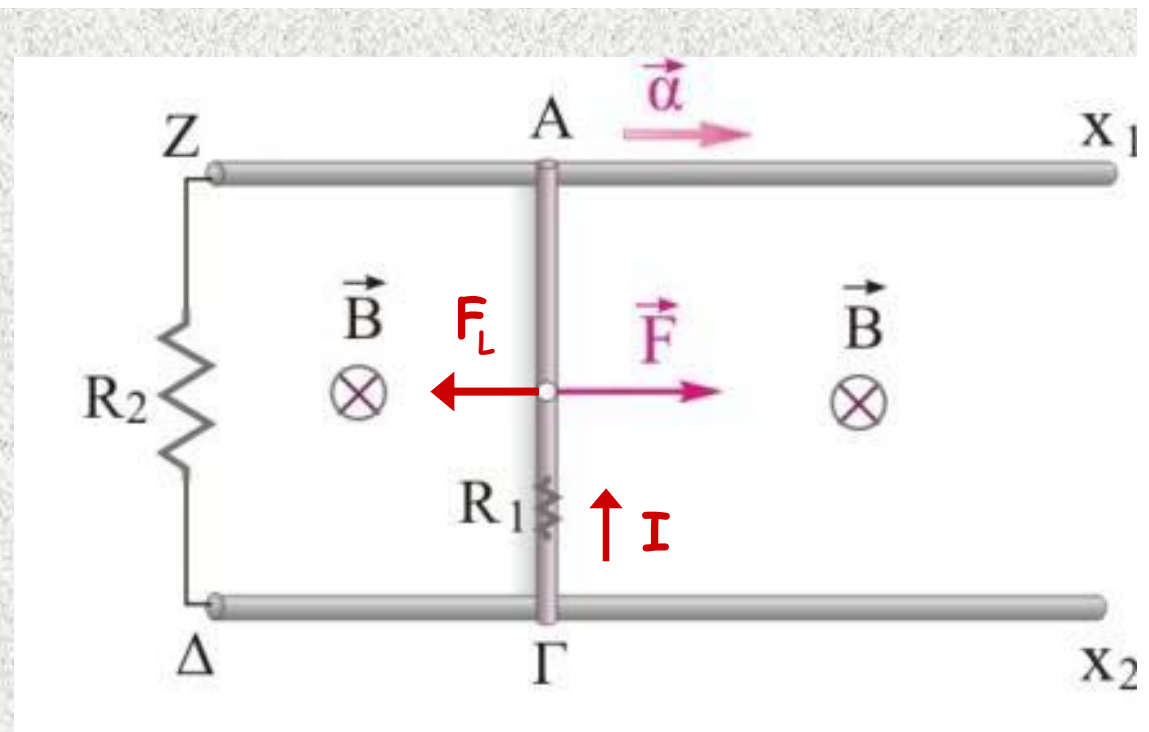
$$\Sigma F = ma$$

$$F - F_L = ma \rightarrow F = F_L + ma$$

$$F = \frac{1}{40} t + 2 \text{ (SI)}$$

$$t=0 \quad F=2\text{N}$$

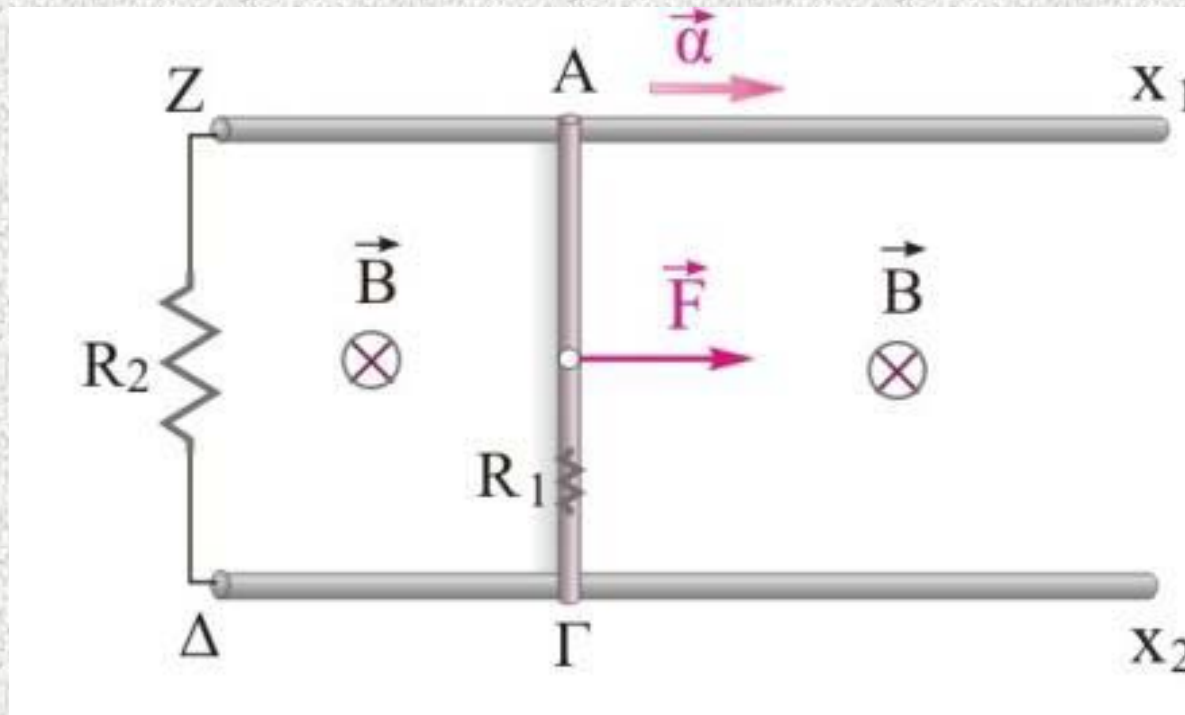
$$t=10\text{s} \quad F=2,25\text{N}$$



Δ1. Η οριζόντια μεταλλική ράβδος $ΑΓ$ μήκους $L=0,5m$, μάζας $m=1kg$, έχει αντίσταση $R_1=2\Omega$ και είναι ακίνητη πάνω στους οριζόντιους οδηγούς Zx_1 και Δx_2 αμελητέας αντίστασης. Στο χώρο υπάρχει κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο. Τα άκρα Z, Δ συνδέονται με αντίσταση $R_2=3\Omega$. Ασκώντας κατάλληλη εξωτερική δύναμη F , τη χρονική στιγμή $t=0$, η ράβδος αρχίζει να κινείται χωρίς τριβές, με σταθερή επιτάχυνση $a=2m/s^2$, προς τα δεξιά. Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει την αντίσταση R_2 τη χρονική στιγμή $t_1=10s$ είναι $I_1=1A$. Να υπολογίσετε:

γ. Τη θερμική ισχύ στην αντίσταση R_2 τη χρονική στιγμή $t_1=10s$.

δ. Το ρυθμό μεταβολής της κινητικής ενέργειας τη χρονική στιγμή $t_1=10s$.

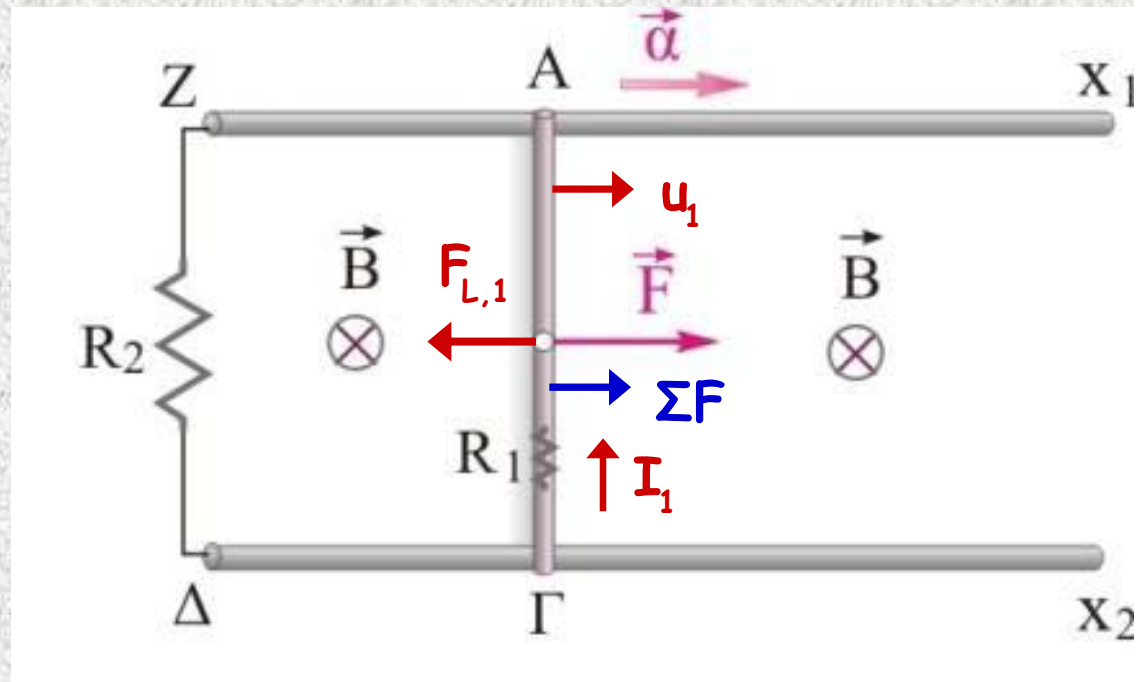


$$t_1 = 10s \quad F = 2,25N$$

$$F_{L1} = BI_1L = 0,25N$$

$$u_1 = at_1 = 20m/s$$

$$P_{R2} = I_1^2 R_2 = 3W$$



$$\frac{dK}{dt} = F u_1 \cos 0^\circ + F_{L1} u_1 \cos 180^\circ$$

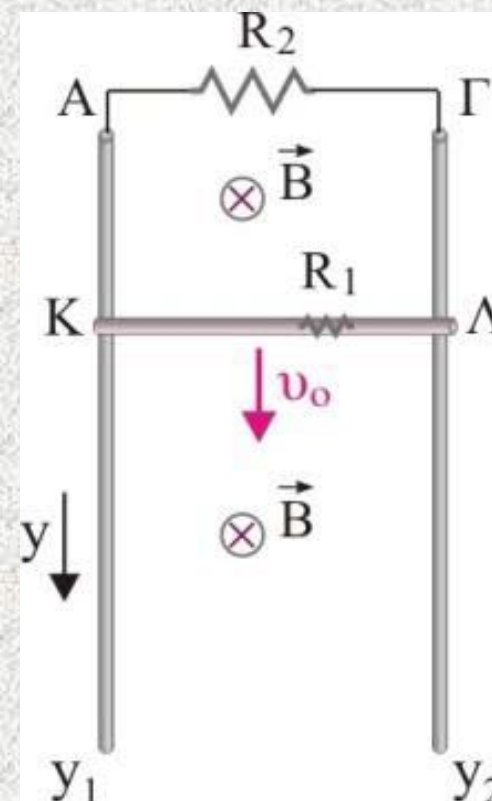
$$\frac{dK}{dt} = 40J/s$$

$$\frac{dK}{dt} = \Sigma F u_1 \cos 0^\circ = m a u_1 = 40J/s$$

$$\frac{dK}{dt} = m a u = m a a t = m a^2 t$$

Δ2. Η οριζόντια μεταλλική ράβδος $ΚΛ$ μήκους $L=0,5\text{m}$, μάζας $m=0,5\text{kg}$, έχει αντίσταση $R_1=0,1\Omega$ και συγκρατείται ακίνητη πάνω στους κατακόρυφους, αμελητέας αντίστασης οδηγούς $A\gamma_1$ και $\Gamma\gamma_2$. Στο χώρο υπάρχει οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B=2\text{T}$. Τα άκρα A, Γ συνδέονται με αντίσταση $R_2=0,4\Omega$. Τη χρονική στιγμή $t=0$, εκτοξεύουμε τη ράβδο $ΚΛ$ προς τα κάτω με αρχική ταχύτητα $u_0=2\text{m/s}$, η οποία κινείται δεχόμενη από τους δύο οδηγούς συνολική τριβή μέτρου $T=2\text{N}$. Μετά από μετατόπιση $y=2\text{m}$, ο αγωγός αποκτά σταθερή (οριακή) ταχύτητα.

α. Να προσδιορίσετε τη φορά και την ένταση του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα αμέσως μετά την εκτόξευση της ράβδου.



$$\mathcal{E}_{\text{ЭП}} = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| = \frac{\Phi_{\text{TEA}} - \Phi_{\text{APX}}}{\Delta t}$$

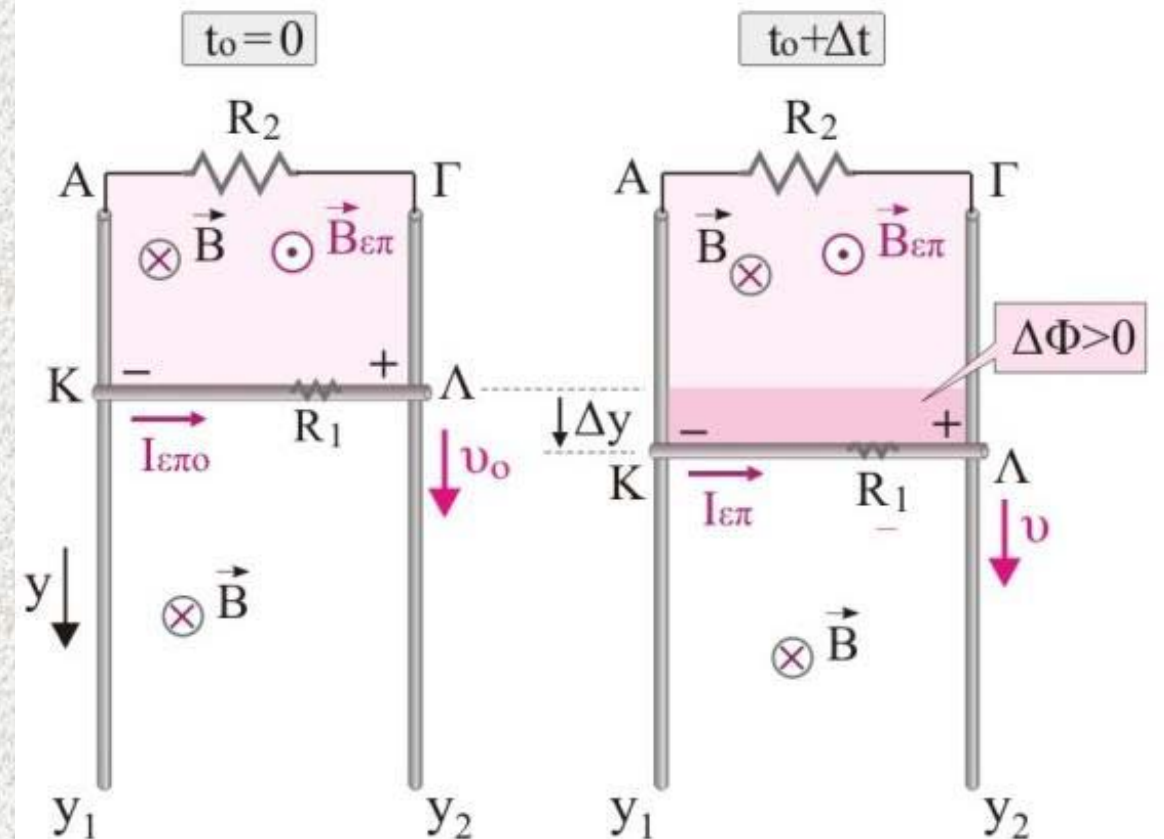
$$\mathcal{E}_{\text{ЭП}} = \frac{BS_{\text{TEA}} - BS_{\text{APX}}}{\Delta t}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ЭП}} = \frac{B(S_{\text{TEA}} - S_{\text{APX}})}{\Delta t}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ЭП}} = \frac{B\Delta S}{\Delta t} = \frac{BL\Delta y}{\Delta t}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ЭП}} = BuL$$

$$I_{\text{ЭП}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{ЭП}}}{R_{\text{OA}}}$$

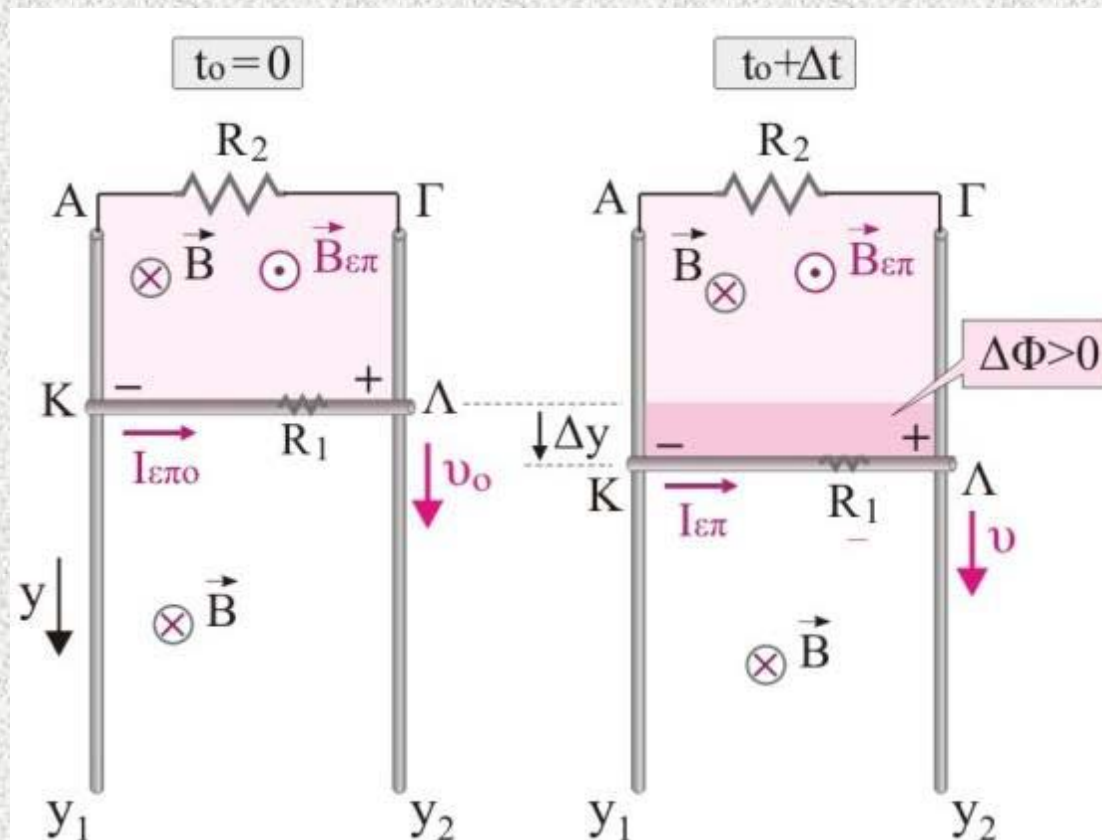


$$\mathcal{E}_{\text{ЭП},0} = Bu_0L = 2V$$

$$I_{\text{ЭП},0} = 4A$$

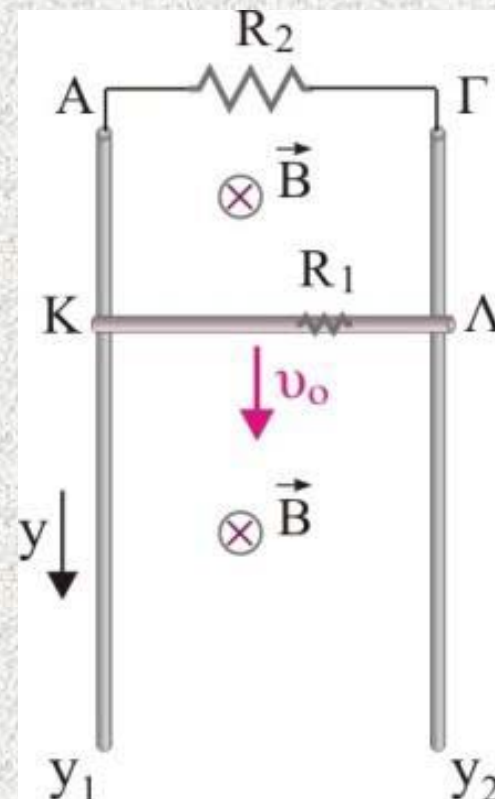
Σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz, το επαγωγικό ρεύμα έχει τέτοια φορά, ώστε να αντιτίθεται στο αίτιο που το προκάλεσε, δηλαδή στην αύξηση της μαγνητικής ροής.

Για να συμβεί αυτό, το δευτερογενές μαγνητικό πεδίο, $B_{\epsilon\pi}$, πρέπει να έχει φορά από τη σελίδα προς τον αναγνώστη.



Σύμφωνα με τον κανόνα του δεξιού χεριού, για την δημιουργία μαγνητικού πεδίου σε κυκλικό αγωγό, αφού το μαγνητικό πεδίο έχει φορά από τη σελίδα προς τον αναγνώστη, το επαγωγικό ρεύμα, $I_{\epsilon\pi}$, έχει φορά αντίθετη με αυτή των δεικτών του ρολογιού και διαρρέει τον αγωγό $K\Lambda$ με φορά από το K προς το Λ .

Δ2. Η οριζόντια μεταλλική ράβδος $ΚΛ$ μήκους $L=0,5m$, μάζας $m=0,5kg$, έχει αντίσταση $R_1=0,1\Omega$ και συγκρατείται **ακίνητη** πάνω στους **κατακόρυφους**, αμελητέας αντίστασης οδηγούς $A\gamma_1$ και $\Gamma\gamma_2$. Στο χώρο υπάρχει **οριζόντιο** ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B=2T$. Τα άκρα A, Γ συνδέονται με αντίσταση $R_2=0,4\Omega$. Τη χρονική στιγμή $t=0$, **εκτοξεύουμε** τη ράβδο $ΚΛ$ προς τα κάτω με αρχική ταχύτητα $u_{αρχ}=2m/s$, η οποία κινείται δεχόμενη από τους δύο οδηγούς συνολική **τριβή** μέτρου $T=2N$. Μετά από μετατόπιση $y=2m$, ο αγωγός αποκτά **σταθερή** (οριακή) ταχύτητα.



β. Να προσδιορίσετε το **είδος της κίνησης** που θα εκτελέσει η ράβδος και να βρείτε τη σταθερή (οριακή) ταχύτητα u_{op} , που θα αποκτήσει ο αγωγός.

Θα εξετάσουμε τι συμβαίνει τη στιγμή $t=0$.

$$F_{L0} = BI_{\text{επ},0}L = 4\text{N} \quad T = 4\text{N} \quad w = 5\text{N}$$

$$\Sigma F = F_{L0} - T - w = 1\text{N} \quad \text{με φορά προς τα πάνω.}$$

Επειδή η συνισταμένη δύναμη είναι αντίθετη της ταχύτητας, η ράβδος θα εκτελέσει (αρχικά) επιβραδυνόμενη κίνηση.

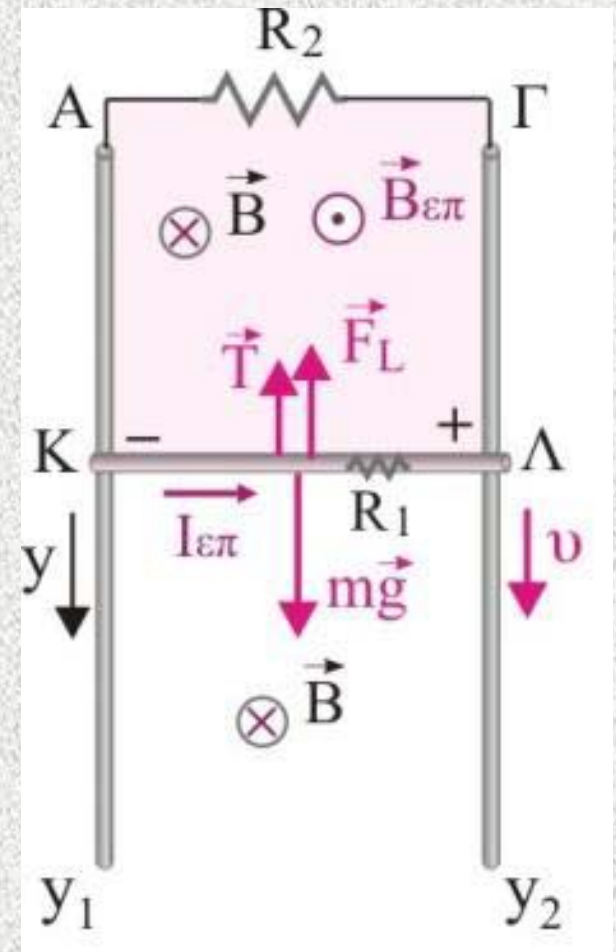
$$F_L = BI_{\text{επ}}L = B \frac{I_{\text{επ}}}{R_{\text{ολ}}} L = B \frac{BuL}{R_{\text{ολ}}} L = \frac{B^2 L^2}{R_{\text{ολ}}} u$$

$$F_L = 2u \text{ (SI)}$$

$$\Sigma F = F_L + T - w = 1\text{N} \rightarrow \Sigma F = 2u - 3 \text{ (SI)}$$

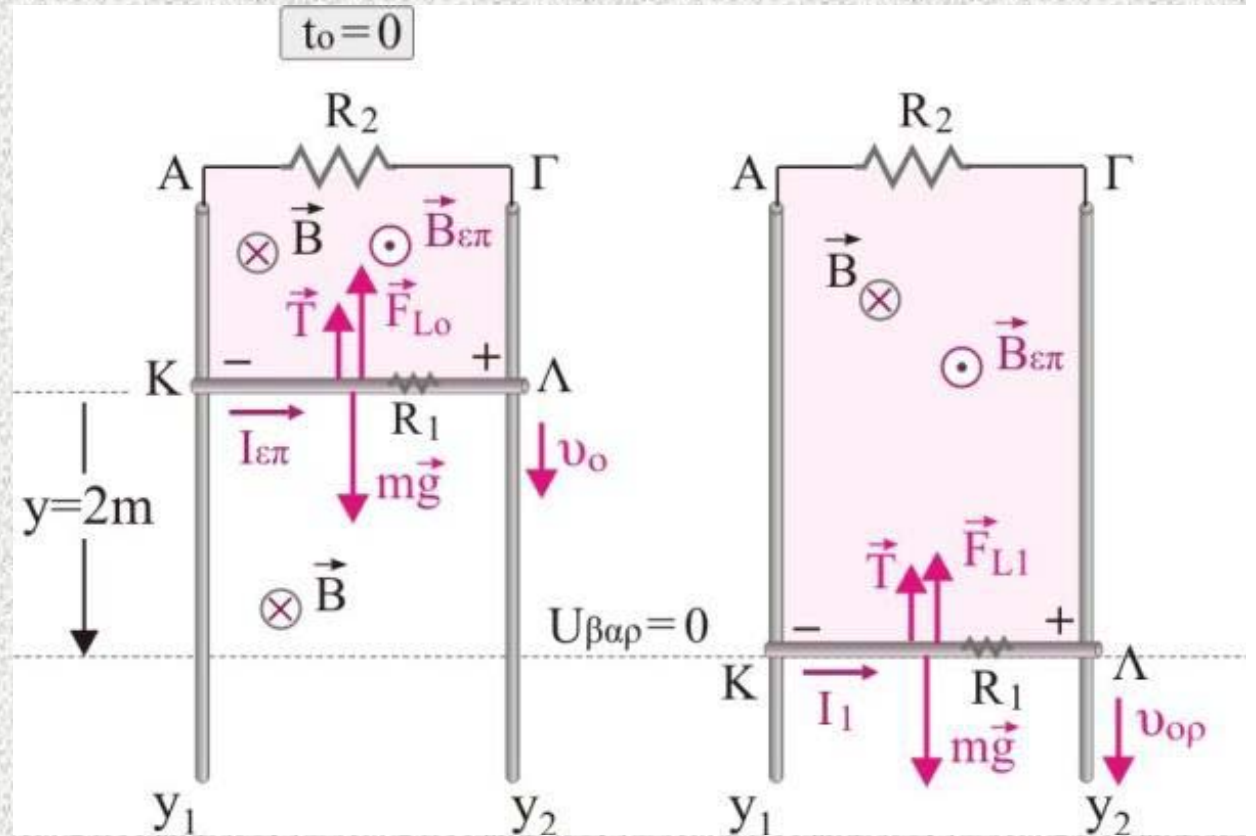
Όταν η ΣF γίνει ίση με το μηδέν, ο αγωγός θα αποκτήσει την οριακή ταχύτητα:

$$0 = 2u_{\text{op}} - 3 \text{ (SI)} \rightarrow u_{\text{op}} = 1,5\text{m/s}$$



γ) Να υπολογίσετε τη **Θερμική** ενέργεια που εκλύθηκε στους αντιστάτες μέχρι τη στιγμή που η ράβδος αποκτάει την **οριακή** ταχύτητα.

Σύμφωνα με την **Α.Δ.Ε** η αρχική μηχανική ενέργεια της ράβδου, θα ισούται με: την τελική μηχανική ενέργεια της ράβδου **συν** τη θερμική ενέργεια που εκλύθηκε στους **αντιστάτες** **συν** τη θερμική ενέργεια λόγω **τριβών**.



$$mgy + \frac{1}{2} mu_0^2 = 0 + \frac{1}{2} mu_{op}^2 + Q_{R,OL} + |-Ty|$$

$$Q_{R,OL} = 6,4375J$$

δ) Να υπολογίσετε το ρυθμό μεταβολής της κινητικής και της δυναμικής ενέργειας τη χρονική στιγμή t_1 , που η δύναμη Laplace ισούται με $3,5\text{N}$.

Τη χρονική στιγμή t_1 , που η δύναμη Laplace ισούται με $3,5\text{N}$, από τη σχέση:

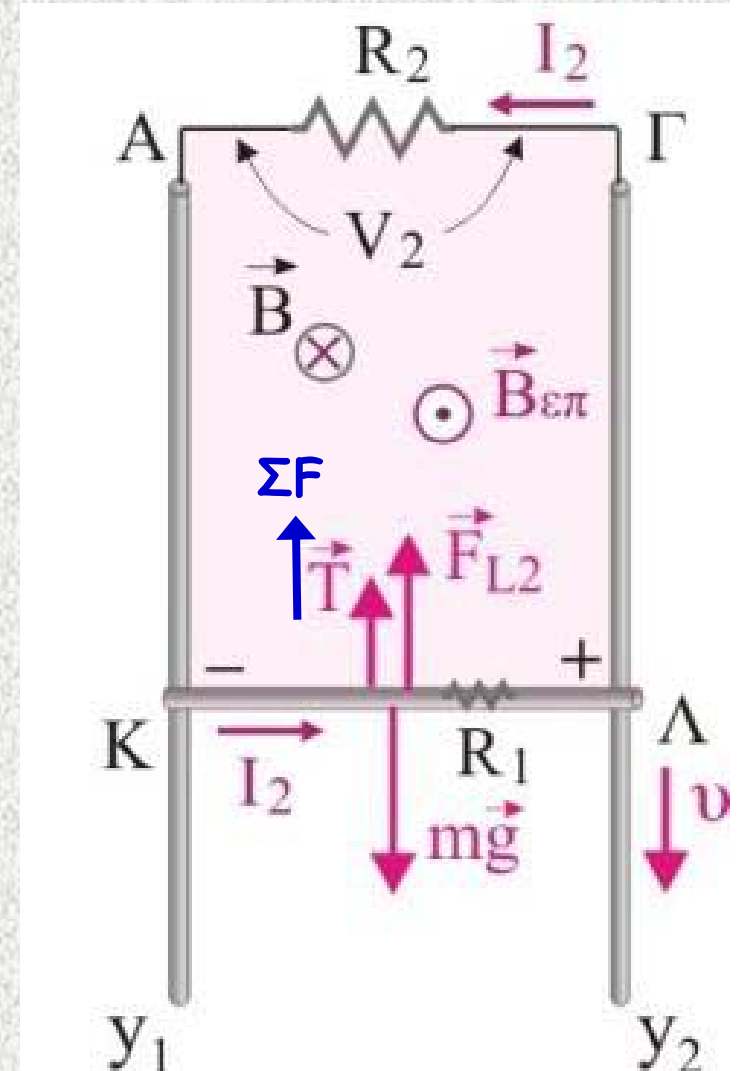
$$F_L = 2u \text{ (SI)} \quad \text{προκύπτει} \quad u = 1,75\text{m/s}$$

$$\text{και από τη σχέση: } \Sigma F = 2u - 3 \text{ (SI)}$$

$$\text{προκύπτει: } \Sigma F = 0,5\text{N} \text{ με φορά προς τα πάνω.}$$

$$\frac{dK}{dt} = \Sigma F \cdot u \cdot \cos 180^\circ = 0,875\text{J/s}$$

$$\frac{dU}{dt} = -w \cdot u \cdot \cos 0^\circ = -8,75\text{J/s}$$



ε) Να υπολογίσετε τη διαφορά δυναμικού στην αντίσταση R_2 , τη στιγμή t_1 .

Τη στιγμή t_1 η ταχύτητα είναι ίση με:

$$u = 1,75 \text{ m/s}$$

Το κλειστό κύκλωμα ΚΛΓΑΚ τη στιγμή t_1 διαρρέεται από ρεύμα έντασης:

$$I_2 = \frac{E_{\text{ΕΠ}}}{R_{\text{ΟΛ}}} = \frac{BuL}{R_{\text{ΟΛ}}} = 3,5 \text{ A}$$

Η διαφορά δυναμικού στην αντίσταση R_2 , τη στιγμή t_1 είναι:

$$V_2 = I_2 R_2 = 1,4 \text{ V}$$

$$\text{Ισοδύναμα: } V_2 = V_{\text{ΚΛ}} = E_{\text{ΕΠ}} - I_2 R_1 = 1,4 \text{ V}$$

